

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

Школа: Инженерная школа энергетики
 Отделение школы: Электроэнергетики и электротехники
 Направление подготовки 09.04.03 Прикладная информатика
 Профиль: Информационные технологии в электроэнергетике

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка программного обеспечения централизованной автоматизации ликвидации асинхронного режима

УДК 004.415:621.3.018.53-5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
О-5KM81	Жиленков Артем Алексеевич		

Руководитель ВКР

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент, ОЭЭ ИШЭ ТПУ	Прохоров А.В.	К. Т. Н.		

Консультанты:

По выпускной квалификационной работе

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент, каф. КСУП ТУСУР	Калентьев А.А.	К. Т. Н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП ТПУ	Жиронкин С.А.	д-р. экон. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент, ООД ШБИП ТПУ	Сечин А.А.	К. Т. Н.		

Допустить к защите:

Руководитель ООП

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент, ОЭЭ ИШЭ ТПУ	Прохоров А. В.	К. Т. Н.		

Томск – 2021 г.

Компетенции выпускника основной образовательной программы магистратуры по направлению 09.04.03 «Прикладная информатика»

Код компетенции	Наименование компетенции
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
ОПК(У)-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями
ОПК(У)-4	Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований
ОПК(У)-5	Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем
ОПК(У)-6	Способен исследовать современные проблемы и методы прикладной информатики и развития информационного общества
ОПК(У)-7	Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления информационными системами
ОПК(У)-8	Способен осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов
ПК(У)-1	Способен анализировать бизнес-процессы в электроэнергетике, создавать и применять информационные модели для их автоматизации
ПК(У)-2	Способен самостоятельно осваивать и применять информационные технологии для автоматизации бизнес-процессов в электроэнергетике
ПК(У)-3	Способен выявлять ошибки и неисправности в работе информационных систем, предлагать решения по их устранению, реализовывать технические мероприятия по обеспечению требований к надежности и информационной безопасности

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

Школа: Инженерная школа энергетики

Отделение школы: Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 09.04.03 Прикладная информатика

Профиль: Информационные технологии в электроэнергетике

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись)

(Дата)

(Ф. И. О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
О-5KM81	Жиленкову Артему Алексеевичу

Тема работы:

Разработка программного обеспечения централизованной автоматики ликвидации
асинхронного режима

Утверждена приказом директора	№ 147-59/с
-------------------------------	------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.01.2021
------------------------------------------	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Алгоритм централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима
---------------------------------	------------------------------------------------------------------------

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Анализ архитектур систем централизованной противоаварийной автоматики 2. Разработка архитектуры централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима 3. Разработка и тестирование программного обеспечения централизованной АЛАР
Перечень графического материала	1. Диаграмма компонентов 2. Диаграмма пакетов 3. Диаграммы классов 4. Скриншоты консоли программы 5. Временная диаграмма
Консультант по выпускной квалификационной работе	
Калентьев А.А., доцент кафедры КСУП ТУСУР	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Жиронкин С.А, профессор Отделения социально-гуманитарных наук ШБИП ТПУ
Социальная ответственность	Сечин А.А., доцент Отделения общетехнических дисциплин ШБИП ТПУ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.06.2020
-------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал руководитель:

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент, ОЭЭ ИШЭ ТПУ	Прохоров А.В.	К. Т. Н.		29.06.2020

СОГЛАСОВАНО

Консультанты по ВКР:

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент, каф. КСУП ТУСУР	Калентьев А.А.	К. Т. Н.		29.06.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
О-5KM81	Жиленков Артем Алексеевич		29.06.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
О-5KM81	Жиленкову Артему Алексеевичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Подразделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.03 Прикладная информатика

Тема работы:

Разработка программного обеспечения централизованной автоматизации ликвидации асинхронного режима	
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент»:	
<i>Характеристика объекта исследования и области его применения</i>	<i>Объект исследования: программное обеспечение централизованной АЛАР. Область применения: объект электроэнергетики, диспетчерский центр.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Предпроектный анализ: 1.1. Потенциальные потребители результатов исследования; 1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения; 1.3. SWOT-анализ; 1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации.	<i>Потребителем результатов исследования является АО «СО ЕЭС». Рассмотрены три производителя и выбран наиболее конкурентоспособный. Проведен SWOT-анализ. Проект имеет среднюю готовность к коммерциализации.</i>
2. Инициация проекта: 2.1. Цели и результат проекта; 2.2. Организационная структура проекта; 2.3. Ограничения и допущения проекта.	<i>Инициализация проекта. Организационная структура проекта.</i>
3. Планирование управления научно-техническим проектом: 3.1 Иерархическая структура работ проекта; 3.2 Контрольные события проекта; 3.3 План проекта; 3.4 Бюджет научного исследования; 3.5 Матрица ответственности; 3.6 План управления коммуникациями проекта; 3.7 Реестр рисков проекта.	<i>Структура работ в рамках научного исследования. Разработка плана проведения научного исследования. Расчет бюджета затрат на проектирование. Расчет капитальных затрат на оборудование</i>
4. Определение финансовой и ресурсной эффективности проекта	<i>В ходе проектирования была проведена оценка ресурсной эффективности проекта</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	29.06.2020
-------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал консультант:

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор, ОСГН ШБИП ТПУ	Жиронкин Сергей Александрович	д-р. экон. наук		29.06.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
О-5KM81	Жиленков Артем Алексеевич		29.06.2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа энергетики

Отделение школы: Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 09.04.03 Прикладная информатика

Профиль: Информационные технологии в электроэнергетике

Период выполнения: весенний/осенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	23.01.2021
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
31.07.2020	Анализ существующих архитектур централизованной противоаварийной автоматики	5
31.08.2020	Проектирование программного обеспечения централизованной АЛАР	10
31.09.2020	Разработка подсистемы Идентификации возникновения асинхронного режима	15
31.10.2020	Разработка подсистемы Обработки данных синхронизированных векторных измерений	15
31.11.2020	Разработка подсистемы Обработки телеметрии из оперативно-информационного комплекса	15
15.12.2020	Разработка подсистемы Выбора управляющих воздействий	15
30.12.2020	Тестирование программного обеспечения	10
05.01.2021	Выполнение задания по разделу «Социальная ответственность»	5
10.01.2021	Выполнение задания по разделу «Финансовый менеджмент»	5
22.01.2021	Оформление расчётно-пояснительной записки	5

Составил руководитель ВКР:

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент, ОЭЭ ИШЭ ТПУ	Прохоров А.В.	К. Т. Н.		29.06.2020

СОГЛАСОВАНО

Консультанты по ВКР:

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент, каф. КСУП ТУСУР	Калентьев А.А.	К. Т. Н.		29.06.2020

Руководитель ООП:

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент, ОЭЭ ИШЭ ТПУ	Прохоров А. В.	К. Т. Н.		29.06.2020

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 95 страниц, 27 рисунков, 23 таблицы, 27 использованных источников, 1 приложение.

Ключевые слова: автоматика ликвидации асинхронного режима, классификация, кластеризация, метод опорных векторов, сечение деления системы, группа когерентных генераторов.

Объектом исследования является система централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима.

Предмет исследования: программное обеспечение централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима.

Цель работы: разработка программного обеспечения централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима.

В качестве методов исследования применялись:

- метод нечетких С-средних для кластеризации временных рядов данных;
- метод опорных векторов для классификации временных рядов данных.

В процессе исследования проводились: анализ архитектур систем централизованной противоаварийной автоматики, разработка архитектуры централизованной АЛАР, разработка программного обеспечения централизованной АЛАР.

В результате исследования было разработано программное обеспечение централизованной АЛАР и проведено тестирование его работы.

В дальнейшем планируется развитие результатов работы в части совершенствования архитектуры, повышения качества кода программного обеспечения централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима и разработки более быстрых (время выполнения менее 50 мс) и точных алгоритмов идентификации и ликвидации асинхронного режима (точность идентификации 99,9%).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в области Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 2.104 – 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
3. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
4. ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
5. ГОСТ 2.702 – 2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем.
6. ГОСТ 2.709 – 89 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.
7. ГОСТ 2.721 – 74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
8. ГОСТ 3.1102 – 2011 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки и виды документов.
9. ГОСТ 3.1105 – 2011 Единая система конструкторской документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Алгоритм: совокупность четко сформулированных правил, определяющих последовательность решения тех или иных задач за конечное число шагов.

Асинхронный режим энергосистемы: аварийный режим энергосистемы, характеризующийся несинхронным вращением части генераторов энергосистемы.

АО "СО ЕЭС": АО "Системный оператор Единой энергетической системы России», включая филиалы АО "СО ЕЭС".

Блок-схема: графическое описание алгоритма, выполняемое с помощью геометрических фигур.

Данные: информация, используемая информационной системой.

Консоль: интерфейс пользователя, окно для вывода системных сообщений и приёма команд.

Режим энергосистемы: единый процесс производства, преобразования, передачи и потребления электрической энергии в энергосистеме, характеризуемый его техническими параметрами, состоянием объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии (включая схемы электрических соединений объектов электроэнергетики).

Сервер: мощный компьютер, работающий в качестве хранилища программ и данных, используемых другими компьютерами и в сети.

Сечение: совокупность таких сетевых элементов одной или нескольких связей, отключение которых приводит к полному разделению энергосистемы на две изолированные части.

Система мониторинга переходных режимов ЕЭС России: информационно-измерительная система, предназначенная для получения с нормированным качеством данных синхронизированных векторных измерений в электромеханических переходных и установившихся режимах работы энергосистемы в реальном времени и по запросу для применения в технологиях оперативно-диспетчерского, оперативно-технологического, автоматического режимного и противоаварийного управления;

Используемые сокращения:

АЛАР – автоматика ликвидации асинхронного режима

АР – асинхронный режим

АССИ – автоматическая система сбора информации

ДС – деление энергосистемы

ДЦ – диспетчерский центр

ИА – исполнительный аппарат АО «СО ЕЭС»

КСВД – концентратор синхронизированных векторных данных

ОДУ – филиал АО «СО ЕЭС» объединенное диспетчерское управление

ОИК – оперативно-информационный комплекс

ПА – противоаварийная автоматика

ПО – программное обеспечение

ПТК – программно-технический комплекс

РДУ – филиал АО «СО ЕЭС» региональное диспетчерское управление

РУ ВН – распределительное устройство высокого напряжения

СВИ – синхронизированное векторное измерение

СМНР – система мониторинга переходных режимов

СО ЕЭС – системный оператор единой энергетической системы

ТМ – телеметрия

УВ – управляющее воздействие

УПАСК – устройство передачи аварийных сигналов и команд

УСВИ – устройство синхронизированных векторных измерений

ЦАЛАР – централизованная АЛАР

Содержание

Введение	16
1. Анализ существующих архитектур централизованной противоаварийной автоматики	18
1.1. Анализ архитектуры централизованной системы противоаварийного управления	19
1.2. Анализ системы мониторинга переходных процессов	22
1.3. Характеристики аппаратной части	25
Выводы по разделу 1	26
2. Проектирование программного обеспечения централизованной АЛАР	27
2.1. Архитектура программного обеспечения централизованной АЛАР	27
2.1.1. Укрупненная структура централизованной АЛАР	27
2.1.2. Диаграмма компонентов разрабатываемого ПО	29
2.1.3. Диаграмма пакетов разрабатываемого ПО	31
2.2. Взаимосвязи ЦАЛАР со смежными системами	32
2.3. Состав функций, реализуемых системой	33
2.4. Сведения об обеспечении заданных в техническом задании потребительских характеристик системы, определяющих ее качество	34
2.5. Методы и средства разработки	35
2.6. Требования к видам обеспечения	35
2.6.1. Требования к информационному обеспечению	35
2.6.2. Требования к программному обеспечению	35
2.6.3. Требования к техническому обеспечению	36
Выводы по разделу 2	36
3. Разработка программного обеспечения централизованной АЛАР	36
3.1. Описание используемых алгоритмов	36
3.1.1. Теоретическая основа программной реализации подсистемы Обработки данных СВИ	36
3.1.2. Теоретическая основа программной реализации подсистемы Идентификации возникновения асинхронного режима	36

3.1.3. Теоретическая основа программной реализации подсистемы Обработки телеметрии из ОИК	37
3.1.4. Теоретическая основа программной реализации подсистемы Выбора управляющих воздействий	40
3.2. Рабочая документация	41
3.2.1. Общие сведения о системе	41
3.2.2. Архитектура и принципы функционирования	41
3.2.3. Входные и выходные данные	47
Выводы по разделу 3.....	49
4. Тестирование программного обеспечения централизованной АЛАР	50
4.1. Тестирование подсистемы Обработки данных СВИ	50
4.2. Тестирование подсистемы Идентификации возникновения асинхронного режима	51
4.3. Тестирование подсистемы Выбора управляющих воздействий	51
4.4. Тестирование подсистемы Обработки телеметрии из ОИК	53
Выводы по разделу 4.....	54
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	56
5.1. Предпроектный анализ	56
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	56
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	56
5.1.3. SWOT-анализ	58
5.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации	60
5.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	61
5.2. Инициация проекта	61
5.2.1. Цели и результат проекта	61
5.2.2. Организационная структура проекта	63
5.3. Планирование управления научно-техническим проектом	64
5.3.1. Иерархическая структура работ	64

5.3.2. Бюджет научного исследования	67
5.3.3. Организационная структура проекта	70
5.3.4. План управления коммуникациями проекта	70
5.3.5. Реестр рисков проекта	71
5.4. Определение ресурсной эффективности исследования	71
Выводы по разделу 5.....	73
6. Социальная ответственность	74
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	74
6.2. Производственная безопасность	76
6.2.1. Анализ вредных и опасных производственных факторов	76
6.2.2.1. Повышенный уровень шума	78
6.2.2.2. Поражение электрическим током	78
6.2.2.3. Повышенный уровень электромагнитных и ионизирующих излучений в рабочей зоне	80
6.3. Отклонение показателей микроклимата	81
6.3.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	82
6.3.3. Психофизические нагрузки	85
6.4. Экологическая безопасность	87
6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	90
Выводы по разделу 6.....	91
Заключение	92
Список литературы	93
Приложение А	96

Введение

Применение централизованной архитектуры построения системы противоаварийной автоматики позволяет повысить эффективность выбора управляющих воздействий за счет увеличения объема анализируемой информации об энергосистеме, однако, при этом, требуется применение более сложных алгоритмов расчёта, в том числе в режиме реального времени.

В конечном итоге требуется разработка таких решений в части алгоритмического и программного обеспечения централизованной системы противоаварийной автоматики, которые бы обеспечивали компромисс между большим объемом данных, сложностью аналитических алгоритмов и необходимостью формирования эффективного управляющего воздействия в реальном времени.

В настоящее время в энергосистемах отсутствуют примеры реализации централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима (ЦАЛАР), а существующие варианты алгоритмов, предназначенных для решения отдельных задач ЦАЛАР, не исследовались совместно и не реализовывались программно в составе единой системы.

Цель работы: разработка программного обеспечения централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима.

Задачи:

1. Провести анализ существующих архитектур централизованной противоаварийной автоматики.
2. Разработать архитектуру централизованной АЛАР.
3. Выполнить проектирование программного обеспечения централизованной АЛАР.
4. Разработать программное обеспечение централизованной АЛАР.
5. Выполнить тестирование разработанного ПО.
6. Разработать рабочую документацию ПО централизованной АЛАР.

Научная новизна: предложена оригинальная архитектура централизованной АЛАР, обеспечивающая функции прогнозирования

возникновения асинхронного режима, определения групп когерентных генераторов и поиска сечения деления системы.

Практическая значимость результатов ВКР: Разработанное программное обеспечение может быть использовано при исследовании алгоритмов АЛАР, а также при проектировании комплексов централизованных систем противоаварийной автоматики, использующих схожие принципы функционирования.

1. Анализ существующих архитектур централизованной противоаварийной автоматики

В соответствии с [1] существующие программно-аппаратные комплексы, обеспечивающие выполнение функций АЛАР обладают рядом недостатков. Программная логика таких устройств не всегда обеспечивает работу АЛАР с высокими быстродействием, селективностью и чувствительностью. При настройке таких устройств используются программные комплексы RastrWin3 и EUROSTAG. При этом процесс настройки представляет собой многократный расчет переходных процессов, что требует больших трудозатрат. Слабая автоматизация данного процесса может привести к человеческой ошибке при расчете или задании уставок устройства АЛАР. В работе [1] предложена концепция централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима, которая исключает многие недостатки существующих устройств.

Исследования [1] показали, что централизация АЛАР позволяет:

- повысить эффективность выбора управляющих воздействий за счет:
 - применения алгоритмов II-ДО определения сечений деления системы и обучения классификатора;
 - применения алгоритма I-ДО выбора сечений ДС и обученного классификатора, соответствующих текущему режиму работы ЭЭС;
- улучшить быстродействие автоматики за счет применения алгоритма идентификации возникновения АР с использованием предиктивных технологий.

Чтобы разработать программное обеспечение централизованной АЛАР, необходимо определить архитектуру её построения. Разработанная архитектура должна быть реализуема – учитывать существующий уровень развития техники и возможности по её применения в электроэнергетике, а также предусматривать стандартные решения по интеграции с существующими информационно-управляющими системами. Для этой цели следует рассмотреть варианты выполнения зарубежных и отечественных программных, программно-

аппаратных и программно-технических комплексов систем противоаварийного управления и мониторинга переходных процессов, разрабатываемых и применяемых в настоящее время.

1.1. Анализ архитектуры централизованной системы противоаварийного управления

В зарубежных энергосистемах активно ведутся работы по разработке и внедрению технологии WAMPACS (wide-area monitoring, protection and control system), которая предназначена для централизации информации об энергосистеме в целях мониторинга, анализа, прогнозирования состояния энергосистемы и распределения команд управляющих воздействий на нижестоящие устройства противоаварийной автоматики [2]. В разных реализациях WAMPACS может включать в себя систему мониторинга WAMS, управления WACS и защиты WAPS. Активное развитие WAMPACS системы получили благодаря возможности использования в алгоритмах управления синхронизированных векторных измерений, выполняемых с гораздо более высокой дискретностью (каждые 20 мс), чем традиционные телеизмерения (раз в 1 с).

Аналогом WAPS в России можно считать централизованную систему противоаварийной автоматики (ЦСПА). Она служит для снижения объемов противоаварийного управления и координации действия районных комплексов противоаварийного управления. Однако в ЦСПА векторные измерения в настоящее время не применяются.

Наиболее общая структура, описывающая принципы построения систем централизованного противоаварийного управления, представлена на рисунке 1. ЦСПА построена по иерархическому принципу: верхний уровень – программно-технический комплекс (ПТК) ЦСПА и нижний уровень – локальный комплекс автоматики предотвращения нарушения устойчивости (ЛАПНУ).

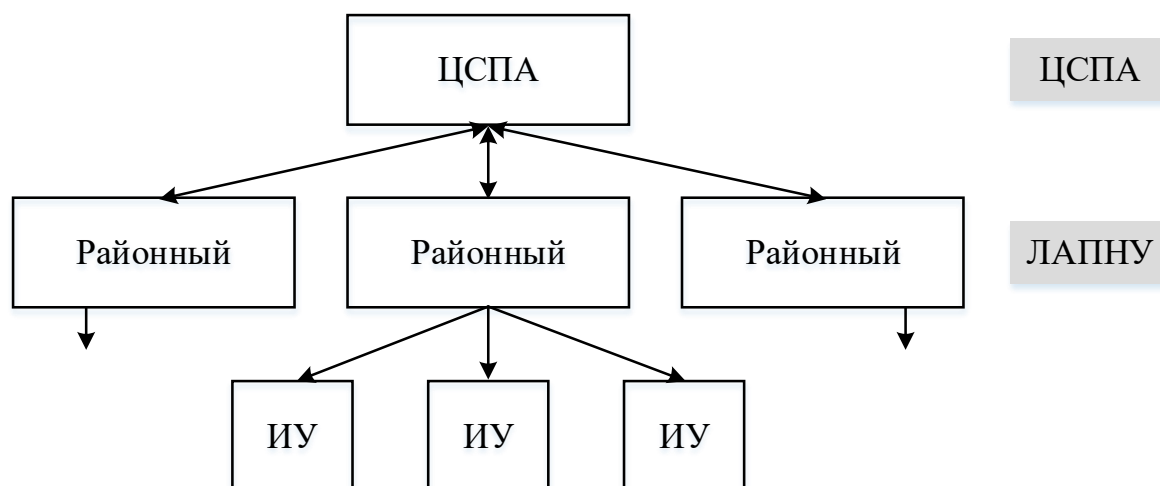


Рисунок 1 – Иерархическая структура ЦСПА

ПТК верхнего уровня собирает доаварийную информацию о схеме и режиме работы ЭЭС с ЛАПНУ и ОИК. Также от ЛАПНУ в ПТК поступает информация о настройках устройства нижнего уровня. А ПТК ЦСПА в свою очередь передает на ЛАПНУ рассчитанные УВ для каждого учитываемого аварийного возмущения [3].

Архитектуру ЦСПА можно изобразить в виде, представленном на рисунке 2. Подсистема телемеханики принимает и передает ПТК верхнего уровня ЦСПА доаварийную информацию от объектов управления и телеинформацию из ОИК. После оценки телеинформации ПТК выполняет расчет УВ для заданного набора пусковых органов и передает их в ЛАПНУ (низовой уровень ЦСПА). ЛАПНУ в свою очередь при появлении сигналов об аварийном отключении передает на объекты управления УВ через подсистему передачи аварийной и управляющей информации.

Для АЛАР быстродействие критично. При этом архитектура системы централизованной АЛАР подразумевает защиту от АР одного или нескольких смежных сечений, что снижает требования к размеру района наблюдения. Таким образом, иерархический принцип построения системы, свойственный для ЦСПА, представляется избыточным и может приводить к дополнительным сложностям при решении задачи обеспечения быстродействия неприменим. Вместо этого в централизованной АЛАР предлагается объединить верхний и нижний уровни: ЦАЛАР включает в себя логическую часть, реализующую все

вычислительные функции защиты, и часть, предназначенную для выдачи команд УВ по каналам УПАСК непосредственно на энергообъекты. Подобная архитектура реализована в ряде устройств АПНУ, защищающих некоторой район управления, в который могут входить несколько сечений.

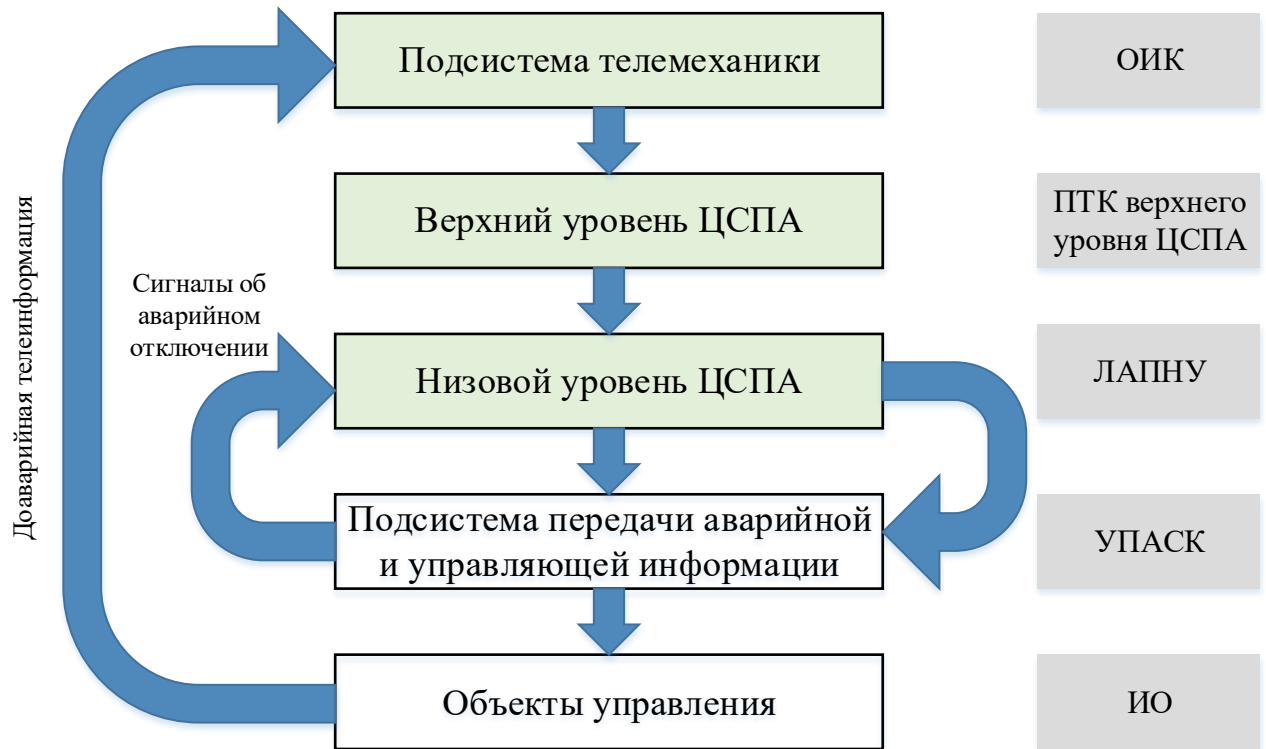


Рисунок 2 – Архитектура ЦСПА

Если дальнейшие исследования покажут, что для большого количества контролируемых централизованной АЛАР сечений целесообразно выполнять разделение ЦАЛАР на локальные устройства, хранящие в себе информацию для выполнения задач по принципу ПОСЛЕ, и централизованное устройство, выполняющее расчеты для локальных АЛАР, то возможно применение иерархической структуры, подобной структуре ЦСПА.

Для функционирования АПНУ требуется знать местную информацию, получаемую в месте установки. Факт возникновения возмущения выявляется с помощью следующих пусковых органов:

- фиксация отключения блока;
- фиксация отключения линии;
- фиксация отключения системы шин;
- фиксация отключения трансформатора;

– фиксация тяжести короткого замыкания.

От пусковых органов информация поступает на устройство автоматической дозировки воздействия (АДВ). Оно формирует сигналы противоаварийного управления. Возможно использование нескольких принципов АДВ: ПОСЛЕ, II-ДО и I-ДО. Реализация УВ по принципу ПОСЛЕ требует от вычислительного устройства высокого быстродействия, а, следовательно, и больших вычислительных мощностей. Поэтому на сегодняшний день используется принцип ДО: II-ДО – в ЛАПНУ, I-ДО – на верхнем уровне ЦСПА.

При проектировании архитектуры ЦАЛАР также следует учесть возможности фиксации возмущений и возможные принципы реализации управляющих воздействий.

1.2. Анализ системы мониторинга переходных процессов

Далее рассмотрим возможность применения данных СВИ для работы алгоритмов ЦАЛАР.

Аналогичная WAMS (wide-area monitoring system) система в России – система мониторинга переходных режимов (СМПР). Она предназначена для получения данных СВИ в установившихся режимах работы энергосистемы и при переходных процессах в реальном времени и по запросу. АО «СО ЕЭС» ведет работы по внедрению и развитию СМПР ЕЭС начиная с 2005 года [4].

Для АЛАР важно быстродействие, поэтому использование СВИ в качестве данных для фиксации возмущения будет полезным в централизованной АЛАР.

Системы WAMS, использующих данные СВИ, имеют схожую подсистему сбора данных (рисунок 3). Данные с УСВИ либо сразу отправляются в региональный КСВД, либо собираются в КСВД на уровне объекта электроэнергетики (локальные КСВД), а затем поступают в КСВД более высокого уровня [5] [6]. После этого данные со всех региональных КСВД собираются в КСВД главного уровня.

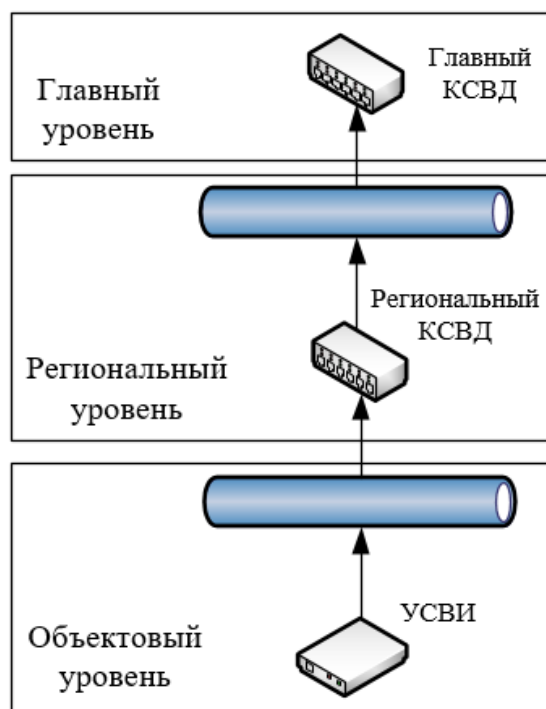


Рисунок 3 – Система сбора данных WAMS

В российской энергосистеме объектовым уровнем является уровень объектов электроэнергетики, региональным – уровень РДУ и ОДУ, главным – ЦДУ. Предметом контроля ЦАЛАР являются одно или несколько сечений. Следовательно, для работы ЦАЛАР необходим ограниченный объем данных СВИ. Поэтому главный уровень в архитектуре ЦАЛАР будет отсутствовать. Централизованная АЛАР, расположенная на региональном уровне в иерархической структуре, должна осуществлять сбор данных либо сразу от УСВИ энергообъектов, либо от КСВД объектового уровня, либо от КСВД регионального уровня.

Для решения задач по сбору и хранению информации СМПР в 2009-2011 гг. была создана и запущена в промышленную эксплуатацию Автоматическая система сбора информации от регистраторов СМПР (АС СИ) [7].

ПТК СМПР устанавливается на: электростанциях с установленной активной мощностью более 500 МВт и объектах электроэнергетики с номинальным напряжением РУ ВН более 330 кВ [8]. КСВД ПТК СМПР на объектовом уровне собирают данные с УСВИ и отправляют на региональный уровень на сервер буферного сегмента АС СИ СМПР. Из буферного сегмента данные попадают на сервер кластерного сегмента АС СИ СМПР. Эти сервера

располагаются в филиале АО «СО ЕЭС». В режиме онлайн внутри кластерного сегмента данные СВИ передаются на главный уровень, в узел АС СИ СМПР, находящийся в исполнительном аппарате АО «СО ЕЭС».

Если система сбора доаварийной информации и система передачи аварийных команд обеспечивают высокую скорость передачи данных, то сервер ЦАЛАР можно расположить в ДЦ, а данные получать через ПАК АССИ СМПР посредством API. В ином случае сервер ЦАЛАР должен располагаться на объекте электроэнергетики и получать данные напрямую от УСВИ и/или КСВД.

Архитектура узла АС СИ СМПР включает в себя:

- адаптер протокола С37,
- хранилище данных,
- расчетный модуль,
- модуль обработки запросов,
- шлюз FTP,
- адаптер файлового протокола,
- модуль управления и конфигурирования.

Основная идея АС СИ СМПР состоит в предоставлении пользователю любого филиала СО ЕЭС данных СВИ за запрошенный период с интересующих его точек измерений независимо от того, к какому филиалу СО ЕЭС подключен энергообъект и какого типа регистраторы на нём установлены [9]. Взаимодействие АС СИ СМПР с внешними системами представлено на рисунке 4. Взаимодействие обеспечивается рядом протоколов:

- С37.118;
- Thrift API;
- HTTP/SOAP, FTP.

Отметим, что для передачи данных в режиме онлайн используется протокол С37.118. Этот протокол следует использовать в качестве протокола передачи данных СВИ в централизованной АЛАР.

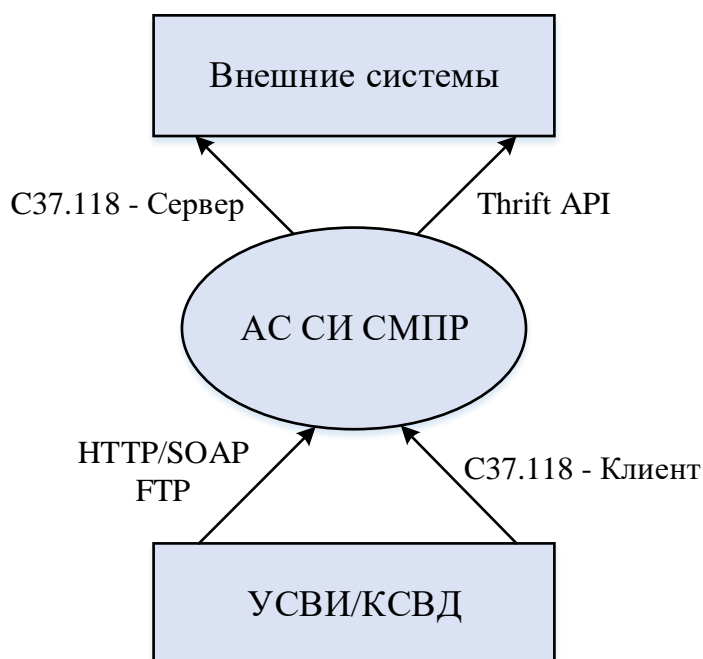


Рисунок 4 – Взаимодействие АС СИ СМПР с внешними системами

На сервере централизованной АЛАР нет необходимости во многих компонентах АС СИ, связанных с работой СМПР в режиме офлайн. Следовательно, есть возможность вместо АС СИ использовать отдельный адаптер С37.118. В литературе нет примеров реализации централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима. Таким образом, основополагающей задачей работы является разработка архитектуры ЦАЛАР.

1.3. Характеристики аппаратной части

Другим важным вопросом является передача управляющих воздействий на объект управления. В существующей системе противоаварийной автоматики для приема и передачи УВ применяются шкафы УПАСК. Наиболее распространённым решением в настоящий момент является формирование дискретного сигнала выходными реле устройства противоаварийной автоматики и последующая передача его по высокочастотному каналу связи, либо по оптоволоконному каналу с использованием проприетарных протоколов и форматов передачи данных. Однако, в связи с активным развитием технологий цифровой подстанции, стандартом [10] в настоящее время предусмотрены реализации УПАСК, использующие интерфейсы Ethernet и протокол связи – IEC 61850-8-1 GOOSE [11]. При этом виртуальные входы передатчика УПАСК

управляются приемом соответствующих им GOOSE сообщений. Таким образом в данной работе в качестве предпочтительного варианта принимается организация взаимодействия ЦАЛАР с УПАСК посредством передачи команд противоаварийного управления в цифровом формате стандарта IEC 61850-8-1 GOOSE. Для осуществления передачи необходимо применять шкаф выходных размножающих реле, который будет осуществлять взаимодействие между шкафом ЦАЛАР и шкафом УПАСК. Так как централизованная АЛАР на данный момент не применяется, то для ЦАЛАР понадобится применение нетипового шкафа противоаварийной автоматики.

Выводы по разделу 1

В данном разделе были указаны недостатки существующих устройств АЛАР. Было отмечено, что централизация АЛАР может исключить эти недостатки. Замечено, что для централизованной АЛАР достаточно объектового и регионального уровней. При проектировании следует учитывать необходимость учета местной информации и различных принципов реализации управляющих воздействий. Также отмечено, что может потребоваться размещение сервера ЦАЛАР вне ДЦ – на объекте энергетики. В качестве протокола передачи данных СВИ решено использовать С37.118. Были рассмотрены аппаратные характеристики терминала защиты шкафа ПА с функцией АЛАР и сервера ПТК ЦСПА. Рассмотрены возможности взаимодействия со шкафом УПАСК. Также выявлено, что в литературе нет примеров реализации централизованной архитектуры системы ПА. Поэтому в данной работе для разработки ПО ЦАЛАР следует спроектировать архитектуру системы централизованной АЛАР.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1. Предпроектный анализ

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Целью работы является разработка программного обеспечения централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР).

Целевым рынком является рынок электроэнергетики. Конечным потребителем разработки является АО «СО ЕЭС». Данная задача является специфической и решается внутри одного предприятия, поэтому сегментирование рынка выполнять не следует.

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Рынок находится в постоянном движении, поэтому систематически необходимо проводить анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке. В настоящее время на рынке устройств противоаварийной автоматики, в частности устройств ликвидации асинхронного режима, высокий уровень конкуренции.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения направлен на проведение сравнительной эффективности научной разработки и определение направления для ее будущего повышения.

В таблице 5 представлена оценочная карта, с помощью которой целесообразно проводить анализ. Для анализа выбраны три главных производителя устройств АЛАР:

- АЛАР ЭКРА, построенные на угловом принципе (индекс «ф»);
- АЛАР, построенные на дистанционном принципе, и являющиеся функцией панели МКПА ООО «Прософт системы» (индекс 1);
- АЛАР, построенные на дистанционном принципе, и являющиеся функцией панели КПА-М АО «ИАЭС» (индекс 2);

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки		Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
			Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1		2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности								
1	Повышение производительности	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2	Удобство эксплуатации	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
3	Потребность в вычислительной мощности	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
4	Потребность в сложном программном обеспечении	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
5	Потребность в ресурсах памяти	0,08	3	3	3	0,24	0,24	0,24
6	Интегрированность с другими комплексами	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
7	Надежность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
8	Простота эксплуатации	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности								
1	Конкурентоспособность технологии	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
2	Уровень проникновения на рынок	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
3	Цена	0,07	2	2	2	0,14	0,14	0,14
4	Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
5	Послепродажное обслуживание	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
6	Финансирование научной разработки	0,05	2	3	3	0,1	0,15	0,15
Итого		1				3,94	3,83	3,83

Из таблицы видно, что наиболее конкурентоспособным является первое решение.

5.1.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ проекта заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Первый этап. Для проведения анализа внутренних и внешних факторов, влияющих на научное исследование, проводимое в рамках данной магистерской работы, воспользуемся таким инструментом, как матрица SWOT, представляющая разделение всех факторов на сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы (таблица 6).

Таблица 6 – Матрица SWOT

Strengths (сильные стороны)	Weaknesses (слабые стороны)
C1. Возможность своевременно выполнить деление сети в необходимом месте с целью уменьшения экономического ущерба от протекания долгого АР C2. Повышение точности исследования данной части энергосистемы C3. Повышение возможности анализа возникающих аварийных ситуаций C4. Уменьшение трудозатрат для настройки исследуемого устройства	Сл1. Неверная работа устройства может повлечь больший экономический ущерб от возникновения АР Сл2. Неопределенность относительно сроков внедрения результатов исследования
Opportunities (возможности)	Threats (угрозы)
B1. Заинтересованность проектом со стороны управляющих ЕЭС организаций (АО «СО ЕЭС», ПАО "Россети") B2. Возможность использования результатов проведенного исследования в связи с полнотой и высоким качеством проделанной работы	У1. Появление более полноценно реализованного расчетного проекта У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования У3. Появление исследования с более глубоким теоретическим содержанием.

Анализируя данную матрицу, можно сказать, что данное научное исследование в частности, расчетный проект, реализуемый в рамках исследования, имеет значительное количество сильных сторон. Однако существует принципиальная слабая сторона, связанная с особенностями проведения расчетов, а также возможности неверной настройки исследуемого устройства.

Имеется ряд возможностей, повышающих привлекательность рассматриваемого решения. Также присутствуют угрозы, среди которых особого

внимания требует появление в самое ближайшее время наиболее точного расчета аварийных ситуаций данного района.

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз происходило на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах магистерской диссертации.

Второй этап. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта (таблица 7). Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	0	+	+
	B2	+	+	+	-

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		СЛ1	СЛ2
	B1	+	+
	B2	0	-

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	+	+
	У2	-	-	-	0
	У3	+	+	0	+

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		СЛ1	СЛ2
	У1	0	-
	У2	-	+
	У3	+	-

5.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для определения степени готовности научной разработки к коммерциализации каждый аспект проекта оценивается по пятибалльной шкале. Проект оценивается с точки зрения его проработанности и с точки зрения готовности разработчика к реализации. Полученные оценки представлены в таблице 8. Оценки суммируются, на основании полученной суммы можно говорить о степени готовности проекта к коммерциализации.

Таблица 8 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	42	44

Значение $B_{\text{сум}} = 44$ позволяет говорить о средней готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации.

Тем не менее, произведенная оценка готовности научной разработки требует дальнейшего совершенствования заготовки проекта, а, возможно, и более глубоких исследований в области маркетинга.

5.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Так как работа ведется для конкретного предприятия, то в качестве метода коммерциализации научной разработки здесь подходит передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия.

5.2. Инициация проекта

Инициация проекта ставит своей целью провести анализ осуществимости проекта и, в случае утвердительного ответа, авторизовать проект для исполнения в компании.

Руководитель проекта должен быть назначен на этапе инициации. До формального назначения руководителя проекта основную работу на этапе инициации выполняет спонсор проекта, который выпускает Устав проекта. Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

На этапах инициации и планирования исполняющая организация задействует, как правило, свои лучшие ресурсы, которые необходимы в других проектах. Поскольку выходом процесса инициации может быть также (и чаще всего бывает) отказ организации от вхождения в проект, организация заинтересована в скорейшем ответе "да или нет" и минимизации задействования своих ресурсов на этапе инициации.

5.2.1. Цели и результат проекта

Реализация любого проекта преследует какую-либо определенную цель. Неправильно определенные цели и задачи, или цели без задач, приводят к тому, что в процессе реализации проекта возникают перерасход средств, конфликты

между членами проектной команды, несоблюдение контрольных промежуточных пунктов и, как следствие, недовольство доноров проекта.

Под результатом проекта понимают продукцию, полезный эффект проекта. В качестве результата в зависимости от цели проекта, могут выступать: научная разработка; новый технологический процесс; программное средство и т.д.

Таблица 9 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Филиал АО «СО ЕЭС» Иркутское РДУ Филиал АО «СО ЕЭС» Красноярское РДУ	1. Выбор места установки УСВИ данных филиалов для идентификации нарушения работы по сечению Братск-Красноярск; 2. Выбор параметров настройки централизованного АЛАР; 3. Выбор устройств деления системы, производящие деление по сигналу от централизованного АЛАР.

Таблица 10 – Цели и результат проекта

Цели проекта	1. Расчет переходных процессов и формирование наборов данных для работы алгоритмов идентификации нарушения устойчивости и определения места деления системы; 2. Разработка алгоритма выявления нарушения устойчивости параллельной работы по сечению Братск-Красноярск; 3. Разработка алгоритма поиска места деления системы.
Ожидаемые результаты проекта	Разработка рабочей версии алгоритма централизованной АЛАР. В дальнейшем планируется продолжить сотрудничество с АО «СО ЕЭС» в данном направлении.
Критерии приемки результата проекта	1. Идентификация нарушения устойчивости должна производиться в соответствии с требованиями чувствительности, селективности и быстродействия существующих устройств АЛАР или лучше. 2. Деление системы должно образовывать изолированные части энергосистемы, в которых параметры электроэнергетического режима соответствуют допустимым. 3. Каналы передачи данных телеметрии и телемеханики должны быть зашифрованы по стандартам РФ для обеспечения нормальной работы центра управления данными терминалами.
Требования к результату проекта	Полученный алгоритм централизованного АЛАР обязан соответствовать требованиям чувствительности, селективности и быстродействия.
	Стоимость проекта должна быть сопоставима по сравнению с аналогами, а в лучшем случае быть меньшей.
	Результаты проекта не должны быть в широком доступе для обеспечения энергетической безопасности Иркутской энергосистемы.

На данном этапе были определены заинтересованные стороны проекта, были определены цели и ожидаемые результаты проекта, а также критерии приемки результатов проекта заинтересованной стороной. В дальнейшем это позволит не допустить перерасход средств и избежать конфликтов между участниками проекта.

5.2.2. Организационная структура проекта

Организационная структура проекта – соответствующая проекту временная организационная структура, включающая всех его участников и создаваемая для успешного управления и достижения целей проекта.

Необходимость разработки организационной структуры объясняется тем, что для выполнения проекта создается команда проекта – новый временный рабочий коллектив, состоящий из специалистов различных структурных подразделений компаний со стороны Исполнителя и со стороны Заказчика. Как и для любого нового коллектива, для членов команды проекта необходимо определить проектные роли (временные должности), функции, обязанности, ответственность, полномочия и правила взаимодействия, а также организационную схему, отражающую отношения подчиненности.

Таблица 11 – Исполнители и их функции в создании проекта

п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1	Калентьев Алексей Анатольевич ТУСУР <i>К.т.н., доцент КСУП ТУСУР</i>	Руководитель проекта	1. Координация работы над проектом. 2. Консультирование по теоретической части проекта 3. Разрешение вопросов	140
2	Прохоров Антон Викторович НИ ТПУ <i>К.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ</i>	Эксперт проекта	Консультирование по технологическим вопросам	100
3	Политов Евгений Александрович ОДУ Сибири <i>К.т.н., зам. начальника ССР ОДУ Сибири</i>	Эксперт проекта	Консультирование по особенностям функционирования автоматизированных систем в АО «СО ЕЭС»	50
4	Жиленков Артем Алексеевич	Исполнитель по проекту	1. Расчет установившихся режимов и переходных	150

	ОДУ Сибири, НИ ТПУ <i>Специалист-стажер 1 категории группы кадрового резерва, магистрант 2 курса, ИШЭ</i>		процессов в энергосистеме ОЭС Сибири и их анализ; 2. Разработка алгоритма централизованного АЛАР.	
ИТОГО:				440

5.3. Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1. Иерархическая структура работ

Содержание всего проекта работ определено и структурировано в виде иерархии, показанной на рисунке 27.

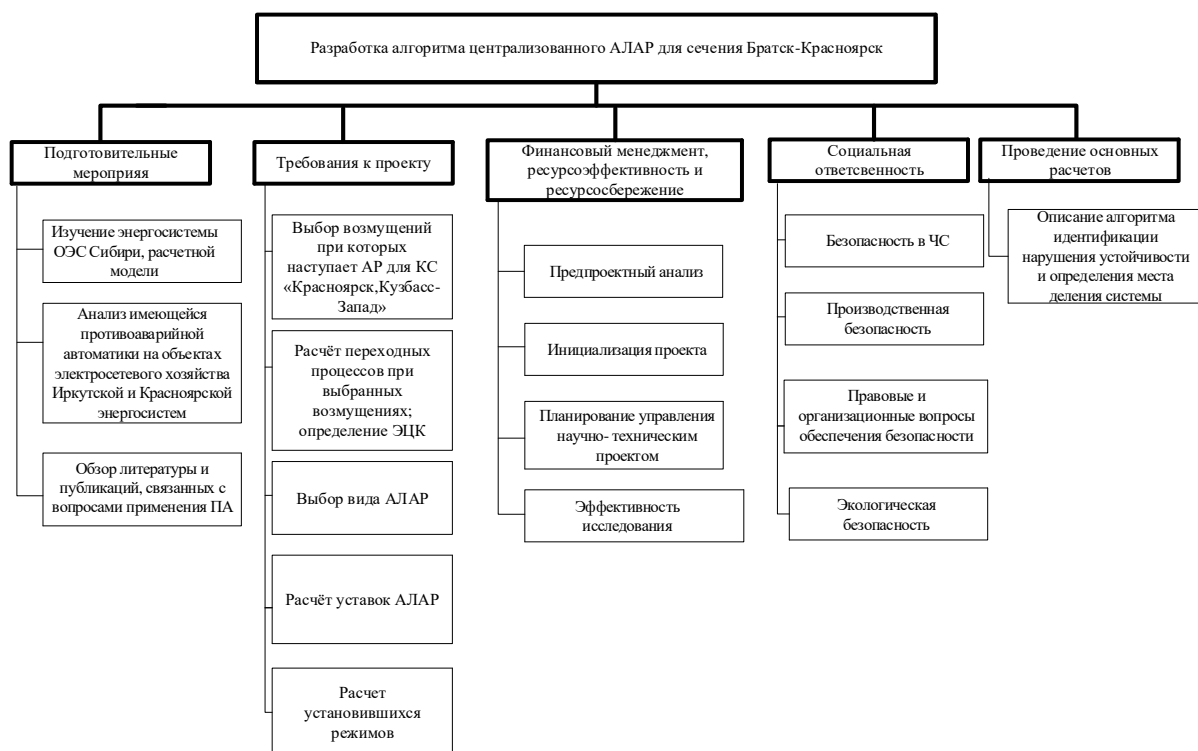


Рисунок 27 – Иерархическая структура работ

План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный план проекта. Календарный план проекта представлен в таблице 12. Календарный план-график для наглядной иллюстрации работы над проектом представлен в таблице 13.

Таблица 12 – Календарный план проекта

Код	Название	Длит-ть, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Анализ предметной области				
1.1	Обзор литературы и публикаций	7	01.09.2020	06.09.2020	Исполнитель Руководитель
1.2	Анализ архитектур централизованных системы противоаварийной автоматики	7	07.09.2020	13.09.2020	Исполнитель Эксперт
2	Проектирование программного обеспечения централизованной АЛАР				
2.1	Создание укрупненной структуры централизованной АЛАР	7	14.09.2020	20.09.2020	Исполнитель
2.2	Создание диаграммы компонентов	7	21.09.2020	27.09.2020	Исполнитель
2.3	Создание диаграммы пакетов	7	28.09.2020	04.10.2020	Исполнитель
3	Разработка программного обеспечения централизованной АЛАР				
3.1	Разработка и тестирование подсистемы Обработки данных СВИ	14	05.10.2020	18.10.2020	Исполнитель
3.2	Разработка и тестирование подсистемы идентификации возникновения АР	14	19.10.2020	01.11.2020	Исполнитель
3.3	Разработка и тестирование подсистемы Выдачи управляющих воздействий	14	02.11.2020	15.11.2020	Исполнитель
3.4	Разработка и тестирование подсистемы Обработки телеметрии из ОИК	14	16.11.2020	29.11.2020	Исполнитель
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение				
4.1	Предпроектный анализ	7	30.11.2020	06.12.2020	Исполнитель
4.2	Инициация проекта	7	07.12.2020	13.12.2020	Исполнитель
4.3	Планирование управления научно-техническим проектом	7	14.12.2020	20.12.2020	Исполнитель
4.4	Эффективность исследования	7	21.12.2020	27.12.2020	Исполнитель
5	Социальная ответственность				
5.1	Безопасность в ЧС	7	28.12.2020	03.01.2021	Исполнитель
5.2	Производственная безопасность	7	04.01.2021	10.01.2021	Исполнитель
5.3	Экологическая безопасность	7	11.01.2021	17.01.2021	Исполнитель
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	5	18.01.2021	21.01.2021	Исполнитель
Итого		146			

Таблица 13 – Календарный план-график работы над проектом

Код	Название	Число дней	Состав участников	Продолжительность выполнения работ																			
				Сентябрь				Октябрь				Ноябрь				Декабрь				Январь			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Анализ предметной области																						
1.1	Обзор литературы и публикаций	7	1. Исполнитель																				
			2. Руководитель																				
1.2	Анализ архитектур централизованных системы противоаварийной автоматики	7	1. Исполнитель																				
			2. Эксперт																				
2	Проектирование программного обеспечения централизованной АЛАР																						
2.1	Создание укрупненной структуры централизованной АЛАР	7	1. Исполнитель																				
2.2	Создание диаграммы компонентов	7	1. Исполнитель																				
2.3	Создание диаграммы пакетов	7	1. Исполнитель																				
3	Разработка программного обеспечения централизованной АЛАР																						
3.1	Разработка и тестирование подсистемы Обработки данных СВИ	14	1. Исполнитель																				
3.2	Разработка и тестирование подсистемы идентификации возникновения АР	14	1. Исполнитель																				
3.3	Разработка и тестирование подсистемы Выдачи управляющих воздействий	14	1. Исполнитель																				
3.4	Разработка и тестирование подсистемы Обработки телеметрии из ОИК	14	1. Исполнитель																				
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение																						
4.1	Предпроектный анализ	7	1. Исполнитель																				
4.2	Инициация проекта	7	1. Исполнитель																				
4.3	Планирование управления научно-техническим проектом	7	1. Исполнитель																				
4.4	Эффективность исследования	7	1. Исполнитель																				
5	Социальная ответственность																						
5.1	Безопасность в ЧС	7	1. Исполнитель																				
5.2	Производственная безопасность	7	1. Исполнитель																				
5.3	Экологическая безопасность	7	1. Исполнитель																				
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	5	1. Исполнитель																				



– Исполнитель



– Эксперт



– Руководитель

5.3.2. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

Рассчитанные затраты должны быть минимальными, с целью экономической выгоды проекта.

В процессе формирования бюджета НИР используется следующая группировка затрат по статьям:

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- стоимость оборудования.

Специальное оборудование для проведения проектных работ

В таблице 14 приведены затраты на покупку необходимого ПО.

Таблица 14 – Спецоборудование для научных работ

№ п.п.	Наименование	Кол-во единиц оборуд-я	Цена ед. оборуд-я, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПО MS Office 2016	1	3,6	3,6
Затраты по приобретению оборудования:				3,6

Средний срок полезного использования ПО составляет не менее 6 лет.
На расчетные работы приходится 90 дней.

$$A = \frac{3,6}{6 \cdot 12 \cdot 30} \cdot 90 = 150 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата исполнителей темы

В данном пункте вычисляется 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 оплаты труда.

Для расчета заработной платы необходимо учесть, что в составе рабочей группы у нас находятся 3 человека: исполнитель (студент), эксперт (руководитель от ОДУ Сибири) и руководитель (научный руководитель в ТПУ). Предварительно необходимо рассчитать действительный годовой фонд рабочего времени для всех участников проекта (таблица 15).

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Эксперт 1	Эксперт 2	Исполнитель
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней - выходные и праздничные дни	66	66	66	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	48	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени F_d	251	251	275	223

В таблице 16 приведен расчет заработной платы по данному проекту с учетом коэффициентов и базового оклада каждого из работников.

Таблица 16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	36800	0,3	0,2	1,3	71760	2973,32	7	20813,24
Эксперт 1	36800	0,3	0,2	1,3	71760	2973,32	7	20813,24
Эксперт 2	42300	0,3	0,2	1,3	82485	3359,39	7	23515,73
Исполнитель	9220	0,3	0,2	1,3	17979	902,98	119	107454,62

Ниже приведены расшифровки обозначений:

- $k_{пр}$ - коэффициент премий;
- k_d – коэффициент доплат и надбавок;
- k_p - районный коэффициент;
- Z_b -заработная плата базисная;
- Z_m - зарплата месячная;
- $Z_{дн}$ - дневная заработная плата;
- T_p количество рабочих дней;

$Z_{\text{осн}}$ - основная заработная плата.

Ниже приведены формулы, по которым рассчитывались показатели.

Основная заработная плата:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

Среднедневная зарплата

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

Месячный должностной оклад

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}}(1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

Итого по данной статье предусматривается финансирование в размере
 $\Phi\text{ЗП} = 277,3$ тыс. руб.

Отчисления на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды (включает в себя отчисления во внебюджетные фонды) рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

Примем отчисления в размере 30% от $\Phi\text{ЗП}$:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 172,6 = 51,78 \text{ тыс. руб}$$

Накладные расходы

В данную статью относят затраты на управление и хозяйственное обслуживание. Сюда же можно отнести расходы по содержанию/эксплуатацию/ремонт используемого оборудования, помещений, оплату электроэнергии и пр.

Накладные расходы рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

Коэффициент накладных расходов примем 0,8. Итого:

$$C_{\text{накл}} = 0,8 \cdot 172,6 = 138,08 \text{ тыс. руб}$$

5.3.3. Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры воспользуемся таблицу 17.

Таблица 17 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Выбираем проектную структуру.

5.3.4. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. Пример плана управления коммуникациями приведен в таблице 18.

Таблица 18 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно

3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и контрольных точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

5.3.5. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу необходимо свести в таблицу (таблица 19).

Таблица 19 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Потеря актуальности и	1	5	низкий	Улучшение качества ПО	Появление более точной и надежной технологии
2	Алгоритмические ошибки	3	5	средний	Модификация алгоритма ПО	Ошибки при проектировании
3	Технологические нарушения	3	5	средний	Модификация технологии	Низкое качество реализации

5.4. Определение ресурсной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Так как определение финансовой эффективности не представляется возможным в данном случае, произведем оценку ресурсоэффективности научной разработки.

Интегральный показатель ресурсоэффективности НИР можно определить следующим образом:

$$I_p = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i ,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в форме таблицы (таблица 20).

Таблица 20 – Оценка ресурсоэффективности проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка разрабатываемого решения	Оценка заменяемого решения
Удобство эксплуатации	0,3	5	2
Обеспечение надежности энергоснабжения потребителей	0,3	4	4
Соответствие современным требованиям	0,3	5	2
Срок эксплуатации	0,1	4	4
ИТОГО	1	4,5	3

В данном разделе была определена ресурсоэффективность проекта по интегральному показателю эффективности НИР, который составил 4,5 балла из 5.

Выводы по разделу 5

В данной главе было проведено экономическое обоснование НИР, приведен процесс организации научного исследования и бюджет его реализации, а также определена ресурсоэффективность проекта.

Было сделано экономическое обоснование разработки ПО централизованной АЛАР с точки зрения ресурсоэффективности, что являлось основной целью этого раздела.

Использование централизованной АЛАР повысит вероятность успешного и своевременного деления сети при возникновении АР, и поможет избежать большого экономического ущерба.