

ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ
«УПРАВЛЯЮЩИЙ МОДУЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
ЧАСТОТЫ И ПЕРЕТОКОВ МОЩНОСТИ»
(УМ АРЧМ)
ВЕРСИИ 1.066

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Редакция 1.066 от 28.12.2024

Содержание

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	5
1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СИСТЕМЕ	8
1.1 Наименование автоматизированной системы.....	8
1.2 Сведения об организации заказчика и исполнителя	8
1.3 Основание для разработки Системы.....	8
2 НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ.....	8
3 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	8
3.1 Входная информация.....	9
3.2 Выходная информация	10
4 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ, ЗАЩИТ И БЛОКИРОВОК, РЕАЛИЗОВАННЫХ В ПО УМ АРЧМ.....	11
4.1 Общее описание алгоритма функционирования	11
4.1.1 Автоматическое регулирование суммарного перетока мощности в сечении с коррекцией по частоте.....	11
4.1.2 Автоматическое ограничение перетоков мощности (токовой перегрузки) в контролируемых сечениях с алгоритмом возврата	
13	
4.1.3 Ручная корректировка мощности ЭО	20
4.1.4 Централизованное и иерархическое управление	20
4.1.5 Управление ГЭС, энергоблоками ТЭС и ВЭС	26
4.1.6 Описание функции «Блок суммирования управляющих воздействий на объекты — OUT»	28
4.1.7 Описание функции «Блок формирования групп объектов, имеющих возможность загрузки и разгрузки — VIR0»	28
4.1.8 Регулирование с учетом общей мертвой полосы по регулируемому параметру для регулятора и индивидуальных мертвых полос для регулирующих объектов.....	30
4.1.9 Функция задания уставок АО(Т)П различными способами	
30	
4.1.10 Контроль суммарных резервов регулятора АРПЧ	32
4.1.11 Блокировки	34
4.2 Контроль каналов связи с управляющими объектами и работоспособности модуля <i>archm</i>	42
4.3 Контроль состояния связи.....	47
4.4 Проверка достоверности сигналов.....	49
4.5 События.....	50
5 ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ	51
6 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ СИСТЕМЫ, АЛГОРИТМОВ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, СПОСОБОВ ИХ НАСТРОЙКИ И КОНФИГУРИРОВАНИЯ.....	51
7 ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ С SCADA-R СО ССЫЛКАМИ НА РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ, РУКОВОДСТВО АДМИНИСТРАТОРА	
52	
8 ИНФОРМАЦИЯ ПО СТРУКТУРЕ СИСТЕМЫ.....	52

	3
8.1	Архитектура Системы 52
8.1.1	Описание используемой информационной модели 52
8.1.2	Функциональная схема программного обеспечения 53
8.1.3	Общее описание всех компонентов программного обеспечения 56
8.1.4	Описание зависимостей и связей между компонентами.... 57
8.1.5	Спецификация, содержащая функциональное описание технологических алгоритмов, которые реализованы в программном обеспечении 57
9	ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 57
9.1	Описание каждой подсистемы программного обеспечения 57
9.1.1	УМ АРЧМ..... 57
9.1.2	Обработчик данных 63
9.1.3	Инициализация информационной модели 65
9.1.4	Циклический алгоритм..... 67
9.1.5	Технологические алгоритмы 67
9.1.6	Краткое описание всех сообщений об ошибках и возможных действиях по их устранению 75
9.1.7	Описание диагностических сообщений 85
9.1.8	Описание процедур отслеживания и исправления обнаруженных ошибок и уязвимостей программного обеспечения 89
9.1.9	Описание способов и сроков доведения Исполнителем до Заказчика информации об уязвимостях программного обеспечения, а также о компенсирующих мерах по защите информации или ограничениях по применению программного обеспечения, а также способов получения его обновлений, проверки их целостности и подлинности..... 90
9.1.10	Описание обязательств Исполнителя об информировании Заказчика об окончании производства и (или) поддержки программного обеспечения..... 91
10	ОПИСАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 92
10.1	Описание решений по информационному обмену..... 92
10.1.1	Представление информационной модели в SCADA-R..... 92
10.1.2	Обмен данными..... 94
10.1.3	Схема информационного взаимодействия..... 96
10.1.4	Альбом форматов входных и выходных документов..... 97
10.1.5	Технические условия информационного обмена..... 98
10.2	Информация по безопасности информации..... 98
10.2.1	Технические решения по реализации требований безопасности Системы Ошибка! Закладка не определена.
10.2.2	Конкретизация категории значимости Системы (при необходимости)..... Ошибка! Закладка не определена.
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... 98

ПРИЛОЖЕНИЕ А (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ УМ АРЧМ БИБЛИОТЕКИ.....	100
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) ОБОБЩЕННЫЕ АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ УМ АРЧМ.....	101
ПРИЛОЖЕНИЕ В (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) ОПИСАНИЕ ПРИЗНАКОВ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ АРЧМ	102
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) РЕЕСТР СООБЩЕНИЙ УМ АЧРМ 103	
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) ПЕРЕЧЕНЬ ПАРАМЕТРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ УМ АРЧМ.....	104

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АВРЧМ	Автоматическое вторичное регулирование частоты и перетоков активной мощности
АОП	Автоматический ограничитель перетока мощности
АОТП	Автоматический ограничитель токовой перегрузки
АРП	Автоматическое регулирование перетока активной мощности
АРПЧ	Автоматическое регулирование перетока активной мощности с коррекцией по частоте
АРЧ	Автоматическое регулирование частоты
АРЧМ	Автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности
АС	Автоматизированная система
РБПО	Разработка безопасного программного обеспечения
БД	База данных
БДРВ	База данных реального времени
ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
ВЛ	Воздушная линия электропередачи
ВЭС	Ветряная электростанция
ГРАМ	Групповой регулятор активной мощности
ГРЭС	Государственная районная электростанция
ГЭС	Гидравлическая электростанция
ДЦ	Диспетчерский центр
ЕЭС России	Единая энергетическая система России
ЗВМ	Задатчик/задание вторичной мощности
ЗОКИИ	Значимый объект критической инфраструктуры информации
ИБ	Информационная безопасность
ИГУ	Иерархическое-групповое управление
ИСП	Специальный параметр целочисленный
Исполнитель	Организация, осуществляющая разработку ИУС ЦС/ЦКС АРЧМ
ИТ	Информационные технологии
ИУ	Иерархическое управление
ИУС	Информационно-управляющая система
ИУС ЦС/ЦКС АРЧМ	Информационно-управляющая система «Управляющий вычислительный комплекс централизованной системы / центральной координирующей системы автоматического регулирования частоты и перетоков активной мощности нового поколения»
КДУ	Коэффициент долевого участия
КПОС	Подсистема ОИК СК-11 «Контроль перетоков и ограничений в сечениях»
КСПЧ	Контроль снижения/повышения частоты
ЛВС	Локально-вычислительная сеть
ЛКМ	Левой кнопкой мыши

МЭК-104	ГОСТ Р МЭК 60870-5-104
НСИ	Нормативно-справочная информация
ОДУ	Объединенное диспетчерское управление энергообъединениями
ОИК	Оперативно-информационный комплекс
ОС	Операционная система
ОЭС	Объединенная энергетическая система
ПА	Противоаварийная автоматика
ПАК	Программно-аппаратный комплекс
ПК	Программный комплекс
ПКМ	Правой кнопкой мыши
ПНУ	Повреждение низового устройства
Реестр ПО	Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных
РКМ	Ручной корректор мощности
САУМ	Система автоматического управления мощностью
Сигнал	Любой аналоговый или дискретный телемеханизированный, нетелемеханизированный, дорасчетный параметр, сконфигурированный в НСИ ЦС/ЦКС АРЧМ и характеризующийся возможностью изменения в течение времени без выполнения изменения конфигурации Системы
СТМ	Сервер телемеханики
СУБД	Система управления базами данных
ТЗ / Техническое Задание	Техническое задание на создание ИУС ЦС/ЦКС АРЧМ
ТИ	Телеизмерение
ТМ	Телемеханика
ТС	Телесигнал
ТР	Телерегулирование
ТЭС	Тепловая электростанция
УМ АРЧМ	Программа для ЭВМ «Управляющий модуль автоматического регулирования частоты и перетоков мощности»
ФСТЭК	Федеральная служба по техническому и экспортному контролю
Файл конфигурации УМ АРЧМ	Конфигурационный файл, содержащий параметры запуска УМ АРЧМ (по умолчанию: <i>etc/archm/startarguments.ini</i>). Файл устанавливается вместе с исполнительным файлом Системы
ЦКС	Центральная координирующая система
ЦС	Централизованная система
ЦУ	Централизованное управление
Частота	Частота напряжения
ЭВМ	Электронно-вычислительная машина
ЭО	Энергообъект

1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СИСТЕМЕ

1.1 Наименование автоматизированной системы

Полное наименование программы для ЭВМ: «Управляющий модуль автоматического регулирования частоты и перетоков мощности».

Условное обозначение программы для ЭВМ: Система, УМ АРЧМ.

1.2 Сведения об организации заказчика и исполнителя

Заказчик: Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС») — специализированная организация, единолично осуществляющая централизованное оперативно-диспетчерское управление в Единой энергетической системе России.

Исполнитель: Акционерное общество «Научно-технический центр Единой энергетической системы» (АО «НТЦ ЕЭС»).

1.3 Основание для разработки Системы

1. Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

2. Программа цифровой трансформации АО «СО ЕЭС» на 2021–2024 годы, утвержденная решением Совета директоров АО «СО ЕЭС» от 31.03.2023 № 326.

3. Сводный годовой план развития АСДУ на 2023 год, утвержденный протоколом Комитета по развитию АСДУ № 35 от 13.09.2022.

2 НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

Система предназначена для автоматизации технологического процесса поддержания заданного значения частоты в синхронной зоне, регулирования внешних перетоков областей регулирования, ограничения перетоков активной мощности в контролируемых сечениях, ограничения токовой перегрузки линий электропередачи и автотрансформаторов посредством собственных алгоритмов при функционировании на базе отдельной SCADA-платформы (SCADA-R).

3 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В УМ АРЧМ (посредством задания параметров через SCADA-R) настраиваются следующие основные функции (режимы):

- автоматическое регулирование частоты (АРЧ) в контролируемой энергосистеме;
- автоматическое регулирование перетока по сечению с коррекцией по частоте (АРПЧ);
- автоматическое регулирование перетока (АРП);
- автоматическое ограничение перетока/тока (АО(Т)П) в контролируемом сечении/элементе энергосистемы;
- ручная коррекция мощности (РКМ);
- централизованное управление (ЦУ), иерархическое управление (ИУ), иерархическое-групповое управление (ИГУ) — прием заданий вторичной мощности от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ;

– предотвращение значительных отклонений частоты при действии АО(Т)П (контроль отклонения частоты — КОЧ).

В УМ АРЧМ предусмотрены алгоритмы, осуществляющие переключение между режимами АРЧ/АРПЧ и блокировку функций АРЧ/АРПЧ/АО(Т)П.

В процессе функционирования УМ АРЧМ в режиме АРЧ (АРПЧ) вычисляемое в каждом цикле управления общее управляющее воздействие на изменение мощности регулирующих энергообъектов распределяется на приращения заданий вторичной мощности регулирующим энергообъектам пропорционально их КДУ в регулировании.

Текущее задание вторичной мощности для каждого из энергообъектов формируется в УМ АРЧМ интегратором путем суммирования с циклом 1 секунда очередного приращения с ранее выданным заданием, передается по каналу телеуправления непрерывно и вводится в системы управления мощностью энергообъекта в виде задания вторичной мощности дополнительно к заданию плановой мощности.

При необходимости диспетчер энергосистемы использует в ЦС/ЦКС АРЧМ ручную коррекцию мощности (РКМ) подключенных к управлению энергообъектов (ЭО) (через специализированные формы диспетчера).

При централизованном управлении регулируемыми энергообъектами от ЦС/ЦКС АРЧМ через нижестоящую ЦС АРЧМ, задание каждому из регулирующих энергообъектов нормально формируется на основе заданий вторичной мощности от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ.

В случае срабатывания в ЦС АРЧМ АОП (АОТП) производится блокировка приема заданий от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ и переключение на управление от алгоритмов собственных АОП (АОТП).

После устранения перегрузки АОП (АОТП) возможно списание ранее выданного задания вторичной мощности для возврата регулирующего энергообъекта на диспетчерский график. Возврат выполняется, если он не приводит к перегрузке АОП (АОТП).

3.1 Входная информация

Входной информацией для УМ АРЧМ являются:

– параметры конфигурации и настройки, описывающие информационную модель, определяющие число и описывающие перечни параметров объектов всех типов;

– телеизмерения и телесигналы, относящиеся к электросетевым объектам (перетоки мощности активной/реактивной, напряжение, ток, состояние выключателей и т.д.) — по изменению, по данным от SCADA-R;

– телеизмерения и телесигналы от регулирующих энергообъектов (активная мощность, частота и т.д., служебные сигналы, обеспечивающие контроль связи) — ежесекундно, по данным от SCADA-R (по запросу);

– телеизмерения частоты электрического тока, получаемые от частотомеров — по изменению, по данным от SCADA-R;

– сигналы из внешнего ОИК: текущие и максимально допустимые перетоки активной мощности в контролируемых сечениях, текущая и допустимая токовая нагрузка энергообъектов, плановый диспетчерский

график и выработка электроэнергии электростанциями и др. — по изменению, по данным от *SCADA-R*;

- параметры настройки отдельных функций УМ АРЧМ, задаваемые технологом через соответствующие формы отображения;
- команды, уставки, задаваемые диспетчером оперативно.

3.2 Выходная информация

Выходной информацией от УМ АРЧМ являются:

- набор сигналов, содержащих значения заданий вторичной мощности для регулирующих энергообъектов, сигналы команд на включение/отключение режима «Централизованный» регулирующих энергообъектов, вспомогательные сигналы, обеспечивающие контроль связи и т.д.;
- переменные процесса и диагностические сигналы, используемые для определения режима работы объектов ЦС/ЦКС АРЧМ различных типов;
- события УМ АРЧМ, передаваемые в *SCADA-R*;
- сигналы, описывающие состояние энергообъектов, используемые во внешней системе «Контроль АВРЧМ».

Общая структурная схема программных компонентов и баз данных ЦС/ЦКС АРЧМ представлена на рисунке 3.2.1. Все ЦС/ЦКС АРЧМ во всех ДЦ имеют унифицированную конфигурацию аппаратных и программных средств и работают с использованием единого унифицированного программного обеспечения ЦС/ЦКС АРЧМ, обеспечивающего работу всех технологических функций систем АРЧМ, настройка которых (в том числе включение/отключение) осуществляется посредством задания конфигурации (параметров настройки).

[Конфиденциальная информация]

Рисунок 3.2.1 — Блок-схема ЦС/ЦКС АРЧМ и направлений технологических потоков данных

На рисунке 3.2.1 показаны типовые взаимосвязи одного экземпляра ЦС/ЦКС АРЧМ с внешними системами одного ДЦ.

Отдельные экземпляры ЦС/ЦКС АРЧМ, функционирующие в специализированных тренажерных имитационных средах, используются для тренировки персонала.

Кроме тренажерных экземпляров ЦС/ЦКС АРЧМ в ДЦ используются полигонные экземпляры ЦС/ЦКС АРЧМ, которые предназначены для тестирования вносимых изменений в программное обеспечение ЦС/ЦКС АРЧМ или его конфигурацию, обучения администраторов и технологов. Для функционирования полигонных экземпляров используются компоненты, аналогичные работающим в составе основных экземпляров ЦС/ЦКС АРЧМ.

Компоненты полигонных экземпляров функционируют в условиях максимально приближенных к условиям основных экземпляров ЦС/ЦКС АРЧМ, имеют собственную конфигурацию, аналогичную основным экземплярам ЦС/ЦКС АРЧМ. В отличие от основных экземпляров ЦС/ЦКС АРЧМ полигонные экземпляры не устанавливают соединения с энергообъектами и не выдают управляющие воздействия на энергообъекты.

4 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ, ЗАЩИТ И БЛОКИРОВОК, РЕАЛИЗОВАННЫХ В ПО УМ АРЧМ

4.1 Общее описание алгоритма функционирования

Алгоритм функционирования Системы реализует выполнение следующих технологических функций:

- автоматическое регулирование суммарного перетока активной мощности в сечении с коррекцией по частоте;
- автоматическое ограничение перетоков активной мощности (токовой перегрузки) в контролируемых сечениях с алгоритмом возврата;
- ручное задание вторичной мощности;
- централизованное и иерархическое управление;
- управление ГЭС, энергоблоками ТЭС и ВЭС;
- регулирование с учетом общей мертвой полосы по регулируемому параметру для регулятора и индивидуальных мертвых полос для регулирующих объектов;
- функция задания уставок АО(Т)П различными способами;
- автоматическое ограничение токовой перегрузки;
- работа АО(Т)П в режиме «на сигнал»;
- контроль суммарных резервов регулятора АРПЧ.

4.1.1 Автоматическое регулирование суммарного перетока мощности в сечении с коррекцией по частоте

Обеспечивается работа функций АРПЧ с возможностью перевода в режим АРЧ или режим АРП.

Функции должны реализовываться посредством пропорционально-интегрального регулятора, работающего в выбранном режиме: АРПЧ, АРП, АРЧ.

В каждом из режимов регулятор поддерживает контролируемый параметр по астатическому принципу с заданной постоянной времени. При превышении контролируемыми параметрами заданных пределов регулятор переходит на другую постоянную времени. В качестве пускового фактора для ускоренного режима предусмотрены следующие параметры:

- выход контролируемого параметра за заданные границы;
- отклонение контролируемого параметра от величины уставки на заданную величину;
- превышение величиной небаланса активной мощности заданной уставки.

Предусматривается возможность описания нескольких контролируемых сечений, но действие регулятора АРПЧ допускается только по одному из них.

При работе по каждому контролируемому сечению для регулятора АРПЧ задается свой описатель: по каждому сечению контролируется свой баланс мощностей, со своим частотным коэффициентом и своей группой регулирующих объектов, которая определяется КДУ.

4.1.1.1 Описание функции «Блок определения небаланса и суммарного управляющего воздействия регулятора АРПЧ — AR4P1»

В данном блоке первоначально определяются отклонение частоты от номинального (заданного) значения, с учетом зоны нечувствительности в случае ее задания, и отклонение суммарного перетока (сальдо) по внешнему сечению (или в редких случаях — по внутреннему сечению) от заданного значения.

В режиме работы АРЧ при выявлении недостоверности частоты, в режиме работы АРПЧ при выявлении недостоверности частоты и/или сальдо перетоков производится блокировка регулятора. (При использовании программы КПОС значение суммарного перетока по контролируемому сечению может быть получено из этой программы).

Если регулятор работает в режиме АРПЧ, и ряд ЭО в этой энергосистеме участвуют в регулировании режима энергосистемы более высокого уровня иерархии путем отработки задания от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, то заданная величина сальдо перетоков корректируется на величину задания от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ.

Далее рассчитывается небаланс энергосистемы, определяется управляющее воздействие от регулятора и, если требуется, признак форсировки (ускорения) АРПЧ.

Форсировка осуществляется при выходе одного или нескольких контролируемых параметров (для режима АРПЧ — переток по контролируемому сечению и частота, для режима АРП — переток по контролируемому сечению, для режима АРЧ — частота) за пределы заданных пороговых значений или при приращении контролируемого параметра, превышающем заданную величину за цикл.

4.1.1.2 Описание функции «Блок формирования групп объектов для регулятора АРПЧ и распределения суммарного управляющего воздействия — AR4P2»

В данном блоке вначале обнуляются КДУ фактические и признак ускоренного режима регулятора. В зависимости от режима регулятора АРПЧ (форсированного либо обычного) определяется интенсивность регулирования. Если регулятор заблокирован или текущий небаланс равен 0, то происходит выход из функции AR4P2.

Затем составляется список объектов, участвующих в ликвидации текущего небаланса. При этом исключаются объекты, для которых соответствующие перетоки находятся в зоне минимального запаса, и объекты, на которых действия от АО(Т)П противоположны по знаку действиям регулятора АРПЧ. В случае отсутствия объектов для ликвидации небаланса регулятора АРПЧ формируется признак «нет объектов».

Далее рассчитываются КДУ фактические и управляющие воздействия на каждый объект, взводятся признаки «объект загружает/разгружает».

4.1.2 Автоматическое ограничение перетоков мощности (токовой перегрузки) в контролируемых сечениях с алгоритмом возврата

Если какой-либо контролируемый переток или величина контролируемого тока находится в зоне минимального запаса¹ или уже возникла перегрузка, то действие регулятора АРПЧ, направленное в сторону ухудшения режима, блокируется, то есть АО(Т)П не позволяют регулятору АРПЧ вызвать или усугубить перегрузку.

При возникновении двух или более перегрузок одновременно по разным контролируемым АО(Т)П сечениям, в случае разнонаправленного действия АО(Т)П на один и тот же регулирующий объект, приращение управляющего воздействия на этот объект должно быть нулевым, и диспетчеру на формах управления выдается сообщение «Конфликт АО(Т)П», если все объекты, имеющие возможность загрузки/разгрузки для АРЧМ окажутся в таком положении.

Если для АО(Т)П имеются регулирующие объекты по обе стороны контролируемого сечения, по которому возникает перегрузка, то АО(Т)П должны действовать балансирующим (двухсторонним) образом, соответственно нагружая и разгружая регулирующие объекты, расположенные по обе стороны от контролируемого сечения (функция DIVMN).

В случае если имеются перегрузки одновременно по нескольким сбалансированным АО(Т)П, то расчет управляющих воздействий на объекты производится для выбранного по максимальной перегрузке сбалансированного ограничителя в соответствии с его заданными КДУ.

Если же регулирующие объекты имеются только с одной стороны от перегруженного сечения, то АОП и АОТП должны действовать односторонним образом, разгружая или нагружая эти регулирующие объекты (функция DIVMIN).

Реализовано ограничение действия АО(Т)П при значительных отклонениях частоты с помощью функции «Контроль предотвращения значительных отклонений частоты при действии АО(Т)П». Если функция активирована, то осуществляется контроль текущего значения частоты с определением актуальной зоны, в которой находится частота, и в случае необходимости происходит ограничение действия АО(Т)П, приводящего к увеличению ее отклонения.

Группы регулирующих объектов при задании уставок ЦС/ЦКС АРЧМ должны выбираться обслуживающим персоналом таким образом, чтобы в результате воздействия на них снимались все одновременно возникшие перегрузки по разным контролируемым сечениям. Перегрузки должны рассчитываться по каждому включенному и незаблокированному АО(Т)П.

Приращение управляющего воздействия с интенсивностью каждого ограничителя C_j на объекты обобщенной группы должны рассчитываться по формуле $\Delta P_{\text{вн } j} = \Delta P_j * C_j$, где ΔP_j — перегрузка АО(Т)П.

¹ Величина перетока мощности по линии отличается от максимальной не более чем на заданную уставками минимального запаса величину

Приращение управляющего воздействия ограничителя $\Delta P_{\text{вн } j}$ вместе с составом обобщенной группы должны передаваться в блок DistribAopAction для его распределения между регулирующими объектами группы. В системе предусмотрено три варианта учета приоритета ВИЭ (регулирующие объекты типа ВЭС) при распределении управляющего воздействия между объектами:

- вариант 1 — ВИЭ разгружаются до планового диспетчерского графика первыми, при этом распределение между ВИЭ происходит пропорционально превышению их нагрузки планового диспетчерского графика, дальнейшая разгрузка ВИЭ осуществляется совместно с регулирующими объектами других типов по КДУ;

- вариант 2 — ВИЭ разгружаются до планового диспетчерского графика первыми, а дальнейшая разгрузка ВИЭ осуществляется по КДУ, только если нет возможности разгрузки регулирующих объектов других типов;

- вариант 3 — распределение осуществляется между всеми регулирующими объектами по КДУ.

Для всех вариантов ВИЭ должны участвовать в распределении только в направлении разгрузки. Действие на загрузку ВИЭ от ограничителей не формируется. Загрузка других регулирующих объектов осуществляется по КДУ. Если в системе отсутствуют регулирующие объекты, относящиеся к ВИЭ, то все варианты распределения должны давать одинаковый результат.

При этом в процессе распределения проверяется, что полученное приращение задания для регулирующего объекта может быть выдано с учетом его ограничений по скорости и остатку регулировочного диапазона, и в случае наличия ограничения, нереализованная часть воздействия итерационно распределяется между остальными объектами по тому же принципу до тех пор, пока все воздействие ограничителя не будет распределено в полном объеме или не будут достигнуты ограничения приращения задания на цикле по всем объектам. Таким образом обеспечивается постоянство переходной характеристики ограничителя.

Для объектов должны определяться фактические КДУ для каждого АО(Т)П по формуле: $\text{КДУ}_{\text{ф } i,j} = \Delta P_{\text{вн } i,j} * 100 / S_{\text{вн } j}$, где $\Delta P_{\text{вн } i,j}$ — приращение задания на i -й объект от j -го АО(Т)П, $S_{\text{вн } j}$ — сумма приращений задания на все объекты от данного ограничителя.

Для каждого регулирующего объекта из управляющих воздействий по всем ограничителям, обнаружившим перегрузки, выбирается максимальное значение.

Алгоритм возврата ЭО формирует снятие накопленного воздействия на этот ЭО, обусловленного действием АО(Т)П, после ликвидации перегрузок всех АО(Т)П и возникновения условий для возврата (функция VOZ). Для этого при действии АО(Т)П в процессе снятия перегрузок производится накопление приращений задания для каждого ЭО, которое снимется в процессе возврата в каждом цикле заданными приращениями (шагом возврата). В случае одновременного действия возврата и регулятора уменьшение накопленного значения задания производится за счет регулятора. Сумма приращений воздействия на ЭО от ограничителей и приращение от регулятора

ограничивается заданной максимальной скоростью изменения мощности для данного ЭО.

Возврат осуществляется только при условии, что включен ключ возврата для данного ЭО, а также, если ЭО, в соответствии со знаком накопленного приращения от АО(Т)П, есть в группе загрузки или разгрузки. Возврат осуществляется, если он не усугубляет состояние всех других контролируемых сечений, находящихся в зоне минимального запаса. В каждом цикле расчета производится уменьшение накопленных воздействий от АО(Т)П на шаг возврата. Шаг возврата задается отдельно для каждого ЭО.

Для АО(Т)П проводится проверка достоверности телемеханики контролируемого суммарного сечения средствами достоверизации SCADA-R. В случае недостоверности ТИ или ТС на ВЛ, входящих в контролируемое сечение и находящихся во включенном состоянии, АО(Т)П блокируется (функция ZAB).

В ЦКС/ЦС АРЧМ блокируется ввод верхних и нижних уставок АО(Т)П, если их разность оказалась меньше двукратного минимального запаса (перекрытие уставок) (функция IR1). При попытке такого ввода уставки сохраняют свое прежнее значение. В режиме автоматического задания уставок при переходе на ошибочные уставки с их перекрытием, ключ АО(Т)П и «ключ автоматического режима» для данного АО(Т)П должны отключаться, должны подставляться предыдущие значения уставок. Автоматические уставки (в том числе и уставки КПОС), кроме того, контролируются на достоверность. В случае недостоверности автоматических уставок АО(Т)П блокируется.

Действие АО(Т)П реализуется по пропорционально-интегральному закону. Параметрами настройки АО(Т)П должны быть включены интенсивность регулирования — величина обратная постоянной времени интегральной составляющей и коэффициент пропорциональной составляющей.

4.1.2.1 Описание функции «Блок одностороннего ограничения — DIVMIN»

В данном блоке вначале обнуляются значения управляющих воздействий от АО(Т)П. В блоке действует подблок DISiTR для одностороннего ограничения, т.е. такого ограничения, когда объекты, участвующие в снятии перегрузки, действуют однонаправленно либо на загрузку, либо на разгрузку, как определено в блоке GAOP. В этом подблоке рассчитываются перегрузки по каждому включенному и незаблокированному АО(Т)П контролируемого сечения и величина перегрузки вместе с обобщенной группой ЭО (по очереди: группа ЭО на загрузку, группа ЭО на разгрузку) передается в подблок DistribAopAction для распределения управляющего воздействия.

После вычисления распределения задания всех АО(Т)П для каждого ЭО производится вычисление приращения вторичного задания от АОП: выбирается максимальное значение результата распределения задания на этот ЭО среди всех АО(Т)П.

4.1.2.2 Описание функции «Блок двухстороннего ограничения — DIVMN»

В этом блоке расчет управляющих воздействий на объекты производится для ограничителя с максимальной перегрузкой из числа сбалансированных АО(Т)П. Номер этого ограничителя и его перегрузка определены в секции GAOP.

Вначале обнуляются выходные управляющие воздействия от АО(Т)П и фактические КДУ.

Затем производится обращение к подблоку DistribAopAction по очереди для группы загрузки и для группы разгрузки.

4.1.2.3 Описание функции «Блок распределения управляющего воздействия АО(Т)П — DistribAopAction»

В данном блоке реализован алгоритм распределения управляющего воздействия АО(Т)П.

Входными данными блока являются:

- приращение управляющего воздействия АО(Т)П на текущем цикле;
- группа регулирующих объектов, между которыми должно быть распределено воздействие;
- номер АО(Т)П — для определения коэффициентов влияния ЭО и заданных КДУ;
- заданный вариант распределения, учитывающий приоритет ВИЭ над другими типами ЭО.

Выходными данными блока являются:

- приращение задания на каждый ЭО из заданной группы;
- фактические КДУ ЭО в распределении управляющего воздействия от заданного АО(Т)П;
- величина нераспределенного воздействия.

В начале происходит вычисление максимально допустимых приращений задания для двух групп ЭО: традиционная генерация и ВИЭ.

Далее вычисляется величина превышения планового диспетчерского графика: отдельно для каждого ЭО группы ВИЭ и суммарно для всей группы ВИЭ.

Далее распределение осуществляется поэтапно в зависимости от варианта распределения задания АО(Т)П.

Для варианта 1:

- распределение воздействия между ВИЭ пропорционально превышению плана, но не более величины превышения плана;
- распределение остатка воздействия между всеми ЭО пропорционально КДУ.

Для варианта 2:

- распределение воздействия между ВИЭ пропорционально превышению плана, но не более величины превышения плана;
- распределение остатка воздействия между традиционными ЭО пропорционально КДУ;
- распределение остатка воздействия между ВИЭ пропорционально КДУ.

Для варианта 3:

- распределение воздействия между всеми ЭО пропорционально КДУ.

По результатам распределения задания АО(Т)П вычисляются фактические КДУ ЭО для этого АО(Т)П.

4.1.2.4 Описание функции «Блок возврата объекта — VOZ»

В данном блоке возвратом объекта названо воздействие на объект, противоположное воздействию при снятии перегрузок в сечениях, после их ликвидации и возникновения условий для возврата.

Для этого при действии по снятию перегрузок АО(Т)П производится накопление приращений мощности на каждый объект. С объекта при возврате снимется эта накопленная мощность в каждом цикле заданными приращениями возврата, когда появятся для этого условия.

В начале данного блока происходит проверка общего запрета возврата и отсутствия перегрузок для всех АО(Т)П. Если эти условия не выполняются, то возврат не происходит.

Затем для всех ЭО проверяется включенное состояние ключа возврата для объекта непосредственно и происходит обнуление признака «идет возврат». В случае отключенного состояния ключа и отсутствия перегрузок для всех АО(Т)П происходит обнуление накопленной мощности от АО(Т)П на объекте регулирования. Также обнуление накопленной мощности от АО(Т)П происходит при отключении объекта регулирования диспетчером или при приходе сигнала об отключении ЗВМ на объекте.

Далее идет контроль шага возврата, в случае если шаг возврата задан больше, чем заданная максимальная скорость изменения мощности объекта регулирования, происходит ограничение шага возврата данной скоростью. Также сумма приращений воздействия на объект от АО(Т)П и приращение от регулятора АРПЧ ограничиваются максимальной скоростью изменения мощности.

Возврат не производится в следующих случаях:

- если в зависимости от направления возврата объект регулирования исключен из соответствующей группы (загрузки/ разгрузки);
- если возврат действует в направлении, ведущем к перегрузке;
- если возврат и действие регулятора АРПЧ направлены в разные стороны.

Возврат может производиться за счет регулятора АРПЧ и за счет РКМ, если действие возврата и действие этих подсистем направлено в одну сторону.

В случае если регулятор отключен и от РКМ воздействия нет, то возврат будет происходить с собственным шагом возврата.

4.1.2.5 Описание функции «Блок определения групп объектов для ликвидации перегрузок сечений — GAOP»

В блоке формируются:

- перечень объектов, способных в данном цикле работы АРЧМ к загрузке по мощности;
- перечень объектов для разгрузки;

– перечень тех объектов, на которых расчетные воздействия в результате возникновения нескольких перегрузок одновременно оказались противоположными по направлению.

На основе этих перечней формируются группы объектов, называемые обобщенными, поскольку они выбраны таким образом, чтобы в результате воздействия на них снимались все одновременно возникшие перегрузки по разным контролируемым сечениям. Затем определяется максимальная перегрузка среди ограничителей при сбалансированном ограничении, т.е. ограничении, когда есть возможность снять перегрузку, воздействуя на объекты, расположенные по обеим сторонам перегруженного сечения. Это происходит, когда в обобщенных группах ряд объектов входят и в группу загрузки, и в группу разгрузки. Для каждого ограничителя (во включенном и незаблокированном состоянии) при возникновении перегрузки определяется группа объектов с использованием массива коэффициентов влияния одинакового действия на данный ограничитель «объект–сечение» — на загрузку/разгрузку.

Массив коэффициентов влияния в настоящее время используется только для указания, в каком направлении необходимо воздействовать на регулирующий объект для снятия перегрузки. При принятом положительном направлении контролируемого параметра ограничителя для регулирующего объекта, который нагружается в случае перегрузки ограничителя в этом направлении, коэффициент влияния выставляется отрицательным числом, для объекта, который разгружается — положительным. Если коэффициент влияния задан равным нулю, то данный объект не участвует в определении общих групп загрузки (разгрузки) для данного АО(Т)П. Массив коэффициентов влияния используется в случае одновременных перегрузок в нескольких ограничителях для выбора регулирующих объектов, не вызывающих усугубления перегрузки по какому-либо сечению (линии) при снятии перегрузки по своему сечению. Далее логическим умножением их с одноименной группой объектов, которые имеют возможность загрузки (разгрузки) и которые определены в секции BIR0, корректируются обобщенные группы. По наличию объектов в той и иной группе выставляются признаки — ограничитель односторонней загрузки (разгрузки), двухстороннего действия или ограничитель не действует (то есть для него нет объектов).

4.1.2.6 Описание функции «Блок определения состояния АО(Т)П: перегружен или в зоне минимального запаса — IR1»

Блок предназначен для выявления состояния ограничителя (АО(Т)П). Для АОП контролируемым параметром является переток активной мощности либо по отдельной ВЛ, либо по сечению. В АОТП — контролируется полный ток ВЛ. Уставки по АОП устанавливаются вручную или автоматически по заготовленным таблицам в зависимости от режима в электрических сетях или могут использоваться уставки из программы «Контроль перетоков в опасных сечениях» (КПОС). Уставки АОТП рассчитываются автоматически по установленной вручную уставке допустимого тока при 70 градусов по Цельсию.

Работа блока начинается с обнуления перегрузок АО(Т)П и обнуления признаков запрета на загрузку/разгрузку при нахождении контролируемого параметра АО(Т)П в зоне минимального запаса.

Отключение ключа автоматического режима задания уставок АО(Т)П при наличии признака ошибки уставок.

При наличии признака ошибок уставок АО(Т)П в режиме автоматического задания уставок, автоматический режим отключается и АО(Т)П выводится из работы.

Проверка правильности задания уставок АО(Т)П

В случае перекреста (модуль разности верхней и нижней уставок АО(Т)П меньше двух зон минимального запаса или модуль разности верхней и нижней уставок АОП отрицателен) уставок при ручном задании происходит возврат на предыдущие значения уставок.

Признак изменения уставки АО(Т)П в ручном режиме задания уставок

В ручном режиме задания уставок АО(Т)П при изменении любой уставки формируется признак, свидетельствующий о факте изменения уставки АО(Т)П. Обнуление этого признака производится вручную.

Определение границ зон минимального запаса и уставок возврата

Границы зон минимального запаса также являются уставками для возврата и определяются как разность между уставкой АО(Т)П и заданной величиной зоны минимального запаса.

Выявление перегрузок АО(Т)П

Для включенных и незаблокированных АО(Т)П проверяется наличие перегрузки: превышение контролируемым параметром — перетоком мощности или величиной тока — заданного предела. В случае перегрузки определяется ее величина и в системе АРЧМ формируется соответствующий признак. Для АО(Т)П с перегрузкой запрещается возврат. При большой величине перегрузки, она ограничивается абсолютным значением 300 МВт.

Выявление нахождения АО(Т)П в зоне минимального запаса

В случае, когда перегрузка не выявлена, но контролируемый параметр выходит за верхнюю или нижнюю границу зоны минимального запаса, формируется признак нахождения АО(Т)П в верхней/нижней зоне минимального запаса.

Корректировка групп загрузки/разгрузки с учетом зон минимального запаса АО(Т)П

Из группы на загрузку и на разгрузку для регулятора исключаются те объекты, которые могут вывести ограничители перетока из зон минимального запаса в область перегрузки при действии регулятора либо РКМ.

Ограничение уставок регулятора по уставкам связанного с ним АОП

Для каждого регулятора предусмотрен ключ контроля отстройки его уставок от уставок связанного с ним АО(Т)П. Связывание регулятора и АО(Т)П осуществляется заданием для них одинаковых порядковых номеров в редакторе АРЧМ. При включенном контроле проверяется, что регулятор работает в режиме АРП или АРПЧ. В случае если разница между уставкой АО(Т)П и уставкой регулятора меньше допустимой разницы, взводится

соответствующий признак, и уставке регулятора присваивается значение, равное верхней уставке АО(Т)П, уменьшенной на величину отстройки.

4.1.3 Ручная корректировка мощности ЭО

Для каждого ЭО реализована возможность ручной корректировки его мощности (РКМ) путем задания дополнительной вторичной мощности. Это задание РКМ выдается с индивидуально заданным для ЭО шагом и суммируется с заданием от подсистем регулятора и АО(Т)П.

В случае если направления действия РКМ и АО(Т)П не совпадают (противоположны), ЭО отключен от управления или заблокирован, задание РКМ на объект не выдается, а значение задания обнуляется. Таким же образом обнуляется задание РКМ, если оно может вывести АО(Т)П из зоны минимального запаса в зону перегрузки.

Описание функции «Блок ручного корректора мощности — РКМ»

В данном блоке реализован алгоритм ручной коррекции вторичной мощности. Реализация введенного вручную диспетчером задания РКМ производится не сразу за один цикл, а выдается в течение нескольких циклов заданными приращениями, при этом заданная мощность уменьшается по абсолютной величине на заданное приращение. Задание на объект не осуществляется, если оно направлено на данном объекте в сторону, которая может привести к перегрузке контролируемого перетока, находящегося в зоне минимального запаса.

4.1.4 Централизованное и иерархическое управление

В ЦКС/ЦС АРЧМ предусмотрено два режима управления ЭО, входящими в состав нижестоящей ЦС АРЧМ: централизованное и иерархическое управление.

Централизованное управление означает, что ЭО, подключенные к ЦС АРЧМ, должны участвовать в регулировании электроэнергетического режима энергосистемы более высокого уровня иерархии путем отработки команд от ЦС/ЦКС АРЧМ соответствующей энергосистемы.

ЭО могут участвовать в качестве объекта управления как для собственной ЦС АРЧМ, так и для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, но с приоритетом собственных АО(Т)П в режимах их работы: перегрузки, нахождения в зоне минимального запаса и возврата. При ликвидации ЭО перегрузок в собственной ЦС АРЧМ задание на него от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ не формируется и соответственно не отрабатывается.

При работающем в ЦС АРЧМ регуляторе в режиме АРПЧ часть ЭО может заводиться под управление вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ.

В этом случае не происходит формирование одновременного воздействия на один ЭО двух регуляторов: при подключении ЭО на централизованное управление от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, воздействие на этот объект от регулятора собственной ЦС АРЧМ должно исключаться, а уставка регулятора АРПЧ (АРП) корректироваться на величину суммарного задания от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ. Эта коррекция выполняется опционально по ключу, так как в некоторых случаях, например, при регулировании перетока по внутреннему сечению ОЭС, эта коррекция может не понадобиться.

Второй вариант удаленного управления (иерархическое управление) означает участие управляемой энергосистемы (ЦС АРЧМ работает в режиме АРПЧ) как единого объекта, причем ЦС АРЧМ передает в вышестоящую ЦС/ЦКС АРЧМ:

- состояние готовности;
- сигнал наличия регулировочного диапазона на загрузку и разгрузку и величины суммарных регулировочных диапазонов всех регулирующих ЭО на загрузку и разгрузку.

Сигнал готовности формируется в ЦС АРЧМ в случае включенного незаблокированного состояния регулятора АРПЧ при отсутствии признака «нет объектов регулирования». Сигнал блокировки на загрузку (разгрузку) ГЭО формируется как суммарный по всем ЭО при отсутствии сигналов готовности всех ЭО на загрузку (разгрузку), а также с учетом запертых регулировочных диапазонов ЭО из-за действия собственных АО(Т)П.

Воздействие от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ на этот единый объект (групповой энергообъект — ГЭО) корректирует уставку регулятора АРПЧ ЦС АРЧМ ОЭС.

Предусмотрена разновидность варианта иерархического управления «групповое регулирование», при котором регулятор АРПЧ в ЦС АРЧМ не включен в работу. В этом случае задание вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ распределяется в ЦС АРЧМ между объектами ГЭО в соответствии с дополнительной заданной группой индивидуальных КДУ.

Выбор вида управления производится при конфигурировании ЦС/ЦКС АРЧМ ключом удаленного управления.

4.1.4.1 Описание функции «Блок централизованного и иерархического управления — CKSCS»

В начале блока централизованного и иерархического управления происходит обнуление параметров для иерархического управления: приращения задания, верхнего запертого диапазона и нижнего запертого диапазона для каждого ЭО, а для централизованного управления: суммарных располагаемых, запертых и текущих регулировочных диапазонов.

В случае если в ЦС АРЧМ не задан тип алгоритма взаимодействия с вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ происходит отключение ключа разрешения централизованного управления и снятие готовности объектов для централизованного управления. Задание от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ и выход ЗВМ ЦС АРЧМ обнуляется.

4.1.4.1.1 Централизованное управление

4.1.4.1.1.1 Включение/отключение объекта по команде от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ

В этом блоке реализована отработка задержки на включение/отключение ЭО, аналогичная алгоритму включения/отключения при прямом подключении ЭО. Проверяется достоверность команд на включение или отключение, отсутствие их одновременности. При непрерывном наличии одной из команд от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ в течение заданного интервала времени, на уровне ЦС АРЧМ формируется сигнал

«централизованный», означающий готовность объекта к централизованному удаленному управлению.

4.1.4.1.1.2 Формирование ТС «централизованный» для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ

В качестве «предварительно централизованного» сигнала ЭО для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ используется сигнал «централизованный» с ЭО. Если в ЦС АРЧМ включен ключ разрешения централизованного управления (ЦУ), то, при условии достоверности ТС «централизованный» от ЭО, формируется сигнал «централизованный» для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ. При выключении ключа разрешения ЦУ, сигнал «централизованный» для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ обнуляется.

4.1.4.1.1.3 Отключение ЭО и обнуление задания при снятии готовности к управлению на уровне ЭО

У многих ЭО при переходе в местный режим управления (отключение режима «Предварительно централизованный») происходит перезапись задания на выходе ЗВМ в задание плановой мощности с обнулением выхода ЗВМ.

Для сокращения количества действий диспетчера при повторном включении ЭО в ПО УМ АРЧМ предусмотрена функция, предназначенная для автоматического отключения ключа ЭО и/или обнуления вторичного задания ЭО при пропадании сигнала готовности к централизованному управлению, поступающего от ЭО.

Функция имеет следующие параметры:

«контролируемый ТС готовности» — ТС «Централизованный» или ТС «Предварительно централизованный», формируемый ЭО. Если ТС становится равным нулю, выполняются действия в соответствии с ключами выбора действия. Если ТС недостоверен, ЭО блокируется;

«выдержка времени» — таймаут для запуска выбранного варианта действия. Если в течение выдержки времени централизованный режим будет восстановлен, отключение/обнуление не произойдет. Опциональный параметр;

«ключ обнуления задания» — определяет необходимость обнуления вторичного задания. Опциональный параметр;

«ключ отключения ЭО» — определяет необходимость отключения ключа ЭО. Опциональный параметр.

Функция имеет следующий выходной параметр:

«признак отключения ЭО» — признак (значение «1»), формируемый, если произошло автоматическое отключение ключа ЭО. Снятие признака происходит автоматически при оперативном включении ключа ЭО.

4.1.4.1.1.4 Определение располагаемых диапазонов для вышестоящей системы

Если у подключенного к вышестоящей системе объекта значение параметра «тип учета регулировочного диапазона» задано «0» (характерно для ТЭС), то в качестве располагаемых регулировочного диапазонов используется меньшее из уставки максимального/минимального задания и значения соответствующего диапазона, поступающего с объекта. Если значение параметра равно «1» (характерно для ГЭС), то с ЭО поступает остающаяся

величина регулировочного диапазона на прибавить или на убавить. В этом случае важно, когда приходит величина оставшегося регулировочного диапазона, равная нулю, то есть регулировочный диапазон в определенном направлении полностью исчерпан.

4.1.4.1.1.5 Формирование сигнала запрета на загрузку/разгрузку для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ

Если объект входит в группу загрузки регулятора, сигнал запрета загрузки объекта для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ формируется в следующих случаях:

- приходит сигнал запрета загрузки с объекта;
- если загрузка объекта приведет к выходу перетока АО(Т)П из зоны минимального запаса в зону перегрузки;
- если текущий диапазон на загрузку равен нулю;
- если ключ разрешения ЦУ выключен (формируется вместе с запретом разгрузки);
- задание от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ недостоверно (формируется вместе с запретом разгрузки);
- объект заблокирован для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ (формируется вместе с запретом разгрузки).

Запрет на разгрузку формируется аналогичным образом.

4.1.4.1.1.6 Определение запертых действием АО(Т)П регулировочных диапазонов

Если в слове состояния АО(Т)П есть признак перегрузки хотя бы одного АОП, то запертому диапазону ЭО, подключенного к ЦУ и входящему в группу загрузки/разгрузки регулятора, присваивается значение располагаемого соответствующего регулировочного диапазона этого ЭО и формируется признак запрета загрузки/разгрузки для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ.

Если же ни один АО(Т)П не имеет перегрузок, загрузка ЭО не приводит к переходу АО(Т)П из зоны минимального запаса в зону перегрузки, не осуществляется списание накопленного задания от АО(Т)П на объект, то запертые диапазоны объекта обнуляются.

4.1.4.1.1.7 Определение текущих регулировочных диапазонов

Текущие диапазоны на загрузку/разгрузку определяются как разность соответствующих располагаемых диапазона ЭО и запертый действием АО(Т)П диапазонов. Если выключен ключ разрешения ЦУ, текущие диапазоны обнуляются. При нулевых значениях текущих регулировочных диапазонов формируется запрет загрузки/разгрузки для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ.

4.1.4.1.1.8 Контроль достоверности задания

Если задание от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ недостоверно, объект для нее блокируется, взводятся сигналы запрета на загрузку и разгрузку для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ.

4.1.4.1.1.9 Определение текущей скорости выдачи задания и запись выхода ЗВМ

После проверок на возможности загрузки или разгрузки объекта, определяется разница между текущим заданием от вышестоящей ЦС/ЦКС

АРЧМ и текущим заданием на выходе ЗВМ ЦС АРЧМ. Если разница меньше максимально допустимой скорости, то приращение на текущем шаге равно этой разнице, в противном случае — равно максимально допустимой скорости приращения задания. После этого текущее приращение добавляется к текущему заданию на выходе ЗВМ ЦС АРЧМ.

4.1.4.1.1.10 Расчет величины коррекции уставки сальдо перетока регулятора

Выход ЗВМ всех подключенных на централизованном управлении (ЦУ) объектов складывается, чтобы определить величину, на которую необходимо скорректировать уставку сальдо перетока регулятора ЦС АРЧМ, чтобы он встречным действием препятствовал изменению задания от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ.

4.1.4.1.2 Иерархическое и иерархическое групповое управление

4.1.4.1.2.1 Проверка состояния ключа регулятора

Осуществляется проверка положения ключа регулятора:

- для иерархического управления регулятор ЦС АРЧМ должен быть включен в режиме АРПЧ;
- для иерархического группового управления регулятор ЦС АРЧМ должен быть выключен.

Если эти условия выполняются одновременно — у всех ЭО производится отключение ключей, разрешающих ЦУ.

4.1.4.1.2.2 Включение/отключение ключа ИУ/ИГУ по команде из вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ

В этом блоке реализована отработка задержки на включение/отключение ключа ИУ/ИГУ, аналогичная алгоритму включения/отключения при прямом подключении ЭО, и при включении ключа ЦУ. Проверяются достоверности команд на включение или отключение, отсутствие их одновременности. При непрерывном наличии одной из команд от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ в течение заданного интервала времени, на уровне ЦС АРЧМ включается ключ разрешения ИУ/ИГУ.

Если команда включения/отключения недостоверна, либо приходят одновременно обе команды, осуществляется блокирование ИУ/ИГУ.

4.1.4.1.2.3 Формирование сигнала «Централизованный» для ИУ/ИГУ

Сигнал «Предварительно централизованный» для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, формируется, если ключ разрешения ИУ/ИГУ включен, объект входит в группу загрузки или разгрузки, и в случае режима ИГУ КДУ для объекта должен быть отличным от нуля.

Сигнал «Централизованный» для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ формируется при условии, что в ЦС АРЧМ есть хотя бы один включенный незаблокированный объект с достоверным сигналом «Централизованный». Сигнал «Централизованный» для ЦКС снимается, если управление от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ заблокировано, если ключ разрешения ИУ/ИГУ в отключенном положении, если в ЦС АРЧМ отсутствуют незаблокированные объекты.

4.1.4.1.2.4 Блокирование управления от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ

Блокирование управления ЦС АРЧМ от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ происходит в следующих ситуациях:

- состояние канала ЦС АРЧМ — вышестоящая ЦС/ЦКС АРЧМ недостоверно по контролю времени;
- в ЦС АРЧМ отсутствуют незаблокированные объекты;
- команда на включение/отключение ИУ/ИГУ недостоверна либо поступают обе команды;
- задание от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ недостоверно.

При блокировании управления от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, помимо сигнала о блокировании, формируются сигналы для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ о запрете загрузки и разгрузки.

4.1.4.1.2.5 Расчет располагаемых регулировочных диапазонов

Для каждого объекта, входящего в группу загрузки/разгрузки, определяется величина располагаемого диапазона как меньшее из двух значений: величины измерения соответствующего регулировочного диапазона от ЭО и уставки ограничения величины задания вторичной мощности. Далее располагаемые диапазоны суммируются, чтобы получить диапазоны на загрузку и разгрузку ОЭС, которые передаются в виде аналоговых сигналов в вышестоящую ЦС/ЦКС АРЧМ.

4.1.4.1.2.6 Ограничение иерархического задания по максимальной скорости

Если задание от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ превышает текущий выход ЗВМ ЦС АРЧМ более величины максимально допустимой скорости иерархического управления, текущее приращение иерархического задания ограничивается максимальной скоростью. Контроль рассогласования задания и выхода ЗВМ возлагается на вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ.

4.1.4.1.2.7 Формирование группы воздействия ИГУ

Вначале формируется группа воздействия ИГУ: в нее добавляются объекты, которые при соответствующем направлении задания вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, входят в группу загрузки или разгрузки. При формировании групп загрузки или разгрузки учитывается возможность нахождения АО(Т)П в зоне минимального запаса.

Далее осуществляется исключение тех объектов, на которых осуществляется списание задания, накопленного от АО(Т)П, либо объектов, входящих в группу конфликта АО(Т)П.

Формирование сигналов для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ запрета на загрузку/разгрузку ЦС АРЧМ

Сигналы запрета загрузки/разгрузки ЦС АРЧМ формируются в следующих случаях:

- если у всех объектов ЦС АРЧМ есть запрет на изменение задания вторичной мощности в соответствующую сторону;
- объект не входит в соответствующую группу воздействия ИГУ;
- управление от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ заблокировано (взводятся оба сигнала).

4.1.4.1.2.8 Распределение задания вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ при ИГУ

Чтобы обеспечить выдачу 100 % задания от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ на объекты, необходимо пересчитать КДУ таким образом, чтобы их сумма равняла 100. Для этого вначале определяется сумма заданных КДУ всех вошедших в группу ИГУ объектов, и далее через пропорцию определяется значение фактических КДУ объектов. При этом исключаются объекты, КДУ которых равны нулю. Также сумма максимальных скоростей приращения задания вторичной мощности этих ЭО передается в вышестоящую ЦС/ЦКС АРЧМ в качестве максимальной скорости ЦС АРЧМ.

В дальнейшем текущее приращение задания от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ распределяется между ЭО в соответствии с фактическими КДУ.

4.1.5 Управление ГЭС, энергоблоками ТЭС и ВЭС

4.1.5.1 Состав информации, передаваемой между ЦС/ЦКС АРЧМ и ЭО

– Состав, алгоритмы формирования и назначение информации, передаваемой между УВК ЦС/ЦКС АРЧМ и системой ГРАМ ГЭС, приведен в приложении 2 «Общих технических требований для подключения ГЭС к ЦС (ЦКС) АРЧМ» (2010 г. ОАО «СО ЕЭС»).

– Состав, алгоритмы формирования и назначение информации, передаваемой между УВК ЦС/ЦКС АРЧМ и системой автоматического управления мощностью генерирующего оборудования ТЭС, приведен в приложении 2 к «Общим техническим требованиям для подключения генерирующего оборудования ТЭС к ЦС (ЦКС) АРЧМ» (2017 г. АО «СО ЕЭС»).

– Состав, алгоритмы формирования и назначение информации, передаваемой между УВК ЦС/ЦКС АРЧМ и АСУ ТП ВЭС, приведен в приложении 2 к «Типовым техническим требованиям для подключения ветровых и солнечных электростанций к ЦС АРЧМ» (2021 г. АО «СО ЕЭС»).

Перечень информации, передаваемой при межуровневом взаимодействии ЦС/ЦКС АРЧМ

Перечень ТМ, формируемой в ЦС АРЧМ для передачи в вышестоящую ЦС/ЦКС АРЧМ:

в случае централизованного управления по каждому ЭО:

- 1) диапазоны на загрузку и разгрузку;
- 2) сигналы запрета на загрузку или разгрузку (наличие обоих сигналов одновременно свидетельствует о блокировке объекта для вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ);
- 3) сигнал предварительной готовности к управлению от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, свидетельствующий о централизованном режиме ЭО на уровне ЦС АРЧМ;
- 4) сигнал готовности к управлению ЭО от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, который свидетельствует об успешном подключении ЭО к вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ;
- 5) ТИ и ТС, характеризующие состояния каналов связи;

в случае иерархического регулирования выступает в роли единого объекта и передает следующий набор ТМ:

1) диапазоны на загрузку и разгрузку ГЭО, которые являются суммами соответствующих диапазонов ЭО, подключенных к ЦС АРЧМ и незаблокированных, за вычетом запертых резервов вследствие действия АО(Т)П;

2) сигналы исчерпания суммарных диапазонов на загрузку и разгрузку;

3) сигнал предварительной готовности к управлению от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, формируемый при наличии хотя бы одного объекта регулирования в ЦС АРЧМ;

4) сигнал готовности к управлению от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, который свидетельствует об успешном подключении ЦС АРЧМ к вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ;

5) задание вторичной мощности от вышестоящей ЦС/ЦКС АРЧМ, принятое ЦС АРЧМ, и суммарное распределенное (отправленное) задание на ЭО в соответствии с КДУ передается обратно в вышестоящую ЦС/ЦКС АРЧМ, для обеспечения дополнительного контроля тракта управления.

4.1.5.2 Описание взаимодействия с ВЭС

ЦС/ЦКС АРЧМ учитывает особенности управления ВЭС. Объекты типа ВЭС относятся к группе ВИЭ.

Особенностью управления ВИЭ от ЦС/ЦКС АРЧМ является то, что они имеют возможность отработки задания вторичной мощности только на разгрузку. При поступлении задания вторичной мощности, отличного от нуля, ЗВМ ВЭС фиксирует исходное значение суммарного задания ВЭС в качестве ограничения максимальной мощности ВЭС, которое в процессе централизованного управления корректируется на величину задания вторичной мощности. При этом фактическая нагрузка ВЭС может быть ниже этого ограничения вследствие ветровых условий. После обнуления выхода ЗВМ ограничение максимальной мощности ВЭС снимается. Исходя из этой особенности ВЭС в ЦС/ЦКС АРЧМ подключаются только к функции АО(Т)П, регулятору АРПЧ не формирует задания на ВЭС.

Воздействие на ЭО является суммой воздействий от регулятора АРПЧ, от АО(Т)П, РКМ, возврата и удаленного воздействия.

Каждое слагаемое воздействия на ЭО проверяется по максимальной величине скорости (приращения на цикле). Затем их сумма также проверяется по этой же максимальной величине скорости и после проверки прибавляется к заданию вторичной мощности. Задание вторичной мощности проверяется на максимальный и минимальный пределы. В случае нахождения задания вторичной мощности внутри диапазона регулирования (между этими пределами) это задание передается на ЭО для отработки (реализации). В случае достижения заданием вторичной мощности одного из этих пределов, выдается сообщение о достижении соответствующего предела, и данный ЭО исключается из списка ЭО, готовых соответственно к загрузке (разгрузке) (функция BIR0).

Итоговое воздействие на ЭО от системы АРЧМ вычисляется в функции OUT, функции формирования групп объектов BIR0.

4.1.6 Описание функции «Блок суммирования управляющих воздействий на объекты — OUT»

В данном блоке рассчитываются управляющие воздействия от ЦС/ЦКС АРЧМ на ЭО, а также выставляются признаки достижения максимума и минимума задания вторичной мощности.

Вначале для всех ЭО происходит обнуление суммарного приращения задания вторичной мощности на текущем шаге и обнуление признаков максимума и минимума задания вторичной мощности.

Затем происходит расчет текущего приращения задания вторичной мощности для каждого ЭО как суммы управляющих воздействий от АО(Т)П, АРПЧ, РКМ, возврата, коррекции сальдо перетоков при удаленном управлении ЭО из ЦДУ и величины воздействия, обусловленной пропорциональной составляющей регулятора при действии АО(Т)П на текущем шаге. Далее приращение задания вторичной мощности анализируется на превышение максимально допустимой скорости набора вторичной мощности ЭО, которое можно задавать различным при действии АО(Т)П и без него. В случае превышения происходит обрезание текущего приращения задания максимально допустимой скоростью набора вторичной мощности.

На основе знака приращения задания вторичной мощности для ЭО формируются признаки «объект загружает» и «объект разгружает». Далее происходит прибавление приращения задания вторичной мощности к действующему значению задания и ограничение данной величины регулировочными диапазонами ЭО или величинами максимального и минимального суммарного задания вторичной мощности. В случае исчерпания регулировочных диапазонов на станции или в случае достижения максимума или минимума суммарного задания вторичной мощности выставляются признаки «Рмакс вторичной мощности» и «Рмин вторичной мощности».

Приращения управляющих воздействий от АО(Т)П, АРПЧ, РКМ, возврата, коррекции сальдо перетоков при удаленном управлении РЭС из ЦДУ и пропорциональной составляющей при действии АО(Т)П алгебраически суммируются, причем модуль суммы ограничивается по максимально допустимой скорости изменения мощности объектом управления. Затем сумма приращений прибавляется к заданию вторичной мощности и результат контролируется по допустимому верхнему и нижнему значениям Рмакс, Рмин. В случае достижения этих значений задание вторичной мощности ограничивается, и вырабатывается сигнал для отображения на формах и исключения ЭО из соответствующей группы загрузки (разгрузки).

4.1.7 Описание функции «Блок формирования групп объектов, имеющих возможность загрузки и разгрузки — VIR0»

4.1.7.1 Формирование групп разгрузки и разгрузки регулятора

В данном блоке формируются группы объектов, имеющие возможность загрузки/ разгрузки в результате проверки включенного, незаблокированного состояния ЭО, наличия регулировочных диапазонов, отсутствия выхода задания вторичной мощности за пределы, отсутствия запрета на загрузку для

подсистем (Регулятор АРПЧ, АОП, АО(Т)П, РКМ, возврат, удаленное управление) системы АРЧМ. В дальнейшем для конкретных подсистем АРЧМ данные группы уточняются в других функциях.

Изначально группы загрузки и разгрузки пусты. Объект добавляется в группу загрузки в случае:

- есть сигнал «Централизованный» с объекта;
- величина регулировочного диапазона на загрузку достоверна и положительна;
- отсутствует сигнал достижения максимума;
- отсутствует сигнал с объекта о запрете загрузки.

Аналогичные критерии предъявляются к объекту для включения в группу разгрузки, проверяются сигналы диапазонов на разгрузку, минимум и запрета разгрузки.

4.1.7.2 Исключение объектов из групп загрузки/разгрузки из-за ограничений

Впоследствии осуществляется исключение объектов из групп загрузки/разгрузки на основании следующих факторов:

- отсутствует сигнал «централизованный» с объекта;
- объект заблокирован;
- объект отключен диспетчером;
- системой АРЧМ сформированы сигналы «Максимум»/«Минимум», свидетельствующие об исчерпании заданных диспетчером регулировочных диапазонов в определенную сторону.

4.1.7.3 Запрет на загрузку всех ЭО при срабатывании ПА

Чтобы при срабатывании ПА, действующего на отключение генераторов, система АРЧМ не производила загрузку станции, у каждого энергообъекта объекта в редакторе АРЧМ предусмотрена возможность заведения сигнала срабатывания ПА (сигнал может быть дорасчетным, действовать на запрет загрузки генераторов при отключении одного из генераторов станции). В случае прихода достоверного сигнала о срабатывании ПА у любого объекта, включается триггер, по которому осуществляется исключение всех объектов из группы загрузки, а в системе АРЧМ появляется признак о запрете загрузки из-за срабатывания ПА. Триггер квитируется вручную.

4.1.7.4 Запрет воздействия регулятора на ТЭС при недостаточных регулировочных диапазонах ГЭС¹

Для исключения чрезмерного воздействия на энергоблоки ТЭС при исчерпании регулировочных диапазонов ГЭС предусмотрена опция, вводимая по ключу, которая запрещает загрузку энергоблоков ТЭС, если возможности на загрузку или разгрузку меньше аналогичных возможностей ГЭС в задаваемое количество раз.

¹ В УМ АРЧМ функция сохранена в виде структур, объектов и функций. Задан программный запрет на выключение функции

Регулировочные возможности определяются как наибольшее значение между уставкой максимальной или минимальной величины задания вторичной мощности и соответствующего регулировочного диапазона. Запрет загрузки/разгрузки осуществляется исключением всех ТЭС из группы загрузки или группы разгрузки, о чем в системе формируется соответствующий признак.

4.1.8 Регулирование с учетом общей мертвой полосы по регулируемому параметру для регулятора и индивидуальных мертвых полос для регулирующих объектов

Общая мертвая полоса вводится по регулируемому параметру (частота или переток, или переток с коррекцией по частоте, в зависимости от режима работы регулятора АРПЧ) для регулятора АРПЧ.

Индивидуальные мертвые полосы должны вводиться для регулирующих объектов. В качестве текущего значения мертвой полосы для данного ЭО выбирается наибольшее по модулю значение из значений общей и индивидуальных мертвых полос.

Все виды мертвых полос должны формировать коридор нечувствительности по регулируемому параметру, поэтому для каждой мертвой полосы должны задаваться ее отрицательное (нижняя граница коридора нечувствительности по регулируемому параметру относительно значения уставки) и положительное (верхняя граница коридора нечувствительности по регулируемому параметру относительно значения уставки) значения.

При нахождении регулируемого параметра в текущей мертвой полосе ЭО задание от регулятора АРЧМ на данный объект не формируется. Ключ учета мертвых полос устанавливается при конфигурировании системы АРЧМ.

4.1.9 Функция задания уставок АО(Т)П различными способами

Уставки ограничителей устанавливаются вручную либо автоматически по «ключу автоматического задания уставок». В качестве автоматических уставок АОП по ключу использования КПОС должны использоваться значения максимально допустимых перетоков активной мощности, полученные в результате работы серверной программы ОИК «Контроль перетоков в опасных сечениях» (КПОС). При формировании и настройке следует учитывать, что КПОС в случае реверсивного сечения создает отдельно уставки для обоих направлений, то есть для такого сечения при использовании КПОС предусмотрено по меньшей мере два АОП.

Способы задания уставок реализованы в функции UST.

4.1.9.1 Описание функции «Блок расчетных уставок — UST»

В данном блоке реализуются следующие технологические функции и функции защит и блокировок задачи АРЧМ.

Вначале опционально по ключу реализуется использования КПОС в качестве автоматических уставок АОП значений максимально допустимых перетоков активной мощности, полученных в результате работы серверной программы КПОС. Для этого максимально допустимые перетоки активной мощности должны быть достоверными и не равными 0.

Затем, если КПОС не используется, значения автоматических уставок устанавливаются по применяемым в ОДУ наборам заданных таблиц максимально допустимых перетоков в опасных сечениях в зависимости от текущего состояния сети ОЭС (ЕЭС) и значений заданных режимных параметров. Для этого ключ автоматического задания уставок должен быть включен и сами верхняя и нижняя автоматические уставки должны быть заданы и между ними не должно быть «перехлеста» (модуль разности верхней и нижней автоматических уставок не должен быть больше двух зон минимального запаса), иначе будет взведен признак ошибки ввода значений уставок АОП.

АО(Т)П и регулятор АРПЧ, в случае работы в режиме АРПЧ или АРП по соответствующему сечению, блокируются при отключении всех ВЛ в контролируемом сечении, при этом состав АО(Т)П должен быть соответствующим образом описан.

В конце программной функции UST происходит расчет уставок для АОТП и контроль параметров АОТП и соотношений между ними (входной сигнал «температура АОТП» не должен превышать 70 °С, должны выполняться соотношения между реактивной мощностью, рабочим напряжением и рабочим током или током уставки) на достоверность, в случае недостоверности контролируемых параметров происходит блокировка АОТП.

В данной функции реализован также следующие алгоритм: блокирование Регулятора АРПЧ в режиме АРПЧ в случае изменения состава контролируемого сечения, что может потребовать изменение уставки Регулятора. В этом случае выдается предупреждающий сигнал — уставка регулятора заключается в цветную рамку. Блокировка снимается ручным вводом уставки Регулятора.

4.1.9.2 Автоматическое ограничение токовой перегрузки

Работа АО(Т)П в режиме АОТП задается опционально ключом выбора типа ограничителя при описании АО(Т)П, т.е. на стадии конфигурирования системы АРЧМ. В системе предусмотрено два типа АОТП: тип 1 и тип 2.

АОТП 1-го типа сразу приводится к общему виду АОП, что означает, что контролируемый параметр и уставки пересчитываются в единицы мощности, в МВт, для взаимодействия со всеми другими подсистемами ЦКС/ЦС АРЧМ. Соответственно по рассчитанной уставке по току $I_{уст}$ пересчитывается уставка по мощности $P_{уст} = \sqrt{|S_{уст}^2 - Q^2|}$ — уставка ограничения по активной мощности (МВт), где $S_{уст} = \sqrt{3 \cdot U_{л} \cdot I_{уст}}$ — уставка ограничения по полной мощности (МВА), Q — текущая реактивная мощность (МВар), $U_{л}$ — линейное напряжение на шинах подстанции, а контролируемым параметром является переток активной мощности. Если измерение перетока активной мощности недостоверен, то он пересчитывается по достоверному току. Для АОТП проверяется достоверность Q , $U_{л}$, $I_{уст}$.

АОТП 2-го типа контролирует токовую загрузку защищаемого объекта и сравнивает её с уставкой по току. Величина токовой перегрузки переводится в ошибку регулирования по активной мощности через заданный коэффициент

пересчета, на основе которой формируется и распределяется управляющее воздействие общим для ограничителей способом (см. раздел 4.1.2.3).

Пересчет контролируемых параметров АОТП и уставок производится в функции UST.

4.1.9.3 Работа АО(Т)П в режиме «на сигнал»

В ряде случаев возникает необходимость в установке АО(Т)П с действием «на сигнал» при возникновении перегрузки или минимального запаса контролируемого сечения.

В этом случае АО(Т)П служит только для наблюдения за контролируемым перетоком без выдачи управляющих воздействий для ликвидации перегрузок и без участия в выборе обобщенных групп ЭО для ликвидации перегрузок в других сечениях.

Данная функция реализуется в функции UST, переключение в режим работы «на сигнал» производится ключом, который выводится на форму отображения АО(Т)П.

Данная функция реализована в функции RIZ.

4.1.10 Контроль суммарных резервов регулятора АРПЧ

После проверки всех технологических ограничений, а также ограничений АО(Т)П, должны оставаться 2 группы объектов:

- объекты готовые к загрузке от регулятора АРПЧ;
- объекты готовые к разгрузке от регулятора АРПЧ.

Суммарный регулировочный диапазон на загрузку для регулятора АРПЧ считается как сумма всех располагаемых регулировочных диапазонов объектов, готовых к загрузке. Суммарный регулировочный диапазон на разгрузку для регулятора АРПЧ считается как сумма всех располагаемых регулировочных диапазонов объектов, готовых к разгрузке.

Функция контроля суммарных резервов регулятора АРПЧ реализуется в функции EstimateRegulRanges.

Блок-схемы алгоритмов вычисления суммарного регулировочного диапазона на загрузку и разгрузку для регулятора АРПЧ должны соответствовать блок-схемам, приведенным на рисунке 4.1.10.1.

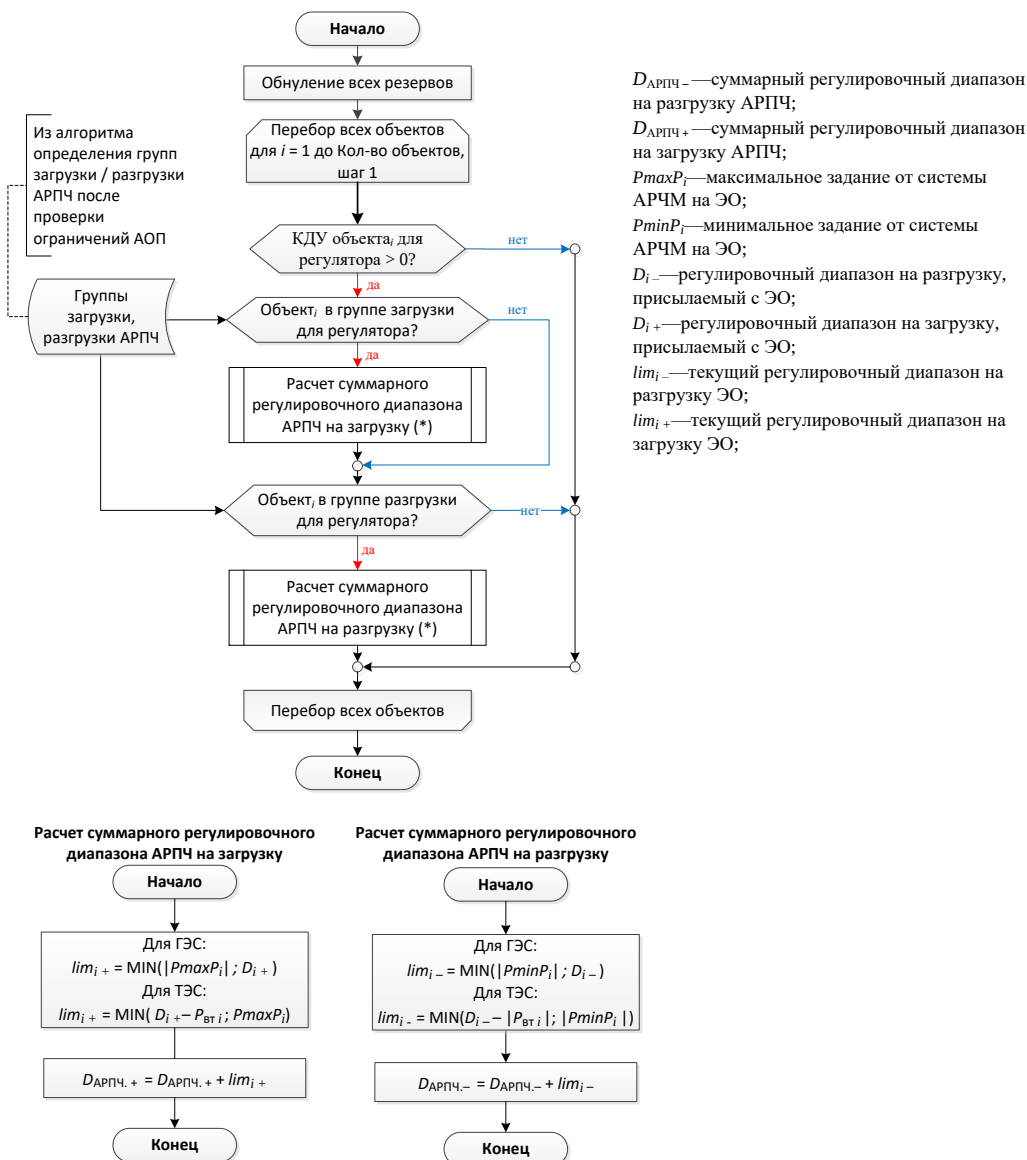


Рисунок 4.1.10.1 — Блок-схемы алгоритмов расчета суммарного регулировочного диапазона на загрузку и разгрузку для АРПЧ

Регулировочный диапазон объекта управления на загрузку входит в расчет суммарного регулировочного диапазона на загрузку для АРПЧ в случае, если объект управления:

- включен;
- не заблокирован;
- отсутствует сигнал «Максимум»;
- отсутствуют ограничения со стороны АО(Т)П;
- заданный КДУ > 0 .

Регулировочный диапазон объекта управления на разгрузку входит в расчет суммарного регулировочного диапазона на разгрузку для АРПЧ в случае, если объект управления:

- включен;
- не заблокирован;
- отсутствует сигнал «Минимум»;
- отсутствуют ограничения со стороны АО(Т)П;
- заданный КДУ > 0 .

4.1.11 Блокировки

Алгоритм функционирования Системы реализует выполнение следующих основных технологических защит и блокировок:

- прием сигналов с квитированием;
- ограничение уставки регулятора по заданной разности с уставкой ограничителя;
- блокировка регулятора при недостоверности телеинформации о значениях регулируемых параметров;
- блокировка загрузки (разгрузки) ЭО при поступлении ТМ об исчерпании регулировочного диапазона;
- блокировка регулятора перетока по факту отключения ВЛ, входящих в контролируемое сечение или влияющих на режим контролируемого сечения
- блокирование действия регулятора на изменение нагрузки энергоблоков ТЭС при исчерпании регулировочных диапазонов ГЭС;
- контроль рассогласования задания вторичной мощности в ЦС/ЦКС АРЧМ и задания на выходе ЗВМ ЭО;
- обнуление задания вторичной мощности;
- блокирование действия подсистем АРЧМ по сигналу о срабатывании противоаварийной автоматики различного вида;
- контроль функционирования связей тракта ЦС/ЦКС АРЧМ — ЦС АРЧМ — стационарный терминал АРЧМ (ПТК) — система АРЧМ регулирующего ЭО;
- контроль синхронной работы ЭО и области регулирования;
- контроль снижения/повышения частоты;
- контроль предотвращения значительных отклонений частоты при действии АО(Т)П;
- контроль связи с внешними источниками;
- учет ограничений ЭО от внешних источников;
- ограничение скорости вторичного задания на ЭО.

4.1.11.1 Ограничение уставки регулятора по заданной разности с уставкой ограничителя

Если в сечении, суммарный переток по которому контролируется регулятором в режиме АРП или АРПЧ, имеется также и ограничитель суммарного перетока, то уставка регулятора по суммарному перетоку мощности ограничивается значением уставки ограничителя в том же направлении (опция включается по ключу), чтобы исключить ошибочное задание диспетчером вручную уставки регулятора, превышающую уставку ограничителя.

4.1.11.2 Блокировка регулятора при недостоверности телеинформации о значениях регулируемых параметров

Для регулятора АРПЧ в общем случае контролируемыми параметрами являются суммарный переток по контролируемому сечению и текущая частота. Если регулятор находится в режиме АРПЧ, то ЦКС/ЦС АРЧМ контролирует оба этих параметра. Если измерение частоты или измерение

контролируемого суммарного перетока имеет признак недостоверности, то регулятор АРПЧ блокируется.

Если регулятор АРПЧ находится в режиме АРЧ или АРП, то на достоверность проверяется только соответствующий текущему режиму контролируемый параметр: для АРЧ — частота, для АРП — суммарный переток по контролируемому сечению.

4.1.11.3 Блокировка загрузки (разгрузки) ЭО при поступлении ТМ об исчерпании регулировочного диапазона

В случае прихода сигналов об исчерпании регулировочного диапазона на загрузку(разгрузку) объект исключается из групп загрузки (разгрузки).

Блокировка загрузки (разгрузки) ЭО выполняется двумя различными способами.

Для первого способа (для энергоблоков ТЭС) блокировка в соответствующую сторону срабатывает:

- при достижении меньшим из двух заданных пределов: значением задания вторичной мощности пределов регулировочного диапазона, поступающих от САУМ энергоблока ТЭС, или значением задания вторичной мощности пределов регулировочного диапазона, заданных оперативно для данного ЭО в ЦС/ЦКС АРЧМ;

- при поступлении ТС об исчерпании регулировочного диапазона;

- при поступлении ТС о неготовности на загрузку (разгрузку).

Для второго способа (для ГЭС) блокировка в соответствующую сторону срабатывает:

- при поступлении от ГРАМ ГЭС телеизмерения о величине резерва в соответствующую сторону, равного нулю, либо при достижении значением задания вторичной мощности пределов регулировочного диапазона, заданных оперативно для данного ЭО в ЦС/ЦКС АРЧМ;

- при поступлении ТС об исчерпании регулировочного диапазона.

В обоих способах блокировки при достижении предела регулировочного диапазона прекращается изменение задания вторичной момент на данный регулирующий ЭО, причем в дальнейшем даже при изменении предела регулировочного диапазона, например, при изменении задания плановой мощности ЭО, само задание вторичной мощности не корректируется.

ЭО блокируется:

- при отсутствии сигнала готовности к централизованному управлению или его недостоверности;

- при появлении сигнала блокировки ЗВМ;

- при поступлении одновременно сигналов об исчерпании вторичного резерва ЭО на загрузку и разгрузку (что сигнализирует о наличии запертого регулировочного диапазона этого ЭО вследствие действия собственного АО(Т)П в ЦС АРЧМ при централизованном удаленном управлении).

4.1.11.4 Блокировка регулятора перетока по факту отключения ВЛ, входящих в контролируемое сечение или влияющих на режим контролируемого сечения

Данная блокировка появляется в случае работы регулятора в режиме АРПЧ или АРП при отключении ВЛ, входящей в контролируемое сечение или

влияющей на режим контролируемого сечения. При последующем ручном вводе диспетчером требуемой уставки регулятора блокировка снимается (происходит разблокировка регулятора). Блокировка вводится по ключу II типа.

4.1.11.5 Блокирование действия регулятора на изменение нагрузки энергоблоков ТЭС при исчерпании регулировочных диапазонов ГЭС

Для обеспечения щадящего режима энергоблоков ТЭС, привлеченных к регулированию частоты в ЕЭС, реализована блокировка регулятора на изменение нагрузки энергоблоков ТЭС в сторону загрузки (разгрузки) при исчерпании регулировочных диапазонов ГЭС на загрузку (разгрузку) (опция включается по ключу, выводимому на форму.

Эта же блокировка действия регулятора на загрузку(разгрузку) энергоблоков ТЭС происходит, когда суммарный регулировочный диапазон энергоблоков ТЭС на загрузку (разгрузку), помноженный на некоторый настроечный коэффициент, превышает значение суммарного регулировочного диапазона ГЭС на загрузку (разгрузку). Настроечный коэффициент должен быть вынесен на форму отображения технолога.

Алгоритм работы блокировки следующий:

$$\begin{aligned} blockLoadTES &= \begin{cases} 1, \text{если } loadRangeTES * k \geq loadRangeGES, \\ 0, \text{если } loadRangeTES * k < loadRangeGES, \end{cases} \\ blockUnloadTES &= \begin{cases} 1, \text{если } unloadRangeTES * k \geq unloadRangeGES \\ 0, \text{если } unloadRangeTES * k < unloadRangeGES' \end{cases} \end{aligned}$$

где $blockLoadTES$ — блокировка на загрузку ТЭС,

$blockUnloadTES$ — блокировка на разгрузку ТЭС,

$loadRangeTES$ — диапазон на загрузку ТЭС,

$unloadRangeTES$ — диапазон на разгрузку ТЭС,

$loadRangeGES$ — диапазон на загрузку ГЭС,

$unloadRangeGES$ — диапазон на разгрузку ГЭС, k — настроечный коэффициент.

4.1.11.6 Контроль рассогласования вторичного задания и задания на выходе ЗВМ

Если разница между текущим значением вторичного задания и приходящим ТИ выхода ЗВМ превышает заданную уставку, формируется соответствующий сигнал. В случае наличия рассогласования в течение заданного периода времени, происходит блокирование ЭО или отключение ключа расчета АРЧМ (определяется ключом рассогласования).

Уставки допустимого рассогласования и выдержки времени должны задаваться на форме настройки системы АРЧМ.

4.1.11.7 Обнуление задания вторичной мощности

Для ЭО на формах управления ЦКС/ЦС АРЧМ должны быть предусмотрены кнопки, клик по которым при отключенном ЭО ключом диспетчера обнуляется задание вторичной мощности для ЭО.

Также предусмотрена возможность автоматического обнуления задания при снятии готовности к централизованному управлению на уровне ЭО — описание функции приведено в разделе 2.1.4.1.1.3.

4.1.11.8 Блокирование действия подсистем АРЧМ по сигналу о срабатывании противоаварийной автоматики различного вида

Для систем АРЧМ, в информационном обмене которых присутствуют сигналы о срабатывании устройств ПА, предусмотрена возможность внесения указанных сигналов в редакторе АРЧМ. В этом случае, при появлении сигнала о срабатывании ПА происходит блокирование разгрузки всех ЭО.

Разный уровень критичности срабатывания различных устройств ПА, предъявляет различные требования к реакции на них системы АРЧМ. В связи с этим в ЦКС/ЦС АРЧМ у каждого ЭО в редакторе АРЧМ должны быть предусмотрены поля для внешних сигналов, при поступлении которых в системе АРЧМ необходимо выполнять:

- блокирование ЭО;
- отключение ЭО;
- запрет загрузки ЭО;
- запрет разгрузки ЭО.

4.1.11.9 Контроль функционирования связей тракта ЦС/ЦС АРЧМ – ЦС АРЧМ – станционный терминал АРЧМ (ПТК) – система АРЧМ регулирующего ЭО

Нарушение функционирования связей определяется по одновременной потере основного и резервного каналов ЦС/ЦКС АРЧМ–ПТК (для ГЭС–ГРАМ) и/или по потере связи САУМ–ПТК (для ГЭС общий ТС связи ГРАМ–АРЧМ). При нарушении связи ЭО блокируется.

Исправность/неисправность тракта ПТК (для ГЭС ГРАМ) – ЦС/ЦКС АРЧМ определяются по меняющему свое состояние каждый цикл сигналу контроля каналов ЦС/ЦКС–ПТК ГРЭС. В случае прекращения изменения сигнала с заданной выдержкой времени данный ЭО блокируется.

Помимо этого, в ЦС/ЦКС АРЧМ предусматривается механизм оценивания задержек в тракте телеуправления, как между ЦС–ЦКС, так и на тракте ЦС–ЭО, ЦКС–ЦС–ЭО. Для этого в составе ЦКС/ЦС АРЧМ реализован следующий механизм.

В ЦКС/ЦС АРЧМ организована генерация целочисленных значений с дискретностью 1 с и обеспечено формирование соответствующего телеизмерения «Счетчик секунд». Это ТИ передается в каждый тракт телеуправления и ретранслируется как телеизмерение с ЭО и (или) ЦС АРЧМ в обратном направлении — «Отраженный счетчик секунд».

Контроль временных характеристик для тракта телеуправления выполняется на основе анализа алгебраической разности между ТИ «Счетчик секунд» и ТИ «Отраженный счетчик секунд».

Для указанной разности задается некая пороговая величина, при превышении которой на формах дежурного персонала появляется предупредительное сообщение с указанием ЭО и (или) ЦС АРЧМ и соответствующим сообщением о превышении допустимого уровня задержек в канале с указанием средней за час величины задержки.

4.1.11.10 Контроль синхронной работы ЭО и ОЭС (ЕЭС)

Контроль синхронной работы ЭО с ОЭС и ЕЭС осуществляется по разности частот с выдержкой времени и проверкой на достоверность частот.

Контроль включается по ключу контроля синхронной работы, который выведен на форму настроек параметров.

Для каждого ЭО можно определить значение допустимой разницы его частоты с частотой регулятора АРПЧ ЦС/ЦКС АРЧМ и задать отстройку по времени. В случае устойчивого расхождения указанных частот происходит отключение ЭО и формируется признак о несинхронной работе такого объекта. Также при включенной функции контроля синхронной работы осуществляется достоверизация частоты ЭО и в случае недостоверности происходит блокировка ЭО с формированием соответствующего признака.

4.1.11.11 Контроль снижения/повышения частоты

Функция КСПЧ предназначена для аварийных ситуаций со значительными отклонениями частоты, вызванных выделением ЭО на изолированную работу с большим избытком/дефицитом мощности, или аварийными небалансами в энергосистеме, исходно работающей изолированно. Задачей КСПЧ является предотвращение срабатывания частотной технологической автоматики генерирующего оборудования путем включения автоматического регулятора частоты.

Срабатывание какой-либо ступени функции КСПЧ является пусковым фактором для функции контроля изолированной работы и автоматического включения АРЧ. При этом происходит блокирование действия АОП И АОТП на регулирующие объекты, воздействующие в противоположном действии АРЧ направлении, что позволяет снять возможные ограничения регулятора, вызванные более высоким приоритетом ограничителей, находящихся в зоне минимального запаса или в зоне перегрузки. Другими словами, при срабатывании функции КСПЧ конфликт регулятора и ограничителя разрешается в пользу регулятора.

4.1.11.12 Контроль предотвращения значительных отклонений частоты при действии АО(Т)П

Контроль предотвращения значительных отклонений частоты при действии АО(Т)П.

Функция осуществляет контроль текущего значения частоты и ограничения действия АОП при значительных ее отклонениях.

При контроле текущего отклонения частоты, осуществляется разделение диапазона значений частоты на зоны: нормальную, ограничения и аварийную (рисунок 4.1.11.12.1). Тип действия АОП: «вниз» — разгрузка РЭС, «вверх» — загрузка РЭС, «вниз/вверх» — сбалансированное действие

Если изменение частоты происходит в направлении увеличения ее отклонения от номинального значения, то изменение актуальной зоны происходит по факту пересечения частотой границы текущей зоны, определяемой следующими параметрами:

- $f_{огр}^{в.г}$ — верхняя граница зоны ограничения, Гц;
- $f_{норм}^{в.г}$ — верхняя граница нормальной зоны, Гц;
- $f_{огр}^{н.г}$ — нижняя граница зоны ограничения, Гц;
- $f_{норм}^{н.г}$ — нижняя граница нормальной зоны, Гц.

Если же изменение частоты происходит в направлении уменьшения ее отклонения от номинального значения, то изменение актуальной зоны происходит по факту пересечения частотой границы возврата соответствующей зоны и устойчивого нахождения внутри зоны в течение установленной для нее выдержки времени возврата. При этом границы возврата определяются следующими параметрами:

- $f_{огр}^{в.г.в}$ — верхняя граница возврата частоты в зону ограничения, Гц;
- $f_{норм}^{в.г.в}$ — верхняя граница возврата частоты в нормальную зону, Гц;
- $f_{огр}^{н.г.в}$ — нижняя граница возврата частоты в зону ограничения, Гц;
- $f_{норм}^{н.г.в}$ — нижняя граница возврата частоты в нормальную зону, Гц.

Значения уставок должны соответствовать следующему условию:

- $f_{огр}^{н.г} < f_{огр}^{н.г.в} < f_{норм}^{н.г} < f_{норм}^{н.г.в} \leq 50 < f_{норм}^{в.г.в} < f_{норм}^{в.г} < f_{огр}^{в.г.в} < f_{огр}^{в.г}$.

Деление значений частоты на зоны	Допустимые направления действия АОП	
	КСД включен	КСД отключен
$f, \text{Гц}$		
аварийная зона	↓	↓
$f_{огр.}^{в.г.}$		
зона возврата	↓, ↓↑	↓, ↓↑, ↑
$f_{огр.}^{в.г.в}$		
зона ограничения	↓, ↓↑, ↑	↓, ↓↑, ↑
$f_{норм.}^{в.г.}$		
зона возврата	↓, ↓↑, ↑	↓, ↓↑, ↑
$f_{норм.}^{в.г.в}$		
нормальная зона	↓, ↓↑, ↑	↓, ↓↑, ↑
50		
нормальная зона	↑, ↓↑, ↓	↑, ↓↑, ↓
$f_{норм.}^{н.г.в}$		
зона возврата	↑, ↓↑, ↓	↑, ↓↑, ↓
$f_{норм.}^{н.г.}$		
зона ограничения	↑, ↓↑	↑, ↓↑, ↓
$f_{огр.}^{н.г.в}$		
зона возврата	↑, ↓↑	↑, ↓↑, ↓
$f_{огр.}^{н.г.}$		
аварийная зона	↑	↑

Рисунок 4.1.11.12.1 — Тип действия АОП.

При реализации контроля предотвращения значительных отклонений частоты при действии АОП, также учитывается включена или нет функция КСД, обеспечивающая контроль наличия РЭС для сбалансированной (двухсторонней) разгрузки сечения, контролируемого АОП (Рисунок 4.1.11.12.1).

Непосредственно механизм ограничения недопустимого отклонения частоты действием АОП реализован в соответствии с нижеприведенным описанием ограничений на работу АОП в каждой зоне.

Нормальная зона. При нахождении частоты в этой зоне регулирования ограничения на работу АОП не накладываются: АОП имеют возможность формирования воздействий на РЭС в любом направлении.

Зона ограничения. При нахождении частоты в зоне ограничения АОП с включенным КСД, при наличии РЭС для сбалансированной (двусторонней) разгрузки сечения, формирует воздействия штатным образом.

При доступности РЭС только с одной стороны контролируемого сечения, АОП с включенным КСД может формировать воздействия на РЭС только в направлении восстановления частоты.

Ограничения на действие АОП без контроля сбалансированного действия (с отключенным КСД) не накладываются, разрешается формирование управляющих воздействий в любом направлении.

Аварийная зона. При нахождении частоты в аварийной зоне действие всех АОП допускается только в направлении восстановления частоты.

При этом во всех зонах используются алгоритмы ЦКС/ЦС АРЧМ разрешения конфликтов между АОП, между АОП и регулятором (запрет действия АОП на какие-либо РЭС не означает разрешение другим АОП или регулятору действие на эти РЭС в противоположном направлении).

Актуальной зоной называется текущая зона, при устойчивом нахождении частоты в ней. В данном случае под устойчивым нахождением частоты в зоне подразумевается пребывание частоты в ней больше, чем установленная выдержка времени соответствующей зоны при движении частоты к номинальному значению (переход от аварийной зоны к зоне ограничения или от зоны ограничения к нормальной зоне). При движении же от номинального значения (переход от нормальной зоны к зоне ограничения или от зоны ограничения к аварийной зоне) новая зона после перехода границы зоны сразу становится актуальной.

Зоны возврата частоты в основную зону (нормальную, ограничения или аварийную) включаются в основную зону в зависимости от направления движения частоты. Если частота движется от номинального значения, то зоны возврата в основную зону входят в эту основную зону. Если же частота движется к номинальному значению, то зоны возврата в основную зону входят в другую (примыкающую) основную зону.

При переходе частоты из аварийной зоны или зоны ограничения в зону возврата основной зоны с противоположной стороны от номинального значения, зоны возврата в основную зону входят в другую (примыкающую) основную зону и изменение актуальной зоны не происходит.

При переходе частоты из нормальной зоны с одной стороны от номинального значения в любую другую зону с другой стороны от номинального значения текущая зона моментально становится актуальной.

При переходе частоты из зоны ограничения или аварийной зоны с одной стороны от номинального значения в аналогичные зоны с другой стороны от номинального значения активированные выдержки времени обнуляются, а текущая зона моментально становится актуальной, например, при переходе частоты из аварийной зоны выше номинального значения в зону ограничения ниже номинального значения, последняя сразу становится актуальной зоной.

4.1.11.13 Контроль связи с внешними источниками

Внешняя информация об ограничениях управления ЭО может поступать из разных источников. В случае учета данной информации при управлении ЭО, в ЦКС/ЦС АРЧМ реализован контроль функционирования связей трактов

получения внешней информации для координации управления ЭО. Данный контроль реализован аналогично контролю ЦКС/ЦС АРЧМ – стационарный терминал АРЧМ (ПТК) – ЦКС/ЦС АРЧМ. Функция контролирует состояние связи с различными внешними источниками. Результирующий признак функции, информирующий о состоянии связи с внешним источником, — обобщенное состояние связи с внешним источником. Связь с внешним источником исправна (значение результирующего признака равно «1»), если исправны каналы связи с ним (сигнал исправности каналов связи), а признак блокировки по задержке в контуре и признак «Неисправность информационного обмена» находятся в деактивированном состоянии.

Сигнал исправности каналов связи формируется устройством телесигнализации, осуществляющим контроль каналов связи с внешними источниками. Если каналы связи исправны значение параметра равно «1», иначе — «0». При наличии резервного канала связи, выходной сигнал формируется через дорасчет по принципу дизъюнкции (логическое «ИЛИ»).

Признак блокировки по задержке в контуре формируется при условии превышения величиной текущего запаздывания сигнала максимально допустимого значения (при выполнении условия значение параметра равно «1», иначе — «0»). При этом величина текущего запаздывания сигнала определяется как разница между значением часового счетчика секунд, отправленным внешнему источнику, и значением возвращенного с него счетчика секунд.

Признак «Неисправность информационного обмена» формируется если мигающий сигнал контроля информационного обмена не изменяет своего значения больше, чем допустимое время не обновления (при выполнении условия значение параметра равно «1», иначе — «0»).

4.1.11.14 Учет ограничений ЭО от внешних источников

Функция осуществляет учет различных ограничений ЭО от внешних источников. При для каждого источника внешних ограничений возможен учет следующих видов ограничений:

- блокировка ЭО;
- отключение ЭО;
- запрет загрузки ЭО;
- запрет разгрузки ЭО;
- ограничение значения максимального вторичного задания на ЭО;
- ограничение минимального значения вторичного задания на ЭО;
- ограничение значения регулировочного диапазона на загрузку ЭО;
- ограничение значения регулировочного диапазона на разгрузку ЭО.

Если внешних источников, оказывающих влияние на ЭО, несколько, то функция учета ограничений формирует результирующий сигнал в зависимости от типа ограничения:

- для внешней блокировки формирование происходит по принципу дизъюнкции ограничений данного типа от всех внешних источников;
- для внешнего отключения формирование происходит по принципу дизъюнкции ограничений данного типа от всех источников;

– для внешних ограничений максимального или минимального вторичного задания на объект управления от системы АРЧМ результирующее значение вычисляется как минимальное по абсолютной величине значение ограничения данного типа от всех внешних источников;

– для внешних ограничений регулировочных диапазонов на загрузку или разгрузку результирующее значение вычисляется как минимальная величины из ограничений данного типа от всех внешних источников;

– для признака внешнего запрета загрузки или разгрузки формирование происходит по принципу дизъюнкции ограничений данного типа от всех внешних источников.

4.1.11.15 Ограничение скорости вторичного задания на ЭО

Функция ограничивает скорость вторичного задания на объект управления от ЦКС/ЦС АРЧМ. Расчет максимальной скорости производится по формуле:

$$V_{\text{тек.доп.макс}}(t) = \min \left\{ \frac{D(t)}{\beta * T_{\text{макс.задер}}(t)}, V_{\text{макс}} \right\},$$

где $V_{\text{тек.доп.макс}}(t)$ — текущая допустимая максимальная скорость задания вторичной мощности от ЦКС/ЦС АРЧМ на ЭО;

$V_{\text{макс}}$ — заданная максимальная скорость задания вторичной мощности ЦКС/ЦС АРЧМ на ЭО;

$D(t)$ — результирующий регулировочный диапазон ЭО в соответствующем направлении (загрузка/разгрузка) после учета всех ограничений;

$T_{\text{макс.задер}}(t)$ — максимальная из задержек в контуре передачи информации об ограничениях или в контуре управления ЭО;

β — коэффициент экспоненциального снижения скорости.

При этом из всех контуров координации управления ЭО в расчете должен использоваться контур с максимальной задержкой. Расчет максимальной задержки и выбор соответствующего контура в процессе координации и управления ЭО определяются по формуле:

$$T_{\text{макс.задер}}(t) = \max \{T_{d_1}(t), \dots, T_{d_i}(t)\},$$

где $T_{d_i}(t)$ — задержка в конкретном контуре передачи информации об ограничениях или в контуре управления ЭО.

4.2 Контроль каналов связи с управляющими объектами и работоспособности модуля *archm*

Потоки обмена информацией контроля работы связи с управляющими объектами приведены на рисунке 4.2.1.

Пояснения к приведенной схеме:

1. TS — тестовый сигнал, формируемый как часовой секундный счетчик. Включается в списки передачи на все объекты, подключаемые к контролю системы состояния каналов связи. TS в системе описывается как нетелемеханизированный телесигнал.
2. {TS_i} — тестовые сигналы (TS_i = TS), которые должны рассылаться на управляющие объекты.

3. {RTSi} – тестовые сигналы, ретранслированные с объектов. Т.к. TS_i в момент передачи равен задержке относительно начала текущего часа, то сравнение принятого RTS_i с текущим значением TS позволяет определить задержку в прохождении команды по цепи ЦППС—Объект—ЦППС.
4. CSS_i – сигнал состояния канала управления объектом. Определяется в блоке контроля состояния каналов связи.
5. Для контроля состояния активности программы *archm SCADA-R* может контролировать сообщение о запуске приложения (событие запуска УМ АРЧМ STARTSRV), настраиваться на чтение событий *Systemd*.
6. В УМ АРЧМ для контроля работы каналов связи/серверов телемеханики используется обобщенный признак IU_MASK (маска недостоверных признаков параметров, при которой данные считаются недостоверными) тестового сигнала RTS_i.
7. Признак недостоверности в УМ АРЧМ формируется в случае наличия одного из следующих признаков:

$$IU_MASK = IU_DTRUST|IU_PNU|IU_TMF|IU_REN|RTDB_NO_DATA$$
 Каждый бит (IU_DTRUST, IU_PNU ...) соответствует принятым в УМ АРЧМ признакам недостоверности.
8. Блок-схема алгоритма контроля состояния связи с управляющими объектами приведена на рисунке 4.2.2.
9. Параметры системы АРЧМ, используемые в схеме контроля, приведены в таблице 4.2.1.
10. Проверка наличия исправных каналов связи вызывается каждую секунду в функции *MonitoringChannels()* системы АРЧМ.
11. Признак «новые данные» определяется по отсутствию в состоянии RTS_i признака II_TEN. Признак II_TEN записывается после обработки вновь поступившего параметра. Заменяется он только при новом поступлении параметра.
12. Признак «Новый час» определяется в общей части алгоритма и размножается по всем контролируемым объектам. Каждый объект после проведения необходимых действий по данному признаку – снимает свой признак.
13. При признании информации недостоверной сразу формируется сигнал «Нарушение связи», и приводится в исходное состояние алгоритм подсчета среднего значения запаздывания в канале управления.

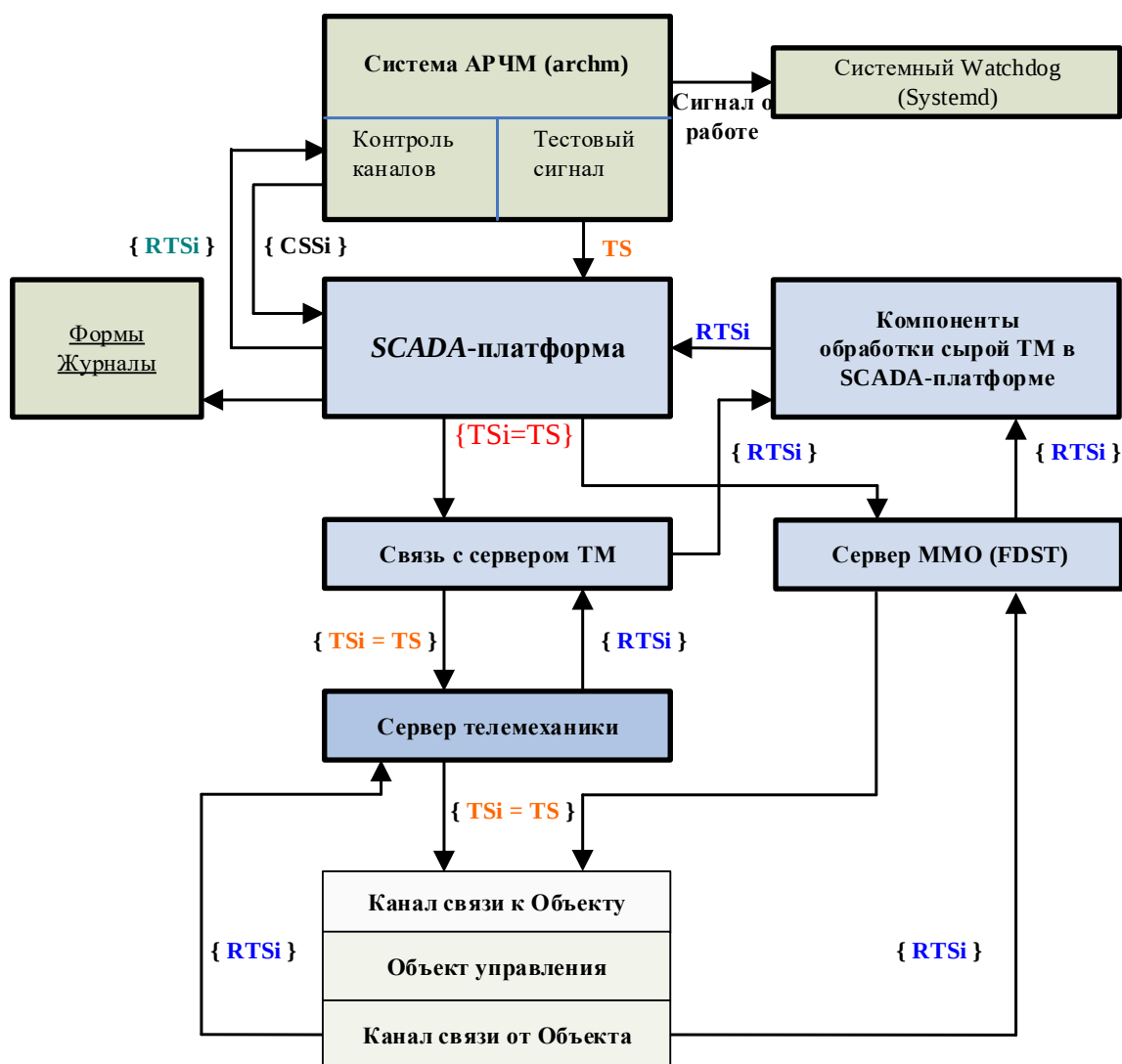


Рисунок 4.2.1 – Потоки обмена информацией в алгоритмах контроля активности системы АРЧМ и контроля состояния каналов

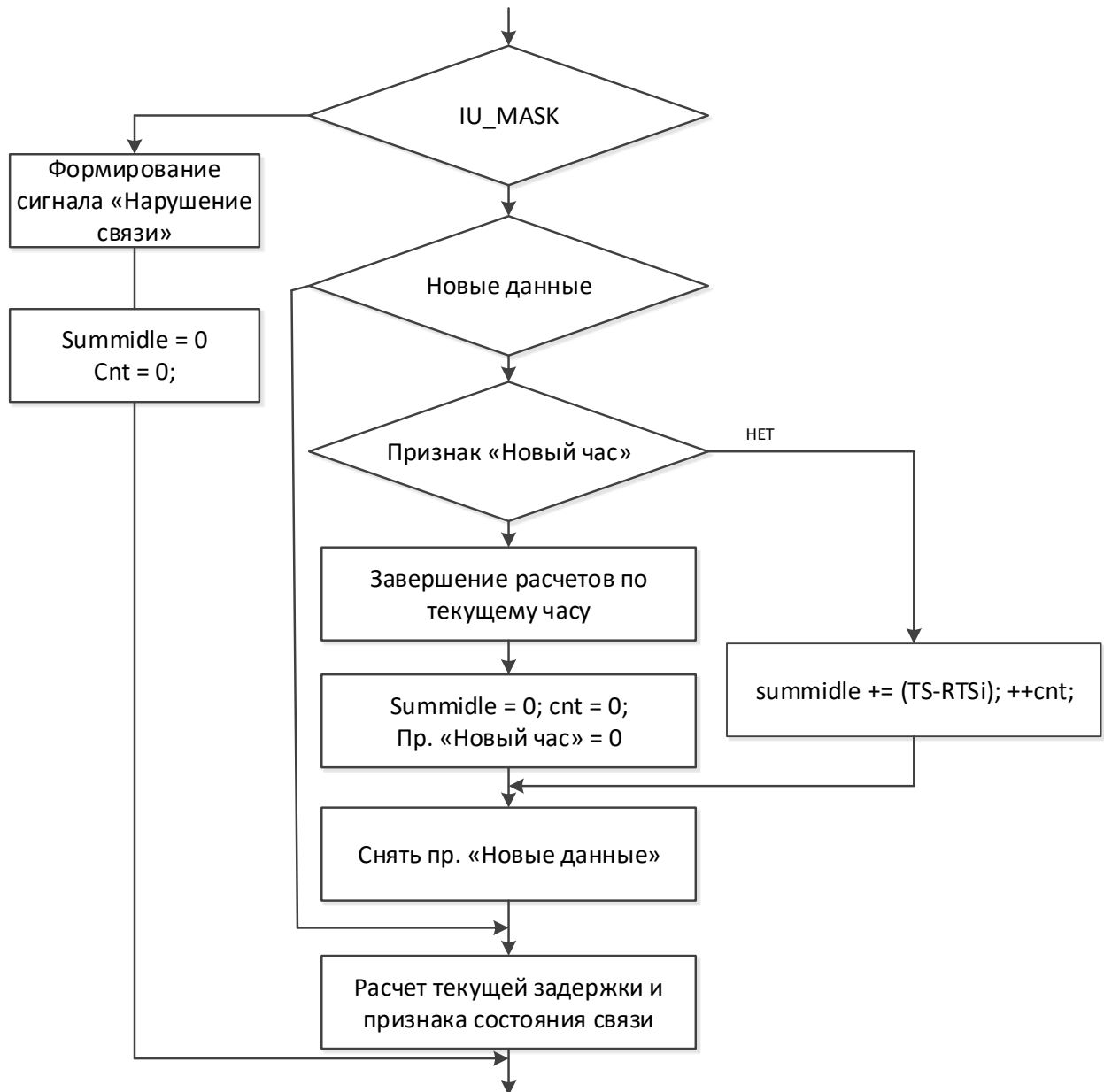


Рисунок 4.2.2 – Блок-схема алгоритма контроля состояния связи с объектами

Таблица 4.2.1 – Параметры системы АРЧМ, используемые в схеме контроля

Алгоритм	Таблица Структура	Столбец Поле	Назначение
Контроль состояния связи с объектами	General Paraobj	keyContrLink keyContrLink	Общий ключ использования схемы контроля
Контроль состояния связи с объектами Контроль программы archm	General Paraobj	seccount seccount	Тестовый часовой счетчик секунд. Рассылается по всем объектам
Контроль состояния связи с объектом	Paraobj General	LinkControl LinkControl	Канальный ключ использования схемы контроля
Контроль состояния связи с объектом	Paraobj General	reflseccount reflseccount	Секундный счетчик, ретранслированный с объекта
Контроль состояния связи с объектом	Paraobj General	linkstate linkstate	Сигнал состояния связи
Контроль состояния связи с объектом	Paraobj General	maxdelay maxdelay	Максимально допустимая задержка в канале управления
Контроль состояния связи с объектом	Paraobj General	midledelay midledelay	Средняя (за текущий час) задержка в канале управления
Контроль состояния связи с объектом	Paraobj, General	newhourflag, newhourflag	Сигнал «Смена часа»
Контроль состояния связи с объектом	Paraobj, General	summiddle, summiddle	Сумматор среднего значения
Контроль состояния связи с объектом	Paraobj, General	cntmiddle, cntmiddle	Счетчик обработанных данных

4.3 Контроль состояния связи

Контроль связи с СТМ производится на основе анализа групповых телесигналов, описывающих состояние интерфейсов связи между *SmartFep* и *SCADA-R*, связанных с состоянием СТМ.

Алгоритм контроля связи с СТМ реализуется в виде блока регулярного контроля состояния.

Так как сигналы TC1 и TC2 поступают в программу *archm* только при их изменении, данную часть алгоритма контроля можно рассматривать как событийную обработку состояния связи, которая происходит при каждом изменении этого состояния.

Групповые телесигналы TC1 и TC2 состоят из 3 бит:

- при инициализации соединения взводится 1-ый бит, значение TC = 1;
- при подтверждении команды *StartDT* взводится 2-ой бит, значение TC = 3;
- если канал является основным взводится 3-ий бит, значение TC = 7.

На основе обработки TC1 и TC2 вырабатываются сигналы:

- сигнал состояния связи (ССС);
- текущее значение сигнала состояния связи (ТЗССС);
- флаг изменения состояния связи (ФИСС).

ССС формируется следующим образом (рисунок 4.3.1). СССР равен 1, если нет соединения с сервером телемеханики, и 0, если связь с сервером телемеханики восстановлена. Наличие связи с сервером телемеханики характеризуется следующим образом: связь есть, если взведен первый и второй бит у TC1 или TC2 (один из сигналов TC1, TC2 равен 3 или 7); связи нет, если не взведен 3-й бит у обоих сигналов TC1 и TC2 (оба сигнала TC1, TC2 не равны 7).

Блок-схема «событийной» части алгоритма представлена на рисунке 4.3.2.

Сигналы ТЗССС и ФИСС используются во второй (регулярной) части алгоритма контроля.

Блок регулярного контроля состояния вызывается каждый цикл работы программы перед вызовом монитора управления вычислительным модулем *archm*.

Блок-схема «регулярной» части алгоритма контроля связи с СТМ приведена на рисунке 4.3.3.

Перечень задействованных параметров (таблица General)

- Ключ использования схемы контроля состояния связи с СТМ *KeyContrCTM*.
- Сигналы состояния связи *FEPStateMain*, *FEPStateRes* (групповые телесигналы).
- Сохраняемый в БДРВ сигнал актуального состояния связи *STMErrorFlag*.
- Сигналы Блокировка / Отключение системы АРЧМ при потере связи с СТМ – *blokCSifTM*, *stopCSifTM*.
- Параметр управления сообщениями диспетчера – *SigCTMMess*.
- Параметр, определяющий тайм-аут перехода к режиму «Отключение», – *toutCSifTM*.

Снятие сигнала «Отключение» и присвоение $C=0$ (погасить сообщение об отказе связи с СТМ) должно быть проведено при включении системы АРЧМ.

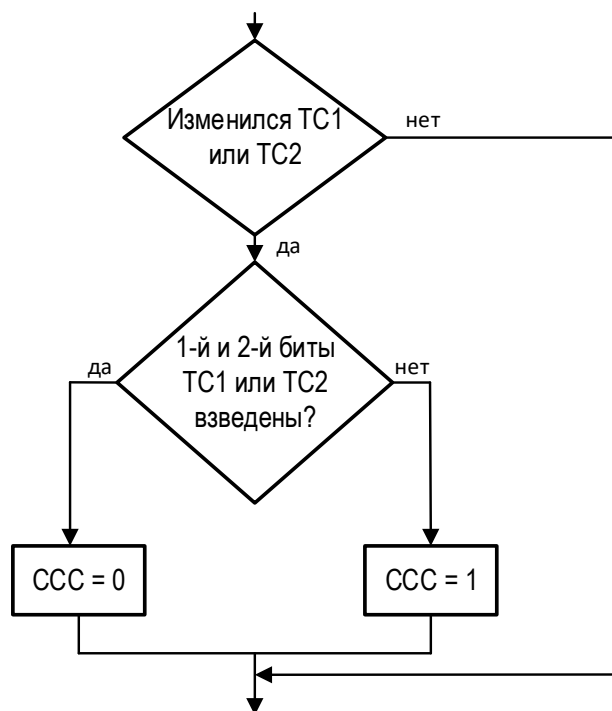


Рисунок 4.3.1 – Блок схема формирования CCC

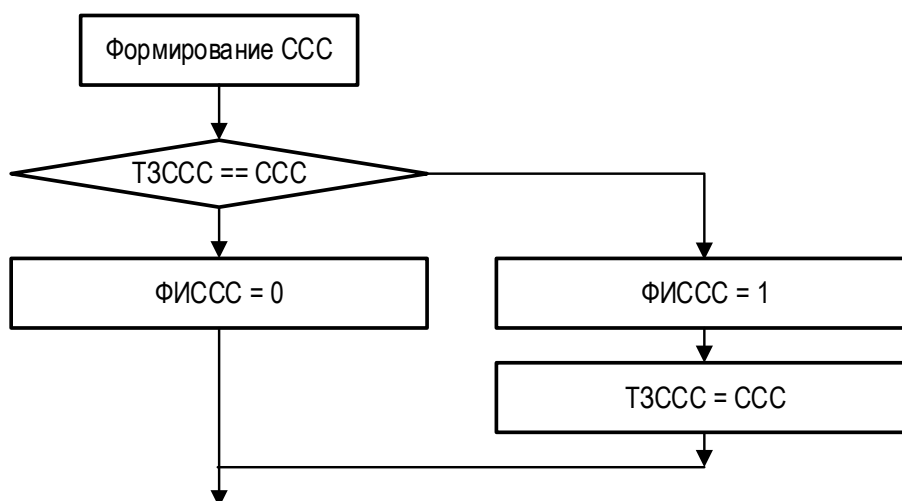


Рисунок 4.3.2 – Блок схема «событийной» части алгоритма контроля связи с СТМ

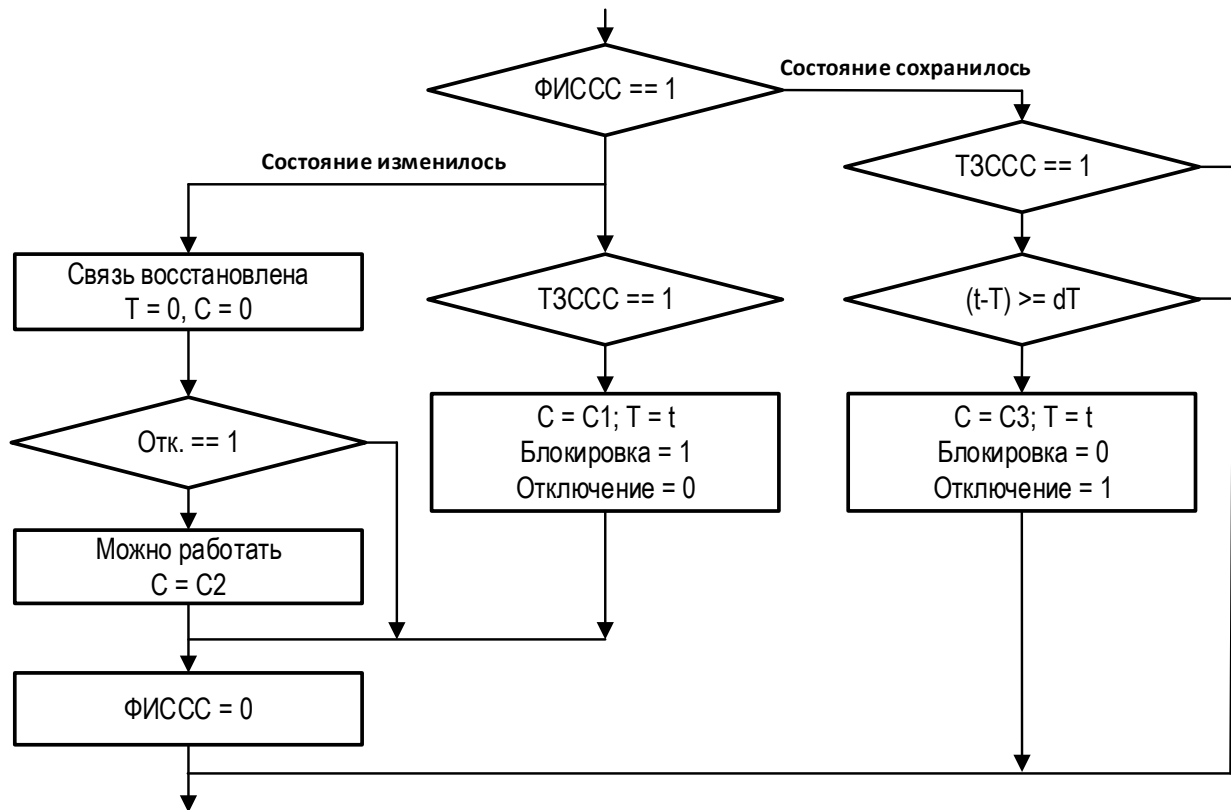


Рисунок 4.3.3 – Блок схема «регулярной» части алгоритма контроля связи с STM

4.4 Проверка достоверности сигналов

Достоверность сигналов в УМ АРЧМ определяется по взведенному атрибуту «*valid*» (0x00000001) в описателе качества сигнала, формируемого SCADA-R.

В SCADA-R и в УМ АРЧМ используются признаки качества, приведенные в таблице 4.4.1.

Таблица 4.4.1 – Маска признаков качества сигналов в формате SCADA-R

Название бита	Значение (hex)	Расшифровка и краткое обозначение признака
R_IC_GOOD	0x00000001	// 0-й бит - общее: достоверный сигнал [Д]
R_IV_ALARM	0x00000002	// 1-й бит - нарушение: аварийный сигнал [АВ]
R_IV_AVR_0	0x00000004	// 2-й бит - расшифровка аварийности [АВР]
R_IV_AVR_1	0x00000008	// 3-й бит - расшифровка аварийности [АВР]
R_IC_INWORK	0x00000010	// 4-й бит - общее: В РАБОТЕ (сброшенный бит = ремонт) [РБ]
R_IC_HANDSHAKE	0x00000020	// 5-й бит - квитирование [КВ]
R_IC_UNDERCNTRL	0x00000040	// 6-й бит - на контроле (попадает в журнал тревог) [НК]
R_IC_TEST	0x00000080	// 7-й бит - тестовый режим работы [Т]
R_IR_MANUAL	0x00000100	// 8-й бит - источник: ручной ввод [РВ]
R_IC_OPERBLOCK	0x00000200	// 9-й бит - Блокировка ввода данных [БЛ]
R_IR_SB	0x00000400	//10-й бит - Подстановка (substituted). Вынесено из источников для отслеживания подстановки на нижних уровнях. [ПС]
//	0x00000800	//11-й бит - РЕЗЕРВ
//	0x00001000	//12-й бит - РЕЗЕРВ
//	0x00002000	//13-й бит - РЕЗЕРВ

Название бита	Значение (hex)	Расшифровка и краткое обозначение признака
//	0x00004000	//14-й бит - РЕЗЕРВ
R_IU_SD	0x00008000	//15-й бит - сомнительная достоверность [СД]
R_IU_RD_0	0x00010000	//16-й бит - расшифровка причины недостоверности [РД]
R_IU_RD_1	0x00020000	//17-й бит - расшифровка причины недостоверности [РД]
R_IU_RD_2	0x00040000	//18-й бит - расшифровка причины недостоверности [РД]
R_IU_RD_3	0x00080000	//19-й бит - расшифровка причины недостоверности [РД]
R_II_IS_0	0x00100000	//20-й бит - источник поступления информации [ИС]
R_II_IS_1	0x00200000	//21-й бит - источник поступления информации [ИС]
R_II_IS_2	0x00400000	//22-й бит - источник поступления информации [ИС]
R_II_IS_3	0x00800000	//23-й бит - источник поступления информации [ИС]
R_IC_IND_0	0x01000000	//24-й бит - индивидуальные характеристики по типу данных [ИНД]
R_IC_IND_1	0x02000000	//25-й бит - индивидуальные характеристики по типу данных [ИНД]
R_IC_IND_2	0x04000000	//26-й бит - индивидуальные характеристики по типу данных [ИНД]
R_IC_IND_3	0x08000000	//27-й бит - индивидуальные характеристики по типу данных [ИНД]
//	0x10000000	//28-й бит - РЕЗЕРВ
//	0x20000000	//29-й бит - РЕЗЕРВ
//	0x40000000	//30-й бит - РЕЗЕРВ
//	0x80000000	//31-й бит - РЕЗЕРВ

4.5 События

В SCADA-R может быть настроено формирование следующих событий (на основании сигналов, поступающих в SCADA-R):

- изменение параметра;
- включение/отключение (объекта, функции, свойства);
- блокировка / снятие блокировки;
- загрузка / разгрузка;
- исчерпание / восстановление диапазона;

УМ АРЧМ формирует следующие события ([Конфиденциальная информация]):

- запуск УМ АРЧМ (STARTSRV)¹;
- запуск алгоритмов АРЧМ – формируется после запуска УМ АРЧМ, в случае если: корректно прочитана конфигурация, отсутствует запрет работы алгоритмов АРЧМ, произошел переход к циклическому алгоритму (STARTARCHMTASK);
- остановка УМ АРЧМ (STOPSRV);
- остановка УМ АРЧМ с выводом причины останова (STOPSRV_REASON);
- блокировка УМ АРЧМ по причине неготовности сервера данных SCADA-R (сервер находится в резервном режиме) (BLOCK);
- разблокировка УМ АРЧМ – сервер данных перешел в состояние, разрешающее работу, получение и запись данных (UNBLOCK);
- интервал простоя превышает допустимый предел (DOWNTIME_ARCHM);

¹ В скобках приведены названия событий из файла /etc/scadar/jsonArchiveMessageType

- нарушение цикла работы УМ АРЧМ (*PAUSEARCHM*);
- система АРЧМ не работает – отключен ключ АРЧМ (*BLOCK*);
- включен ключ АРЧМ (*UNBLOCK*).

УМ АРЧМ принимает от *SCADA-R* сигналы на перезапуск (по сигналу *SIGINT*). При поступлении сигнала от *SCADA-R* на перезапуск приложение корректно закрывается и выполняется перезапуск.

Аналогично, выполняется перезапуск приложения в случае, если происходит изменение конфигурации в *SCADA-R* ([Конфиденциальная информация]).

5 ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ

Данные в системе организуются в виде одного блока, содержащего массивы структур, описывающие параметры каждого из объектов, которые реализованы в Системе: *General*, *Paraobj*, *AOP*, *AOP_staff*, *ARPA*, *SostvRegs*, *VL*, *Kdu*, *Kdu_reg*, *RTU*, *RTU_Restriction*, *FreqDeviationControl* (далее — базовые классы). Полный перечень параметров базовых классов представлен в Приложении Д.

Массив структур в зависимости от назначения, типа объекта и наличия объекта в источнике данных (*SCADA-R*) может содержать 0 объектов, 1 объект или несколько объектов.

Каждая структура содержит набор из вещественных (аналоговое значение) и целочисленных (дискретное значение, ключи) параметров. Каждый из параметров описывается значением и меткой качества.

Отдельные структуры внутри себя могут содержать массивы структур с целью реализации иерархии объектов.

Работа со структурами внутри программного обеспечения реализуется по принципу прямого доступа к памяти.

6 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ СИСТЕМЫ, АЛГОРИТМОВ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, СПОСОБОВ ИХ НАСТРОЙКИ И КОНФИГУРИРОВАНИЯ

Для работы системы используется один технологический модуль, обеспечивающий выполнение:

- подключения к шине данных;
- проверки состояния сервера *SCADA-R*, к которому выполнено подключение;
- запроса информации из шины данных, разбор инициализационных параметров;
- формирования исходной структуры данных на основе информационной модели в *SCADA-R* (создание, заполнение значениями);
- формирования подписки на измерения в *SCADA-R*;
- циклического обновления значений сигналов, полученных от *SCADA-R* по подписке, разбора изменившихся параметров (обновление собственных структур);
- выполнения технологических расчетов, расчетов служебных параметров;

- записи изменившихся параметров в *SCADA-R*;
- ведения журнала в виде *log*-файла;
- периодического сохранения файла среза, содержащего значения измерений и их метки качества, на жесткий диск в виде файла.

В ходе выполнения вышеописанных функций модуль формирует файлы журналов, содержащие служебную и технологическую информацию. Подробность ведения журнала задается в файле конфигурации УМ АРЧМ ([Конфиденциальная информация]), который считывается при запуске, может корректироваться в процессе работы УМ АРЧМ значением параметра «Общие настройки системы. Уровень подробности журнала». Вся информация, попадающая в такой журнал, параллельно направляется в стандартный вывод программы (*stdout/stderr*).

Перезапуск модуля в случае критического нарушения его работы осуществляется службой *Systemd* либо по команде от *SCADA-R* (запуск/останов сервиса). В службе *Systemd* опционально может быть настроено перенаправление стандартного вывода программы в *syslog*, который может в дальнейшем использоваться внешними системами (при необходимости).

7 ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ С *SCADA-R* СО ССЫЛКАМИ НА РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ, РУКОВОДСТВО АДМИНИСТРАТОРА

Общее описание взаимодействия с *SCADA-R* приведено в разделе 2.3 Руководства системного программиста [2]. Описание программных способов взаимодействия УМ АРЧМ с *SCADA-R* приведено в Руководстве разработчика Системы [4].

При работе используются сервисы «*Processing*», «*Director*», «*Reserv*» (п. 2.2.1 Руководства системного программиста). Описание взаимодействия с *SCADA-R* в части получения информационной модели, сигналов, состояний серверов приведено в разделе 6.

8 ИНФОРМАЦИЯ ПО СТРУКТУРЕ СИСТЕМЫ

8.1 Архитектура Системы

8.1.1 Описание используемой информационной модели

Информационная модель, описывающая работу Системы, хранится в формализованном виде в БД *SCADA-R*, и впоследствии в БДРВ *SCADA-R*.

Информационная модель в *SCADA-R* представляется в виде описания базовых классов и объектов данных классов. В зависимости от типа такие объекты могут представляться в единственном или множественном виде. Параметры, входящие в базовые классы, могут относиться к разным функциям, связанным с работой этих классов. В зависимости от применения Системы ряд функций базовых классов может быть исключен (не использоваться и не описываться конкретными значениями параметров).

Ряд базовых классов (например, *General*) в информационной модели представляется единственным экземпляром, другие классы могут содержать множества объектов (*Paraobj*, *AOP*).

В *SCADA-R* отдельные функции базовых классов представляются в виде отдельных классов меньшего размера (подклассов) и соответствующих им объектов. Каждый класс и подкласс в *SCADA-R* содержит слоты на чтение, на запись, которые позволяют выполнить привязку измерений, описанных в *SCADA-R*, в качестве входных или выходных параметров. Каждый слот имеет наименование и обозначение, которое может быть извлечено программным способом через *API SCADA-R*.

Таким образом, каждый объект (подобъект) содержит описание состава входных и выходных сигналов и обозначения параметров, к которым эти измерения относятся.

Помимо параметров-сигналов ряд объектов может содержать паспортные параметры, которые не меняются в процессе работы УМ АРЧМ и являются входными значениями для модуля. Паспортные параметры объектов содержат как уставки (целочисленные, вещественные), так параметры, позволяющие привязать одни объекты к другим.

8.1.2 Функциональная схема программного обеспечения

Диаграмма работы модуля приведена на рисунке 8.1.2.1.

Запуск УМ АРЧМ

Запуск УМ АРЧМ осуществляется с помощью *Systemd*, запуск осуществляется с контролем инициализации модуля (УМ АРЧМ после инициализации должен передать в *Systemd* сигнал успешного запуска, осуществлять информирование модуля *Systemd* о корректном выполнении работы).

Формирование перечня объектов, перечня измерений

После запуска УМ АРЧМ выполняет поиск заранее заданного перечня классов (подклассов) в *API SCADA-R* с целью определения числа описанных объектов каждого класса, формирования списка сигналов. Список сигналов содержит перечень всех измерений (в виде структуры *std::map<guid, описатель измерения>*), которые привязаны к слотам объектов базовых классов (подклассов), в виде единого списка с ключом (*guid* — идентификатор измерения) и описателем, характеризующим объект, к которому данное измерение относится в информационной модели («Имя объекта. Тип параметра»).

Указанный список используется для сохранения значений принятых измерений при разборе изменившихся данных, принимаемых по подписке (сообщения, получаемые о подписке).

Все параметры, описывающие измерения информационных объектов, добавляются в перечень запрашиваемых по подписке параметров.

Завершение инициализации

В случае если запрос конфигурации выполнен корректно, и сформирован список измерений, выполняется построение модели в памяти УМ АРЧМ (согласно числу объектов, описанных в модели *SCADA-R*). Производится формирование всех необходимых структур и описателей функций. Задается привязка каждого описанного в информационной модели параметра (слота) к соответствующему параметру алгоритмов УМ АРЧМ.

После привязки параметров производится чтение исходных значений (запрос начальной конфигурации).

В случае наличия ошибок описания информационной модели производится закрытие модуля, информация о причинах ошибок заносится в журнал (*log-файл*) программы.

Обработка параметров

Обработка сигналов реализуется обработчиками, работающими асинхронно относительно потока, реализующего технологический алгоритм АРЧМ. Для защиты данных от множественного доступа используются объекты синхронизации (будет определено в ходе разработки: *atomic/mutex/critical section*).

Принимаемое по подписке измерение содержит *guid* (ключ). Обработчиком производится поиск ключа в списке сигналов в случае, если ключ был добавлен в список сигналов, производится запись значений в список сигналов.

УМ АРЧМ является единым исполняемым файлом, содержащим подсистему для работы со *SCADA-R* (обработчик данных), подсистему для обеспечения работы алгоритмов.

Циклический режим работы

После выполнения инициализации производится переход работы основного вычислительного потока в циклический режим работы. В этом режиме циклически производятся следующие операции:

- проверка состояния сервера, к которому подключен УМ АРЧМ (основной/ резервный);

- при работе с резервным сервером формируется сигнал о корректной работе УМ АРЧМ в *Systemd*, производится получение актуальных значений сигналов от *SCADA-R* (асинхронный обработчик), их перезапись в структуры УМ АРЧМ не производится, дальнейшие операции циклического алгоритма (вызов алгоритмов АРЧМ) не производятся;

- производится кратковременная блокировка записи новых измеренных значений от асинхронного обработчика (для чтения набора консистентных значений сигналов, соответствующих моменту времени начала очередного цикла расчета; на время блокировки асинхронный поток обработки новых измерительных данных ожидает разрешение на запись, поступающие значения не теряются);

- запись полученных измерений от *SCADA-R* типа *R*, *RW* в качестве значений параметров информационной модели (запись входных параметров);

- разблокировка записи;

- выполнение расчетов;

- запись расчетных сигналов, определенных алгоритмами АРЧМ, в очередь сигналов, которые будут отправлены в *SCADA-R* (выходные сигналы; тип *RW*, *W*);

- вызов процедуры записи подготовленной очереди сигналов в *SCADA-R*.

После каждого расчетного цикла производится передача сигнала о корректной работе в *Systemd*.

В случае получения сообщения о необходимости перезапуска (сигнал по подписке от *SCADA-R* или сигнал *SIGINT* системы) происходит выход из цикла обработки, закрытие программы.

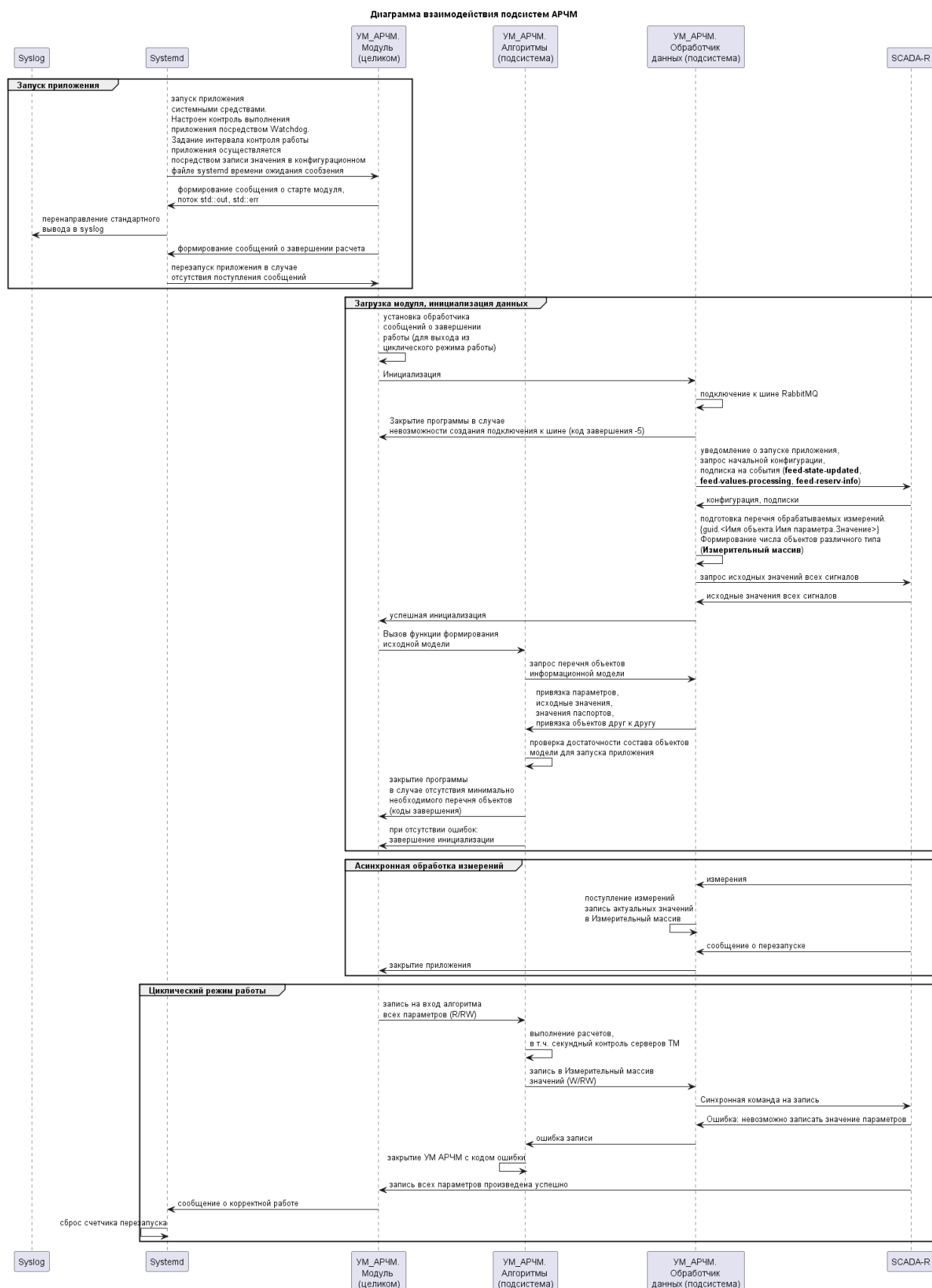


Рисунок 8.1.2.1 — Диаграмма работы УМ АРЧМ

8.1.3 Общее описание всех компонентов программного обеспечения

Перечень компонент, входящих в модуль:

- библиотека работы с *Systemd*;
- библиотека *libm.so*;
- библиотеки работы с *API SCADA-R*;

- библиотека ведения журналов *libKrdLogger.so* (в составе библиотек с *API SCADA-R*);
- стандартные библиотеки работы с *stl*;
- стандартные библиотеки работы с потоками *libpthread.so*.

8.1.4 Описание зависимостей и связей между компонентами

УМ АРЧМ собирается в виде одного исполнительного приложения.

Перечень зависимостей исполняемого модуля УМ АРЧМ приведен в приложении А. В приложении приведен перечень библиотек, которые могут быть задействованы в модуле УМ АРЧМ. Часть библиотек могут быть исключены в процессе разработки (приведены в отдельной таблице).

8.1.5 Спецификация, содержащая функциональное описание технологических алгоритмов, которые реализованы в программном обеспечении

В программном обеспечении реализуется набор алгоритмов, модулями *cksarchm*. Описание работы технологических алгоритмов приведено в разделе 2, обобщенные схемы алгоритмов приведены в Приложении Б.

9 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Описание каждой подсистемы программного обеспечения

9.1.1 УМ АРЧМ

Описание общего алгоритма, общее техническое описание, логика функционирования подсистемы УМ АРЧМ приведены в разделе 8.1.2. Исполняемый модуль УМ АРЧМ описывается одинаково в обоих полуконструкциях оборудования (на основном/резервном сервере).

При запуске выполняются:

- формирование массивов данных информационной модели УМ АРЧМ;
- формирование таблиц связи между данными, получаемыми из *SCADA-R*, и массивами структур информационной модели;
- заполнение массивов структур данными оперативной информации на момент старта УМ АРЧМ. При этом элементы структур, для которых нет ссылок на параметры БДРВ, помечаются признаком *RTDB_NO_DATA* — нет данных;
- организация информационного обмена между УМ АРЧМ и *SCADA-R* — прием данных (телеизмерений, телесигналов, ручных вводов диспетчерского персонала), передача информации, изменившейся в процессе работы вычислительного модуля;
- циклический запуск вычислений в УМ АРЧМ;
- блокирование работы вычислительных алгоритмов в случае, если сервер *SCADA-R* не описывается состоянием Роль=главный (*master*), Состояние=главный (*master*) или одиночный режим (*alone*), не готов список сигналов.

Внешние интерфейсы, последовательности вызова

Работа УМ АРЧМ реализуется через подсистему работы с шиной *RabbitMQ*. Формируются файлы журналов (*.log), формируются файлы промежуточного состояния Системы (файлы среза).

Условия начальной загрузки

Команда на запуск может содержать следующие параметры (если параметры запуска не заданы – используются значения по умолчанию):

dbglev=3 – основной уровень подробности журнала. Переданный таким образом уровень отладочных сообщений будет использоваться при инициализации УМ АРЧМ вплоть до первого цикла вычислений. При первом цикле вычислений основной уровень подробности журнала задан в соответствии с параметром «Общие параметры. Уровень подробности журнала» и таблицей 9.1.6.1.

cicl=1000 – цикл работы вычислительного модуля. Время задается в миллисекундах. Для УМ АРЧМ принято, что цикл работы равен 1 секунде. Параметр настраивается в соответствии с оценкой времени работы Системы в ходе наладки.

pathlog=./logs/ – путь к папке *ArchmDataLog*, в которой будут храниться файлы срезов состояний сигналов, используемых в УМ АРЧМ.

ciclog=10 – цикл (в минутах) создания новых файлов среза состояния.

classuid= [Конфиденциальная информация] – идентификатор базового класса описания классов АРЧМ в *SCADA-R* и его значение по умолчанию (задается, если в конфигурации *SCADA-R* идентификатор отличается от значения по умолчанию).

folderuid= [Конфиденциальная информация] – идентификатор класса-папки в *SCADA-R* и его значение по умолчанию (задается, если конфигурации *SCADA-R* идентификатор отличается от значения по умолчанию).

logpath=/var/log/scadar/archm.log – имя файла для ведения журнала УМ АРЧМ.

restore=<путь к файлу среза>¹ – запуск УМ АРЧМ в режиме восстановления достоверных значений сигналов из файла среза (для случая, если по какой-то причине параметры настройки, хранящиеся в сигналах УМ АРЧМ были испорчены).

saveini=1 – принудительная запись файла среза сразу после запуска УМ АРЧМ (файл среза будет содержать значения, которые еще не были модифицированы в ходе расчета).

closeprint=1 – принудительное закрытие приложения (для целей отладки/тестирования) после создания конфигурации и печати значений всех сигналов УМ АРЧМ (производится запрет входа в циклический алгоритм).

overlap=1 – принудительный запуск приложения в режиме проверки статических полей базовых классов на перекрытие по памяти (*memory overlapping*)², используется для диагностики исходного кода.

allownodata=1 – разрешение работы приложения в случае, если часть привязанных к слотам (тип *R/RW*) информационной модели сигналов не проинициализированы (имеют признак недостоверности *RTDB_NO_DATA*).

Блок схемы приведены в виде диаграммы работы модуля в разделе 8.1.2.

¹ Например: *restore*=/home/user/data/20240125144250/measurelist.ini

² Начиная с версии 1.055 операция полностью отключена, независимо от значения параметра

Коды ошибок и процессы обработки ошибок представлены в таблице 9.1.1.1.

Для работы УМ АРЧМ необходимо выполнение условий (разрешений) операционной системы (есть разрешение на запуск сервиса пользователем, от имени которого осуществляется запуск, есть разрешение записи файлов журналов, файлов среза по заданным в качестве входных параметров запуска именам файлов/директорий).

Таблица 9.1.1.1 — Коды ошибок УМ АРЧМ

Код ошибки	Описание ошибки	Обработка ошибок, действия по устранению ошибок, пояснения
1	Некорректное описание паспорта объекта модели	Заккрытие программы. Необходимо задать паспортный параметр. Информация о некорректно заданном паспортном параметре объекта формируется в журнале УМ АЧРМ
3	Некорректный формат переменной среды (environment variable) SCADAR_BUS_PORT. Задано некорректное значение	Заккрытие программы. Необходимо задать соответствующую переменную среды
4	Некорректный формат переменной среды (environment variable) SCADAR_BUS_PORT. Значение выходит за допустимый диапазон	Заккрытие программы. Необходимо задать соответствующую переменную среды
без кода	Переменная среды SCADAR_BUS_HOST не задана, используется стандартное значение	—
без кода	Переменная среды SCADAR_BUS_USER не задана, используется стандартное значение	—
без кода	Переменная среды SCADAR_BUS_PASSWD не задана, используется стандартное значение	—
без кода	Переменная среды SCADAR_RESERV_INDEX не задана, используется стандартное значение	—

Код ошибки	Описание ошибки	Обработка ошибок, действия по устранению ошибок, пояснения
без кода	Переменная среды SCADAR_RESERV_ROLE не задана, используется стандартное значение	—
без кода	SCADAR_RESERV_ENABLE Переменная среды не найдена	—
5	Невозможно выделить память под объект	Описание типа объекта записывается в журнал приложения. Критическая ошибка. Возможные способы устранения ошибки: смена полукомплекта и перезагрузка полукомплекта с ошибкой
6	Ошибка получения параметров соединения с шиной данных	Критическая ошибка. Необходимо проверить наличие корректных данных в переменных среды, описывающих подключение
7	Не удалось подключиться к серверу SCADA-R	Критическая ошибка. Необходимо проверить параметры соединения, переменные среды, описывающих подключение
8	Ошибка. Невозможно создать поток для работы с шиной данных	Критическая ошибка. Невозможность создания потока для работы с шиной данных
12	Ошибка процедуры RequestAllTable: некорректное или неполное описание конфигурации системы	Необходимо проверить наличие правильного числа структур АРЧМ в информационной модели. Наличие структур, описывающих обязательные функции
13	В БДРВ нет данных для конфигурации системы АРЧМ	Критическая ошибка, невозможно получить параметры описания информационной модели. Не удалось получить ни один из параметров. Проверить доступность модели, разрешение на чтение параметров из SCADA-R. Проверить наличие описания модели в SCADA-R. Проверить привязку слотов таблиц и функций к параметрам. Наличие достоверности сигналов, которые привязаны к слотам таблиц

Код ошибки	Описание ошибки	Обработка ошибок, действия по устранению ошибок, пояснения
14	В БДРВ не все данные для конфигурации системы	Аналогично -13. Критическая ошибка, невозможно получить ряд параметров описания информационной модели. Проверить наличие описания модели в SCADA-R. Проверить привязку слотов таблиц и функций к параметрам. Наличие достоверности сигналов, которые привязаны к слотам таблиц
17	Ошибка создания блока памяти для структур данных	Невозможно выделить память под объекты. В журнале приводится объект, для которого не удалось выделить память. Возможные способы устранения ошибки: смена полукомплекта и перезагрузка полукомплекта с ошибкой
18	Ошибка создания блока памяти для внутренних структур данных	Невозможно выделить память под объекты. Возможные способы устранения ошибки: смена полукомплекта и перезагрузка полукомплекта с ошибкой
19	Некорректное формирование описания информационной модели	Невозможно выделить память под объекты. Ошибка формируется в случае, если одновременно не описаны АОТП/АОП, регуляторы (<i>SostvRegs</i>), параметры событийной обработки (нет энергообъектов, нет объектов <i>rtu</i> , объекты обработки, используемые по умолчанию)
20	Не найден базовый класс объектов математической модели АРЧМ,	Проверить значение передаваемого <i>uid</i> базового класса (при запуске в качестве службы – в файле <i>etc/archm/startarguments.ini</i>)
22	Ошибка соединения с шиной <i>RabbitMQ</i>	Проверить стабильность работы шины <i>RabbitMQ</i>
23	Ошибка задания паспортного параметра привязки объектов друг к другу	В паспорте объекта некорректно описана привязка к другому объекту: привязка не задана / задана более чем одна привязка по одному параметру

Код ошибки	Описание ошибки	Обработка ошибок, действия по устранению ошибок, пояснения
25	Отсутствие в объекте заданного значения паспортного параметра объекта	Необходимо задать паспортный параметр объекта. Ошибка возможна для сборки УМ АРЧМ, в которой выставлен программный запретом работы при незаданном паспортном параметре (целочисленное число / число с плавающей точкой). В обычной сборке УМ УРЧМ задает для отсутствующих паспортных параметров значения равные 0, закрытие УМ АРЧМ не производится, формируется запись в журнал
26	Закрытие УМ АРЧМ по причине изменения конфигурации в SCADA-R	Модуль будет перезапущен для работы с новой конфигурацией
27	Ошибка получения исходных значений сигналов информационной модели для УМ АРЧМ	Ошибка API SCADA-R. Модуль будет перезапущен, произведена повторная попытка чтения значений сигналов
28	Ошибка инициализации программных каналов связи с шиной данных RabbitMQ	Ошибка API работы с RabbitMQ. Модуль будет перезапущен, произведена повторная попытка соединения. В журнале будет выведено сообщение о имени неисправного канала. В случае постоянного возникновения сообщения – необходимо проверить работу шины RabbitMQ, наличие в ней указанных каналов связи
29	Невозможно записать данные в SCADA-R (три неудачные попытки записи)	Проверить стабильность работы шины RabbitMQ
30	Не удалось получить корректную конфигурацию от RabbitMQ	Проверить стабильность работы шины RabbitMQ. Проверить наличие минимально необходимого количества объектов УМ АРЧМ (объект «Общие параметры системы», «Параметры регулятора»)
31	Наличие перекрытия по памяти полей в статических объектах УМ АРЧМ	Ошибка на уровне разработки, необходима перекомпиляция и/или исправление исходного кода программного обеспечения УМ АРЧМ
Иные ошибки, выявленные на этапе наладки/тестирования УМ АРЧМ		

Код ошибки	Описание ошибки	Обработка ошибок, действия по устранению ошибок, пояснения
—	symbol lookup error: ./test: undefined symbol: <Название символа> ¹	Комплексная ошибка, наиболее вероятная причина ошибки: проведение компиляции и сборки УМ АРЧМ на отличных от использованных в SCADA-R библиотеках.

Комплекты диаграмм *UML* с их описаниями (алгоритмами работы) приведены в разделе 8.1.2.

9.1.2 Обработчик данных

Обработчик данных предназначен для обмена данными со *SCADA-R*.

Обработчик данных реализует функции, обеспечивающие работу с *API SCADA-R*. В модуль подключены все необходимые заголовочные файлы. В настройках сборки УМ АРЧМ для работы подсистемы подключены необходимые библиотеки (статические, динамические) – Приложение А.

Для подключения к шине *RabbitMQ* используется библиотека *AMQP-CPP*, каналы связи организуются через *AMQP::TcpChannel*.

Логика функционирования подсистемы

Задачи, решаемые подсистемой:

- создание связи с сервером полукомплекта *SCADA-R*;
- определение роли сервера (ведущий-*master*, или ведомый-*slave*);
- определение статуса сервера (ведущий-*master*, ведомый-*slave*, работа в режиме одного сервера-*alone*);
- определение включено ли резервирование в *SCADA-R*;
- подписка на событие изменения конфигурации (*feed-state-updated*);
- формирование перечня классов и подклассов от переданного в качестве параметра запуска *uid* базового класса объектов УМ АРЧМ;
- формирование перечня объектов, по которым будет запрошен список измерений (при формировании перечней однотипных объектов производится их сортировка по имени; в таком же порядке объекты будут размещены в памяти алгоритмов УМ АРЧМ):

[Конфиденциальная информация]

- формирование перечня измерений и их идентификаторов, которые используются при работе УМ АРЧМ;
- подписка на изменение сигналов, описывающих информационную модель (две подписки: *feed-values-processing* (используется в настоящий момент), *feed-values* (может быть задействована при необходимости));
- подписка на события резервирования (*feed-reserv-info*);

¹ Например: ./test: symbol lookup error: ./test: undefined symbol: _ZNK2xg4GuidcvNSt7__cxx1112basic_stringIcSt11char_traitsIcESaIcEEEEv
 Название проблемной функции можно найти с помощью инструмента: <http://demangler.com/> (в поле ввода необходимо ввести названием символа целиком «_ZNK2...EEEEv»)

- перезапуск модуля может осуществляться по команде от *SCADA-R* (отправка сигнала *SIGINT*);
- запрос (на этапе инициализации) и ожидание формирования списка сигналов.

В случае наличия изменений в конфигурации объектов *SCADA-R* производится закрытие приложения для перезапуска и изменения структуры информационной модели и задания актуальных привязок к измерениям.

Внешние интерфейсы, включая последовательности вызова

Запись журналов работы осуществляется по пути «/var/log/scadar/archm.log». Перечни подписок со *SCADA-R* приведены выше.

Функции для интеграции с алгоритмами УМ АРЧМ:

- получение числа экземпляров заданного класса (поиск объектов ведется по фиксированным именам классов);
- определение числа слотов чтения/записи у экземпляра класса;
- формирование ссылки на описатель измерения (для чтения/записи значений из *SCADA-R*/в *SCADA-R*);
- чтение состояния сервера, к которому осуществлено подключение, формирование готовности списка измерений, формирование общего разрешения выполнять вычисления модулю.

Используемые переменные окружения для подключения представлены таблице 9.1.2.1.

Таблица 9.1.2.1 — Используемые переменные окружения для подключения

Название переменной	Назначение
SCADAR_BUS_HOST	сетевое имя сервера полукомплекта SCADA-R, к которому осуществляется подключение
SCADAR_BUS_PORT	номер порта сервера полукомплекта
SCADAR_BUS_USER	имя пользователя для подключения к шине данных
SCADAR_BUS_PASSWD	пароль для соединения с шиной данных
SCADAR_RESERV_INDEX	номер полукомплекта
SCADAR_RESERV_ROLE	роль полукомплекта
SCADAR_RESERV_ENABLE	резервирование включено/выключено

Условия начальной загрузки:

– в переменных окружения заданы параметры подключения к серверу SCADA-R;

– пользователю в настройках системы выдано разрешение на подключение шине;

– описана информационная модель в SCADA-R (в т.ч. обязательные объекты «Общие параметры системы», «Параметры регулятора»);

– для всех объектов для каждого слота заведены все сигналы, заданы обозначения сигналов, тип обработки параметра (R, RW, W);

– для всех объектов заданы паспортные параметры;

– отсутствуют сигналы, для которых не заданы исходные значения (метка качества сигнала RTDB_NO_DATA или R_IC_GOOD = false & РД = 12, см. таблицу 2.4.1).

Коды ошибок и процессы обработки ошибок приведены в общем списке с УМ АРЧМ.

Комплекты диаграмм UML с их описаниями (алгоритмами работы). Работа обработчика данных приведена в разделе 8.1.2.

9.1.3 Инициализация информационной модели

Модуль предназначен для формирования информационной модели для работы алгоритмов АРЧМ из описания информационной модели, полученного от обработчика данных.

Выполняется функция *InterfaceArchmdb*, на вход функции передаются:

– Iblock — указатель, в котором будут размещены все описатели объектов модели и параметры их функций (ИБД);

– DbgLev — Уровень подробности вывода отладочной информации.

Определение размеров, размещение объектов выполняется в функции *RequestAllTable()* и в вызываемых из нее функциях:

– *GetTablesParams(mPRL_MAX)* — поиск в информационной модели, полученной обработчиком данных, числа структур модели, формирование привязок к параметрам (поиск структур таблиц производится в унифицированном виде);

- выполняется проверка наличия минимально необходимого для работы АРЧМ числа таблиц соответствующих классов и функций, описываемых в них отдельными подклассами;

- производится выделение памяти под все объекты (в зависимости от их количества), привязка указателей к структурам;

- *MakeLinks()* — привязка параметров таблиц к списку сигналов обработчика данных;

- все поля массивов структур, содержащих метку качества данных, прописываются признаком RTDB_NO_DATA (нет данных).

Функция *MakeLinks()* осуществляет привязку структур данных АРЧМ к списку сигналов по совпадению следующих параметров:

- название класса объектов, к которому привязан сигнал в списке сигналов, и в структуре данных АРЧМ (необходимые названия классов объектов заданы статически в функции *RequestAllTable*) ИЛИ название подкласса в списке сигналов и в структуре данных АРЧМ;

- совпадение номера объекта в списке сигналов и в структуре данных АРЧМ;

- совпадение имен параметров (*CodeName*) в списке сигналов и в структуре данных АРЧМ ИЛИ совпадение имен параметров (*CodeName*) в списке сигналов и дополнительного имени в структуре данных АРЧМ.

После выполнения процедур производится переход к циклической обработке поступающих сигналов.

Действия разработчика, необходимые для увеличения числа параметров в информационной модели, описаны в Руководстве разработчика Системы.

В случае отсутствия необходимых объектов/полей/функций, неполного описания (например, отсутствия привязки измерения к слоту) — завершение работы приложения с записью информации о ошибке в файл журнала.

Функция вызывается после формирования списка сигналов.

Коды ошибок и процессы обработки ошибок приведены в общем списке с УМ АРЧМ.

Комплекты диаграмм *UML* с их описаниями (алгоритмами работы) представлены на рисунке 9.1.3.1.

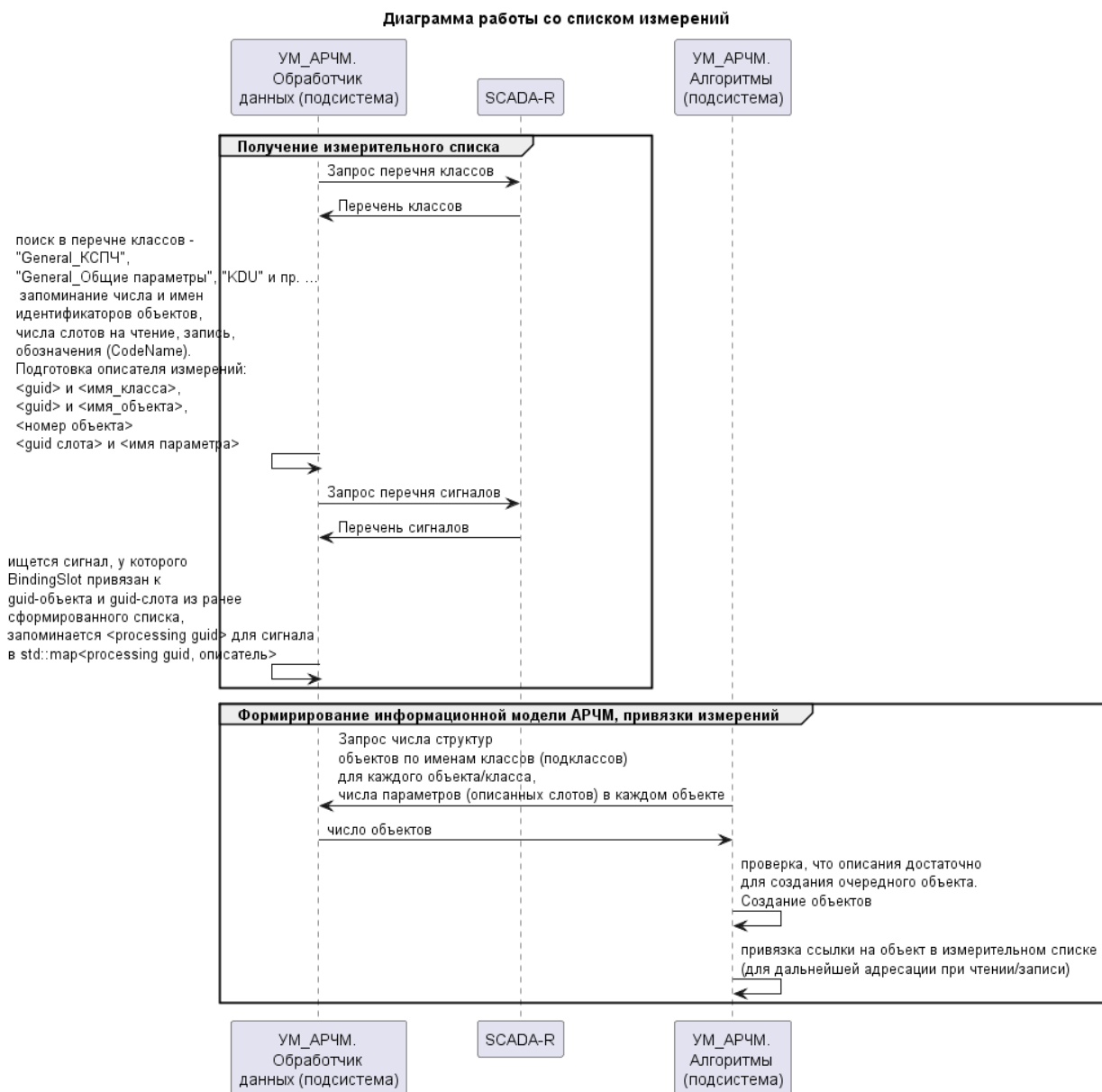


Рисунок 9.1.3.1 — Формирование списка сигналов, привязки к списку сигналов

9.1.4 Циклический алгоритм

Описан в разделе 8.1.2.

9.1.5 Технологические алгоритмы

В составе программного обеспечения АРЧМ технологические функции АРЧМ реализуются единым программным модулем.

В модуле содержатся подсистемы:

- АО(Т)П;
- регулятора;
- функции удаленного управления, защит и блокировок;
- функции распределения управляющих воздействий;
- формирование суммарного задания вторичной мощности на ЭО;
- функции выбора мертвой полосы по общим и индивидуальным уставкам и функции исключения ЭО при вхождении в мертвую полосу.

Вызывается функция *ARM*, которая в зависимости от текущей ситуации и в соответствии с требованиями по взаимодействию функций вызывает следующие программные функции.

Для реализации основных технологических функций в алгоритмах и программном обеспечении УМ АРЧМ предусмотрены следующие программные функции:

- **ZAB** — функция защит и блокировок;
- **UST** — функция расчета автоматических уставок АОП, приведения уставок и контролируемого полного тока к АОТП, выбора параметров регулятора АРПЧ, изменение коэффициентов влияния при установке режима АОП «на сигнал»;
- **BIR0** — функция определения групп объектов управления, имеющих возможность загружать, разгружать;
- **IR1** — функция определения перегрузок АО(Т)П и вхождения в зоны минимального запаса;
- **GAOP** — функция определения результирующих групп для ликвидации перегрузок АО(Т)П;
- **AR4P1** — функция, определяющая управляющее воздействие регулятора;
- **AR4P2** — функция определения групп объектов для Регулятора АРПЧ и приращений управляющего воздействия Регулятора АРПЧ на объекты управления;
- **DIVMIN** — функция определения приращений управляющего воздействия АО(Т)П на объекты управления для одностороннего АО(Т)П;
- **DIVMN** — функция определения приращений управляющего воздействия АО(Т)П на объекты управления для сбалансированного АО(Т)П;
- **DistribAopAction** — функция распределения управляющего воздействия АО(Т)П;
- **CKSCS** — функция приема задания и команд от ЦКС АРЧМ при централизованном и иерархическом удаленном управлении объектами ЦС АРЧМ;
- **VOZ** — функция расчета приращения управляющего воздействия при возврате накопленных воздействий АОП;
- **RIZ** — функция ручного изменения мощности регулирующих объектов;
- **RKM** — ручной корректор мощности, функция реализующая пошаговое изменение задания на объект управления, введенного вручную;
- **OUT** — функция, определяющая и суммирующая управляющие воздействия от АО(Т)П, регулятора, РКМ, возврата, удаленного управления; Воздействия, т.е. задания вторичной мощности, проверяются на допустимые пределы, а приращение воздействия на допустимую максимальную скорость;
- **FRDC** — функция контроля повышения/снижения частоты;
- Функции МПРП, исключаяющие объекты из групп Регулятора АРПЧ при вхождении контролируемого параметра АРПЧ в зону мертвой полосы; Вызов функции исключения объектов производится из функции **AR4P2**;

– **DISP** — функция формирования параметров для представления на формах отображения.

9.1.5.1 Описание отдельных программных модулей

9.1.5.1.1 Функция **TimerProcessing()**

Функция вызывается циклически. Реализует вызовы всех необходимых функций обработки данных.

Задачи, решаемые функцией:

- контроль интервалов времени вызова функции циклической обработки данных;
- вывод из работы параметров контроля связи при отключенном контроле связи;
- проверка задержки данных функцией контроля связи;
- определение величины шага расчета;
- проверка нарушения допустимого интервала простоя;
- вызов главной функции *archm()*;
- запуск процедуры сохранения среза состояния системы;
- усреднение времени выполнения задачи на интервале 10 минут.

Вызов алгоритмов блокируется, если время между вызовами менее 0,75 секунды.

Запись среза выполняется в соответствии с переданным при запуске УМ АРЧМ интервалом времени.

При работе функции модифицируются поля ИБД (модификация полей ИБД происходит при работе любой технологической функции АРЧМ).

Если при начальной загрузке сервер находится в разрешенном для работы состоянии, производится перезапись хранимых измерений от *SCADA-R* в рабочие таблицы данных.

Возможные ошибки: пропуск расчетов при невыполнении условий начальной загрузки.

9.1.5.1.2 Основной блок — функция **ARCHM**

Функция *ARCHM*, реализованная в файле *SO_CDU50.cpp*, каждую секунду вызывается циклическим алгоритмом (*TimerProcessing*).

Функция состоит из двух частей.

В первой описаны действия алгоритмов АРЧМ при первом проходе после пуска/перезапуска, а во второй описаны действия ЦС/ЦКС АРЧМ при циклическом проходе.

При первом проходе задачи УМ АРЧМ после пуска/перезапуска происходит обширная печать информации в лог-файл, выполняются некоторые защитные функции, и происходит обнуление счетчиков и таймеров, которые используются внутри программы. Выполняются:

- контроль уставок АО(Т)П в ручном режиме при первом проходе;
- контроль уставки по частоте, не должна превышать (48,0; 52,5) Гц, иначе задается 50,0 Гц.

При циклическом проходе происходит вызов алгоритмических блоков (функций, реализованных в отдельных файлах директории *cksarchm*) и

выполняются некоторые защиты, блокировки, реализуются некоторые функции:

- сброс всех ошибок кроме тех, что привели к отключению ключа АРЧМ;
- контроль наличия связи с СТМ;
- организация сигналов для мигающих сообщений;
- контроль длительности простоя задачи *archm*;
- контроль необновления частоты и блокировка (отключение) системы (с блокировкой);
- расчет текущего суммарного задания мощности для ЭО (ЗПМ плюс Задание АРЧМ);
- отключение ЭО по несинхронной работе;
- отключение ЭО по внешнему сигналу отключения;
- алгоритм включения/отключения ЭО и формирования ТС «Вкл. ЗВМ»/ «Откл.ЗВМ» (длительный сигнал);
- расчет параметров выработки ЭО;
- фиксация отклонения от заданного цикла более 0,1 с;
- вызов функции *arm()* — см. Приложение Б.

Структурная схема алгоритма функции *arm()* представлена в Приложении Б. Вышеприведенные функции (кроме двух) описаны в разделе 2, в настоящем разделе приведены ранее неописанные функции, приведены ссылки на их описания.

9.1.5.1.3 Блок защит и блокировок — ZAB

В данном блоке последовательно реализуется большинство защит и блокировок ЦС/ЦКС АРЧМ. Название защитной функции и реакция на нее приведены в таблице 9.1.5.1.3.1, а структурная схема функции ZAB приведена в Приложении Б.

Таблица 9.1.5.1.3.1 — Перечень событий, на которые предусмотрена реакция ЦС/ЦКС АРЧМ в блоке защит и блокировок ZAB

№	Контролируемое событие	Действие ЦС АРЧМ
1	Контроль несинхронной работы ЭО с ДЦ (несинхронная работа)	Отключение ЭО от управления. Формирование сигнала отключения ЭО из-за недопустимой разницы частот
2	Недостоверность частоты ЭО при контроле несинхронной работы ЭО с ДЦ	Блокировка ЭО. Формирование сигнала блокировки по недоустоверности частоты ЭО
3	Контроль внешнего сигнала отключения ЭО (включая сигналы от внешних источников)	Отключение ЭО от управления по внешнему сигналу, блокировка ЭО при недоустоверности внешнего сигнала
4	Контроль внешнего сигнала блокировки ЭО (включая сигналы от внешних источников)	Блокировка ЭО по внешнему сигналу или при его недоустоверности
5	Контроль достоверности мощности ЭО при заданных ограничениях максимальной/минимальной мощности ЭО	Блокировка ЭО

№	Контролируемое событие	Действие ЦС АРЧМ
6	Контроль отсутствия или недостоверности ТС «Централизованный» от ЭО	Блокировка ЭО
7	Контроль ТС «Блокировка ЗВМ» от ЭО	Блокировка ЭО
8	Контроль отрицательного значения диапазона ЭО	Переопределение нулем значения диапазона для расчетов, формирование признака «Максимум»/«Минимум»
9	Исчезновение (обнуление) телесигнала готовности ЭО к регулированию	Отключение ЭО от ЦС/ЦКС АРЧМ (опционально) и обнуление задания вторичной мощности (опционально)
10	Контроль одновременного прихода ТС об исчерпании верхнего и нижнего регулировочного диапазонов	Блокировка ЭО
11	Обработка нажатия кнопки обнуления	Кнопка нажата и объект отключен — обнуление задания вторичной мощности
12	Контроль задания уставки по частоте на пределы 48,0 Гц и 52,5 Гц	Возврат к предыдущему значению
13	Не выбрано ни одно или выбрано несколько активных сечений для регулятора в режиме АРП или АРПЧ	Отключение всех ключей выбора сечения, отключение ключа регулятора
14	Контроль достоверности ТИ контролируемого параметра для выбранного режима регулятора	Блокировка регулятора при недостоверности частоты в режимах АРЧ и АРПЧ, блокировка регулятора при недостоверности перетока в режимах АРП и АРПЧ
15	Контроль внешнего сигнала отключения регулятора	Отключение ключа регулятора по внешнему сигналу, блокировка регулятора при недостоверности внешнего сигнала
16	Контроль внешнего сигнала блокирования регулятора	Блокировка регулятора по внешнему сигналу или при его недостоверности
17	Выбранный режим регулятора (АРП/АРПЧ/АРЧ) не единственный или не выбран ни один режим	Возврат к предыдущему положению ключей режимов, или отключение регулятора, если предыдущее положение ключей также некорректно
18	Недопустимое по длительности необновление частоты при режиме регулятора АРЧ или АРПЧ	Блокировка регулятора (опционально)
19	Контроль текущего отклонения частоты (КОЧ)	Определение актуальной зоны частоты для функции предотвращения значительных отклонений частоты при действии АО(Т)П
20	Контроль недопустимого снижения/повышения частоты	Включение регулятора в режиме АРЧ, запрет действия АО(Т)П в направлении увеличения отклонения частоты (контроль опционален)
21	Контроль выделения области регулирования на изолированную работу по отклонению частоты или по ТС состояния полного сечения	Включение регулятора в режиме АРЧ (опционально)
22	Контроль внешнего сигнала отключения АО(Т)П	Блокировка АО(Т)П по внешнему сигналу или при его недостоверности
23	Контроль внешнего сигнала блокировки АО(Т)П	Блокировка АО(Т)П
24	Контроль отсутствия или недостоверности внешней уставки в режиме автоматического задания уставок при использовании КПОС	Блокировка АОП
25	Контроль отсутствия или недостоверности расчетных уставок в режиме автоматического задания уставок	Блокировка АОП

№	Контролируемое событие	Действие ЦС АРЧМ
26	Контроль полноты и достоверности параметров АОТП 1-го типа	При отсутствии описания одного из следующих параметров: контролируемый ток, рабочее напряжение, уставка по току, реактивная мощность — отключение АОТП. При недостоверности одного из указанных параметров происходит блокировка АОТП
27	Контроль внешней токовой уставки для АОТП 2-го типа в режиме автоматического задания уставки	При отсутствии описания или недостоверности внешней токовой уставки, или если ее значение меньше величины зоны минимального запаса — блокировка АОП
28	Контроль полноты и достоверности параметров АОТП 2-го типа	При отсутствии описания одного из следующих параметров: контролируемый ток, переток активной мощности — отключение АОТП. При недостоверности одного из указанных параметров — блокировка АОТП
29	Контроль недостоверности контролируемого перетока АОП	Блокировка АОП
30	Контроль рассогласования выхода ЗВМ и задания от ЦС/ЦКС АРЧМ	Блокировка ЭО (опционально), отключение ЭО (опционально)
31	Контроль неисправности каналов связи с ЭО	Блокировка ЭО (опционально)
32	Контроль неисправности информационного обмена по длительному необновлению «моргунчика»	Блокировка ЭО (опционально)
33	Контроль неисправности контура телерегулирования по недопустимой круговой задержке счетчика	Блокировка ЭО (опционально)

9.1.5.1.4 Блок расчетных уставок — *UST*

Приведено в разделе 4.1.9.1.

9.1.5.1.5 Блок формирования групп объектов, имеющих возможность загрузки и разгрузки — *BIR0*

Приведено в разделе 4.1.7.

9.1.5.1.6 Блок определения состояния АО(Т)П: перегружен или в зоне минимального запаса — *IR1*

Приведено в разделе **Ошибка! Источник ссылки не найден.** 4.1.2.6.

9.1.5.1.7 Блок определения групп объектов для ликвидации перегрузок сечений — *GAOP*

Приведено в разделе **Ошибка! Источник ссылки не найден.** 4.1.2.5.

9.1.5.1.8 Блок определения небаланса и суммарного управляющего воздействия регулятора АРПЧ — *AR4P1*

Приведено в разделе 4.1.1.1.

9.1.5.1.9 Блок формирования групп объектов для регулятора АРПЧ и распределения суммарного управляющего воздействия — *AR4P2*

Приведено в разделе 4.1.1.2.

9.1.5.1.10 Блок одностороннего ограничения — *DIVMIN*

Приведено в разделе 4.1.2.1.

9.1.5.1.11 Блок двухстороннего ограничения — *DIVMN*

Приведено в разделе 4.1.2.2.

9.1.5.1.12 Блок распределения управляющего воздействия АО(Т)П — *DistribAopAction*

Приведено в разделе 4.1.2.3.

9.1.5.1.13 Блок централизованного и иерархического управления — *CKSCS*

Приведено в разделе 4.1.4.1.

9.1.5.1.14 Блок возврата объекта — *VOZ*

Приведено в разделе 4.1.2.4.

9.1.5.1.15 Блок ручного корректора мощности — *RKM*

Приведено в разделе 4.1.3.

9.1.5.1.16 Блок суммирования управляющих воздействий на объекты — *OUT*

Подраздел в разделе 4.1.6.

9.1.5.1.17 Блок контроля повышения/снижения частоты *FRDC*

Приведено в разделе 4.1.11.11 (функция КСПЧ).

9.1.5.1.18 Описание библиотеки функций МПРП

Функция служит для определения мертвых полос контролируемых параметров Регулятора и исключения воздействия на ЭО при нахождении регулируемого параметра внутри актуальной полосы. В каждом цикле работы задачи АРЧМ функция вызывается из функции *takeTmprp* (в функции *AR4P1*) для выбора меньшей из заданных уставок общей и индивидуальной для каждого ЭО для режимов регулятора АРЧ, АРПЧ и АРП — мертвых полос.

Из функции *ar4p2* вызывается функция *takeBlockException*, в которой рассчитываются разности контролируемого параметра и уставки, и в зависимости от заданного режима регулятора исключаются те ЭО, параметры регулирования которых оказались в мертвой полосе.

9.1.5.1.19 Блок определения параметров для визуализации диспетчеру — *DISP*

В данном блоке происходит определение дополнительных параметров регулятора и АО(Т)П с целью удобства визуализации для диспетчера.

Вначале для каждого АО(Т)П, при наличии перегрузки и объектов для ликвидации данной перегрузки, формируется признак «действует», а в случае отсутствия объектов для ликвидации перегрузки — признак «не действует».

Затем для регулятора АРПЧ, в случае наличия объектов для воздействия в соответствующую сторону, формируются признаки «загружает/разгружает». Если объектов для воздействия регулятора АРПЧ нет, по причине действия на них АОП (АОТП) в противоположную сторону, то формируется признак «конфликт регулятора и АО(Т)П». Если несколько АО(Т)П действуют на объекты противоположным образом, то формируется признак «конфликт АО(Т)П».

В конце формируются мигающая перегрузка и мигающий минимальный запас для каждого АО(Т)П, находящегося в соответствующем состоянии.

9.1.5.2 Описание логических интерфейсов с другими программами

Интерфейсы взаимодействия со SCADA-R описаны в разделах 9.1.1, 9.1.2.

УМ АРЧМ формирует сигналы, описывающие свое состояние в соответствии с описанием, приведенном в Приложениях Б, Д.

При работе с поступающими измерениями от SCADA-R реализуется проверка меток качества входных сигналов, реализуется проверка передачи информации согласно Приложению В.

9.1.5.2.1 Описание способа реализации и редактирования программных алгоритмов (редактирования исходного кода технологических алгоритмов программного обеспечения)

Исходный код УМ АРЧМ реализован в виде проекта для *open source* среды разработки *Code::Blocks*.

Файлы проекта включают файлы, реализующие работу сервиса взаимодействия со SCADA-R (*SourceCodeService*, *service_part*) и алгоритмы АРЧМ (*SourceCode*, *um_archm*). Структура обоих проектов приведена на рисунке 9.1.5.2.1.1. Непосредственные файлы проекта имеют разрешение *cbp*.

Проект (*.cbp) с сервисом взаимодействия со SCADA-R может собираться отдельно при необходимости проверки взаимодействия со SCADA-R без использования алгоритмов АРЧМ.

Оба проекта имеют независимые от *Code::Blocks* файлы сборки *test.cbp.mak*.

В случае изменения состава проекта (добавления/удаления исходных файлов, библиотек), изменений параметров компилятора, параметров сборки необходимо пересоздать указанный файл командой (выполняется из директории, в которой находится файл *test.cbp*):

cbp2make --verbose -in test.cbp,

где: *cbp2make* — утилита конвертации проекта *Code::Blocks* в файл *mak*;

--verbose — подробный вывод информации по созданию файла *mak*;

-in test.cbp — указание на файл, из которого нужно сделать файл сборки *mak*.

Редактирование исходного кода может осуществляться в *Code::Blocks*, в текстовых редакторах.

Для добавления параметров в существующие структуры необходимо отредактировать файл *DefDataStruct.h*.

Перечень запрашиваемых у SCADA-R классов/подклассов формируется при разборе базового класса, *uid* которого передается в качестве параметра запуска УМ АРЧМ. Перечень классов/подклассов запрашивается в файле *MQManager.cpp*, в функции *initGetState*¹. Список необходимых классов/подклассов не является структурированным (классы и подклассы находятся в едином списке без иерархии, объекты списка содержат информацию о иерархии объектов).

¹ Может быть перенесен в процессе разработки

Перечень классов/подклассов, на которые создаются ссылки на интерфейсный блок в УМ АРЧМ приведен в файле *SelectFuncs.cpp*. В этом файле список классов/подклассов является структурированным, для установления к каким структурам относятся те или иные подклассы при формировании единого описания информационной модели.

[Конфиденциальная информация]

[Конфиденциальная информация]

а) — Структура проектов
service_part, um_archm

б) — Файлы проекта сервиса
service_part

Рисунок 9.1.5.2.1.1 — Структура и файлы проекта

[Конфиденциальная информация]

[Конфиденциальная информация]

Рисунок 9.1.5.2.1.2 — Структура проекта *um_archm*

Для изменения логики работы алгоритмов необходимо корректировать файлы исходного кода из директории «*server_po*». Структура и файлы проекта *service_part, um_archm* представлены на рисунках 9.1.5.2.1.1, 9.1.5.2.1.2.

9.1.5.2.2 Описание всех данных и баз данных, к которым осуществляется доступ с помощью данного программного обеспечения

УМ АРЧМ осуществляет доступ к информационной модели *SCADA-R* через *API SCADA-R* (доступ реализуется в файле *MQManager.cpp*).

9.1.6 Краткое описание всех сообщений об ошибках и возможных действиях по их устранению

При работе УМ АРЧМ формирует журнал (*log*-файл). Сообщения в журнале имеют заданные уровни приоритета. В журнал попадают сообщения с большим приоритетом, чем задан в программе в качестве основного уровня подробности журнала.

Существуют следующие приоритеты сообщений (от наиболее важных, к менее важным): *critical, error, warning, info, debug, trace*.

Основной уровень подробности журнала может быть задан: *off* (отключена запись сообщений), *critical* (печатаются только критические сообщения), *error* (печатаются критические сообщения и сообщения о ошибках), *warning, info, debug, trace* (печать всех сообщений).

Уровни подробности

В УМ АРЧМ реализовано разделение логики работы с журналом:

- используется основной уровень подробности журнала для сообщений от обработчика данных;
- используется уровень подробности журнала для сообщений алгоритмов УМ АРЧМ.

Основной уровень подробности журнала первоначально считывается из параметров запуска УМ АРЧМ. Далее его значение будет задаваться в зависимости от уровня подробности журнала для сообщений алгоритмов УМ АРЧМ (параметр «Общие параметры. Уровень подробности журнала») согласно следующей таблице 9.1.6.1.

Таблица 9.1.6.1 – Соответствие уровней подробности журнала

№	Значение уровня подробности журнала для сообщений УМ АРЧМ	Записываемый основной уровень подробности журнала
1	25 и более	<i>trace</i>
2	16-24	<i>debug</i>
3	3-15	<i>info</i>
4	2	<i>warning</i>
5	1	<i>error</i>
6	1	<i>critical</i>
7	0	<i>off</i>

Чем больше значение параметра «Общие параметры. Уровень подробности журнала», тем больше выводимых сообщений.

Обработчик данных (модуль *MQManager*) формирует записи в журнал согласно фиксированным на уровне исходного кода уровням приоритета сообщений (*critical*, *error*, *warning*, ...) и заданного основного уровня подробности журнала.

Основные сообщения приведены ниже (Таблица 9.1.6.2). Основные сообщения об ошибках, формируемые УМ АРЧМ (обработчик данных) представлены в таблице 9.1.6.2. В таблице 9.1.6.3 представлены основные сообщения об ошибках, формируемые УМ АРЧМ (алгоритмы)

В Приложении Г приведен перечень основных сообщений, формируемых УМ АРЧМ в ходе работы.

При наладке УМ АРЧМ и проверке исходной конфигурации рекомендуется запускать модули с повышенным уровнем подробности журнала, чтобы проверить корректность задания и описания различных функций, полноту описания энергообъектов, выявить факты наличия недостоверных сигналов.

Таблица 9.1.6.2 — Сообщения, формируемые УМ АРЧМ в файле журнала, с уровнем подробности журнала 1¹

№	Запись в журнале	Комментарии
	Уровень подробности журнала 1 (формируются всегда)	—
1	"Ошибка формирования блока внутренних массивов"	—
2	"WATCHDOG включен. Запись паузы WATCHDOG в настройки\n"	—
3	"WATCHDOG выключен. Отключение функции WATCHDOG\n"	—
4	"Цикл запуска = %d мсек."	Печатается время цикла расчета

¹ В шаблоны сообщений подставляются значения, описывающие целочисленные параметры (%d), %s – строковые параметры, параметры в шестнадцатеричном представлении (%x)

№	Запись в журнале	Комментарии
5	"Уровень отладки = %d ."	Печатается уровень отладки журнала
6	"Путь к папке с записью среза состояния - %s"	Печатается путь к файлам среза
7	"Цикл обновления записи среза состояния - %d"	—
8	"Инициализация модуля произведена с ошибкой (ошибками). Завершение работы модуля"	—
9	"Запущен таймер запуска расчетов. Цикл %d мсек"	—
10	"Сервер SCADA-R находится в состоянии, запрещающим работу этого экземпляра АРЧМ. Работа будет продолжена после смены состояния сервера SCADA-R"	Циклический алгоритм ждет изменения состояния серверов SCADA-R
11	"Закрытие программы"	—
12	"Начальная установка linkstate = 0. Объект %d."	Настройка функции контроля связи с объектами, статусы работы функции
13	"Начальная установка linkstate = 0. Объект ЦКС"	
14	"Начальная установка linkstate = 0. Объект: УИИ № %d"	
15	"Проверка состояния связи с объектом %d"	
16	"Проверка состояния связи с ЦКС АРЧМ"	
17	"Проверка состояния связи с УИИ № %d"	
18	"Контроль 1: maska = %0x prizn = %0x state = %d"	
19	"НЕТ ДАННЫХ: priznList->reflseccount = %0x maska1 = %0x"	
20	"Контроль 2: maska = %0x"	
21	"Нет сигнала - %d linkstate = %d maxdelay = %d"	
22	"Сигнал от канала отсутствует = %d сек."	
23	"Новые данные: count = %d reflcount = %d "	
24	"Новый час: среднее = %d счетчик = %d"	
25	"Тек. зад. = %d допуст. = %d linkstate = %d ошибки = %d"	
26	"<<<< Формирование структуры RtuRestriction >>>>"	
27	"SostvRegID = %d IDaop = %d IndexAop = %d"	Статусы работы с АОП
28	"Ошибка заказа памяти для структуры M_RtuRestr"	Критическая ошибка

Таблица 9.1.6.3 — Основные сообщения об ошибках, формируемые УМ АРЧМ (обработчик данных)¹

№	Запись в журнале	Комментарии, действия системы
1	"TERMINATE signal {}"	В журнале фиксируется факт прихода сигнала SIGINT на закрытие приложения
2	"Переменная среды SCADAR_BUS_HOST не задана, используется стандартное значение"	—
3	"Некорректный формат переменной среды SCADAR_BUS_PORT. Задано некорректное значение: [{}]"	Используется значение по умолчанию
4	"Некорректный формат переменной среды SCADAR_BUS_PORT. Значение выходит за допустимый диапазон"	Используется значение по умолчанию
5	"Переменная среды SCADAR_BUS_PORT не задана, используется стандартное значение"	—
6	"Переменная среды SCADAR_BUS_USER не задана, используется стандартное значение"	—
7	"Переменная среды SCADAR_BUS_PASSWD не задана, используется стандартное значение: [*****]"	—
8	"Некорректный формат переменной среды SCADAR_RESERV_INDEX. Задано некорректное значение: [{}]"	Используется значение по умолчанию
9	"Некорректный формат переменной среды SCADAR_RESERV_INDEX. Значение выходит за допустимый диапазон: [{}]"	Используется значение по умолчанию
10	"Переменная среды SCADAR_RESERV_INDEX не задана, используется стандартное значение: [{}]"	—
11	"Переменная среды SCADAR_RESERV_ROLE не задана, используется стандартное значение: [{}]"	—
12	"Переменная среды SCADAR_RESERV_ENABLE. Задано некорректное значение: [{}]"	Используется значение по умолчанию

¹ В шаблоны сообщений на места «{}» подставляются значения параметров

№	Запись в журнале	Комментарии, действия системы
13	"Переменная среды SCADAR_RESERV_ENABLE. Значение выходит за допустимый диапазон: [{}]"	Используется значение по умолчанию
14	"SCADAR_RESERV_ENABLE Переменная среды не найдена"	Используется значение по умолчанию
15	"Критическая ошибка. Невозможно выделить память под объект MQConInfo"	Заккрытие приложения
16	"Критическая ошибка. Невозможно выделить память под объект MQManager"	
17	"Критическая ошибка. Невозможно выделить память под объект MQManager handler"	
18	"Критическая ошибка. Ошибка инициализации не задан один из параметров host/user/password"	
19	"Критическая ошибка. Невозможно выделить память под объект MQManager connection"	
20	"Критическая ошибка. Невозможно выделить память под объект MQManager channel security events"	
21	"Критическая ошибка. Невозможно выделить память под объект MQManager channel get state"	
22	"Can't decompress configuration"	Ошибка данных, описывающих информационную модель, которые были переданы по подписке
23	"decode srConf err"	
24	"Ошибка. Назначение объектов типа SrBinding (slot) изменилось в программной среде SCADA-R. Необходим перевыпуск обновления УМ АРЧМ"	Выполняется проверка организации данных в API SCADA-R. При изменении организации данных в API, формируется ошибка. Исправление возможно внесением изменений в код программного обеспечения
25	"Критическая ошибка. Невозможно выделить память под объект MQManager channel state updated"	Заккрытие приложения.
26	"decode srValue err\n"	Данные, принятые по подписке, не расшифрованы средствами API SCADA-R
27	"Ошибка. Невозможно обработать сообщения с шины данных RabbitMQ – нет соединения с шиной"	Предпринимается попытка восстановления соединения с шиной данных

№	Запись в журнале	Комментарии, действия системы
28	"Ошибка. Невозможно создать поток для работы с шиной данных"	—
29	"Ошибка. Не удалось отправить событие Audit Event в SCADA-R"	—
30	"Ошибка. Не удалось отправить дискретные сигналы в SCADA-R (Send Discrete Value request timeout). Stream:[{}]"	Отправка события в SCADA-R о ошибке
31	"Ошибка. Не удалось отправить дискретные сигналы в SCADA-R (Send Discrete Value request error). {}"	Отправка события в SCADA-R о ошибке
32	Не удалось подключиться к серверу SCADA-R	Закрытие приложения.

Таблица 9.1.6.3 — Основные сообщения об ошибках, формируемые УМ АРЧМ (алгоритмы)

№	Запись в журнале	Комментарии
33	"Инициализация модуля произведена с ошибкой (ошибками). Завершение работы модуля"	Ранее в журнале приводятся причины, по которым не удалось выполнить инициализацию модуля
34	"Тек. зад. = %d допуст. = %d linkstate = %d ошибки = %d"	Информация о наличии ошибок в схеме контроля связи
35	"АОП %d отключен из-за ошибки автоматических уставок"	Некорректно заведены значения, формируемые внешней системой автоматически, например, от КПОС
36	"!! Отключена функция контроля снижения/повышения F: ошибка в уставках"	Некорректно заданы параметры функции контроля снижения/повышения частоты
37	"Функция контроля снижения/повышения F: ошибка в уставках"	Аналогично
38	"!! Ошибка в ИБ: перехлест уставок АОП %d .Vzp = %f parp[i].Dzp = %f-отключение АОП при авт задании уставок"	Наличие несогласованности между нижними и верхними уставками АОП (с учетом зоны минимального запаса)
39	"!! Некорректно задан режим регулятора, регулятор отключен ()"	Наличие включенного состояния сразу у нескольких ключей регулятора
40	"АОП %d: ошибка в автоматических уставках (AvtUst=%f AvtDst=%f Zvoz=%f)"	Некорректно заведены значения, формируемые внешней системой автоматически, например, от КПОС
41	"АОТП %d: ошибка в данных: (3UUIpaб/1000-QQ) < 0, parp[j].Q = %6.2f"	Нет согласованности между вычисленной полной мощностью по ЛЭП/сечению, значению реактивной мощности по ЛЭП/сечению (полная мощность меньше реактивной)

№	Запись в журнале	Комментарии
42	"АОП %d: ошибка по шагу температуры temp=%f %x stepTemp=%f %x memtemp[j]%f temperatura=%f"	модуль разности температуры АОТП на текущем и предыдущем шаге превышает допустимый шаг изменения температуры
43	"!!! Коррекция выработки: ошибка номера соотв. ЭО (objCor[%d].NregObj = %d"	Некорректная привязка ЭО к описателю функции коррекции выработки
44	"Расчет плановой выработки ЭО %d: ошибка в диспетчерском графике"	Наличие недостоверности в одном из плановых значений
45	"Коррекция выработки ЭО %d блокирована: обнаружена ошибка в диспетчерском графике на текущем интервале"	
46	"Ошибка формирования блока внутренних массивов"	Критическая ошибка. Возможные причины: не полностью описана модель, не удалось выделить память под объекты
47	"Ошибка при сокращении блока ListOI. Заканчиваем."	Критическая ошибка, некорректная конфигурация математической модели. Закрытие программы
48	"Ошибка определения данных состояния связи с СТМ. Номер ППУ = %d"	Ошибка работы функции мониторинга объектов
49	"Ошибка создания/открытия файла %s"	Ошибка сохранения файла среза
50	"!!! Ошибка: у ЭО %d отрицательный КДУ для регулятора (%6.3f). Регулятор не работает"	Ошибка значений параметров КДУ
51	"Ошибка функции контроля повышения F: уставка F ступени %d меньше уставки возврата"	Ошибка значений параметров функции КСПЧ
52	"Ошибка функции контроля повышения F: уставка F ступени %d меньше 50 Гц"	
53	"Ошибка функции контроля снижения F: уставка F ступени %d больше уставки возврата"	
54	"Ошибка функции контроля снижения F: уставка F ступени %d больше 50 Гц"	
55	"Ошибка функции контроля повышения F: уставка F %d ступени меньше уставки %d ступени"	

№	Запись в журнале	Комментарии
56	"Ошибка функции контроля повышения F: выдержка времени 1 ступени меньше выдержки 2 ступени"	
57	"Ошибка функции контроля снижения F: уставка F %d ступени меньше уставки %d ступени"	
58	"Ошибка функции контроля снижения F: выдержка времени %d ступени больше выдержки %d ступени"	
59	"Функция контроля снижения F: некорректная уставка частоты возврата"	
60	"Ошибка функции контроля снижения/повышения F: не задано ни одной уставки"	
61	"Ошибка функции контроля снижения/повышения F: не задана уставка выдержки возврата"	
62	"!! Ошибка в ИБ: перехлест уставок АОП %d .Vzр = %f parp[i].Dzр = %f-отключение АОП при авт задании уставок"	Ошибка задания уставок АОП
63	"Ошибка в данных АОП %d: (3UУуст/1000-QQ) < 0"	Ошибка задания уставок АОП
64	"Ошибка заказа памяти для таблиц РБД"	Критическая ошибка. Заккрытие приложения
65	"Ошибка заказа памяти для таблиц рабочих структур"	Аналогично. Проверка в алгоритмах показала, что не были созданы необходимые таблицы данных для работы системы
66	"Ошибка заказа памяти для структуры Paraop"	Критическая ошибка. Заккрытие приложения. Указывается объект, для которого не удалось выделить память для работы Системы
67	"Ошибка заказа памяти для структуры M_Sostav"	
68	"Ошибка 2 задания образца структуры Sostav"	
69	"Ошибка заказа памяти для структуры M_VlArchm"	
70	"Ошибка заказа памяти для структуры ImpulsSig"	
71	"Ошибка заказа памяти для структуры M_Parobj"	
72	"Ошибка заказа памяти для структуры M_kdu"	

№	Запись в журнале	Комментарии
73	"Ошибка заказа памяти для структуры M_Pregar"	
74	"Ошибка заказа памяти для структуры M_General"	
75	"Ошибка заказа памяти для структуры M_Parar"	
76	"Ошибка заказа памяти для структуры M_SostvRegs"	
77	"Ошибка заказа памяти для структуры M_RtuRestr"	
78	"Ошибка заказа памяти для структуры M_RTU"	
79	"Ошибка заказа памяти для структуры M_FrequencyDeviationControl"	
80	"Ошибка заказа памяти для структуры M_GenCor"	
81	"Ошибка заказа памяти для структуры M_ParCorObj"	
82	"В таблице %s требуется описание функции %s, минимально допустимое число описаний %d. Описано %d. Ошибка описания модели."	Функции контроля описания информационной модели. Проверяется, что для таблицы в информационной модели SCADA-R описаны функции, без которых работа Системы невозможна. Заккрытие приложения
83	"В таблице %s требуется описание функции %s, максимально допустимое число описаний %d. Описано %d. Ошибка описания модели."	Функции контроля описания информационной модели. Проверяется, что для таблицы в информационной модели SCADA-R описаны функции, число описаний не превышает максимально заданного для таких описаний (для всех функций таблиц, которые должны быть представлены единственным экземпляром). Заккрытие приложения
84	"В таблице %s требуется описание функции %s в количестве %d. Однако функция описана в количестве %d. Ошибка описания модели."	Функции контроля описания информационной модели. В случае, если функция должна быть описана для каждого объекта определенного типа модели, но число описателей этой функции в SCADA-R не равно числу объектов — формируется ошибка. Заккрытие приложения

9.1.7 Описание диагностических сообщений

В разделе приведены основные информационные сообщения, которые записываются в журнал (*log*-файл) обработчиком данных и алгоритмами АРЧМ. В таблице 9.1.7.1 представлены основные информационные сообщения, формируемые УМ АРЧМ (обработчик данных). В таблице 9.1.7.2 представлены основные информационные сообщения, формируемые УМ АРЧМ (алгоритмы).

Таблица 9.1.7.1 — Основные информационные сообщения, формируемые УМ АРЧМ (обработчик данных)

№	Запись в журнале	Комментарии
1	"Переменная среды SCADAR_BUS_HOST задана [{}]"	Информационные сообщения о запуске приложения, подключения к SCADA-R
2	"Переменная среды SCADAR_BUS_PORT задана [{}]"	
3	"Переменная среды SCADAR_BUS_USER задана [{}]"	
4	"Переменная среды SCADAR_BUS_PASSWD задана [*****]"	
5	"Переменная среды SCADAR_RESERV_INDEX задана [{}]"	
6	"Переменная среды SCADAR_RESERV_ROLE set [{}]"	
7	"SCADAR_RESERV_ENABLE Переменная среды задана: <{}>"	
8	"Service name: SYSTEM-OPERATOR"	
9	"Platform version: {}"	
10	"ServeR software version: {}.{}.{}"	
11	"Build time: {}"	
12	"Ожидание подключения к серверу SCADA-R"	Информационные сообщения при старте модуля
13	"reserv init. reserv enabled:[{}]. reserv state:[{}]"	
14	"Stop SYSTEM-OPERATOR service"	
15	"declared queue {}"	
16	"was compressed:{} decompressed:{}"	
17	"decode srConf ok"	
18	"Поиск описаний классов"	Сообщения о поиске информационной модели
19	"Найдено описание класса {} {}"	Перечень найденных классов в модели, печатается перечень найденных объектов, измерений
20	"Пришло событие о изменении конфигурации"	Изменение конфигурации в SCADA-R. Модуль проверяет

№	Запись в журнале	Комментарии
		необходимость перезапуска и перезапускается
21	"channel_subscribe_processing status={}\n", status ? "true" : "false"	Подписка на канал связи
22	"Subscription already exists"	Диагностическое сообщение о наличии заданной к созданию подписки. Наличие сообщения говорит о наличии ошибок при изменении кода программного обеспечения (далее ошибки программирования)
23	"RPC request. Empty processing list..."	Сообщения выводятся в случае наличия ошибок программирования
24	"send rpc-subscribe-values-processing"	
25	"Subscription does not exist"	
26	"RPC request. Empty processing list..."	
27	"send rpc-unsubscribe-values-processing"	
28	"Запущен поток MQManager для работы с шиной Rabbit MQ!"	Статус работы с шиной RabbitMQ
29	"Rabbit MQ остановлена"	
30	"channel_subscribe_values status={}\n", status ? "true" : "false"	Подписка на канал связи
31	"Сообщения по резервированию сервера. feed-Reserv-info: ReservNumber={} ReservRole={} ReservState={}"	Информация о переменных, описывающих резервирование сервера SCADA-R
32	"Запрошена информация о объекте типа {}"	Сообщение интеграции с алгоритмами АРЧМ. Запрос описания информационной модели
33	"Класс объектов {} найден в структуре модели. Число объектов {}"	Сообщение интеграции с алгоритмами АРЧМ. Запрос описания информационной модели
34	"Объекты типа {} не описаны в модели"	Успешный запрос информации о объекте
35	"Запрошена информация о числе параметров (слотов) в объекте типа {}"	Сообщение интеграции с алгоритмами АРЧМ. Запрос описания информационной модели – получение числа слотов объекта
36	"Класс объектов {} найден в структуре модели. Число параметров (слотов) {}"	Успешный запрос информации о слотах объекте
37	"Объекты типа {} не описаны в модели"	Ошибка запроса к информационной модели

Таблица 9.1.7.2 — Основные информационные сообщения, формируемые УМ АРЧМ (алгоритмы)

№	Запись в журнале	Комментарии
1	"Небаланс регулятора: %6.2f"	Сообщения регулятора

№	Запись в журнале	Комментарии
2	"Регулятор в ускоренном режиме"	
3	"Сумм. небаланс регулятора %5.2f"	
4	"Распределение УВ регулятора по алгоритму коррекции выработки (regulAction = %5.2f)"	
5	"Регулятор: нет объектов регулирования (сумма КДУ = 0)"	
6	"Распределение УВ регулятора по КДУ (regulAction = %5.2f, kduSum = %6.2f)"	
7	"ЭО %d блокирован"	Сообщения о состоянии энергообъекта
8	"ЭО %d исключен из группы разгрузки: ограничение по Рмин"	
9	"ЭО %d исключен из группы загрузки: ограничение по Рмакс"	
10	"Изменена верхняя уставка у АОП %d"	Сообщения о состоянии АОП/АОТП
11	"Изменена нижняя уставка у АОП %d"	
12	"Пропуск первого цикла возникшей верхней перегрузки у АО(Т)П %d"	
13	"Модуль удаленного управления отключен"	Информационные сообщения о работе модуля централизованного управления
14	"Модуль централизованного управления включен"	
15	"Централизованный ЭО %d: загрузка разрешена (GJ=%d GJJ=%d Gop[i]=%d Gmzz[i]=%d obj[i].Svoz=%f)"	
16	"Централизованный ЭО %d: запрет на загрузку из-за перегрузки АОП (GJ=%d GJJ=%d)"	
17	"Централизованный ЭО %d: запрет на загрузку из-за минимального запаса АОП"	
18	"Централизованный ЭО %d: разгрузка разрешена (GJ=%d GJJ=%d Gop[i]=%d Gmzz[i]=%d obj[i].Svoz=%f)"	
19	"Централизованный ЭО %d: запрет на разгрузку из-за перегрузки АОП (GJ=%d GJJ=%d)"	
20	"Централизованный ЭО %d: запрет на разгрузку из-за минимального запаса АОП"	
21	"Модуль удаленного управления = %d"	
22	"Включен иерархический модуль M_General->toutZadanIerar4=%f"	
23	"ГЭО блокирован: нет объектов под АРПЧ"	

№	Запись в журнале	Комментарии
24	"ГЭО заблокирован: АРПЧ заблокирован"	
25	"Текущий шаг ЗВМ ГЭО ЭО-ЦС: %f"	
26	"Иерархическое групповое: нет объектов MaxOES=%d MinOES=%d"	
27	"M_General->TlurdOES = %f M_General->TldrdOES = %f M_General->MaxOES = %d M_General->MinOES = %d SRateOESz = %f SRateOESR = %f"	
28	"obj[%d].dPfcks = %f obj[%d].kdufOES = %f"	
29	"Сформирован ключ разрешения подключения иерархического объекта к ЦКС АРЧМ по ТС вкл. ЗВМ"	
30	"Слово состояние АО(Т)П: sl_aop = %x"	Сообщения о состоянии АОП/АОТП
31	"Уставки функции контроля снижения/повышения частоты корректны"	Сообщения от функции КСПЧ
32	"Частота выше уставки ступени КППЧ: ftek = %5.3f, freqrisetime = %d, actualTimeDelay = %d"	
33	"Частота выше уставки ступени КСЧ: ftek = %5.3f, freqdroptime = %d, actualTimeDelay = %d"	
34	"ЭО %d в конфликте АОП по коэф.влияния (gaop)"	
35	"Время между вызовами: %f с"	Информационные сообщения о работе блока алгоритмов
36	"нет объектов регулирования в Gar"	
37	"Размер блока внутренних массивов = %d указатель = %0x"	
38	"M_ImpulsSig[%d].memimpuls=%d M_ImpulsSig[i].fixsig = %d M_ImpulsSig[i].memimpuls = %d"	
39	"Сформирован фиксированный сигнал для импульсного сигнала № %d (M_ImpulsSig[i].fixsig = %d M_ImpulsSig[i].memimpuls = %d)"	
40	"АОТП %d: уставка по току:=%6.1f:состояние ТИ тока=%x, ТИ перетока=%x "	Сообщения о работе АОП
41	"АОТП %d: ток раб:=%6.1f"	
42	"parp[%d].Paotp=%6.2f: "	
43	"АОТП %d: не контролируется по внешнему сигналу."	

№	Запись в журнале	Комментарии
44	"АОТП %d: не контролируется по внешнему сигналу."	
45	"АОТП %d: коррекция токовой уставки недостоверна (%4.1f _%x), используем значение %4.1f"	
46	"Запрет возврата АОП при выходе частоты за допустимые пределы"	
47	"Включено сечение регулятора: %d (инверсия = %d)"	
48	"Активное сечение № %d регулятора"	
49	"Запрет РИЗ из-за АОП ЭО %d (GmzR = %d GJ_ = %d Gop = %d)"	
50	"РИЗ: суммарные диапазоны ЭО: на загрузку = %f, на разгрузку = %f"	
51	"Коррекция ЭО %d заблокирована: недостоверность Wfact или Wplan"	
52	"Отклонение частоты = %6.3f (Fтек = %6.3f Fуст = %6.3f мп+ = %6.3f мп- = %6.3f)"	
53	"Отклонение перетока = %6.2f (Ртек = %6.2f Русл = %6.2f мп+ = %6.2f мп- = %6.2f)"	
54	"Отклонение перетока с учетом коррекции по частоте = %7.3f"	
55	"(Ртек = %7.2f Русл = %7.2f Fтек = %6.3f Fуст = %6.3f мп+ = %6.2f мп- = %6.2f Кч = %7.2f)"	

9.1.8 Описание процедур отслеживания и исправления обнаруженных ошибок и уязвимостей программного обеспечения

Отслеживание и исправление ошибок и уязвимостей программного обеспечения выполняется:

- при выполнении компиляции программного обеспечения и анализе формируемых компилятором предупреждений (*warnings*);
- при выполнении модульных тестов в среде разработки программного обеспечения;
- при выполнении статического тестирования исходного кода на специализированном стенде;
- при выполнении динамического тестирования собранного приложения на специализированном стенде;
- при выполнении тестирования процессов установки, наладки и работы приложения в полигонном контуре;
- при проведении специализированных испытаний работы алгоритма с использованием тренажера, имитаторов регулирующих энергообъектов (в составе тренажера).

Регламенты проверки программного обеспечения в настоящий момент прорабатываются в АО «НТЦ ЕЭС».

Состав и содержание работ по анализу и устранению уязвимостей, выявленных в программных средствах организаций, на базе которых функционируют эти системы и сети, определяется Руководством по организации процесса управления уязвимостями в органе (организации), утвержденный ФСТЭК России 17 мая 2023 г.

Организационным документом, регламентирующим процесс разработки безопасного программного обеспечения, будет являться «Руководство по разработке безопасного программного обеспечения для значимых объектов критической информационной инфраструктуры (РБПО для ЗОКИИ)» (в настоящий момент существует неутвержденный проект указанного регламента).

Реестр недостатков программного обеспечения, уязвимостей должен вестись в системе *Service Desk*, функционирующей у Заказчика. Заказчик должен организовать доступ Исполнителя к системе *Service Desk*. При обнаружении недостатков программного обеспечения, уязвимостей в ходе очередного этапа внедрения Системы ответственные представители Заказчика вносят описание выявленных недостатков, уязвимостей, описание возможных условий, при которых был выявлен недостаток, и информируют Исполнителя.

На основе принятой информации Исполнитель проводит оценку уязвимости, согласует результаты оценки с Заказчиком. Исполнителем определяется методы устранения выявленного дефекта. В зависимости от уровня уязвимости, методов устранения выявленного дефекта Исполнителем по согласованию с Заказчиком определяется решение о необходимости срочной установки обновления, срочной реализации компенсирующих мер защиты информации, установке несрочного обновления.

Очередные исправления программного обеспечения, сформированные в ходе вышеописанной процедуры, должны быть сформированы согласно «Руководству по разработке безопасного программного обеспечения для значимых объектов критической информационной инфраструктуры (РБПО для ЗОКИИ)».

9.1.9 Описание способов и сроков доведения Исполнителем до Заказчика информации об уязвимостях программного обеспечения, а также о компенсирующих мерах по защите информации или ограничениях по применению программного обеспечения, а также способов получения его обновлений, проверки их целостности и подлинности

В случае выявления дефектов в программном обеспечении Исполнителем на этапах внедрения программного обеспечения Исполнителем производится оповещение Заказчика направлением электронного письма менеджеру проекта.

Исполнитель формирует документ с описанием обновления или описанием компенсирующих мер и отправляет Заказчику. В случае обновления программного обеспечения производится передача обновленного дистрибутива.

Описание обновления содержит описание обновления, процедур получения и контроля целостности обновления, описание выполненных процедур тестирования, установки, применения и верификации. Обновление передается в виде исходного кода, который должен быть упакован в zip-архив, дополненный значением контрольной суммы. Подсчет контрольных сумм выполняется средствами, встроенными в *Astra Linux*.

Для полученного архива с обновлениями необходимо выполнить процедуру проверки контрольной суммы.

Обновления передаются электронным способом с использованием системы «ФПА». Представители Заказчика выполняют загрузку нового исходного кода и дистрибутива в систему «ФПА».

9.1.10 Описание обязательств Исполнителя об информировании Заказчика об окончании производства и (или) поддержки программного обеспечения

Поддержка программного обеспечения осуществляется в рамках отдельных договоров, заключаемых между Заказчиком и Исполнителем.

10 ОПИСАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

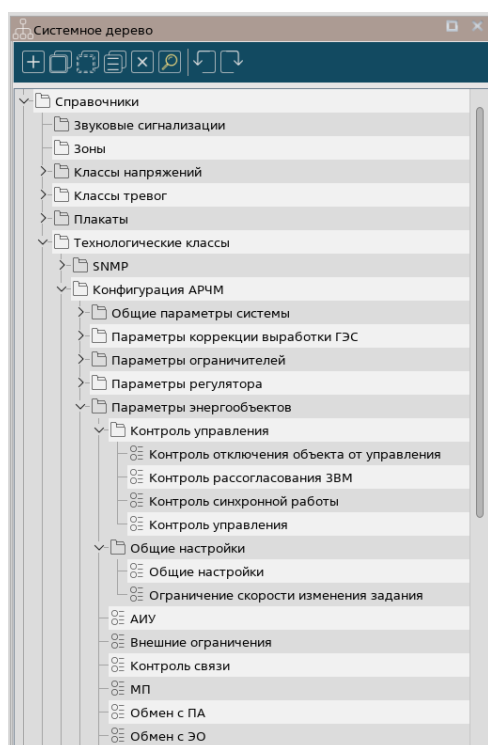
10.1 Описание решений по информационному обмену

Информационный обмен осуществляется через *API SCADA-R*. Информационный обмен реализуется посредством обработчика данных (раздел 9.1.2), являющегося подсистемой УМ АРЧМ (перечень библиотек, необходимых для функционирования *API SCADA-R* приведен в Приложении А).

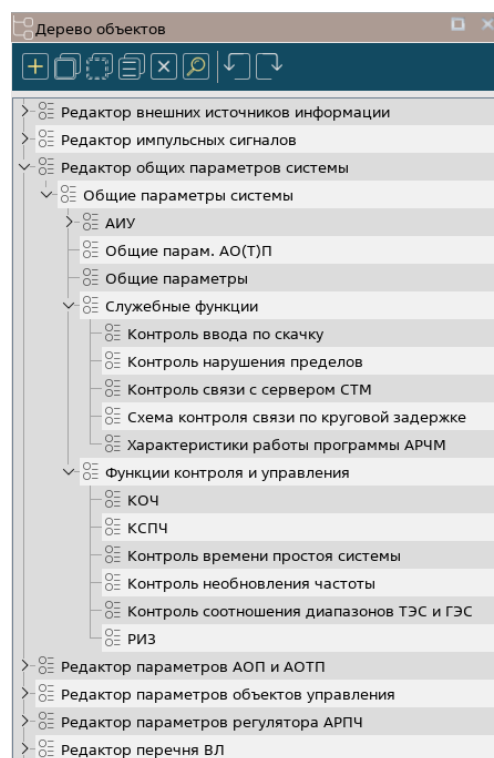
Для описания решений кратко описан подход к хранению объектов в *SCADA-R*.

10.1.1 Представление информационной модели в SCADA-R

В *SCADA-R* информационная модель представляется приведенным на рисунке 10.1.1.1 образом.



а) классы/подклассы



б) объекты с иерархией

Привязка слотов

Объект: Редактор общих параметров системы / Общие параметры системы / Функции контроля и управления / Контроль времени простоя системы

Открыть системное дерево Отвязать слот

Слоты состояния Командные слоты

Тип значения	Слот	Источник	Шкала	Значение	Единицы измерения	Функциональная группа	Сво
П	Признак останова АРЧМ из-за длительного простоя	Перетяните сигнал	Шкала не установлена			Не выбрана	...
О	Фактическое время простоя системы АРЧМ	Перетяните сигнал	Отсутствует			Не выбрана	...
О	Время последнего запуска вычислительного модуля...	Перетяните сигнал	Отсутствует			Не выбрана	...
О	Задержка останова АРЧМ из-за длительного ...	Перетяните сигнал	Отсутствует			Не выбрана	...

в) слоты объектов на чтение

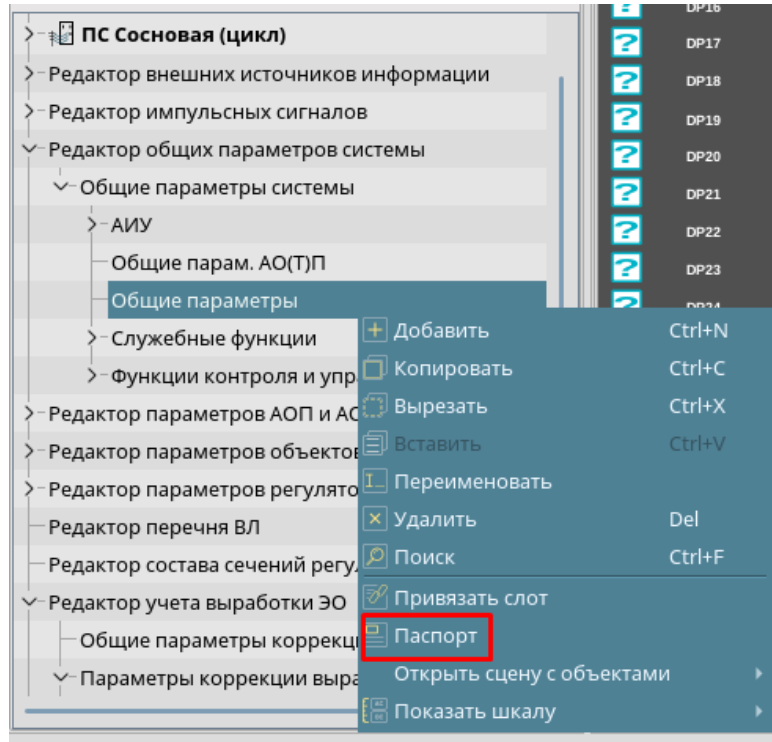
Редактор шаблона свойств слота: Набор ограничений активен — SCADA-R Пульт

Редактор шаблона свойств слота: Набор ограничений активен

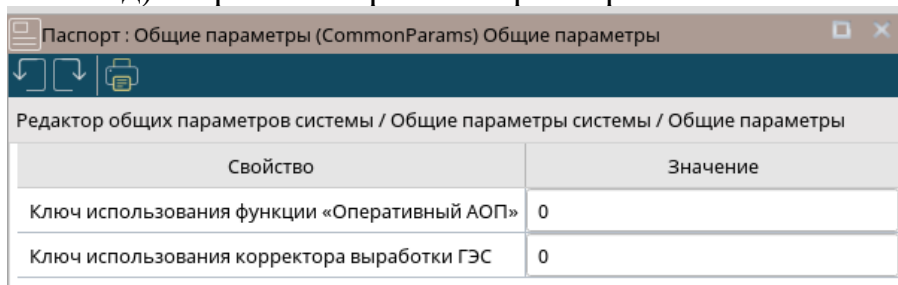
Свойства

Код	Наименование	Тип	Опционально	Значение
CodeName	Кодовое наименование слота	Строковый	☐	Enabled
CodeType	Кодовый тип слота	Строковый	☐	R

г) описание параметра, к которому относится один слот



д) запрос паспортных параметров объекта



е) паспортные параметры объекта

Рисунок 10.1.1.1 — Снимки экрана из ПО SCADA-R Представление дерева классов, используемых при работе УМ АРЧМ (не полное), получение паспортных параметров объектов

На рисунке (а) приведены классы и подклассы объектов, на рисунке (б) приведены объекты этих классов, на рисунке (в) — слоты объектов на чтение, с привязанными сигналами, на рисунке (г) — описание параметра, к которому относится один слот (*CodeName*, название параметра в модели АРЧМ «*Enabled*», тип параметра по чтению/записи *CodeType* — «*R*»).

На рисунке (д) приведен способ получения паспортных параметров объектов. Перечень классов, у которых есть паспортные параметры приведен в Приложении Д. На рисунке (е) приведен пример паспорта объекта.

Внимание: по умолчанию в SCADA-R у объекта может быть не задан паспорт, при этом он будет отображаться нулевыми значениями (для полей типа *int*). Если паспорт объекта не задан, запуск УМ АРЧМ () завершится ошибкой¹ («Ошибка запроса значения паспортного параметра. В таблице связей задано параметров: {<число>}, ожидался 1. Закрытие приложения»).

¹ Выявляется в процессе наладки

10.1.2 Обмен данными

10.1.2.1 Прием конфигурации

Код УМ АРЧМ разработан на основе примера кода сервиса для обмена данными с SCADA-R, предоставленного разработчиками SCADA-R.

Настройка обмена данными реализуется в функции *initGetState* УМ АРЧМ.

Первоначально УМ АРЧМ получает перечень всех вложенных классов в базовый класс, *uid* которого передан в качестве параметра запуска.

Строится дерево классов и подклассов, определяются перечни параметров (полей, сигналов и параметров паспорта) объектов. Каждому объекту сопоставляются объекты-родители, объекты-потомки. На основании информации, заданной в паспорте объекта и предназначенной для привязки одних объектов к другим, реализуются дополнительные привязки объектов (например, описание АОП содержит наборы параметров, предназначенных для определенного ЭО, к которому этот набор должен применяться. Паспорт для этого набора содержит ссылку, которую нужно привязать к этому ЭО).

На основании информации о подклассах запрашивается перечень объектов и строится дерево объектов. После получения дерева объектов производится запись перечня всех сигналов, которые используются объектами.

Паспортные параметры объектов считываются только при запуске УМ АРЧМ. В процессе работы модуля их изменение не отслеживается. Для обновления паспортных параметров УМ АРЧМ должен быть перезапущен (работа УМ АРЧМ автоматически прекращается при изменении конфигурации в SCADA-R, после чего производится перезапуск модуля).

После формирования перечня сигналов производится запрос всех значений сигналов, которые используются в информационной УМ АРЧМ. Указанные значения используются в качестве исходных (эти значения будут записаны в файл среза, если параметрами запуска приложения задано сохранение файла среза при запуске).

На все сигналы (R, RW, W), привязанные к слотам, производится подписка через API SCADA-R. Подписка позволяет получать обновления сигналов из SCADA-R. Параметры, принятые по подписке, в программе записываются в поля, помеченные признаком *_from_SCADA*.

10.1.2.2 Чтение данных по подписке, запись данных

Обработчик поступивших данных привязывается к событию поступления данных, в процедуре-обработчике поиск сигнала осуществляется по ключу (ключ тар-объекта), после чего выполняется запись значений измерений (значение параметра, значение метки качества). Эти значения хранятся в списке сигналов и впоследствии считываются при работе алгоритмов в качестве входных данных.

Функция записи данных вызывается после выполнения работы алгоритмов УМ АРЧМ при переборе списка сигналов. Параметры, которые предназначены для записи в SCADA-R, имеют атрибут (RW/W).

10.1.2.3 Взаимодействие алгоритмов УМ АРЧМ и получаемых сигналов

Логика работы со значениями сигналов и меток качества реализуется по принципу, приведенному на рисунке 10.1.2.3. Асинхронное чтение обновленных значений производится независимо от циклического алгоритма (красные стрелки на рисунке).

Перед выполнением очередного расчетного цикла производится извлечение записанных от *SCADA-R* (*_from_SCADA*) параметров на чтение (*R*, *RW*) – стрелки синего цвета. После выполнения очередного цикла производится запись значений в параметры *_to_SCADA* – стрелки зеленого цвета.

После записи значений в параметры *to_SCADA* производится сравнение значений, полученных от *SCADA-R*, и записанных алгоритмами (стрелки розового цвета). В случае, если параметры отличаются – будет произведена попытка перезаписи значения через *API*. Попытка перезаписи значения будет производиться до тех пор, пока принятые от *API* параметры значения и метки качества не окажутся равными записываемым через *API* значениям.

Примечания:

- вышеописанным образом сигналы, которые не находятся в состоянии «в ремонте», с атрибутом *W* будут сбрасываться к значению, хранящемуся в УМ АРЧМ (например, в случае изменения значения пользователем с помощью форм);
- будет производиться перезапись значений сигналов (*W/RW*), находящихся в состоянии «ручной» ввод;
- сигналы, которые находятся в состоянии «в ремонте», являются недостоверными в УМ АРЧМ, их значения не переписываются.

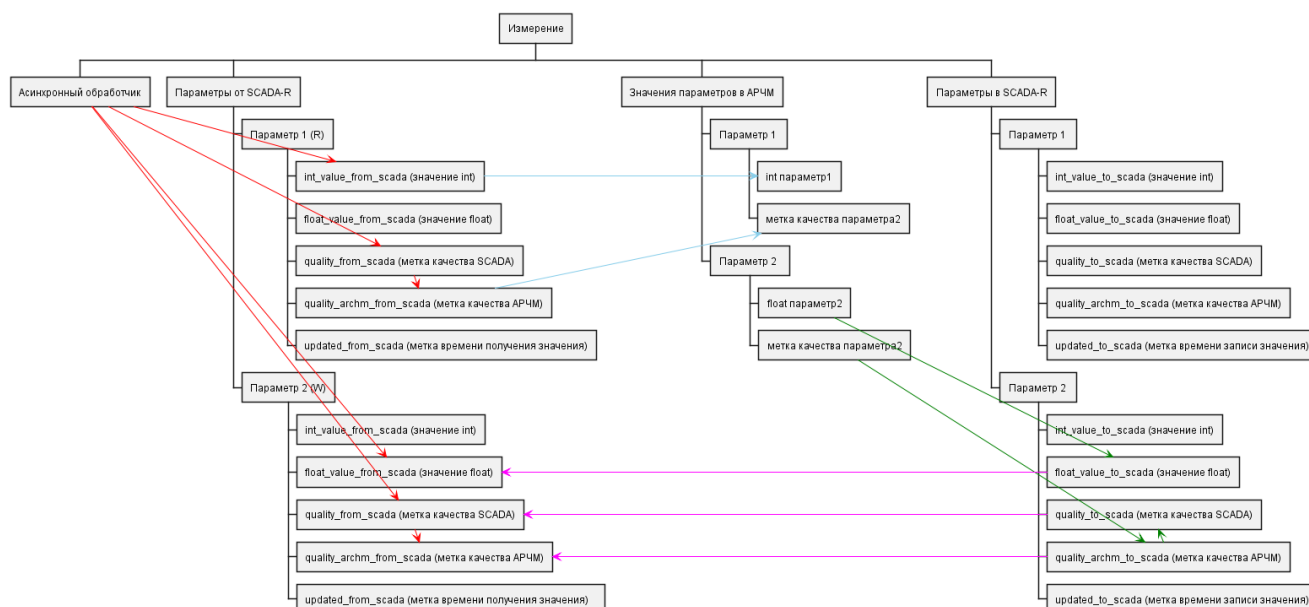


Рисунок 10.1.2.3 — Описание полей при чтении и записи данных УМ АРЧМ

10.1.3 Схема информационного взаимодействия

Схема информационного взаимодействия приведена на рисунке 10.1.3.1. Обмен данными между SCADA-R и УМ АРЧМ описан в предыдущих разделах. Схема информационного обмена справедлива для Полигонного, Продуктивного, Тренажерного контуров.

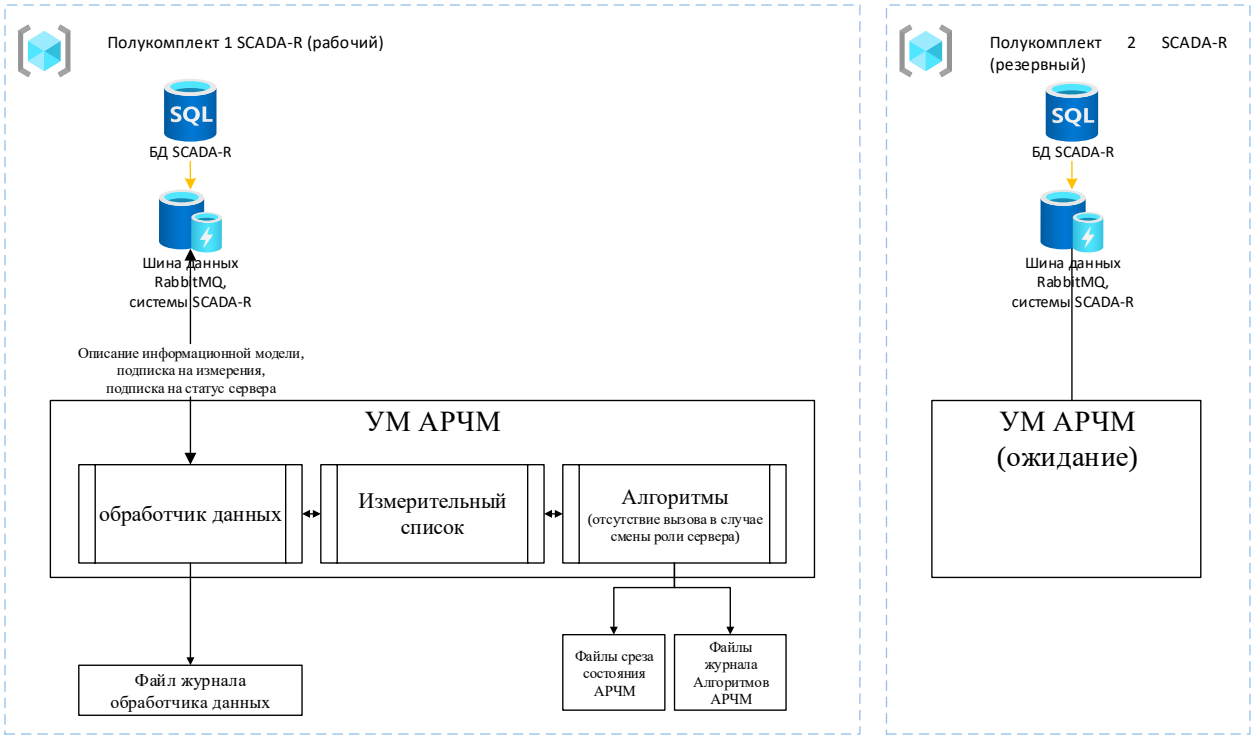


Рисунок 10.1.3.1 — Схема информационного взаимодействия

10.1.4 Альбом форматов входных и выходных документов

Входным файлом для Системы являются файлы среза в формате *ini*. Файл содержит общую переменную, означающую количество всех измерений, описанных в файле. Далее следуют параметры, описывающие измерения. Подробное описание файла приведено в Руководстве разработчика Системы.

```
mesuare_count=7978
[measure_0]
guid=[Конфиденциальная информация]
data_analog_or_int=1
value=0
quaility_SCADA=786544
quaility_archm=32768
updated_time_utc=1707388789378
quaility_SCADA_hex=c0070
quaility_archm_hex=8000
param_name=АИУ (AIU).АИУ.Pfcks

[measure_1]
guid=[Конфиденциальная информация]
data_analog_or_int=1
value=0
quaility_SCADA=786544
quaility_archm=32768
updated_time_utc=1707388789378
quaility_SCADA_hex=c0070
quaility_archm_hex=8000
param_name=Коэффициенты для ограничителей (Kdu).Коэффициенты АОП 13 -
CapГЭС.SidKDUz
...
```

При работе системы формируются журналы:

- журнал обработчика данных, формат:

```

<время в формате UTC ГГГГ-ММ-ДДТЧ:ММ:СС.мс> <тип сообщения1> текст сообщения
Пример записи данных:
[2023-12-02T19:44:43.298] [I] [5054] feed-Reserv-info: ReservNumber=1
ReservRole=master ReservState=alone
[2023-12-02T19:44:43.301] [I] [5054] feed-Reserv-info: ReservNumber=1
ReservRole=master ReservState=alone
[2023-12-02T19:44:43.307] [I] [5054] feed-Reserv-info: ReservNumber=1
ReservRole=master ReservState=alone
[2023-12-02T19:44:44.257] [I] [5046] Rabbit MQ is stopped...
[2023-12-02T19:44:44.259] [I] [5046] Stop SYSTEM-OPERATOR service
[2023-12-02T19:44:44.260] [I] [5046] -----
[2023-12-02T20:06:55.462] [I] [5804] -----
[2023-12-02T20:06:55.462] [I] [5804] Service name: SYSTEM-OPERATOR
[2023-12-02T20:06:55.462] [I] [5804] Platform version: 1
[2023-12-02T20:06:55.462] [I] [5804] Server software version: 1.1.4
[2023-12-02T20:06:55.462] [I] [5804] Build time: 02.12.2023

```

– журнал алгоритмов АРЧМ (аналогично вышеприведенному формату, уровень подробности журнала из алгоритмов конвертируется в уровень подробности, принятый при формировании журналов в SCADA-R).

При работе системы формируются словари:

– словарь объектов (*archm.log_objects_dict.log*): с помощью словаря пользователь может сопоставить объекты УМ АРЧМ и их нумерацию при печати циклического лога. Пример:

[Конфиденциальная информация]

– словарь сигналов (*archm.log_signals_dict.log*): со помощью словаря пользователь может сопоставить сигналы, используемые информационной моделью УМ АРЧМ с сигналами SCADA-платформы, подготовить вручную сигналы для восстановления с помощью файла среза. Пример:

[Конфиденциальная информация]

Восстановление значений сигналов реализуется УМ АЧРМ с параметром запуска *restore=<путь к файлу>* восстановления. При задании параметра будет предложено выполнить восстановление параметров:

[Конфиденциальная информация]

Параметрами запуска программы задана процедура восстановления из импульс-архива. Настройками запуска программы задано восстановление данных из импульс-архива (задан параметр запуска *restore* с непустым значением). После восстановления/отмены восстановления программа будет закрыта. Отменить режим можно выставив *restore=""* в команде запуска. Введите *y* для восстановления, *n* – для отмены восстановления.

10.1.5 Технические условия информационного обмена

Соединение с шиной *RabbitMQ* реализуется через *AMQP* (*Advanced Message Queuing Protocol*) версии 0-9-1² (вывод версии *AMQP* с помощью «*sudo rabbitmqctl list_connections protocol*»).

10.2 Информация по безопасности информации

[Конфиденциальная информация]

¹ Тип сообщения соответствует одному из уровней подробности журналов: *D* – *debug* (самый подробный, информация для отладки), *I* – *info* (уровень информационных сообщений), *W* – *warning* (уровень предупреждений), *E* – *error* (уровень ошибок), *C* – *critical* (критические ошибки выполнения)

² <https://www.amqp.org/specification/0-9-1/amqp-org-download>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА «SCADA-R». Руководство оператора. 46865053.00012-01 34
2. ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА «SCADA-R». Руководство системного программиста. 46865053.00012-01 32
3. Проект документа «Руководство по разработке безопасного программного обеспечения для значимых объектов критической информационной инфраструктуры (РБПО для ЗОКИИ)».
4. Программа для ЭВМ «Управляющий модуль автоматического регулирования частоты и перетоков мощности» (УМ АРЧМ) версии 1.0. Руководство разработчика системы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)
Используемые УМ АРЧМ библиотеки

[Конфиденциальная информация]

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Обобщенные алгоритмические схемы технологических алгоритмов УМ АРЧМ

[Конфиденциальная информация]

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Описание признаков состояния объектов системы АРЧМ

[Конфиденциальная информация]

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)
Реестр сообщений УМ АЧРМ

[Конфиденциальная информация]

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)
Перечень параметров, используемых УМ АРЧМ

[Конфиденциальная информация]