ТИПОВЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОАГРЕГАТАМИ

(ТПР САУ ГА)

Пояснительная записка

10996791.425290.024.П2

Часть 1

2024

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№ | Инв.№ дубл. | Подп. и дата

СОДЕРЖАНИЕ

1 Термины и определения 4
2 Область применения 6
3 Нормативные ссылки 7
4 Функциональный состав 11
4.1 Функциональный состав САУ ГА 11
4.2 Надежность 12
5 Аппаратная реализация 15
6 Технологическая автоматика и управление вспомогательным оборудованием (ТАиУВО) 16
6.1 Общие положения 16
6.2 Управление гидроагрегатом 18
6.3 Управление вспомогательным оборудованием 34
6.4 Управление дренажной системой 38
6.5 Описание диагностических правил 39
7 Автоматический регулятор частоты вращения и мощности (АРЧМ) 43
7.1 Общие положения 43
7.2 Описание работы АРЧМ (для всех типов турбин) 44
7.3 Особенности работы АРЧМ для поворотно-лопастных и диагональных турбин 60
7.4 Особенности работы АРЧМ для ковшовых турбин 61
7.5 Особенности работы АРЧМ для обратимых гидроагрегатов 64
7.6 Особенности работы АРЧМ для гидроагрегатов жестких блоков 65
7.7 Управление маслонапорной установкой 65
7.8 Описание диагностических правил 71
8 Устройство аварийных защит 73
8.1 Общие сведения 73
8.2 Описание работы устройства аварийного закрытия 73
9 Контроль вибрации ГА 74
10 Синхронизация 79
11 Интеграция со смежными системами 82
11.1 Решения по интеграции с системой возбуждения 82
11.2 Решения по интеграции с устройствами электрических защит 82
11.3 Решения по интеграции с системой пожаротушения генератора 83
11.4 Решения по интеграции с верхним уровнем АСУТП 83
11.5 Решения по интеграции с общестанционными управляющими системами 85
11.6 Решения по формированию сигнализации 86
12 Программное обеспечение 91
13 Требования к квалификации и обучению персонала 92
14 Требования к документации 94
14.1 Общие требования 94
14.2 Состав документации 94
15 Мероприятия по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие 98
15.1 Цели мероприятий 98
15.2 Перечень мероприятий 98

Подп. и дата | Инв.№ дубл. | Взам.инв.№ | Подп. и дата | Инв.№ подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	10996791.425290.024.ПЗ		
Разраб.					ТПР САУ ГА	Лит.	Лист 2 / Листов 105
Пров.					Пояснительная записка Часть 1		
Н.контр.						ПАО «РусГидро»	
Утв.							

Копировал Формат А4

15.3 Мероприятия по подготовке полного комплекта проектной документации 98
15.4 Комплектация оборудования средств автоматизации 99
15.5 Мероприятия по подготовке основного, силового оборудования к монтажу САУ (демонтажу старого оборудования) 99
15.6 Мероприятия по проведению монтажных работ по монтажу САУ ГА на основном, силовом оборудовании 99
15.7 Мероприятия по приемке оборудования САУ ГА из монтажа 100
15.8 Мероприятия по обучению и квалификации персонала 100
15.9 Мероприятия по проведению наладочных работ САУ ГА 100
15.10 Мероприятия по проведению функциональных испытаний САУ ГА 101
15.11 Мероприятия по проведению опытной эксплуатации 101
16 Перечень принятых сокращений, терминов и определений 102

1 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

АИИС КУЭ – автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учета электроэнергии.

Верхний уровень автоматизированной системы управления технологическими процессами гидроэлектростанций (ВУ АСУТП ГЭС) – совокупность аппаратных и программных средств, единых в рамках ГЭС, предназначенных для сбора, визуализации, архивирования информации различных АСУТП ГЭС, управления оборудованием ГЭС.

Гарантии регулирования – предотвращение при работе гидроагрегата превышения критических значений частоты вращения гидроагрегата, заданных в РЭ изготовителя турбины и генератора, и чрезмерного повышения давления в водоводе.

Зона запрещенной работы ГА – непрерывный диапазон нагрузок ГА при текущих значениях напора, работа в которых допускается только на время прохождения в зоны разрешенной работы с максимальной допустимой скоростью набора или сброса нагрузки. ГА может иметь несколько зон запрещенной работы.

Зона ограниченной работы ГА - непрерывный диапазон нагрузок ГА при текущих значениях напора, время работы в котором ограничено требованиями эксплуатационной документации. ГА может иметь несколько зон ограниченной работы.

Зона разрешенной работы ГА – непрерывный диапазон нагрузок ГА при текущих значениях напора, время работы в котором не ограничено требованиями эксплуатационной документации. ГА может иметь несколько зон разрешенной работы.

Нормированное первичное регулирование частоты – первичное регулирование частоты, которое осуществляется в соответствии с требованиями СТО 59012820.27.140.001-2014 "Нормы участия гидроагрегатов гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций в нормированном первичном регулировании частоты".

Общее первичное регулирование частоты – первичное регулирование частоты, которое осуществляется в соответствии с требованиями СТО 59012820.27.100.003-2012 "Регулирование частоты и перетоков активной мощности в ЕЭС России. Нормы и требования".

Регулирующие органы турбины – направляющий аппарат, рабочее колесо, сопла, дефлекторы.

Системный оператор единой энергетической системы (СО ЕЭС) – АО "СО ЕЭС".

Станция распределенной периферии – цифровое устройство в составе автоматизированных систем управления. Обеспечивает прием (измерение) входных аналоговых или дискретных сигналов и дальнейшую передачу полученной информации по цифровым протоколам связи в центральное управляющее устройство и/или прием из центрального

управляющего устройства информации и формирование на ее основе выходных аналоговых или дискретных сигналов.

Человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) – решения, обеспечивающие взаимодействие оператора с управляемыми системами.

Электроторможение – способ торможения ротора гидроагрегата в процессе нормального останова, выполняемый за счет энергии электрических потерь в короткозамкнутом статоре генератора.

2 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1 В рамках настоящего проекта рассматриваются технические решения, относящиеся к системе автоматического управления гидроагрегатом (САУ ГА).

2.2 Настоящий проект не учитывает все возможные особенности гидроагрегатов конкретных ГЭС или ГАЭС и требует конкретизации для каждого отдельного случая реализации САУ ГА.

2.3 Требования и решения настоящего проекта являются обязательными для выполнения новых проектов САУ ГА.

2.4 Настоящий проект предназначен для применения проектными организациями при разработке новых САУ ГА.

3 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

3.1 Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию".

3.2 ГОСТ Р 59793-2021 "Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания".

3.3 ГОСТ 34.602-2020 "Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы".

3.4 ГОСТ Р 59792-2021 "Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды испытаний автоматизированных систем".

3.5 ГОСТ 24.104-2023 "Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования".

3.6 ГОСТ 34.201-2020 "Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем".

3.7 ГОСТ Р 59795-2021 "Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов".

3.8 ГОСТ Р 59853-2021 "Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения".

3.9 ГОСТ Р 70810-2023 "Гидроэлектростанции. Гидроагрегаты. Эксплуатационный контроль вибрационного состояния опорных узлов".

3.10 ГОСТ 24.701-86 "Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения".

3.11 ГОСТ Р 27.102-2021 "Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения".

3.12 ГОСТ 12405-81 "Регуляторы электрогидравлические для гидравлических турбин. Технические условия".

3.13 ГОСТ Р 70661-2023 "Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Устройства автоматического регулирования частоты и активной мощности гидроагрегатов гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций. Нормы и требования".

3.14 ГОСТ Р 51317.6.5-2006 "Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам техническим средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний".

3.15 ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности".

3.16 ГОСТ 12.1.012-2004 "Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования".

3.17 ГОСТ 17516.1-90 "Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам".

3.18 ГОСТ IEC 61439-1-2013 "Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Общие требования".

3.19 ГОСТ 15150-69 "Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортировки в части воздействия климатических факторов внешней среды".

3.20 ГОСТ 23216-78 "Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытания".

3.21 ГОСТ 30012.1-2002 "Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 1. Определения и основные требования, общие для всех частей".

3.22 ГОСТ 22261-94 "Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия".

3.23 ГОСТ 21786-76 "Система "Человек-машина". Сигнализаторы звуковые неречевых сообщений. Общие эргономические требования".

3.24 ГОСТ IEC 60447-2015 "Интерфейс "человек-машина". Основные принципы безопасности, маркировка и идентификация. Принципы включения".

3.25 ГОСТ Р МЭК 60073-2000 "Интерфейс человекомашинный. Маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств. Правила кодирования информации".

3.26 ГОСТ IEC 60034-1-2014 "Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики".

3.27 ГОСТ 16442-80 "Кабели силовые с пластмассовой изоляцией. Технические условия".

3.28 ГОСТ 6651-2009 "Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний".

3.29 ГОСТ 14254-2015 "Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)".

3.30 Правила устройства электроустановок (действующее издание).

3.31 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (действующее издание).

3.32 РД 34.35.310-97 "Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем".

3.33 Стандарт ОАО "РАО ЕЭС России" "Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике. Регулирования частоты и перетоков активной мощности в ЕЭС и изолированно работающих энергосистемах России. Требования к организации и осуществлению процесса, техническим средствам", введенного в действие Приказом ОАО РАО "ЕЭС России" от 31.08.2007 №535.

3.34 СТО 59012820.29.240.002-2010. Стандарт ОАО "СО ЕЭС" "Обеспечение согласованной работы систем автоматического регулирования частоты и перетоков мощности ЕЭС России и автоматики управления мощностью гидроэлектростанций. Условия организации процесса. Условия создания объекта. Нормы и требования".

3.35 СТО 59012820.27.140.001-2014 Стандарт ОАО "СО ЕЭС" "Нормы участия гидроагрегатов гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций в нормированном первичном регулировании частоты"

3.36 Общие технические требования для подключения ГЭС к ЦС (ЦКС) АРЧМ (утверждены ОАО "СО ЕЭС" 31.12.2010 г).

3.37 СТО 17330282.27.140.009-2008. Стандарт ПАО "РусГидро" "Автоматизированные системы управления технологическими процессами ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования".

3.38 СТО 17330282.27.140.010-2008. Стандарт ПАО "РусГидро" "Автоматизированные системы управления технологическим процессами ГЭС и ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования".

3.39 СТО 17330282.27.140.011-2008. Стандарт ПАО "РусГидро" "Гидроэлектростанции. Условия создания. Нормы и требования".

3.40 СТО 01.01.78-2012. Стандарт ПАО "РусГидро". "Гидроэлектростанции. Нормы технологического проектирования".

3.41 СТО 02.02.106-2019. Стандарт ПАО РусГидро. "Гидроагрегаты. Автоматический мониторинг и диагностирование. Функциональные и технические требования".

3.42 СТО РусГидро 02.01.059-2011 "Гидроэлектростанции. Мониторинг технического состояния основного оборудования. Нормы и требования".

3.43 СТО 56947007-29.240.044-2010 "Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства".

3.44 Типовые проектные решения для систем ГЭС/ГАЭС, реализующих учет электрической энергии, измерение ее качества, электрические измерения (шифр ГДАР.411711.278 ТПР, введены Пр. №129 от 16.02.2023).

3.45 Временные методические указания по мониторингу и контролю вибрационного состояния гидроагрегатов, оснащенных стационарными системами вибродиагностики, утвержденные распоряжением №141р от 23.06.2016.

3.46 Временные методические указания ПАО "РусГидро" Приложение 2 к распоряжению №17р от 19.01.2017 г. "АСУТП. Типовой перечень сигналов, регистрация, архивирование, отображение технологической информации. Типовые формы. Нормы и требования".

3.47 Положение о Технической политике ПАО "РусГидро".

3.48 Прочие действующие ЕСПД и ЕСКД.

4 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СОСТАВ

4.1 Функциональный состав САУ ГА

4.1.1 В составе САУ ГА выделены следующие функциональные группы:

- автоматический регулятор частоты и мощности (АРЧМ);
- управление маслонапорной установкой (управление МНУ);
- технологическая автоматика (ТА);
- управление вспомогательным оборудованием (УВО);
- виброконтроль;
- верхний уровень САУ ГА.

4.1.2 АРЧМ – функциональная часть САУ ГА, предназначенная для управления исполнительными устройствами турбины (направляющим аппаратом, рабочим колесом, иглами сопел или дефлекторами). Подробное описание функции АРЧМ рассматривается в разделе 7 "Автоматический регулятор частоты вращения и мощности (АРЧМ)" настоящего документа.

4.1.3 Управление МНУ – функциональная часть САУ ГА, предназначенная для управления оборудованием маслонапорной установки. В рамках настоящих типовых проектных решений управление МНУ требуется реализовать в том же ПТК, что и функции АРЧМ. Подробное описание управления МНУ рассматривается в разделе 7.7 "Управление маслонапорной установкой (МНУ)" настоящего документа.

4.1.4 ТА – функциональная часть САУ ГА, предназначенная для управления оборудованием гидроагрегата, обеспечивает всю технологию смены режима работы ГА, включая обеспечение синхронизации при включении генератора в сеть. Подробное описание ТА рассматривается в разделе 6 "Технологическая автоматика и управление вспомогательным оборудованием (ТАиУВО)" настоящего документа.

4.1.5 УВО – функциональная часть САУ ГА, предназначенная для управления вспомогательными системами гидроагрегата:

- системой технического водоснабжения;
- системой непосредственного охлаждения генератора (если она входит в состав оборудования гидроагрегата);
- системой принудительной смазки подшипников гидроагрегата (если она входит в состав оборудования гидроагрегата);
- системой отсоса паров масла (если она входит в состав оборудования гидроагрегата);
- системой механического торможения;
- системой отжатия воды из камеры рабочего колеса (РК);

– клапанами турбины (при их наличии):

- клапан подачи воды в уплотнение РК;
- клапан отвода протечек из камеры между направляющим аппаратом (НА) и РК;
- клапан подачи воздуха в камеру РК;
- клапан выпуска воздуха из камеры РК;
- клапан подачи воздуха под РК;

– дренажной системой.

В рамках настоящих типовых проектных решений УВО требуется реализовать в том же ПТК, что и функции ТА. Подробное описание управления вспомогательным оборудованием рассматривается в разделе 6 "Технологическая автоматика и управление вспомогательным оборудованием (ТАиУВО)" настоящего документа.

4.1.6 Виброконтроль – функциональная часть САУ ГА, отвечающая за измерение параметров вибрации гидроагрегата. Функции реализуются отдельным ПТК.

4.1.7 Верхний уровень (ВУ) САУ ГА – функциональная часть САУ ГА, обеспечивающая:

– прием и представление информации от ПТК САУ ГА о текущем состоянии гидроагрегата (показания измерительных параметров, сообщения, режимы работы) в удобном для оперативного персонала виде в единой среде SCADA-системы;

– сохранение информации в виде архивов параметров систем и сообщений;

– предоставление оперативному персоналу возможности управления гидроагрегатом и его узлами.

ВУ САУ ГА должен быть реализован в рамках ВУ АСУТП ГЭС на той же аппаратной и программной базе, что и прочие составные части ВУ АСУТП ГЭС.

Подробное описание решений представлено в разделе 12 "Программное обеспечение" настоящего проекта.

4.2 Надежность

4.2.1 САУ ГА должна создаваться как восстанавливаемая и ремонтопригодная система, рассчитанная на длительное функционирование.

4.2.2 В качестве показателей надежности САУ ГА должны быть приняты:

– время восстановления работоспособности программных и технических средств, равное 1 часу;

– время наработки на отказ:

- сбора и обработки аналоговой информации (на один канал) – не менее 200000 часов;

- вывод управляющего воздействия (несрабатывание на один канал) – не менее 200000 часов;
- вывод управляющего воздействия (ложное срабатывание на один канал) – не менее 1000000 часов;

– коэффициент готовности (вероятность нахождения САУ ГА в любой момент определенного периода в работоспособном состоянии) – не менее 0,98.

4.2.3 Должны быть использованы следующие основные способы повышения надежности САУ ГА:

– применение высоконадежных технических средств;

– применение средств высокой заводской готовности, прошедших наладку и тестирование в заводских условиях;

– резервирование (дублирование) программных и технических средств;

– самодиагностика ПТК;

– защита от ввода ложной информации и вывода ложных управляющих воздействий;

– рациональное распределение функций управления между ПТК;

– использование рациональных интерфейсов человек-система, позволяющих быстро и однозначно идентифицировать ситуацию;

– предотвращение ложного срабатывания при неисправности отдельных элементов;

– предупреждение ввода персоналом и исполнения ошибочных директив управления;

– разграничение прав доступа к управлению, настройкам и обслуживанию ПТК (подробнее см. раздел 12 "Программное обеспечение");

– периодическое автоматическое опробование устройства АЗ;

– поканальное опробование устройства АЗ без влияния на текущий режим работы гидроагрегата.

4.2.4 На случай потери питания в части контроллеров и серверов САУ ГА должны быть приняты меры по сохранению баз данных, значений настраиваемых параметров и программ ПЛК.

4.2.5 Регуляторы турбины электрогидравлические должны иметь показатели надежности согласно ГОСТ 12405. В случае потери питания на шкафу регулятора турбины, либо на исполнительных устройствах (пропорциональный гидрораспределитель (ПГР)), гидроагрегат должен переходить в режим останова автоматически.

4.2.6 При определении дополнительного комплекса требований и мер по повышению надежности САУ ГА на стадии ввода в эксплуатацию необходимо руководствоваться ГОСТ 24.701 и ГОСТ Р 27.102.

5 АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Раздел выполнен в виде отдельного тома, см. 10996791.425290.024.П2 "Пояснительная записка. Часть 2".

6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АВТОМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ (ТАиУВО)

6.1 Общие положения

6.1.1 ТАиУВО построены по функционально-групповому принципу. Алгоритмы ТАиУВО реализуются в рамках одного ПТК (кроме функций, описанных в пункте 6.1.2).

6.1.2 Функции УВО по управлению дренажной системой реализуются на отдельной и независимой аппаратной базе – шкафом управления дренажными насосами. Описание работы приведено в разделах 6.4 настоящего документа.

6.1.3 ПТК ТАиУВО строится по принципам, описанным в разделе 5 "Аппаратная реализация" настоящего документа.

6.1.4 ПТК ТАиУВО управляет исполнительными устройствами на основе информации, поступающей от датчиков и преобразователей, измеряющих параметры и определяющих положения и состояния устройств и механизмов, а также на основе команд оператора с верхнего уровня или кнопок и ключей управления с местного пункта управления (МПУ).

6.1.5 ПТК ТАиУВО во всех режимах работы гидроагрегата реализует в реальном времени заложенные алгоритмы управления, технологических защит, анализ технологических параметров по простейшим диагностическим правилам (описание приведено в разделе 6.5) и обеспечивает надежную работу гидроагрегата.

6.1.6 ПТК ТАиУВО является центральным ПТК в составе САУ ГА, на базе которого организуется агрегатный сегмент технологической сети передачи данных ВУ АСУТП ГЭС.

6.1.7 ПТК ТАиУВО должен получать данные от измерителей электрических величин (ИЭВ). Связь с ИЭВ осуществляется по цифровым каналам связи.

Подключение ИЭВ к контроллеру ПТК ТАиУВО выполнено отдельными цифровыми каналами связи, использование технологической сети передачи данных ВУ АСУТП ГЭС не допускается (см. документ 10996791.425290.024.С1 "Схема структурная комплекса технических средств").

6.1.8 Автоматическое управление гидроагрегатом сводится к изменению его состояния и обеспечению режимов работы, а также обеспечение безопасной работы гидроагрегата в соответствии с требованиями РЭ.

6.1.9 Проектом предусмотрены следующие режимы работы гидроагрегата:

- останов;
- холостой ход турбины (ХХТ);
- холостой ход генератора (ХХГ);
- генераторный режим;

– режим синхронного компенсатора при генераторном направлении вращения (СК);

– режим синхронного компенсатора при двигательном направлении вращения (СКд) (для обратимого гидроагрегата);

– насосный режим (для обратимого гидроагрегата).

6.1.10 Изменение режима работы гидроагрегата (реализация алгоритмов переходов между режимами гидроагрегата: пуски, нормальные или аварийные остановы, включение в сеть, перевод из генераторного или насосного режимов в режим синхронного компенсатора и обратный перевод) производятся ПТК ТАиУВО в автоматическом режиме.

6.1.11 Для управления гидроагрегатом в непрерывном режиме в рамках ПТК ТАиУВО функционируют:

– алгоритмы контроля технологических параметров (список сигналов приведен в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА");

– алгоритмы сигнализации;

– алгоритмы технологических защит гидроагрегата.

6.1.12 ПТК ТАиУВО предназначен для управления вспомогательным оборудованием (функции УВО):

– техническим водоснабжением;

– системой принудительной смазки подшипников;

– системой непосредственного охлаждения генератора;

– системой отсоса паров масла;

– системой механического торможение гидроагрегата;

– системой отжатия воды из камеры РК;

– клапанами турбины (при их наличии):

  ▪ обеспечение режима СК (подача воды на уплотнение РК и отжатие воды из камеры РК);

  ▪ обеспечение впуска воздуха в камеру РК (по требованию изготовителя турбины).

ПТК ТАиУВО также обеспечивает контроль состояния вспомогательного оборудования, управляемого отдельными ПТК:

– дренажная система.

6.1.13 Дренажная система выполнена на аппаратно независимой базе. ТАиУВО осуществляет только контроль за работой данных систем:

– контроль исправности схемы управления;

– контроль уровня дренажной воды.

Подробно описание дренажной системы приведено в разделе 6.4.

6.1.14 ТА должен осуществлять расчет статистических параметров:

– количество пусков гидроагрегата (в случае обратимого гидроагрегата следует отдельно считать количество пусков в генераторном и двигательном режиме);

– количество остановов гидроагрегата;

– время работы в режиме СК;

– время работы в режиме СКд (для обратимого гидроагрегата);

– время работы в режиме генератора;

– время работы в режиме насоса (для обратимого гидроагрегата);

– время работы в режиме ХХГ;

– время работы в режиме ХХТ.

Каждый из перечисленных параметров рассчитывается за следующие периоды времени:

– с начала эксплуатации;

– с последнего капитального ремонта;

– с начала календарного года;

– с начала месяца;

– с начала суток.

Режим работы гидроагрегата для формирования статистических параметров определяется по приведенным в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики" алгоритмам.

6.1.15 ТА должна осуществлять расчет статистических параметров оценки вибрационного состояния ГА:

– время работы в зоне оценки вибрационного состояния ГА (для зон "A", "B", "C", "D", "E1", "E2", "F");

– оставшееся время до исчерпания допустимого времени работы в зонах вибрационного состояния (для зон "D", "E1", "E2" и "F").

Зона оценки вибрационного состояния устанавливается оператором в соответствии с решениями, описанными в пункте 10.16.

6.2 Управление гидроагрегатом

6.2.1 Управление режимом гидроагрегата

6.2.1.1 Перевод гидроагрегата в заданный режим работы осуществляется одним командным импульсом соответствующей кнопки АЩУ, главного щита управления (ГЩУ) или

виртуальной кнопки автоматизированного рабочего места верхнего уровня (АРМ ВУ). Возможные переходы приведены ниже (Таблица 6.1).

Переход между генераторными и двигательными (насосными) режимами осуществляется через останов гидроагрегата.

При подаче команды на переход между режимами (например, пуск гидроагрегата в генераторный режим) и наличии готовности к выполнению данной операции, ТА переходит к автоматическому выполнению операций по изменению режима работы гидроагрегата.

Готовность проверяется для запуска автоматических операций переходов и не блокирует ручные операции оперативного персонала или автоматические операции смежных систем (например, электрических защит или противоаварийной автоматики с прямым воздействием на отключение выключателя), которые могут выполняться в обход ПТК ТАиУВО. Например, перевод ГА в режим ХХТ из генераторного режима производится действием электрических защит (например, при срабатывании дистанционной защиты генератора) напрямую на выключатель.

Таблица 6.1 – Переходы между режимами

Итоговое	**Исходное**						
	СК	Генера-торный	ХХГ	ХХТ	Останов-лен	СКд	Насосный
СК		+	+	+	+		
Генераторный	+		+	+	+		
ХХГ	+	+		+	+		
ХХТ	+	+	+		+		
Останов	+	+	+	+		+	+
СКд					+		+
Насосный					+	+	

6.2.1.2 По команде на загрузку от противоаварийной автоматики (действие АЗГ / действие АЧВР) предусмотрен перевод гидроагрегата в генераторный режим работы (выполняется ТА) и его загрузка (выполняется АРЧМ).

Для перевода гидроагрегата в генераторный режим ТА производит следующие действия:

– если текущий режим СК – выполняет алгоритм выхода из режима СК;

– если текущий режим Остановлен – выполняет алгоритмы пуска гидроагрегата и включения в сеть (при наличии готовности);

– если текущий режим ХХТ или ХХГ – выполняет алгоритм включения гидроагрегата в сеть (при наличии готовности);

– если текущий режим СКд или Насосный – выполняет алгоритм останова гидроагрегата и далее, если сигнал "Действие АЗГ" (или "Действие АЧВР") по-прежнему активен и есть готовность гидроагрегата к пуску, выполняет алгоритмы пуска гидроагрегата и включения в сеть.

Загрузка гидроагрегата по сигналу "Действие АЗГ" (или "Действие АЧВР") после его перехода в генераторный режим осуществляется алгоритмами АРЧМ и рассматривается в разделе 7.2.6.

6.2.1.3 Возможны четыре типа автоматического останова:

– нормальный останов (СТОП1);

– защитный останов (СТОП2);

– аварийный останов, с воздействием на устройство аварийного закрытия направляющего аппарата (СТОП3);

– аварийный останов, со сбросом аварийно-ремонтных щитов (СТОП4).

Описание последовательности приведенных типов автоматического останова и условия запуска описаны в документе 10996791.425290.024.ПБ "Общие алгоритмы", а также в разделах 6.2.7, 6.2.8, 6.2.9 и 6.2.10.

Автоматический останов имеет приоритет над остальными режимами и при возникновении условий останова прерывает выполнение любой другой последовательности.

Между алгоритмами остановов приоритет повышается от СТОП1 к СТОП4. Наивысший приоритет у алгоритма СТОП4.

6.2.2 Проверка готовности

6.2.2.1 Алгоритм проверки готовности приведен в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики" настоящего проекта.

6.2.2.2 Для пуска на холостой ход турбины проверяется:

– состояние технологических защит (нет активной последовательности останова по защитам, защита исправна/введена);

– отсутствие команд на останов и активной последовательности останова;

– положение устройства аварийного закрытия НА;

– положение противоразгонного устройства;

– положение тормозных колодок и давление на тормозные колодки;

– выведенное положение стопоров НА (если нет автоматического управления стопорами в процессе пуска / останова);

– целостность срезных пальцев;

– температура масла в подпятнике и подшипниках;

– температура сегментов подпятника и подшипников;

– расход воды на смазку ТП с водяной смазкой;

– расход воды на рабочее уплотнение вала;

– вывод ремонтного уплотнения вала;

– готовность системы управления аварийным затвором (при наличии такого оборудования);

– рабочее положение аварийного затвора (при наличии такого оборудования);

– готовность системы управления предтурбинным затвором (при наличии такого оборудования);

– рабочее положение предтурбинного затвора (при наличии такого оборудования, для ГЭС, на которых предтурбинные затворы по условиям эксплуатации должны оставаться открытыми на выведенном в резерв гидроагрегате);

– допустимые уровни воды в верхнем и нижнем бассейнах (для обратимых гидроагрегатов);

– положение клапана выпуска воздуха из камеры рабочего колеса (при наличии этого оборудования);

– положение клапана отвода протечек через НА в режиме СК (для радиально-осевых турбин);

– положение клапана отжатия воды из камеры РК (при наличии этого оборудования);

– рабочее положение клапанов гидравлической части регулятора (состав и необходимое положение определяется заводом-изготовителем гидравлической части регулятора);

– наличие напряжения управления устройства аварийного закрытия НА;

– готовность АРЧМ (обобщенный сигнал по совокупности условий, описанных в разделе 7);

– готовность МНУ (обобщенный сигнал по совокупности условий, описанных в разделе 7.7);

6.2.2.3 Для пуска в режим ХХГ, генераторный режим дополнительно к условиям пункта 6.2.2.2 проверяется:

– положение ключа выбора синхронизации;

– положение кнопки вывода устройства контроля синхронизма;

– состояние системы возбуждения;

– состояние электрических защит;

– состояние коммутационной аппаратуры.

6.2.2.4 Для пуска в режим СК дополнительно к условиям пунктов 6.2.2.2 и 6.2.2.3 проверяется наличие давления в магистрали технического воздуха (для отжатия воды в камере РК).

6.2.2.5 Для пуска в режимы СКд и насосный режим (для обратимых гидроагрегатов) дополнительно к условиям пунктов 6.2.2.2 и 6.2.2.3 проверяется:

– давление в магистрали технического воздуха (для отжатия воды в камере РК);

– состояние ТПУ.

6.2.2.6 Для пуска ГА в генераторный режим, режим СК и режим СКд дополнительно к условиям готовности, описанным выше, должны проверяться условия исчерпания допустимых лимитов:

– исчерпание допустимого количества пусков/остановов гидроагрегата за заданный период (допустимое количество пусков/остановов определяется заводом-изготовителем турбины);

– исчерпание допустимого времени работы в зонах по вибрационному состоянию (см. пункт 10.16).

6.2.2.7 При проверке состояния коммутационной аппаратуры проверяется:

– положение выключателя генератора;

– положение выключателей ТПУ, пускового выключателя (для обратимых гидроагрегатов);

– отсутствие неисправности выключателя генератора;

– отсутствие неисправности выключателей ТПУ, пускового выключателя (для обратимых гидроагрегатов);

– положение заземляющих разъединителей.

6.2.2.8 В проверку готовности к пуску должны быть включены прочие условия, заданные изготовителями турбины и генератора как запрещающие эксплуатацию.

6.2.2.9 Для отладочных и испытательных работ должна быть предусмотрена возможность имитации условий, необходимых для формирования сигнала готовности гидроагрегата к пуску. В интерфейсе оператора все условия должны быть снабжены возможностью ручного вывода (имитации исполнения отдельно для каждого условия

готовности). Сигнализация их вывода должна сохраняться постоянно (без возможности снятия сигнала), факт вывода и последующего ввода должен сохраняться в журнале событий.

6.2.3 Пуск гидроагрегата

6.2.3.1 Подробно алгоритм пуска гидроагрегата приведен в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики" настоящего проекта.

6.2.3.2 При пуске гидроагрегата на холостой ход турбины последовательно выполняются действия:

– включается ТВС (см. раздел 6.3.1);

– включается система отсоса паров масла из ванн подшипников и подпятника (при наличии такой системы, см. раздел 6.3.3);

– включается принудительная смазка подшипников (при наличии такой системы, см. раздел 6.3.4);

– подается команда на открытие предтурбинного затвора;

– контролируется открытие предтурбинного затвора;

– подается команда пуск в АРЧМ;

– контролируется работа АРЧМ при пуске: открытие направляющего аппарата (сопл), выход гидроагрегата на номинальную частоту вращения (подробно о работе АРЧМ при пуске см. раздел 7).

6.2.3.3 При пуске гидроагрегата в генераторный режим выполняется последовательность пуска на ХХТ (или гидроагрегат уже работает в режиме ХХТ или ХХГ) и далее в зависимости от положения ключа синхронизации.

При ручной синхронизации:

– возбуждение главного и вспомогательного (для независимой системы возбуждения) генераторов;

– синхронизация и включение генератора в сеть производится персоналом ГЭС.

В автоматическом режиме:

– возбуждение главного и вспомогательного (для независимой системы возбуждения) генераторов;

– подается команда пуск в автосинхронизатор;

– генератор включается в сеть автосинхронизатором, при выполнении условий для включения генератора.

При самосинхронизации:

– возбуждается вспомогательный генератор (для систем независимого возбуждения);

– подается команда в систему возбуждения о включении в режиме самосинхронизации;

– главный генератор невозбужденным включается в сеть и только после включения выключателя подается возбуждение.

6.2.3.4 На ГАЭС для изменения направления вращения используются разъединители. При пуске в генераторный режим дается команда на переключение разъединителей в генераторный режим. Далее процесс пуска проходит аналогично пункту 6.2.3.3.

6.2.3.5 На ГАЭС возможен вариант разворота гидроагрегата в генераторном режиме от тиристорного пускового устройства с сухой спиралью и синхронизации генератора автосинхронизатором (аналогично пуску гидроагрегата в насосный режим). После включения в сеть:

– отключается отжатие воды;

– подается команда на открытие предтурбинного затвора;

– подается команда пуск в АРЧМ, открывается направляющий аппарат (сопла и дефлекторы для ковшовых турбин).

В этом случае необходимо технико-экономическое обоснование выбранного варианта пуска гидроагрегата, согласованное с заказчиком.

6.2.3.6 Пуск от противоаварийной автоматики возможен при наличии готовности гидроагрегата к пуску, когда ключ синхронизации стоит в положении "Автомат" или "Самосинхронизация".

Включение в сеть генератора при пуске по команде от противоаварийной автоматики "Пуск от ПА" осуществляется методом выбора ключа синхронизации.

Включение в сеть генератора при пуске по команде от противоаварийной автоматики "Экстренный пуск от ПА" осуществляется только методом самосинхронизации.

В комплектах противоаварийной автоматики при реализации управляющего воздействия на пуск ГА должны быть предусмотрены индивидуальные для каждого ГА ключи ввода/вывода такого управляющего воздействия.

6.2.3.7 Пуск гидроагрегата с подключением к сети при отсутствии синхронного напряжения на шинах ("темный пуск") выполняется в режиме "Ручная синхронизация" (пункт 6.2.3.3). Включение выключателя выполняется оперативным персоналом ключом с МПУ, при этом для включения в сеть выключателя генератора в условиях отсутствия синхронного напряжения на шинах в шкафу МПУ дополнительно устанавливается кнопка вывода устройства контроля синхронизма. Для включения выключателя необходимо одновременно нажать и удерживать кнопку вывода устройства контроля синхронизма и повернуть ключ управления выключателем генератора в положение "вкл".

Кнопка вывода устройства контроля синхронизма выполняется без фиксации нажатого положения и устанавливается внутри МПУ. Нажатие кнопки вывода устройства контроля синхронизма сопровождается предупредительной сигнализацией и снятием готовности к пуску гидроагрегата любым другим методом включения в сеть, кроме метода ручной синхронизации.

6.2.4 Вход и выход в режим СК генератора

6.2.4.1 При пуске генератора в режим СК выполняется последовательность пуска гидроагрегата в генераторный режим (или гидроагрегат уже работает в генераторном режиме) и далее:

– включается режим СК в АРЧМ, закрывается направляющий аппарат (сопла и дефлекторы для ковшовой турбины);

– подается команда на закрытие предтурбинного затвора;

– включается система отжатия воды;

– при достижения необходимого уровня воды в камере рабочего колеса система отжатия воды переходит в режим подкачки с удержанием нужного уровня воды в камере РК.

6.2.4.2 При переходе из режима СК в генераторный режим выполняется:

– отключение отжатия воды;

– подача команды на открытие предтурбинного затвора;

– отключается режим СК в АРЧМ, направляющий аппарат (сопла и дефлекторы для ковшовых турбин) открываются.

6.2.5 Пуск насоса

6.2.5.1 Подробно алгоритм пуска гидроагрегата в насосный режим приведен в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики" настоящего проекта.

6.2.5.2 Пуск в насосный режим осуществляется от ТПУ. Такой пуск не приводит к большим нагрузкам на сеть. Современные ТПУ надежны и имеют высокий коэффициент полезного действия (КПД).

6.2.5.3 При пуске в насосном режиме выполняются действия:

– включение разъединителей режима работы гидроагрегата в насосный режим;

– включается ТВС;

– включается система отсоса паров масла из ванн подшипников и подпятника (при наличии такой системы);

– включается принудительная смазка подшипников (при наличии такой системы);

– подается команда на открытие предтурбинного затвора;

– включается автомат гашения поля (АГП);

– включается отжатие воды из камеры РК;

– подключается и запускается ТПУ в режиме пуска двигателя;

– после синхронизации и включения в сеть гидроагрегата ТПУ отключается от гидроагрегата;

– отключается отжатие воды;

– при равенстве давлений в камере РК и в спиральной камере подается команда пуска в насосном режиме в АРЧМ, направляющий аппарат открывается до открытия оптимального для насосного режима.

6.2.6 Вход и выход в режим СК двигателя

6.2.6.1 При пуске в режим синхронного компенсатора двигателя выполняются действия:

– включаются разъединители режима работы гидроагрегата в насосный режим;

– включается ТВС;

– включается система отсоса паров масла из ванн подшипников и подпятника (при наличии такой системы);

– включается принудительная смазка подшипников (при наличии такой системы);

– подается команда на открытие предтурбинного затвора;

– включается АГП;

– включается отжатие воды из камеры РК;

– подключается и запускается ТПУ в режиме пуска двигателя;

– после синхронизации и включения в сеть гидроагрегата ТПУ отключается от гидроагрегата;

– включается режим СК двигателя в АРЧМ.

6.2.6.2 При переходе в насосный режим из режима СКд:

– отключается отжатие воды;

– при равенстве давлений в камере РК и в спиральной камере отключается режим СКд в АРЧМ, направляющий аппарат открывается до открытия оптимального для насосного режима.

6.2.7 Нормальный останов гидроагрегата (СТОП1)

6.2.7.1 Подробно алгоритм нормального останова гидроагрегата приведен в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики" настоящего проекта.

6.2.7.2 Нормальный останов запускается по нажатию кнопки останов на МПУ, ЦПУ или виртуальной кнопки управления на АРМ ВУ.

6.2.7.3 При нормальном останове гидроагрегата алгоритмами ПТК ТАиУВО выполняется:

– разгрузка генератора по реактивной и активной мощности (команды на разгрузку в систему возбуждения и АРЧМ);

– отключение выключателя после разгрузки гидроагрегата;

– отключение возбуждения главного и вспомогательного (для систем независимого возбуждения) генераторов;

– подается команда "Стоп" в АРЧМ;

– контролируется работа АРЧМ при останове турбины: закрытие НА (сопл и дефлекторов для ковшовой турбины);

– подается команда на закрытие предтурбинного затвор;

– производится торможение гидроагрегата (см. пункты 6.2.7.4 и 6.2.7.5);

– после останова (снижения оборотов ниже 0,2 %) через установленное настройками ТА время агрегат снимается с тормозов, отключается система ТВС (прекращается подача воды на охлаждение и смазку), через установленное настройками ТА время отключается система отсоса паров масла;

– производится осмотр остановленного гидроагрегата, завершение осмотра подтверждается нажатием кнопки на АРМ ВУ или ОП (этап реализуется по требованию заказчика);

– гидроагрегат переходит в режим проверки готовности к пуску.

Подробно о работе АРЧМ при останове см. раздел 7.

6.2.7.4 Торможение отличается в зависимости от типа турбины. Торможение гидроагрегата после закрытия направляющего аппарата идет за счет сопротивления воды в камере рабочего колеса. Для обеспечения торможения ковшовых турбин сразу после закрытия сопл и дефлекторов открываются тормозные сопла. При частоте вращения ниже заданной уставки (10-20 %) включается механическое торможение. Для ковшовых турбин тормозные сопла закрываются при включении механического торможения. Отключение механического торможения осуществляется через установленное настройками ТА время после полного останова гидроагрегата.

В случае обратимого гидроагрегата на этапе торможения включается ТПУ в режиме торможения генератора. При частоте вращения ниже заданной уставки (5-10 %) отключается торможение от ТПУ, отключается возбуждение генератора и отключается АГП и ТПУ, включается механическое торможение. При отсутствии готовности ТПУ к работе (например,

идет одновременный останов нескольких гидроагрегатов от одного ТПУ) или сбоях при торможении от ТПУ гидроагрегат останавливается с помощью механического торможения, также как в случае с обычным не насосным гидроагрегатом.

6.2.7.5 При нормальном останове гидроагрегата дополнительно к механическому торможению на гидроагрегатах может быть реализовано электроторможение. Электроторможение реализуется по требованию изготовителя гидроагрегата или по требованию заказчика при согласовании с изготовителем гидроагрегата.

В случае применения электроторможения ТА обеспечивает:

– после разгрузки, отключения ВГ, отключения возбуждения, полного закрытия исполнительного органа турбины и снижения оборотов до заданной для начала электроторможения уставки (50 % от номинальной частоты вращения гидроагрегата):
  - формирование команд подготовки к электроторможению в систему возбуждения и электрические защиты;
  - включение короткозамыкателя;
  - включение выключателя трансформатора торможения;
  - формирование команды включения возбуждения при электроторможении;
– после завершения электроторможения:
  - отключение возбуждения;
  - отключение выключателя трансформатора торможения;
  - отключение короткозамыкателя;
  - снятие команд режима электроторможения в систему возбуждения и электрические защиты.

Подробно алгоритм электроторможения приведен в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики" настоящего проекта.

6.2.7.6 При останове из режима СК гидроагрегат:

– разгружается по реактивной мощности;
– отключается отжатие воды;
– отключается режим СК в АРЧМ;
– после заданной в настройках задержки, необходимой для заполнения камеры РК водой, последовательность останова продолжается в соответствии с пунктом 6.2.7.3.

6.2.7.7 Если при останове гидроагрегата по алгоритму СТОП1 не реализуется разгрузка гидроагрегата, не отключается ВГ или не отключается возбуждение последовательность СТОП1 прекращается, формируется предупредительная сигнализация о незавершенном останове.

6.2.7.8 Если при останове гидроагрегата по алгоритму СТОП1 после команды "Стоп" в АРЧМ не закрыт НА (сопла) за установленное в настройках время формируется сообщение о незавершенном останове и запускается аварийный останов (СТОП3).

6.2.8 Защитный останов (СТОП2)

6.2.8.1 Подробно алгоритм защитного останова гидроагрегата приведен в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики" настоящего проекта.

6.2.8.2 Защитный останов гидроагрегата СТОП2 запускается автоматически при срабатывании технологических защит, не связанных с неисправностью систем управления или защит:

– срабатывании электрических защит генератора, действующих на аварийный останов;

– аварийно-высокой температуре подпятника или подшипников;

– аварийно-высокой температуре генератора;

– аварийно-низких уровнях масла в подпятнике или подшипниках;

– аварии МНУ (формирование сигнала описано в разделе 7.7.2);

– аварии ТВС (по контролируемым факторам в соответствии с РЭ: потере смазки рабочего уплотнения вала, потере смазки турбинного подшипника);

– аварии системы принудительной смазки;

– аварийно-высоком уровне воды на крышке турбины;

– срабатывании АУПТ;

– аварийно-высоком уровне вибраций агрегата (реализуется при наличии соответствующего требования изготовителя гидроагрегата);

– сбросе аварийно-ремонтных щитов;

– несанкционированном закрытии предтурбинного затвора;

– срабатывании защиты от разгона 1 ступени (сигнал от АРЧМ);

– недопустимом напоре (высота отсасывания);

– срабатывании защит водовода (сигнал от независимой системы);

– затоплении помещений ГЭС (сигнал от независимой системы).

Справочно: команды, действующие на защитный останов "срабатывание защит водовода" и "затоплении помещений ГЭС" формируются независимыми от САУ ГА системами одновременно с командой сброса АРЗ и передаются собственными каналами без участия САУ ГА.

6.2.8.3 Дополнительно к перечню в пункте 6.2.8.2 для радиально-осевых турбин СТОП2 запускается при:

– износе рабочего уплотнения вала;

– потере смазки рабочего уплотнения вала (понижение давления или расхода воды на смазку рабочего уплотнения вала, рассматривается как дополнительный контролируемый фактор для определения аварии ТВС).

6.2.8.4 Дополнительно к перечню в пункте 6.2.8.2 для турбин с подшипником на водяной смазке СТОП2 запускается при потере смазки турбинного подшипника (понижении давления или расхода воды на смазку турбинного подшипника, рассматривается как дополнительный контролируемый фактор для определения аварии ТВС).

6.2.8.5 Дополнительно к перечню в пункте 6.2.8.2 для обратимых гидроагрегатов СТОП2 запускается при:

– потере привода в насосном режиме;

– аварийных уровнях воды в верхнем или нижнем бассейнах.

6.2.8.6 Дополнительно к перечню в пункте 6.2.8.2 для турбин с принудительной смазкой подшипников СТОП2 запускается при аварии системы принудительной смазки.

6.2.8.7 При защитном останове гидроагрегата алгоритмами ПТК ТАиУВО выполняется:

– формирование команд на разгрузку генератора по реактивной мощности (в систему возбуждения), команды на разгрузку по активной мощности, "Стоп" и "Защитный останов" (в АРЧМ);

– отключение выключателя после разгрузки гидроагрегата с формированием команды аварийного останова в электрические защиты, если выключатель не был отключен;

– отключение возбуждения главного и вспомогательного (для систем независимого возбуждения) генераторов с формированием дополнительной команды аварийного останова в электрические защиты, если возбуждение не было отключено;

– контролируется работа АРЧМ при останове турбины: закрытие НА (сопл и дефлекторов для ковшовой турбины);

– подается команда на закрытие предтурбинного затвора;

– производится механическое торможение гидроагрегата при снижении оборотов ниже заданной уставки и закрытом положении НА (сопл);

– после останова (снижения оборотов ниже 0,2 %) через установленное настройками ТА время отключается система ТВС (прекращается подача воды на охлаждение и смазку), через установленное настройками ТА время отключается система отсоса паров масла;

– производится осмотр остановленного гидроагрегата, завершение осмотра подтверждается нажатием кнопки деблокировки защит гидроагрегата;

– гидроагрегат переходит в режим проверки готовности к пуску.

Подробно о работе АРЧМ при останове см. раздел 7.

6.2.8.8 Гарантии регулирования при останове по алгоритму СТОП2 обеспечиваются заложенными в АРЧМ алгоритмами, а также настройками гидравлической схемы управления гидроагрегата.

6.2.8.9 Если при останове гидроагрегата по алгоритму СТОП2 не отключается ВГ или не отключается возбуждение, формируется сигнал "Отключение от технологических защит" в систему электрических защит генератора.

6.2.8.10 Если при останове гидроагрегата по алгоритму СТОП2 останов не выполнен через установленное настройками ТА время, а также в процессе остановки нет разгрузки гидроагрегата, не закрывается НА (сопла), нет снижения частоты вращения гидроагрегата, формируется сигнализация о незавершенном останове, и запускается аварийный останов гидроагрегата (СТОП3).

6.2.8.11 После защитного останова СТОП2 гидроагрегата требуется деблокировка. Деблокировка производится оперативным персоналом кнопкой деблокировки МПУ (общая кнопка деблокировки последовательности СТОП2, СТОП3, СТОП4) или виртуальной кнопкой с мнемосхемы гидроагрегата АРМ ВУ (общая кнопка деблокировки последовательности СТОП2, СТОП3, СТОП4). После этого гидроагрегат переходит в режим проверки готовности к пуску.

6.2.9 Аварийный останов (СТОП3)

6.2.9.1 Подробно алгоритм аварийного останова гидроагрегата приведен в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики" настоящего проекта.

6.2.9.2 Аварийный останов СТОП3 запускается при:

– нажатии на кнопку "Аварийный останов" на МПУ, ЦПУ или виртуальную кнопку аварийного останова на мнемосхеме гидроагрегата АРМ ВУ;

– срабатывании защиты от разгона 2 ступени (частота вращения больше заданной заводом изготовителем турбины аварийной уставки или частота вращение не снижается ниже 115 % в течении установленного в настройках АРЧМ времени, которая также определяется заводом изготовителем турбины и уточняется на этапе пусконаладочных работ);

– аварии АРЧМ;

– срабатывании схемы устройства аварийного закрытия НА;

– срабатывании устройства аварийного закрытия НА;

– сбое последовательности нормального или защитного останова гидроагрегата (нет останова за заданное настройками ТА время, см. пункты 6.2.7.8, 6.2.8.10).

6.2.9.3 При наличии предтурбинного затвора дополнительно к условиям, перечисленным в пункте 6.2.9.2, аварийный останов гидроагрегата СТОП3 запускается командой от САУ предтурбинного затвора по условиям, описанным в РЭ на затвор (конкретных зафиксированных неисправностях).

6.2.9.4 При аварийном останове гидроагрегата алгоритмами ПТК ТАиУВО выполняется:

– формирование команд на разгрузку генератора по реактивной мощности (в систему возбуждения), команды на разгрузку по активной мощности, "Стоп" и "Защитный останов" (в АРЧМ), команда на срабатывание устройства аварийного закрытия НА;

– отключение выключателя после разгрузки гидроагрегата с формированием команды аварийного останова в электрические защиты, если выключатель не был отключен;

– отключение возбуждения главного и вспомогательного (для систем независимого возбуждения) генераторов с формированием дополнительной команды аварийного останова в электрические защиты, если возбуждение не было отключено;

– контролируется закрытие НА (сопл и дефлекторов для ковшовой турбины);

– подается команда на закрытие предтурбинного затвора;

– производится механическое торможение гидроагрегата при снижении оборотов ниже заданной уставки и закрытом положении НА (сопл);

– после останова (снижения оборотов ниже 0,2 %) через установленное настройками ТА время отключается система ТВС (прекращается подача воды на охлаждение и смазку), через установленное настройками ТА время отключается система отсоса паров масла;

– производится осмотр остановленного гидроагрегата, завершение осмотра подтверждается нажатием кнопки деблокировки защит гидроагрегата;

– гидроагрегат переходит в режим проверки готовности к пуску.

6.2.9.5 Закрытие НА (сопл) осуществляется действием устройства аварийного закрытия НА (сопл), в этом случае АРЧМ не имеет возможности воздействовать на НА (сопла). Гарантии регулирования при останове по алгоритму СТОП3 обеспечиваются настройками устройства аварийного закрытия НА (сопл) турбины.

6.2.9.6 Если при останове гидроагрегата по алгоритму СТОП3 не отключается ВГ или не отключается возбуждение формируется сигнал "Отключение от технологических защит" в систему электрических защит генератора.

6.2.9.7 Если при останове гидроагрегата по алгоритму СТОП3 нет разгрузки гидроагрегата, не закрывается НА (сопла), нет снижения частоты вращения гидроагрегата (контроль осуществляется после закрытия НА (сопл)) формируется сигнализация о

незавершенном останове и запускается аварийный останов гидроагрегата со сбросом аварийных затворов (СТОП4).

6.2.9.8 После аварийного останова СТОП3 гидроагрегата требуется деблокировка. Деблокировка производится оперативным персоналом кнопкой деблокировки МПУ (общая кнопка деблокировки последовательности СТОП2, СТОП3, СТОП4) или виртуальной кнопкой с мнемосхемы гидроагрегата АРМ ВУ (общая кнопка деблокировки последовательности СТОП2, СТОП3, СТОП4). После этого гидроагрегат переходит в режим проверки готовности к пуску.

6.2.10 Аварийный останов со сбросом затворов (СТОП4)

6.2.10.1 Подробно алгоритм аварийного останова гидроагрегата со сбросом затворов приведен в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики" настоящего проекта.

6.2.10.2 Аварийный останов СТОП4 запускается при:

– нажатии на кнопку сброса аварийно-ремонтных щитов;

– повышении оборотов больше заданной в ТА уставки (устанавливается равной величине, на которую настроены механические противоразгонные защиты);

– срабатывании противоразгонного центробежного устройства;

– сбое последовательности аварийного останова гидроагрегата (не закрылся НА (сопла) или нет снижения частоты вращения гидроагрегата).

6.2.10.3 При аварийном останове гидроагрегата со сбросом аварийных затворов алгоритмами ПТК ТАиУВО выполняется:

– формирование команд на разгрузку генератора по реактивной мощности (в систему возбуждения), команды на разгрузку по активной мощности, "Стоп" и "Защитный останов" (в АРЧМ), команда на срабатывание устройства аварийного закрытия НА, команда на сброс аварийных затворов, команда на закрытие предтурбинного затвора (при его наличии);

– отключение выключателя после разгрузки гидроагрегата или по выдержке времени;

– отключение возбуждения главного и вспомогательного (для систем независимого возбуждения) генераторов;

– производится механическое торможение гидроагрегата при снижении оборотов ниже заданной уставки и закрытом положении НА (сопл);

– после останова (снижения оборотов ниже 0,2 %) через 45 секунд отключается система ТВС, через 5 минут отключается система отсоса паров масла;

– производится осмотр остановленного гидроагрегата, завершение осмотра подтверждается нажатием кнопки деблокировки защит гидроагрегата;

– гидроагрегат переходит в режим проверки готовности к пуску.

6.2.10.4 Если при останове гидроагрегата по алгоритму СТОП3 не отключается ВГ или не отключается возбуждение, формируется сигнал "Отключение от технологических защит" в систему электрических защит генератора.

6.2.10.5 Если при останове гидроагрегата по алгоритму СТОП4 нет разгрузки гидроагрегата, не закрывается НА (сопла), формируется сигнализация о незавершенном останове, дальнейшие автоматические действия прекращаются, ожидается деблокировка защит гидроагрегата. По истечении заданной в настройках ТА выдержки времени на закрытие затвора и стекание воды из напорного водовода, если частота вращения ГА не снижается, формируется аварийная сигнализация "Неисправность АРЗ".

6.2.10.6 После аварийного останова со сбросом затворов СТОП4 гидроагрегата требуется деблокировка. Деблокировка производится оперативным персоналом кнопкой деблокировки МПУ (общая кнопка деблокировки последовательности СТОП2, СТОП3, СТОП4) или виртуальной кнопкой с мнемосхемы гидроагрегата АРМ ВУ (общая кнопка деблокировки последовательности СТОП2, СТОП3, СТОП4). После этого гидроагрегат переходит в режим проверки готовности к пуску.

6.3 Управление вспомогательным оборудованием

6.3.1 Общие требования

6.3.1.1 По каждому виду управляемого вспомогательного оборудования необходимо выполнить требования изготовителя гидроагрегата к контролю и управлению в полном объеме, изложенном в РЭ.

6.3.2 Техническое водоснабжение

6.3.2.1 Управление системы ТВС сводится к управлению задвижками и насосами, относящимися к системе ТВС, а также контролю параметров (давление, температура и расход) технического водоснабжения.

6.3.2.2 Типовые схемы управления задвижками и насосами, которые следует применять для управления задвижками и насосами системы ТВС, приведены в документах 10996791.425290.024.СБ.09 "Шкаф управления задвижкой (Шкаф УЗ). Схема электрическая принципиальная", 10996791.425290.024.СБ.12 "Шкаф управления насосом периодического включения. Схема электрическая принципиальная", 10996791.425290.024.СБ.13 "Шкаф управления насосом длительного времени работы. Схема электрическая принципиальная".

6.3.2.3 Типовые алгоритмы управления задвижками и насосами рассмотрены в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики".

6.3.2.4 Алгоритмы работы системы ТВС в целом могут отличаться для разных гидроагрегатов, разрабатываются для каждого конкретного ГА с учетом требований настоящего раздела и должны определять:

– последовательность автоматических переключений запорной арматуры и насосов по команде "Включить ТВС" от алгоритмов ТА перед пуском гидроагрегата;

– последовательность автоматических переключений запорной арматуры и насосов по команде "Отключить ТВС" от алгоритмов ТА после останова гидроагрегата;

– последовательность при автоматических промывках фильтров (для фильтров в составе агрегатной ТВС).

6.3.2.5 Предусмотрена возможность регулирования расхода охлаждающей воды через охладители (воздействием на открытие/закрытие задвижек подачи воды на охладители) по температуре. Регулирование реализуется при наличии требования изготовителя гидроагрегата, описанного в РЭ.

6.3.2.6 Управление самотечной и эжекторной системой ТВС осуществляется открытием и закрытием задвижек. Контролируются расходы и температура воды на входе и выходе в теплообменники, а также давление воды на входе системы.

Сифонная система ТВС требует при пуске включения насоса заполнения сифона с отключением его после заполнения.

6.3.2.7 При включении насосной системы ТВС запускается насос, а потом открываются задвижки. Контролируются расходы и температура воды на входе и выходе в теплообменники, а также давление воды на выходе из насоса.

Для повышения надежности используются два насоса – основной и резервный. Пуск резервного насоса осуществляется по снижению давления на выходе основного насоса.

6.3.2.8 При непосредственном охлаждении генератора и водяном охлаждении системы возбуждения, задвижки на теплообменник генератора и системы возбуждения открываются после возбуждения генератора, а закрываются через заданное в настройках время после отключения возбуждения.

6.3.3 Система отсоса паров масла из подпятника и подшипников

6.3.3.1 Управление системой отсоса паров масла сводится к управлению вентилятором системы и контролю уровня масла в сепараторе.

6.3.3.2 Типовая схема управления двигателем, которую следует применять для управления вентилятором системы отсоса паров масла приведена в документе

10996791.425290.024.СБ.13 "Шкаф управления насосом длительного времени работы. Схема электрическая принципиальная".

6.3.3.3 При пуске гидроагрегата вентилятор системы отсоса паров масла включается.

6.3.3.4 После останова гидроагрегата с задержкой 5 минут вентилятор системы отсоса паров масла отключается.

6.3.4 Управление системой принудительной смазки

6.3.4.1 Самотечная система принудительной смазки подпятника и подшипников применяется на капсульных гидроагрегатах.

Управление системой принудительной смазки подшипников сводится к управлению насосами и задвижками системы, контролю параметров системы (приведены в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА").

6.3.4.2 Типовые схемы управления задвижками и насосами, которые следует применять для управления задвижками и насосами системы принудительной смазки приведены в документах 10996791.425290.024.СБ.09 "Шкаф управления задвижкой (Шкаф УЗ). Схема электрическая принципиальная", 10996791.425290.024.СБ.12 "Шкаф управления насосом периодического включения. Схема электрическая принципиальная", 10996791.425290.024.СБ.13 "Шкаф управления насосом длительного времени работы. Схема электрическая принципиальная".

6.3.4.3 Типовые алгоритмы управления задвижками и насосами рассмотрены в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики".

6.3.4.4 Алгоритмы работы системы принудительной смазки в целом могут отличаться для разных гидроагрегатов, разрабатываются для каждого конкретного ГА с учетом требований настоящего раздела и должны определять:

– последовательность автоматических переключений запорной арматуры и насосов по команде "Включить смазку" от алгоритмов ТА перед пуском гидроагрегата;

– последовательность автоматических переключений запорной арматуры и насосов по команде "Отключить смазку" от алгоритмов ТА после останова гидроагрегата.

6.3.4.5 Принудительная смазка включается при пуске агрегата командой на открытие задвижки. После открытия задвижки контролируются расход масла на смазку подшипников и подпятника, уровни масла в напорном и сливном баках.

При увеличении уровня масла в сливном баке включается основной маслонасос, перекачивающий масло в напорный бак. Включение маслонасоса контролируется по давлению масла после насоса. Отключается маслонасос по повышению уровня масла в напорном баке и снижению уровня масла в сливном баке.

Для повышения надежности используются два насоса – основной и резервный. Пуск резервного насоса осуществляется по снижению давления на выходе основного насоса.

6.3.5 Система непосредственного охлаждения гидрогенератора

6.3.5.1 Непосредственное охлаждение дистиллированной водой обмотки и железа применяется для мощных или капсульных гидрогенераторов.

6.3.5.2 Управление системой непосредственного охлаждения генератора сводится к управлению задвижками и насосами, относящимися к системе, а также контролю параметров системы (приведены в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА").

6.3.5.3 Типовые схемы управления задвижками и насосами, которые следует применять для управления задвижками и насосами системы непосредственного охлаждения генератора, приведены в документах 10996791.425290.024.СБ.09 "Шкаф управления задвижкой (Шкаф УЗ). Схема электрическая принципиальная", 10996791.425290.024.СБ.12 "Шкаф управления насосом периодического включения. Схема электрическая принципиальная", 10996791.425290.024.СБ.13 "Шкаф управления насосом длительного времени работы. Схема электрическая принципиальная".

6.3.5.4 Типовые алгоритмы управления задвижками и насосами рассмотрены в документе 10996791.425290.024.ПБ.02 "Схемы алгоритмов технологической автоматики".

6.3.5.5 Алгоритмы работы системы непосредственного охлаждения генератора могут отличаться для разных гидроагрегатов, разрабатываются для каждого конкретного ГА с учетом требований настоящего раздела.

6.3.5.6 В контуре дистиллированной воды циркуляция прекращается только на ремонт или в аварийных случаях и обеспечивается насосами.

Охлаждение генератора включается подачей технической воды в теплообменник, открытием задвижки при включении возбуждения генератора, а отключается через заданное в настройках время после отключения возбуждения.

В процессе работы оптимальная температура дистиллята поддерживается регулятором температуры.

Для повышения надежности используются два насоса – основной и резервный. Пуск резервного насоса осуществляется по снижению давления на выходе основного насоса.

6.3.5.7 Качество дистиллированной воды определяется по удельному сопротивлению, pH, наличию механических примесей, концентрации растворенного кислорода и углекислого газа.

6.3.5.8 Уровень воды в подпитывающем бачке поддерживается электроклапаном в магистрали подпитки.

6.4 Управление дренажной системой

6.4.1 Управление дренажной системой сводится к управлению насосами дренажной системы и контролю уровня дренажной воды.

Управление дренажными насосами осуществляется отдельным шкафом управления. Конструкция и схемы шкафа должны соответствовать документам 10996791.425290.024.СБ.08 "Шкаф управления дренажными насосами (Шкаф ДН). Схема электрическая принципиальная", 10996791.425290.024.ВО.08 "Шкаф управления дренажными насосами (Шкаф ДН). Типовая конструкция".

6.4.2 Уровень дренажной воды контролируется измерителем уровня. Формируются сигналы:

- уровень включения основного насоса;
- уровень включения резервного насоса;
- уровень отключения насоса;
- аварийный уровень.

6.4.3 Для каждого дренажного насоса устанавливается отдельный измеритель уровня дренажной воды. В случае, если дренажный насос один, предусматривается установка дополнительного (второго) измерителя уровня дренажной воды. Сигнал уровня дренажной воды от каждого измерителя уровня передается в ПТК ТАиУВО.

6.4.4 Шкаф ДН формирует независимые сигналы в систему ЦС ГЭС:

- аварийный уровень;
- неисправность двух насосов ДН.

6.4.5 Шкафы имеют переключатели управления с четырьмя положениями: "Ручное", "Отключено", "Резервный", "Основной".

В положении "Основной" включение двигателя дренажного насоса происходит при формировании сигнала "Уровень включения основного насоса", а отключение – при снижении уровня воды до уставки "Уровень отключения насоса".

В положении "Резервный" включение двигателя дренажного насоса происходит при формировании сигнала "Уровень включения резервного насоса" в зависимости от выбранного режима работы насоса, а отключение – при снижении уровня воды до уставки "Уровень отключения насоса".

В положении "Отключено" насос отключается.

В положении "Ручное" насос включается в ручном режиме независимо от уровня дренажной воды и состояния управляющего измерителя уровня.

6.4.6 В ПТК ТАиУВО передаются сигналы из шкафа управления дренажными насосами в соответствии с документом 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА" и схемами управления дренажными насосами.

6.4.7 В ПТК ТАиУВО реализуется контроль повышения уровня дренажной воды по двум уставкам – предупредительной и аварийной (по каждому датчику).

6.4.8 В ПТК ТАиУВО реализуется контроль исправности управления дренажными насосами:

– неисправность дренажного насоса (обобщенный сигнал неисправности, формируемый схемой управления насосом при пропадании питания насоса, питания цепей управления насосом или неисправности устройства плавного пуска дренажного насоса) с формированием предупредительной сигнализации;

– насос не пустился (или не остановился) при достижении уставок пуска (отключения) насоса с формированием предупредительной сигнализации;

– нет основного дренажного насоса (нет дренажного насоса, для которого выбран режим "Основной") или неисправность основного дренажного насоса с формированием предупредительной сигнализации о необходимости переключения режимов работы дренажных насосов.

6.4.9 ПТК ТАиУВО реализует сравнение показаний измерителей уровня дренажной воды: измеренные значения уровня дренажной воды от двух измерителей должны находиться в диапазоне допустимого рассогласования (устанавливается в настройках ТАиУВО и, как правило, должен быть не более удвоенной погрешности измерительного канала). При расхождении показаний более допустимой величины формируется предупредительная сигнализация.

6.5 Описание диагностических правил

6.5.1 Общие требования

6.5.1.1 САУ ГА традиционно сравнивает измеренные значения технологических параметров с уставками предупредительной и аварийной сигнализации, формирует сигнальные сообщения и инициирует автоматические действия в зависимости от наличия или сочетания сигналов.

6.5.1.2 Наравне с традиционными функциями контроля в ПТК ТАиУВО реализуются расчетные функции контроля в соответствии с приведенным ниже описанием, которые также выполняться автоматически, для выявления отклонений от нормального режима и признаков развивающихся повреждений.

6.5.2 Сегменты подшипников

6.5.2.1 Расчет средней температуры сегмента. Усредняются мгновенные измерения раз в минуту в течение периода, когда ГА вращается с частотой не менее 95 % номинальной.

6.5.2.2 Расчет превышения текущей температуры над средней, сравнение превышения с уставкой для предупредительной сигнализации (раз в секунду).

6.5.2.3 Фиксация минимальной и максимальной температуры (рабочий диапазон температуры) за последний период работы с частотой выше 95 % номинальной.

6.5.2.4 Расчет средней температуры за 10 и 100 предыдущих периодов работы с частотой от 95 % номинальной. Усредняются средние значения температуры, полученные по пункту 6.5.2.1.

6.5.2.5 Расчет средних минимальной и максимальной температуры за 10 и 100 предыдущих периодов работы (диапазон рабочих температур). Усредняются значения, полученные по пункту 6.5.2.3.

6.5.2.6 Контроль отклонения текущей температуры за диапазон рабочих температур (раз в секунду).

6.5.2.7 Расчет превышения текущей температуры над температурой масла в ванне (с проверкой на уставку допустимого превышения).

6.5.2.8 Расчет средней температуры по всем сегментам (усредняются ежеминутные отсчеты).

6.5.2.9 Расчет превышения текущей температуры сегмента над средней сегментов, с проверкой на уставку допустимого превышения (раз в секунду).

6.5.2.10 Расчет понижения текущей температуры сегмента от средней температуры сегментов, с проверкой на уставку допустимого понижения (раз в секунду).

6.5.2.11 Справочно: Температура сегментов подпятника и подшипника и масла, измеренная штатными приборами теплового контроля, не должна превышать допустимых значений. Отклонение температуры от обычного уровня свидетельствует о появлении неисправности.

Если наблюдается медленный, но постоянный рост температуры одного или нескольких сегментов, то это может быть следствием повышенного износа поверхности трения в результате потери сегментом подвижности (возможности самоустановки) или значительной перегрузки отдельных сегментов из-за нарушения распределения нагрузки между сегментами. В последнем случае на недогруженных сегментах температура может понижаться. Снижение температуры отдельных сегментов до уровня температуры масла в ванне может быть также следствием опускания этих сегментов из-за повреждения опорных элементов, расположенных под ними. В

этом случае, при исправности теплоконтроля следует немедленно остановить агрегат и осмотреть опорные элементы.

6.5.3 Масло в маслованне

6.5.3.1 Диагностируется интенсивность охлаждения как при работе ГА (промежуток между командами на пуск и останов), так и на остановленном ГА (промежуток между командами "отбой останова" и "пуск").

6.5.3.2 Расчет средней температуры за 10 и 100 предыдущих периодов работы.

6.5.3.3 Превышение текущей температуры над средней: недостаточное охлаждение ИЛИ увеличение тепловыделения на клинах.

6.5.3.4 Фиксация минимальной температуры на остановленном ГА.

6.5.3.5 Текущая температура ниже минимальной за 10 и 100 предыдущих периодов останова: избыток охлаждения (если охлаждение не прерывается после останова).

6.5.3.6 Фиксация времени нарастания температуры от отсчета на момент получения команды на пуск до достижения средней за 10 и 100 предыдущих периодов работы, рассчитанных по пункту 6.5.3.2. Тенденция на снижение времени – недостаточное охлаждение ИЛИ увеличение тепловыделения на сегментах, тенденция на увеличение – избыточное охлаждение.

6.5.4 Статор

6.5.4.1 Расчет средней температуры секторов.

6.5.4.2 Расчет средней температуры ХВ и ГВ.

6.5.4.3 Сравнивается интенсивность охлаждения между в/охладителями по отклонению температуры сегментов/воздуха напротив каждого в/охладителя от средней "по кругу". На видеокадре для каждого в/о (зоны статора напротив в/о) должно отображаться отклонение температуры от средней, подсвечиваться самый холодный и самый нагретый в/охладитель/сектор статора. Если несколько точек измерения по высоте статора, то отображать каждый "горизонтальный срез".

6.5.5 ТВС

6.5.5.1 Сравнение расходов на входе и выходах, сигнализации при превышении допустимого расхождения (контроль утечек).

6.5.6 Вода в конусе турбины

6.5.6.1 Фиксация времени нарастания уровня от момента останова дренажного насоса до момента следующего пуска (раздельно для остановленного и запущенного ГА). Расчет среднего за последние n циклов. Расчет отклонения времени последнего цикла от среднего.

6.5.6.2 Фиксация длительности работы насоса. Расчет среднего за последние n циклов. Расчет отклонения времени последнего цикла от среднего.

7 АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕГУЛЯТОР ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ И МОЩНОСТИ (АРЧМ)

7.1 Общие положения

7.1.1 Алгоритмы АРЧМ реализованы отдельным ПТК АРЧМ.

7.1.2 ПТК АРЧМ строится по общим принципам, описанным в разделе 5 "Аппаратная реализация" настоящего документа.

7.1.3 ПТК АРЧМ управляет соответствующими исполнительными электрогидравлическими устройствами на основе информации, поступающей от датчиков и преобразователей, измеряющих параметры и определяющих положения и состояния устройств и механизмов.

7.1.4 В процессе управления АРЧМ (во всех режимах работы гидроагрегата) реализует в реальном времени заложенные алгоритмы управления и обеспечивает экономичную и надежную работу гидроагрегата.

7.1.5 АРЧМ осуществляет управление регулирующими органами турбины для реализации управления гидроагрегатом в переходных процессах (при пуске, останове, переводе в режим СК и выводе из режима СК, сбросах и набросах нагрузки), регулирования частоты вращения и мощности.

7.1.6 АРЧМ обеспечивает выполнение гарантий регулирования, заданных изготовителем гидроагрегата.

Предотвращение недопустимого повышения давления в водоводе осуществляется за счет выполнения ограничений на скорости изменения положения исполнительных органов турбины, заданных изготовителем турбины в РЭ.

Предотвращение недопустимого повышения частоты вращения гидроагрегата и срабатывания противоразгонных устройств осуществляется за счет реализации регулирования частоты вращения гидроагрегата (настройки регулятора частоты должны быть достаточными для предотвращения недопустимого повышения частоты вращения гидроагрегата).

7.1.7 Во всех режимах работы АРЧМ обеспечивает безопасное управление гидроагрегатом посредством реализации функций защит, соблюдения рабочих зон гидроагрегата по эксплуатационной характеристике (в зависимости от напора) и выполнения требований изготовителя турбины, описанных в РЭ, к скорости движения регулирующих органов турбины.

7.1.8 Работа АРЧМ осуществляется в следующих режимах:

– автоматический – задание положения регулирующих органов турбины формируется автоматически по заложенным в АРЧМ алгоритмам в соответствии с полученными командами от ТА;

– ручной – задание положения регулирующих органов турбины изменяется с помощью ключей управления шкафа АРЧМ.

В автоматическом и ручном режимах АРЧМ осуществляет позиционирование регулирующих органов по сформированному для них заданию.

Основным способом управления гидроагрегатом является управление в автоматическом режиме.

7.1.9 Панель оператора ПТК АРЧМ является средством местного контроля и управления, устанавливается в машинном зале гидроэлектростанции на двери ПТК АРЧМ в составе АЩУ.

7.2 Описание работы АРЧМ (для всех типов турбин)

7.2.1 Измерение параметров

7.2.1.1 В АРЧМ для регулирования используются аналоговые входные сигналы по следующим величинам:

– частота вращения гидроагрегата;

– частота в энергосистеме;

– активная мощность;

– положение регулирующих органов (открытие направляющего аппарата, положение лопастей рабочего колеса, положение игл сопел, положение дефлекторов);

– напор нетто;

– уровень нижнего бьефа;

– уровень верхнего бьефа или расход воды через турбину, если используется работа АРЧМ по водотоку.

Для реализации защит используются аналоговые входные сигналы по следующим величинам:

– частота вращения гидроагрегата;

– положение регулирующих органов (открытие направляющего аппарата, положение лопастей рабочего колеса, положение игл сопел, положение дефлекторов);

– положения главных золотников;

– давление масла в системе регулирования.

Подробный перечень сигналов приведен в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА".

7.2.1.2 Для повышения надежности следует дублировать наиболее ответственные измерения:

– частоты вращения гидроагрегата – 2 датчика частоты зубчатого колеса при наличии тахогенератора или 3 датчика частоты зубчатого колеса, если тахогенератор отсутствует;

– положение исполнительных органов гидроагрегата – 2 канала измерения положения исполнительных органов гидроагрегата (допускается использование одного канала измерения при наличии технико-экономического обоснования, согласованного с заказчиком).

7.2.1.3 В качестве источника сигналов о скорости вращения гидроагрегата используется:

– зубчатое колесо с индуктивными датчиками;

– тахогенератор;

– сигнал с измерительного трансформатора на шинах генератора (использование должно быть обосновано при реализации АРЧМ каждого ГА отдельно).

7.2.1.4 АРЧМ формирует значение частоты вращения гидроагрегата по трем сигналам частоты от датчиков зубчатого колеса по алгоритму №5 "Выбор одного измерительного канала из трех" (документ 10996791.425290.024.ПБ "Общие алгоритмы"). При наличии сигнала тахогенератора в алгоритме следует использовать два сигнала частоты от датчиков зубчатого колеса и один сигнал от тахогенератора.

В качестве скорости вращения гидроагрегата применяются показания:

– тахогенератора – при условии, что измеренная по каналу тахогенератора совпадает с показаниями скорости вращения, полученными при выборе достоверного сигнала из трех (алгоритм №5, документ 10996791.425290.024.ПБ "Общие алгоритмы");

– измерительного трансформатора генератора – при условиях, что измеренная по каналу трансформатора напряжения генератора скорость вращения гидроагрегата совпадают с показаниями скорости вращения, полученными при выборе достоверного сигнала из трех (алгоритм №5, документ 10996791.425290.024.ПБ "Общие алгоритмы"), генератор работает в сети, отсутствуют или недостоверны показания тахогенератора и измеренная скорость находится в пределах 98-102 %;

– выбранное достоверное значение из трех – во всех остальных случаях.

7.2.1.5 Каналы измерения частоты обеспечивают измерение частоты вращения гидроагрегата в диапазоне 0-200 % от номинальной частоты вращения гидроагрегата. Точность измерения не хуже 0,02 % (не хуже 0,01 Гц, приведенной к номинальному значению частоты сети 50 Гц) в диапазоне частот 96-104 % и не хуже 1 % в остальном диапазоне.

7.2.1.6 В качестве источника сигнала о частоте сети используется сигнал с измерительного трансформатора.

7.2.1.7 В качестве основного сигнала обратной связи при работе гидроагрегата в режиме мощность, используется измеренная величина активной мощности гидроагрегата.

В случае выхода из строя измерительного преобразователя активной мощности или обрыва в канале измерения величины активной мощности, происходит автоматический безударный переход на работу без обратной связи по мощности (режим "Изолированный" по ГОСТ Р 70661, см. описание в разделе 7.2.6) с обратной связью по открытию с выдачей предупреждающего сигнала оператору.

Предусмотрен перевод измерительных цепей на резервный ТН генератора. Переключение измерительных цепей ТН (выбор ТН для подключения к САУ ГА) выполняется ключом внутри МПУ.

7.2.1.8 Для измерения напора следует использовать гидростатические погружные датчики давления с защитой от обмерзания.

Датчики верхнего бьефа гидроагрегата должны располагаться после сороудерживающих решеток (СУР). Допускается использование датчиков уровня до СУР при наличии датчика перепада уровня на СУР.

В нижнем бьефе датчики уровня гидроагрегата располагаются между отсасывающей трубой и гасительными устройствами.

7.2.1.9 Датчики уровня бьефов должны иметь устройства для демпфирования показаний при волнении воды и пульсации давления в водопроводящем тракте. Демпфирование допускается выполнять программными средствами в АРЧМ.

7.2.2 Расчетные параметры

7.2.2.1 В АРЧМ необходимо осуществлять расчет следующих текущих параметров гидроагрегата:

– мощность на валу турбины;

– КПД гидроагрегата;

– расход воды через турбину (если не предусмотрено прямое измерение параметра).

7.2.2.2 Мощность на валу турбины рассчитывается по формуле:

$$N_{т} = \frac{P_{ген}}{\eta_{ген}},$$

где:

$N_{т}$ - мощность на валу турбины;

$P_{ген}$ - активная мощность генератора;

$\eta_{ген}$ - КПД генератора, определяется по представленной заводом-изготовителем генератора характеристике КПД генератора от мощности.

7.2.2.3 КПД гидроагрегата учитывает КПД турбины и КПД генератора и вычисляется по формуле:

$$\eta = \eta_T \cdot \eta_{ген}$$

где:

η_T - КПД генератора, определяется по представленной заводом-изготовителем турбины характеристике КПД генератора от мощности и напора;

$\eta_{ген}$ - КПД генератора, определяется по представленной заводом-изготовителем генератора характеристике КПД генератора от мощности.

7.2.2.4 Расход воды через турбину определяется по представленной заводом-изготовителем турбины характеристике расхода воды через турбину от мощности и напора.

7.2.2.5 АРЧМ должен осуществлять расчет статистических параметров:

– количество пусков турбины;

– количество остановов турбины;

– время работы в зоне запрещенной работы (для каждой зоны в соответствии с эксплуатационной характеристикой);

– время работы в зоне ограниченной работы (для каждой зоны в соответствии с эксплуатационной характеристикой);

– количество переходов через зону запрещенной работы (для каждой зоны в соответствии с эксплуатационной характеристикой);

– количество переходов через зону ограниченной работы (для каждой зоны в соответствии с эксплуатационной характеристикой);

– время работы ГА в режиме АРЧМ "Мощность";

– время работы ГА в режиме АРЧМ "Частота";

– время работы ГА в режиме АРЧМ "Изолированный";

– время работы ГА под управлением ГРАМ;

– время работы ГА в режиме НПРЧ;

– время работы ГА с КПД более 95 %.

Каждый из перечисленных параметров рассчитывается за следующие периоды времени:

– с начала эксплуатации;

– с последнего капитального ремонта;

– с начала календарного года;

– с начала месяца;

– с начала суток.

7.2.2.6 Зоны запрещенной работы гидроагрегата и зоны ограниченной работы гидроагрегата задаются заводом-изготовителем турбины в виде линий ограничения мощности в зависимости от напора.

7.2.2.7 При исчерпании 90 % допустимого количества пусков и остановов турбины формируется предупредительная сигнализация.

7.2.2.8 При исчерпании 90 % допустимого времени работы в зоне ограниченной работы формируется предупредительная сигнализация.

7.2.2.9 При исчерпании 100 % допустимого времени работы в зоне ограниченной работы формируется предупредительная сигнализация, а зона ограниченной работы становится зоной запрещенной работы.

7.2.2.10 Допустимое время работы гидроагрегата в зоне ограниченной работы задается заводом-изготовителем турбины.

7.2.2.11 При исчерпании 90 % допустимого количества переходов через зону запрещенной работы формируется предупредительный сигнал.

7.2.2.12 Допустимое количество переходов через зону запрещенной работы задается заводом-изготовителем турбины.

7.2.2.13 При исчерпании допустимого количества переходов через зону запрещенной работы АРЧМ блокирует переход через данную зону работы. Это достигается установкой ограничения в АРЧМ для задания мощности по нижней границе заблокированной зоны запрещенной работы (при наличии рабочей зоны ниже заблокированной зоны запрещенной работы) или блокировкой автоматического пуска гидроагрегата (если зона запрещенной работы запрещает работу гидроагрегата в области малых мощностей).

Алгоритмами предусмотрена возможность отключения проверки по количеству пусков/остановов гидроагрегата оператором с помощью программного ключа.

7.2.2.14 АРЧМ имеет возможность расширения списка параметров и условий их контроля в соответствии с указаниями РЭ завода-изготовителя турбины. Дополнительные условия определяются и согласовываются с заказчиком при реализации АРЧМ каждого ГА отдельно.

7.2.3 Пуск гидроагрегата

7.2.3.1 АРЧМ формирует сигнал о готовности ПТК АРЧМ к пуску по результатам опроса состояния всех подсистем АРЧМ. Данный сигнал используется при формировании обобщенного сигнала готовности гидроагрегата к пуску. Сигнал готовности АРЧМ определяет:

– исправность электрогидравлической следящей системы;

– исправность основных датчиков:
  - положения исполнительных органов турбины (направляющего аппарата, рабочего колеса, сопл, дефлекторов);
  - положения главных золотников;
  - частоты вращения гидроагрегата;
– исправность промышленного контроллера;
– закрытое положение регулирующих органов (направляющего аппарата или сопл);
– смещенное на закрытие положение главного золотника;
– автоматический режим управления АРЧМ;
– наличие давления в электрогидравлической колонке;
– отсутствие команд на останов (команд "Стоп" и "Защитный останов" от ТА);
– состояние фильтрующих элементов в системе регулирования;
– наличие ресурса по переходу через нижнюю зону запрещенной работы (подробнее см. пункт 7.2.2.13).

В случае неготовности какой-либо подсистемы АРЧМ к пуску, выдается информация о причине и месте ее локализации. Исполнение внешней команды "ПУСК" в этом случае блокируется. Управление в ручном режиме остается возможным при условии вывода гидроагрегата в ремонт.

7.2.3.2 Для отладочных и испытательных работ должна быть предусмотрена возможность имитации условий, необходимых для формирования сигнала готовности АРЧМ к пуску.

7.2.3.3 АРЧМ обеспечивает пуск гидроагрегата в автоматическом режиме по команде от ТА при выполнении последовательности пуска, или в ручном режиме путем непосредственного управления открытием регулирующего органа с местного пульта.

7.2.3.4 Выполнение алгоритма пуска гидроагрегата в автоматическом режиме производится с двумя пусковыми открытиями. Первоначально направляющий аппарат открывается до величины первого пускового открытия, существенно превышающей открытие холостого хода. Тем самым уменьшается время работы агрегата на низких скоростях вращения и сокращается время пуска агрегата. По мере разгона агрегата направляющий аппарат прикрывается до величины второго пускового открытия, близкого по значению к величине открытия холостого хода.

Значения пусковых открытий задаются линиями пусковых открытий от действующего напора. Линии пусковых открытий уточняются в ходе пусконаладочных работ таким образом, чтобы скорость набора оборотов была достаточно высокой, но не противоречила указаниям завода-изготовителя турбины.

7.2.3.5 АРЧМ обеспечивает вывод агрегата на заданную скорость вращения и стабильное поддержание данной скорости при работе агрегата на холостом ходу.

7.2.3.6 Управление частотой вращения осуществляется в автоматическом режиме работы АРЧМ командами "Больше", "Меньше" от ключа управления АРЧМ на МПУ.

7.2.3.7 АРЧМ реализует функцию подгонки частоты вращения генератора к частоте сети по команде из ТА "Включить автоматическую подгонку частоты". Команда подается из ТА в АРЧМ при включении генератора методом точной автоматической синхронизации или методом самосинхронизации для обеспечения подгонки напряжения генератора к напряжению сети с заданным скольжением (разности частот на шинах генератора и в сети).

При получении команды "Включить автоматическую подгонку частоты" в АРЧМ задание частоты вращения генератора принимает значение сигнала с измерительного трансформатора напряжения сети со скольжением. Величина скольжения задается в диапазоне 0…2 % и уточняется в ходе пусконаладочных работ.

При наличии команды "Включить автоматическую подгонку частоты" управление частотой вращения командами "Больше", "Меньше" от ключа управления АРЧМ на МПУ не осуществляется.

7.2.3.8 АРЧМ формирует дискретные сигналы для использования в прочих системах автоматики гидроагрегата по уставкам частоты вращения и положению регулирующего органа.

7.2.4 Автоматическая загрузка генератора при понижении частоты

7.2.4.1 В любом режиме работы гидроагрегата АРЧМ контролирует частоту в сети и формирует дискретный сигнал "Действие АЗГ" (или "Действие АЧВР"). Сигнал "Действие АЗГ" ("Действие АЧВР") устанавливается при снижении частоты ниже уставки срабатывания с настраиваемой задержкой по времени и снимается при повышении частоты сети выше уставки отпускания. Уставка срабатывания, задержка срабатывания по времени и уставка отпускания задаются в настройках АРЧМ.

7.2.4.2 При наличии сигнала "Действие АЗГ" ("Действие АЧВР") предусмотрен перевод гидроагрегата в генераторный режим работы (выполняется ТА, см. пункт 6.2.1.2) и его загрузка (выполняется АРЧМ). Для этого АРЧМ:

– формирует выходную команду "Действие АЗГ" ("Действие АЧВР") в подсистему ТА;

– при работе гидроагрегата в генераторном режиме (поле перехода гидроагрегата в генераторный режим, если ранее он находился в другом режиме) увеличивает задания мощности (см. пункт 7.2.4.3);

– блокирует возможность изменения задания мощности по заданию от ГРАМ или по заданию оператора;

– формирует выходную команду "Действие АЧВР" в ГРАМ.

7.2.4.3 Увеличение задания мощности осуществляется при наличии сигнала "Действие АЗГ" ("Действие АЧВР") с заданной в настройках АРЧМ скоростью до текущего верхнего ограничения по эксплуатационной характеристике гидроагрегата. Если сигнал "Действие АЗГ" ("Действие АЧВР") снят, увеличение мощности приостанавливается, даже если не было достигнуто верхнее ограничение по мощности.

7.2.4.4 Управление по заданию от ГРАМ или изменение мощности по заданию от оператора становятся возможными после деблокировки в АРЧМ оператором сигнала "Действие АЗГ" ("Действие АЧВР").

7.2.5 Работа гидроагрегата на холостом ходу

7.2.5.1 АРЧМ обеспечивает стабильное поддержание заданной скорости вращения гидроагрегата при работе на холостом ходу (раздел 7.2.8 "Регулирование частоты вращения и мощности").

7.2.5.2 АРЧМ при сбросах нагрузок обеспечивает управление регулирующими органами турбины таким образом, чтобы выдержать гарантии регулирования, а именно обеспечить уменьшение отклонения скорости вращения гидроагрегата от номинальной скорости и не допустить срабатывание противоразгонных защит турбины и стабилизацию скорости вращения гидроагрегата на номинальном значении и при этом не допустить нерасчетные динамические воздействия на исполнительные органы турбины и элементы водовода.

7.2.5.3 Для предотвращения нерасчетных динамических воздействий (разряжение в отсасывающей трубе, повышение давления в спиральной камере) АРЧМ при сбросах нагрузок обеспечивает закрытие исполнительного органа турбины с заданной в настройках АРЧМ скоростью.

7.2.6 Работа гидроагрегата в сети

7.2.6.1 АРЧМ после синхронизации с сетью производит автоматический набор мощности:

– по заданию ГРАМ (при работе гидроагрегата в ГРАМ);

– до установленной в настройках величины активной мощности для предотвращения длительной работы агрегата в зоне ограниченной работы по минимальной мощности (определяется эксплуатационной характеристикой гидроагрегата);

– до текущего верхнего ограничения задания активной мощности по эксплуатационной характеристике при данном напоре.

Допустимая скорость изменения мощности устанавливается в настройках АРЧМ. Значение допустимой скорости определяется требованиями завода-изготовителя турбины и указано в РЭ.

7.2.6.2 АРЧМ обеспечивает следующие автоматические режимы работы гидроагрегата в сети:

– режим "Изолированный" – АРЧМ, обеспечивающий следящее регулирование активной мощности ГА (в соответствии с заданием оператора или внешней системы ГРАМ) с коррекцией по частоте (ОПРЧ или НПРЧ). При этом положение регулирующих органов турбины определяется в соответствии с заданием активной мощности и заданной эксплуатационной характеристикой (зависимостью активной мощности от положения регулирующих органов гидротурбины и текущего напора/высоты отсасывания), без использования активной электрической мощности ГА;

– режим "Мощность" – АРЧМ обеспечивает следящее регулирование активной мощности ГА (в соответствии с заданием оператора или внешней системы ГРАМ) с коррекцией по частоте (ОПРЧ или НПРЧ) с использованием обратной связи по активной электрической мощности гидрогенератора;

– режим "Частота" – АРЧМ обеспечивает следящее статическое регулирование частоты в соответствии с заданной уставкой частоты. При этом положение регулирующих органов турбины определяется в соответствии с выбранным законом регулирования (возможность оперативного изменения активной мощности гидроагрегата или положения регулирующих органов гидротурбины отсутствует);

– режим "Частота – астатический" – АРЧМ обеспечивает следящее астатическое регулирование частоты в соответствии с заданной уставкой частоты. При этом положение регулирующих органов турбины определяется в соответствии с выбранным законом регулирования (возможность оперативного изменения активной мощности гидроагрегата или положения регулирующих органов гидротурбины отсутствует);

– СК – АРЧМ обеспечивает полное закрытие регулирующего органа.

7.2.6.3 Индикация режима "Изолированный" / "Мощность" / "Частота" / "Частота – астатический" выполнена на операторской панели САУ ГА и АРМ ВУ АСУТП, а также светодиодными индикаторами на двери шкафа ПТК АРЧМ и на панели (пульте) управления гидроагрегатом на ГЩУ (ЦПУ) станции.

7.2.6.4 Изменение текущего режима работы гидроагрегата "Мощность" / "Изолированный" / "Частота" / "Частота – астатический" выполняется вручную оператором или автоматически.

7.2.6.5 Для изменения режима работы гидроагрегата "Мощность" / "Изолированный" / "Частота" / "Частота – астатический" оператором предусматриваются программные кнопки на операторской панели САУ ГА и АРМ ВУ АСУТП, аппаратный ключ выбора режима на двери шкафа ПТК АРЧМ, аппаратный ключ выбора режима, установленного на ГЩУ (ЦПУ).

Аппаратный ключ выбора режима гидроагрегата в сети обеспечивает переключение режима импульсно, в момент перевода ключа в новое положение. В дальнейшем режим работы может быть изменен как программными ключами, так и автоматически (пункты 7.2.6.7).

7.2.6.6 После включения гидроагрегата в сеть устанавливается режим "Мощность".

7.2.6.7 Предусматриваются следующие автоматические переходы между генераторными режимами:

– при неисправности измерителя мощности – переход из режима "Мощность" в режим "Изолированный", запрет на включение режима "Мощность";

– при отклонении частоты от номинального значения на заданную величину вверх или вниз – переход из режима "Мощность" в режим "Изолированный", запрет на включение режима "Мощность";

– при появлении незатухающих колебаний частоты, превышающих заданную амплитуду в заданном диапазоне периодов таких колебаний – переход из режима "Мощность" в режим "Изолированный", запрет на включение режима "Мощность";

– при зафиксированном прекращении синхронной работы с энергосистемой (определяется при повышении частоты генератора более 55 Гц) – переход из режима "Мощность" или "Изолированный" в режим "Частота" или "Частота – астатический" (конкретный режим, в который выполняется переход, определяется настройками АРЧМ), запрет на включение режима "Мощность" или "Изолированный".

7.2.6.8 АРЧМ обеспечивает автоматическое поддержание заданной частоты вращения гидроагрегата при работе в сети в режиме "Мощность" или "Изолированный" в соответствии с требованиями ОПРЧ или НПРЧ. Переключение между режимами ОПРЧ и НПРЧ осуществляется программным ключом в настройках АРЧМ.

7.2.6.9 АРЧМ обеспечивает закрытие исполнительных органов при автоматическом переводе гидроагрегата из генераторного (или насосного) режима в режим СК и открытие при обратном переходе.

Для обратимых гидроагрегатов АРЧМ обеспечивает также перевод гидроагрегата из насосного режима в режим СК и из режима СК в насосный режим без останова гидроагрегата.

7.2.6.10 АРЧМ не допускает работу ГА в зоне запрещенной работы.

При формировании задания мощности ГА в зоне запрещенной работы АРЧМ ограничивает задание мощности текущей границей запрещенной зоны (при данном напоре в

соответствии с эксплуатационной характеристикой). Переход через зону запрещенной работы осуществляется с заданной в настройках АРЧМ допустимой скоростью (устанавливается заводом-изготовителем турбины и указано в РЭ).

АРЧМ автоматически контролирует, по величине текущей активной мощности и действующего напора, соответствие режима работы агрегата с разрешенным диапазоном работы и, в случае несоответствия, выдает предупредительный сигнал оператору о работе гидротурбины в зоне запрещенных нагрузок в соответствии с разделом 7.2.2.

7.2.6.11 АРЧМ обеспечивает автоматическое ограничение максимальной активной мощности гидроагрегата и ограничение положения регулирующего органа турбины, с учетом величины действующего напора. При достижении предельной величины активной мощности или положения исполнительного органа турбины АРЧМ формирует предупредительный сигнал оператору.

7.2.6.12 АРЧМ обеспечивает соблюдение линии ограничения минимальной мощности по эксплуатационной характеристике гидротурбины.

7.2.7 Останов гидроагрегата

7.2.7.1 В ходе остановов гидроагрегата (СТОП1 – СТОП4) АРЧМ обеспечивает управление исполнительными органами турбины по командам от ТА.

7.2.7.2 По команде ТА "Стоп" (нормальный останов гидроагрегата) АРЧМ обеспечивает:

– до момента отключения выключателя генератора: закрытие регулирующего органа турбины до величины холостого хода (тем самым обеспечивается разгрузка гидроагрегата до 0 МВт);

– после отключения выключателя генератора: полное закрытие регулирующего органа турбины.

Закрытие регулирующего органа турбины для обеспечения гарантий регулирования осуществляется с допустимой скоростью (в соответствии с РЭ изготовителя турбины).

7.2.7.3 По команде ТА "Защитный останов" (срабатывание технологических защит гидроагрегата) АРЧМ обеспечивает:

– полное закрытие регулирующего органа турбины без контроля отключенного положения выключателя генератора.

Закрытие регулирующего органа турбины для обеспечения гарантий регулирования осуществляется с допустимой скоростью (в соответствии с РЭ изготовителя турбины).

7.2.7.4 АРЧМ обеспечивает аварийный останов гидроагрегата (с помощью устройств аварийного закрытия) в случае возникновения аварийной ситуации (раздел 7.2.11) из любого режима работы.

Обеспечение гарантий регулирования при срабатывании устройства аварийного закрытия НА обеспечивается настройкой гидравлической схемы управления регулирующими органами турбины на допустимую скорость закрытия.

7.2.8 Регулирование частоты вращения и мощности

7.2.8.1 Для хранения и изменения уставки частоты вращения используется задатчик частоты вращения. Величина задатчика вычитается из измеренного текущего значения частоты. Полученная разность является ошибкой регулирования. Она подается на вход формирователя закона стабилизации частоты.

7.2.8.2 Основным узлом задатчика является интегрирующий элемент, содержимое которого может изменяться в следующих случаях:

– на холостом ходу, при поддержании постоянного скольжения генератора по отношению к сети для синхронизации (автоматическая подгонка частоты, пункт 7.2.3.7) – запись частоты сети с учетом величины скольжения, заданной в настройках регулятора;

– при переходе на холостой ход в момент отключения от сети - запись уставки, равной 100 % (соответствующей частоте 50 Гц);

– при ручном изменении уставки в соответствии с выбранной скоростью изменения уставки частоты по командам "Больше", "Меньше" от ключа управления АРЧМ на МПУ.

При включенной автоподгонке ручное управление задатчиком частоты заблокировано и команды "Больше", "Меньше" от ключа управления АРЧМ на МПУ не отрабатываются.

7.2.8.3 Параметры автоматической подгонки частоты:

– величина скольжения;

– диапазон возможных значений частоты сети, внутри которого автоподгонка разрешена.

7.2.8.4 Диапазон изменения уставки частоты установлен в ±15 % от номинальной, (85÷115 %). Скорость ее изменения задается уставкой скорости изменения задатчика частоты.

7.2.8.5 При работе на холостом ходу или в сети в режимах "Частота" и "Частота - астатический" формирование положения регулирующего органа турбины по отклонению частоты производится по пропорционально-интегрально-дифференциальному (ПИД) или другому закону регулирования.

7.2.8.6 Сигнал отклонения частоты гидроагрегата от величины задания предварительно обрабатывается в блоке фильтров. Фильтры служат для подавления случайных высокочастотных помех.

7.2.8.7 Для различных режимов работы гидроагрегата предусмотрены разные коэффициенты управления для регулятора частоты:

– при работе на холостом ходу;

– при работе в сети в режиме "Частота";

– при работе в сети в режиме "Частота - астатический".

Переход на коэффициенты для разных режимов производится автоматически.

7.2.8.8 Для обеспечение участия ГА в первичном регулировании частоты (ОПРЧ/НПРЧ) при работе в сети в режимах "Мощность" и "Изолированный" АРЧМ обеспечивает формирование частотной коррекции в соответствии с решениями пункта 7.2.8.14.

Переключение между режимами ОПРЧ и НПРЧ осуществляется программным ключом в настройках АРЧМ.

7.2.8.9 Для хранения и изменения уставки мощности используется задатчик мощности. Величина задатчика вычитается из измеренного текущего значения мощности, полученная разность является ошибкой регулирования. Она подается на вход формирователя закона стабилизации мощности.

7.2.8.10 Основным узлом задатчика мощности является интегрирующий элемент, содержимое которого может изменяться в следующих случаях:

– в режиме "Мощность" или "Изолированный" в момент включения выключателя или при выходе из режима "СК" – в соответствии с выбранной скоростью изменения уставки мощности устанавливается значение мощности для автоматической загрузки (значение определяется в настройках регулятора) с целью минимизации времени работы гидроагрегата на малых нагрузках в запрещенной зоне;

– в режиме "Мощность" или "Изолированный" при ручном изменении уставки в соответствии с выбранной скоростью изменения уставки мощности по командам "Больше" – "Меньше" или ручным вводом с операторской панели;

– в режиме "Мощность" или "Изолированный" при работе под управлением ГРАМ в соответствии с принятым от ГРАМ заданием активной мощности;

– в прочих режимах значение задатчика мощности определяется текущей активной мощностью гидроагрегата (измеренной – при включенной обратной связи по мощности; определенной по заданной зависимости активной мощности от положения регулирующих органов гидротурбины и текущего напора/высоты отсасывания – при отключенной обратной связи по мощности).

7.2.8.11 При работе в сети в режиме "Мощность" формирование положения регулирующего органа турбины производится двумя составляющими:

– составляющей с прямым каналом, рассчитываемым от текущего задания активной мощности по эксплуатационной характеристике гидроагрегата (заданной зависимости активной

мощности от положения регулирующих органов гидротурбины и текущего напора/высоты отсасывания);

– регулирующей составляющей по пропорционально-интегральному (ПИ) или другому закону регулирования по сигналу отклонения мощности гидроагрегата от величины задания.

7.2.8.12 Сигнал отклонения мощности гидроагрегата от величины задания предварительно обрабатывается в блоке фильтров. Фильтры служат для подавления случайных высокочастотных помех.

7.2.8.13 При работе в сети в режиме "Изолированный" формирование положения регулирующего органа турбины производится только одной составляющей:

– с прямым каналом, рассчитываемым по эксплуатационной характеристике гидроагрегата (заданной зависимости активной мощности от положения регулирующих органов гидротурбины и текущего напора/высоты отсасывания с учетом КПД генератора).

7.2.8.14 При работе в сети в режимах "Мощность" или "Изолированный" регулятор обеспечивает участие гидроагрегата в ОПРЧ/НПРЧ (в зависимости от программного ключа режима регулирования частоты при работе в сети).

Для улучшения реакции машины на изменения частоты вращения, канал воздействия по частоте представляется в виде апериодического звена, коэффициенты которого вычисляются по формулам:

$$K = \frac{1}{bp}, \quad T = \frac{Td}{Kp},$$

где:

bp – заданная величина статизма;

Kp, Td – коэффициент усиления и постоянная времени интегрирования регулятора частоты вращения для режима "Мощность" или "Изолированный".

7.2.8.15 В режиме "Мощность" или "Изолированный" в канале измерения частоты предусмотрена возможность установки "мертвой зоны" (для ОПРЧ и НПРЧ уставки "мертвой зоны" разные).

7.2.8.16 Для проведения испытаний на соответствие АРЧМ требованиям ОПРЧ и НПРЧ предусмотрена возможность ручного ввода отклонения частоты вращения гидроагрегата от номинального значения. Ручной ввод отклонения частоты вращения гидроагрегата включается и отключается программным ключом в настройках АРЧМ и действует только на функции ОПРЧ и НПРЧ.

7.2.9 Регулирование по водотоку

7.2.9.1 Регулирование по водотоку производится по уровню воды в верхнем бьефе или расходу воды через турбину.

7.2.9.2 Задача регулятора сводится к поддержанию постоянного уровня в верхнем бьефе с максимально возможным КПД гидроагрегата.

7.2.9.3 Регулятор по водотоку поставляется по требованию заказчика.

7.2.10 Ограничители

7.2.10.1 В программной части АРЧМ реализуются функции ограничителя открытия регулирующего органа турбины.

7.2.10.2 Величина нижнего ограничения открытия определяется:

– при работе гидроагрегата в сети (в любом режиме) используется зависимая от действующего напора величина открытия, при которой частота вращения гидроагрегата на холостом ходу равняется нижнему допустимому пределу по условиям синхронизации;

– при работе на холостом ходу используется указанная в настройках регулятора уставка минимального открытия регулирующего органа турбины.

7.2.10.3 Положение исполнительного органа турбины в любом режиме работы не может быть меньше значения нижнего ограничителя.

7.2.10.4 Величина верхнего ограничения открытия определяется:

– автоматически, в зависимости от режима работы гидроагрегата (режимное ограничение);

– оператором, в соответствии с введенной уставкой.

7.2.10.5 Режимное ограничение открытия

При пуске гидроагрегата:

– до достижения скорости вращения гидроагрегата 70-95 % (определяется настройками АРЧМ) - первое пусковое открытие. Величина первого пускового открытия зависит от напора и обеспечивает заданное ускорение гидроагрегата при разгоне его из остановленного состояния до частоты вращения, близкой к синхронной;

– при достижении скорости вращения 70-95 % (определяется настройками АРЧМ), а также на холостом ходу – второе пусковое открытие. Величина второго пускового открытия зависит от напора и обеспечивает частоту вращения гидроагрегата на холостом ходу, равную верхнему, допустимому по условиям синхронизации, пределу.

При работе гидроагрегата в сети, ограничение открытия задается в программе управления минимальным значением:

– верхнего ограничения по эксплуатационной характеристике гидротурбины (назначение – предотвратить перегрузку гидроагрегата по активной мощности в зоне нормальных и повышенных напоров и препятствовать чрезмерному увеличению расхода при пониженных напорах);

– ограничением открытия по условиям кавитации (назначение – предотвратить работу гидроагрегата в области возникновения эффекта кавитации и, тем самым, продлить срок службы турбины).

При останове гидроагрегата по команде "Стоп" после отключения выключателя, по команде "Защитный останов", а также при переходе в режим СК – верхнее ограничение принимает отрицательное значение, обеспечивая тем самым полное закрытие направляющего аппарата с натягом.

7.2.10.6 Положение исполнительного органа турбины в любом режиме работы не может быть больше значения верхнего ограничителя открытия.

7.2.10.7 В программной части АРЧМ реализуются функции верхнего ограничителя задания мощности гидроагрегата, величина которого определяется:

– линией верхнего ограничения по эксплуатационной характеристике;

– максимальной мощностью генератора.

7.2.10.8 Задатчик мощности не может быть больше верхнего ограничителя мощности.

7.2.10.9 Для исключения работы гидроагрегата в зоне запрещенной работы (реализация требований пункта 7.2.6.10) в АРЧМ настраиваются зоны работы гидроагрегата:

– зона (или нескольких зон) разрешенной работы гидроагрегата;

– зона (или нескольких зон) ограниченной работы гидроагрегата.

Каждая зона работы гидроагрегата задается двумя линиями (зависимостями от напора) верхней и нижней границ мощности.

Зоны, не заданные в настройках АРЧМ как зоны разрешенной работы или зоны ограниченной работы, считаются зонами запрещенной работы.

7.2.10.10 Задатчик мощности не может быть установлен внутри зоны запрещенной работы.

7.2.11 Авария регулятора

7.2.11.1 В АРЧМ реализованы защиты, которые формируют сигнал "Авария АРЧМ" и запускают алгоритм аварийного останова гидроагрегатов с воздействием на устройство аварийного закрытия НА:

– большое пусковое открытие - при пуске гидроагрегата открытие регулирующего органа более 50 %;

– разгон 1 ступени – частота вращения гидроагрегата более 115 % при отсутствии смещения регулирующего органа турбины на закрытие;

– разгон 2 ступени – частота вращения больше заданной заводом-изготовителем турбины аварийной уставки или частота вращение не снижается ниже 115 % в течении установленного в настройках АРЧМ времени (определяется заводом-изготовителем турбины и уточняется на этапе пусконаладочных работ);

– при открытии регулирующего органа турбины без команды "Пуск" от ТА;

– при неисправности датчиков частоты вращения гидроагрегата;

– снижение давления рабочей жидкости меньше аварийной уставки;

– неисправность управления регулирующими органами – регулирующие органы гидроагрегата не позиционируются в соответствии с заданием АРЧМ (в том числе рассогласование комбинаторной зависимости для поворотно-лопастных и диагональных турбин).

7.2.11.2 Исправность контроллера АРЧМ контролируется сторожевым таймером. Схема реализации сторожевого таймера приведена в документе 10996791.42529.024.СБ.04 "Шкаф автоматического регулирования частоты и мощности (Шкаф АРЧМ). Схема электрическая принципиальная". Контроллер АРЧМ на диагностическом выходе формирует мигающий сигнал с частотой 1 Гц. При "замирании" сигнала более чем на 2 секунды или пропадании питания ПТК АРЧМ отключается реле времени, контакты которого действуют на срабатывание устройства аварийного закрытия НА.

7.3 Особенности работы АРЧМ для поворотно-лопастных и диагональных турбин

7.3.1 Общие положения

7.3.1.1 Регулирующими органами для поворотно-лопастных и диагональных турбин являются направляющий аппарат и рабочее колесо.

7.3.2 Комбинаторная зависимость

7.3.2.1 Комбинаторный механизм поворотно-лопастной или диагональной турбин формирует зависимость угла разворота лопастей рабочего колеса (положение сервомотора лопастей рабочего колеса) от открытия в свету лопаток направляющего аппарата (положения сервомотора направляющего аппарата) и действующего на турбину напора для получения максимального КПД.

7.3.2.2 Структура комбинатора учитывает:

– связь между комбинаторными кривыми при различных напорах;

– необходимость коррекции комбинаторных кривых в процессе эксплуатации.

7.3.2.3 Текущая комбинаторная зависимость формируется на основе семейства нескольких заданных кривых, каждая кривая описывает комбинаторную зависимость при определенном значении напора. При промежуточных значениях напора для вычислений производится линейная интерполяция между двумя кривыми, соответствующими двум ближайшим к текущему значениям напора.

Каждая кривая задается в виде табличной функции - то есть, определяется парами точек открытие направляющего аппарата - разворот лопастей рабочего колеса. Таким образом, семейство кривых комбинаторной зависимости можно задать в виде таблицы чисел, сформированной для заранее заданных значений напора.

7.3.2.4 Таблицы комбинаторной зависимости задаются в настройках АРЧМ и доступны для корректировки в процессе эксплуатации гидроагрегата.

7.3.3 Особенности пуска гидроагрегатов с поворотно-лопастными и диагональными турбинами

7.3.3.1 В дополнение к условиям готовности пункта 7.2.3.1 требуется контролировать условие:

– лопасти рабочего колеса на пусковом угле (значение пускового угла задается в настройках АРЧМ).

7.3.3.2 При пуске после достижения частоты вращения гидроагрегата, заданной в настройках регулятора, лопасти рабочего колеса управляются согласно комбинаторной зависимости.

7.3.4 Особенности останова гидроагрегатов с поворотно-лопастными и диагональными турбинами

7.3.4.1 АРЧМ при нормальном останове обеспечивает установку лопастей рабочего колеса на пусковой угол после закрытия направляющего аппарата.

7.3.4.2 АРЧМ при защитном останове обеспечивает разворот лопастей рабочего колеса на тормозной угол (значение тормозного угла устанавливается в настройках АРЧМ).

7.4 Особенности работы АРЧМ для ковшовых турбин

7.4.1 Общие положения

7.4.1.1 Регулирующими органами для ковшовых турбин, изменяющим расход воды через турбину, являются сопла (до 6 штук) с подвижной иглой.

7.4.1.2 Устанавливаемые на высокие напоры, эти турбины работают, как правило, с длинными напорными водоводами и, вследствие этого, имеют наиболее неблагоприятные условия с точки зрения влияния гидравлического удара на процессы регулирования. Допустимая скорость закрытия или открытия регулирующего органа ковшовых гидротурбин значительно меньше по сравнению с турбинами других типов.

7.4.1.3 Для предотвращения повышения частоты вращения гидроагрегата при сбросах нагрузки применяются дефлекторы, отсекающие или отклоняющие струю из сопла и позволяющие быстро снижать мощность турбины при достаточно медленном изменении расхода воды, проходящей через сопло.

7.4.1.4 В процессе регулирования, при малых колебаниях нагрузки, дефлекторы двигаются в небольших пределах по комбинаторной зависимости, находясь на расстоянии 7-9 мм от струи.

Все изменения момента движущих сил турбины при этом происходят за счет перемещения игл сопл, изменяющих расход через турбину.

7.4.1.5 При больших скачках или полных сбросах нагрузки дефлекторы, врезаясь в струю, преграждают ей путь к рабочему колесу н направляют ее в холостую в нижний бьеф.

При этом изменение расхода воды за счет движения игл практически не влияет на процесс регулирования. По мере изменения отклонения частоты вращения гидроагрегата, дефлекторы выходят из струи, а иглы сопл принимают на себя управление движущим моментом турбины.

7.4.1.6 При малых расходах через сопла КПД турбины мал, работа гидроагрегата при малых нагрузках с включением всех сопл неэкономична. Неблагоприятна также работа гидроагрегата со всеми включенными соплами в режиме холостого хода, когда открытие игл сопл соизмеримо с амплитудой их колебаний, всегда имеющих место при регулировании частоты вращения гидроагрегата.

Поэтому пуск гидроагрегата производится при минимальном числе работающих сопл, затем по мере набора нагрузки последовательно вводятся остальные сопла.

7.4.1.7 При четном количестве сопл включение их в работу и отключение производится попарно для снижения радиальных усилий на подшипник турбины.

7.4.1.8 Для получения высокого КПД во всем диапазоне нагрузок сопла включаются поочередно с быстрым выходом игл на синхронное движение. Возможны программы с взаимным сближением открытий сопл при вводе очередного сопла, а также другие варианты программ управления, определяемые поставщиком турбины.

7.4.2 Комбинаторная зависимость

7.4.2.1 Комбинаторный механизм ковшовой турбины формирует зависимость положения дефлекторов от положения игл сопел и действующего на турбину напора для обеспечения расстояния от кромки дефлектора до струи воды не более 7-9 мм.

7.4.2.2 Структура комбинатора учитывает:

– связь между комбинаторными кривыми при различных напорах;

– необходимость коррекции комбинаторных кривых в процессе эксплуатации.

7.4.2.3 Текущая комбинаторная зависимость формируется на основе семейства нескольких заданных кривых, каждая кривая описывает комбинаторную зависимость при определенном значении напора. При промежуточных значениях напора для вычислений производится линейная интерполяция между двумя кривыми, соответствующими двум ближайшим к текущему значениям напора.

Каждая кривая задается в виде табличной функции - то есть, определяется парами точек положение игл сопел – положение дефлектора. Таким образом, семейство кривых комбинаторной зависимости можно задать в виде таблицы чисел, сформированной для заранее заданных значений напора.

7.4.2.4 Таблицы комбинаторной зависимости задаются в настройках АРЧМ и доступны для корректировки в процессе эксплуатации гидроагрегата.

7.4.3 Особенности пуска гидроагрегатов с ковшовыми турбинами

7.4.3.1 Пуск турбины производится с двумя пусковыми открытиями с оптимальным количеством открытых сопл для достижения минимального времени пуска с учетом снижения радиальных нагрузок на подшипник.

7.4.4 Особенности останова гидроагрегатов с ковшовыми турбинами

7.4.4.1 АРЧМ при нормальном останове обеспечивает последовательное закрытие сопл с настроенной скоростью. Дефлекторы работают по комбинаторной зависимости.

7.4.4.2 АРЧМ при защитном останове обеспечивает одновременное закрытие дефлекторов, затем закрытие с максимально допустимой скоростью сопл.

7.4.5 Режим осушения водовода

7.4.5.1 Для осушения турбинного водовода генератор должен быть в сети, а регулятор переключается в режиме регулирования открытия.

7.4.5.2 Максимальная величина открытия сопл задается уставкой в соответствии с рекомендациями поставщика турбинного водовода для гарантированного осушения водовода и предотвращения его повреждения при сливе воды.

7.4.5.3 Когда давление в водоводе падает ниже заданной уставки дефлекторы отсекают струи от рабочего колеса. Генератор должен быть отключен от сети САУ ГА. Сопла остаются открытыми, пока водовод будет осушен.

7.5 Особенности работы АРЧМ для обратимых гидроагрегатов

7.5.1 Общие положения

7.5.1.1 Регулирующим органом управления для насос-турбины обратимого гидроагрегата является направляющий аппарат.

7.5.1.2 АРЧМ для обратимого гидроагрегата при работе в турбинном режиме выполнен так же, как описано в разделах 7.1 и 7.2 настоящего документа.

7.5.1.3 В дополнение к пункту 7.2.6.2, при работе в сети для обратимого гидроагрегата предусмотрены режимы:

– насосный режим – АРЧМ обеспечивает открытие направляющего аппарата в соответствии с линией открытия направляющего аппарата от напора (определяется заводом-изготовителем турбины и задается для насосного режима в настройках АРЧМ), чтобы обеспечить оптимальный режим работы гидроагрегата;

– СК насосного режима – АРЧМ обеспечивает полное закрытие направляющего аппарата при насосном направлении вращения турбины.

АРЧМ для обратимых гидроагрегатов дополнительно контролирует:

– активную мощность гидроагрегата в насосном режиме;

– направление вращения гидроагрегата.

7.5.2 Пуск обратимого гидроагрегата с насос-турбиной в насосный режим

7.5.2.1 Пуск обратимого гидроагрегата осуществляется от ТПУ, АРЧМ при этом обеспечивает закрытое положение направляющего аппарата.

7.5.2.2 После включения в сеть АРЧМ открывает направляющий аппарат и поддерживает открытие в соответствии с линией открытия направляющего аппарата от напора для насосного режима.

7.5.3 Останов обратимого гидроагрегата с насос-турбиной из насосного режима

7.5.3.1 При останове насоса направляющий аппарат закрывается до открытия отключения выключателя при насосном режиме (задается в настройках АРЧМ). После отключения выключателя происходит полное закрытие направляющего аппарата.

7.5.4 Быстрый переход обратимого гидроагрегата с насос-турбиной из насосного режима в генераторный

7.5.4.1 Во время быстрого перехода из насосного режима в генераторный:

– направляющий аппарат закрывается до открытия быстрого перехода (задается в настройках АРЧМ);

– после изменения направления вращения на турбинное, выполняется алгоритм нормального пуска в турбинный режим.

7.5.4.2 Если во время быстрого перехода из насосного режима в генераторный не происходит изменение направления вращения, срабатывает защитный останов.

7.6 Особенности работы АРЧМ для гидроагрегатов жестких блоков

7.6.1 После включения возбуждения гидроагрегатов жесткого блока (один включатель на два гидроагрегата) АРЧМ должен перейти в режим регулирования частоты с минимизацией перетоков активной мощности между агрегатами.

Для этого в регулятор частоты вводится обратная связь по мощности гидроагрегата.

7.7 Управление маслонапорной установкой

7.7.1 Общие положения

7.7.1.1 Алгоритмы управления МНУ реализуются в составе ПТК АРЧМ (кроме функций, описанных в пункте 7.7.1.2).

7.7.1.2 Функции по управлению лекажным агрегатом реализуются на отдельной и независимой аппаратной базе – шкафом управления лекажными насосами. Описание работы приведено в разделе 7.7.3 настоящего документа.

ПТК АРЧМ осуществляет только контроль за работой лекажного агрегата:

– контроль исправности схемы управления;

– контроль уровня масла в лекажном баке.

7.7.2 Описание процесса управления МНУ

7.7.2.1 Перечень алгоритмов управления МНУ приведен в документе 10996791.425290.024. ПБ.04 "Схемы алгоритмов управления маслонапорной установки".

7.7.2.2 ПТК АРЧМ в части управления МНУ выполняет следующие функции:

– прием, контроль достоверности и обработку входных сигналов;

– поддержание давления и уровня в гидроаккумуляторе МНУ в нормальных пределах;

– контроль уровня и температуры масла в сливном баке МНУ;

– контроль исправности датчиков и механизмов МНУ;

– управление насосами МНУ (включая контроль напряжения питания, положения ключа управления);

– электрические защиты насоса МНУ;

– управление перепускными клапанами;

– контроль уровней масла в аккумуляторе и сливном баке МНУ;

– управление клапаном впуска воздуха;

– обеспечение электропитания датчиков и электромагнитов;

– формирование сигнала готовности МНУ к пуску гидроагрегата;

– формирование защитных сигналов для цепей технологической автоматики гидроагрегата, а также информационных сигналов и параметров работы МНУ для верхнего уровня управления.

7.7.2.3 Схема управления двигателя МНУ приведена в документе 10996791.425290.024.СБ.12 "Шкаф управления насосом периодического включения. Схема электрическая принципиальная".

7.7.2.4 Для двигателя МНУ в схеме управления предусмотрены электрические защиты, которые реализуются устройством плавного пуска совместно с вводными плавкими предохранителями:

– максимальная токовая защита;

– защита от перегрузки;

– защита от понижения напряжения на вводе;

– проверка чередования фаз.

Перечисленные условия действуют на отключение (блокировку включения) двигателя МНУ и формирование сигнала неисправности двигателя МНУ.

7.7.2.5 ПТК АРЧМ позволяет осуществлять управление:

– режимом работы насоса (автоматический / ручной) – программными ключами с АРМ ВУ и ОП;

– режимом смены очереди включения насоса МНУ (автоматическая смена очереди, насос 1 очереди, насос 2 очереди, насос 3 очереди) – программными ключами с АРМ ВУ, с ОП САУ МНУ;

– режимом подогрева масла (автоматический подогрев включен /отключен) – программными ключами с АРМ ВУ и ОП;

– режимом охлаждения масла (автоматическое охлаждение включено / отключено) – программными ключами с АРМ ВУ и ОП;

– режимом подкачки воздуха в гидроаккумулятор (автоматическая подкачка включена / отключена) – программными ключами с АРМ ВУ и ОП;

– в ручном режиме управления насосами осуществлять ручной пуск и останов насосов МНУ – программными ключами с АРМ ВУ и ОП;

– прямое ручное управление насосами МНУ (без участия контроллера ПТК АРЧМ) – ключами управления, расположенными по месту расположения насосов МНУ (на силовом шкафу управления насосом).

7.7.2.6 Ручное управление насосом МНУ со шкафа ПТК АРЧМ предполагает также управление перепускным клапаном насоса и осуществляется через контроллер ПТК АРЧМ с соблюдением последовательности пуска насоса, описанной в пункте 7.7.2.20.

7.7.2.7 Прямое ручное управление насосом МНУ ключом, расположенным на силовом шкафу управления насосом, осуществляется подачей команды непосредственно на пускатель двигателя МНУ. Управление перепускным клапаном в этом случае не предполагается и, при необходимости, должно осуществляться вручную.

7.7.2.8 Предусмотрены защиты от повышения давления в гидроаккумуляторе выше нормы. Для этого в схеме управления насосом предусмотреть реле давления, действующее на отключение насоса при повышении давления выше настроенной уставки или предусмотреть предохранительный клапан в напорной линии насоса.

7.7.2.9 Предусмотрена блокировка включения / отключение насоса МНУ по температуре масла в сливном баке МНУ. Данная блокировка применяется по требованию изготовителя МНУ, описанному в РЭ.

7.7.2.10 Сигнал готовности МНУ к пуску гидроагрегата формируется, если:

– отсутствует аварийно-низкий уровень масла в гидроаккумуляторе МНУ;

– давление в гидроаккумуляторе МНУ выше (равно) уставки включения резервного насоса.

7.7.2.11 Алгоритм управления МНУ предусматривает управление тремя насосами в соответствии с очередностью, заданной оперативным персоналом.

Этот же алгоритм можно применить для МНУ с двумя насосами. В этом случае отсутствующий третий насос считается неготовым к работе.

7.7.2.12 Каждый из насосов может работать в следующих режимах работы:

– автоматический;

– отключен;

– ручной.

В автоматическом режиме насосу МНУ назначается очередь включения:

– насос 1 очереди (основной);

– насос 2 очереди (резервный);

– насос 3 очереди (второй резервный).

7.7.2.13 Включение и отключение насосов МНУ в автоматическом режиме производится в соответствии с уставками давления в аккумуляторе для каждой очереди.

Кроме автоматического режима алгоритм предусматривает ручное управление насосами с помощью программных ключей управления на АРМ ВУ или ОП.

7.7.2.14 Выбор очередности возможен вручную и автоматически. При автоматическом режиме предусмотрено переключение насосов МНУ циклически (смена очереди осуществляется при выключении всех насосов, работающих в автоматическом режиме).

7.7.2.15 В ПТК АРЧМ предусмотрен ввод сигналов от двух аналоговых преобразователей давления в аккумуляторе.

Для работы выбирается достоверный датчик. Переключение рабочего датчика осуществляется только при выходе из строя рабочего датчика или по команде оператора (алгоритм выбора достоверного датчика приведен в документе 10996791.425290.024.ПБ "Общие алгоритмы", алгоритм "Выбор одного измерительного канала из двух").

При появлении разницы показаний датчиков давления больше 2 % срабатывает предупредительная сигнализация, система продолжает работать с текущим выбранным датчиком. В этом случае требуется вмешательство оперативного персонала для определения рабочего датчика.

7.7.2.16 По давлению в аккумуляторе формируются следующие сигналы:

– номинальное давление;

– включение насоса 1 очереди;

– включение насоса 2 очереди;

– включение насоса 3 очереди;

– низкое давление (предупредительная сигнализация);

– аварийно-низкое давление (аварийная сигнализация и формирование сигнала "Авария МНУ");

– высокое давление (предупредительная сигнализация);

– включение и отключение подкачки воздуха.

7.7.2.17 По уровню масла в гидроаккумуляторе МНУ формируются следующие сигналы:

– низкий уровень (предупредительная сигнализация);

– аварийно-низкий уровень (аварийная сигнализация и формирование сигнала "Авария МНУ");

– высокий уровень (предупредительная сигнализация);

– отключение подкачки воздуха;

– включение подкачки воздуха и отключение насосов МНУ.

7.7.2.18 По уровню масла в сливном баке МНУ формируются следующие сигналы:

– низкий уровень (предупредительная сигнализация);

– высокий уровень (предупредительная сигнализация);

– аварийно-низкий уровень (аварийная сигнализация и блокировка пуска насосов МНУ).

7.7.2.19 Весь перечень сигналов МНУ и участие их в формировании сигнализации приведен в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА".

7.7.2.20 Включение насосов МНУ происходит:

– в автоматическом режиме по командам ПТК АРЧМ при понижении давления в аккумуляторе в соответствии с очередью запуска насоса;

– в ручном режиме по ключу.

При включении насоса обеспечивается пуск электродвигателя насоса без нагрузки.

Для этого сначала формируется выходной сигнал на включение двигателя насоса, при наличии сигнала "Перепускной клапан насоса открыт". Команда на закрытие перепускного клапана (постановка насоса под нагрузку) дается после окончания пуска двигателя насоса с настраиваемой выдержкой времени.

Подробно последовательность включения насоса рассмотрено в документе 10996791.425290.024.ПБ.04 "Схемы алгоритмов управления маслонапорной установки".

7.7.2.21 Отключение насосов МНУ происходит:

– при достижении номинального давления в аккумуляторе;

– при выборе режима "Отключен" для насоса;

– при достижении уровня масла в аккумуляторе уставки отключения насосов;

– при аварийно-низком уровне масла в сливном баке МНУ.

Команда на отключение насоса сначала отключает соленоид перепускного клапана и, после поступления сигнала "Перепускной клапан открыт", снимается выходной сигнал на включение электродвигателя насоса МНУ.

7.7.2.22 Предусмотрен ввод дискретного сигнала о неисправности насоса. Сигнал формируется при невозможности запустить электродвигатель. При наличии этого сигнала неисправный насос не участвует в автоматическом управлении, а его роль начинает выполнять исправный насос.

7.7.2.23 Предусмотрена автоматическая деблокировка устройства плавного пуска и перезапуск насоса МНУ после кратковременного пропадания электропитания (перезапуск насоса также выполняется в соответствии с пунктом 7.7.2.20).

7.7.2.24 Предусмотрен контроль времени работы насоса МНУ. В случае превышения времени работы насоса МНУ заданной в настройках ПТК АРЧМ допустимой длительности, формируется предупредительная сигнализация.

7.7.2.25 В схеме МНУ может присутствовать насос постоянной работы (насос жокея). Условия автоматической работы насоса жокея должны быть определены в РЭ на МНУ и уточняются при создании САУ ГА.

7.7.2.26 Алгоритм управления подкачкой воздуха формирует команду на включение соленоида клапана подачи воздуха при повышении уровня масла до уставки "включение подкачки воздуха".

Команда на отключение соленоида клапана подачи воздуха формируется либо при понижении уровня масла до уставки "отключение подкачки воздуха", либо при повышении давления до уставки "отключение подкачки".

7.7.3 Управление лекажным агрегатом

7.7.3.1 Управление лекажным агрегатом сводится к управлению насосом лекажного агрегата и контролю параметров лекажного агрегата.

Управление лекажным насосом осуществляется отдельным шкафом управления. Конструкция и схемы шкафа должны соответствовать документам 10996791.425290.024.ВО.06 "Шкаф управления лекажными насосами (Шкаф ЛН) (для одного насоса). Типовая конструкция", 10996791.425290.024.ВО.07 "Шкаф управления лекажными насосами (Шкаф ЛН) (для двух насосов). Типовая конструкция", 10996791.425290.024.СБ.07 "Шкаф управления лекажными насосами (Шкаф ЛН). Схема электрическая принципиальная".

7.7.3.2 Уровень в маслобаке лекажного агрегата контролируется измерителем уровня.

Формируются сигналы:

- уровень включения насоса;
- уровень отключения насоса;
- аварийный уровень.

7.7.3.3 Шкаф ЛН формирует независимые сигналы в систему ЦС ГЭС:

- аварийный уровень;
- неисправность ЛН.

7.7.3.4 Шкафы имеют переключатели управления с тремя положениями: "Ручное", "Отключено", "Автомат".

В положении "Автомат" включение двигателя лекажного насоса происходит при формировании сигнала "Уровень включения насоса", а отключение – при снижении уровня масла до уставки "Уровень отключения насоса".

В положении "Отключено" насос отключается.

В положении "Ручное" насос включается в ручном режиме независимо от уровня в лекажном баке и состояния управляющего измерителя уровня.

7.7.3.5 В ПТК АРЧМ передаются сигналы из шкафа управления лекажным насосом в соответствии с документом 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА" и схемами управления лекажным насосом.

7.7.3.6 В ПТК АРЧМ реализуется контроль повышения уровня масла в маслобаке лекажного агрегата. При повышении уровня масла до уставки срабатывания формируется предупредительный сигнал.

7.7.3.7 В ПТК АРЧМ реализуется контроль исправности схемы управления лекажным насосом.

7.8 Описание диагностических правил

7.8.1 Общие требования

7.8.1.1 САУ ГА традиционно сравнивает измеренные значения технологических параметров с уставками предупредительной и аварийной сигнализации, формирует сигнальные сообщения и инициирует автоматические действия в зависимости от наличия или сочетания сигналов.

7.8.1.2 Наравне с традиционными функциями контроля в ПТК АРЧМ реализуются расчетные функции контроля в соответствии с приведенным ниже описанием, которые также выполняются автоматически, для выявления отклонений от нормального режима и признаков развивающихся повреждений.

7.8.2 МНУ

7.8.2.1 Отдельно учитываются наборы данных для периодов остановленного ГА, периода пуска (от подачи команды на пуск до выхода на заданную мощность (учитывать +30 с после включения выключателя), период работы в сети (режим СК контролируется отдельно), период останова (от подачи команды на останов до закрытия НА в 0 %).

7.8.2.2 Для каждого периода выполняется:

– подсчет времени снижения давления от момента останова рабочего насоса до момента следующего пуска насоса;

– расчет среднего времени снижения за последние 10 и 100 циклов рабочего насоса;

– отклонение последнего цикла снижения от среднего за последние 10 и 100 циклов.

7.8.2.3 Для каждого насоса выполняется:

– подсчет времени работы (пуск насоса – останов насоса);

– расчет среднего времени работы за 10 и 100 пусков;

– расчет отклонения времени последнего пуска от среднего за последние 10 и 100 пусков;

– фиксация "провала давления": давление на момент пуска насоса минус наименьшее давление за время работы насоса (настройка перепускного клапана).

7.8.2.4 Если насосы меняются ролями "рабочий-резервный" по заданной очередности, для насосов, пущенных как "рабочие", сравниваются:

– средние времена работы за последние 10 и 100 пусков (разница показывает техническое состояние насоса);

– величины "провалов давления".

7.8.3 Масло в МНУ

7.8.3.1 Подсчет времени между переключениями фильтров колонки (если переключение организовано по сигналу о снижении давления или засору фильтра). Расчет среднего за последние n циклов. Расчет отклонения времени последнего цикла от среднего.

7.8.3.2 Для каждого корпуса двухкорпусного фильтра: подсчет времени в работе.

7.8.3.3 Уровень масла в сливном баке: усреднение за сутки, сравнение среднесуточного уровня прошедших суток с предыдущими сутками, уровнем 5 суток назад суток, 10 суток назад.

8 УСТРОЙСТВО АВАРИЙНЫХ ЗАЩИТ

8.1 Общие сведения

8.1.1 Предусмотрено независимое устройство аварийных защит (АЗ), действующее независимо от ПТК ТАиУВО непосредственно на перевод устройства аварийного закрытия НА в аварийное состояние.

8.2 Описание работы устройства аварийного закрытия

8.2.1 Условием для срабатывания АЗ является отсутствие аварийной остановки ГА (по условиям пунктов 6.2.8, 6.2.9 и 6.2.10) за контрольное время.

8.2.2 Дополнительные условия для срабатывания АЗ определяются РЭ на гидроагрегат. Типовой перечень дополнительных условий срабатывания:

– срабатывание защит гидроагрегата и несрабатывание клапана быстрого закрытия (если защиты предусматривают действие на клапан быстрого закрытия);

– срабатывание защит гидроагрегата и незакрытие НА за заданное время;

– неисправность или отсутствие питания оборудования АРЧМ (срабатывание контрольного таймера);

– диагностированная неисправность АРЧМ (неисправность управления НА или РК, неисправность измерения частоты вращения гидроагрегата);

– срабатывание уставки разгона 2 ступени от АРЧМ;

– срабатывание механического противоразгонного устройства;

– нажатие кнопок аварийного останова;

– неисправность АРЗ (при их наличии);

– исчезновение напряжения питания АЗ;

– понижение давления в линии управления АЗ ниже уставки срабатывания.

9 КОНТРОЛЬ ВИБРАЦИИ ГА

10.1 Контроль вибрации гидроагрегата реализуется отдельной стационарной системой вибрационного контроля в соответствии с документом 10996791.425290.024.С1 "Схема структурная комплекса технических средств". ПТК, на базе которого реализован контроль вибрации, далее по тексту называется ПТК ВК.

Для гидроагрегатов мощностью более 180 МВт ПТК ВК предусматривает сбор данных для диагностирования неисправностей узлов гидроагрегата.

10.2 Состав измерительных каналов ВК приведен в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА".

10.3 Измеряемыми параметрами вибрации для опорных (неподвижных) частей ГА (кроме упругой камеры подпятника на гидравлической опоре и крышки турбины в районе лопаток направляющего аппарата относительно стенки шахты турбины) являются:

– среднее квадратическое отклонение, выраженное в микрометрах (мкм) – для радиальных абсолютных виброперемещений;

– среднеквадратическое отклонение характерных спектральных составляющих, выраженное в микрометрах (мкм) – для осевых абсолютных виброперемещений.

Измеряемыми параметрами вибрации для вращающихся частей, а также упругой камеры подпятника на гидравлической опоре и для крышки турбины в районе лопаток направляющего аппарата относительно стенки шахты турбины являются:

– размах относительного виброперемещения, выраженное в микрометрах (мкм);

– статическое смещение, выраженное в микрометрах (мкм).

10.4 ПТК ВК контролирует работоспособность каждого канала измерения вибрации. При определении неисправности измерительного канала формируется сообщение о неисправности и формируется предупредительная сигнализация, в алгоритме виброзащиты данный канал принимается как имеющий превышение аварийной уставки (без формирования предупредительной или аварийной сигнализации о превышении вибрации).

10.5 Предусмотрена возможность оперативного вывода любого канала из работы с АРМ ВУ или ОП. При выводе канала из работы формируется информационное сообщение, индикация состояния выведенного из работы канала на АРМ ВУ и ОП, в алгоритме виброзащиты данный канал принимается как имеющий превышение аварийной уставки (без формирования предупредительной или аварийной сигнализации о превышения вибрации).

10.6 Для узлов гидроагрегатов устанавливаются зоны оценки вибрационного состояния:

– зона "А" – отличное состояние;

– зона "В" – хорошее состояние;

– зона "C" – удовлетворительное состояние;

– зона "D" – неудовлетворительное состояние;

– зона "E" – плохое состояние;

– зона "F" – недопустимое состояние.

Таблица 9.1 определяет границы зон вибрационного состояния гидроагрегата по показаниям датчиков абсолютной вибрации. Промежуточные по частотам значения вибрации получаются посредством линейной интерполяции граничных значений из таблицы.

Границы зон вибрационного состояния гидроагрегата по показаниям датчиков абсолютной вибрации определяются в характерных для данного ГА диапазонах частот:

– на оборотной частоте;

– на лопастной частоте;

– на лопаточной частоте;

– на частоте 100 Гц.

Таблица 9.1 – Границы зон оценки вибрационного состояния гидроагрегата

Частота вибрации, Гц	**Среднее квадратическое отклонение, мкм**						
	Верхняя граница зоны оценки						**Более**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**		**F**
					E1	E2	
0,80	18	35	64	106	141	177	177
1,00	18	35	64	106	141	177	177
1,25	17	35	63	105	141	176	176
1,60	17	34	62	104	138	173	173
2,00	16	33	60	100	134	167	167
2,50	14	33	57	94	126	157	157
3,00	13	31	53	88	118	147	147
3,15	13	31	52	87	116	145	145
4,00	11	28	47	79	105	132	132
5,00	9	26	42	71	94	118	118
6,00	8	24	39	65	86	108	108
6,30	8	23	38	64	85	106	106
7,13	7	21	35	59	78	98	98
8,00	6	19	33	56	74	92	92

Частота вибрации, Гц	Среднее квадратическое отклонение, мкм						
	Верхняя граница зоны оценки						Более
	A	B	C	D	E		F
					E1	E2	
10,00	5	17	28	47	63	78	78
12,50	4	14	25	41	55	69	69
16,00	3	12	21	35	47	59	59
20,00	2	10	18	31	41	51	51
25,00	2	8	16	27	35	44	44
30,00	2	7	14	24	31	39	39
31,50	2	7	13	22	30	37	37
40,00	1	5	11	18	24	29	29
50,00	1	4	8	14	19	24	24
63,00	1	3	7	11	15	19	19
80,00	1	3	5	9	12	15	15
100,00	1	2	4	7	10	12	12
125,00	1	1	3	5	6	7	7
160,00	1	1	2	3	4	5	5
200,00	1	1	1	2	2	3	3

Границы зон вибрационного состояния гидроагрегата по показаниям датчиков относительной вибрации (биения) определяются изготовителем гидроагрегата.

10.7 Вибрационное состояние гидроагрегата определяется в установившихся режимах работы. Установившийся режим определяется эксплуатационными характеристиками гидроагрегата, при условии, что изменение положения направляющего аппарата происходит со скоростью менее 0,4 максимальной скорости движения направляющего аппарата (сопл), которую определяют при проверке гарантий регулирования.

Контроль установившегося режима выполняется в ПТК АРЧМ и передается в ПТК ВК дискретным сигналом состояния "Установившийся режим ГА".

10.8 Вибрационное состояние гидроагрегата, соответствующее зонам "A", "B" и "C", предполагает работу гидроагрегата без ограничений.

10.9 Вибрационное состояние гидроагрегата, соответствующее зоне "D", предполагает работу гидроагрегата с ограничениями:

– запрет участия в НПРЧ;

– запрет участия в АВРЧМ;

– наработка в зоне "D" не более 15000 часов.

10.10 Вибрационное состояние гидроагрегата, соответствующее зоне "E1", предполагает работу гидроагрегата с ограничением:

– запрет участия в НПРЧ;

– запрет участия в АВРЧМ;

– наработка в зоне "E1" не более 1500 часов.

10.11 Вибрационное состояние гидроагрегата, соответствующее зоне "E2", предполагает работу гидроагрегата с ограничением:

– запрет участия в НПРЧ;

– запрет участия в АВРЧМ;

– наработка в зоне "E1" не более 500 часов.

10.12 Вибрационное состояние гидроагрегата, соответствующее зоне "F", предполагает формирование аварийной сигнализации.

10.13 ПТК ВК формирует сигналы "Предупредительная сигнализация" или "Аварийная сигнализация" при превышении измеренного значения вибрации, заданных в настройках ПТК ВК предупредительной и аварийной уставок.

Контроль уставок должен выполняться в установившемся режиме (см. пункт 10.7).

10.14 Для каналов измерения относительной вибрации (относительного виброперемещения вращающихся узлов, упругой камеры, крышки турбины; статического смещения упругой камеры подпятника на гидравлической опоре, крышки турбины) значения предупредительных и аварийных уставок определяются изготовителем гидроагрегата или в ходе натурных испытаний, проведенных специализированными организациями.

10.15 Для каналов измерения абсолютной вибрации опорных (неподвижных) узлов измерение выполняется в соответствии с предельными значениями, приведенными в таблице 10.2 (если иное не определено изготовителем гидроагрегата).

Таблица 9.2 – Предельно допустимые величины абсолютной вибрации опорных узлов

Частота вращения/вибрации, Гц	**Среднее квадратическое отклонение, мкм**	
	Предупредительный уровень	**Аварийный уровень**
Менее 0,80	64	80
0,8	64	80

Частота вращения/вибрации, Гц	Среднее квадратическое отклонение, мкм	
	Предупредительный уровень	Аварийный уровень
1,0	64	80
2,5	57	71
5,0	42	53
7,1	35	44
10,0	28	35
16,0	21	27
30,0	14	18
Более 30,0	14	18

Примечания:
1 Уровень вибрации для промежуточных значений определяется методом линейной интерполяции.
2 Для радиальной абсолютной вибрации предельные значения определяются в зависимости от частоты вращения гидроагрегата.
3 Для осевой абсолютной вибрации предельные значения определяются в зависимости от частоты контролируемой спектральной составляющей

10.16 ПТК ВК формирует выходные сигналы "Работа в зоне "D" ("E1" / "E2" / "F") по результату функции оценки. Если зона оценки хуже текущей, установленной оператором, ТАиУВО формирует предупредительную сигнализацию "Начало работы в худшей зоне D" ("E1"/ "E2"), для зоны "F" – аварийную сигнализацию "Работа в зоне F".

После установления оператором текущей зоны "D" ("E1" / "E2") в ПТК ТАиУВО начинается отсчет времени работы в данной зоне (счетчики предыдущих зон не останавливаются), формируются предупредительные сигналы "Запрет участия в АВРЧМ" (запрещается работа ГА в ГРАМ), "Запрет участия в НПРЧ" (запрещается включение режима НПРЧ).

При исчерпании допустимого времени работы в зонах "D" (15000 ч), "E1" (1500 ч), "E2" (500 ч) или установленной оператором зоне "F" формируется предупредительный сигнал "Запрет пуска по вибрационному состоянию".

Восстановление допустимого ресурса по работе в зонах повышенной вибрации выполняется сбросом (обнулением) накопленных в ТАиУВО наработок после проведенного технического обслуживания гидроагрегата.

10 СИНХРОНИЗАЦИЯ

11.1 Для гидроагрегатов предусмотрены следующие режимы включения в сеть:

– точная автоматическая синхронизация;

– точная ручная синхронизация;

– самосинхронизация;

– включение при отсутствии синхронного напряжения на шинах ("темный пуск").

11.2 Все режимы должны быть реализованы на всех гидроагрегатах, исключение составляют гидроагрегаты малых ГЭС, для которых методы точной синхронизации могут быть исключены ввиду удешевления оборудования.

11.3 Основным режимом синхронизации является точная автоматическая синхронизация.

11.4 Для синхронизации напряжения генератора с напряжением сети необходимо сравнивать напряжение на сборной шине и напряжение на линейных выводах генератора по частоте и фазе. Как правило, для синхронизации используется напряжение между фазами А и С генератора и сети, измеренное на вторичных обмотках трансформаторов напряжения.

Обычно этот же сигнал используется для измерения частоты и величины напряжения сети и генератора измерительными преобразователями. При необходимости использования фазоповоротного трансформатора в цепях синхронизации, в шкафу МПУ предусмотрена возможность подключения цепей синхронизации отдельно от цепей измерения напряжения.

11.5 Для обратимого гидроагрегата для смены направления вращения меняется чередование фаз. Как правило, меняются местами фазы А и С. Для синхронизации генератора-двигателя проектом предусмотрено переключение фазы А и С в цепях синхронизации в шкафу МПУ.

11.6 Режим синхронизации гидрогенератора выбирается переключателем режима синхронизации, расположенным на шкафу МПУ (документ 10996791.425290.024.ВО "Местная панель управления (Шкаф МПУ). Типовая конструкция"). Переключатель имеет четыре положения:

– "Откл" (Отключено);

– "Авт" (Точная автоматическая синхронизация);

– "Ручн" (Точная ручная синхронизация или включение при "темном пуске");

– "СС" (Самосинхронизация).

11.7 По команде "Экстренный пуск от ПА" осуществляется пуск гидроагрегата с включением в сеть методом самосинхронизации как при положении "СС" ключа синхронизации, так и при положении "Авт".

11.8 Схема принципиальная цепей включения выключателя во всех режимах синхронизации представлена в документе 10996791.425290.024.СБ "Местная панель управления (Шкаф МПУ). Схема электрическая принципиальная", лист 8.

11.9 Для включения выключателя генератора используются минимум два последовательно соединенных устройства, разрешающих включение:

– для точной автоматической или ручной синхронизации такими устройствами являются реле СА1 (включение ВГ командой от синхронизатора) и синхроноскоп КС;

– для режима самосинхронизации такими устройствами являются выходное реле ПТК ТАиУВО (KL7) и НО контакт контактора, шунтирующего ротор в системе возбуждения.

11.10 В режиме точной автоматической или ручной синхронизации напряжения с ТН сборной шины и линейных выводов генератора подаются на синхронизатор (СА1) и синхроноскоп (КС).

11.11 Синхронизатор обеспечивает контроль:

– разности напряжения генератора и сети;

– скольжения напряжения генератора относительно напряжения сети;

– разность фаз напряжения генератора и сети.

При требуемой разности напряжений, требуемом скольжении и при совпадении фаз сети и генератора подается команда на включение ВГ (выходной контакт синхронизатора СА1).

11.12 Подгонка напряжения генератора к напряжению сети осуществляется:

– но напряжению – системой возбуждения по команде из ТА "Подогнать напряжение генератора к напряжению сети";

– по величине скольжения – АРЧМ по команде из ТА "Включить автоматическую подгонку частоты";

– по фазе – АРЧМ по команде из ТА "Включить автоматическую подгонку частоты" за счет настроенного в АРЧМ скольжения частоты вращения генератора относительно частоты сети.

11.13 Допускается использовать для подгонки напряжения генератора к напряжению сети команды от синхронизатора "Увеличение частоты", "Уменьшение частоты" (в АРЧМ) "Увеличение напряжение", "Уменьшение напряжения" (в систему возбуждения).

Способ подгонки напряжения генератора к напряжению сети, изложенный в пункте 11.12, является предпочтительным.

11.14 Синхроноскоп является показывающим прибором и служит для визуализации разности фаз и частоты напряжений, а также формирует разрешающий включение выключателя генератора импульс.

11.15 Синхроноскоп применяется в режиме точной автоматической синхронизации в качестве устройства резервирования отказа синхронизатора, для защиты от несинхронного включения.

11.16 В режиме точной ручной синхронизации синхроноскоп является основным индикаторным и разрешающим включение прибором. В этом режиме изменение частоты вращения ГА происходит вручную, с помощью переключателя "ЭГР" SA4, изменение напряжения генератора происходит с помощью переключателя "АРВ" SA3. Включение выключателя генератора происходит по показаниям синхроноскопа, вручную с помощью переключателя "Выключатель Г-х" SA5 (х – станционный номер гидроагрегата).

11.17 В режиме самосинхронизации частота вращения ГА должна быть в пределах ±2 % от текущей частоты сети. ТА дает команду "самосинхронизация" в систему возбуждения, происходит замыкание КШР. При наличии сигнала готовности системы возбуждения к включению ВГ методом самосинхронизации ТА формирует команду на включение ВГ. Возбуждение подается после включения выключателя.

11.18 Подключение генератора к сети при отсутствии синхронного напряжения на шинах ("темный пуск") выполняется также в режиме "Ручная синхронизация". Включение выключателя выполняется оперативным персоналом ключом "Выключатель Г-х" SA5 (х – станционный номер гидроагрегата) с МПУ. При этом для включения в сеть выключателя генератора в условиях отсутствия синхронного напряжения на шинах (и, следовательно, разомкнутом разрешающем контакте синхроноскопа КС) в шкафу МПУ дополнительно устанавливается кнопка "Темный пуск" вывода устройства контроля синхронизма (SB). Для включения выключателя необходимо одновременно нажать и удерживать кнопку "Темный пуск" и повернуть ключ управления выключателем генератора "Выключатель Г-х" SA5 (х – станционный номер гидроагрегата) в положение "вкл".

Кнопка вывода устройства контроля синхронизма "Темный пуск" выполняется без фиксации нажатого положения и устанавливается внутри МПУ. Нажатие кнопки "Темный пуск" сопровождается предупредительной сигнализацией и снятием готовности к пуску гидроагрегата любым другим методом включения в сеть, кроме метода ручной синхронизации.

11.19 Уставки для устройств синхронизации выдаются организации-проектировщику САУ ГА заказчиком и могут быть уточнены в ходе пусконаладочных работ.

11 ИНТЕГРАЦИЯ СО СМЕЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

11.1 Решения по интеграции с системой возбуждения

11.1.1 Взаимодействие ТА и системы возбуждения осуществляется для реализации последовательностей автоматического пуска и останова гидроагрегата, а также организации непосредственного управления (с ключей МПУ гидроагрегата) системой возбуждения и ограничивается минимальным необходимым для этого набором сигналов.

11.1.2 Перечень сигналов приведен в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА". Обмен сигналами осуществляется контрольным кабелем.

11.1.3 Дополнительные информационные сигналы системы возбуждения должны передаваться на верхний уровень с использованием цифровых каналов связи. Перечень информационных сигналов и способ взаимодействия с верхним уровнем описывается в ТПР на систему возбуждения.

11.1.4 Органы управления системой возбуждения в составе МПУ гидроагрегата:

– ключ управления возбуждением;

– ключ управления АГП и индикаторы положения АГП.

Ключи управления возбуждением и АГП – трехпозиционные ключи без фиксации в крайних положениях. Ключи действуют непосредственно в систему возбуждения.

Индикаторы положения АГП электрическими цепями подключаются к отдельной независимой группе контактов АГП.

11.2 Решения по интеграции с устройствами электрических защит

11.2.1 Взаимодействие ТА и устройств электрических защит генератора (или блока генератор-трансформатор) осуществляется для реализации функций защит гидроагрегата и ограничивается минимальным, необходимым для этого, набором сигналов.

11.2.2 Перечень сигналов приведен в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА". Обмен сигналами осуществляется контрольным кабелем.

11.2.3 Дополнительные информационные сигналы от устройств электрических защит должны передаваться напрямую на верхний уровень. Перечень информационных сигналов и способ взаимодействия с верхним уровнем описывается в ТПР РЗА.

11.2.4 ТА запускает алгоритм защитного останова гидроагрегата по команде на останов гидроагрегата от электрических защит.

11.2.5 ТА проверяет готовность устройств электрических защит к пуску гидроагрегата.

11.2.6 Для обеспечения гарантированного отключения аварийного гидроагрегата от сети, в процессе аварийных остановов, ТА выдает команду в электрические защиты генератора на срабатывание при неотключении выключателя (для пуска УРОВ).

11.3 Решения по интеграции с системой пожаротушения генератора

11.3.1 Взаимодействие ТА и устройств автоматического пожаротушения генератора осуществляется для реализации функций автоматического пожаротушения генератора и ограничивается минимальным необходимым для этого набором сигналов.

11.3.2 Перечень сигналов приведен в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА". Обмен сигналами осуществляется контрольным кабелем.

11.3.3 Дополнительные информационные сигналы от устройств автоматического пожаротушения генератора должны передаваться напрямую на верхний уровень. Перечень информационных сигналов и способ взаимодействия с верхним уровнем описывается в ТПР на интегрированную систему пожарной безопасности.

11.3.4 Принятие решения о запуске автоматического пожаротушения, а также управление установкой пожаротушения, реализуются отдельным ПТК (шкаф АУПТ).

11.3.5 ТА должна запускать алгоритм аварийного останова гидроагрегата по команде от системы пожаротушения с немедленным отключением выключателя и отключением возбуждения.

11.3.6 ТА проверяет готовность системы пожаротушения к пуску гидроагрегата.

11.3.7 В составе МПУ гидроагрегата предусмотрена кнопка аварийного останова гидроагрегата с запуском пожаротушения, с непосредственным действием в систему пожаротушения генератора.

11.4 Решения по интеграции с верхним уровнем АСУТП

11.4.1 Общие положения

11.4.1.1 Подключение ПТК САУ ГА к ВУ АСУТП ГЭС осуществляется с целью организации удаленного (с АРМ центральных и групповых пультов управления) контроля за состоянием гидроагрегата, архивирования его параметров, а также удаленного управления гидроагрегатом.

Выход из строя оборудования верхнего уровня не должен приводить к потере управления гидроагрегатом "по месту" или с ключей управления ЦПУ. Функционирование САУ ГА должно быть автономным и не зависеть от состояния АСУТП.

11.4.1.2 АРМ в составе ВУ, с которых возможен доступ к мнемосхемам САУ ГА:

– на ГЩУ (ЦПУ) на рабочем месте начальника смены станции – два АРМ;

– в специальном оборудованном помещении оперативного персонала в машзале (места установки согласовываются с заказчиком) – по одному АРМ на каждое специально оборудованное место.

11.4.1.3 Решения, касающиеся построения технологической сети передачи данных ВУ АСУТП ГЭС, рассматриваются в рамках проекта САУ ГА для каждого конкретного гидроагрегата или в рамках проекта единого верхнего уровня АСУТП ГЭС/ГАЭС.

11.4.2 Сетевые решения

11.4.2.1 Связь ПТК в составе САУ ГА с верхним уровнем строится на базе стандарта Ethernet и протоколов прикладного уровня - МЭК 61850 (MMS), ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 (или другой, который определяется характеристиками используемого оборудования, при условии выполнения требований к сетевому взаимодействию с верхним уровнем, приведенным в разделе 11.4.4).

11.4.2.2 Для подключения к ТСПД ВУ АСУТП устройств автоматики, входящих в состав САУ ГА на агрегатном уровне, в составе ПТК ТАиУВО предусматривается установка двух резервированных коммутаторов доступа уровня L2.

11.4.2.3 Резервирование при подключении устройств автоматики в составе САУ ГА к ТСПД ВУ АСУТП выполняется посредством следующих способов:

– технологии параллельного резервирования PRP (с настройкой одного IP-адреса);

– подключения двумя независимыми интерфейсами Ethernet (с настройкой двух IP-адресов).

Оба способа резервирования одновременно организуются на одной и той же паре коммутаторов доступа ТСПД ВУ АСУТП, устанавливаемых в составе шкафа ПТК ТАиУВО.

11.4.2.4 Способы резервирования при подключении к ТСПД ВУ АСУТП для каждого конкретного устройства автоматики в составе САУ ГА приведены в документе 10996791.425290.024.С1 "Схема структурная комплекса технических средств".

11.4.3 Синхронизация времени

11.4.3.1 Промышленные контроллеры в составе ПТК САУ ГА обеспечивают синхронизацию времени от системы обеспечения единого времени, входящего в состав АСУТП ГЭС/ГАЭС.

11.4.3.2 Синхронизация времени производится с использованием средств технологической сети передачи данных ВУ АСУТП ГЭС по протоколу NTP от серверов точного времени СОЕВ с точностью до 1 мс.

11.4.4 Требования информационного обмена

11.4.4.1 Источником данных для верхнего уровня являются интеллектуальные устройства в составе ПТК САУ ГА (промышленные контроллеры, терминалы защит).

11.4.4.2 Перечень сигналов для верхнего уровня приведен в документе 10996791.425290.024.П8.02 "Список сигналов для верхнего уровня".

11.4.4.3 Информационный обмен строится на основе протоколов, входящих в стек коммуникационных протоколов TCP/IP с поддержкой передачи метки времени и информации о статусе сигнала (такие как МЭК 61850 (MMS), ГОСТ Р МЭК 60870-5-104).

11.4.4.4 Передача данных от устройств автоматики в составе САУ ГА осуществляется комбинированно:

– по событиям (когда на сервера ВУ АСУТП передаются только изменения в процессе);

– в порядке цикла опроса;

– по принудительному запросу со стороны серверов ВУ АСУТП.

11.4.4.5 Параметры гидроагрегата должны отображаться на экранных формах АРМ с временными характеристиками, приведенными ниже (Таблица 11.1).

Таблица 11.1 – Временные характеристики регистрации и отображения информации

Группа параметров	Время отображения	Период архивирования
Температурные параметры	2 с	5 с
Положение исполнительных органов гидравлической схемы, скорость вращения гидроагрегата	1 с	0,5 с
Прочие аналоговые параметры	1 с	1 с
Дискретные параметры	1 с	0,5 с

11.5 Решения по интеграции с общестанционными управляющими системами

11.5.1 Интеграция с системой группового регулирования активной мощности (ГРАМ)

11.5.1.1 Взаимодействие ГРАМ с САУ ГА осуществляется для организации управления активной мощностью гидроагрегата с целью поддержания необходимой мощности ГЭС/ГАЭС в целом.

11.5.1.2 Перечень сигналов для взаимодействия с ГРАМ приведен в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА". Сигналы передаются с

использованием цифровых каналов связи, информационный обмен осуществляется с промышленным контроллером ПТК АРЧМ напрямую.

11.5.1.3 Использование информационного обмена с помощью контрольного кабеля допускается только в случае, если на ГЭС/ГАЭС существует нереконструированная система ГРАМ, использующая только такой способ управления гидроагрегатами. При этом возможность цифрового взаимодействия все равно должна быть предусмотрена для дальнейшей реконструкции системы ГРАМ без доработки САУ ГА.

11.5.1.4 Протокол взаимодействия определяется требованиями ТПР системы ГРАМ, должен быть единым для всех ПТК АРЧМ на ГЭС/ГАЭС и должен быть согласован с заказчиком.

11.5.1.5 Работа в ГРАМ возможна только в режиме следящего регулирования мощностью (режим "Мощность" или "Изолированный" по ГОСТ Р 70661).

11.5.1.6 Подробно описание работы АРЧМ для работы под управлением ГРАМ описаны в документе 10996791.425290.025.П2 "Типовые проектные решения для системы группового регулирования активной мощности. Пояснительная записка", раздел 8.2.4.

11.5.2 Интеграция с локальной системой противоаварийной автоматики (ПА)

11.5.2.1 Взаимодействие ПА и САУ ГА осуществляется для организации управления гидроагрегатом от команд ПА.

11.5.2.2 Перечень сигналов для взаимодействия с ПА приведен в документе 10996791.425290.024.П8 "Список сигналов ПТК САУ ГА".

11.5.2.3 САУ ГА обеспечивает пуск гидроагрегата в генераторный режим по команде ПА. Режим включения в сеть определяется положением ключа режима работы гидроагрегата от противоаварийной автоматики, расположенном на ЦПУ.

В положении "Пуск от ПА разрешен" гидроагрегат включается в сеть способом, который выбран ключом синхронизации на МПУ.

В положении "Пуск от ПА запрещен" действие ПА на гидроагрегат блокируется.

В положении "Пуск от ПА в режиме самосинхронизации" гидроагрегат включается в сеть методом самосинхронизации независимо от того, в каком положении находится ключ синхронизации на МПУ.

11.6 Решения по формированию сигнализации

11.6.1 Общие положения

11.6.1.1 В настоящем разделе рассмотрены решения по информированию оперативного персонала об отклонениях режима работы гидроагрегата.

11.6.1.2 Для информирования оперативного персонала используются следующие средства:

– сообщения верхнего уровня САУ ГА в рамках ВУ АСУТП ГЭС/ГАЭС;

– средства индикации по месту (сообщения на панелях оператора или другая индикация с подробной расшифровкой по каждому ПТК отдельно);

– система звуковой и световой сигнализации.

11.6.2 Сообщения верхнего уровня САУ ГА

11.6.2.1 Сообщения верхнего уровня САУ ГА являются штатным средством информирования оперативного персонала.

11.6.2.2 Сообщения позволяют получить полную информацию по всем событиям отклонения режима работы гидроагрегата от нормы. В рамках верхнего уровня АСУТП ГЭС/ГАЭС сообщения от всех ПТК в составе САУ ГА объединяются в рамках единой среды регистрации и отображения (все сообщения доступны с одного рабочего места).

11.6.2.3 Способы ведения журнала и отображения сообщений ВУ АСУТП ГЭС/ГАЭС рассмотрены в документах базовой нормативно-справочной информации для проектирования автоматизированных систем технологического управления ГЭС и ГАЭС ПАО "РусГидро" (документ 21272487.425890.005.С9 "ТПР НСИ СТУ. Типовые видеокадры ЧМИ СТУ", раздел 5).

11.6.3 Средства индикации по месту установки ПТК

11.6.3.1 Сообщения на панелях оператора являются средством информирования оперативного персонала по месту установки ПТК и в условиях отказа верхнего уровня служат резервным способом получения информации о состоянии процесса.

11.6.3.2 Допускается использование иной индикации, позволяющей получить информацию о состоянии системы. Например, светодиодные индикаторы терминалов ПТК с текстом, описывающем произошедшее событие.

11.6.3.3 Средства индикации по месту установки ПТК охватывают события в рамках одного ПТК.

11.6.3.4 Способы ведения журнала и отображения сообщений на панелях управления ПТК рассмотрены в документах базовой нормативно-справочной информации для проектирования автоматизированных систем технологического управления ГЭС и ГАЭС ПАО "РусГидро" (документ 21272487.425890.005.С9 "ТПР НСИ СТУ. Типовые видеокадры ЧМИ СТУ", раздел 6).

11.6.3.5 Работа с местной сигнализацией рассмотрена подробно в разделе 11.6.5.

11.6.4 Система звуковой и световой сигнализации

11.6.4.1 Звуковая и световая сигнализация служит для привлечения внимания оперативного персонала к событию.

11.6.4.2 Звуковая и световая сигнализация делится на 2 типа:

– предупредительная сигнализация;

– аварийная сигнализация.

11.6.4.3 Функциональная схема организации световой и звуковой сигнализации приведена в документе 10996791.425290.024.Е1.03 "Функциональная схема сигнализации".

11.6.4.4 Световая и звуковая сигнализация носит обобщенный в рамках одного ПТК характер. Для определения причины срабатывания сигнализации необходимо обратиться к журналам сообщений панели оператора или к журналу сообщений верхнего уровня АСУТП ГЭС/ГАЭС.

11.6.4.5 Решения по формированию сигнализации ПТК в составе САУ ГА (кроме ПТК ТАиУВО (основного ПТК)):

– формирование индикации "Авария" и "Предупреждение" с помощью ламп-индикаторов красного и желтого цвета соответственно;

– формирование обобщенных в рамках ПТК сигналов, передаваемых "сухим контактом" "Авария", "Предупреждение".

11.6.4.6 Требования по формированию сигнализации основного ПТК в составе САУ ГА (ПТК ТАиУВО):

– прием обобщенных сигналов "Авария" и "Предупреждение" от прочих ПТК в составе САУ ГА;

– формирование индикации "Авария" и "Предупреждение" с помощью ламп-индикаторов красного и желтого цвета соответственно, расположенных на МПУ;

– формирование обобщенных в рамках САУ ГА сигналов, передаваемых "сухим контактом" "Авария" и "Предупреждение" в панели центральной сигнализации (ЦС);

– формирование звуковых аварийного и предупредительного сигналов с помощью звукового сигнализатора, расположенного в МПУ.

11.6.4.7 Работа индикаторов "Авария" и "Предупреждение" для ПТК в составе САУ ГА формируются следующим образом:

– индикатор должен мигать при возникновении аварийного или предупредительного события до сброса сигнализации (нажатия кнопки "Сброс сигнализации"). Мигание происходит с периодом 0,5 с, пока продолжает действовать условие хотя бы одного из зафиксированных

событий (по которым не был выполнен сброс сигнализации), и с частотой 1,0 с, если прекратили действие условия зафиксированных событий;

– индикатор постоянно горит после сброса сигнализации, если продолжает действовать условие хотя бы одного из аварийных или предупредительных событий;

– индикатор гаснет, если выполнен сброс сигнализации и прекратили действие условия всех аварийных и предупредительных событий.

11.6.4.8 Звуковой сигнал формируется при возникновении аварийного и предупредительного события. Выдача звукового сигнала должна прекращаться при сбросе сигнализации (нажатии кнопки "Сброс сигнализации") или по истечении времени, задаваемого уставкой, но не менее 10 с. Для предупредительного и аварийного события должны формироваться разные (различимые) звуковые сигналы.

11.6.4.9 Звуковые сигнализаторы устанавливаются в МПУ и соответствуют решениям, описанным в разделе 6.7.27 "Звуковые сигнализаторы" настоящего проекта.

11.6.4.10 Сигналы "сухой контакт" "Авария" и "Предупреждение" формируются при наличии хотя бы одного аварийного или предупредительного события соответственно.

Для фиксации срабатывания нового события на фоне уже действующих событий сигналы, передаваемые "сухим контактом", должны предусматривать кратковременный сброс с повторной установкой по фронту каждого отдельного аварийного или предупредительного события.

11.6.5 Действия оперативного персонала при срабатывании сигнализации

11.6.5.1 При возникновении любого аварийного или предупредительного события на гидроагрегате на панели ЦС появляется соответствующий обобщенный сигнал "Авария" и/или "Предупреждение". На МПУ гидроагрегата загорается красная и/или желтая лампа сигнализации, включается аварийный или предупредительный звуковой сигнал. Это должно привлечь первоначальное внимание оперативного персонала.

11.6.5.2 Причину сигнализации можно узнать на АРМ ВУ АСУТП ГЭС/ГАЭС в журнале сообщений.

11.6.5.3 Причину сигнализации можно узнать по месту на панели оператора ТАиУВО, установленной в шкафу МПУ. В этом случае сообщения, относящиеся к ТАиУВО, будут иметь подробную расшифровку, а сообщения, касающиеся прочих ПТК, обобщенный сигнал "Авария" и/или "Предупреждение" от соответствующего ПТК. Это позволит определить место возникновения сигнализации.

По нажатию на кнопку снятия сигнализации МПУ снимается мигание лампы-индикатора обобщенной сигнализации МПУ (до момента появления нового события). Лампа-индикатор

продолжает постоянно гореть, если условия срабатывания сигнализации продолжают действовать, и гаснет, если все условия срабатывания сигнализации прекратили свое действие.

Звуковой сигнал выключается при нажатии на кнопку снятия сигнализации МПУ или по истечении заданного в настройках ТАиУВО времени звучания (но не менее 10 секунд).

11.6.5.4 Если источником сигнализации является отдельный ПТК (кроме ТАиУВО) в составе САУ ГА, то на его шкафу будет гореть лампа-индикатор аварийной и/или предупредительной сигнализации, а причина срабатывания будет доступна в журнале сообщений панели оператора, соответствующего ПТК.

12 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Раздел выполнен в виде отдельного тома, см. 10996791.425290.024.П2 "Пояснительная записка. Часть 3".

13 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ И ОБУЧЕНИЮ ПЕРСОНАЛА

14.1 К монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию САУ ГА допускаются лица, достигшие 18 лет, имеющие группу допуска по электробезопасности не ниже третьей, удостоверение на право работы на электроустановках до 1000 В, изучившие руководство по эксплуатации САУ ГА и эксплуатационную документацию.

14.2 Персонал, связанный с эксплуатацией САУ ГА, должен пройти специальную подготовку по изучению эксплуатационной документации на САУ ГА и ее компоненты, в достаточном для выполнения своих функций объеме.

14.3 Первичное обучение персонала использованию средств САУ ГА должна проводить организация-разработчик САУ ГА, либо иная по условиям договора.

14.4 Организация, проводящая первичное обучение, не проводит дополнительное обучение персонала ГЭС/ГАЭС по использованию прикладных программ, сред разработки или иному, если такое не предусмотрено договором на создание САУ ГА. При необходимости такого обучения персонал ГЭС/ГАЭС необходимо отдельно направлять на курсы повышения квалификации.

14.5 Персонал, участвующий в эксплуатации САУ ГА, делится на следующие категории:

– пользователи системы (оперативный персонал);

– технический обслуживающий персонал, осуществляющий оперативное и неоперативное обслуживание системы;

– ремонтный персонал, осуществляющий ремонт и наладку технических средств системы.

14.6 Перечень обслуживаемого каждым подразделением оборудования с указанием границ обслуживания должен быть утвержден техническим руководителем соответствующего энергообъекта или организации.

14.7 Подразделения, обслуживающие САУ ГА, должны обеспечивать:

– надежную эксплуатацию технических средств, информационного и программного обеспечения САУ ГА;

– представление по требованию и согласно оперативному графику соответствующим подразделениям информации и трендов;

– эффективное использование вычислительной техники в соответствии с действующими нормативами и требованиями документации;

– организацию информационного взаимодействия со смежными иерархическими уровнями АСУ;

– разработку нормативных документов, необходимых для функционирования САУ ГА;

– анализ работы САУ ГА, своевременное представление отчетности.

14 ТРЕБОВАНИЯ К ДОКУМЕНТАЦИИ

14.1 Общие требования

14.1.1 Основными этапами выпуска документации при создании САУ ГА в соответствии с ГОСТ Р 59793 следует принять:

– техническое задание (ТЗ);

– технический проект (ТП);

– рабочая документация (РД);

– исполнительная документация (ИД).

14.1.2 Этапы, выполняемые организациями-участниками работ по созданию документации на САУ ГА, устанавливаются в договорах и техническом задании.

14.1.3 На всех этапах проектирования, кроме ТЗ, проект утверждается листом утверждения. К листу утверждения подшивается ведомость проекта.

14.1.4 Перечень документов, выпускаемый для каждого проекта (в зависимости от его объемов и особенностей), а также необходимость разработки конкретных видов документов, определяется настоящим проектом и уточняется в ТЗ, согласовывается и утверждается со стороны заказчика.

14.1.5 Каждый документ должен иметь уникальный проектный номер, состоящий из номера проекта, кода документа и порядкового номера документа одного типа (при необходимости). Номер проекта присваивается организацией-проектировщиком, код документа выбирается согласно ГОСТ 34.201.

14.1.6 Содержание документов должно соответствовать ГОСТ Р 59795.

14.1.7 При выпуске документации ТП, РД, ИД САУ ГА рекомендуется группировать документы в альбомы по принадлежности к шкафам либо системам.

14.2 Состав документации

14.2.1 ТЗ на САУ ГА является основным документом, определяющим требования и порядок создания (развития или модернизации – далее создания) автоматизированной системы, в соответствии с которым проводится разработка и ее приемка при вводе в действие.

14.2.2 Технический проект разрабатывается с целью уточнения проектных решений, определенных настоящим ТПР САУ ГА.

В состав технического проекта входят:

– общесистемная документация;

– документация технического обеспечения;

– документация информационного обеспечения;

– документация программного обеспечения;

– документация математического обеспечения.

14.2.3 В общесистемную документацию входят:

– ведомость проекта;

– пояснительная записка.

14.2.4 В документацию технического обеспечения входят:

– ведомость оборудования и материалов;

– описание комплекса технических средств;

– схема структурная комплекса технических средств;

– планы расположения.

14.2.5 К документации информационного обеспечения относятся:

– перечни входных и выходных сигналов;

– описание информационного обеспечения системы;

– чертежи видеокадров.

14.2.6 К документации программного обеспечения относится описание программного обеспечения.

14.2.7 К документации математического обеспечения относится описание алгоритмов.

14.2.8 РД разрабатывается с целью установления проектных решений по системе и ее частям для обеспечения работ по вводу САУ ГА в действие и ее эксплуатации. В РД входят эксплуатационные документы, которые выпускаются согласно ведомости эксплуатационных документов (ЭД). В состав рабочей документации входят:

– общесистемная документация;

– документация технического обеспечения.

Эксплуатационные документы в составе:

– общесистемная документация;

– документация технического обеспечения;

– документация информационного обеспечения;

– документация организационного обеспечения.

14.2.9 В общесистемную документацию входят:

– ведомость проекта;

– программа и методика испытаний (компонентов, комплексов технических средств (КТС), подсистем, систем);

– общее описание системы.

14.2.10 В документацию технического обеспечения входят:

– план расположения оборудования и проводок;

– чертеж установки технических средств;

– спецификации;

– чертежи общего вида;

– схемы принципиальные;

– схемы подключения внешних проводок;

– магистрали информационные;

– кабельный журнал или схема соединений внешних проводок.

14.2.11 К общесистемной документации эксплуатационных документов относятся:

– ведомость эксплуатационных документов;

– паспорт на систему и (или) паспорта на изделия;

– формуляр на систему.

14.2.12 К документации технического обеспечения эксплуатационных документов относится инструкция по эксплуатации КТС.

14.2.13 К документации информационного обеспечения эксплуатационных документов относятся чертежи видеокадров.

14.2.14 К документации организационного обеспечения эксплуатационных документов относятся руководства пользователя.

14.2.15 ИД выпускается после завершения испытаний и пусконаладочных работ. Для этого в рабочую документацию вносятся изменения по результатам пусконаладочных работ. Выпускается комплект исполнительной документации для сдачи заказчику. Состав ИД идентичен составу РД.

14.2.16 Все пусконаладочные либо испытательные работы должны оформляться протоколами (см. раздел 15).

14.2.17 Каждый электротехнический шкаф должен комплектоваться необходимыми протоколами проверки, а именно:

– протокол электрических испытаний электротехнического шкафа;

– протокол проверки и настройки блоков питания (при их наличии);

– протокол проверки и настройки промежуточных и сигнальных реле (при их наличии);

– протокол проверки расцепителей автоматических выключателей (при наличии автоматических выключателей);

– протокол проверки и настройки оборудования шкафа (например, устройств плавного пуска, опционально).

14.2.18 Требования по метрологическому обеспечению каждого ПТК должны быть отдельно указаны заказчиком. Типовой вариант метрологического обеспечения – сертификат калибровки каналов ПТК.

14.2.19 На устройства, участвующие в цепях синхронизации (автоматический синхронизатор, синхроноскоп), оформляются отдельные протоколы проверки работы по уставкам.

15 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ К ВВОДУ СИСТЕМЫ В ДЕЙСТВИЕ

15.1 Цели мероприятий

15.1.1 Настоящие мероприятия предназначены для определения последовательности этапов работ и мероприятий по созданию и введению в действие объектов автоматизации САУ ГА, проверки соответствия САУ ГА требованиям ТЗ, количественных и (или) качественных характеристик системы, выявления и устранения недостатков в действиях системы, в разработанной документации.

15.2 Перечень мероприятий

15.2.1 Перечень мероприятий должен включать в себя:

– подготовку полного комплекта проектной документации;

– комплектацию средствами автоматизации;

– подготовку основного, силового оборудования к монтажу САУ ГА (демонтажу старого оборудования);

– проведение монтажных работ САУ ГА на основном, силовом оборудовании;

– приемку оборудования САУ ГА из монтажа;

– обучение и проверка квалификации персонала;

– проведение наладочных работ САУ ГА;

– проведение функциональных испытаний САУ ГА;

– опытную эксплуатацию.

15.3 Мероприятия по подготовке полного комплекта проектной документации

15.3.1 Перед началом производства любых работ по САУ ГА необходимо проверить комплектность проектной документации. В частности, должно быть проверено:

– наличие на станции не менее 4-х экземпляров проектной документации;

– вся документация должна иметь подписи проектной организации и подписи согласования со стороны заказчика;

– на документации должны иметься отметки заказчика о допуске данной документации к выполнению работ по данной документации (штамп "К производству работ").

15.4 Комплектация оборудования средств автоматизации

15.4.1 К моменту начала работ по монтажу оборудования (демонтажу существующего оборудования) САУ ГА комплектация оборудования по проекту должна составлять 100 %.

15.4.2 Все оборудование должно иметь весь комплект документов, предусмотренных договором поставки и действующими нормативными документами.

15.4.3 Все элементы САУ ГА подлежащие сертификации, согласно действующим нормативным документам, должны иметь все необходимые документы и сертификаты.

15.4.4 Средства измерения, применяемые в САУ ГА, должны быть внесены в государственный реестр средств измерения и иметь все необходимые документы, согласно действующим нормативам.

15.5 Мероприятия по подготовке основного, силового оборудования к монтажу САУ (демонтажу старого оборудования)

15.5.1 Перед началом производства работ подрядная организация получает у заказчика один комплект проектной документации, составляется акт передачи проектной документации к выполнению работ.

15.5.2 Подрядная организация разрабатывает и утверждает график ведения работ по монтажу САУ ГА.

15.5.3 Подрядная организация, производящая монтаж оборудования, разрабатывает и согласовывает с заказчиком проект производства работ (ППР).

15.5.4 Выполняются организационные и технические мероприятия по безопасности производства работ (оформление нарядов, производство необходимых отключений со стороны технологического оборудования).

15.6 Мероприятия по проведению монтажных работ по монтажу САУ ГА на основном, силовом оборудовании

15.6.1 Монтаж оборудования производится в соответствии с проектной документацией, выданной в монтаж.

15.6.2 Допускается отступление от проектной документации с обязательным согласованием с проектной организацией и заказчиком.

15.6.3 Монтаж оборудования должен производится с соблюдением всех правил и норм.

15.6.4 Все работы по монтажу производятся по нарядам, с соблюдением всех мер безопасности.

15.7 Мероприятия по приемке оборудования САУ ГА из монтажа

15.7.1 Все смонтированное оборудование должно соответствовать проектным решениям. Допускается отступление от проектных решений с обязательным согласованием с проектной организацией и заказчиком.

15.7.2 Монтаж оборудования САУ ГА, датчиков, шкафов управления, исполнительных устройств должен быть выполнен в строгом соответствии с действующими нормами и правилами.

15.7.3 Для приемки оборудования из монтажа приказом по станции назначается комиссия, состоящая из представителя заказчика, представителя монтажной организации и представителя наладочной организации. При выполнении монтажа и наладки одной организацией допускается наличие одного представителя от данной организации.

15.7.4 Для приемки скрытых работ (выполнение можно отследить только при снятых частях оборудования, осмотр которых в собранном виде не представляется возможным) оформляется отдельный протокол для каждого предъявляемого к сдаче оборудования, либо комплекса оборудования.

15.7.5 Допускается проводить приемку оборудования САУ ГА из монтажа поэтапно, по элементной, с оформлением индивидуальных протоколов.

15.7.6 По итогам проверки и наличия протоколов на все оборудование САУ ГА составляется акт окончания монтажных работ.

15.8 Мероприятия по обучению и квалификации персонала

15.8.1 Персонал станции, связанный с эксплуатацией и обслуживанием САУ ГА, должен изучить:

– инструкции по эксплуатации, входящие в состав документации на САУ ГА;

– руководства оператора;

– инструкции по эксплуатации отдельных составных частей и элементов САУ ГА, шкафов управления, исполнительных устройств, датчиков и т. п.

15.8.2 Персонал связанный с обслуживанием САУ ГА при необходимости должен пройти обучение на элементную базу САУ ГА.

15.9 Мероприятия по проведению наладочных работ САУ ГА

15.9.1 Организация, проводящая наладку оборудования САУ ГА, составляет программу пусконаладочных работ. Работы по наладке выполняются по данной программе.

15.9.2 По окончании монтажных работ, при наличии акта окончания монтажных работ, наладочная организация инициализирует подачу напряжения питания на все устройства САУ ГА в зависимости от необходимости. Подача напряжения питания производится по программе пусконаладочных работ персоналом станции совместно с представителями наладочной организации.

15.9.3 По результатам наладочных работ составляется протокол наладки. Протокол фиксирует все неустраненные замечания к системе, порядок и сроки их устранения, подтверждает готовность системы к функциональным испытаниям.

15.9.4 По окончании наладочных работ представитель наладочной организации делает запись в соответствующий журнал на ГЭС.

15.10 Мероприятия по проведению функциональных испытаний САУ ГА

15.10.1 Организация, производящая наладку, составляет программу. Персонал станции согласовывает и утверждает данную программу, внося при необходимости коррективы.

15.10.2 Работы по испытаниям производят по утвержденной программе. При проведении испытаний все несоответствия заявленных функций фиксируются. Несоответствия устраняются с повторным испытанием данных пунктов.

15.10.3 По результатам испытаний формируется протокол испытаний. Протокол фиксирует все неустраненные замечания к системе, порядок и сроки их устранения, подтверждает готовность системы к вводу в опытную эксплуатацию.

15.10.4 Разрешение на перевод в опытную эксплуатацию оформляется приказом по станции, с оформление акта ввода в опытную эксплуатацию.

15.11 Мероприятия по проведению опытной эксплуатации

15.11.1 При проведении опытной эксплуатации эксплуатационный персонал станции обязан вести журнал опытной эксплуатации. В данном журнале фиксируются все неисправности и моменты неправильного функционирования, определяются сроки устранения выявленных замечаний и лица, ответственные за устранение.

15.11.2 По истечении срока опытной эксплуатации, после устранения замечаний, составляется акт об окончании опытной эксплуатации. Делается заключение о возможности перевода САУ ГА в постоянную (промышленную) эксплуатацию. При необходимости назначаются приемочные испытания.

15.11.3 Работа завершается оформлением акта о приемке САУ ГА в постоянную (промышленную) эксплуатацию.

16 ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ, ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ

АВРЧМ	автоматическое вторичное регулирование частоты и мощности
АГП	автомат гашения поля
АЗ	аварийная защита
АЗГ	автоматическая загрузка генераторов
АРЗ	аварийно-ремонтный затвор
АРМ	автоматизированное рабочее место
АРЧМ	автоматическое регулирование частоты и мощности
АСУ	автоматизированная система управления
АСУТП	автоматизированная система управления технологическим процессом
АУПТ	автоматическое управление пожаротушением
АЧВР	автоматический частотный ввод резерва
АЩУ	автоматизированный щит управления
ВГ	выключатель генератора
ВК	виброконтроль
ВУ	верхний уровень
ГА	гидроагрегат
ГАЭС	гидроаккумулирующая электростанция
ГВ	горячее водоснабжение
ГРАМ	групповой регулятор активной мощности
ГЩУ	главный щит управления
ГЭС	гидроэлектростанция
ДН	дренажный насос
ЕСКД	единая система конструкторской документации
ЕСПД	единая система программной документации
ЕЭС	Единая энергетическая система
ИД	исполнительная документация
ИСПБ	интегрированная система пожарной безопасности
ИЭВ	измеритель электрических величин
КПД	коэффициент полезного действия
КТС	комплекс технических средств
КШР	контактор шунтирующего резистора
ЛН	лекажный насос
МНУ	маслонасосная установка

МПУ	местная панель управления
НА	направляющий аппарат
НО	нормально открытый контакт
НПРЧ	нормированное первичное регулирование частоты
ОП	операторская панель
ОПРЧ	общее первичное регулирование частоты
ПА	противоаварийная автоматика
ПГР	пропорциональный гидрораспределитель
ПИ	пропорционально-интегральный закон регулирования
ПИД	пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования
ПЛК	программируемый логический контроллер
ППР	проект производства работ
ПТК	программно – технический комплекс
РД	рабочая документация
РЗА	релейная защита и автоматика (в соответствии с ГОСТ Р 59909)
РК	рабочее колесо
РЭ	руководство по эксплуатации
САУ ГА	система автоматического управления гидроагрегатом
СК	синхронный компенсатор
СКд	режим синхронного компенсатора при двигательном направлении вращения
СО	Системный оператор
СОЕВ	система определения единства времени
СС	самосинхронизация
СУР	сороудерживающие решетки
ТА	технологическая автоматика
ТАиУВО	технологическая автоматика и управление вспомогательным оборудованием
ТВС	техническое водоснабжение
ТЗ	техническое задание
ТН	трансформатор напряжения
ТП	технический проект
ТПР	типовые проектные решения
ТПУ	тиристорное пусковое устройство
ТСПД	технологическая сеть передачи данных
УВО	управление вспомогательным оборудованием
УЗ	управление задвижкой
ХВ	холодное водоснабжение

ХХГ	холостой ход генератора
ХХТ	холостой ход турбины
ЦКС	центральная координирующая система
ЦПУ	центральный пульт управления
ЦС	централизованная система
ЧМИ	человеко-машинный интерфейс
ЭД	эксплуатационные документы
ЭП	эскизный проект

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	Номер документа	Входящий номер сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					

Подп. и дата | Инв.N дубл. | Взам.инв.N | Подп. и дата | Инв.N подл.

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата	10996791425290.024.ПЗ	Лист 105

Копировал Формат А4