

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка беспроводного устройства контроля отключения промышленных коммутационных средств

УДК 004.724:621.395.65

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Мустафин Рифат Дамирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой – руководитель ОАР на правах кафедры ИШИТР	Филипас А. А.	к.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин А. В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына З. В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева И. Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е. И.	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах).
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения

Код компетенции	Наименование компетенции
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем.
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления

Код компетенции	Наименование компетенции
	процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8Б	Мустафину Рифата Дамировичу

Тема работы:

Разработка беспроводного устройства контроля отключения промышленных коммутационных средств	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№47-13/с от 16.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2022
------------------------------------------	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(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.).</i></p>	<p>Объектом исследования является разрабатываемое устройство, позволяющее непрерывно производить контроль над промышленными коммутационными средами при помощи беспроводного интерфейса.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучить устройство и принцип работы отдельных составных частей разрабатываемого устройства: автоматический выключатель, релейный блок, выбранный беспроводной интерфейс. 2. Рассмотреть различные протоколы беспроводной связи с дальнейшим выбором наиболее подходящего для данной устройства. 3. Изучить технические характеристики и принцип работы выбранного вычислительного устройства, а также принцип его взаимодействия с периферией. 4. Разработать ПО для реализации работы устройства на основе платы Raspberry Pi. 5. Произвести физическую сборку прототипа устройства с последующим проведением тестовых запусков.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Принципиальная схема устройства. 2. Блок-схема алгоритма работы ПО. 3. Приложение с исходным кодом алгоритма.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность</p>	<p>Креницына Зоя Васильевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Проектирование и разработка</p>	<p>Цавнин Алексей Владимирович</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>16.02.2022</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Заведующий кафедрой – руководитель ОАР на правах кафедры ИШИТР</p>	<p>Филипас А. А.</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		<p>16.02.2022</p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8Т8Б</p>	<p>Мустафин Рифат Дамирович</p>		<p>16.02.2022</p>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – Весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2022
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2022 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2022 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2022 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой – руководитель ОАР на правах кафедры ИШИТР	Филипас А. А.	к.т.н., доцент		16.02.2022

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин А. В.	к.т.н.		16.02.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е. И.	к.т.н., доцент		16.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8Т8Б		ФИО Мустафин Рифат Дамирович	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04. Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Разработка беспроводного устройства контроля отключения промышленных коммутационных средств	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: устройство, позволяющее контролировать срабатывание автоматических выключателей, а также определять причины их срабатывания с дальнейшим оповещением оператора по беспроводному интерфейсу.</p> <p>Область применения: шкафы автоматики на предприятиях.</p> <p>Рабочая зона: лаборатория ОАР НИ ТПУ.</p> <p>Размеры помещения: 3x4 м.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: микрокомпьютер Raspberry Pi 3 model B, беспроводной интерфейс WDT LoRa 433 L20 – 2 штуки, автоматический выключатель, электромагнитное реле, персональный компьютер.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: настройка и отладка программного обеспечения для микрокомпьютера Raspberry Pi 3, тестирование работоспособности устройства на стенде физического подобия.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.032-78.</p> <p>ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009. Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком.</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».</p> <p>ТОИ Р-45-084-01, Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.</p> <p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).</p>

<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <p>1. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.</p> <p>Вредные факторы:</p> <p>1. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения. 2. Отклонение показателей микроклимата. 3. Эмоциональные перегрузки. 4. Умственное перенапряжение. 5. Перенапряжение зрительного анализатора. 6. Превышение уровня шума.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <p>средства защиты от поражения электрическим током, осветительные приборы и искусственные источники света, устройства для кондиционирования воздуха и отопления, обогрева и охлаждения, наушники, беруши.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</p>	<p>Воздействие на литосферу: утилизация отходов при производстве составных элементов прибора. Воздействие на гидросферу: возможное попадание отходов производства компонентов в сточные воды. Воздействие на атмосферу: выбросы при производстве компонентов устройства.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Пожар 2. Землетрясение 3. Ураган 4. Отказ систем безопасности <p>Наиболее типичная ЧС:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Пожар
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна			26.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Мустафин Рифат Дамирович		26.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8Б	Мустафин Рифат Дамирович

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 37 700 руб. Оклад инженера – 19 200 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы – 16% Районный коэффициент – 30% Норма амортизации – 33,3%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Технико-экономическое обоснование проекта, анализ конкурентных решений, SWOT-анализ
2. Планирования процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение трудоёмкости работ, планирование выполнения работ по проекту, формирование бюджета затрат.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный финансовый показатель – Интегральный показатель ресурсоэффективности –

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	30.05.2022
-------------------------------------------------------------	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Мустафин Рифат Дамирович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 95 страницах, содержит 27 рисунков, 27 таблиц, 31 источник и 2 приложения.

Ключевые слова: автоматический выключатель, коммутационные средства, беспроводной интерфейс, контрольно-измерительное устройство, Raspberry Pi 3.

Объектом исследования является разрабатываемое устройство.

Цель работы – разработка беспроводного устройства контроля отключения промышленных коммутационных средств.

В процессе исследования были изучены теоретические материалы по отдельным составным частям данного устройства, рассмотрены различные виды беспроводных интерфейсов с дальнейшим выбором наиболее подходящего, разработана принципиальная схема устройства, а ПО для работы данного устройства.

В результате исследования произведена сборка рабочего прототипа данного устройства.

Степень внедрения: алгоритм работы данного устройства протестирован в условиях программно-сгенерированных данных.

Область применения: разработанное устройство может быть использовано в шкафах автоматики различных предприятий.

Экономическая эффективность/значимость работы: данная система является не затратной относительно рассматриваемых аналогов, чему свидетельствуют расчеты в финансовой части выпускной квалификационной работы. Наличие беспроводного интерфейса и возможности детектирования причины срабатывания автоматического устройства позволит увеличить оперативность реагирования и устранения неполадок в сети. Сбор данных на отдельных уровнях сложных электрических цепей позволит контролировать потери энергии. Для локальных сетей, благодаря сбору данных, устройство позволит заблаговременно выявлять неисправности в оборудовании на данной цепи, а также неисправность самого автоматического выключателя.

В последствии планируется протестировать данное устройство в реальных условиях, подвести итоги, насколько устройство эффективно на практике, после чего адаптировать ПО под промышленное использование данного устройства.

Содержание

Введение	17
1. Обзор литературы	18
1.1. Аналог без реализации дистанционного управления	18
1.2. Умный Wi-Fi автоматический выключатель МСВ-2Р.....	20
1.3. Блок микропроцессорной релейной защиты	21
2. Устройство и принцип работы отдельных составных частей устройства	22
2.1. Автоматический выключатель	22
2.2. Устройство и принцип работы реле	26
3. Беспроводной интерфейс	28
3.1. Беспроводной интерфейс LoRa	28
3.2. Беспроводная связь Bluetooth.....	30
3.3. Сетевой протокол ZigBee	31
3.4. Сравнение типов беспроводной связи	33
4. Технические характеристики и принцип работы Raspberry Pi 3 Model B	34
4.1. Элементы платы	35
4.2. Распиновка	36
4.3. Операционные системы и софт	37
4.4. Удалённый доступ к Raspberry Pi	38
5. Разработка ПО для данного устройства.....	42
5.1. Функциональный блок «Начальные параметры».....	43
5.2. Тело цикла while	45
5.3. Функциональный блок «Обработка данных».....	46
6. Физическая сборка устройства.....	48
6.1. Одноканальное реле TONGLING 5VDC.....	48
6.2. Модем WDT LoRa 433 L20.....	50
7. Финансовый менеджмент	52
7.1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ.....	52
7.1.1. Потенциальные потребности результатов исследования	52
7.1.2. Анализ конкурентных технических решений	53
7.1.3. SWOT-анализ	55
7.2. Планирование научно-исследовательских работ	56

7.2.1.	Структура работ в рамках научного исследования.....	56
7.2.2.	Определение трудоёмкости выполнения работ	58
7.2.3.	Разработка графика проведения научного исследования.....	61
7.3.	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	62
7.3.1.	Расчет материальных затрат НТИ.....	62
7.3.2.	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .	63
7.3.3.	Основная заработная плата исполнителей темы.....	63
7.3.4.	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	66
7.3.5.	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ...	67
7.3.6.	Накладные расходы	68
7.3.7.	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	68
7.4.	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	69
	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент»	72
8.	Социальная ответственность	73
8.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	74
8.1.1.	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.	74
8.1.2.	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны...	75
8.2.	Производственная безопасность	76
8.2.1.	Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	77
8.2.2.	Отклонение показателей микроклимата.....	78
8.2.3.	Эмоциональные перегрузки	79
8.2.4.	Умственное перенапряжение	79
8.2.5.	Перенапряжение зрительного анализатора	79
8.2.6.	Превышение уровня шума	80
8.2.7.	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, которое может пройти через тело человека.....	81
8.3.	Экологическая безопасность	82
8.3.1.	Влияние объекта исследования на литосферу	82
8.3.2.	Влияние объекта исследования на гидросферу.....	83
8.3.3.	Влияние объекта исследования на атмосферу	83

8.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	84
8.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	84
8.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	84
Вывод по разделу социальная ответственность	86
Заключение	87
Список литературы	88
Приложение А. Исходный код ПО.....	92
Приложение Б. Принципиальная схема устройства.....	95

Введение

В настоящее время по всему миру широко используются автоматические выключатели для защиты электрических цепей от перегрузки и токов короткого замыкания.

Зачастую крупные предприятия, где данных устройств установлено огромное множество, сталкиваются с проблемой оперативного нахождения участка цепи, на котором произошёл сбой, для дальнейшего его устранения, а также выявления причины срабатывания автоматического выключателя.

Для решения этой проблемы в данном исследовательском проекте реализовано устройство, которое позволяет дистанционно управлять автоматическими выключателями и оповещать работников предприятий о выведенных из строя автоматах с наиболее вероятной причиной их срабатывания, основываясь на динамически-получаемых данных напряжения, а также нагрузки на отдельных участках цепи.

Более того, на основе этих данных устройство способно фиксировать потери энергии в сложных электрических цепях, а в локальных – заблаговременно сигнализировать о неисправности либо самого автоматического выключателя, либо устройства, расположенного в данной электрической сети.

Данный проект состоит из непосредственно самого автоматического выключателя, релейного блока для сигнализации о выключении автомата, беспроводного интерфейса, для передачи оповещения о сработавшем выключателе на операторское рабочее место, а также вычислительного устройства, которое принимает, хранит и обрабатывает полученные данные.

В качестве вычислительного устройства в данной работе используется одноплатный микрокомпьютер Raspberry Pi 3 model B.

1. Обзор литературы

1.1. Аналог без реализации дистанционного управления

В качестве аналогового прибора рассмотрим схему, состоящую из двух однофазных автоматических выключателей, двух блоков электромагнитного реле и вычислительного устройства на основе Raspberry PI:



Рисунок 1 – Аналоговая схема

Данная схема состоит из двух параллельно подключенных однофазных автоматических выключателей, к которым в свою очередь параллельно подключены два релейных блока. Если автоматы взведены (ключи замкнуты), то ток течёт по схеме и электромагнитные реле (РПВ1, РПВ2) замыкают свои контакты, тем самым подавая логическую 1 на вычислительное устройство. Если же автоматы выключены (ключи разомкнуты), то ток по реле не течёт, то есть контакты разомкнуты, и на вычислительное устройство подаются логические 0.

Получаемый сигнал из 0 и 1 обрабатывается и хранится в вычислительном устройстве, после чего результат обработки, с помощью Ethernet, отправляется на рабочее место для дальнейшего использования.

Как можно заметить, основным отличием данного аналога от планируемого устройства является способ его коммуникации с операторским местом. В данном аналоговом устройстве это реализовано с помощью проводного соединения – Ethernet, в то время как в планируемом устройстве будет использоваться выбранный беспроводной интерфейс.

Данное введение позволит эффективно дистанционно управлять автоматическими выключателями на больших расстояниях.

1.2. Умный Wi-Fi автоматический выключатель МСВ-2Р

МСВ-2Р – дистанционно управляемый выключатель с Wi-Fi модулем и индикатором состояния. Устройство позволяет в любое время с мобильного телефона включать\отключать напряжение на выходе посредством команд приложения TUYA или вручную тумблером [4].

Управление по расписанию включения и отключения напряжения на выходе. Является элементом умного дома и может участвовать в сценариях. Предназначен для дистанционного управления питанием различной нагрузки\устройств. С его помощью можно включать/отключать, подключенные к нему устройства мощностью до 5 кВт при напряжении АС. Одно встроенное реле.



Рисунок 2 – Автоматический выключатель МСР-2В

1.3. Блок микропроцессорной релейной защиты

Блоки микропроцессорные релейной защиты (далее – БМРЗ) предназначены для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации присоединений напряжением от 0,4 до 220 кВ. БМРЗ предназначены для использования на объектах всех отраслей энергетики, промышленности, транспорта, коммунального хозяйства.

БМРЗ могут включаться в АСУ и информационно-управляющие системы в качестве подсистемы нижнего уровня и выполнять функции телеизмерения, телеуправления и телесигнализации

БМРЗ является современным цифровым устройством защиты, управления и противоаварийной автоматики и представляет собой комбинированное многофункциональное устройство, объединяющее различные функции защиты, измерения, контроля, автоматики и сигнализации, местного и дистанционного управления. Использование в БМРЗ аналого-цифровой и микропроцессорной элементной базы обеспечивает высокую точность измерений и постоянство характеристик, что позволяет существенно повысить чувствительность и быстродействие защит, а также уменьшить ступени селективности [5].



Рисунок 3 – Блок микропроцессорной релейной защиты

2. Устройство и принцип работы отдельных составных частей устройства

2.1. Автоматический выключатель

Автоматический выключатель – контактный коммутационный аппарат (механический или электронный), способный включать токи, проводить их и отключать при нормальных условиях в цепи, а также включать, проводить в течение нормированного (заданного) времени и автоматически отключать токи при нормированных ненормальных условиях в цепи, таких как токи короткого замыкания [1].

Автоматический выключатель (автомат) служит для нечастых включений и отключений электрических цепей и защиты электроустановок от перегрузки и коротких замыканий, а также недопустимого снижения напряжения.

Автоматический выключатель состоит из следующих элементов: 1 – основание; 2 – камера дугогасительная; 3, 4 – пластины искрогасительные; 5 – крышка; 6 – пластины; 7 – звено; 8 – звено; 9 – рукоятка; 10 – рычаг опорный; 11 – защелка; 12 – рейка отключающая; 13 – пластина термобиметаллическая; 14 – расцепитель электромагнитный; 15 – проводник гибкий; 16 – токопровод; 17 – контактодержатель; 18 – контакты подвижные.

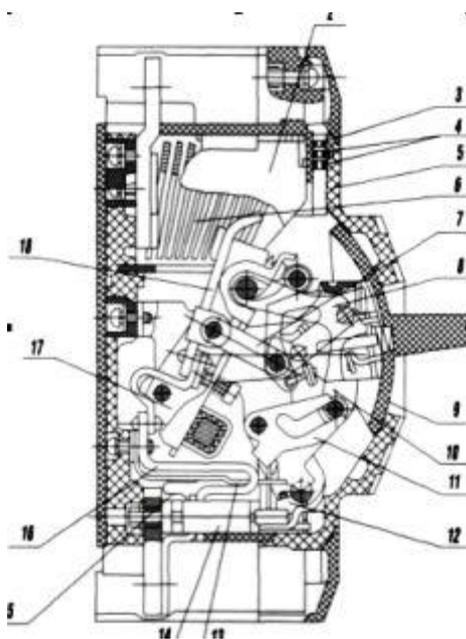


Рисунок 4 – Автоматический выключатель

В режиме штатной работы через автомат протекает ток, меньший или равный номинальному значению. Питающее напряжение от внешней сети подается на верхнюю клемму, соединенную с неподвижным контактом. С неподвижного контакта ток поступает на замкнутый с ним подвижный контакт, а от него, через гибкий медный проводник – на катушку соленоида. После соленоида ток подается на тепловой расцепитель и уже после него – на нижнюю клемму, с подключенной к ней сетью нагрузки [1].

В аварийных режимах автоматический выключатель отключает защищаемую цепь за счет срабатывания механизма свободного расцепления, приводимого в действие тепловым или электромагнитным расцепителем. Причиной такого срабатывания является перегрузка или короткое замыкание.

Согласно ГОСТ Р 50345-99 [2] ток мгновенного срабатывания – это наименьшая величина тока, при котором автоматический выключатель сработает (отключится) без выдержки времени, т.е. это его электромагнитная защита.

В этом же ГОСТ Р 50345-99 [2], говорится, что всего существует три стандартные характеристики (типы мгновенного расцепления):

- В – электромагнитный расцепитель (ЭР) срабатывает в пределах от 3 до 5-кратного тока от номинального ($3 \cdot I_n$ до $5 \cdot I_n$).
- С – (ЭР) срабатывает в пределах от 5 до 10-кратного тока от номинального ($5 \cdot I_n$ до $10 \cdot I_n$).
- D – (ЭР) срабатывает в пределах от 10 до 20-кратного тока от номинального ($10 \cdot I_n$ до $20 \cdot I_n$, но встречаются иногда и $10 \cdot I_n$ до $50 \cdot I_n$).

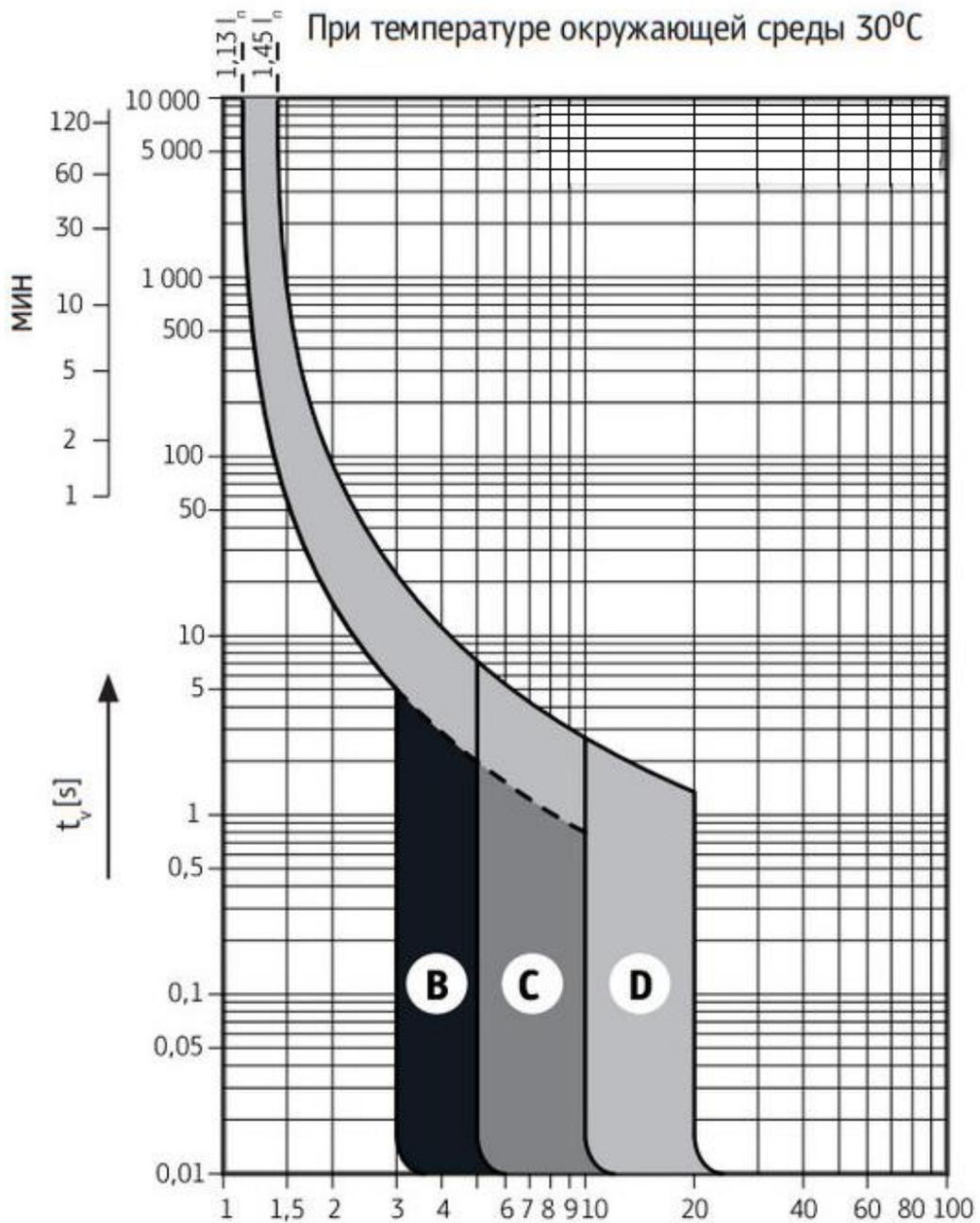


Рисунок 5 – Время-токовая характеристика

На графике показана зависимость времени отключения автоматического выключателя от протекающего через него тока. Ось X – это кратность тока в цепи к номинальному току автомата (I/I_n). Ось Y – время срабатывания (t), в секундах (минутах).

График разделен вертикальными линиями, которые и определяют разброс времени срабатывания зон теплового и электромагнитного расцепителей автомата.

Также на графике показаны значения в $1.13I_n$ и $1.45I_n$ – это токи условного нерасцепления и расцепления соответственно. При токе условного нерасцепления автомат не отключится в течение 1 часа (для автоматов с номинальным током $\leq 63\text{A}$) и в течение 2 часов (для автоматов с номинальным током $> 63\text{A}$), в то время как при токе условного расцепления автомат отключится за время не более 1 часа (для автоматов с номинальным током $\leq 63\text{A}$) и за время не более 2 часов (для автоматов с номинальным током $> 63\text{A}$) [14].

В данной исследовательском проекте будут использоваться электромагнитные реле, в связи с чем рассмотрим принцип их работы.

Электромагнитное реле – коммутирующее устройство, которое для работы использует электромагнитное поле. Состоит оно из электромагнитной катушки, подвижного якоря, подвижных и неподвижных контактов. Якорь и катушка закреплены на основании. Якорь подпружинен и расположен так, чтобы неподвижные контакты с неподвижными имели точки соприкосновения.



Рисунок 7 – Устройство электромагнитного реле

При подаче напряжения на обмотку в ней возникает электромагнитное поле. Закрепленный подвижно якорь притягивается к сердечнику катушки, контакты переключаются (смыкаются/ размыкаются). В этом и состоит работа реле – перекидывать контакты. К ним подключена разная нагрузка и, в результате срабатывания, изменяются цепи, по которым протекает электрический ток.

При снятии питания электромагнитное поле исчезает, якорь под действием пружины возвращается в исходное состояние. Соответственно и схема возвращается в исходное состояние. По принципу действия очень похоже на работу обычного выключателя [6].

3. Беспроводной интерфейс

Следующим этапом реализации данного проекта является выбор беспроводной связи, с помощью которой будет осуществляться дистанционное управление автоматическим выключателем. Для этого рассмотрим 3 наиболее популярных и доступных видов беспроводной связи: LoRa, ZigBee и Bluetooth, с дальнейшим их сравнением между собой и выбором наиболее подходящего для данной работы.

3.1. Беспроводной интерфейс LoRa

Беспроводной интерфейс Long Range (LoRa) – это метод модуляции, позволяющий обеспечить наибольшую зону покрытия, относительно конкурирующих методов. В основе данного метода лежит расширенная технология линейной частотной модуляции с коррекцией ошибок. Протоколом данной модуляции является LoRaWAN, который управляет скоростью передачи данных и радиочастотным выходом каждого конечного устройства по отдельности.

Данная сеть состоит из:

- **Конечное устройство** – используется для осуществления контрольных функций. Содержит в себе все необходимых датчики и элементы.
- **Шлюз** – это устройство, позволяющее передавать данные, полученные от конечных устройств, в транзитные сети (Ethernet, Wi-Fi или сети подвижной радиотелефонной связи). Совокупность конечных устройств и шлюзов образуют топологию типа звезда, тем самым обеспечивая большую зону радиопокрытия сети с двунаправленной передачей данных.
- **Сетевой сервер** – необходим для поддержания сети: управление скоростью, установка расписания, контроль полученной информации.
- **Сервер приложений** – предназначен для удаленного контроля, а также сбора данных с помощью конечных устройств.

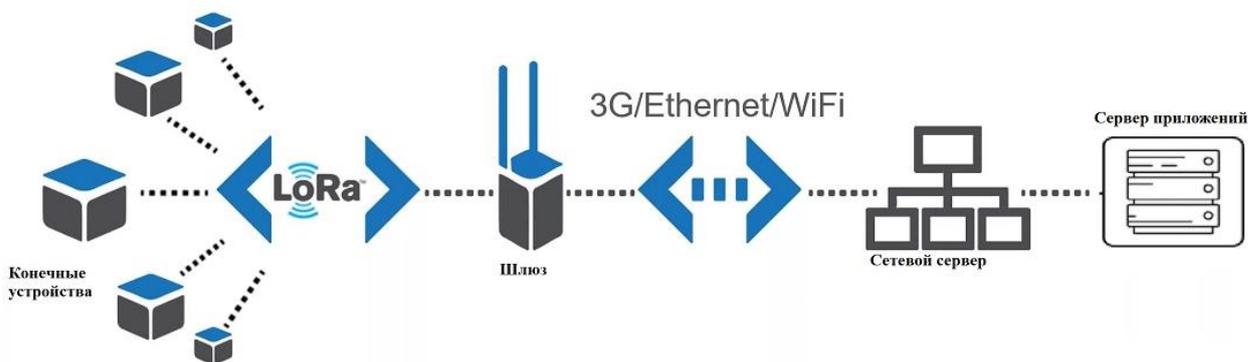


Рисунок 8 – Структура сети LoRaWAN

Характеристика LoRaWAN:

1. Большой радиус передачи сигналов по сравнению с аналогами (15-25 км).
2. Помехоустойчивая линейно-частотная модуляция (chirp spread spectrum, CSS), позволяющая уверенно принимать сигнал от абонентских устройств на уровнях мощности ниже уровня шума.
3. Возможность сетевой масштабируемости на крупных территориях.
4. Низкая пропускная способность – от 100 бит/с до 10 кбит/с, в следствии чего появляется задержка в передачи радиосигнала.
5. Для нелицензированного диапазона частот существуют риски зашумленности данного спектра.

3.2. Беспроводная связь Bluetooth

Bluetooth – это стандарт беспроводной связи между устройствами малого радиуса действия, который для передачи данных использует радиосвязь. Особенностью Bluetooth является его значительная энергоэффективность, но в то же время низкая пропускная способность.

Bluetooth является открытым стандартом, который был описан в спецификации IEEE 802.15.1. Она включает в себя три основных класса мощности с пределами дальности действия 1 метр, 10 метров и 100 метров.

Bluetooth, может использовать две топологии: точка-точка и звезда. К звезде может быть подключено до 7 устройств.

Основным элементом организации сетей Bluetooth является пикосеть, состоящая из одного ведущего устройства и 1-7 активных подчинённых устройств. Кроме того, в одну пикосеть может входить неограниченное количество устройств, находящихся в неактивном режиме. Подчинённое устройство может сообщаться только с ведущим, причём только тогда, когда это разрешает ведущее устройство. В каждый момент времени обмен данными может идти только между двумя устройствами в одном направлении. Любое устройство одной пикосети может также входить в другую пикосеть в качестве как подчинённого, так и ведущего.

Характеристика Bluetooth:

1. Высокая скорость передачи данных – до 3 Мбит/сек.
2. Дальность связи – до 1.5 км.
3. Высокая энергоэффективность.
4. Простота в использовании (необходимо 2 устройства, имеющих нужный адаптер).
5. Низкая помехоустойчивость.
6. Слабый уровень безопасности.

3.3. Сетевой протокол ZigBee

ZigBee состоит из высокоуровневых протоколов, которые работают с маленькими цифровыми трансиверами. Передача данных осуществляется по радиоканалу. Частота зависит от региона. Функционирование на частоте 2.4 ГГц не связано с расположением. Стандарт создавался с целью быть легче в эксплуатации и ниже в цене. Характерен низкий период ответа оборудования. Период активации занимает не более 15 миллисекунд. Благодаря переходу в спящий режим значительно падает потребность в электроэнергии.

Данная сеть имеет ячеистую топологию (mesh-топология), вследствие чего устройства связываются друг с другом либо через промежуточные узлы, либо напрямую. Пакет передается от одного узла к другому, пока не попадет к конечному получателю. В случае поломки одного из элементов сети предусмотрены другие пути для сообщений [7].

Сеть состоит из:

- **Координатор** – это основная часть устройства, устанавливающая настроечные параметры сети, а также выполняющая все необходимые функции для формирования сети.
- **Конечное устройство** – узел, выполняющий роль датчика или контроллера. Количество данных устройств варьируется в зависимости от задачи сети.
- **Маршрутизатор** – прибор, предназначенный для маршрутизации пакетов. Количество маршрутизаторов в сети зависит от количества конечных устройств (32 устройства на 1 маршрутизатор).

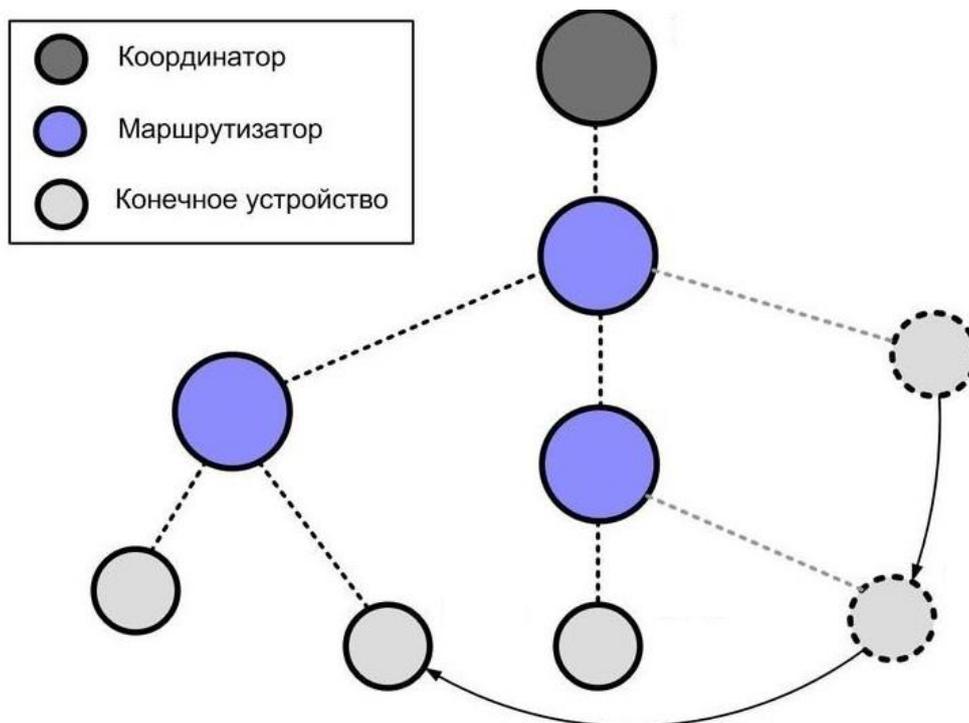


Рисунок 9 – Структура сети ZigBee

Характеристика ZigBee:

1. Высокий уровень защиты передаваемых данных.
2. Возможность настройки отдельных узлов в сети.
3. Скорость передачи данных не превышает 250 кбит\с.
4. Поддержка большого количества отдельных узлов в одной сети (до 10000).
5. Создание сложных сетевых решений, применяя автоматическую маршрутизацию, ретрансляцию пакетов данных, а также восстановление работы сети при выходе из строя ее отдельных участков.

3.4. Сравнение типов беспроводной связи

Таблица 1 – Характеристики беспроводных связей

Технология	Bluetooth	ZigBee	LoRa
Достигнутая дальность (экспериментально) для открытых пространств	1500 м	200 м	25 км
Скорость передачи данных	До 3 Мбит/с	до 250 кбит/с	до 50 кбит/с
Частотный диапазон	2.4 ГГц	2.4 – 2.48 ГГц	2400, 5000, 864-865.5, 868.7-869.2
Топология	Звезда, точка-точка	Ячеистая	Звезда
Уровень защиты	Слабый	Сильный	Средний
Максимальное кол-во каналов	72	16	64

По данной таблице можно сделать вывод, что для поставленной задачи более целесообразным будет использование беспроводного интерфейса LoRa, несмотря на его маленькую скорость передачи данных, он имеет большую дальность покрытия, достаточное количество каналов и, самое главное – помехоустойчивую линейно-частотную модуляцию, которая позволяет принимать сигнал ниже уровня шума и, тем самым, работать данному беспроводному интерфейсу в условиях наводок и электрических помех.

4. Технические характеристики и принцип работы Raspberry Pi 3 Model B

Raspberry Pi 3 Model B – полноценный бесшумный компьютер размером с банковскую карту, при этом с 64-х битным четырехядерным процессором ARM Cortex-A53 на однокристальном чипе Broadcom BCM2837 [8].

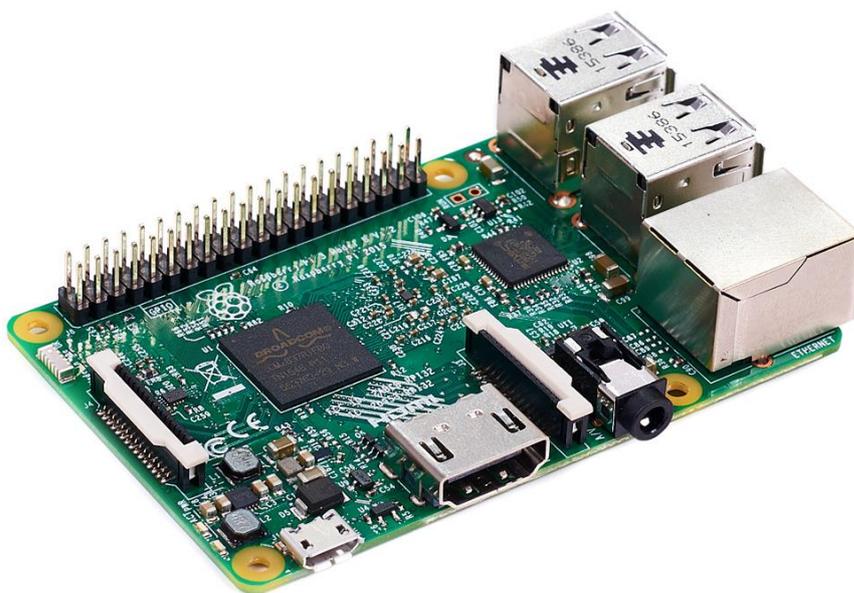


Рисунок 10 – Плата Raspberry Pi 3 Model B

Таблица 2 – Технические характеристики Raspberry Pi 3

Процессор	ARM Cortex-A53
Частота процессора	1.2 ГГц
Графический процессор	Broadcom VideoCore IV
Оперативная память	1 Гб
Типы связи	Ethernet (10/100 Мбит), Wi-Fi (2.4 ГГц), Bluetooth 4.1
GPIO	40 pin
Порты	HDMI, 4 × USB 2.0, Ethernet, Camera Serial Interface, Display Serial Interface

4.1. Элементы платы

На Raspberry Pi 3 установлен 64-х битный процессор Broadcom BCM2837 на архитектуре ARM Cortex-A53 с тактовой частотой 1.2 ГГц и модулем оперативной памяти на 1 Гб. Процессор и память размещены по технологии «package-on-package» непосредственно на процессоре. BCM2837 включает в себя также двухъядерный графический сопроцессор Video Core IV® Multimedia, который обеспечивает Open GL ES 2.0, аппаратное ускорение Open VG и 1080p30 H.264 декодирование.

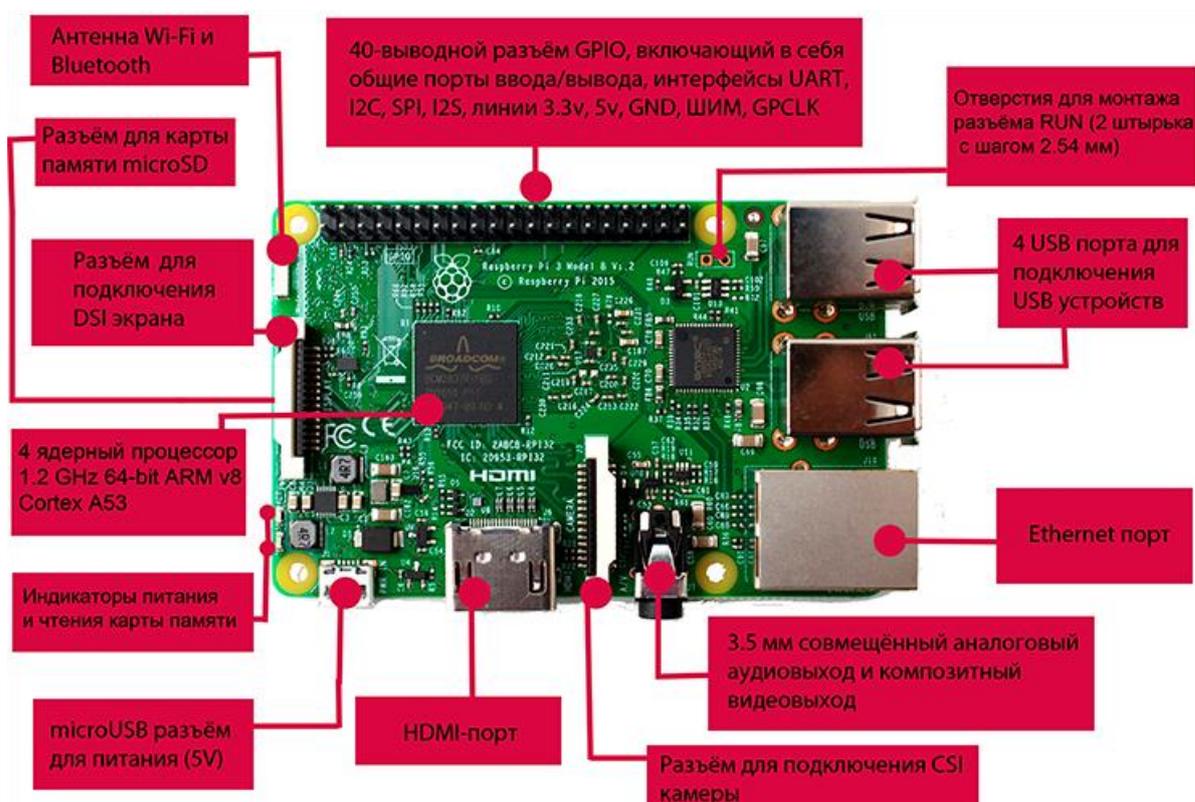


Рисунок 11 – Элементы платы Raspberry Pi 3 Model B

4.2. Распиновка



Рисунок 12 – Обозначения пинов для Raspberry Pi 3 Model B

- **Physical Pin:** нумерация, отвечающая за физическое расположение контакта на гребенке.
- **GPIO:** нумерация контактов процессора Broadcom. Может пригодиться при работе с пакетом Rpi.GPIO.
- **WiringPi Pin:** нумерация контактов для пакета Wiring Pi. Это Arduino-подобная библиотека для работы с GPIO-контактами.
- **ШИМ:** плата имеет два канала ШИМ по два потока в каждом (PWM0 12, 18; PWM1 13, 19).
- **I²C:** SDA12, SCL13. Для общения с периферией по синхронному протоколу, через два провода.
- **SPI:** К SPI0 можно подключить два ведомых устройства, а к SPI1 – три.
- **UART:** 14, 15. Асинхронный протокол последовательной передачи данных по двум проводам RX и TX, который позволяет обойтись без тактового сигнала.

4.3. Операционные системы и софт

Raspberry Pi 3 поддерживается стандартным набором операционных систем, в том числе Raspbian (официальным вариантом Debian). На сегодняшний день ОС Raspbian поддерживает множество приложений для обучения и программирования, в частности Python (основном языке работы с Raspberry) [9].

В ходе работы была установлена операционная система Raspbian. Данная операционная система в 2015 году была представлена как основная для Raspberry Pi. Она по максимуму оптимизирована для процессоров с ARM-архитектурой и достаточно активно продолжает развиваться.

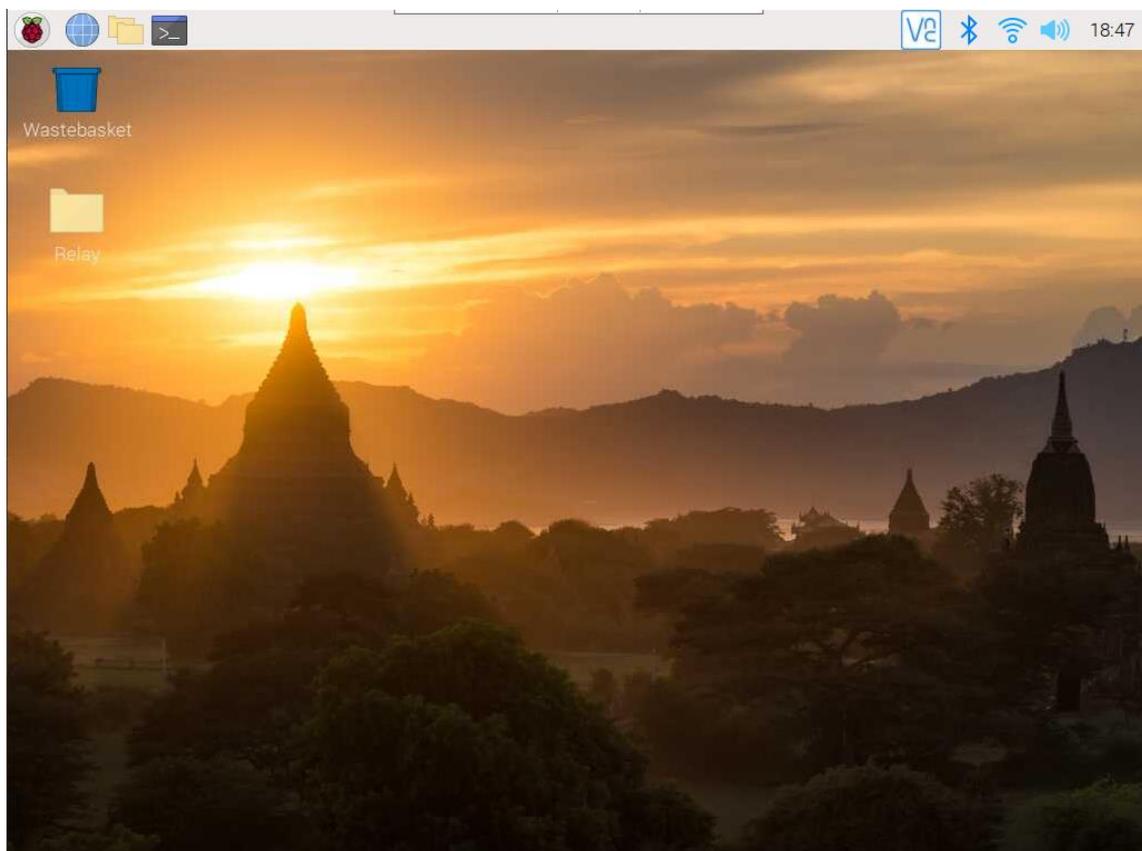


Рисунок 13 – Рабочий стол Raspberry Pi 3 Model B

4.4. Удалённый доступ к Raspberry Pi

Для комфортного использования Raspberry Pi 3, необходимо настроить удалённый доступ данной платы к своему персональному компьютеру, во избежание многоповторного подключения монитора, клавиатура и мыши отдельно к плате при каждом её включении.

При первом включении платы необходимо подключить плату к интернету, а также включить сетевые протоколы SSH и VNC.

SSH (Secure Shell) – сетевой протокол, позволяющий производить удаленное управление операционной системой через шифрованное соединение, а также передавать файлы, транслировать видео- и аудиопотоки и сжимать передаваемые данные на лету.

VNC (Virtual Network Computing) – более продвинутый протокол, обеспечивающий удаленный доступ к рабочему столу другого компьютера по сети [10].

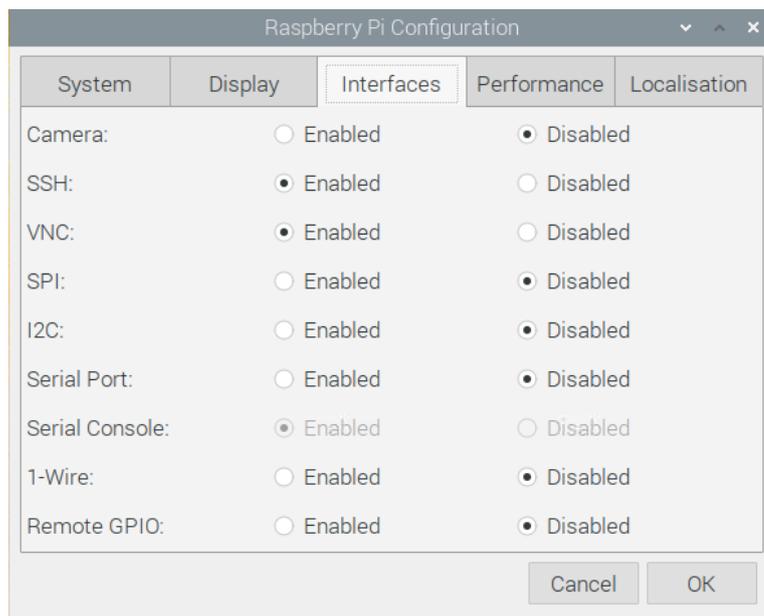


Рисунок 14 – Подключение сетевых протоколов для Raspberry Pi

После того, как плата подключилась к сети, и были включены данные сетевые протоколы, необходимо узнать IP-адрес платы. Для этого достаточно скачать на свой персональный компьютер программу – Angry IP Scanner:

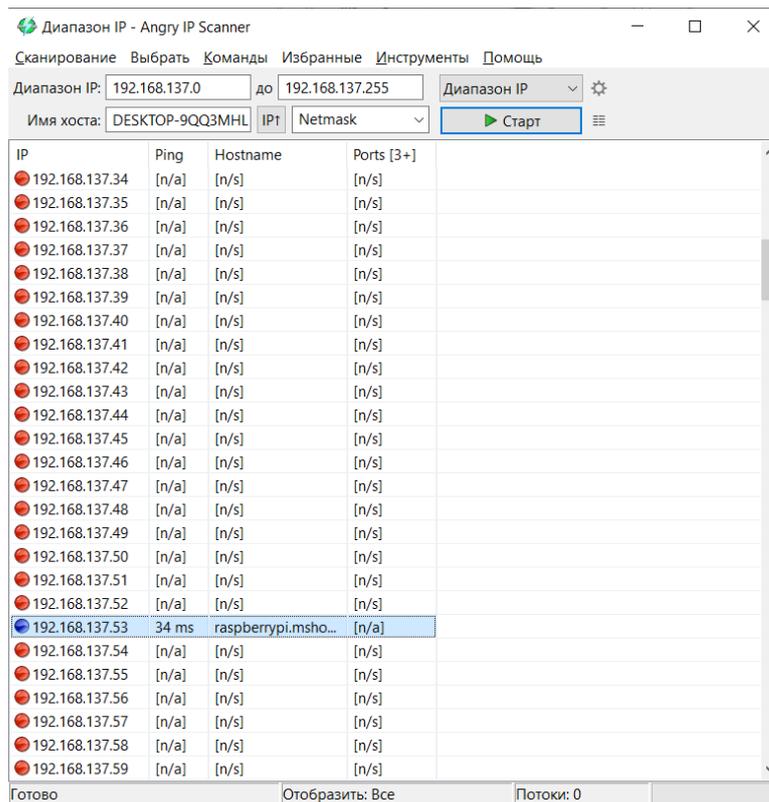


Рисунок 15 – IP-адрес Raspberry Pi

Следующим шагом необходимо скачать на свой персональный компьютер SSH-клиент. В данной работе используется бесплатный SSH-клиент PuTTY.

После скачивания данного SSH-клиента, необходимо запустить его и ввести IP-адрес платы, который был получен ранее:

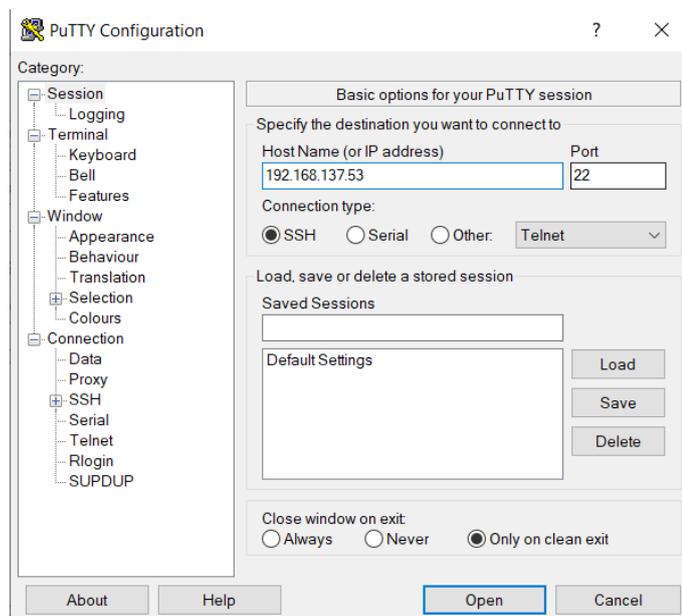
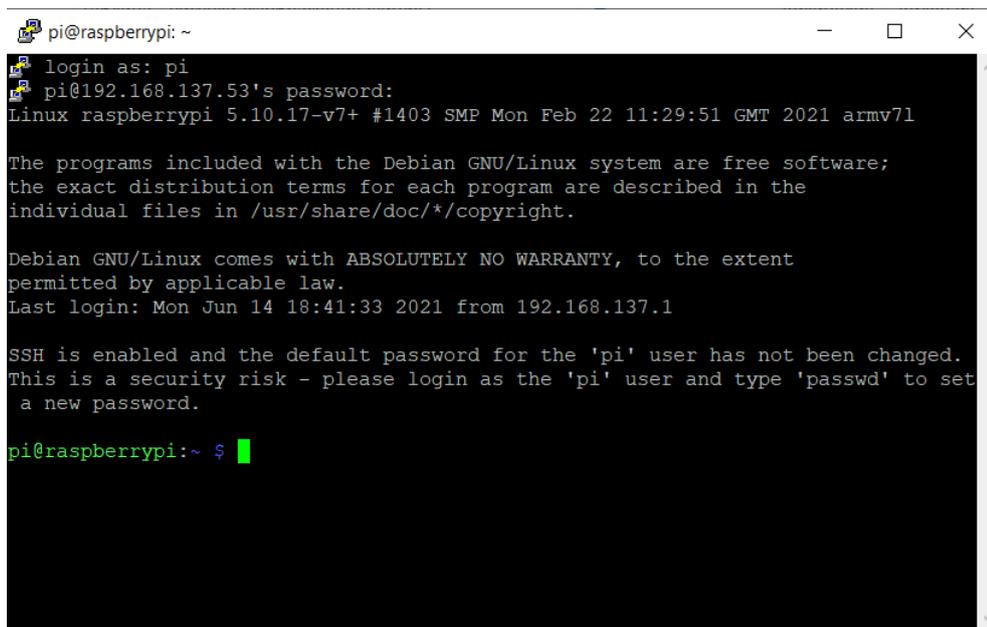


Рисунок 16 – Использование SSH-клиента PuTTY

После нажатия кнопки «Open», появится окно со вводом логина (по умолчанию pi) и пароля (по умолчанию raspberry).



```
pi@raspberrypi: ~
login as: pi
pi@192.168.137.53's password:
Linux raspberrypi 5.10.17-v7+ #1403 SMP Mon Feb 22 11:29:51 GMT 2021 armv7l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Mon Jun 14 18:41:33 2021 from 192.168.137.1

SSH is enabled and the default password for the 'pi' user has not been changed.
This is a security risk - please login as the 'pi' user and type 'passwd' to set
a new password.

pi@raspberrypi:~ $
```

Рисунок 17 – Подключение к консоли Raspberry Pi

Для получения доступа к графическому интерфейсу платы необходимо установить VNC-сервер на неё. Для этого необходимо в консоли ввести команду:

```
sudo apt-get install realvnc-vnc-server
```

После скачивания, необходимо запустить сервер:

```
vncserver :1
```

Далее необходимо установить VNC-клиент на свой персональный компьютер, с которого будет осуществляться удалённый доступ. В данном случае это будет бесплатный VNC-клиент – VNC Viewer.

После запуска программы создаём подключение к Raspberry Pi, прописывая её IP-адрес и порт, на котором прописался VNC-сервер на плате:

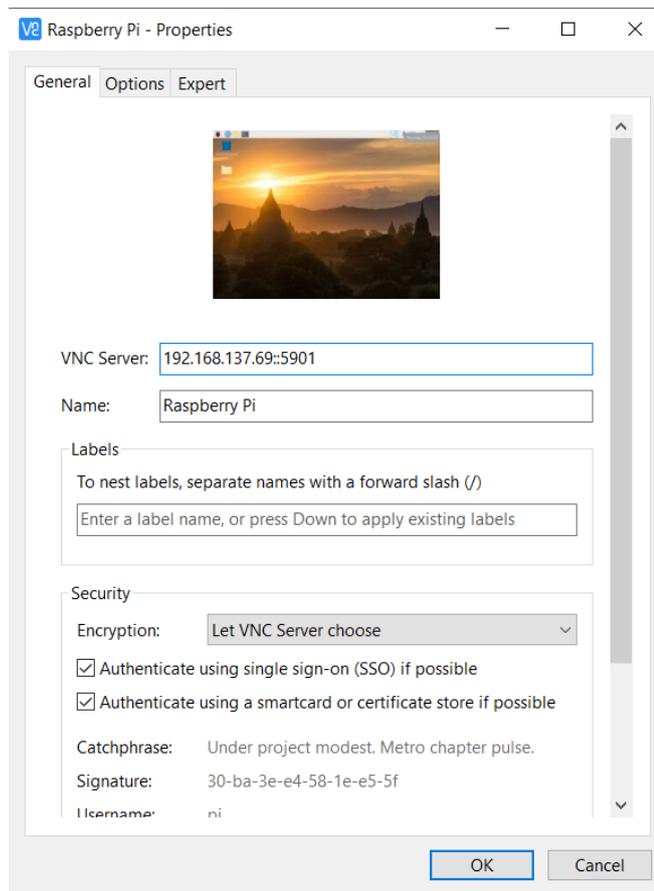


Рисунок 18 – Подключение VNC-сервера

Если всё введено верно, появится окно с вводом логина и пароля, которые были указаны ранее. После их ввода, получаем полный доступ к графическому интерфейсу Raspberry Pi:

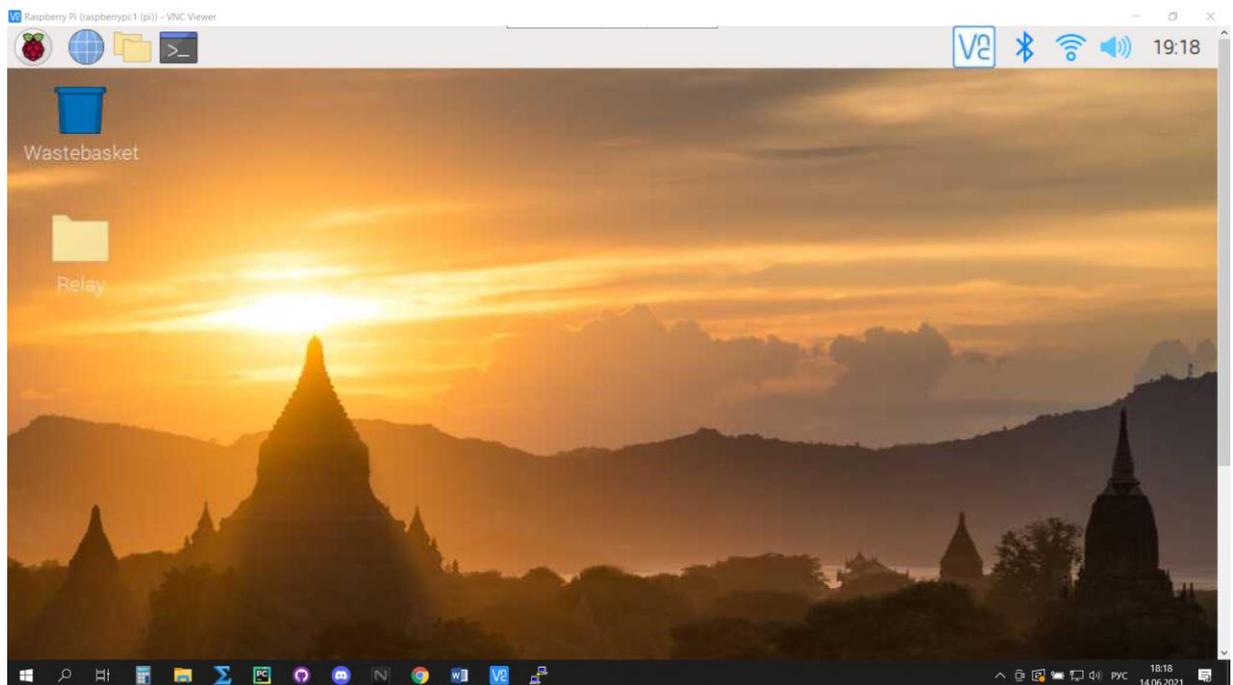


Рисунок 19 – Удалённый доступ к графическому интерфейсу Raspberry Pi

5. Разработка ПО для данного устройства

В качестве языка программирования, на котором будет реализована программа управления устройством, решено использовать Python. Для этого, на ранее установленной операционной системе для Raspberry Pi 3, уже имеется интегрированная среда разработки – Thonny.

В приложении А приведён листинг исходного кода программы.

На рисунке ниже представлена блок-схема алгоритма, реализующего управление устройством:

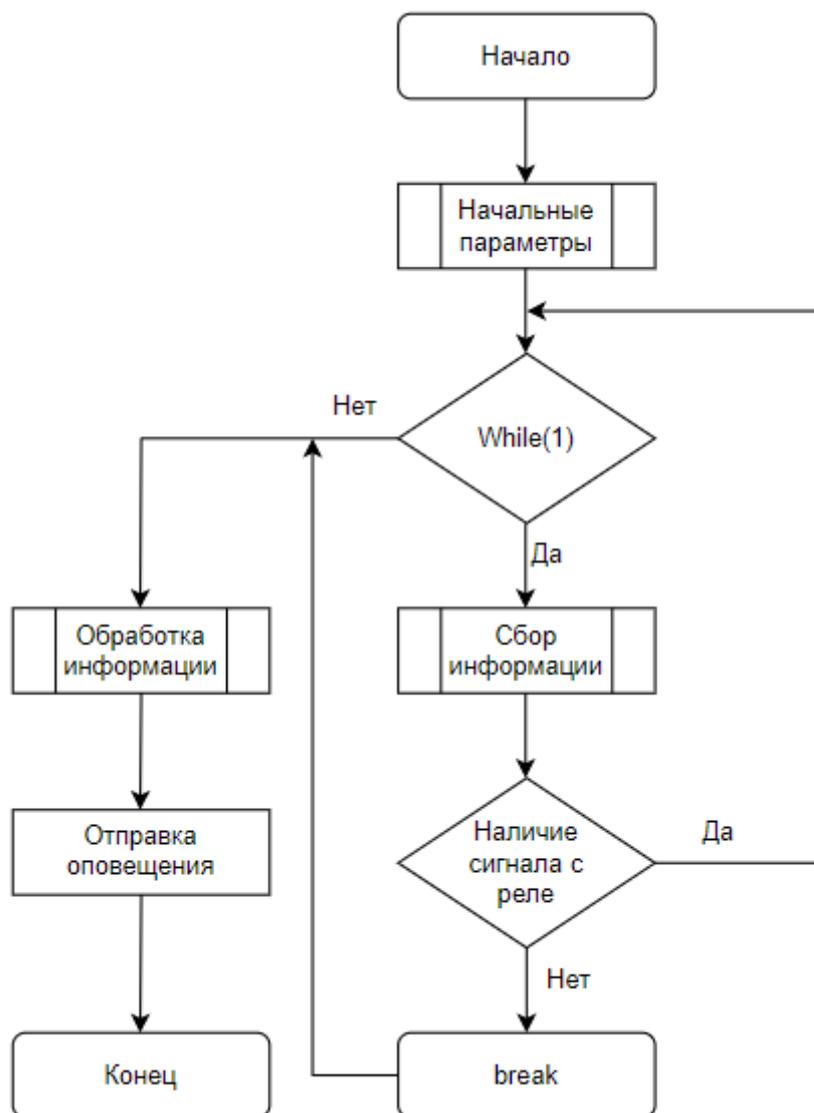


Рисунок 20 – Блок-схема алгоритма управления устройством

5.1. Функциональный блок «Начальные параметры»

В данном блоке реализуется загрузка необходимых библиотек, а также установка необходимых начальных параметров для работы системы.

Перед началом реализации программы, требуется загрузить необходимые библиотеки в память Raspberry Pi. Для дальнейшей работы понадобятся 5 невшроенных в Python библиотек:

- Rpi.GPIO – библиотека, необходимая для работы с GPIO портами.
- PySerial – библиотека для работы с Serial портами.
- Glob – библиотека, необходимая для поиска всех путей, совпадающих с заданным шаблоном.
- Pandas – библиотека для работы с данными.
- Matplotlib – библиотека для визуализации данных.

Для установки данных библиотек необходимо воспользоваться в командной строке командой:

```
sudo apt-get install python-pip (library_name)
```

После загрузки всех библиотек, необходимо задать начальные данные – время-токовые характеристики подключенного автомата. Непосредственно на основе этих характеристик в дальнейшем алгоритм будет определять причины его срабатывания.

После задания начальных параметров, нужно установить режим GPIO.VCM, этот режим означает, что в программе будет обращение к контактам по номеру «Broadcom SOC channel» – номера непосредственно GPIO портов, а не штекеров.

Далее в переменную pin_number записывается номер GPIO порта, к которому будет подключен выход с реле, и, который будет являться сигналом для работы модема. После чего данный порт устанавливается в режим GPIO.IN, что означает, что он настроен на приём сигнала.

Следующим действием происходит вызов функции check_ports(), которая возвращает названия портов, к которым на данный момент

подключены устройства, после чего отсеиваются все порты, к которым не подключен модем.

Заключаящим этапом данного функционального блока является настройка TCP/IP-сервера. Так как на данном этапе создания описываемого устройства, использование реальных данных, получаемых в реальном времени невозможно, то решено было сгенерировать эти данные, используя пакет Simulink MATLAB. После чего передавать их по TCP-связи из MATLAB в Python, используя встроенную библиотеку socket.

5.2. Тело цикла while

После всех подготовительных действий запускается бесконечный цикл while, где происходит проверка на наличие сигнала на, заданным значением pin_number, GPIO порте: если сигнал есть (логическая 1), то производится сбор данных, получаемых из MATLAB, иначе (логический 0) данный цикл прерывается, происходит логирование ошибки (срабатывания автомата), и полученные данные сохраняются в отдельный датасет, после чего начинается их обработка.

На рисунке 20 представлен график участка данных, которые были получены Raspberry Pi, где оранжевая кривая – незашумленный синусоидальный сигнал тока, синяя – смоделированная кривая короткого замыкания.

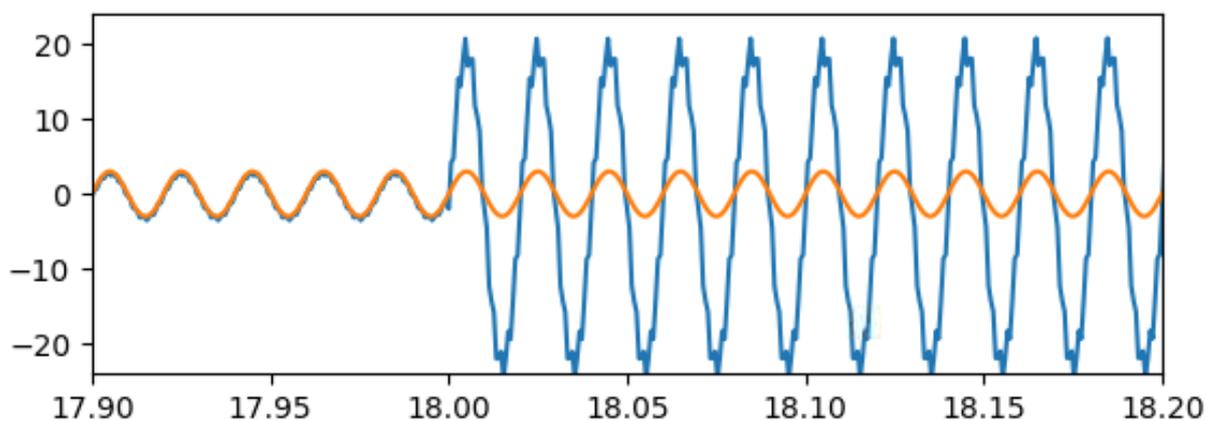


Рисунок 21 – График полученных данных

5.3. Функциональный блок «Обработка данных»

В данном блоке происходит обработка данных, результатом которой является выяснения причины срабатывания автоматического выключателя, имея данные об подключенном автомате, а также график значений тока.

На рисунке 22 представлена блок-схема алгоритма, реализующего обработку полученных данных, на основе которых формируются сообщения, которые отправляются по беспроводному интерфейсу на рабочее место оператора.

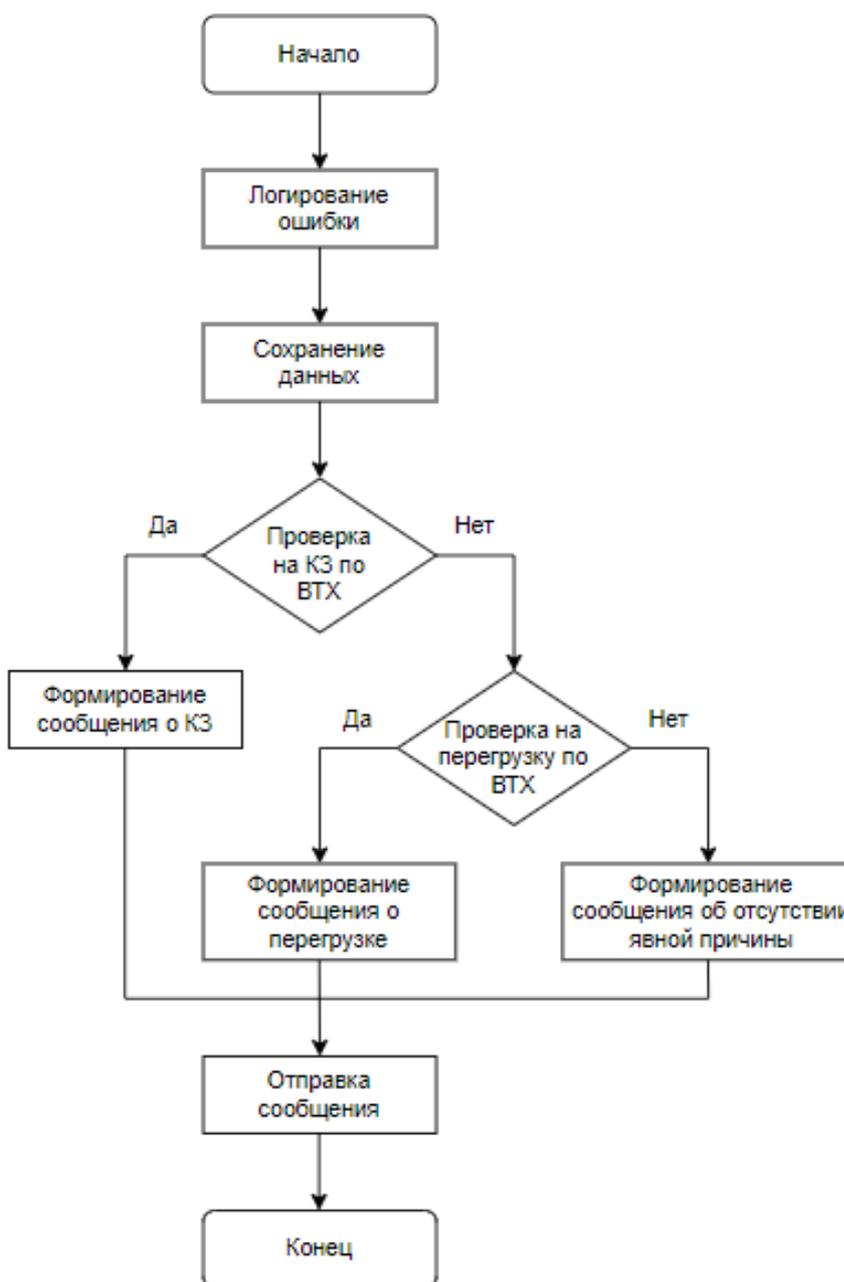


Рисунок 22 – Блок-схема алгоритма по обработке данных

Первым шагом происходит проверка на возможное короткое замыкание – срабатывание электромагнитного расцепителя. Берётся максимальное значение тока по полученной выборке и, если это значение выше в 5 раз, чем номинальный ток в цепи, а также длительность выборки с таким током не меньше 100 мс (данные значения взяты для конкретного автомата, используемого в прототипе), то формируется сообщение о том, что произошло короткое замыкание, где указывается максимальное значение тока в период срабатывания.

Если же не было обнаружено значения, превышающего номинальное значение в 5 раз, то происходит проверка наличия подвыборки точек, значение которых больше в 1.13 раз номинального значения тока. Если объём этой подвыборки меньше минимального времени срабатывания теплового расцепителя, то формируется сообщение о том, что не удалось определить причину срабатывания автомата. Если же объём выборки оказался достаточным, то происходит разбиение полученной подвыборки на более мелкие, границами которых служат большая разница во времени между точками. По максимальной по объёму полученной новой подвыборке формируется среднее значение тока, и указывается в сообщении, которое отправляется по беспроводному интерфейсу.

На рисунке 22 представлен пример сообщения, которое отправляется по беспроводному интерфейсу после обработки данных.

Заданная амплитуда: 3 А
Максимальная амплитуда: 21.14 А
Причина срабатывания автомата - короткое замыкание, значение номинального тока превышено в 7 раз.

Последние данные сохранены в файл: 21-04-22_22:18:34.csv

Рисунок 23 – Пример сообщения, отправляемого по беспроводному интерфейсу

6. Физическая сборка устройства

При сборке данного устройства, было решено использовать одноканальное реле компании TONGLING 5VDC, автоматический выключатель компании IEK ВА47-29, модемы WDT LoRa 433 L20 и непосредственно Raspberry Pi 3 в качестве вычислительного устройства.

На автомат подаётся напряжение 5V с Raspberry Pi, выход автомата подключается к макетной плате, где в цепи подключен светодиод, который будет служить индикатором наличия тока в цепи.

В приложении Б представлена принципиальная схема устройства.

6.1. Одноканальное реле TONGLING 5VDC

На задней части платы реле нарисован схема подключения нагрузки и указана модель реле, в данном случае это – Low Level Trigger (переключение при «0»).

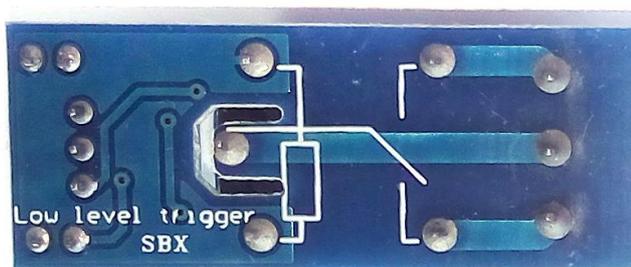


Рисунок 24 – Задняя часть платы реле

При подключении к источнику питания 5В (VCC – 5В и GND – земля), загорается красный светодиод, реле остается в неизменном положении. В качестве источника питания, аналогично автомату, используется Raspberry Pi. Для переключения реле в другое положение, необходимо изменить значение управляющего сигнала IN. Таким образом, для управления положением реле, параллельно светодиоду выход с автомата подключается к управляющему входу реле IN.

Все электромагнитные реле имеют нормально замкнутый (normal closed, NC), нормально разомкнутый (normal open, NO) и коммутируемый контакты. Если на управляющей обмотке реле отсутствует напряжение, то между нормально замкнутым и коммутируемым контактами есть

электрическая связь, а между нормально разомкнутым и коммутируемым – нет. При подаче напряжения на управляющую обмотку нормально разомкнутый контакт замыкается, а нормально замкнутый – размыкается.

Так как в данном устройстве используется Low Level Trigger, то управление выходными сигналами происходит полностью наоборот: при отсутствии напряжения на управляющей обмотке, между нормально замкнутым и коммутируемым контактами так же отсутствует электрическая связь, а между нормально разомкнутой и коммутируемым – присутствует [11].

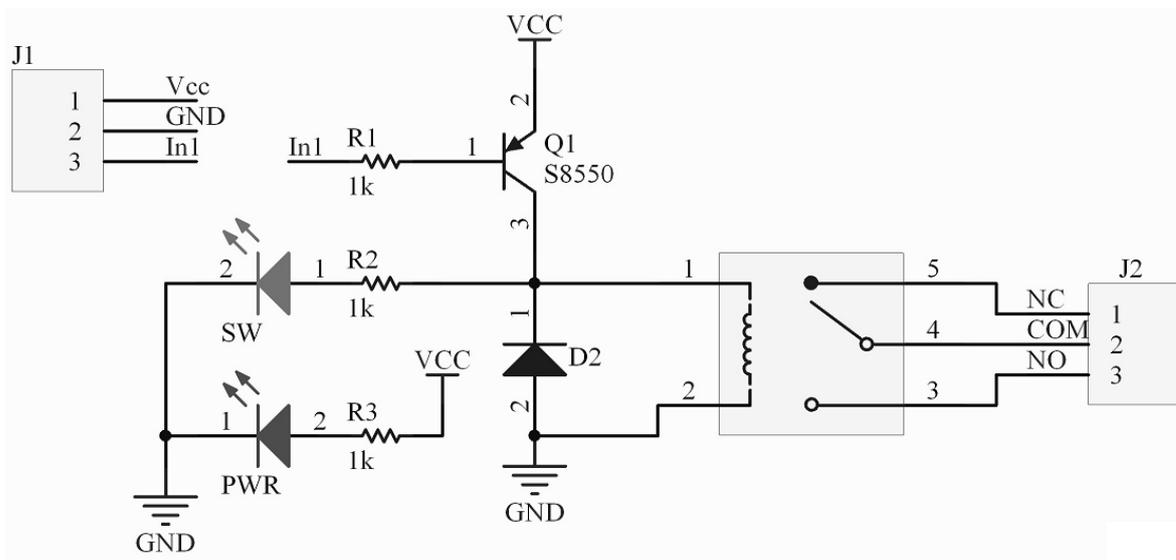


Рисунок 25 – Схема подключения модуля реле

Таким образом нормально замкнутый выход реле подключается к GPIO порту Raspberry Pi, по которому в свою очередь и осуществляется управление системой.

6.2. Модем WDT LoRa 433 L20

Модем WDT LoRa 433 L20 EKF PROxima (далее Модем) предназначен для беспроводной передачи данных на большие расстояния по технологии LoRa с прозрачным режимом работы. Диапазон напряжения питания от 8 В до 28 В, рабочая частота: 410 - 441 МГц (по умолчанию: 433 МГц).

Модем имеет стандартные интерфейсы RS-485 и RS-232, которые позволяют работать с любыми приборами, имеющими данные интерфейсы.



Рисунок 26 – Модем WDT LoRa 433 L20

Таблица 3 – Спецификация модели

Модель	Частота	Мощность передачи	Расстояние передачи	Примечание
	МГц	Вт	км	
WDT LoRa 433 L20	433	0.1	3	Передача осуществляется до 3 км на открытом пространстве без препятствий.

Модем имеет 4 режима работы. Регулируются двумя микропереключателями на боковой стороне модема. Переключатели имеют маркировку M1 и M0 и имеют по два положения ON и OFF.

Таблица 4 – Описание режимов работы переключателей

Режим работы	Наименование режима	M1	M0	Описание
Режим 0	Нормальный режим	1	1	Режим с открытым приёмом и передачей пакетов
Режим 1	Режим «пробуждения»	1	0	Режим пробуждения, в котором пакеты передаются с кодом пробуждения
Режим 2	Режим энергосбережения	0	1	Режим, при котором устройство принимает пакеты только с кодом пробуждения а при этом не передаёт пакеты
Режим 3	Режим сна	0	0	Режим настройки и конфигурирования модема

В данной работе модем подключается к Raspberry Pi через преобразователь интерфейсов USB/RS-485. Таким образом, в алгоритме управления устройством происходит обращение не через отдельные порты, к которым подключены соответствующие провода RS-485, а через COM порт, к которому подключен непосредственно преобразователь интерфейсов.



Рисунок 27 – Преобразователь интерфейсов USB/RS-485

7. Финансовый менеджмент

7.1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ

7.1.1. Потенциальные потребности результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в различных отраслях, в качестве примера можно выделить нефтеперерабатывающие заводы и предприятия. Научное исследование рассчитано как на малые, так и на крупные предприятия. Для данных предприятий разрабатывается устройство, позволяющее дистанционно контролировать промышленные коммутационные средства. Разработанное устройство должно повысить эффективность при детектировании и устранении сбоев в электрических цепях предприятий, тем самым минимизируя время простоя этих предприятий.

В таблице 5 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» – ООО «НТЦ Механотроника», «Б» – ООО «Компания ЭТМ», «В» – Группа компаний «Энергия».

Таблица 5 – Сегментирование рынка

		Направление деятельности		
		Разработка новых устройств	Производство устройств	Внедрение устройств в эксплуатацию
Размер компании	Мелкая	Б, В	В	В
	Средняя	А, Б, В	А, Б	Б
	Крупная	А, Б	А, Б	А, Б

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка новых устройств контроля промышленных коммутационных средств и их внедрения для мелких и средних компаний.

7.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. В таблице 6 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Таблица 6 – Оценочная карта

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Р	Б _{к1}	Б _{к2}	К _Р	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							

1. Повышение производительности	0,25	3	4	3	0,75	1	0,75
2. Простота эксплуатации	0,1	4	2	3	0,4	0,2	0,3
3. Надежность	0,2	4	3	5	0,8	0,6	1
4. Точность измерения	0,15	3	4	4	0,45	0,6	0,6
5. Безопасность	0,2	3	3	4	0,6	0,6	0,8
6. Универсальность	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Цена	0,05	5	3	2	0,25	0,15	0,1
2. Срок службы	0,07	3	5	4	0,21	0,35	0,28
3. Затраты на обслуживание	0,07	4	2	2	0,28	0,14	0,14
Итого	1	30	30	30	4,04	4,04	4,27

Анализ конкурентных технических решений рассчитываем по формуле (1):

$$K = \sum B_i + B_i, \quad (1)$$

Где, K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В ходе анализа конкурентных технических решений была составлена оценочная карта, где были выделены наиболее важные критерии оценки как технические, так и экономические.

В качестве K_p выступает собственное устройство, K_{k1} – блок микрорелейной защиты (БМРЗ) компании ООО «НТЦ Механотроника», K_{k2} – блок микрорелейной защиты ООО «Компания ЭТМ».

7.1.3. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Таблица 7 – Матрица SWOT

		Внутренние факторы	
		Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
Внешние факторы		<p>1. Наличие концептуально новой дистанционного управления технологии.</p> <p>2. Сигнализация о разрыве сети.</p> <p>3. Большая дальность управления.</p> <p>4. Возможность детектирования места и причины разрыва сети.</p>	<p>1. Не компактное устройство, относительно стандартных автоматов.</p> <p>2. Дороже в создании, тем самым больше риск не реализовать.</p> <p>3. Трудность реализации массового производства.</p> <p>4. Наличие сильных электрических помех в крупных цепях.</p>
	<p>Возможности:</p> <p>1. Устойчивый спрос на автоматические выключатели повсеместно.</p> <p>2. Привлечение инвесторов.</p>	<p>В совокупности повсеместного использования автоматических выключателей, а также концептуально новой технологии, позволяющей снизить время устранения сбоев цепей, можно повысить прибыль предприятия.</p>	<p>Устойчивый спрос, а также его рост, позволят компенсировать изначально высокую стоимость создания данного устройства.</p> <p>Привлечение инвесторов позволит двигаться в направлении модернизации данного устройства.</p>
	<p>Угрозы:</p> <p>1. Отсутствие заинтересованности потребителей.</p> <p>2. Вероятность появления более эффективных аналогов.</p> <p>3. Отсутствие квалифицированного персонала.</p>	<p>Наличие более совершенной технологии относительно имеющихся аналогов, которая совершенствует производство, позволит остаться востребованным данному устройству, несмотря на возможные ошибки, что в свою очередь позволит усовершенствовать его в дальнейшем.</p>	<p>Из-за возможной незаинтересованности потребителей в данном устройстве, нехватке обученного персонала для его использования, а также трудоёмком производстве данного устройства, он может оказаться полностью вытесненным с рынка.</p>

Основываясь на полученной таблице, можно сделать вывод, что данная разработка имеет большой потенциал для реализации благодаря своей

концептуально новой технологии. Для минимизации риска производится детальная проработка данного новшества, а также углубленный сравнительный анализ эффективности внедрения данного устройства относительно конкурентных.

7.2. Планирование научно-исследовательских работ

7.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, студент
	3	Постановка целей и задач	Руководитель,

		работы	студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
Разработка устройства	5	Сбор и изучение теоретического материала	Студент
	6	Конкурентный анализ рынка	Студент
	7	Разработка функциональной схемы устройства	Студент
	8	Разработка алгоритма работы устройства	Студент
	9	Написание собственного ПО	Студент
	10	Сборка тестового экземпляра устройства	Студент
	11	Производство пуско-наладочных работ	Студент
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки	Студент, руководитель

Из таблицы 8 можно заметить, что в основном работа была проделана самостоятельно, а некоторые этапы – совместно с руководителем.

7.2.2. Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудоёмкость 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 трудоёмкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (2)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоёмкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле 3. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней были переведены в календарные дни по формуле 4.

$$T_{k_i} = T_{p_i} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

где T_{k_i} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{p_i} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Получили, что $k_{кал} = 1,221$.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округлены до целого числа. Все рассчитанные значения были занесены в таблицу 9.

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях T_{p_i}	Длительность работ в календарных днях T_{k_i}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни		

	Студент	Руководитель								
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	3	-	2	-	2	-	2
Выбор направления исследований	2	2	4	3	3	2	3	2	3	2
Постановка целей и задач работы	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
Сбор и изучение теоретического материала	5	-	10	-	7	-	5	-	7	-
Конкурентный анализ рынка	3	-	5	-	4	-	3	-	4	-
Разработка функциональной схемы устройства	5	-	7	-	6	-	4	-	6	-
Разработка алгоритма работы устройства	5	-	8	-	7	-	5	-	7	-
Написание собственного ПО	7	-	9	-	11	-	7	-	9	-
Сборка тестового экземпляра устройства	4	-	5	-	7	-	5	-	5	-
Производство пуско-наладочных работ	2	-	3	-	4	-	1	-	3	-
Составление пояснительной записки	6	2	10	5	7	3	5	3	7	3
Итого:							40	9	53	9

7.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научных работ представлен в форме диаграммы Гранта, которая представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{k_i}	Продолжительность выполнения работ													
				Март			Апрель			Май			Июнь				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1				
1	Составление и утверждение технического задания	Р	2	▨													
2	Выбор направления исследований	Р, С	3 2	▨ ■													
3	Постановка целей и задач работы	Р, С	1 1	▨ ■													
4	Календарное планирование работ по теме	Р, С	1 1		▨ ■												
5	Сбор и изучение теоретического материала	С	7			■											
6	Конкурентный анализ рынка	С	4				■										
7	Разработка функциональной схемы устройства	С	6					■									
8	Разработка алгоритма работы устройства	С	7						■								
9	Написание собственного ПО	С	9							■							
10	Сборка тестового экземпляра устройства	С	5								■						
11	Производство пуско-наладочных работ	С	3									■					
13	Составление пояснительной записки	Р, С	3 7										■				▨

▨ – руководитель ■ – инженер

7.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

7.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} \cdot m \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 11 сведены сведения о материальных затратах на научные исследования.

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Модем LoRa 433 L20	шт.	2	7 400	14 800
Автоматический выключатель	шт.	1	600	600
Микроконтроллер «Raspberry Pi 3 B»	шт.	1	9 900	9 900
Электромагнитное реле «TONGLING»	шт.	1	300	300
Итого				25 600

7.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Результаты расчетов по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Microsoft Office	1	9 978	9 999
2	MATLAB	1	6 737	6 799
Итого:				16 798

7.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В данной работе учитывается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Учитывается основная заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, и дополнительная заработная плата:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата ((12-20) % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} + T_p, \quad (8)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени (Fd)	243	271

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (10)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	k_{np}	k_{∂}	k_p	Z_m , руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	37700	0,3	0,3	1,3	78 416	3356,1	9	30 204,7
Студент	19200	0,3	0,3	1,3	39 936	1532,6	40	61 304
Итого:								91 508,7

У студента заработная плата выше, т.к. число рабочих дней, затраченных на разработку, больше.

7.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн}, \quad (11)$$

где $k_{дон}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

В таблице 15 представлен расчет дополнительной заработной платы.

Таблица 15 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн}$, руб	$k_{дон}$	$Z_{дон}$, руб
Руководитель	30 204,7	0,12	3 624,6
Студент	61 304	0,12	7 356,5
Итого:			10 990,1

Поскольку расчет дополнительной заработной платы представляет собой умножение основной заработной платы на коэффициент, то результат получился схожим с тем, что мы получили при расчёте основной заработной платы.

7.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (12)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 30 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработанная плата, руб.	Дополнительная заработанная плата, руб.
Руководитель	30 204,7	3 624,6
Студент	61 304	7 356,5
Отчисления во внебюджетные фонды	30 %	
Итого		
Руководитель	10 148,8	
Студент	20 598,2	
Итого	30 747	

По итогу отчисления во внебюджетные фонды составит: 30 747 руб.

7.3.6. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов возьмем в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (25600 + 16798 + 91508,7 + 10990,1 + 30747) = 28103 \text{ руб.}$$

7.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	25 600
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	16 798
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	91 508,7
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10 990,1
5. Отчисления во внебюджетные фонды	30 747
6. Накладные расходы	28 103
7. Бюджет затрат НИИ	203 746,8

В ходе формирования бюджета затрат на НИИ вышло, что затраты составляют: 203 746,8 руб.

7.4. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (14)$$

где $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Φ_{max} зависит от сложности проекта, который разрабатывается для компании заказчика. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достоверно оценить величину Φ_{max} невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта автоматизации УПСВ в компании «Мехатроника» равняется 220000 руб., а в компании «Компания ЭТМ» – 240000 руб.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	$I_{финр}^{студент}$	$I_{финр}^{«ЭлМетро»}$	$I_{финр}^{«Вымпел»}$
Студент с руководителем	203 750 руб.	240000 руб.	0,85	0,92	1
«ЭлМетро»	220000 руб.				
«Вымпел»	240000 руб.				

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии / Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Студент преподавателем	«Мехатроника»	«ЭТМ»
Способствует росту производительности труда пользователя	0,4	3	5	4
Удобство в эксплуатации	0,2	4	4	5
Помехоустойчивость	0,1	5	3	4
Энергосбережение	0,05	4	3	3
Надежность	0,15	4	5	5
Материалоемкость	0,1	5	3	3
Итого	1			

Значения интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Значения интегрального показателя ресурсоэффективности

$I_{студент}$	$I_{\text{«Мехатроника»}}$	$I_{\text{«ЭТМ»}}$
3,8	4,3	4,2

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}}$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

$I_{исп.студент}$	$I_{исп."Мехатроника"}$	$I_{исп."ЭТМ"}$
4,47	4,67	4,2

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp.i} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.студент}},$$

В таблице 22 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 22 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Разработанный вариант	«Мехатроника»	«ЭТМ»
Интегральный финансовый показатель разработки	0,85	0,92	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,8	4,3	4,2
Интегральный показатель эффективности	4,47	4,67	4,2
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,05	0,94

Из полученных данных следует, что устройство, разработанное студентом и руководителем, не является самым эффективным, но в то же время ненамного уступает наиболее эффективному устройству от компании «Мехатроника».

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент»

1. Выявлены потенциальные потребители данной разработки. Устройство имеет наименьшую конкуренцию на рынке услуг по разработке новых устройств контроля промышленных коммутационных средств и их внедрения для мелких и средних компаний.

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Среди выявленных конкурентов: ООО «НТЦ Мехатроника» и ООО «Компания ЭТМ». Разрабатываемое устройство уступает конкурентам в способствовании роста производительности труда, а также надёжности, но выигрывает за счёт своей помехоустойчивости и материалоёмкости.

4. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: Отсутствие заинтересованности потребителей, вероятность появления более эффективных аналогов, отсутствие квалифицированного персонала. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены при составлении матрицы SWOT.

5. При планировании разработки была определена структура работ, по результату чего можно говорить о том, что большинство работ было проделано самостоятельно. Также составлен график проведения данной разработки в виде диаграммы Ганта. Из диаграммы видно, что практическая часть всей разработки занимает порядка трёх календарных месяцев. Это связано с целью провести более детальное проектирование.

6. В процессе расчёта бюджета НИИ было выявлено, что затраты на заработную плату студента выше, чем у руководителя. Это связано с тем, что у студента при меньшем окладе, большее число рабочих дней. Также в общем бюджет, требуемый для проведения научно-технического исследования, составил 203 750 руб.

7. При оценке эффективности исследования было выявлено, что разрабатываемое устройство по контролю промышленных коммутационных средств достаточно эффективно относительно таких крупных компаний, как «НТЦ Мехатроника» и «Компания ЭТМ».

8. Социальная ответственность

В данной работе производится создание устройства, позволяющее контролировать срабатывание автоматических выключателей, а также определять причины их срабатывания с дальнейшим оповещением оператора по беспроводному интерфейсу. В качестве области применения данного устройства можно выделить шкафы автоматики в различных предприятиях. Разработка устройства осуществляется в лаборатории ОАР НИ ТПУ, размеры рабочей зоны – 3 × 4 м. Актуальность проекта заключается в повышении оперативности детектирования и устранения неполадок в электрических цепях, путём своевременного оповещения оператора о срабатывании автоматического выключателя, а также причинах его срабатывания.

В работе используется следующее оборудование рабочей зоны: микрокомпьютер Raspberry Pi 3 model B, беспроводной интерфейс WDT LoRa 433 L20 – 2 штуки, автоматический выключатель, электромагнитное реле, персональный компьютер. Рабочие процессы, связанные объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне, включают: настройка и отладка программного обеспечения для микрокомпьютера Raspberry Pi 3, тестирование работоспособности устройства на стенде физического подобия.

В разделе освещаются проблемы производственной и пожарной безопасности, эргономики, а также охраны окружающей среды. Охрана труда в Российской Федерации представляет собой важный комплекс экологических, социально-экономических и иных мероприятий, нацеленных на обеспечение безопасности трудовой деятельности [16].

В международном стандарте [17] определено, что социальная ответственность является ответственностью организации за воздействие её решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение.

8.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

8.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

Правовые нормы, регулирующие взаимоотношения между сотрудником и организацией, включают в себя положения по оплате труда, режиму рабочего времени. Основные пункты отношений между сотрудником и организацией описаны в трудовом кодексе РФ [18].

Количество рабочего времени нормировано и не может быть выше 40 часов в неделю. На протяжении рабочего дня разработчик программного обеспечения должен иметь перерыв для отдыха и принятия пищи продолжительностью не менее 30 минут и не более двух часов.

Работу разработчика можно отнести ко второй категории работ (Па), поскольку разработка новых устройств может быть классифицирована как работа, производимая сидя, и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением, а тестирование работоспособности устройства производится непосредственно при использовании данного устройства и персонального компьютера для имитации, приближенных к реальным, условий. Известно, что согласно пункту 3.2. «ТОИ Р-45-084-01, Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере», устанавливается, что продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 2-х часов. Поэтому для второй категории работ предусматриваются 2 перерыва по 15 минут, используемые через 2 часа после начала рабочей смены и через 2 часа после обеденного перерыва.

8.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При разработке ПО для работы устройства используется персональный компьютер. Рабочее место обустраивается в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [19]. Помещением, где ведётся разработка программного обеспечения, является лаборатория Томского политехнического университета. В случае недоступности Wi-Fi подключения общедоступной университетской сети, будет необходимо использовать Ethernet-кабель для подключения ноутбука к интернету.

Также при разработке данного устройства используется микрокомпьютер Raspberry Pi 3. Осуществление работ с данной платой должно производиться в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009 «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком» [20], также необходимо соблюдать правила безопасности при работе с электрическими устройствами и обеспечить наличие необходимых средств защиты согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [21].

8.2. Производственная безопасность

Список вредных и опасных факторов, характерных для производственной среды, приведены в таблице 23. В ней указаны факторы, которые возникают на стадиях разработки и тестирования объекта.

Таблица 23 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте разработчика программного обеспечения

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Эмоциональные перегрузки	МР 2.2.9.2311-07. Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности.
Умственное перенапряжение	МР 2.2.9.2311-07. Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности.
Перенапряжение зрительного анализатора	МР 2.2.9.2311-07. Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности.
Превышение уровня шума	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.	ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Поправками)

8.2.1. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения

Данный фактор возникает из-за отсутствия организации естественного освещения в аудиториях. Недостаток освещенности рабочей зоны приводит к снижению работоспособности.

Согласно статистике, в среднем при различных видах производственной деятельности число несчастных случаев, связанных с неудовлетворительным освещением, составляет 30-50% от общего количества. При зрительной работе, не требующей высокой точности, около 1,5% травм со смертельным исходом происходит по причине плохого освещения. Прямая блескость может привести к травме, как за счет слепящего действия, так и в результате воздействия неравномерности распределения яркости в поле зрения; повышенные пульсации освещенности при наличии движущихся и особенно вращающихся деталей могут быть опасными из-за возникновения стробоскопического эффекта. Выполнение зрительной работы в условиях прямой блескости источников света приводит к значительному зрительному утомлению. Чем дольше действует блескость на орган зрения, тем больше его утомление.

В таблице 24 представлены допустимые значения показателей освещенности рабочих мест в соответствии с СанПиН [22]. Средствами нормализации освещенности рабочих мест служат осветительные приборы, защитные очки, светофильтры.

Таблица 24 – Допустимые значения освещенности в лаборатории

Искусственное освещение				
Освещенность, лк			Показатель дискомфорта М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
При комбинированном освещении		При общем освещении		
всего	от общего			
–	–	300	21	10

8.2.2. Отклонение показателей микроклимата

В случае продолжительного перенапряжения, связанного с перемещением предметов, может произойти развитие профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата (ОДА) и периферической нервной системы (ПНС).

Энергозатраты данной категории работ составляют 175-232 ккал/ч. На рабочих местах должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата. Обеспечение оптимальных параметров микроклимата регламентируется исходя из требований СанПиН 1.2.3685-21 [23]. Они приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах в зависимости от периода года

Допустимые значения						
Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	17,0-18,9	21,1-23,0	16-24	15-75	0,1	0,3
Теплый	18,0-19,9	22,1-27,0	17-28	15-75	0,1	0,4

В зимнее время средством защиты является отопление. Поддержание показателя относительной влажности предлагается осуществлять с использованием увлажнителей воздуха. В летнее время должны быть предусмотрены системы вентилирования и кондиционирования.

8.2.3. Эмоциональные перегрузки

Основными факторами развития стресса, приводящего к эмоциональным перегрузкам, являются [24]:

- при умственной нагрузке – длительный и ненормированный рабочий день с работой в сменном режиме, служебные командировки и др;
- при зрительной нагрузке – высокая точность работы.

При разработке устройства возникают оба вида нагрузок. Мерой снижения эмоционального перенапряжения служат своевременные перерывы в работе продолжительностью 7-10 минут.

8.2.4. Умственное перенапряжение

При разработке устройства ресурсы человека задействуются в большом объёме. В результате может возникнуть умственное перенапряжение, стресс.

Интенсивная умственная активность человека может стать причиной возникновения эмоционального напряжения, которое способно привести к стрессу, заболеваниям сердечно-сосудистой системы (атеросклероз, ишемическая болезнь сердца), к невротическим расстройствам.

Для профилактики и снижения умственного перенапряжения, согласно [24], работникам умственного нервно-напряженного труда рекомендуется проводить регламентированные перерывы длительностью 7-10 минут, комплексы физических упражнений.

8.2.5. Перенапряжение зрительного анализатора

Работа разработчика происходит за монитором персонального компьютера, а также за сборкой непосредственно прототипа устройства. В результате продолжительной работы у человека возникает перенапряжение зрительного анализатора. В соответствии с [24] снятие зрительного перенапряжения может производиться с использованием профилактических упражнений зрительной гимнастики.

8.2.6. Превышение уровня шума

Источником возникновения фактора является стендовое оборудование.

Наиболее типичными заболеваниями у людей, работающих в условиях воздействия интенсивного шума, являются заболевания сердечно-сосудистой системы (гипертоническая болезнь сердца, коронардиосклероз, стенокардия, инфаркт миокарда), шумовая болезнь.

Допустимые значения звукового давления в соответствии с санитарными нормами [23] приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Допустимые уровни звукового давления

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	
99	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В качестве индивидуальных средств защиты от негативного воздействия звукового давления можно применять беруши и наушники. В качестве средств коллективной защиты могут быть использованы оградительные устройства, глушители шума, звукопоглощающие устройства и материалы.

8.2.7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, которое может пройти через тело человека

Источники возникновения данного фактора: электричество для питания ПК, электричество для питания микрокомпьютера Raspberry Pi 3, а также электричество, проходящее через автоматический выключатель. Причиной прохождения тока по телу человека является прикосновение к проводам, оказавшимся под напряжением. Предельно допустимые значения силы токов и напряжений, расположены в таблице 27.

Таблица 27 – Предельно допустимые значения силы тока и напряжения

	Переменный ток при частоте, Гц:		Постоянный ток
	50	400	
Напряжение, В	2	2	8
Сила тока, мА	0,3	0,4	1

Помещение, согласно ПУЭ [25] относится к помещению с повышенной опасностью, характеризуется наличием возможности одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

Средствами защиты от предельно допустимых значений напряжения являются изолирующие устройства, устройства автоматического отключения и другое [26].

Также необходимо обязательное использование средств индивидуальной защиты от поражения электрическим током: диэлектрические перчатки, прорезиненная обувь.

8.3. Экологическая безопасность

В этом подразделе рассматриваются особенности воздействия разработки и тестирования устройства на окружающую среду, определяются источники её загрязнения.

При разработке устройства и тестировании его работоспособности задействуется ПК, микрокомпьютер Raspberry Pi, а также модемы LoRa. Возникает необходимость утилизации неисправных (устаревших) деталей. При этом известно, что комплектующие создаются с использованием драгоценных металлов. Радиоэлектронный лом комплектующих ПК необходимо сдавать на аффинажные заводы – предприятия, получающие высокочистые драгоценные металлы. В результате аффинажные заводы из микросхем получают банковские слитки.

8.3.1. Влияние объекта исследования на литосферу

Для минимизации ущерба комплектующие сдаются на переработку. Для переработки отходов может использоваться высокотемпературный пиролиз. В результате процесса высокотемпературного пиролиза образуются твёрдые продукты в виде шлака и золы, т.е. непиролизуемые остатки. Технологическая схема этого метода утилизации включает в себя четыре последовательных этапа, описанных в [27]. Высокотемпературный пиролиз позволяет экологически чисто, экономически выгодно и технически довольно просто перерабатывать твердые бытовые отходы без их предварительной подготовки, т.е. сортировки, сушки и т.д.

8.3.2. Влияние объекта исследования на гидросферу

Если осуществлять утилизацию отходов классическими способами, например, захоронениями отходов на полигонах, то в случае близости таких полигонов к водоемам, отходы от утилизации деталей могут оказаться в речных водах. При этом электронное оборудование состоит из опасных химических соединений, в результате разложения которых может причиняться вред природе. Мощности сооружений для очистки бытовых сточных вод должно хватить для сведения к нулю негативного эффекта от попадания отходов. Но попадание твердых бытовых отходов в пресные и сточные воды удорожает их очистку. Необходимо сдавать комплектующие компьютера на аффинажные заводы с целью переработки, а также в компании-производители оборудования для утилизации. После процесса утилизации на захоронение отправляется не 96%, а всего около 7% отходов. Все остальное – на вторичное использование.

8.3.3. Влияние объекта исследования на атмосферу

В результате производства электронных компонентов для ПК и платы Raspberry Pi происходит загрязнение атмосферы. Вредные выбросы образуются при производстве электроэнергии, питающей ПК и плату, поскольку для её получения применяется ископаемое топливо (например, уголь). Для регулирования содержания вредных веществ в атмосфере устанавливаются нормативы на допустимые выбросы [28]. Таким образом, регулируется оптимальное содержание вредных веществ в атмосфере. Предприятия для снижения выбросов могут использовать электролизеры или фильтры.

Также определена категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. N 2398 [29]. Данная категория является второй (II), поскольку электрическая энергия для питания ПК и платы вырабатывается на ТЭЦ-1, мощность энергоблока 15 МВт, что меньше 250 МВт.

8.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

При реализации работ по разработке устройства, а также его тестировании, могут возникать различные ЧС: пожар, ураган, землетрясение, а отказ системы безопасности. Наиболее вероятной ЧС является пожар. При тестировании устройства причиной пожара могут стать токи короткого замыкания, искрение в местах неплотных контактов проводов и др.

8.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Одним из вариантов предотвращения возможного пожара является использование негорючей изоляции проводки и кабелей оборудования и приборов на рабочем месте. Другим вариантом, при отсутствии возможности реализации предыдущего, может являться прокладка всех кабелей и видов проводки с применением защитных кожухов из негорючих материалов.

На основании [30], в случае возникновения пожара классов А, В и Е, тушение горящих твердых, плавких деталей устройства и электрооборудования под напряжением до 1000 В должно производиться огнетушителями ОУ-5 или ОУ-10 (углекислотные) и огнетушителями типа ОП-10 (порошковые).

Во избежание пожара необходимо соблюдать ряд правил:

- соблюдать чистоту в помещении, вовремя выносить мусор;
- план эвакуации из здания следует располагать на видном месте;
- работать только при наличии исправного оборудования;
- по окончании работы на оборудовании проверить выключены ли электроприборы.

При этом необходимо также обеспечить:

- присутствие наглядных пособий, для предотвращения пожара;
- содержание помещения в чистоте;
- противопожарный инструктаж сотрудников.

Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, в соответствии с [31], является категорией Г (умеренная пожароопасность), поскольку в лаборатории ОАР при работе оборудования материалы (пластик, металлы) могут находиться в горячем состоянии, может выделяться лучистое тепло, не исключено возникновение искр.

Для предотвращения травматизма следует не производить работы по тестированию ПО на оборудовании без индивидуальных средств защиты (рукавицы, защитные очки, спецодежда), не производить такие работы, как регулировка, наладка при работающем оборудовании. Если пожар не удастся ликвидировать самостоятельно, необходимо позвонить по номеру 101 в пожарную охрану, сообщив о пожаре и месте его возникновения, а затем покинуть помещение в соответствии с планом пожарной эвакуации.

Вывод по разделу социальная ответственность

В данном разделе были рассмотрены вопросы социальной ответственности при разработке устройства контроля отключения промышленных коммутационных средств. К таким вопросам относятся социальная и экологическая безопасность, а также безопасность в чрезвычайных ситуациях, правовые аспекты обеспечения безопасности.

Были проанализированы вредные и опасные факторы, возникающие в ходе разработки и тестирования устройства. К ним относятся: отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения, отклонение показателей микроклимата, эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, перенапряжение зрительного анализатора, превышение уровня шума, а также возможность поражения электрическим током. Перечисленные факторы при превышении норм оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека.

Как было описано ранее, категория помещения, где производится разработка ПО и проверка его работоспособности, согласно ПУЭ, относится к помещению с повышенной опасностью. Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685 является второй (IIa). Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, в соответствии с, является категорией «Г» (умеренная пожароопасность). Также определена категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. N 2398. Данная категория является второй (II).

В подразделе «Экологическая безопасность» были рассмотрены негативные аспекты, способные повлиять на окружающую среду в ходе проведения работ.

Установлено, что наиболее вероятно чрезвычайной ситуацией является пожарная опасность. Для этой ЧС были разработаны организационные мероприятия по её предотвращению и ликвидации.

Заключение

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы были рассмотрены литературные источники, а также изучены аналоговые устройства для решения задачи в области автоматического дистанционного управления электрическими цепями при помощи беспроводного интерфейса.

Были изучены основные теоретические сведения об автоматических выключателях и электромагнитных реле, а также их принцип работы.

Были рассмотрены и изучены такие протоколы беспроводной связи как: LoRa, ZigBee, Bluetooth. Выявлены их преимущества и недостатки, на основе которых выбрана одна, которая используется в данной работе – LoRa.

Были изучены основные теоретические сведения, а также технические характеристики одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi 3 Model B.

Был описан алгоритм подключения удалённого доступа к Raspberry Pi 3 с персонального компьютера по средствам протоколов SSH и VNC.

Было разработано ПО для управления данным устройством на языке Python, а также предоставлены блок-схемы алгоритмов управления данным устройством и исходный код.

Были выбраны необходимые комплектующие для реализации данного устройства, а также произведена сборка физического прототипа данного устройства.

Для проверки работоспособности разработанного устройства была составлена схема в математическом пакете MATLAB Simulink, генерирующая необходимые данные, посылаемые на Raspberry Pi, имитирующая реальный опрос электрической сети устройством.

Список литературы

1. Пищур А. П. Современные автоматические выключатели // Журнал «Энерго-Инфо». – ООО «АЗБУКА ЭЛЕКТРИЧЕСТВА» (официальное представительство TERA SAKI), 2012. – № 1 (60).
2. ГОСТ Р 50345-99 (МЭК 60898-95) [Электронный ресурс]. Режим доступа: [<https://docs.cntd.ru/document/1200007375>] (дата обращения: 09.05.2022)
3. Comparison of Wireless Technologies [Электронный ресурс]. Режим доступа: [predictabledesigns.com/wireless_technologies_bluetooth_wifi_zigbee_gsm_lte_lora_nb-iot_lte-m] (дата обращения: 12.01.2021).
4. Умный WiFi автоматический выключатель Ps-Link MCB-2P [Электронный ресурс]. Режим доступа: [rusmarta.ru/market/umnyj-dom/kontrollery-upravleniya-pitaniem/avtomaty/umnyu-wifi-avtomaticheskij-vyklyuchatel-pst-mcb-2p/] (дата обращения: 09.06.2022).
5. БМРЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: [mtrele.ru/shop/relejnaya-zashhita/bmrz/] (дата обращения: 04.06.2022).
6. Гуревич В. И. Электрические реле. Устройство, принцип действия и применения. Настольная книга инженера. — М.: Солон-пресс, 2011. — 700 с.: ил. — ISBN 978-5-91359-086-2.
7. Сети ZigBee: Зачем и почему? [Электронный ресурс]. Режим доступа: [habr.com/ru/post/155037/] (дата обращения: 16.01.2021).
8. Raspberry pi + реле, или как управлять 220v. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [home-smart-home.ru/raspberry-pi-rele/] (дата обращения: 14.06.2021).
9. Operating system images [Электронный ресурс]. Режим доступа: [raspberrypi.org/software/operating-systems] (дата обращения: 14.06.2021).
10. Raspberry Pi 3. Удалённое управление через SSH и VNC [Электронный ресурс]. Режим доступа: [dmitrysnotes.ru/raspberry-pi-3-

udalennoe-upravlenie-cherez-ssh-i-vnc#Dostup-k-Raspberry-Pi-3-cherez-VNC

(дата обращения: 14.06.2021).

11. Обзор модуля реле одноканального. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [\[robotchip.ru/obzor-modulya-rele-1-x-kanalny\]](http://robotchip.ru/obzor-modulya-rele-1-x-kanalny) (дата обращения: 22.12.2021).

12. Serial-порт: как с ним работать? [Электронный ресурс]. Режим доступа: [\[amperkot.ru/blog/serial/\]](http://amperkot.ru/blog/serial/) (дата обращения: 22.12.2021).

13. PySerial API [Электронный ресурс]. Режим доступа: [\[pyserial.readthedocs.io/en/latest/pyserial_api.html\]](http://pyserial.readthedocs.io/en/latest/pyserial_api.html) (дата обращения: 22.12.2021).

14. Время-токовая характеристика автоматических выключателей [Электронный ресурс]. Режим доступа [\[zametkielectrika.ru/vremya-tokovaya-karakteristika-s-avtomaticheskix-vyklyuchatelej/\]](http://zametkielectrika.ru/vremya-tokovaya-karakteristika-s-avtomaticheskix-vyklyuchatelej/) (дата обращения: 21.04.2022).

15. Микропроцессорные устройства релейной защиты: обзор возможностей и спорных решений [Электронный ресурс]. Режим доступа [\[electricalschool.info/main/elsnabg/1431-mikroprocessornye-ustrojstva.html\]](http://electricalschool.info/main/elsnabg/1431-mikroprocessornye-ustrojstva.html) (дата обращения: 04.06.2022)

16. ГОСТ 12.0.002-2014 ССБТ. Термины и определения.

17. Международный стандарт ИС CSR-08260008000 «Социальная ответственность организации. Требования» М.: ВОК, – 2011, – 36 с.

18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018) // Собрание законодательства РФ. - 07.01.2002.

19. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс]. Режим доступа: [\[docs.cntd.ru/document/1200005187\]](http://docs.cntd.ru/document/1200005187) (дата обращения: 27.04.2022).

20. ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009 Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком [Электронный ресурс]. Режим доступа: [\[docs.cntd.ru/document/1200076090\]](http://docs.cntd.ru/document/1200076090) (дата обращения: 09.06.2022).

21. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [docs.cntd.ru/document/9051953] (дата обращения: 09.06.2022).

22. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2017. – 122 с.

23. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2021. – 496 с.

24. МР 2.2.9.2311-07. Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности: Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. – 52 с.

25. Правила устройства электроустановок Седьмое издание Раздел 1 Общие правила Глава 1.1 Общая часть

26. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Поправкой). – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2017. – 20 с.

27. Утилизация и переработка твёрдых бытовых отходов: учебное пособие / А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. Г. Однолько, М. В. Соколов, П. В. Макеев, И. В. Шашков. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 100 экз. – 188 с.

28. ГОСТ Р 58577–2019 Правила установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ проектируемыми и действующими хозяйствующими субъектами и методы определения этих нормативов [Электронный ресурс]. Режим доступа: [docs.cntd.ru/document/1200168569] (дата обращения: 27.04.2022).

29. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. N 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное

воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

30. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

31. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

Приложение А. Исходный код ПО

```
import RPi.GPIO as GPIO
import serial
import glob
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

import socket
import pickle
import warnings
import datetime

def check_ports(port_list):
    result = []
    for port in port_list:
        try:
            s = serial.Serial(port)
            s.close()
            result.append(port)
        except (OSError, serial.SerialException):
            pass
    return result

warnings.simplefilter('ignore')
GPIO.setwarnings(False)

amplitude = 3

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
pin_number = 17
GPIO.setup(pin_number, GPIO.IN)

ports = glob.glob('/dev/tty[B-Za-z]*')

enable_ports = check_ports(ports)
ser = serial.Serial(enable_ports[0],
                    baudrate=115200)

host = '192.168.137.161'
port = 4000
s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
s.bind((host, port))
s.listen(1)

print('Waiting for connection...')

client, address = s.accept()
print('\nConnected by:', address)

client.send('Connected'.encode('utf-8'))

print('\nReceiving data...')
all_data = bytearray()

while 1:
    if GPIO.input(pin_number):
        while 1:
            data = client.recv(1024)
            if not data: break
            all_data += data
        client.close()
```

```

else:
    print('\nAll data recieved')
    print('Circuit breaker is OFF')
    break

print('\nConnction: CLOSED')
s.close()

converted_data = pickle.loads(all_data)
print('\nConverted data:', converted_data)

data = pd.DataFrame(converted_data)

data['diff'] = abs(data['data'] - data['real'])

date = datetime.datetime.now().strftime('%d-%m-%y_%H:%M:%S')
print('\nПоследние данные сохранены в файл:', date + '.csv')
data.to_csv(date+'.csv', index=False)

if data['data'].max() > amplitude * 6:
    message = '\nЗаданная амплитуда:' + str(amplitude) + 'A' +
'\nМаксимальная амплитуда:' \
+ str(round(data['data'].max(), 2)) + 'A' + '\nПричина
срабатывания автомата - короткое замыкание.' \
+ '\nЗначение номинального тока превышено в' +
str(int(data['data'].max() / amplitude)) + 'раз.'
    print(message)
elif data[data['diff'] > amplitude * 0.4].shape[0] >= 2000:
    data_diff = data[data['diff'] > amplitude * 0.4].reset_index()

    current = data_diff['time'].iloc[0]
    difference = [0]

    for time in data_diff['time'][1::]:
        difference.append(time - current)
        current = time

    data_diff['time_diff'] = difference
    borders = list(data_diff[data_diff['time_diff'] > 5].index)

    if len(borders) == 0:
        sample = data_diff
    elif len(borders) == 1:
        sample_first = data_diff.loc[:borders[0]]
        sample_last = data_diff.loc[borders[0]:]
        if sample_first.shape[0] > sample_last.shape[0]:
            sample = sample_first
        else:
            sample = sample_last
    elif len(borders) > 1:
        first_border = borders[0]
        sample_first = data_diff.loc[:first_border]
        for border in borders[1::]:
            test_sample = data_diff.loc[first_border:border]
            first_border = border
            if test_sample.shape[0] > sample_first.shape[0]:
                sample = test_sample
            else:
                sample = sample_first
        last_sample = data_diff.loc[borders[-1]:]
        if last_sample.shape[0] > sample.shape[0]:
            sample = last_sample

```

```
sample = sample.drop(labels=[list(sample.index)[-1]], axis=0)

if sample.shape[0] > 2000:
    work_time = round(sample['time'].iloc[-1] - sample['time'].iloc[0],
1)
    sample_mean_amplitude = round(sample['diff'].mean(), 2)

    message = '\nЗаданная амплитуда:' + str(amplitud) + 'А' + '\nЗа
время' + str(work_time) + 'сек.' \
            + 'амплитуда в среднем увеличилась на' +
str(sample_mean_amplitud) + 'А' \
            + '\nЧто привело к срабатыванию теплового расцепителя.'
    print(message)
else:
    message = '\nЯвной причины срабатывания автомата не обнаружено.'
    print(message)

ser.write(b'message')
ser.close()
```

Приложение Б. Принципиальная схема устройства

