

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

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
О-5KM81	Жиленкову Артему Алексеевичу

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.03 Прикладная информатика

Тема ВКР:

Разработка программного обеспечения централизованной автоматизации ликвидации асинхронного режима	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект исследования: программное обеспечение централизованной АЛАР. Область применения: объект электроэнергетики, диспетчерский центр.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные, правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	ТК РФ, ГОСТ 21889-76, ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ, ГОСТ Р 50923-96, ГОСТ Р ИСО 9241-2-2009
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Повышенный уровень шума, повышенный уровень электромагнитного излучения, недостаточная освещенность рабочей зоны, отклонение показателей микроклимата, психофизические нагрузки. Опасность поражения электрическим током.
3. Экологическая безопасность:	Утилизация компьютера и периферийных устройств. Переработка бумаги.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями в здании могут быть: 1) пожары в здании 2) террористические акты и диверсии

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

Задание выдал консультант:

Должность, место работы	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, ООД ШБИП ТПУ	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		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
2.5. Требования к видам обеспечения.....	35
2.5.1. Требования к информационному обеспечению.....	35
2.5.2. Требования к программному обеспечению.....	35
2.5.3. 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).

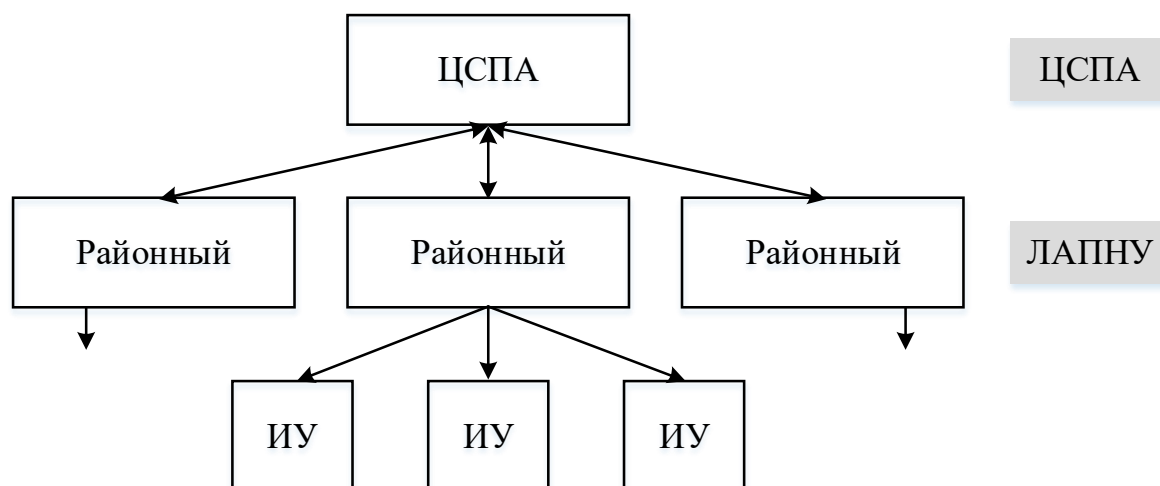


Рисунок 1 – Иерархическая структура ЦСПА

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 быстроедействие 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 быстрогодействия 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.

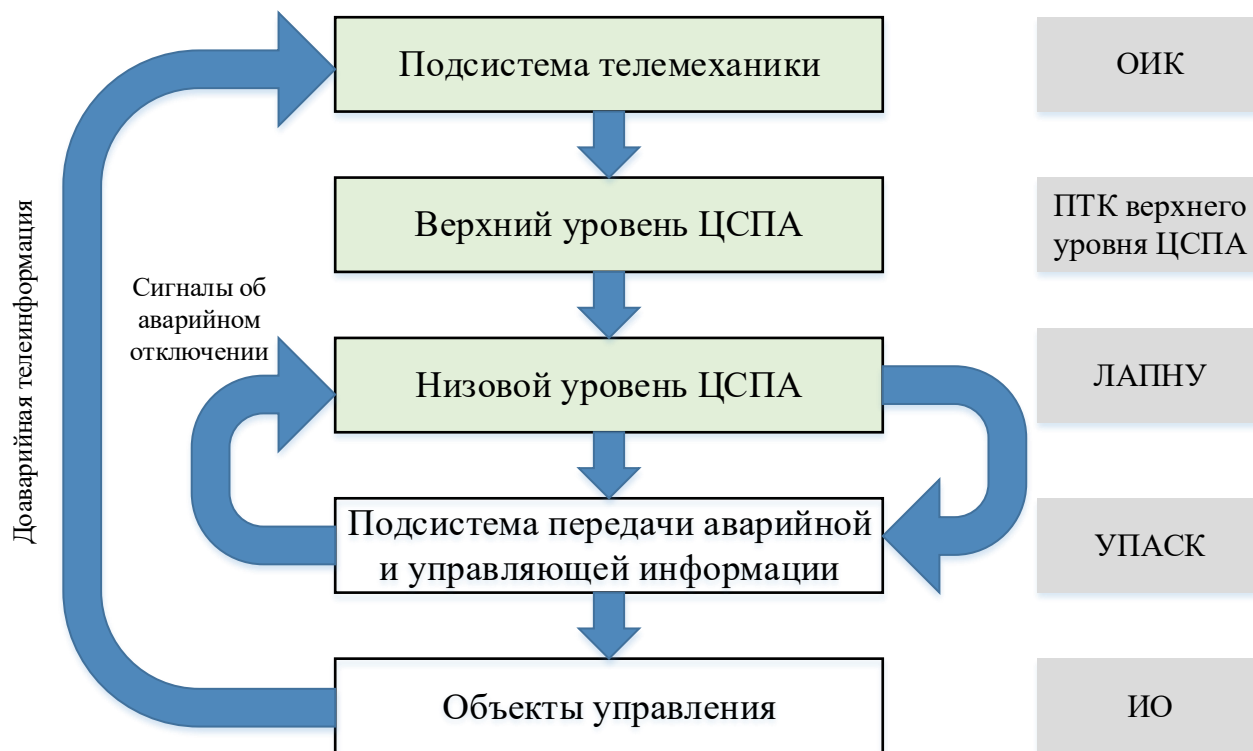


Рисунок 2 – Архитектура ЦСПА

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.

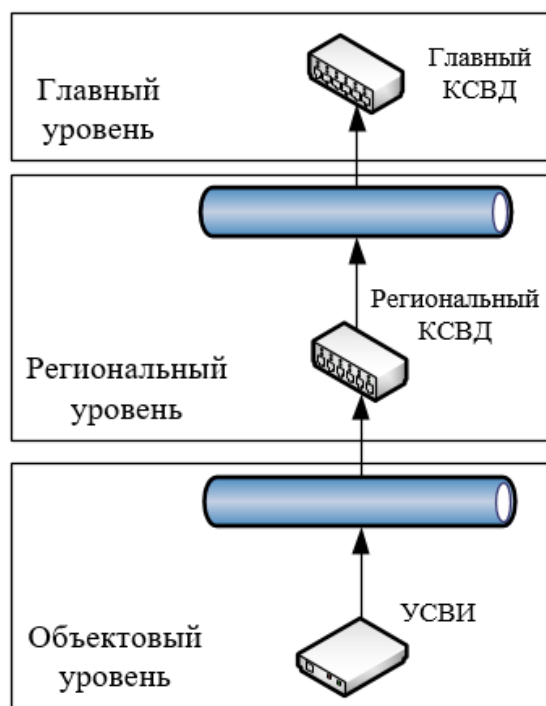


Рисунок 3 – Система сбора данных WAMS

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.

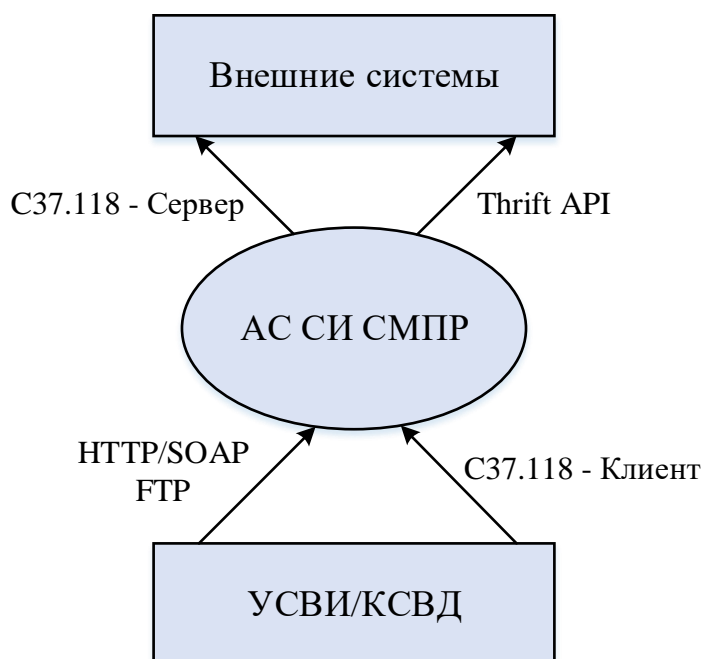


Рисунок 4 – Взаимодействие АС СИ СМПП с внешними системами

На сервере централизованной АЛАР нет необходимости во многих компонентах АС СИ, связанных с работой СМПП в режиме офлайн. Следовательно, есть возможность вместо АС СИ использовать отдельный адаптер C37.118. 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.

2. Проектирование программного обеспечения централизованной АЛАР

2.1. Архитектура программного обеспечения централизованной АЛАР

2.1.1. Укрупненная структура централизованной АЛАР

На рисунке 5 представлена укрупненная структура централизованной АЛАР. Она состоит из трех основных функциональных блоков:

- Блок прогнозирования возникновения асинхронного режима (обозначен желтым цветом);
- Блок выбора сечения деления системы (обозначен синим цветом);
- Блок выявления возмущения в энергосистеме и определения групп когерентных генераторов (обозначен фиолетовым цветом).

Согласно [1] блок выявления возмущения в энергосистеме и определения групп когерентных генераторов относится к органу централизованного определения сечения деления системы. Но так как от факта выявления им возмущения зависит, будет ли происходить идентификация АР, то данный блок логически отделен. Блок выбора сечения ДС является аналогом АДВ в ПТК ЦСПА. Стрелка от блока прогнозирования АР к блоку выбора сечения ДС на этапе ПОСЛЕ означает, что деление системы выполняется только по факту идентификации АР. В качестве условия срабатывания пусковых органов в данной системе рассматривается факт превышения контролируемыми параметрами, рассчитанных на основе данных СВИ, заданных значений.

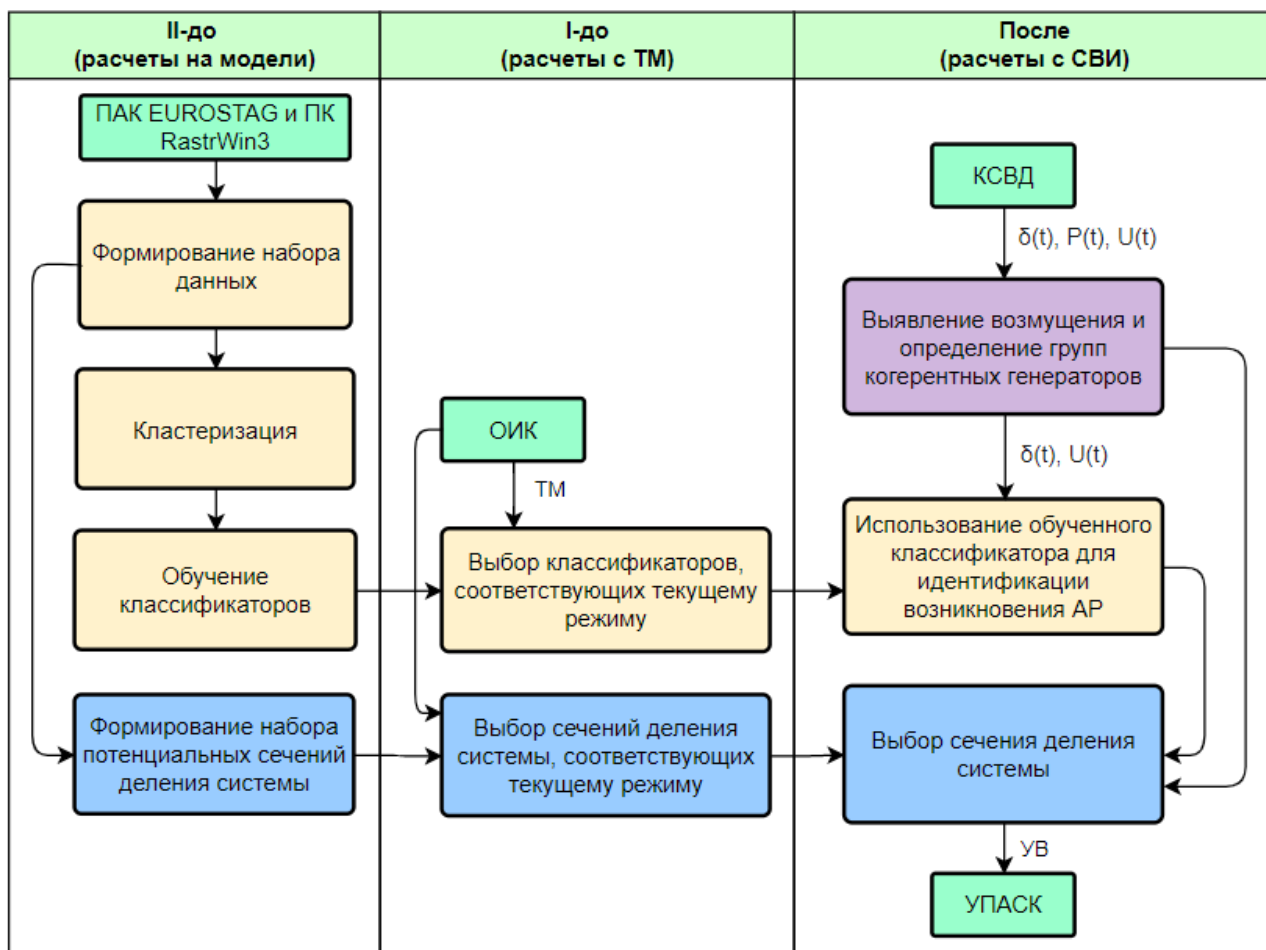


Рисунок 5 – Укрупнённая структура ЦАЛАР

Разрабатываемое программное обеспечение централизованной АЛАР реализует три принципа выполнения алгоритмов во времени:

- II-ДО: офлайн, время выполнения не имеет ограничений.
- I-ДО: офлайн, время выполнения не более 30 с.
- ПОСЛЕ: онлайн. Время выполнение с учетом передачи данных должно быть менее интервала времени между возникновением возмущения и наступлением АР.

На этапе II-ДО при помощи ПК RastrWin3 и ПАК Eurostag проводится автоматизированный расчет режимов и переходных процессов для обучения классификаторов и формирования наборов потенциальных сечений деления системы.

На этапе I-ДО циклически выполняется анализ текущего режима. На основе анализа выбираются сечения-кандидаты ДС и обученный классификатор, которые соответствуют текущему режиму работы ЭЭС.

На этапе ПОСЛЕ выполняется выявление возмущения, которое может привести к асинхронному режиму. Если опасное возмущение выявлено, определяются группы когерентных генераторов и запускаются процессы идентификации возникновения АР и выбора сечения деления системы. При этом идентификация АР выполняется на основе данных СВИ, а процесс выбора сечения ДС – на основе анализа групп когерентных генераторов.

2.1.2. Диаграмма компонентов разрабатываемого ПО

На основе логической структуры ЦАЛАР построена диаграмма компонентов. Так как при разработке ПО компоненты со схожим функционалом следует объединять, то компонентная структура может отличаться от представленной выше. Так процессы, выполняющиеся по принципу II-ДО, представлены подсистемой «Формирования наборов данных», I-ДО – подсистемой «Обработки ТМ из ОИК». Так как процессы, выполняющиеся по принципу ПОСЛЕ, являются более сложными, то они представлены на диаграмме тремя подсистемами: «Обработки данных СВИ», «Идентификации возникновения АР» и «Выбора управляющих воздействий». Диаграмма компонентов программного обеспечения представлена на рисунках 6 и 7.

Подсистема «Формирования набора данных» представляет собой часть системы, которая работает по принципу II-ДО. Т.е. она взаимодействует с ПК RastrWin3 и ПАК Eurostag для получения набора режимов работы ЭЭС и соответствующих им обученных классификаторов и наборов сечений-кандидатов ДС.

Подсистема «Обработки ТМ из ОИК» представляет собой часть системы, которая работает по принципу I-ДО. В ней происходит выбор расчетного режима из набора, по которому выбираются сечения-кандидаты и классификаторы для подсистем, работающих по принципу ПОСЛЕ.

Подсистемы «Обработки данных СВИ», «Идентификации возникновения АР» и «Выбора УВ» работают по принципу ПОСЛЕ. Подсистема «Обработки данных СВИ» выявляет факт возникновения возмущения и определяет группы когерентных генераторов. Если возмущение возникло, то на подсистемы

«Идентификации возникновения АР» и «Выбора УВ» подается сигнал на выполнение расчетов. В подсистему «Идентификации возникновения АР» также передается набор данных СВИ: действующее значение напряжения и фаза напряжения узлов электрической сети. А в подсистему «Выбора УВ» передается информация о группах когерентных генераторов для выбора правильного сечения ДС. Если в результате работы подсистемы «Идентификации возникновения АР» выявлено, что асинхронный режим появится, то сигнал о необходимости выбора управляющих воздействий передается в подсистему «Выбора УВ», которая должна разослать команды на деление системы на исполнительные устройства. Решение о выборе места ввода УВ принимается на основании анализа групп когерентных генераторов.

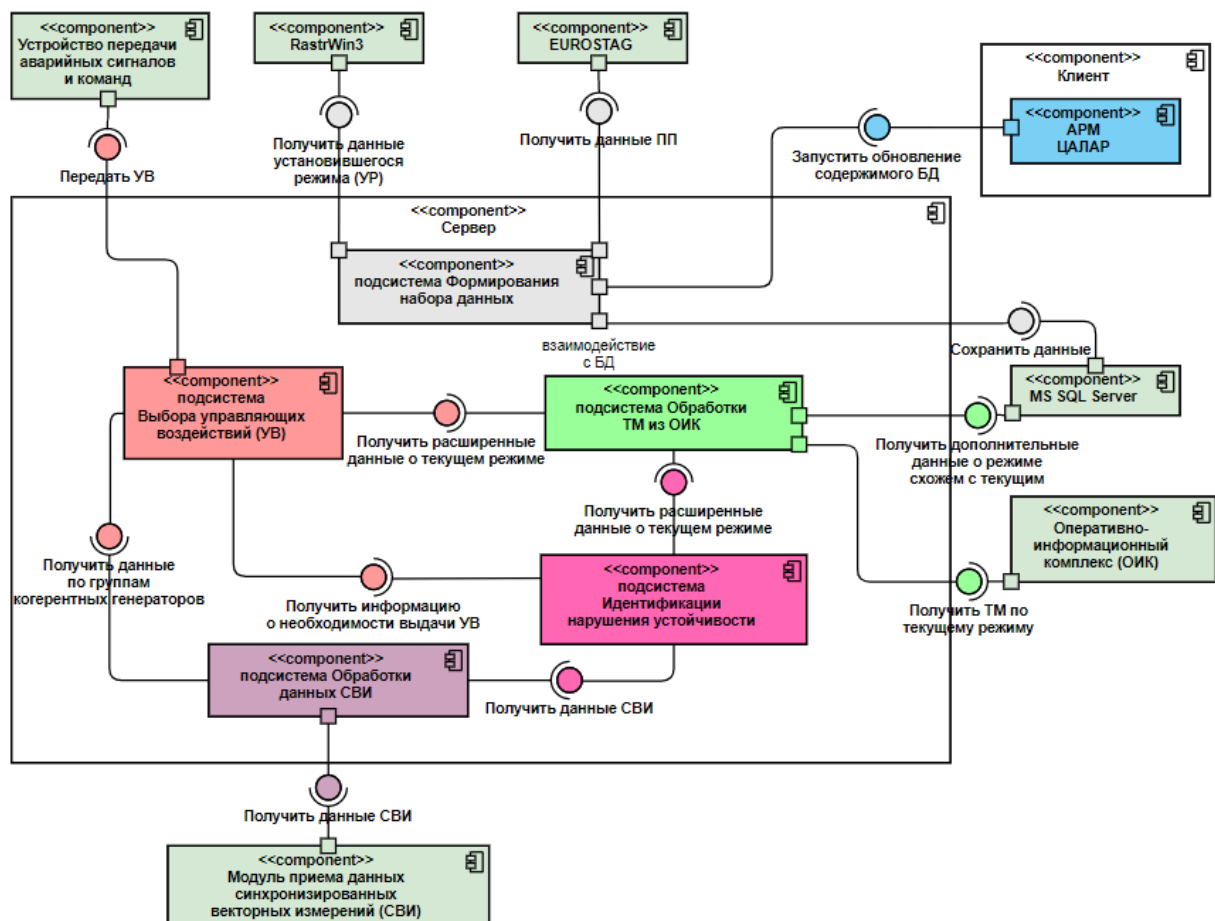


Рисунок 6 – Диаграмма компонентов

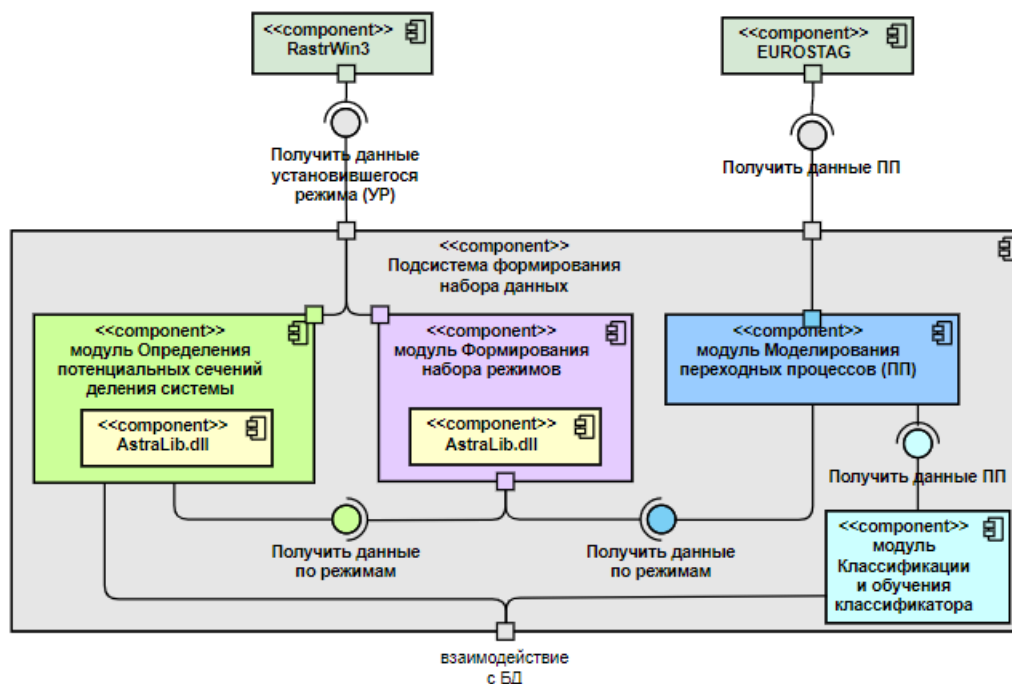


Рисунок 7 – Диаграмма компонентов подсистемы Формирования набора данных

В работе разрабатывается ПО, включающее только подсистемы, выделенные цветами: «Обработки ТМ из ОИК», «Обработки данных СВИ», «Идентификации возникновения АР» и «Выбора УВ».

2.1.3. Диаграмма пакетов разрабатываемого ПО

Диаграмма пакетов, разработанная для выбранных подсистем, представлена на рисунке 8.

Пакет ОИК представляет собой симулятор ОИК в диспетчерском центре, который является slave и передает телеметрию на сервер ЦАЛАР по протоколу МЭК 60870-5-104. Пакет Adapter IEC60870 является master и принимает телеметрию от ОИК. Пакеты ОИК и Adapter IEC60870 используют пакет IEC60870 Library. Полученная телеметрия используется пакетом Comparison Of Modes для выбора обученного классификатора и сечений-кандидатов ДС, которые соответствуют текущему режиму работы энергосистемы.

Пакет PDC представляет собой симулятор регионального КСВД, который передает данные СВИ на сервер ЦАЛАР по протоколу С37.118. Пакет Adapter С37 принимает и обрабатывает данные СВИ, полученные от КСВД. Эти пакеты используют пакет С37 Library. Данные СВИ используются пакетами

Synchronized Vector Measurement Processing, который выявляет появление возмущения и определяет группы когерентных генераторов, Asynchrony Identification, который идентифицирует возникновение АР, и пакет Control Actions Selection, который выбирает сечение ДС. Asynchrony Identification в свою очередь для выполнения классификации использует пакет R classifier. Сечения-кандидаты ДС и обученный классификатор, полученные в результате процессов в Comparison Of Modes, используются пакетами Control Actions Selection и Asynchrony Identification соответственно.

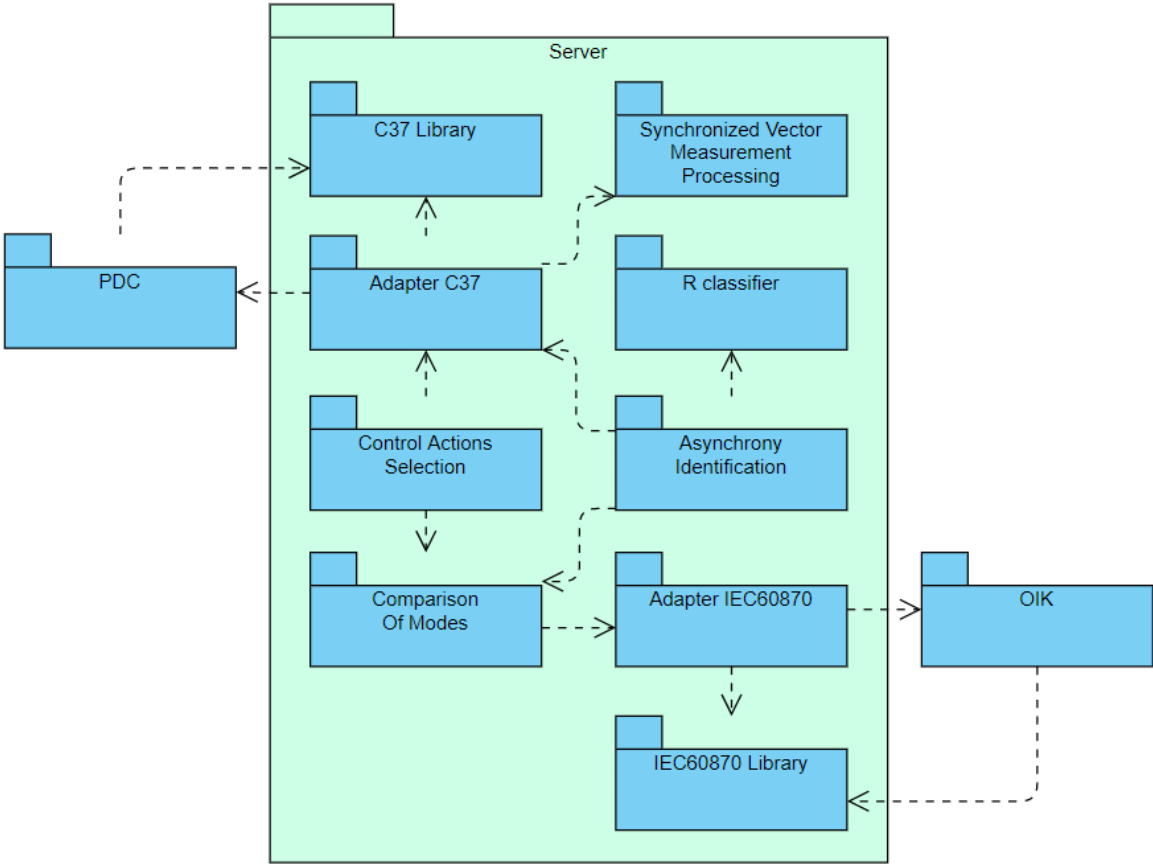


Рисунок 8 – Диаграмма пакетов

2.2. Взаимосвязи ЦАЛАР со смежными системами

В таблице 1 представлены информационные системы, с которыми взаимосвязано ПО ЦАЛАР, а также способ взаимодействия между ними.

Таблица 1 – Взаимодействие со смежными системами

Наименование смежной информационной системы	Протокол взаимодействия
---	-------------------------

Оперативно-информационный комплекс	МЭК 60870-5-104
УСВИ, КСВД	C37.118.1
УПАСК	IEC 61850-8-1 GOOSE
ПАК EUROSTAG	COM
ПАК RastrWin3	COM

На рисунке 9 представлена схема взаимодействия с внешними системами. Данные СВИ поступают с энергообъектов по протоколу C37.118 на сервер ЦАЛАР. Телеметрия на сервер поступает из ОИК по протоколу МЭК-104. На основе полученной информации выполняется выбор управляющих воздействий, которые по каналам УПАСК направляются на энергообъекты.

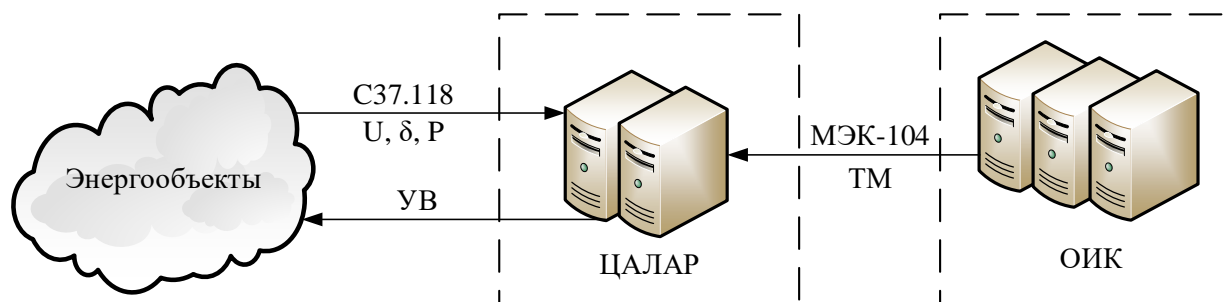


Рисунок 9 – Схема взаимодействия с внешними системами

2.3. Состав функций, реализуемых системой

Подсистема «Обработки ТИ из ОИК»:

- Получение актуальных параметров режима из ОИК (1 раз в секунду).
- Сравнение текущего режима с набором заранее рассчитанных режимов и выбор ближайшего похожего.
- Выбор классификатора и сечений-кандидатов, соответствующих выбранному режиму.

Подсистема «Обработки данных СВИ»:

- Получение данных СВИ (в зависимости от частоты обновления данных).
- Идентификация возмущения.
- Определение группы когерентных генераторов.

Подсистема «Идентификации нарушения устойчивости»:

- Выполнение классификации данных СВИ.
- Идентификация АР на основе классификации данных.

Подсистема «Выбора УВ»:

- Фильтрация сечений-кандидатов по данным СВИ
- Принятие решения о необходимости выбора УВ по сигналу от подсистемы Идентификации возникновения АР.

2.4. Сведения об обеспечении заданных в техническом задании потребительских характеристик системы, определяющих ее качество

В таблице 2 представлены требования к характеристикам системы и методы их реализации.

Таблица 2 – Сведения об обеспечении потребительских характеристик системы

Требование	Метод реализации
Время выполнения задач определения сечения ДС и идентификации возникновения асинхронного режима должно составлять не более 580 мс.	<ul style="list-style-type: none">– Параллельное выполнение задач определения сечения ДС и идентификации нарушения устойчивости.– Кластеризация и обучение классификатора происходит на этапе II-ДО.– Данные для выполнения классификации подготавливаются заранее на этапе I-До.– Выполнение классификации происходит на языке R.
Данные для выполнения функций системы по принципу ПОСЛЕ должны быть получены не ранее, чем за 30 с.	<ul style="list-style-type: none">– По принципу I-До выполняется только выбор обученного классификатора и сечений-кандидатов ДС на основе расчетного режима, наиболее близкого к текущему режиму работы

	<p>ЭЭС, информация о котором получена из ОИК.</p> <p>– Формирование набора данных, состоящего из расчетных режимов работы ЭЭС и соответствующих им обученных классификаторов и сечений-кандидатов ДС, происходит по принципу П-До.</p>
--	--

2.5. Методы и средства разработки

Для основной логики программы используется язык программирования С#. Для выполнения задач кластеризации и классификации используется язык программирования R. Для выполнения кластеризации многомерных временных рядов используется пакет dtwclust, для выполнения классификации – пакет e1071.

2.5. Требования к видам обеспечения

2.5.1. Требования к информационному обеспечению

Состав параметров режима, получаемых из ОИК: включенное/отключенное состояние генераторов и электросетевого оборудования, напряжение, ток, генерируемая активная и реактивная мощность, передаваемая по линии активная и реактивная мощность.

Состав данных СВИ, полученных от регионального КСВД: активная мощность генератора, действующее значение напряжения и фаза напряжения узла сети.

Данные о расчетных режимах, сечения-кандидаты ДС и обученные классификаторы представляются в формате CSV. В развитии реализации ЦАЛАР файлы в формате CSV необходимо заменить на запись данных в БД.

2.5.2. Требования к программному обеспечению

Для работы системы требуется:

- ПК RastrWin3 версии 2.5.0 или совместимой;
- ПАК Eurostag версии 5.1 или совместимой.

2.5.3. Требования к техническому обеспечению

Сервер должен включать:

- серверную платформу;
- процессор частотой 2.0 ГГц;
- модуль памяти 8GB;
- жесткий диск 1GB SSD.

Выводы по разделу 2

В данной главе представлены результаты разработки проекта ПО: предложены решения по архитектуре ПО ЦАЛАР и взаимодействию её подсистем со внешними системами, описаны требования к характеристикам ПО, к средствам разработки и видам обеспечения разрабатываемой системы [12]. Определены компоненты ПО ЦАЛАР, которые будут разрабатываться в рамках выпускной квалификационной работы: подсистемы Обработки ТМ из ОИК, Обработки данных СВИ, Идентификации возникновения АР и Выбора УВ.

3. Разработка программного обеспечения централизованной АЛАР

3.1. Описание используемых алгоритмов

3.1.1. Теоретическая основа программной реализации подсистемы

Обработки данных СВИ

В работе [1] был описан метод выявления возникновения возмущения, которое может привести к АР, и определения когерентных групп генераторов. Схема алгоритма представлена в приложении А на рисунке А.1.

3.1.2. Теоретическая основа программной реализации подсистемы

Идентификации возникновения асинхронного режима

В [1] описана методика прогнозирования возникновения АР. Схема алгоритма прогнозирования АР представлена в приложении А на рисунке А.2. Методика включает в себя четыре этапа:

1. Формирование набора данных путем моделирования заданных возмущений и переходных процессов.
2. Выполнение кластеризации полученных при моделировании данных.

3. Обучение классификатора на основе данных, полученных при кластеризации.

4. Использование обученного классификатора для прогнозирования нарушений динамической устойчивости генераторов в режиме онлайн.

Формирование наборов данных выполняется при помощи ПК RastrWin3 и ПАК Eurostag. Кластеризация и классификация выполняются на языке R. Кластеризация выполняется методом нечеткой кластеризации C-средних (c-means). При обучении классификатора используется метод опорных векторов (support vector machine – SVM). Для определения принадлежности к какому-либо из классов используются матрицы нечеткого членства (fuzzy membership matrices), полученные в результате кластеризации.

Первые три из вышеперечисленных пунктов выполняются на этапе II-ДО. Четвертый выполняется на этапе ПОСЛЕ и входит в подсистему Идентификации возникновения АР. По итогам выполнения первых трех этапов алгоритма формируются обученные классификаторы, которые включают в себя кластеры и модель классификации. Результаты работы алгоритма сохраняются в виде CSV-файлов. При дальнейшем развитии реализации системы централизованной АЛАР параметры классификаторов должны содержаться в базе данных.

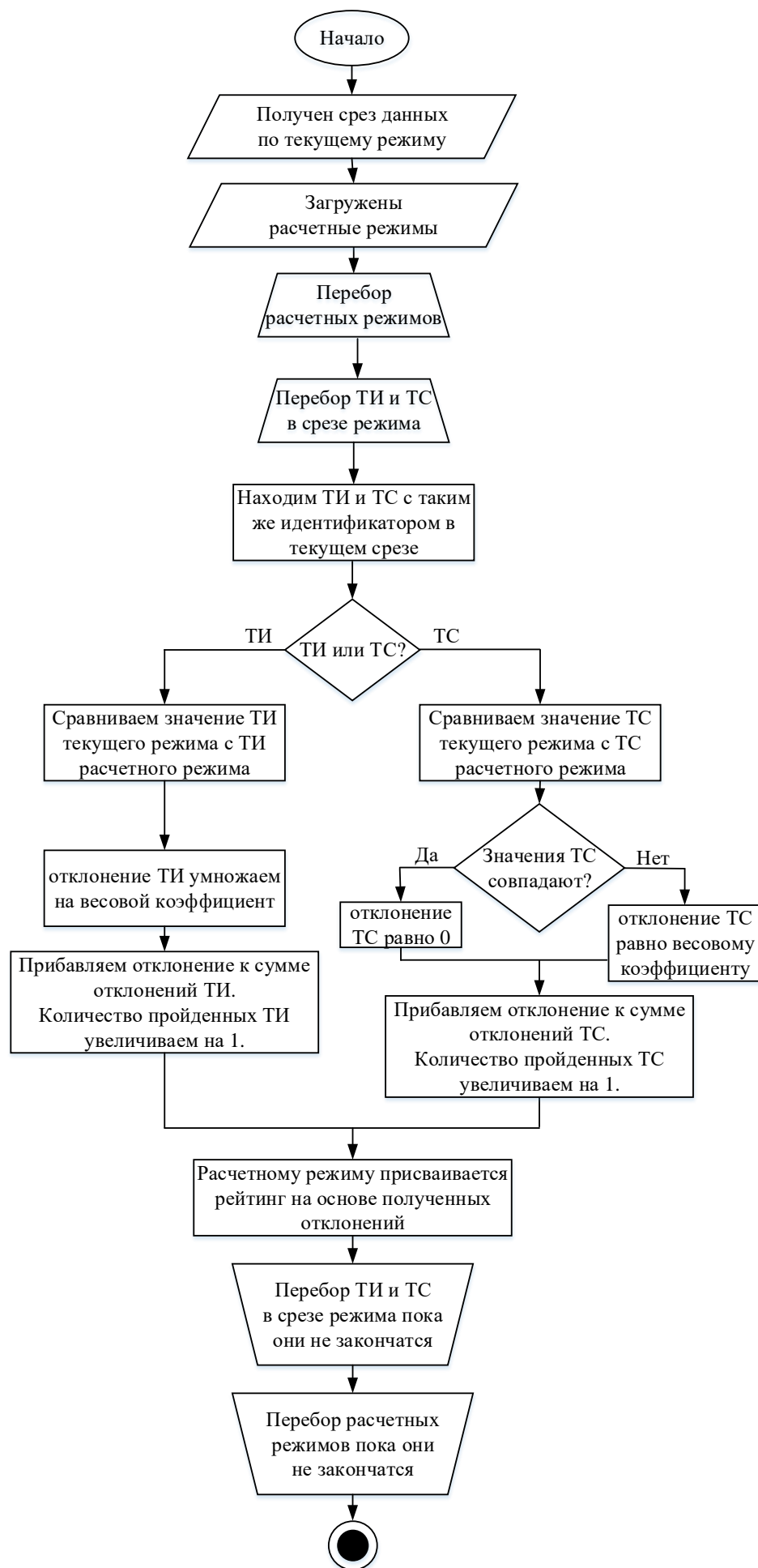
3.1.3. Теоретическая основа программной реализации подсистемы

Обработки телеметрии из ОИК

Для выполнения сравнения текущего режима с набором заранее рассчитанных режимов, которые на данном этапе содержатся в формате CSV, и выбора ближайшего похожего был выполнен поиск существующих алгоритмов, способных выполнять данные задачи. В результате поиска не было найдено подходящего алгоритма, поэтому необходимо было создать специальный алгоритм сравнения. Он представлен в виде блок-схемы на рисунке 10.

В соответствии с данным алгоритмом заранее каждое значение режимного параметра имеет весовой коэффициент, зависящий от близости расположения к контролируемому сечению элемента, к которому привязано данное значение, и от класса напряжения в случае сетевого элемента либо от номинальной активной

мощности в случае генератора. Затем с учетом весовых коэффициентов осуществляется сравнение значений параметров текущего режима работы ЭЭС и расчетных режимов. В качестве режима, наиболее близкого к текущему, выбирается тот, который имеет наименьший рейтинг.



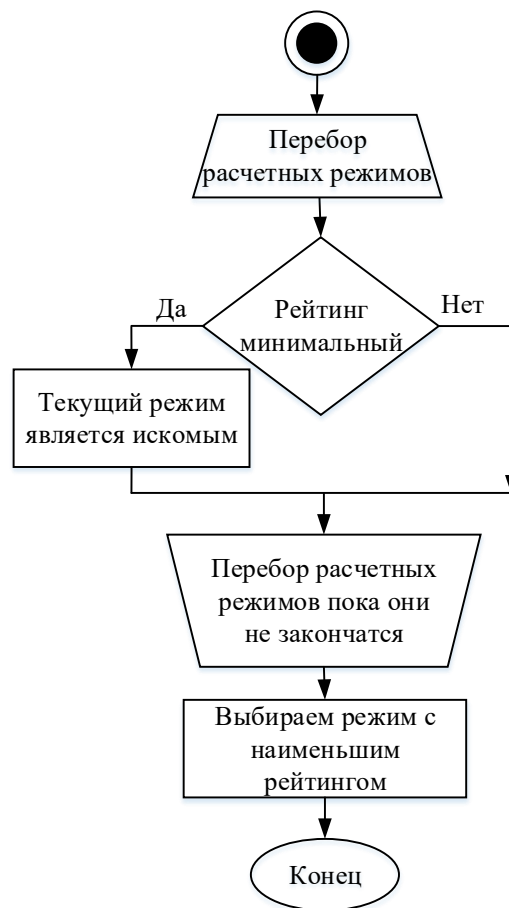


Рисунок 10 – Блок-схема алгоритма сравнения режимов

3.1.4. Теоретическая основа программной реализации подсистемы

Выбора управляющих воздействий

Блок-схема алгоритма выбора сечений деления энергосистемы представлена в приложении А на рисунке А.2 [1]. Подсистема «Выбора УВ» выполняет фильтрацию сечений-кандидатов по данным СВИ и выдачу УВ по сигналу от подсистемы Идентификации возникновения АР.

3.2. Рабочая документация

3.2.1. Общие сведения о системе

Полное наименование информационной системы – программный комплекс «Централизованная автоматика ликвидации асинхронного режима».

Условное обозначение – централизованная АЛАР или ЦАЛАР (далее будет именоваться Системой).

3.2.2. Архитектура и принципы функционирования

Система централизованной АЛАР предназначена для автоматического выявления и ликвидации АР и функционирует на основе ТИ, ТС и данных синхронизированных векторных измерений, получаемых с объектов электроэнергетической системы.

Система централизованной АЛАР состоит из четырех подсистем:

Подсистема «Обработки телеметрии из ОИК» на основе параметров текущего режима работы ЭЭС выбирает актуальные сечения-кандидаты деления системы и обученный классификатор.

Подсистема «Обработки данных синхронизированных векторных измерений» на основе ограниченного набора СВИ выявляет возмущения, которые потенциально могут привести к возникновению АР, и определяет группы когерентных генераторов.

Подсистема «Идентификации возникновения асинхронного режима» с использованием обученного классификатора, выбранного подсистемой «Обработки телеметрии из ОИК», выполняет классификацию данных, полученных от подсистемы «Обработки данных синхронизированных векторных измерений», с целью идентификации возникновения АР. На основе результата классификации принимается решение о необходимости выдачи управляющих воздействий.

Подсистема «Выбора управляющих воздействий» на основании информации о группах когерентных генераторов, полученной от подсистемы «Обработки данных синхронизированных векторных измерений», выбирает сечение ДС из подготовленных подсистемой «Обработки телеметрии из ОИК».

На рисунке 11 представлена диаграмма компонентов системы ЦАЛАР.

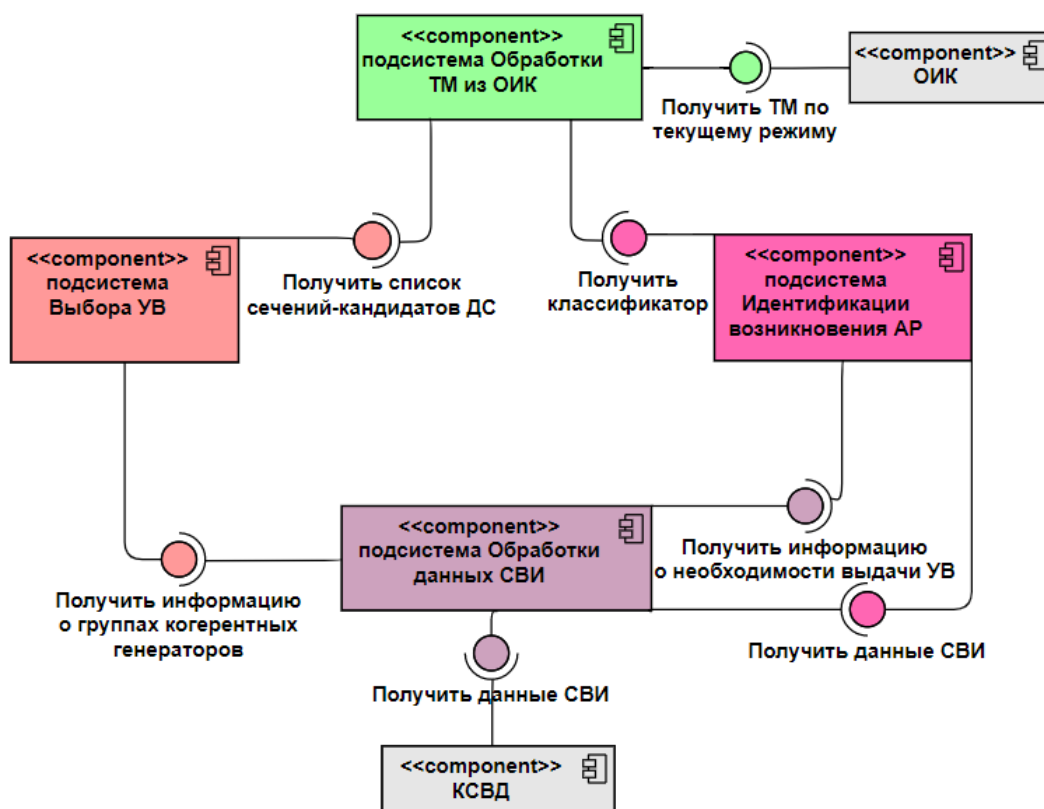


Рисунок 11 – Диаграмма компонентов

На рисунке 12 представлена диаграмма пакетов системы ЦАЛАР.

Пакеты PDC и Adapter C37, использующие C37 Library, симулируют передачу данных СВИ по протоколу C37.118 от КСВД на сервер ЦАЛАР. Пакет Synchronized Vector Measurement Processing реализует основные функции подсистемы «Обработки данных СВИ», а конкретно выявление опасного возмущения в энергосистеме и определение групп когерентных генераторов.

Пакеты ОИК и Adapter IEC60870, использующие IEC60870 Library, симулируют передачу телеметрии по протоколу МЭК-104 от ОИК, установленного в ДЦ, на сервер ЦАЛАР. Пакет Comparison Of Modes реализует основные функции подсистемы «Обработки ТМ из ОИК». Результаты работы Adapter IEC60870 и Comparison Of Modes передаются в Server of Interaction with Main Modules, к которому в любой момент времени могут обратиться подсистемы «Идентификации возникновения АР» и «Выбора УВ» за соответственно обученным классификатором и сечениями-кандидатами ДС, актуальными для данного режима работы ЭЭС.

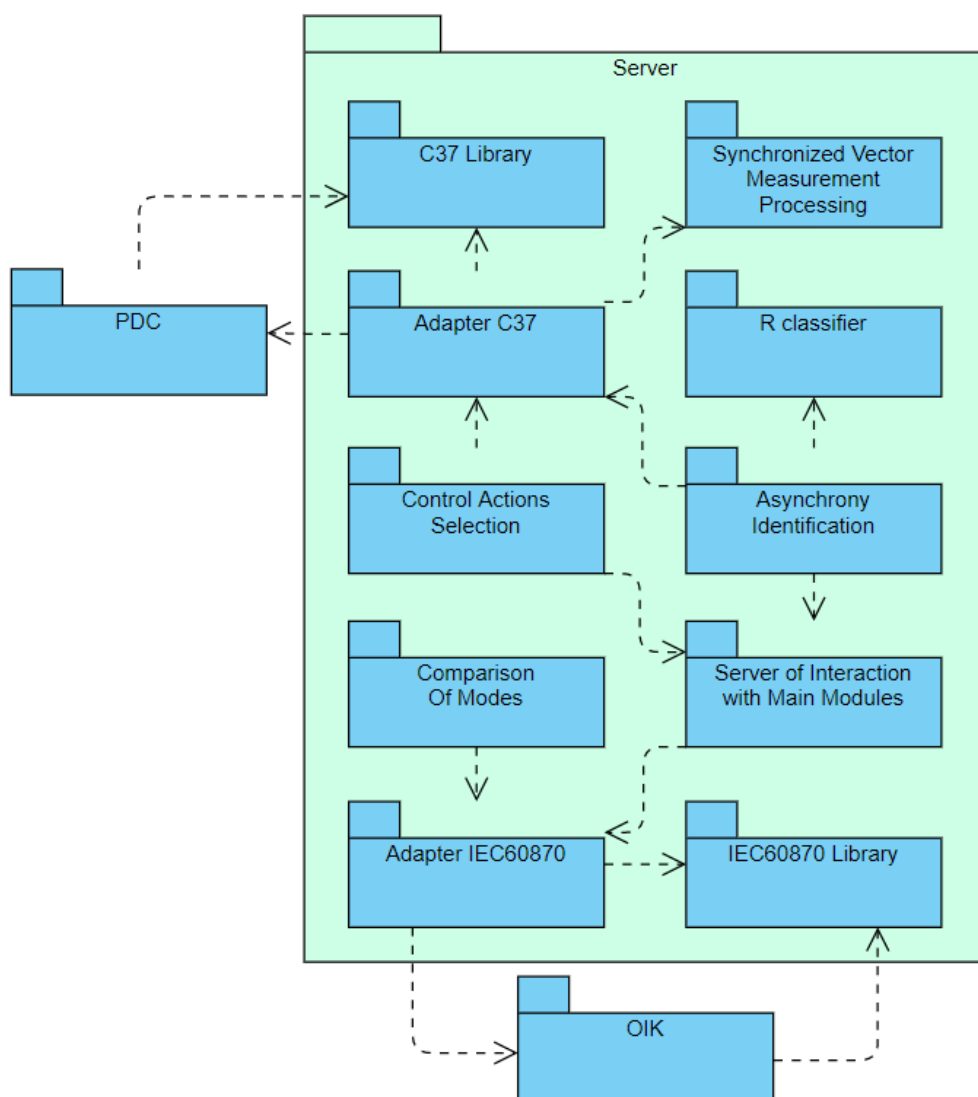


Рисунок 12 – Диаграмма пакетов

Пакет Control Actions Selection реализует функционал подсистемы «Идентификации возникновения АР», а пакет Asynchrony Identification – подсистемы «Выбора УВ».

На рисунке 13 приведена общая диаграмма классов ПО централизованной АЛАР. Над названием каждого класса написано наименование пакета, к которому он принадлежит.

На рисунках 14-17 представлены диаграммы классов реализованных модулей, описывающих реализованные подсистемы централизованной АЛАР.

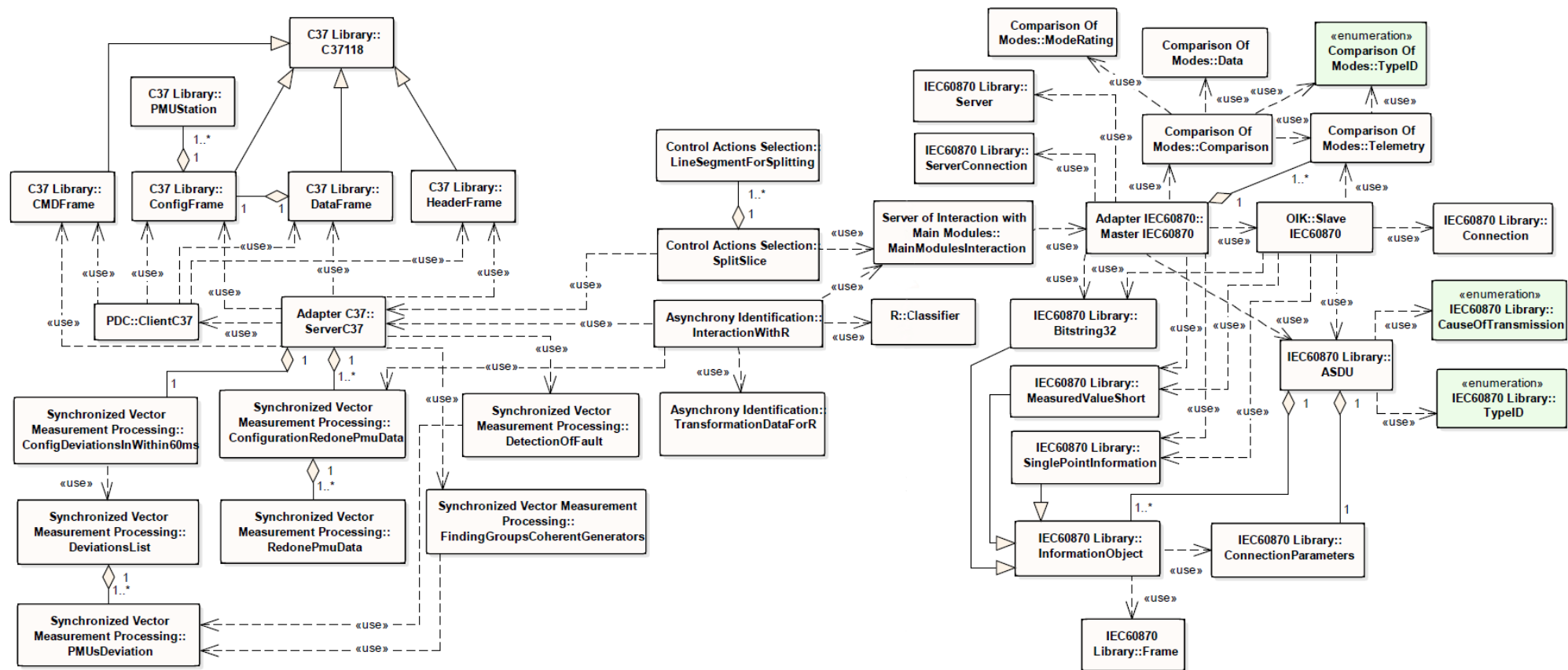


Рисунок 13 – UML диаграмма классов системы концептуального уровня

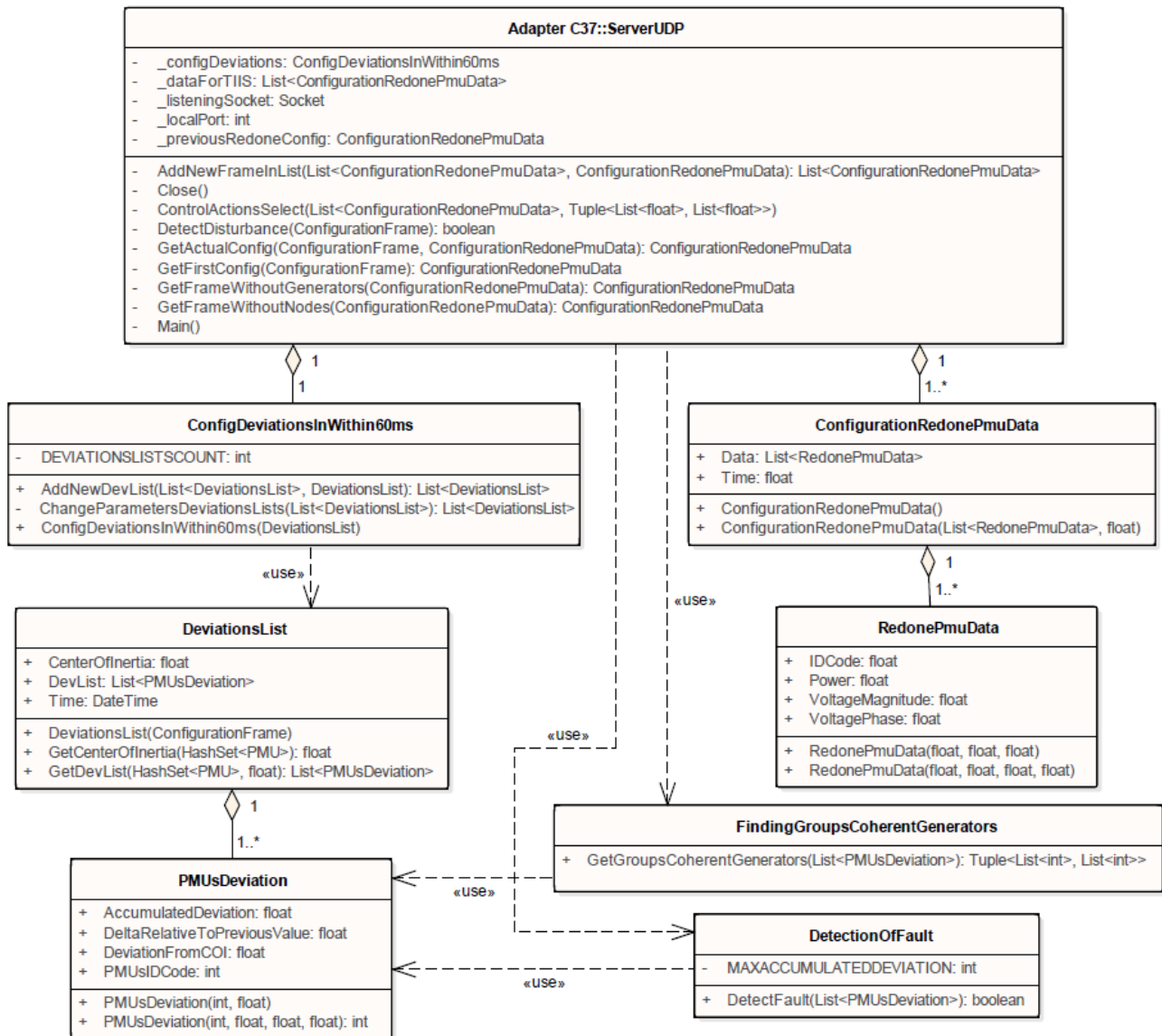


Рисунок 14 – Диаграмма классов для пакета Synchronized Vector Measurement Processing

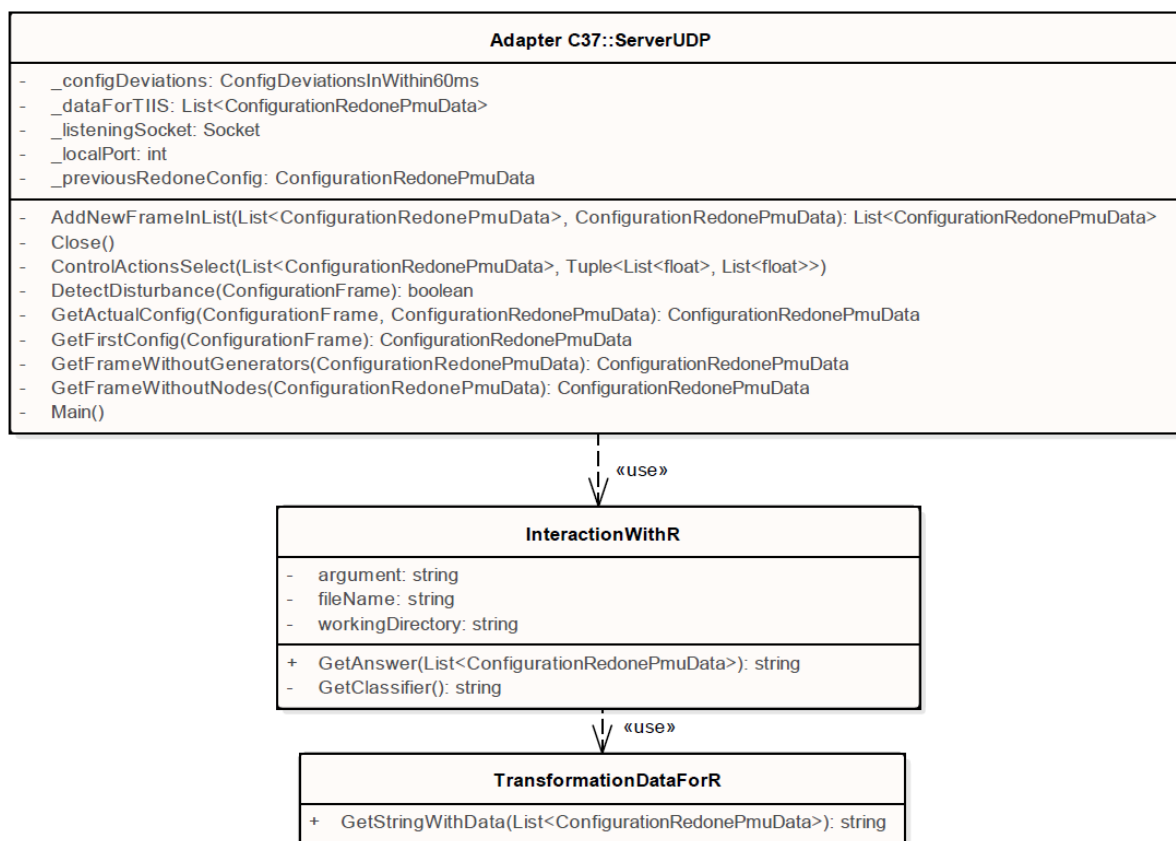


Рисунок 15 – Диаграмма классов для пакета Asynchrony Identification

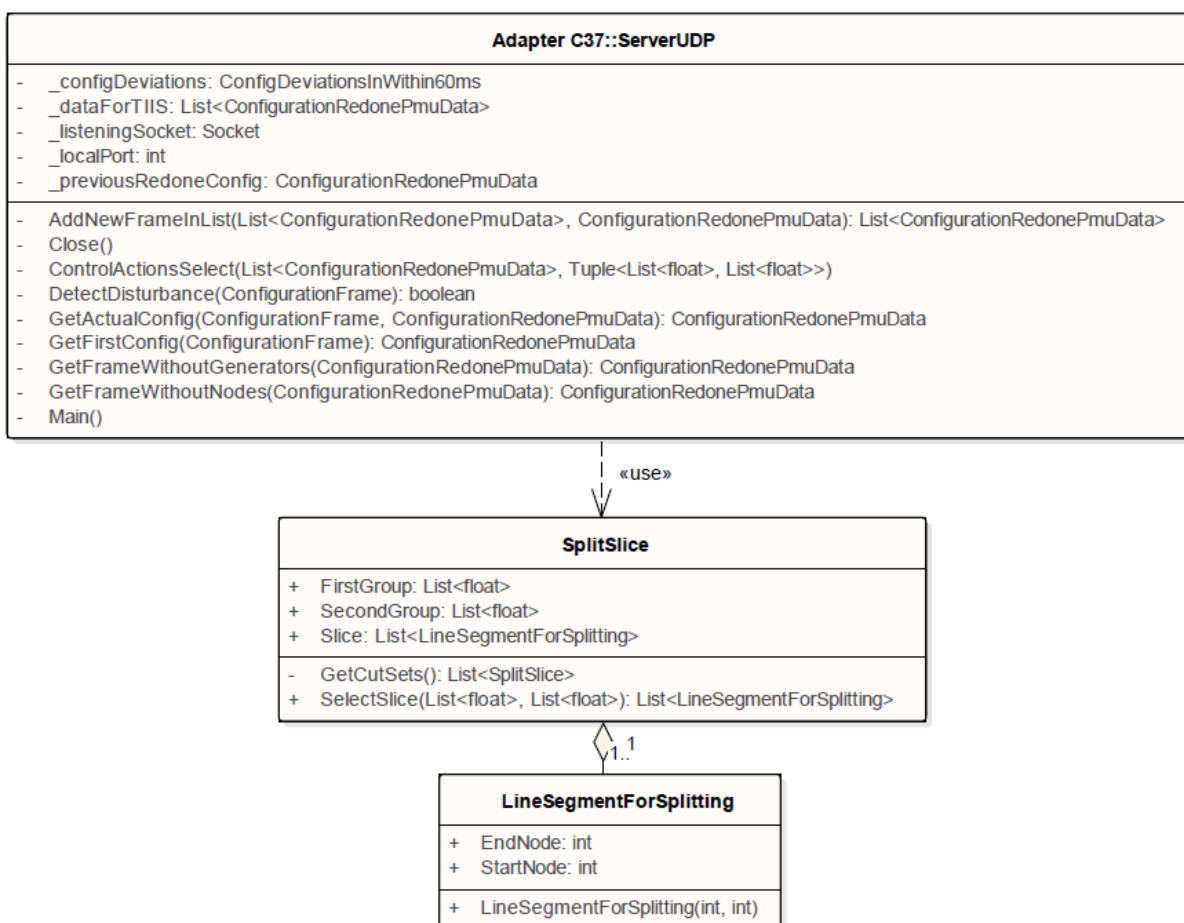


Рисунок 16 – Диаграмма классов для пакета Control Actions Selection

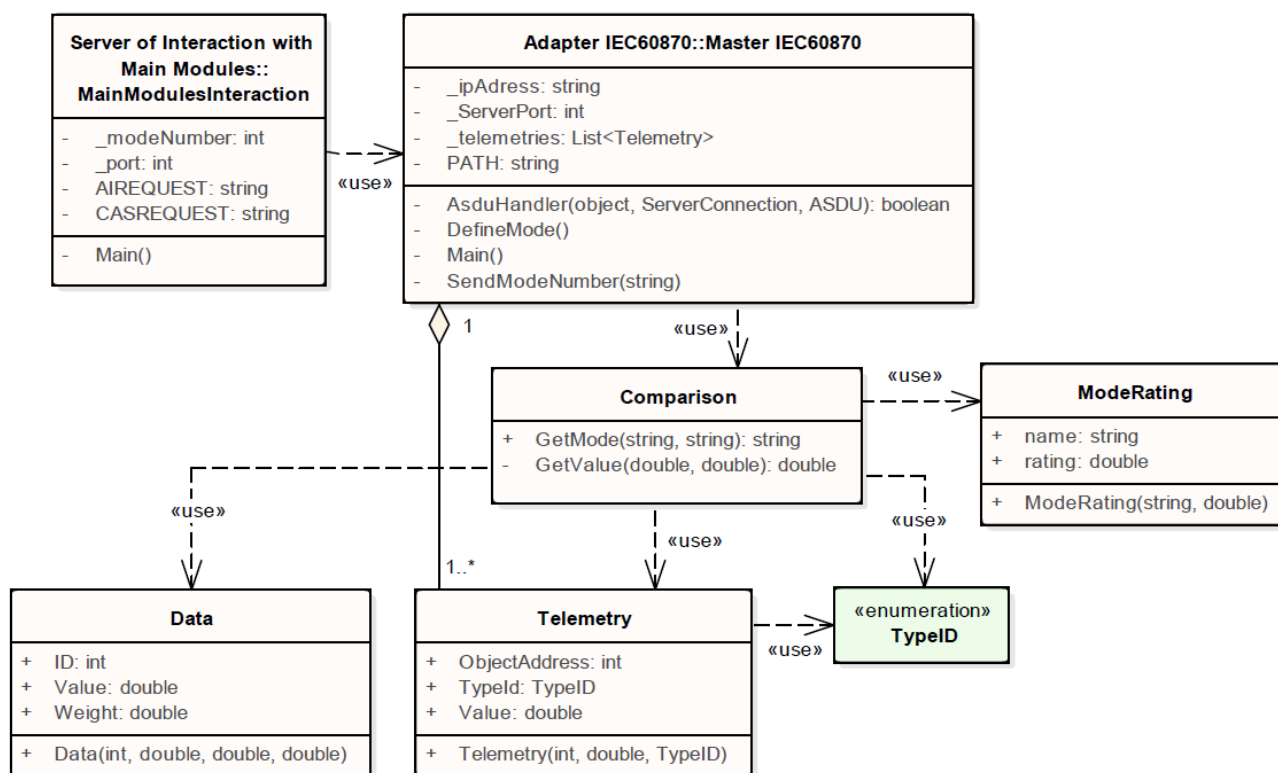


Рисунок 17 – Диаграмма классов для пакета Comparison Of Modes

3.2.3. Входные и выходные данные

Для работы ПО необходимы входные данные, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Входные данные.

Данные	Тип, формат	Описание
Синхронизированные векторные измерения	Complex	Вектор напряжения в узле электрической сети
	float	Активная мощность генератора
Телеизмерения	M_ME_NC_1 (значение измеряемой величины, короткий формат с плавающей запятой)	<ul style="list-style-type: none"> – Напряжение – Ток – Генерируемая активная и реактивная мощность – Переток активной и реактивной мощности

Телесигналы	M_SP_NA_1 (одноэлементная информация)	<ul style="list-style-type: none"> – Включенное/отключенное состояние генераторов – Включенное/отключенное состояние сетевых элементов
Обученные классификаторы	Файл CSV	<ul style="list-style-type: none"> – Используемые кластеры – Модель классификации
Сечения-кандидаты деления системы	Файл CSV	
Расчетные режимы работы ЭЭС	Файл CSV	<ul style="list-style-type: none"> – Напряжение – Ток – Генерируемая активная и реактивная мощность – Переток активной и реактивной мощности – Включенное/отключенное состояние генераторов – Включенное/отключенное состояние сетевых элементов

Выходными данными является сечение деления системы для случая, если было идентифицировано, что асинхронный режим возникнет. Для визуализации результатов на консоль был выведен результат классификации и состав сечения деления системы (рисунок 18). В состав сечения в данном случае входят линии, представленные двумя узлами. В качестве идентификаторов узлов берутся их номера в таблице узлов в RastrWin3. Для случая, когда АР не возникает, был выведен только результат классификации (рисунок 19) без сечения ДС, так как деление системы в этом случае не требуется.


```
Результат классификации: 1 (асинхронный режим возникнет)
Сечение деления системы:
60401107-60401044
60401108-60401045
60401054-60402097
60401050-60401049
60401052-60401051
60403339-60403037
60403039-60403282
60404082-60403204
60404098-60403433
60403153-60403218
60403154-60403217
60404083-60403508
```

Рисунок 18 – Выходные данные в случае возникновения АР

```
Результат классификации: 0 (асинхронный режим не возникнет)
```

Рисунок 19 – Выходные данные в случае, когда АР не возникает

Выводы по разделу 3

В данной главе были описаны алгоритмы, используемые при создании ПО централизованной АЛАР. Затем была разработана рабочая документация к программному обеспечению. Рабочая документация включает в себя общие сведения о системе, описание архитектуры и принципов функционирования системы, описание входных и выходных данных. Пользовательские интерфейс и пользовательская документации в работе не разрабатываются в связи с ограниченными временными ресурсами. Следовательно, при тестировании для контроля правильности работы ПО будет использоваться консоль.

4. Тестирование программного обеспечения централизованной АЛАР

4.1. Тестирование подсистемы Обработки данных СВИ

Модули Adapter C37, PDC и C37 Library симулируют прием данных СВИ каждые 20 мс. Затем при помощи модуля Synchronized vector measurement processing выявляется возмущение, способное привести к АР, и определяются группы когерентных генераторов.

Тестируем подсистему на выполнение выявления возмущения. На рисунке 20 можно увидеть время получения кадра и факт того, было ли выявлено возмущение: false означает отсутствие опасного возмущения, true – опасное возмущение выявлено. Далее тестируем подсистему на выполнение определения групп когерентных генераторов. На рисунке 21 представлено индексы генераторов двух групп. Индексы генераторов выбирались согласно их номерам в модели в RastrWin3.

Время выполнения процессов выявления возмущения и определения групп когерентных генераторов суммарно в среднем составляет 0,4 мс.

В 19:15:21.410 получен кадр	Выявлено возмущение: False
В 19:15:21.430 получен кадр	Выявлено возмущение: True
В 19:15:21.450 получен кадр	Выявлено возмущение: True
В 19:15:21.470 получен кадр	Выявлено возмущение: True

Рисунок 20 – Выявление опасного возмущения подсистемой Обработки данных СВИ

Первая группа генераторов:
33009 33010 33012 33013 33014 33016 21007 21008 21009 21010 21011 21012 22001 22003 22004
Вторая группа генераторов:
1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1024 1029 1056 1058 1060 1061 1062 2071 2072 2073 2074
2076 2077 2078 2082 2086 2098 2101 2107

Рисунок 21 – Определение групп когерентных генераторов подсистемой Обработки данных СВИ

4.2. Тестирование подсистемы Идентификации возникновения асинхронного режима

Подсистема Идентификации возникновения асинхронного режима начинает процесс идентификации АР, когда получает от подсистемы Обработки данных СВИ сигнал о выявлении опасного возмущения в энергосистеме. Процесс идентификации АР запускается асинхронно относительно других процессов для достижения лучшей производительности. На рисунках 18 и 19 виден результат идентификации АР. В первом случае подсистема вернула значение 1. Это означает, что АР наступит после действия АПНУ. 2 – означало бы наступление АР до действия АПНУ. Во втором случае было получено значение 0. Это означает, что АР не наступит. Время классификации данных в среднем составляет 210 мс.

4.3. Тестирование подсистемы Выбора управляющих воздействий

На этапе ПОСЛЕ подсистема Выбора УВ выбирает одно подходящее сечение ДС из оставшихся после отсеивания подсистемой Обработки ТМ из ОИК на основании информации о группах когерентных генераторов, полученных от подсистемы Обработки данных СВИ.

На рисунке 18 представлен результат работы подсистемы. В подсистему передается информация о группах когерентных генераторов – группы индексов генераторов. На выходе получаем список линий, которые необходимо отключить для выполнения ДС. В данном случае в качестве индекса узла брался его номер из ПК RastrWin3. Время выполнения процессов данной подсистемы составляет в среднем 7 мс, т.е. не более времени идентификации возникновения АР, которая выполняется параллельно.

Сечение ДС в соответствии с рисунком 18 представлено под номером 2 на схеме ЭЭС на рисунке 22. По [1] сечение ДС, выполняемое существующими устройствами АЛАР, в сечении «Братск-Красноярск» проходит по линии под номером 1. Расчеты [1] показали, что деление энергосистемы по сечению №2 позволяет снизить объем отключаемой нагрузки на 56%.

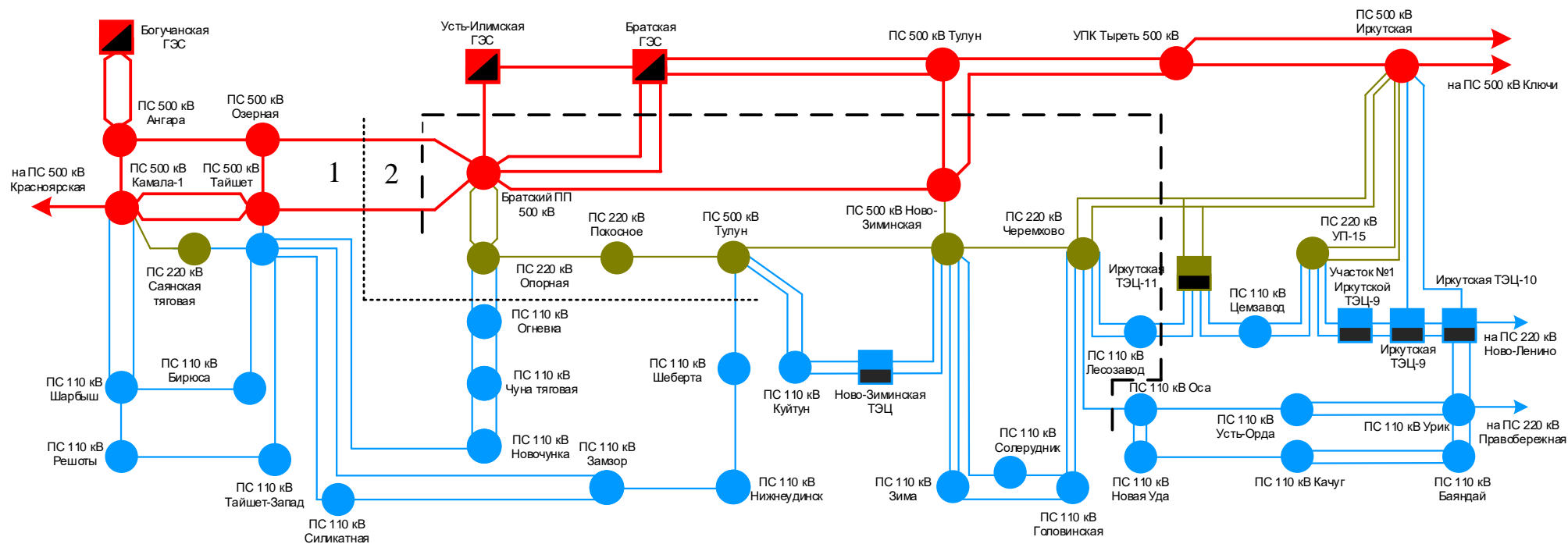
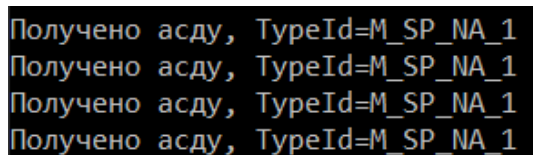


Рисунок 22 – Сечение ДС существующими устройствами АЛАР (1) и сечение ДС централизованной АЛАР (2)

4.4. Тестирование подсистемы Обработки телеметрии из ОИК

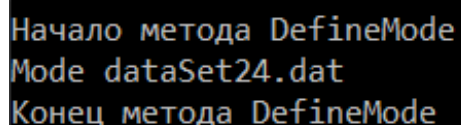
Сначала были реализованы master и slave между которыми осуществлялась передача данных по протоколу МЭК-104. Сервер централизованной АЛАР является master и принимает данные из ОИК, находящемся в ДЦ. На рисунке 23 показан прием ASDU. В данном случае было получено несколько ASDU, содержащих значения телесигналов.



```
Получено асду, TypeId=M_SP_NA_1
Получено асду, TypeId=M_SP_NA_1
Получено асду, TypeId=M_SP_NA_1
Получено асду, TypeId=M_SP_NA_1
```

Рисунок 23 – Получение данных по протоколу МЭК-104

При помощи модуля Comparison of modes осуществляется сравнение параметров текущего режима с параметрами расчетных режимов, из которых выбирается ближайший к текущему. Было проведено тестирование подсистемы. На рисунке 24 показано, что подсистема выдала наименование режима, наиболее похожего на текущий. В консоль было выведено наименование CSV-файла, содержащего информацию по заранее рассчитанному режиму. При реализации системы централизованной АЛАР режимы и соответствующие им обученные классификаторы и сечения-кандидаты должны будут содержаться в БД.

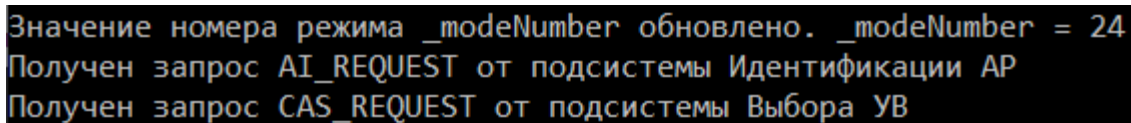


```
Начало метода DefineMode
Mode dataSet24.dat
Конец метода DefineMode
```

Рисунок 24 – Вывод в консоль расчетного режима, соответствующего
текущему режиму работы ЭЭС

Для взаимодействия с подсистемами «Идентификации возникновения АР» и «Выбора УВ» имеется пакет Server of Interaction with Main Modules. Он представляет собой сервер, куда Master IEC60870 передает информацию о номере режима, который наиболее близок к текущему (1 строка рисунка 25). Подсистема «Идентификации возникновения АР» обращается посредством сокетов к данному серверу (2 строка рисунка 25) и получает путь к файлу обученного классификатора. В будущем планируется, что вместо пути к файлу с классификатором будет передаваться сам обученный классификатор.

Подсистема «Выбора УВ» также обращается к серверу (3 строка рисунка 25). В ответ сервер выдает список сечений-кандидатов ДС.



```
Значение номера режима _modeNumber обновлено. _modeNumber = 24
Получен запрос AI_REQUEST от подсистемы Идентификации АР
Получен запрос CAS_REQUEST от подсистемы Выбора УВ
```

Рисунок 25 – Получение

Время выполнения процессов подсистемы в среднем составляет 265 мс, что позволяет уложиться в обозначенные 30 секунд расчета по принципу I-ДО.

Выводы по разделу 4

В данной главе было протестировано программное обеспечение централизованной АЛАР. Учитывая, что на выявление возмущения, способного привести к АР, и на определение групп когерентных генераторов уходит менее 1 мс, а процесс определения сечения ДС выполняется параллельно с процессом идентификации возникновения АР и при этом протекает быстрее, то время на идентификацию возникновения АР можно считать временем выполнения всего алгоритма ЦАЛАР. На рисунке 26 представлена временная диаграмма работы централизованной АЛАР. В [1] самым быстрым временем наступления АР от момента возникновения возмущения в сечении «Братск-Красноярск» было 580 мс. В [13] говорится, что на 2016 уже подтверждена техническая возможность доставки СВИ в режиме реального времени с объектов электроэнергетики в главный вычислительный комплекс СМПР за время, не превышающее 300 мс. А к настоящему моменту планировалось сокращение времени доставки данных от УСВИ до сервера АС СИ СМПР ГДЦ до величины, не превышающей 180 мс. С учетом того, что для успешной идентификации АР требуется временной ряд длиной 60 мс (3 кадра), то на рисунке 26 в поле сбора данных СВИ добавлено 40 мс для получения еще двух кадров данных. Среднее время идентификации АР составило 210 мс. Тогда на время для передачи УВ остается 150 мс. Учитывая, что время передачи УВ на одном сегменте составляет 50 мс, то возможно применение управляющих воздействий на устройствах, находящихся в трех сегментах от места установки ЦАЛАР. Среднее время наступления АР после возникновения возмущения составляет 1 с. Тогда время на передачу УВ составит

570 мс. Это позволяет реализовывать УВ, соответствующие разнообразным сечениям ДС, в том числе удаленным от места установки ЦАЛАР.

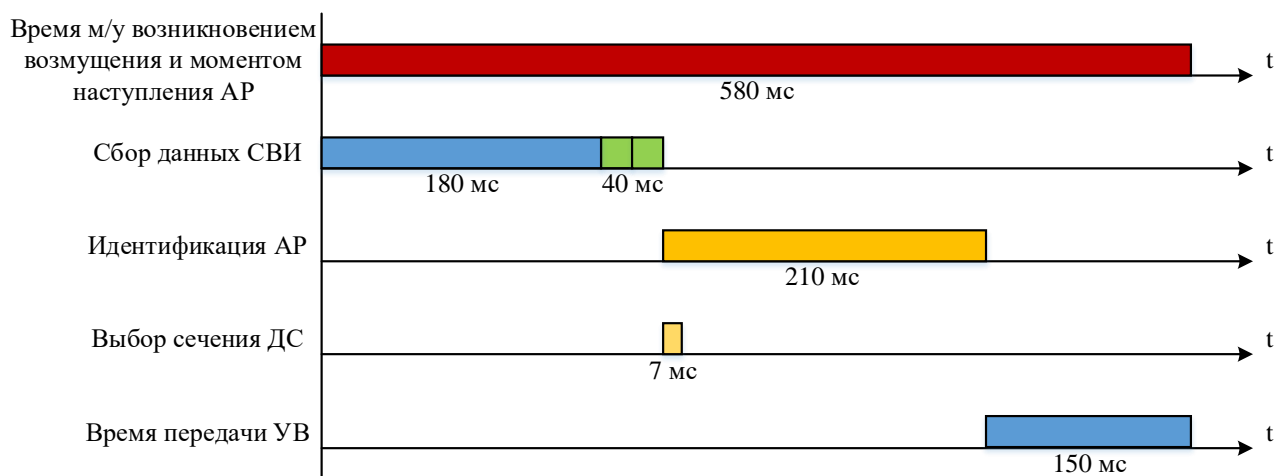


Рисунок 26 – Временная диаграмма работы централизованной АЛАР

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.

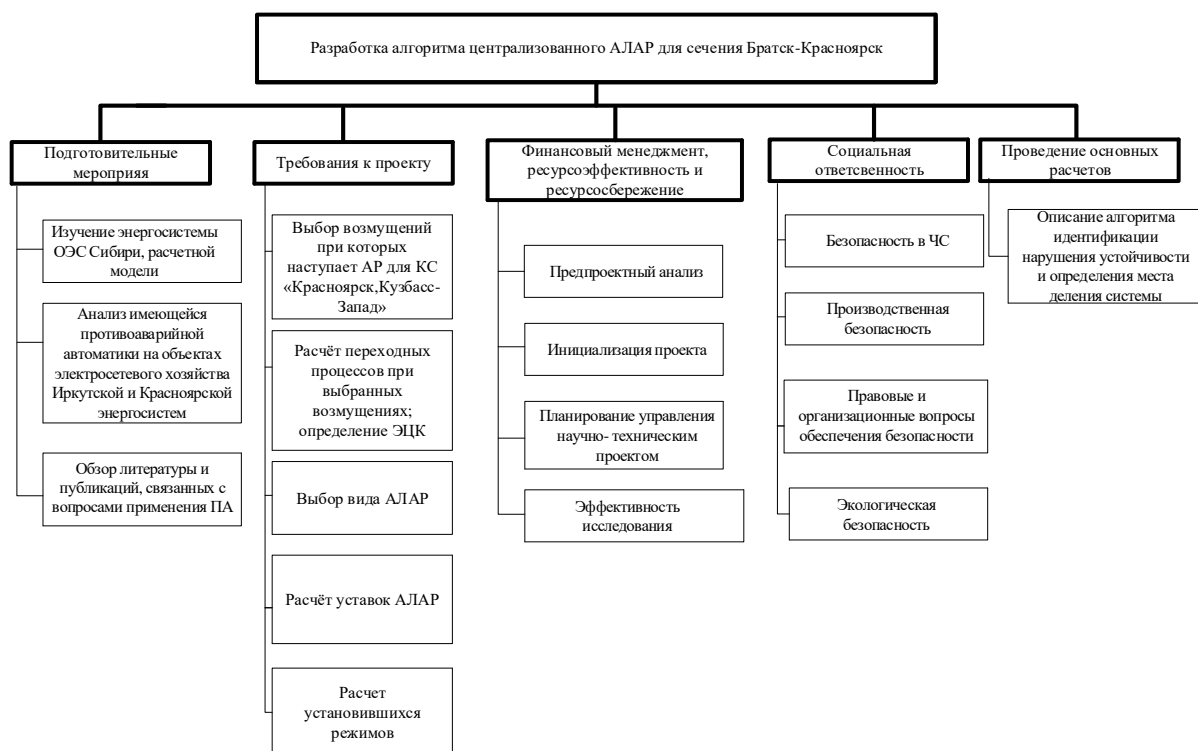


Рисунок 27 – Иерархическая структура работ

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;

$Z_{осн}$ - основная заработная плата.

Ниже приведены формулы, по которым рассчитывались показатели.

Основная заработная плата:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

Среднедневная зарплата

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

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

Месячный должностной оклад

$$Z_m = Z_б(1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

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

Отчисления на социальные нужды

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

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

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

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

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:

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

Коэффициент накладных расходов примем 0,8. Итого:

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

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	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

Критерии / Объект исследования	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.

6. Социальная ответственность

Для данной магистерской диссертации объектом исследования является программное обеспечение централизованной АЛАР.

Разработка ПО осуществляется с помощью компьютера. Следовательно, компьютер является основным инструментом для выполнения задачи. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: электромагнитных полей, инфракрасного и ионизирующего излучений, шума и вибрации, статического электричества, поражение электрическим током и др.

В разделе социальная ответственность данной диссертации даются рекомендации для защиты от пагубных воздействий компьютерной техники, рассмотрены меры по пожарной безопасности и охране окружающей среды.

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовой основой законодательства в области обеспечения БЖД является Конституция – основной закон государства.

Охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Законодательство РФ об охране труда состоит из соответствующих норм Конституции РФ, основ законодательства РФ об охране труда и издаваемых в соответствии с ними законодательных и иных нормативных актов.

Основные направления государственной политики в области охраны труда:

- признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности предприятий;

- установление единых нормативных требований по охране труда для предприятий всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности;

- защита интересов работников, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве и другие.

Каждый работник имеет право на охрану труда, в том числе:

- на рабочее место, защищенное от воздействия вредных или опасных производственных факторов;

- на возмещение вреда, причиненного увечьем, профессиональным заболеванием либо иным повреждением здоровья, связанным с исполнением им трудовых обязанностей;

- на обучение безопасным методам и приемам труда за счет работодателя и др.

Основные направления государственной политики, изложенные в Трудовом кодексе РФ, следующие:

- обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;
- установление единых нормативных требований по охране труда;
- профилактика несчастных случаев и повреждения здоровья работников;
- расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- защита интересов работников, которые пострадали в результате несчастных случаев на производстве;
- распространение передового отечественного и зарубежного опыта работы по улучшению условий и охраны труда;

- обеспечение работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, а также санитарно-бытовыми помещениями и устройствами, лечебно-профилактическими средствами за счет средств работодателей

К специальным правовым нормам при работе за компьютером в офисном помещении относятся: проведения медицинского осмотра и направление в дополнительный оплачиваемый отпуск.

Требования к организации медицинского обслуживания пользователей ПЭВМ по [14]:

1. Лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ), должны проходить обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры. Частота этих осмотров определяется территориальными органами Роспотребнадзора совместно с работодателем. Стоит обратить внимание, что если сотрудник младше 22 лет, то проходить периодические осмотры он должен ежегодно.

2. Женщины со времени установления беременности переводятся на работы, не связанные с использованием ПЭВМ, или для них ограничивается время работы с ПЭВМ (не более 3-х часов за рабочую смену) при условии соблюдения гигиенических требований, установленных настоящими санитарными правилами. Трудоустройство беременных женщин следует осуществлять в соответствии с законодательством Российской Федерации.

6.2. Производственная безопасность

6.2.1. Анализ вредных и опасных производственных факторов

Производственные факторы, связанные с работой на компьютере: шум, вибрация, электромагнитное воздействие, различные излучения и др. Также сильное умственное напряжение оказывает проектирование и решение задач. Монотонная деятельность, эмоциональная нагрузка, сидячее положение тоже влияют на здоровье человека.

Необходимо правильное расположение элементов управления на рабочем месте для оптимальной рабочей позы. Также необходимо правильное планирование режима работы с соблюдением требований к труду и отдыху.

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [15] можно выделить следующие вредные и опасные факторы при работе на ПЭВМ, которые представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Вредные факторы

№	Факторы	Этапы работ		Нормативные документы
		Исследование	Эксплуатация	
1	повышенный уровень шума на рабочем месте	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [16] ГОСТ 12.1.029-80 [17] СП 51.13330.2011 [18]
2	повышенный уровень электромагнитных и ионизирующих излучений;		+	ГОСТ 12.1.006–84. ССБТ [19] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [14] СанПиН 2.2.4.1191-03 [20]
4	недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [21] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [14] СП 52.13330.2016 [22]
5	отклонение показателей микроклимата	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [23] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [14]
6	опасность поражения электрическим током	+	+	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ [24] ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [25]
7	психофизические нагрузки	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [14]

6.2.2.1. Повышенный уровень шума

Шум на рабочем месте может создаваться оргтехником, системой отопления и кондиционирования.

Уровни звукового давления от различных источников представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Уровни звукового давления различных источников

Источник шума	Уровень шума, дБ
Жесткий диск	40
Вентилятор	45
Монитор	17
Клавиатура	10
Принтер	45
Сканер	42

Шум может вызвать у человека снижение слуха, повысить раздражительность и утомляемость, снижает производительность.

На рабочем месте при работе с ПЭВМ шум не должен превышать 50 дБ [15].

Для снижения шума можно прибегнуть к рациональной планировке помещения.

6.2.2.2. Поражение электрическим током

Важнейшим документом для обеспечения электробезопасности человека является [25]. Протекание электрического тока вызвано разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.

Вызывается при замыкании человека цепи через тело человека. Через прикосновение к токоведущим частям.

Правила эксплуатации электроустановок (ПУЭ) утверждает, что помещение с ПЭВМ относится к помещениям без повышенной опасности [26].

Электрический ток проходя через организм человека может оказывать на него три вида воздействий:

- термическое;
- электролитическое;
- биологическое.

Термическое действие тока подразумевает появление на теле ожогов разных форм, перегревание кровеносных сосудов и нарушение функциональности внутренних органов, которые находятся на пути протекания тока.

Электролитическое действие проявляется в расщепление крови и иной органической жидкости в тканях организма вызывая существенные изменения ее физико-химического состава.

Биологическое действие вызывает нарушение нормальной работы мышечной системы. Возникают непроизвольные судорожные сокращения мышц, опасно такое влияние на органы дыхания и кровообращения, таких как легкие и сердце, это может привести к нарушению их нормальной работы, в том числе и к абсолютному прекращению их функциональности.

Безопасность от поражения электрическим током достигается за счет следующих мероприятий:

- изоляции токоведущих частей;
- сигнализации и блокировки;
- использование знаков безопасности;
- отключение электроустановок в целях защиты;
- применение индивидуальных средств защиты.

6.2.2.3. Повышенный уровень электромагнитных и ионизирующих излучений в рабочей зоне

Большинство технических приборов излучают электромагнитное поле во внешнюю среду, воздействуя на человека. Если у электромагнитного поля напряженность выше предельно допустимой величины, то у человека начнут развиваться нарушения сердечно-сосудистой и нервной систем. Основное излучение ЭМП происходит от мониторов компьютеров.

По [27] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг видеомонитора должна быть не более:

- 25 В/м в диапазоне низких частот (5Гц – 2 кГц);
- 2,5 В/м в диапазоне высоких частот (2 – 400 кГц).

Мониторы персональных компьютеров являются источниками электростатического поля, поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В.

Из-за ионизирующего излучения в организме может нарушение функций кроветворных органов (нарушается свертываемость кровь, сосуды становятся более хрупкими), повышается риск инфекционных заболеваний.

Современные мониторы должны иметь стандарт низкого излучения (Low Radiation) и сертификат ТСО'99, эти стандарты означают, что мониторы имеют низкий уровень электромагнитного поля.

Допустимое время пребывания персонала, обслуживающего установки промышленной частоты, определяется по формуле [25]:

$$T = \frac{50}{E} - 2,$$

где T – допустимое время нахождения в зоне с напряженностью электрического поля E в часах;

E – напряженность электрического поля в кВ/м.

$$E = \frac{50}{T+2} = \frac{50}{8+2} = 5 \text{ кВ/м},$$

Т.е. при напряженности 5 кВ/м и менее допустимо нахождение человека в течение всей 8-часовой рабочей смены.

6.3. Отклонение показателей микроклимата

При протекании физических и биологических процессов в организме человек производит тепловой обмен с окружающей средой. Под комфортной средой понимается среда, в которой охлаждающая способность соответствует выделенному теплу телом человека.

В зависимости от параметров микроклимата тело человека по-разному взаимодействует с окружающей средой. Человеческий организм способен поддерживать температуру тела постоянной за счет различных способов отдачи теплоты: конвекция, излучение, испарение, дыхание.

Для нормального самочувствия человека в рабочей зоне должны поддерживаться температура, относительная влажность, скорость движения воздуха.

Показатели микроклимата в производственных помещениях, согласно [9] представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	22-24 °С
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23-25 °С
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1-0,2 м/с

Согласно [14] в помещениях, оборудованных ПЭВМ, должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Для повышения влажности воздуха в помещениях с мониторами ПЭВМ следует применять увлажнители воздуха, заправляемые ежедневно дистиллированной или прокипяченной питьевой водой.

6.3.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Помещения с ПЭВМ (ПК) должны иметь естественное и искусственное освещение.

К требованиям к освещению рабочих мест, оборудованных ПЭВМ, можно отнести следующее:

1. Естественное освещение должно осуществляться через боковые светопроемы ориентированные преимущественно на север и северо-восток. Величина коэффициента естественной освещенности (КЕО) должна соответствовать нормативным уровням по [26] и создавать КЕО не ниже 1,2 % в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5 % на остальной территории.

2. Искусственное освещение следует осуществлять в виде системы комбинированного освещения. В качестве источников света рекомендуется применять люминесцентные лампы типа ЛБ.

3. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк.

4. Общее освещение следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при разном расположении ПК. При расположении компьютеров по периметру линии светильников должны располагаться локализовано над каждым рабочим столом ближе к его переднему краю.

5. Для освещения помещений с ПК необходимо применять светильники серии ЛПО 36 с зеркализированными решетками, укомплектованными высокочастотными пускорегулирующими аппаратами (ВЧ ПРА).

6. При отсутствии светильников серии ЛПО 36 с ВЧ ПРА и без ВЧ ПРА в модификации "Кососвет" допускается применение светильников общего освещения серий: ЛПО 13 - 2 x 40/Б-01; (4 x 40/Б-01); ЛСП 13 - 2 x 40-06; (2 x 65-06); ЛСО 05 - 2 x 40-001; (2 x 40-003); ЛСО 04 - 3 x 36-008; ЛПО 34 - 4 x 36-002; (4 x 58-002); ЛПО 31 - 2 x 40-002, а также их отечественных и зарубежных аналогов.

7. Применение светильников без рассеивателей и экранизирующих решеток не допускается.

8. Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения не должен превышать 20.

Расчет освещенности рабочего места сводится к выбору системы освещения, определению необходимого числа светильников, их типа и размещения. Исходя из этого, рассчитаем параметры искусственного освещения.

Обычно искусственное освещение выполняется посредством электрических источников света двух видов: ламп накаливания и люминесцентных ламп. Будем использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ:

- по спектральному составу света они близки к дневному, естественному свету;
- обладают более высоким КПД (в 1,5 – 2 раза выше, чем КПД ламп накаливания);
- обладают повышенной светоотдачей (в 3 – 4 раза выше, чем у ламп накаливания);
- более длительный срок службы.

Расчет освещения производится для кабинета площадью 50 м², ширина которой 5 м, высота – 2,92 м. Расчёт проводится по методу светового потока.

Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на поверхность по формуле

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n},$$

где F – рассчитываемый световой поток, лм;

E – нормированная минимальная освещенность, лк;

S – площадь освещаемого помещения (в нашем случае $S = 50 \text{ м}^2$);

Z – отношение средней освещенности к минимальной (обычно принимается равным 1,1 – 1,2, пусть $Z = 1,2$);

K – коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ и в нашем случае $K = 1,5$);

n – коэффициент использования, (выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы.

Коэффициент использования (n) зависит от характеристик светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризующих коэффициентами отражения от стен (P_C) и потолка (P_{Π}), значение коэффициентов P_C и P_{Π} примем наиболее распространенные для светлых административно-конторских помещений: $P_C = 50 \%$, $P_{\Pi} = 70 \%$.

Комбинированная освещенность должна составлять 750 лк – при работах высокой точности, и 400 лк – при выполнении работ средней точности.

В помещения, где установлены компьютеры, относятся к зрительным работам средней точности и имеет четвертый уровень зрительных работ [24].

Значение n определим по таблице коэффициентов использования различных светильников. Для этого вычислим индекс помещения по формуле:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)},$$

где S – площадь помещения, 12 м^2 ;

h – расчетная высота подвеса 2 м ;

A – ширина помещения 4 м ;

B – длина помещения 3 м .

Получим:

$$I = \frac{12}{2 \cdot (4 + 3)} = 0,857$$

Зная индекс помещения находим $n = 0,3$.

Теперь найдем световой поток:

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 12 \cdot 1,2}{0,3} = 21600 \text{ лм}$$

Рассчитаем необходимое количество ламп по формуле

$$N = \frac{F}{F_L},$$

где N – определяемое число ламп;

F – световой поток;

F_L – световой поток лампы, 6000 лк .

$$N = \frac{21600}{6000} = 3,6 = 4 \text{ шт}$$

При выборе осветительных приборов используем четыре светодиодных лампы 80 Вт .

6.3.3. Психофизические нагрузки

Работник персонального компьютера получает нервно-эмоциональную нагрузку. Для защиты работника необходимо правильно планировать рабочее место. Очень важно соблюдать правильность рабочей позы. Свет должен попадать сбоку, чтобы не слепил глаза. Расстояние между столами должно быть не менее двух метров.

По [15] к вредным производственным факторам, обладающим свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, работающего на ПЭВМ, можно отнести нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса и физические перегрузки организма работающего.

Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- на умственное перенапряжение, в том числе вызванное информационной нагрузкой;
- перенапряжение анализаторов, в том числе вызванное информационной нагрузкой;
- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.

Физические перегрузки организма, работающего подразделяют:

- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- физиологически недостаточную двигательную активность (гиподинамию).

При несоблюдении общих требований у человека будут наблюдаться болезненные ощущения в спине, пояснице, шеи, головные боли, раздражительность.

У сотрудника при работе с компьютером может возникнуть синдром длительных статических нагрузок (гиподинамия) в результате длительного сидения, которое приводит к сильному перенапряжению спины и ног. Мышцы находятся под постоянной статической нагрузкой в состоянии сокращения, а это приводит к ухудшению кровообращения. Все это может привести к ухудшению состояния здоровья.

6.4. Экологическая безопасность

Экологическая безопасность обуславливается возможностью снижения уровня ущерба, наносимого окружающей среде в процессе производства, использования, потребления, хранения, утилизации потребительских товаров человеком.

Наиболее негативное влияние на окружающую среду оказывают товары, создающие выбросы в атмосферу, почву и воду химических веществ в различном фазово-дисперсном состоянии, а также образующие шумовое, тепловое, электромагнитное загрязнение при хранении, транспортировании, эксплуатации, потреблении, утилизации.

В рабочем процессе человек сталкивается с использованием немалого количества офисной техники, и при истечении службы оборудования его необходимо утилизировать. Когда что-либо из техники приходит в негодность, предприятия и организации приобретают оснащение нового поколения. А старое оборудование зачастую выкидывается вместе с обычным мусором. В обязательном порядке должна производиться утилизация любой оргтехники, компьютеров (в том числе и мониторов), принтеров и копировальных аппаратов.

Многие предприятия и учреждения сталкиваются с проблемой, как избавиться от устаревшей техники. Просто выбросить ее - нельзя, так как в ее состав входят химические вещества, опасные для экологии, а также драгметаллы. Оставлять старую технику на предприятии не выгодно, так как за нее нужно платить налог. Оптимальным выходом является утилизация оргтехники. В отличие от простого выброса техники на свалку, процесс утилизации является законным. При этом нарушение правил утилизации или утилизация техники без снятия ее с баланса предприятия являются грубым нарушением закона и преследуются Административным и Уголовным кодексами Российской Федерации. Стоит отметить, что сама по себе оргтехника опасности не представляет.

Один ПК (монитор, системный блок, клавиатура, мышь) содержит, помимо ничтожного количества ценных металлов, много разных тяжелых химических соединений:

- ртуть;
- кадмий;
- мышьяк;
- свинец;
- цинк;
- никель.

Попадая на стихийную свалку, эти вещества под влиянием солнечного ультрафиолета и агрессивного атмосферного воздействия разлагаются и становятся токсичными. Впитываясь в грунт, через некоторое время они попадают к нам на стол.

Поэтому компьютер на свалке — это большая ядовитая коробка, которая опасна для нашего здоровья и для окружающей среды.

Вся ненужная техника, подвергающаяся процессу утилизации, проходит специальную процедуру:

1. непосредственный процесс переработки;
2. отправку некоторых частей оргтехники на аффинаж (это металлургический процесс изъятия высокочистых благородных металлов при отделении от них загрязняющих примесей, один из видов извлечение металлов).

Обязательной утилизации подлежит следующая оргтехника или некоторые её элементы:

- ПК, ноутбуки;
- планшеты;
- серверное оборудование (испорченные системы охлаждения, сгоревшие или диски с БД секторами, блоки питания, озу, процессоры, платы расширения, серверные стойки/шкафы и т.д.);

- АТС;
- платы;
- роутеры, свитчи, маршрутизаторы;
- мониторы; ИБП; сканеры, МФУ, принтеры и их комплектующие (фотобарабаны, картриджи и т.д.);
- жесткие диски (HDD);
- мышки и клавиатуры;
- периферийные устройства;
- СОМ-диски;
- разнообразные шнуры (кабели);
- другие накопительные устройства.

Второй момент связанный с экологической безопасностью при рабочем процессе это использование огромного количества бумаги, которую в конечном итоге нужно переработать. Однако стоит отметить, что не вся бумага подается переработке.

Следующие типы бумаги хорошо поддаются переработке:

- картон;
- плотная бумага;
- газеты;
- журналы;
- рекламные буклеты, небольшие брошюры;
- конверты (без пластиковых окошек);
- бумага для копиров;
- писчая бумага.

Процесс переработки бумаги снижает объемы вырубки лесов, позволяет снизить загрязнение атмосферы и гидросферы, которое происходит в процессе создания бумаги на заводах, а также снизить затраты электроэнергии, которое необходимо затратить на создание бумажных изделий.

6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации можно разделить на: техногенные, экологические, природные, социально-политические. Также существуют локальные, региональные, национальные, глобальные чрезвычайные ситуации.

К техногенным можно отнести: пожар; обрушение зданий; аварии в электроэнергетических системах.

К природным: землетрясение; метеорологические явления; природные пожары; эпидемия заболеваний.

Экологические: влияние на атмосферу; влияние на гидросферу.

Социально-политические: беспорядки; терроризм.

Среди всех перечисленных, для данного предприятия, наиболее возможен появление пожара.

При эксплуатации ЭВМ существует опасность различного рода возгораний. В современных компьютерах очень высока плотность размещения элементов электронных систем, в непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода, коммуникационные кабели. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, что может привести к повышению температуры отдельных узлов до 80 – 100 °С. При этом возможны оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение и, как следствие, короткое замыкание, сопровождаемое искрением, которое ведет к недопустимым перегрузкам элементов электронных схем. Перегреваясь, они сгорают с разбрызгиванием искр.

Пожар внутри здания представляет опасность для жизни и здоровья людей, а также влечет значительный материальный ущерб.

Нормы оснащения помещений ручными порошковыми и углекислотными огнетушителями.

Ручные углекислотные огнетушители устанавливают в помещениях из расчета один огнетушитель на 50 м².

Согласно требованиям Постановления Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 (ред. от 06.04.2014) «О противопожарном режиме» необходима установка двух огнетушителей.

В случае пожара срабатывает находящаяся в помещениях автоматическая установка пожаротушения (АУП). Они снабжены звуковой и световой сигнализацией.

Причины возникновения пожара:

- короткое замыкание в электроустановках;
- возгорание электротехнических устройств из-за чрезмерного перегрева под нагрузкой;
- возгорание по причине нарушения правил пожарной безопасности.

При возникновении пожара необходимо вызвать пожарную службу по телефону 01, обеспечить эвакуацию людей из здания.

В каждом здании число эвакуационных выходов с каждого этажа должно быть не менее двух. Дверные проемы и лестничные пролеты должны быть спроектированы и построены так, чтобы обеспечить беспрепятственную эвакуацию персонала из здания. Внутри здания должны быть установлены пожарные щиты, оборудованные лопатами, ведрами, огнетушителями.

Выводы по разделу 6

Представлено описание расчета освещения рабочей зоны. Определены опасные и вредные факторы, влияющие на жизнь и здоровье человека, также определены средства для уменьшения их негативного воздействия. Также рассмотрены основные причины возникновения пожара и меры по его предотвращению. Рассмотрены организационные и правовые вопросы обеспечения безопасности труда человека.

Заключение

В работе представлены результаты разработки программного обеспечения централизованной автоматизации ликвидации асинхронного режима. Разработанное ПО состоит из нескольких подсистем, решающих задачи выявления и ликвидации асинхронного режима.

Была разработана архитектура системы централизованной АЛАР и определены способы взаимодействия с внешними системами.

Выполнение настройки представленного в данной работе программного обеспечения не требует вмешательства человека, т.е. происходит автоматически.

Время работы ПО позволяет зарезервировать более 150 мс для передачи на энергообъекты команд деления системы.

При дальнейшем развитии работы планируется:

- усовершенствовать программный код с целью ускорения работы системы: сократить время на выполнение процессов реального времени с 210 до 50 мс;
- спроектировать базу данных для хранения расчетных режимов и соответствующих им сечений-кандидатов ДС и классификаторов;
- реализовать подсистемы, которые не были реализованы в данной работе: подсистема «Формирования наборов данных»;
- усовершенствовать алгоритмическое обеспечение для повышения точности работы системы: точность прогнозирования выше 99,9%.

Список литературы

1. Жиленков А.А. Разработка и исследование алгоритма централизованной автоматики ликвидации асинхронного режима с использованием синхронизированных векторных измерений: магистерская диссертация: 13.04.02 / Жиленков Артем Алексеевич. - Томск., 2020. - 110 с.
2. A. Johnson, J. Wen et al., "Integrated system architecture and technology roadmap toward WAMPAC", ISGT 2011, 17-19 Jan. 2011.
3. СТО 59012820.29.020.001-2020 Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Устройства локальной автоматики предотвращения нарушения устойчивости. Нормы и требования. Москва, 2020.
4. А.В. Жуков, Е.И. Сацук, Д.М. Дубинин, О.Л. Опалев, Д.Н. Уткин. Опыт разработки, внедрения и эксплуатации системы мониторинга переходных режимов в ЕЭС России. - Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем, Сочи, 2015.
5. СТО 59012820.29.020.011-2016 Релейная защита и автоматика. Устройства синхронизированных векторных измерений. Нормы и требования. Москва, 2016.
6. СТО 59012820.29.020.003-2018 Релейная защита и автоматика. Концентраторы синхронизированных векторных данных. Нормы и требования. Москва, 2018.
7. Ф.Н. Гайдамакин, А.А. Кисловский. Развитие Автоматической системы сбора информации от регистраторов СМНР. Программно-технические решения. - Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем, Сочи, 2015.
8. СТО 59012820.29.020.001-2019. Релейная защита и автоматика. Система мониторинга переходных процессов. Нормы и требования.

9. А.А. Кисловский, Ф.Н. Гайдамакин. Программно-технический комплекс «Шлюз-концентратор синхронизированных векторных измерений энергообъекта». - Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем, Сочи, 2015.
10. СТО 34.01-9.2-004-2019 Каналы связи для РЗА. Технические решения для сетей 35-220 кВ. ПАО "Россети", 2019.
11. ЭКРА650323.002 РБ Шкафы противоаварийной автоматики серии ШЭЭ 22Х. ЭКРА, 2016.
12. ГОСТ 34.602-89 Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. 2009.
13. Концепция развития и применения технологии синхронизированных векторных измерений для повышения качества и надежности управления электроэнергетическим режимом ЕЭС России на период до 2020 года. Москва, 2016.
14. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
15. ГОСТ 12.0.003-15 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
16. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
17. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
18. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

19. ГОСТ 12.1.006–84 Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
20. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.
21. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
22. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
23. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
24. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
25. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
26. Правила устройства электроустановок. – СПб.: Изд-во ДЕАН, 2001. – 928 с.
27. СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях.

Приложение А

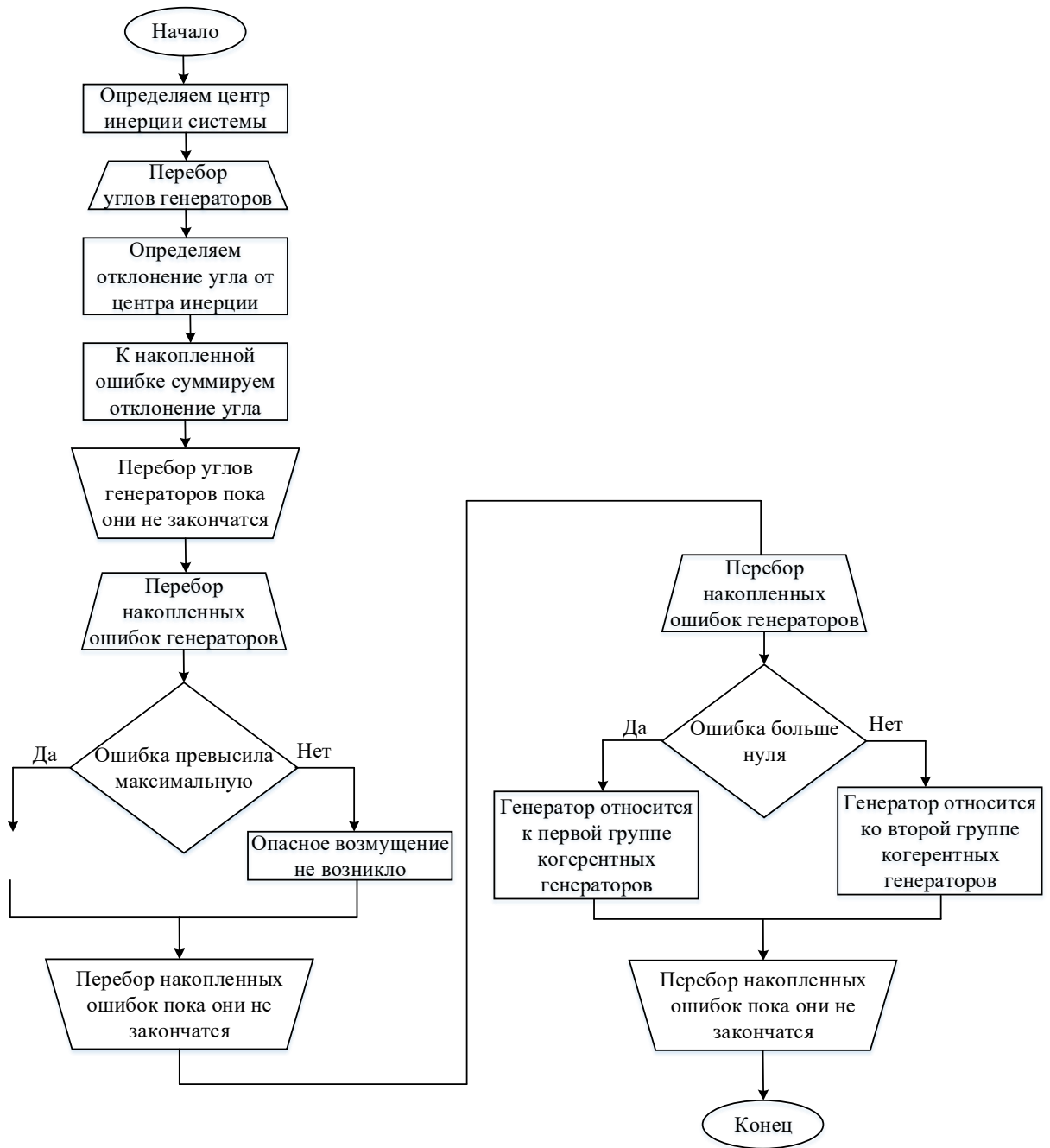


Рисунок А.1 – Блок-схема алгоритма выявления опасного возмущения и определения групп когерентных генераторов

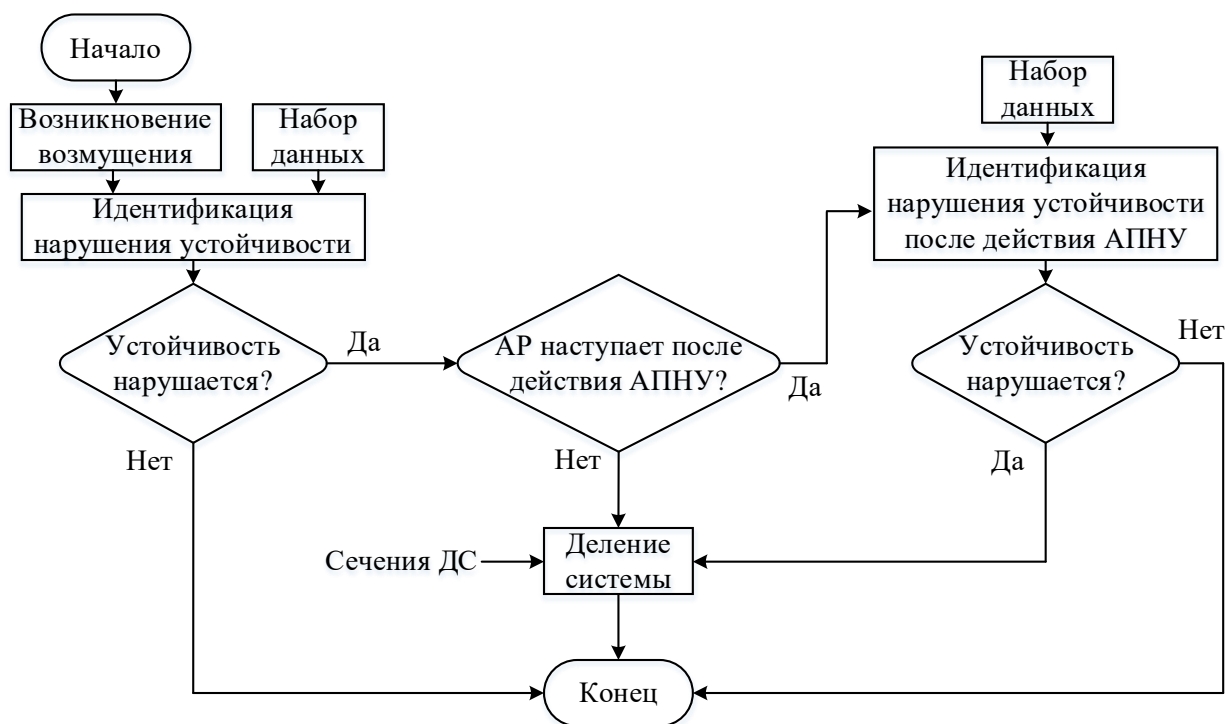


Рисунок А.2 – Блок-схема алгоритма прогнозирующего органа АЛАР

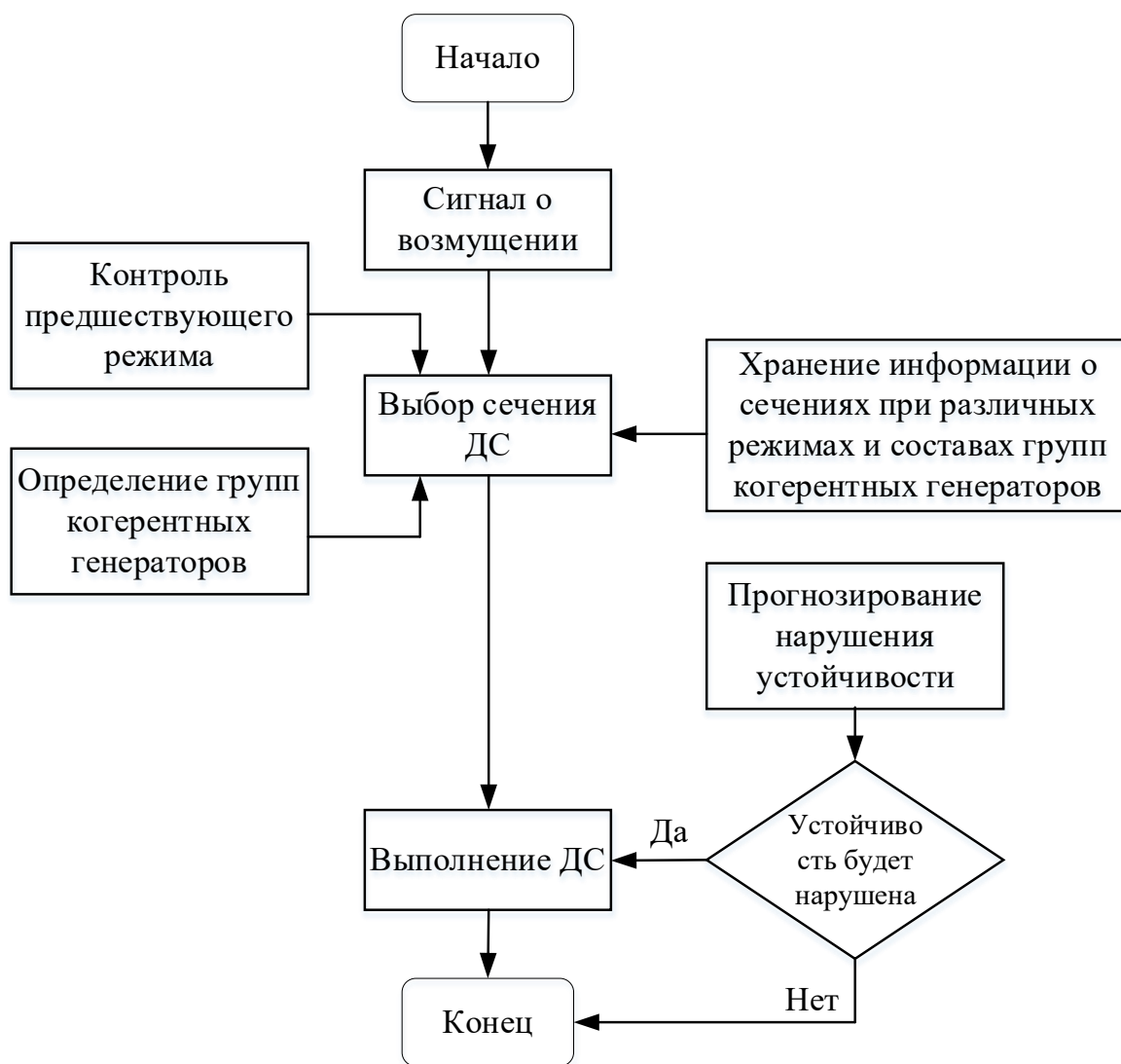


Рисунок А.3 – Блок-схема алгоритма выбора сечений деления энергосистемы