

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем автоматики, автоматизированного управления и
проектирования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.В.Ченцов
«_____» _____ 20__ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

**МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ
В ШКАФАХ ГИДРОАГРЕГАТА**

Руководитель	_____	___.06.2020г.	зав.каф., д-р техн. наук <u>С.В.Ченцов</u>
Выпускник	_____	___.06.2020г.	<u>Е.И. Соболев</u>
Консультант	_____	___.06.2020г.	<u>И.В.Солопко</u>
Нормоконтроллер	_____	___.06.2020г.	<u>Т.А.Грудинова</u>

Красноярск 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Характеристика гидроэлектростанции	7
1.1 Описание и классификации гидроэлектростанции	7
1.2 Характеристика Красноярской ГЭС	8
1.3 Основное технологическое оборудование ГЭС.....	10
1.3.1 Состав технологического оборудования	10
1.3.2 Гидросиловое оборудование.....	11
1.3.3 Электрическое оборудование	11
1.3.4 Вспомогательное оборудование	12
1.3.5 Гидротурбины	14
1.3.6 Гидрогенераторы и гидрогенераторы-двигатели	17
1.4 Шкафы гидроагрегата.....	17
1.4.1 Шкафы задействованные в контроле температуры	17
1.4.2 Система мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегата	19
1.5 Выводы по 1 главе.....	25
2 Средства автоматизации для реализации системы мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегата.....	27
2.1 Создание АСУ ТП и его состав, содержание работ	27
2.2.1 Программируемый логический контроллер Omron CS1	27
2.2.2 Панель оператора серии NB.....	29
2.2.3 Вентилятор с фильтром GSV 230B IP54.....	30
2.2.4 Электронные программируемые термостаты	32
2.3 Программное обеспечение СХ	32
2.3.1 СХ-Supervisor	32
2.4 Выводы по 2 главе.....	33
3 Компьютерная реализация системы мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегата.....	34

3.1 Составление структурной схемы шкафов гидроагрегата	34
3.2 Блок схема работы системы	35
3.3 Компьютерная модель с применением программы CX-Supervisor	38
3.4 Выводы по 3 главе.....	47
Заключение	49
Список использованных источников	50
Приложение А	53

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Мониторинг и контроль температуры в шкафах гидроагрегата» содержит 53 страниц текстового документа, 1 приложение, 2 таблицы, 25 иллюстрации, 20 использованных источников.

МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ В ШКАФАХ ГИДРОАГРЕГАТА, SCADA-SUPERVISOR, ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ, КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ.

Целью работы является модернизация системы мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегата. Совершенствуемая система будет обеспечивать оптимальную температуру, работу охлаждения и корректировку мощности охладительных устройств, информировать о сбоях и авариях, а так же в дорабатываемой системе предполагаются «ручные» настройки при доступе через компьютер, установленный на одном из шкафов гидроагрегата.

Работа является актуальной в связи необходимостью замены механических компонентов на цифровые и переход на автоматизированную, дистанционную систему контроля температуры.

Результатом бакалаврской работы является:

- описание применяемых технологических средств автоматизации;
- построение структурной схемы;
- разработка программы и ее интерфейса, автоматического мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегата, включая ручную настройку.

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизированная система управления технологическим процессом – это АСУ для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления в соответствии с принятым критерием управления. АСУ ТП – это человеко-машинная система, в которой важнейшая роль определена человеку, принимающему в большинстве случаев большое участие в производстве решений по управлению.

Электроэнергетика – это ключевая отрасль экономики Красноярского края. Ее доля во всем объеме промышленной продукции составляет 9%. Объемы производства электрической энергии равны 57 миллиардам кВт-ч, что отдает третье место в России Красноярскому краю. Гидроэлектростанции занимают особенно важную позицию в современных энергетических системах, выполняя особую роль регулирования ее параметров в нестационарных режимах и покрывают неравномерную часть графиков нагрузок. Гидроэлектростанции являются непростыми природно-техническими сооружениями, комплексами. Проектирование, эксплуатация и строительство таких сооружений требуют быть ознакомленным с широким спектром общетехнических и специальных дисциплин.

Красноярская ГЭС – это гидроэлектростанция, которая располагается на реке Енисее, возле города Дивногорска. Занимает второе по мощности место среди электростанций России, ранее являлась самой крупной ГЭС среди всего мира. Является частью Енисейского каскада ГЭС, третья ступень. В комплексе Красноярского гидроузла имеется судоподъемник. Собственником ГЭС приходится дочернее общество АО «ЕвроСибЭнерго». Поддержка и регулировка оптимальных условий в электрических шкафах гидроагрегата является неотъемлемой частью основ обеспечения безаварийной работы гидроагрегата и всего предприятия. При несоблюдении требований температурного режима могут произойти негативные последствия: сокращение сроков службы различных электронных компонентов, снижение и ухудшение характеристик

приборов и даже остановка производства. Защита оборудования внутри шкафов от перегревов, холода, коррозии и конденсата всегда остается актуальной.

Работа является актуальной в связи необходимостью замены механических компонентов на цифровые и переход на автоматизированную, дистанционную систему контроля температуры. Актуальность определена необходимостью совершенствования системы контроля температуры. Поддержание оптимальной температуры в электрических шкафах является одной из основ обеспечения безаварийной работы предприятия. Несоблюдение надлежащего температурного режима приводит к негативным последствиям для щитового оборудования: сокращению срока службы электронных компонентов и ухудшению характеристик приборов, вплоть до остановки производства. Защита электрощитового оборудования от конденсата, коррозии, перегрева и холода всегда остается актуальной.

Целью работы является модернизация системы мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегата. Совершенствуемая система будет обеспечивать оптимальную температуру, работу охлаждения и корректировку мощности охладительных устройств, информировать о сбоях и авариях, а так же в дорабатываемой системе предполагаются «ручные» настройки при доступе через компьютер, установленный на одном из шкафов гидроагрегата.

1. Характеристика гидроэлектростанции

1.1 Описание и классификации гидроэлектростанции

Гидроэлектростанция – электростанция, которая пользуется водными массами как источником энергии. Постройка ГЭС производится на реках, где в свою очередь сооружаются водохранилища и плотины. ГЭС распределяются на 3 группы по мощности, где ГЭС вырабатывающие от 25 МВт – мощные, до 25МВт – средние и до 5 МВт – малые. Мощность ГЭС зависит того, на сколько силен напор воды и как расходуется вода. Так же мощность зависит от КПД турбин и генераторов, установленных на гидроэлектростанции.

Следующее разделение гидроэлектростанций происходит в зависимости от напора воды. Высоконапорными являются станции с напором более чем 60м, средненапорными от 25м, а низконапорными от 3 до 25м. Для каждого из видов ГЭС используются свои виды турбин. Ковшовые и радиально-осевые используются на высоконапорных гидроэлектростанциях, на средних используются поворотные лопастные и радиально-осевые, при низком напоре используется поворотные лопастные, которые находятся в железобетонных камерах. Принцип их работы схож и заключается в спуске потока воды на лопасти, что приводит их в движение, лопасти начинают вращаться. Электроэнергия начинает вырабатываться после передачи механической энергии на гидрогенератор.

По использованию природных ресурсов выделяются 4 группы ГЭС: плотинные – самая распространенная ГЭС, где установка плотины полностью перегораживает реку;

приплотинные – постройка производится если напор воды более высокий. Плотина полностью перегораживает реку, а здание ГЭС в нижней части, за плотиной. Вода подается на турбины через тоннели;

деривационные – строительство происходит при великом уклоне рек. Напор же создается с помощью деривации. Главной ценностью ГЭС является

производство энергии при использовании возобновляемых природных ресурсов, нет потребности в использовании дополнительного топлива, из-за чего конечная стоимость становится ниже [1].

1.2 Характеристика Красноярской ГЭС

Красноярская гидроэлектростанция является мощной и высоконапорной ГЭС плотинного типа. Гидроузел имеет первый класс капитальности, включает в себя плотину, здание ГЭС, ОРУ (Открытое распределительное устройство) и судоподъемник. Установленная мощность 6000 МВт, где фактической среднемноголетней выработкой за период эксплуатации – 18 350 миллионов кВт/ч.

Высота плотины 128 метров, ширина по основанию 95 метров. Общая длина плотины 1072,5 метров. Разделена на несколько частей. Левобережная глухая, водосливная, глухая русловая, станционная и правобережная глухая плотины. Разделение плотины происходит деформационными швами, расстояние между которыми 15 метров. В основании, по осям швов находятся полости разгрузки от 4 до 6 метров. Цементационная завеса располагается в основании плотины, ее глубина 60 метров, а дренаж до 30-40 метров. На левом берегу сопрягается с судоподъемником.

В части водослива, которая располагается в левобережной части гидроузла, находятся 7 водосливных пролетов шириной по 25 метров, которые перекрываются плоскими скользящими затворами высотой 12.5 метров. Маневрирование происходит на гребне, с помощью двух козловых кранов с грузоподъемность по 250 т. Грань с водосливной частью заканчивается трамплином, который отбрасывает поток в нижний бьеф. В размывной яме происходит гашение энергии. При НПУ пропускная способность составляет 11 400 м³/с, а при ФПУ – 15 500 м³/с.

Водоприемники оборудованы соросудерживающими решетками, количество водоприемников составляет 24. Турбины имеют диаметр 7.5 метров,

сделаны из стали, бетонированы.

Особенность Красноярской ГЭС это подвод воды к каждому гидроагрегату по двум водоводам, которые объединяются в один с диаметром 10 метров.

Здание ГЭС имеет приплотинный тип. Длина 428,5 метров, ширина 31м. В здании происходит разделение на 12 секций с агрегатами и 2 секции с монтажными площадками. Гидроагрегаты имеют мощность по 500 МВт, турбины радиально-осевые. Работа агрегатов происходит на расчетном напоре 93 м. Пропускная способность турбин 615 м³/с, а диаметр рабочего колеса 7.5м. Шесть гидроагрегатов подключены к трехфазным трансформаторам изображенным на рисунке 1, другие шесть образуют укрепленные блоки. Трансформаторы располагаются на площадке между зданием и плотиной.



Рисунок 1 – Трансформатор на открытой площадке

Электроэнергия передается на ОРУ (открытое распределительное устройство), которая представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – ОРУ

Силовые проводники располагаются на открытом воздухе без защиты окружающей среды. Напряжение ОРУ, находящейся на левом берегу 500 кВ и 220 кВ на правом [2].

1.3 Основное технологическое оборудование ГЭС

1.3.1 Состав технологического оборудования

Реализация основных функций выработки электроэнергии и управление мощностью происходит с помощью комплекса технологического оборудования. Электроэнергия передается от здания ГЭС на ОРУ и ЗРУ (закрытое распределительное устройство), далее подается в энергосистему через воздушные линии.

1.3.2 Гидросиловое оборудование

Гидрогенератор, гидротурбина, оборудование на уроне агрегата, системы автоматического регулирования и управления, а так же система возбуждения гидрогенератора – все эти компоненты входят в состав гидросилового оборудования гидроэлектростанции.

САР (Система автоматического регулирования) существует для управления гидротурбинами с помощью разворота лопастей и изменений открытия направляющего аппарата. Система автоматического регулирования обеспечивает поддержку заданных частот вращения агрегата, так же обеспечивает предохранение от выхода в разгон при авариях.

Гидрогенератор применяется для перехода механической энергии в электрическую. Синхронный гидрогенератор состоит из ротора, вала турбины, с которым он соединен и статора. В обмотке статора происходит индукция переменного тока. Стандартная частота тока равна 50 Гц, но в ряде стран это 60 Гц.

СВ (Система возбуждения) питает постоянным током обмотки ротора, являясь ответственной системой, которая определяет надежность работы ГЭС. Системы возбуждения имеют разные подразделы – электромашинные с генератором постоянного тока, переменного тока с преобразованием и тиристорные системы.

Система охлаждения отводит потери тепла, которые составляют 2%, предотвращая нагрев обмоток и стали генератора сверх допустимых значений. Практически везде используется водяная СО (система охлаждения) [1].

1.3.3 Электрическое оборудование

К электрическому оборудованию относятся трансформаторы, ОРУ и ЗРУ, системы контроля и управления, а так же токопроводы от генераторов. В свою

очередь токопроводы передают электрическую мощность от генераторов, чье напряжение не является большим от 6 до 24 кВ.

Трансформаторы, а именно силовые трансформаторы передают электроэнергию в энергосистему. Происходит повышение напряжения от 110 до 1500 кВ, все зависит от длины электропередачи. Трансформаторы делят на трех и двух обмоточные, по фазам на одно и трехфазные.

ОРУ и ЗРУ распределяют электроэнергию между воздушными линиями электропередачи с помощью распределительных шин. Включает в себя противоаварийную защиту, в виде автоматики, различные разъединители и выключатели, все это обеспечивает защиту оборудования и линии электропередачи.

Мониторинг и системы управления технологическими процессами. К мониторингу относят различные устройства контроля состояния агрегата и другого оборудования. В этот состав входит измерение мощностей, напряжений, температура и охлаждение, вплоть до подачи масла. Данные системы дают сигналы на автоматические остановки агрегата, при серьезных отклонениях от установленных режимов. Система мониторинга и контроля выполняется вместе с АСУ ТП. Вся автоматизация, для всех процессов управления, а так же для работ оборудования, будь то вспомогательное или основное, выполнена в виде взаимоувязанных системах. Системах, которые в свою очередь обеспечивают автоматизированное или автоматическое управление.

Система управления технологическим процессом чаще всего имеет два подразделения – агрегатный и станционный, где первый «нижний», а второй «верхний». Щиты для управления агрегатами находятся в машинном зале. Верхний уровень осуществляется из ГЩУ (главный щит управления), а все АСУ ТП обычно выполнена на основе микропроцессорной техники. Весь обмен данным между системами верхнего и нижнего уровней, обычно организована через локальную сеть.

1.3.4 Вспомогательное оборудование

Вспомогательное оборудование гидроэлектростанции это ТВ (техническое водоснабжение), ПХ (пневматическое хозяйство), МХ (Масляное хозяйство) и СОВ (система откачки воды).

Техническое водоснабжение снабжает водой, прошедшей очистку, узлы гидроагрегата и прочее оборудование. В его число входит подшипники турбин, воздухоохладители, маслоохладители и другое.

Пневматическое хозяйство создает обеспечение сжатого воздуха для гидросилового и электрического оборудования. Часто включены всего две системы – низкое давление 0.8 Мпа, которое используется при торможении агрегата и др. И высокое давление 4 или 6.3 Мпа, которое предназначено для зарядки котлов МНУ (масло напорных установок) и воздушных выключателей, а так же используется для отжатия воздуха в рабочем колесе в различных режимах агрегата. В систему пневматического хозяйства включены компрессор, воздухосборник и трубопровод.

Масляное хозяйство это емкости для резервов масла, так же маслонасосные агрегаты и различная аппаратура очистки масла.

Система откачки воды убирает воду из трубопроводов и проточной части гидромашин, так же различных емкостей по всему зданию ГЭС, когда требуется провести осмотр или ремонтные работы. Вода откачивается в нижний бьеф.

ГЭС имеет большое количество оборудования с повышенной взрывопожарной опасностью. В связи с этим противопожарные устройства используются для обнаружение возгораний, пожаров и сигнализируют об этом. Для некоторого оборудования, например, генератора, используются автоматические системы пожаротушения. Автоматические системы пожаротушения используют воду или пену.

Механическое оборудование включает в свой состав подъемники, краны, сороудерживающие решетки, все необходимые приспособления для монтажа и ремонта гидросиловых элементов, то есть гидросилового оборудования.

1.3.5 Гидротурбины

Энергия от потока воды преобразуется в механическую энергию, после чего начинает вращаться ротор гидрогенератора и механическая энергия переходит в электрическую. Сам тип турбин выбирается в зависимости от условий для их работы. Условиями является напор, энергетические показатели и значения к.п.д. в нужном диапазоне нагрузок и напоров.

Деление гидротурбин происходит по принципу их действия – реактивные и активные. Основное устройство внутри гидротурбины это рабочее колесо. В реактивных турбинах вода поступает с помощью направляющего аппарата. В активных подача происходит через сопла. Размер турбины определяет диаметр ее рабочего колеса.

Количество видов различных турбин весьма велико, но на практике очень широко используется четыре. К реактивным относятся диагональные, осевые и радиально осевые, а к активным ковшовые. Область применения каждого из видов, в зависимости от напора, показана на рисунке 3.

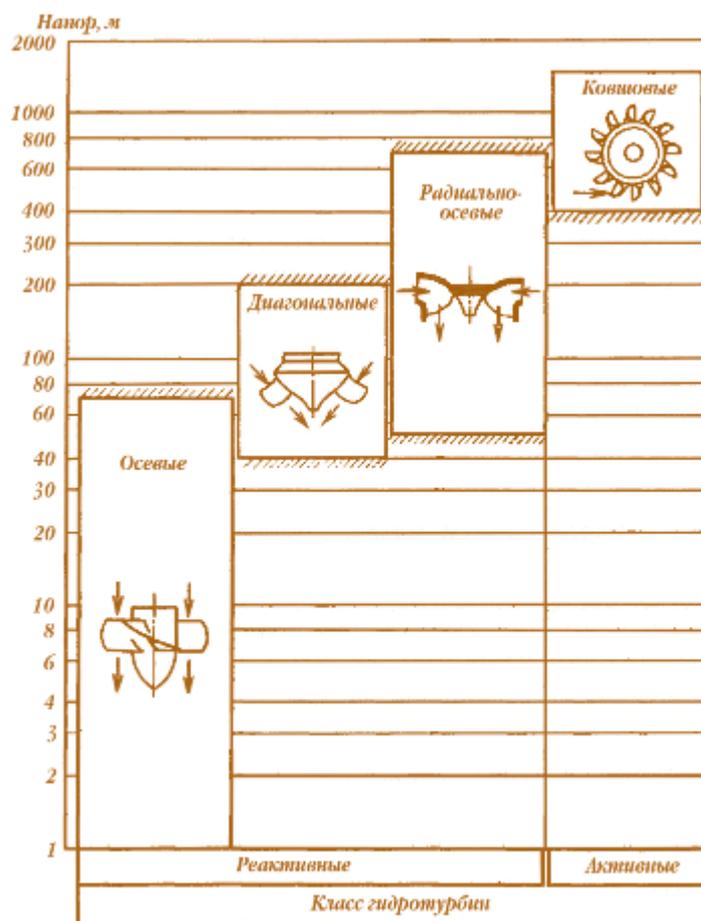


Рисунок 3 – Область применения турбин

Некоторые области применения совпадают на некоторых уровнях напора. Например осевые, диагональные и радиально осевые могут применяться в промежутке от 50 до 70 метров. Самый удобный и оптимальный выбор происходит на основании технико-экономического сопоставления между всеми вариантами.

Осевые турбины классифицируют по напору, горизонтальные капсульные когда напор до 25 метров, при напоре до 60 метров поворотно-лопастные или же турбины Каплана, в то же время при напоре до 60 метров используются пропеллерные.

В корпусе укреплено рабочее колесо с обтекателем и соединяется с валом. Количество лопастей зависит от напора, чем выше напор, тем больше лопастей. Обычно их от 4 до 8.

Спиральная камера турбин обычно создается из бетона, только при напорах более чем 50 метров изготавливаются из металла.

Состав направляющего аппарата это 20-32 лопатки. Так же появляется зависимость от диаметра их расположения. Лопатки образуют решетку в виде кольца, которое создает закрутку потока перед выходом на рабочее колесо. Так же лопатки участвуют в регулировании мощности.

Капсульные гидротурбины, с которыми в капсуле находится генератор, используют при большом расходе, но при низком напоре. Достижимая мощность 70 МВт и более, но при условии, что рабочее колесо имеет диаметр 8 метров и выше. Пропускная способность выше, а габаритные размеры меньше. Из-за этого стоимость создания сильно уменьшается. Максимальным к.п.д. такой турбины будет достигаться в районе 94-95%.

Гидротурбины Каплана, которые являются поворотными-лопастными вертикальными, занимают вторую строчку на мировой арене. Лопастные изготовлены поворотными, их угол может изменяться в зависимости от работы, из этого следует, что их энергетические показатели высокие.

У пропеллерных лопасти очень жестко закреплены. Их применение реализуется при небольших колебаниях напора. Диаметр втулки очень уменьшен, так как отсутствует механизм разворота для лопастей.

Диагональные турбины отличаются от осевых установленным наклоном к оси вращения. Угол составляет от 45 до 60 градусов. Сами лопасти остаются поворотными, что и позволяет применять их при сильных напорах и создавать конкуренцию радиально-осевым. Образуется более широкое регулирование при учете напора и расхода, а среднеэксплуатационный к.п.д повышается.

Гидротурбины Френсиса, которые являются радиально-осевыми, имеют самое широкое применение в гидроэнергетике. Напоры для их применения варьируются от 40 до 700 метров. Направление потока обращено в рабочее

колесо, под радиальном направлении, а выход в осевом. Рабочее колесо образуется из 12-17 лопастей, прочность и жесткость имеет достаточную прочность, ведь лопасти заделаны в ступице и ободе.

Ковшевые так же используются при больших напорах свыше 300 м или на не больших ГЭС, где идет маленький расход воды и напор выше 100. Основной элемент это как и везде рабочее колесо и сопла, все это создает образ ковша, а число лопастей варьируется от 12 до 40 [1].

1.3.6 Гидрогенераторы и гидрогенераторы-двигатели

Обычно на гидроэлектростанциях стоят синхронные трехфазные генераторы, где основные параметры это активная, реактивная, полная мощности, напряжение и напряжение обмотки, сила тока на статоре, коэффициент мощности. Синхронная частота вращения, которая равна 60, об/мин, частота тока в сети 50 Гц и в ряде других стран 60 Гц.

1.4 Шкафы гидроагрегата

1.4.1 Шкафы задействованные в контроле температуры

В состав шкафов гидроагрегата Красноярской ГЭС, представленных на рисунке 4, входят шкаф автоматики М2, шкаф сигнализации М6 на которой установлен компьютер, и шкаф АСКУЭ (автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии).



Рисунок 4 – Шкафы гидроагрегата

Система контроля температуры работает с помощью программируемых логических контроллеров, отслеживание температуры происходит с помощью датчиков через релейную систему.

1.4.2 Система мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегата

Контроль температуры является неотъемлемой частью в работе оборудования ГЭС. Процесс мониторинга и контроля температуры происходит с помощью датчиков температуры. Датчики контроля температуры шкафа гидроагрегата являются важной частью защитной системы. По достижении температуры выходящей из нормы, релейная система защиты включает вентиляторы в соответствующем шкафу вплоть до нормализации необходимой минимальной температуры. Отображение всех подконтрольных системе данных происходит на мониторе компьютера показанном на рисунке 5.



Рисунок 5 – Монитор установленный на шкаф М6

Система охлаждения реализована с помощью вентиляторов с входной решеткой и фильтром, располагающимися в верхней части шкафов, продемонстрированных на рисунке 6.



Рисунок 6 – Вентилятор внутри шкафа

В качестве контроля температуры используются термостаты, показанные на рисунке 7, которые поддерживают постоянную температуру. Внутри термостатов встроены датчики температуры, которые передают информацию о температуре в систему. Корпус выполнен из пластика. Также предусмотрены отверстия через которые воздух попадает на датчик температуры. Рядом с ручкой регулятора выполнена разметка шкалы температур, при помощи которой выбирается момент срабатывания.



Рисунок 7 – Термостаты внутри шкафа

Регулирование уровня влажности, при использовании термостата, который регулирует работу нагревательного устройства, помогает избежать возникновения следов коррозии или окисления, что увеличит срок работоспособности оборудования внутри шкафа как показано на рисунке 8.

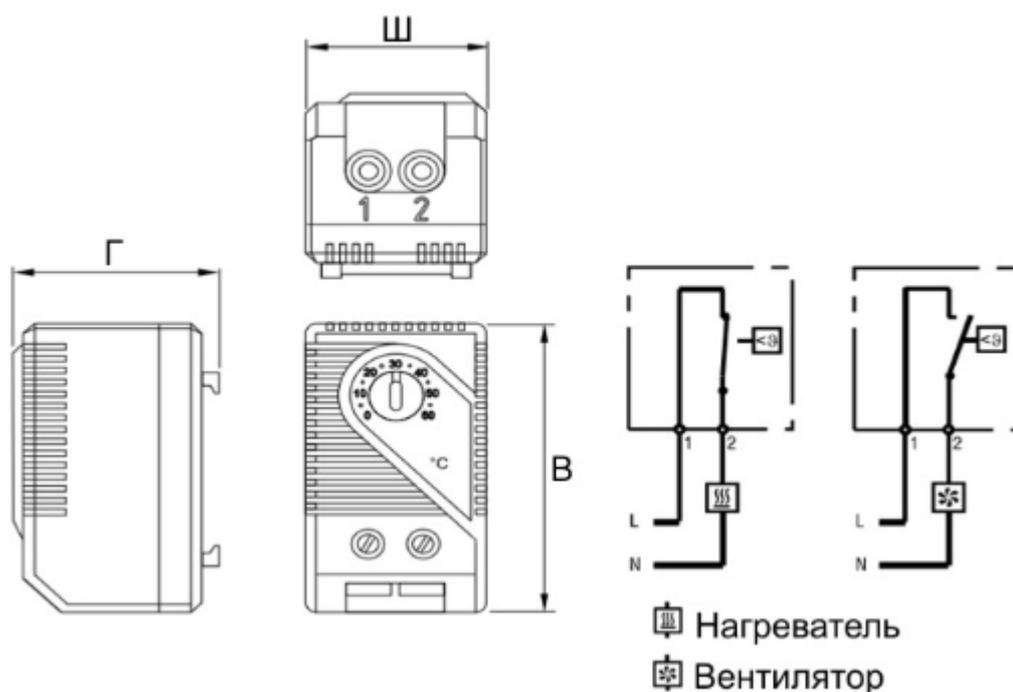


Рисунок 8 – Термостаты внутри шкафа

ПЛК задействованный внутри шкафов это Omron CS1, показанный на рисунке 9. В данном ПЛК применяются высокоскоростные процессоры нового поколения, что увеличивает быстродействие контроллера. Благодаря этому контроллер может выполнять различные функции, расширенную обработку данных, обработку файловой памяти и многое другое.



Рисунок 9 – ПЛК Omron CS1

Контроль температуры является неотъемлемой частью в работе оборудования ГЭС. Процесс мониторинга и контроля температуры происходит с помощью датчиков температуры. Датчики контроля температуры шкафа гидроагрегата являются важной частью защитной системы. По достижении температуры выходящей из нормы, релейная система защиты включает вентиляторы в соответствующем шкафу вплоть до нормализации необходимой минимальной температуры. Отображение всех подконтрольных системе данных происходит на мониторе компьютера, на одном из шкафов.

Входными параметрами системы, непосредственно, является температура воздуха внутри шкафа и температура окружающей среды. На красноярской ГЭС средняя температура выше нуля составляет +25 - +32 градуса, а влажность составляет 68-72 из чего оптимальная температура внутри электрощитового

оборудования должна составлять не больше 29-32 градусов, расчет можно выполнить по формуле 1 представленной ниже.

Расчет температуры внутри шкафа происходит по формуле:

$$T_r = \frac{Q_v}{k \cdot A} + T_u,$$

где T_r – температура внутри шкафа;

Q_v – тепловыделение установленного оборудования;

K – коэффициент теплоотдачи;

A – эффективная поверхность теплообмена;

T_u – окружающая температура.

Параметр, за которым следит система это температура внутри шкафа, которая возникает из-за работы элементов внутри шкафа. Если процессы внутри шкафа начинают работать мощнее, например сам ПЛК, то следовательно и температура начинает возрастать. Внешнее воздействие температуры не оказывается сильного воздействия на шкафы, что позволяет больше сконцентрироваться на контроле внутренней температуры.

1.5 Выводы по главе 1

Для достижения поставленной цели работы, необходимо решить следующие задачи:

- описать применяемые технологические средства автоматизации;
- проанализировать существующую систему для усовершенствования;

– разработать программу и ее интерфейс для системы мониторинга и контроля температуры используя программное обеспечение задействованное на производстве.

2 Средства автоматизации для реализации системы мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегата

2.1 Создание АСУ ТП и его состав, содержание работ

Процесс автоматизации системы мониторинга и контроля температуры не только обеспечивает мониторинг и контроль работы системы, но и является основой для формирования информационно-управляющей системы, которая дает возможность отследить различные изменения в ходе работы комплекса, а так же повысить надежность и безопасность.

Автоматизация – это применение специальных технических средств или устройств и приспособлений, которые предназначаются для осуществления контроля и управления технологическим процессом. При мониторинге применяется компьютерное управление посредством ПО (программное обеспечение), помощью которого осуществляется контроль объектов.

2.2.1 Программируемый логический контроллер Omron CS1

Для управления процессами был взят ПЛК (программируемый логический контроллер) Omron CS1 показанный на рисунке 10.



Рисунок 10 – ПЛК Omron CS1

Основной задачей ПЛК является продолжительная автономная работа в неблагоприятных условиях окружающей среды, при условии, что серьезное вмешательство человека, а так же обслуживание, практически ограничено. Программируемый логический контроллер представляет из себя микропроцессорное устройство, задачи которого заключаются в сборе, преобразовании, обработке, хранении информации, а так же выработке команд управления. Имеющий определенное количество входов и выходов, подключенным к ним датчиков, ключей, механизмов. Принцип работы заключается в том, что на входы подается информация, после чего происходит программная обработка и данные поступают на выход [11].

Преимущества и возможности данного ПЛК:

- Ethernet (FTP, TCP/IP, UDP/IP); Controller Link; Device Net.
Profibus DP.
- CompoBus/S, Host Link, NT Link, Protocol Macro, ToolBus.
- Более 100 типов различных модулей 2 слота расширения ЦПУ.
- Энергонезависимая память данных (DM) 448.

- FLASH – память 0 до 48 Мб.
- Обработка до 5000 точек ввода-вывода.

2.2.2 Панель оператора серии NB

Для вывода и отображения информации, а так же контроля технологических процессов были выбраны панели оператора серии NB показанная на рисунке 11.



Рисунок 11 – Панель оператора серии NB

Основные характеристики:

- Цветовой сенсорный экран TFT – более 65 000 цветов.
- Светодиодная подсветка с длительным сроком службы.
- Последовательный порт, USB или Ethernet.
- Поддержка карт памяти USB(TW01).
- Встроенная память 128 Мб.
- Векторная и растровая графика.

- Широкие углы обзора.
- Подключения к устройствам Omron и других производителей, ПЛК и инверторы.
- Подключение принтера с поддержкой технологии PictBridge.
- Многоязыковая поддержка.
- Анимации.
- Эмуляция в онлайн или автономном режиме.
- Встроенное бесплатное программное обеспечение NB-Designer имеющее ряд отличительных возможностей.

2.2.3 Вентилятор с фильтром GSV 230B IP54

В качестве охлаждения будут использованы вентиляторы с решеткой и фильтром показанные на рисунке 12. На роль вентилятора электротехнического шкафа подойдет множество моделей вентиляторов, но была выбрана надежная модель, которой можно будет удобно управлять через систему мониторинга и контроля температуры. Так же эта модель является очень универсальной.

Преимущество и особенности конструкции:

- Возможность смены направления воздушного потока.
- Установка в шкаф на дверь или стенку толщиной от 0.8 до 3 мм.
- Нарботка на отказ 40 000 часов.
- Очень просто обслуживание и замене фильтра.



Рисунок 12 – Вентилятор с фильтром GSV 230В IP54

Данный вентилятор, показанный на рисунке 13, прогоняет отфильтрованный холодный наружный воздух и отводит нагретый внутренний. Циркуляция воздушного потока создает необходимый микроклимат внутри шкафа. Диапазон температур составляет -10 до +70 градусов цельсия, что дает преимущества в автоматическом регулировании температуры. Вариативность различных размеров, в зависимости от нужд шкафа начинается от 119x119 мм до 318x318 мм.

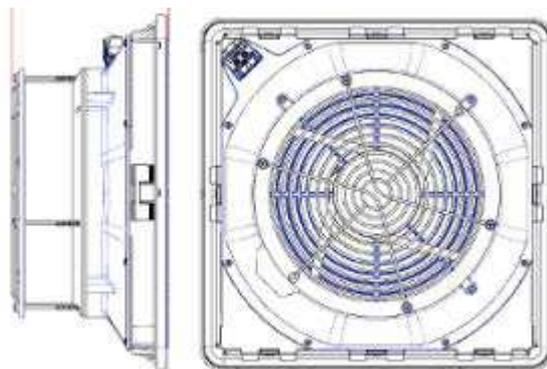


Рисунок 13 – Вентилятор с фильтром GSV 230B IP54

2.2.4 Электронные программируемые термостаты

Замена механических ручных термостатов позволит перейти на автоматизированную систему мониторинга и контроля температуры с минимальным вмешательством человека.

2.3 Программное обеспечение СХ

Программное обеспечение СХ, применяемое в отделе АСУ ТП Красноярской ГЭС, является комплексом программ для моделирования систем, симуляции работы ПЛК, создания визуальных компьютерных систем и другое.

2.3.1 СХ Supervisor

СХ-Supervisor является мощной машиной визуализации для создания SCADA-системы. Выбор данного программного обеспечения обусловлен актуальностью его использования на производстве. На Красноярской ГЭС установлены программируемые логические контроллеры фирмы OMRON.

CX-Supervisor имеет ряд отличительных функций и возможностей, среди которых:

- средство просмотра журнала данных, которое имеет новые современные функции, которые позволяют вам моментально проанализировать данные вашей машины;
- библиотека графических объектов с включенным интеллектуальными объектами, благодаря чему объекты могут включать действия и анимацию.
- поддержка форматов JPEG и GIF, а так же выбор своих собственных изображений;
- встроенная функция моделирования, которая так же используется в ПО CX-One, она позволяет тестировать приложение с помощью симулятора ПЛК и не требует установки на рабочую машину;
- система удаленного обслуживания на основе веб интерфейса, которая позволяет пользователю удаленно и безопасно входить в систему, просматривать и изменять отдельные параметры, отслеживать и квитировать предупреждающие сообщения и журналы данных и обновлять приложение;
- поддержка шлюза FINS обеспечивает прямой доступ к устройствам с помощью FINS Gateway, удаленный интерфейс .NET позволяет опытным пользователям разрабатывать собственные приложения и взаимодействовать с приложением CX-Supervisor;
- внутри программного обеспечения используется Си подобный язык программирования, а так же VisualBasic [8].

2.4 Выводы по 2 главе

- Описаны средства автоматизации, применяемые в шкафах гидроагрегата, которые используются в системе мониторинга и контроля температуры;
- выбран инструментарий CX-Supervisor, в котором будет создана компьютерная визуализация.

3 Компьютерная визуализация системы мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегата

3.1 Составление структурной схемы шкафов гидроагрегата

На рисунке 14 изображена структурная схема шкафов гидроагрегата, все три шкафа подключены между собой.

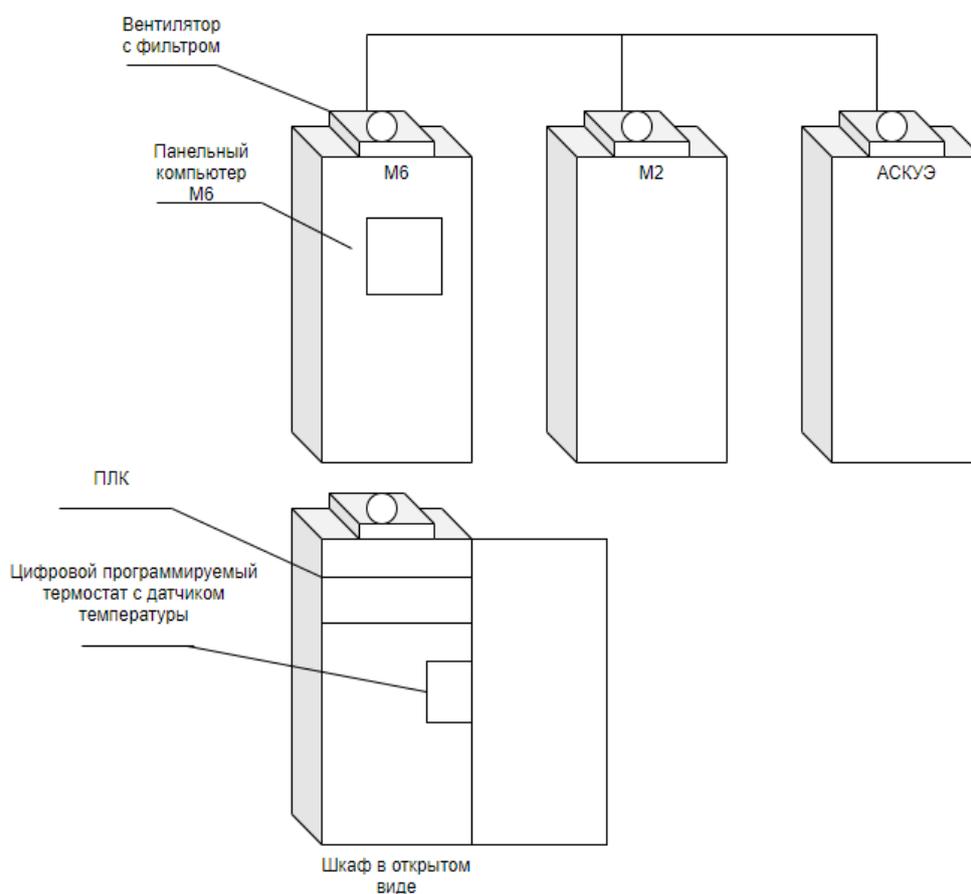


Рисунок 14 – Структурная схема

Программируемый логический контроллер взаимодействует с панельным компьютером, что дает доступ ко всей информации системы мониторинга и контроля температуры.

3.2 Блок схема работы системы

Система ведет контроль над ситуациями, когда температура выходит за установленные пределы и оповещает о них. Ведется подсчет таких случаев и системой принимаются меры о усилении охлаждения если в одном из шкафов ситуация не исправляется, в случае продолжительности нарушения температур в систему будет необходимо вмешательство специалиста, о чем будет сообщено системой. В случае стабилизации температуры, значения усиления охлаждения будут возвращаться в норму и так же оповещать об этом специалистов. В программе учтен ручной режим для задания начальных настроек и для изменения их при аварийных или необходимых ситуациях. Алгоритм программы представлен на рисунке 16.

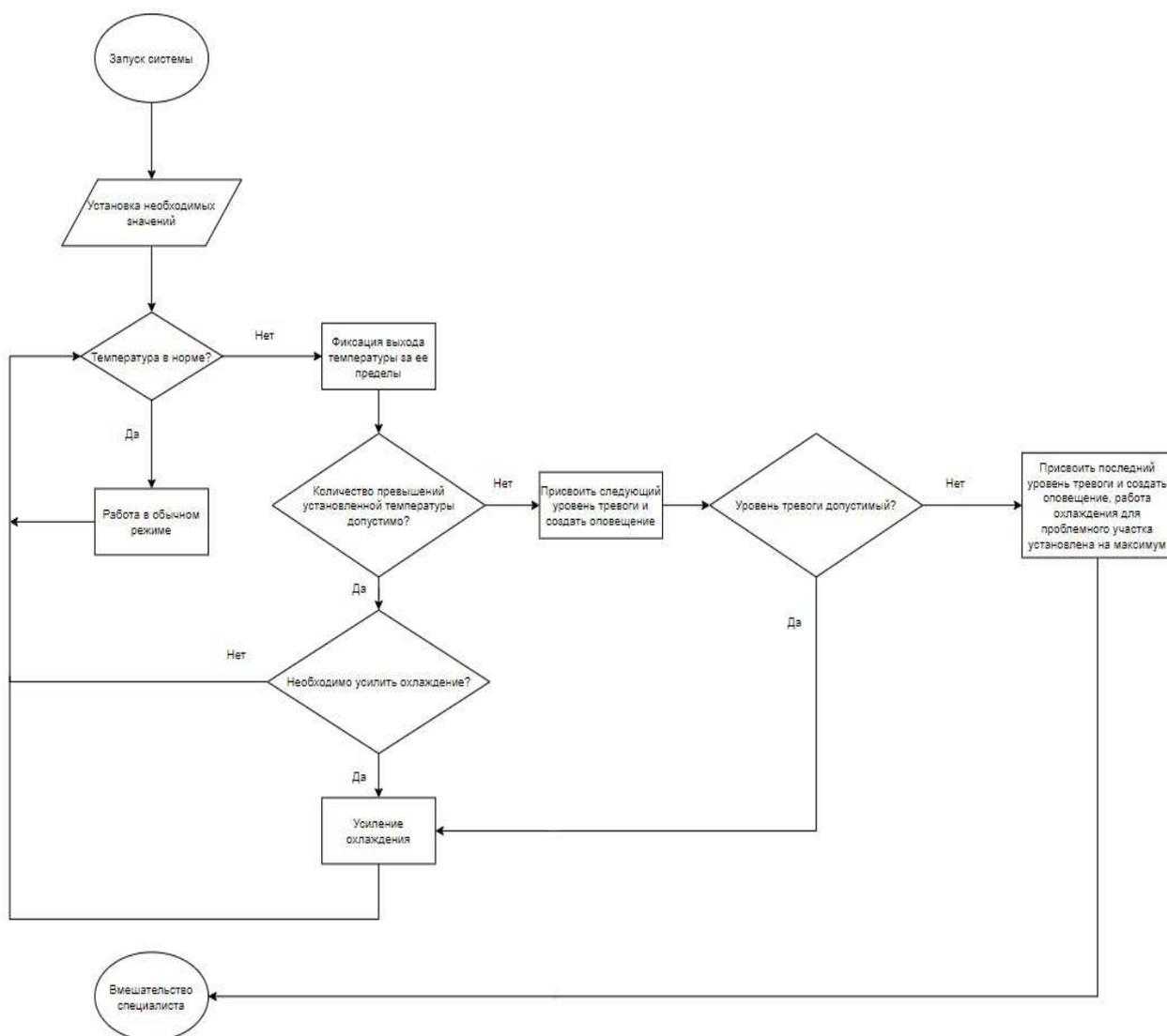


Рисунок 16 – Алгоритм работы системы

Программа работает следующим образом. Задаются необходимые значения температуры, после чего система постоянно проверяет температуру в каждом из шкафов и выводит информацию на панельный компьютер и ПК специалиста. При проверке температуры опрашивается параметр ПУТ (превышение установленной температуры). Если в период определенного времени было зафиксировано малое количество ПУТ, то этот показатель сбросится, если количество ПУТ выходит за установленные рамки, то присваивается следующий уровень тревоги и создается оповещение, а так же

система охлаждения работает в соответствие со своим уровнем тревоги. Следующая проверка заключается в допустимом уровне тревоги. Система опрашивает каждый уровень тревоги, если он не является допустимым, то есть является максимальным, то охлаждение системы работает на максимальном уровне и специалисту необходимо вмешательство в оборудование шкафа.

Путем анализа была обнаружена не эффективность работы действующей система мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегат и в таблице 1 показано сравнение существующей системы и разработанной.

Таблица 1- Сравнение действующей и разработанной систем

	Разработанная система	Действующая система
1	Наличие механических средств автоматизации	Отсутствие механических средств автоматизации
2	Отсутствие возможности вносить изменение в параметры системы дистанционно	Система оповещений на панельном компьютере и ПК специалиста
3	Система оповещений только на панельном компьютере	Возможность отслеживать, изменять параметры системы дистанционно
4	Отсутствие возможности видеть всю историю изменений в температуре	Возможность видеть всю историю изменения температуры

3.3 Компьютерная модель с применением программы CX-Supervisor

В CX-Supervisor используется своя база данных, которая может быть полностью отредактирована, в данном случае все переменные являются созданными самостоятельно. База данных может хранить все значения в памяти,

а так же брать информацию из системы, запись переменных представлена на рисунке 17.

Point	Type	I/O Type	Address	Description
\$ScreenSizeY	Integer	System		Screen height
\$Second	Integer	System		Seconds (0 - 59)
\$SecurityLevel	Integer	System		Current users security le...
\$SecurityName	Text	System		Current users security n...
\$ShortMonthName	Text	System		Abbreviated Month na...
\$ShortWeekDayName	Text	System		Abbreviated Weekday n...
\$ShortYear	Integer	System		Abbreviated Year (e.g. 11)
\$ShutdownReason	Integer	System		A value that indicates w...
\$SpoolCount	Integer	System		Number of alarm messa...
\$Time	Text	System		Time (e.g. 09:46)
\$UnacknowledgedAla...	Integer	System		Number of unacknowle...
\$UserName	Text	System		User currently logged on
\$Version	Text	System		CX-Supervisor version
\$WeekDay	Integer	System		Day of the Week (0 - Su...
\$WeekDayName	Text	System		Weekday name (e.g. We...
\$WeekOFYear	Integer	System		Week number for the Year
\$Year	Integer	System		Year (e.g. 2011)
askuztemp	Real	Memory		
fanpower	Integer	Memory		
fanpower1	Integer	Memory		
fanpower2	Integer	Memory		
Fun1	Boolean	Memory		
Fun2	Boolean	Memory		
Fun3	Boolean	Memory		
m2temp	Real	Memory		
m2tempmax	Real	Memory		
m2tempmin	Real	Memory		
m6temp	Real	Memory		
m6tempmax	Real	Memory		
m6tempmin	Real	Memory		
out	Integer	Memory		
outaskuz	Integer	Memory		
outm2	Integer	Memory		
outm6	Integer	Memory		
Screen	Boolean	Memory		
Screen1	Boolean	Memory		
Screen2	Boolean	Memory		
tempaskuzmax	Real	Memory		
tempaskuzmin	Real	Memory		

Рисунок 17 – Реализация базы данных в CX-Supervisor

Имитация работы повышения температуры внутри шкафов реализована интервальным методом, где каждый шкаф нагревается каждую определенную единицу времени и имитирует работу срабатывания ПУТ, работа вентиляторов и отправке сообщений о тревогах и вмешательствах в систему, реализация

данного метода, а так же изменение в работе вентиляторов находится в Приложении А.

CX-Supervisor выполняет мощную систему компьютерной визуализации, а так же является актуальным программным обеспечением используемом на Красноярской ГЭС в отделе АСУ ТП. Данный инструментарий был использован в создании существующей программы. В работе программы предусмотрены 2 режима, автоматически и ручной.

Интерфейс автоматического режима предоставлен на рисунке 18.

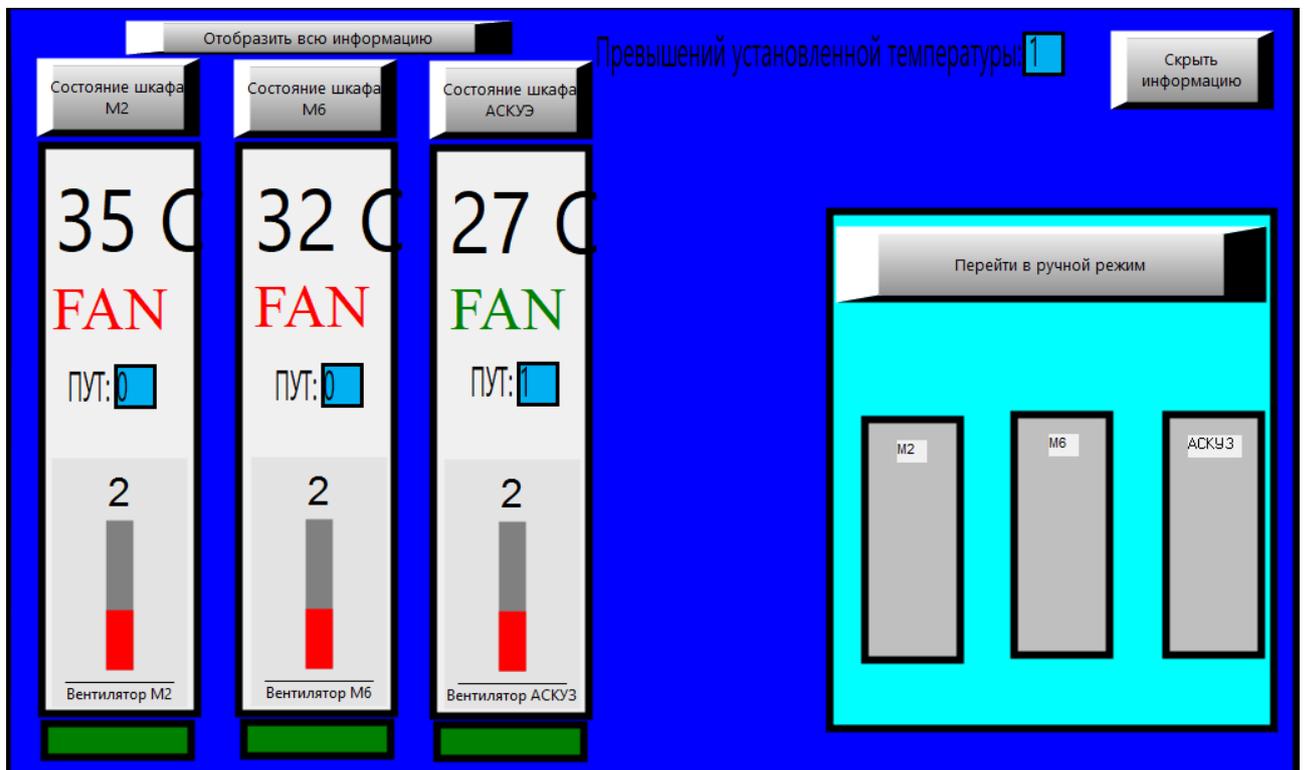


Рисунок 18 – Разработанный интерфейс SCADA-системы в автоматическом режиме

В автоматическом режиме осуществлена возможность переключения между информацией со шкафами или отображения сразу всей информации. Шкаф, о котором просматривается информация будет подсвечен желтым цветом.

Окно отображаемое у специалиста на рабочей машине, которое показывает актуальное состояние шкафов гидроагрегата, а так же сообщает о необходимости вмешательства в работу системы или электрощитового оборудования представлено на рисунке 19.



Рисунок 19 – Разработанный интерфейс SCADA-системы на рабочем ПК специалиста

Сообщения о тревогах и вмешательстве в работу системы представлены на рисунке 19. Сообщения тревог отображаются до тех пор, пока не были устранены аварии или не была нормализована работа охлаждения внутри шкафов, после чего специалист может стереть их с информационного окна.

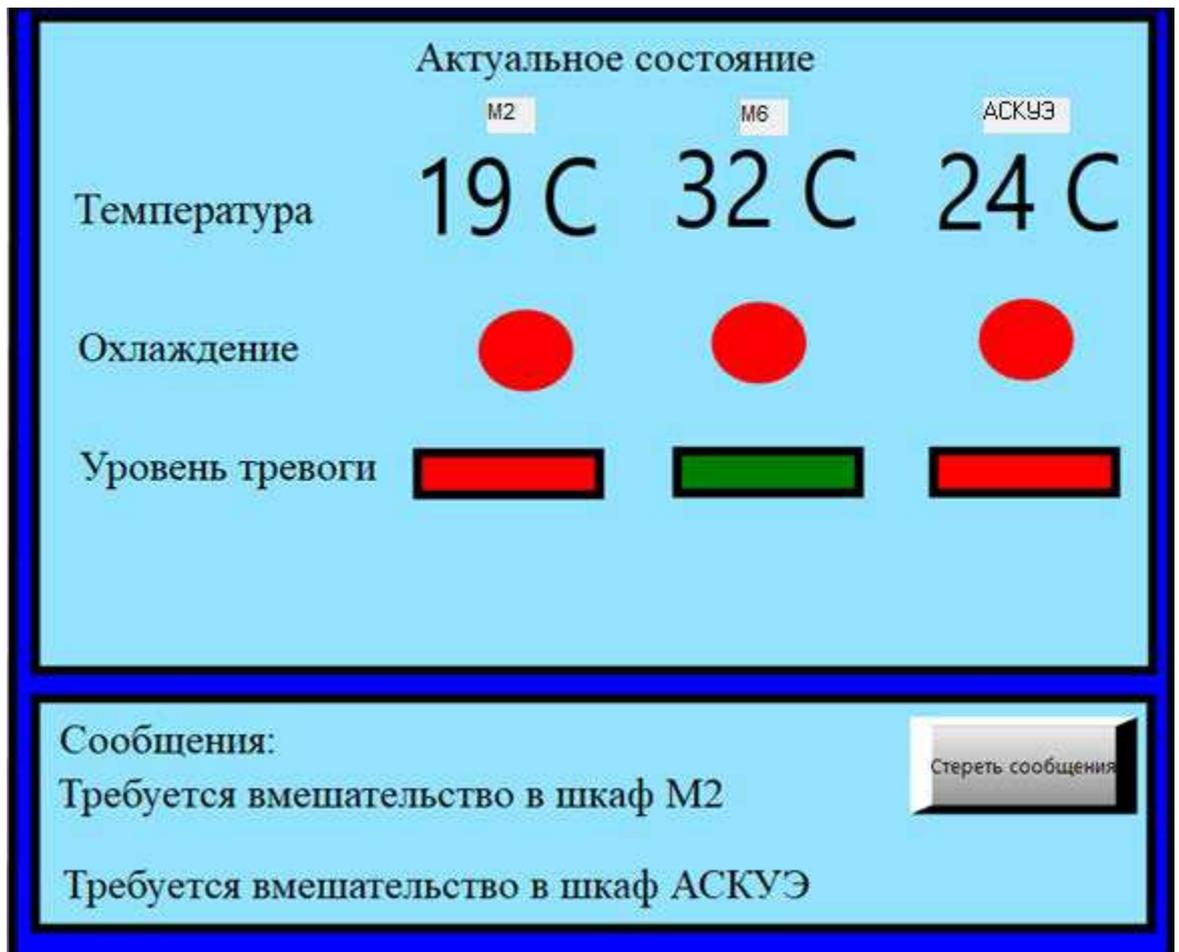


Рисунок 20 – Сообщения о тревогах на экране дистанционной машины

Интерфейс ручного режима являющийся режимом настройки и задания необходимых значений представлен на рисунке 21.

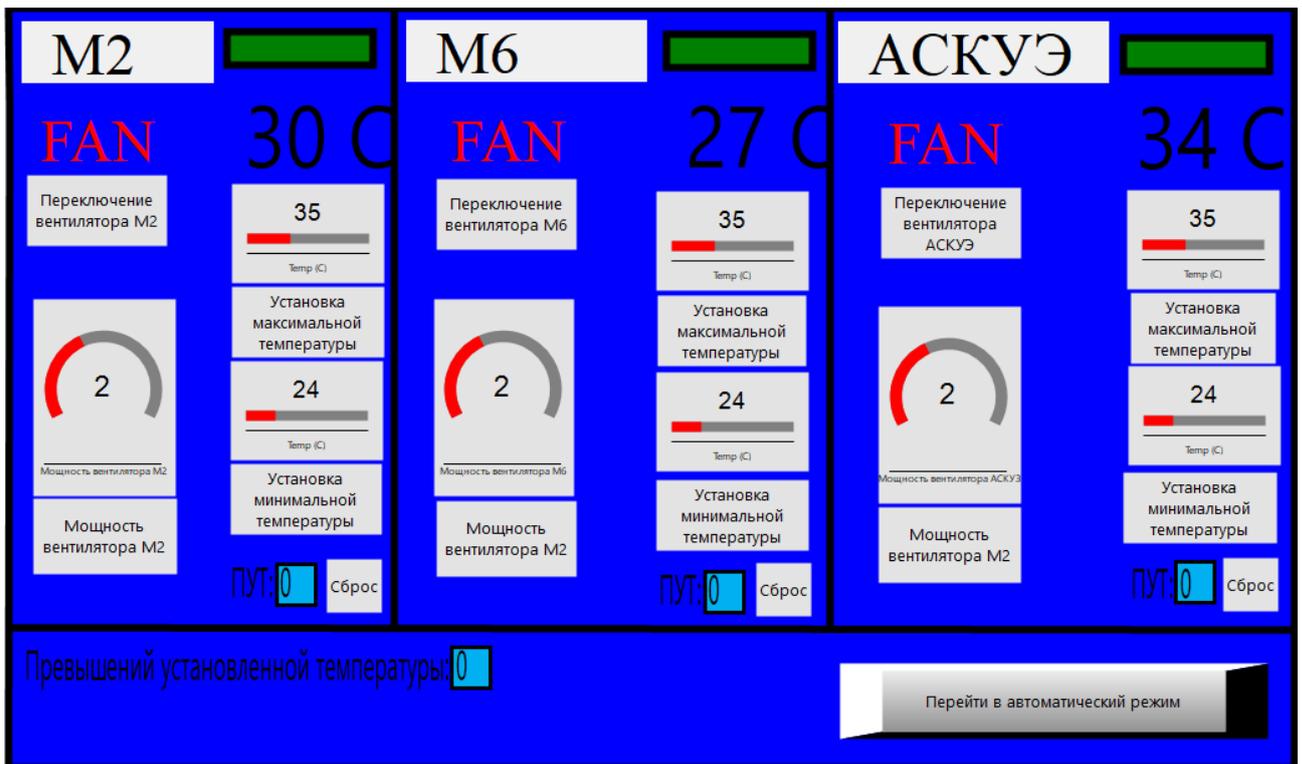


Рисунок 21 – Разработанный интерфейс SCADA-системы в ручном режиме

В ручном режиме доступно изменение всех значений, а так же сброс ПУТ – превышение установленной температуры. Зеленый индикатор обозначает минимальный уровень тревоги, система работает в стандартном режиме. Последующие уровни тревоги, которые имеют желтый, оранжевый и красный цвета обозначают, что был достигнут допустимый лимит ПУТ и в системе происходит усиление охлаждения, так же изменение цвета означает оповещение для специалистов. Красный цвет – последний уровень тревоги, система работает на максимальной мощности охлаждения и требуется вмешательство специалиста.

Рассмотрим ситуацию, когда температура окружающей среды повысилась и температура внутри шкафа начала расти. В данном случае представленном на рисунке 22 шкаф АСКУЭ работает при высокой мощности охлаждения, количество ПУТ превысило допустимые значения, о чем сигнализирует

оранжевый индикатор, который оповещает оператора. В данном режиме система требует вмешательство специалиста, если такая работа не предусмотрена заранее.

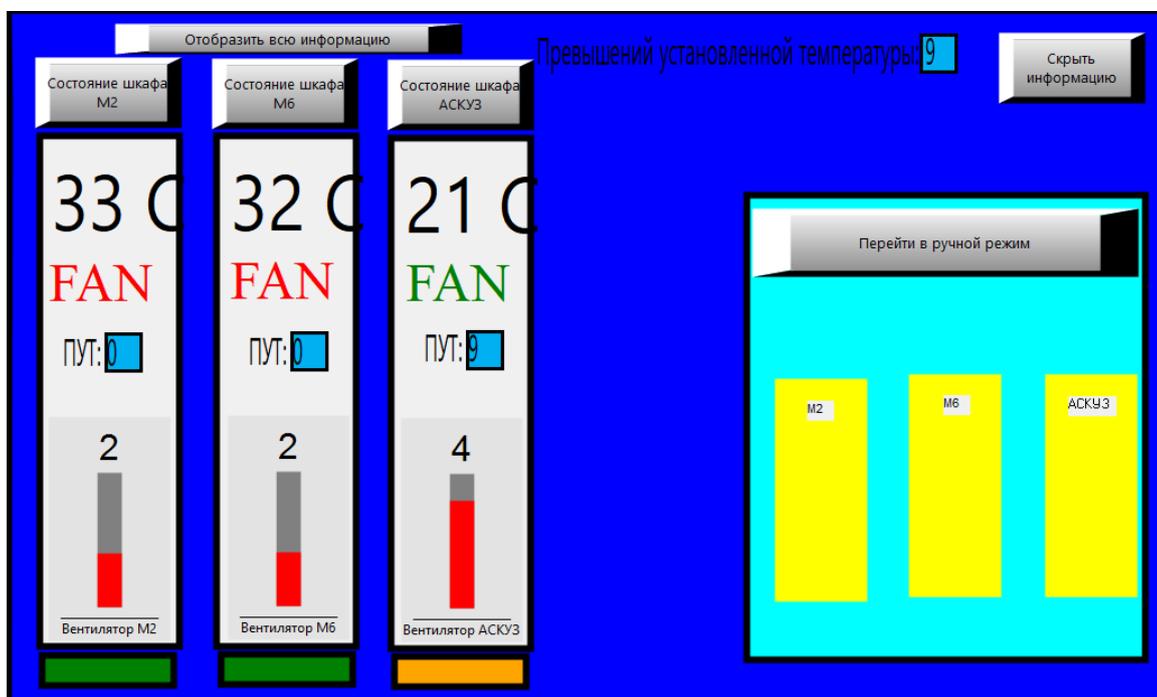


Рисунок 22 – Высокий уровень тревоги в системе

В ситуации на рисунке 23 активирован максимальный уровень тревоги, требующий полного вмешательства специалиста, работа охлаждения на максимальной мощности, в то время как остальные вентиляторы в других шкафах работают в своих собственных режимах.

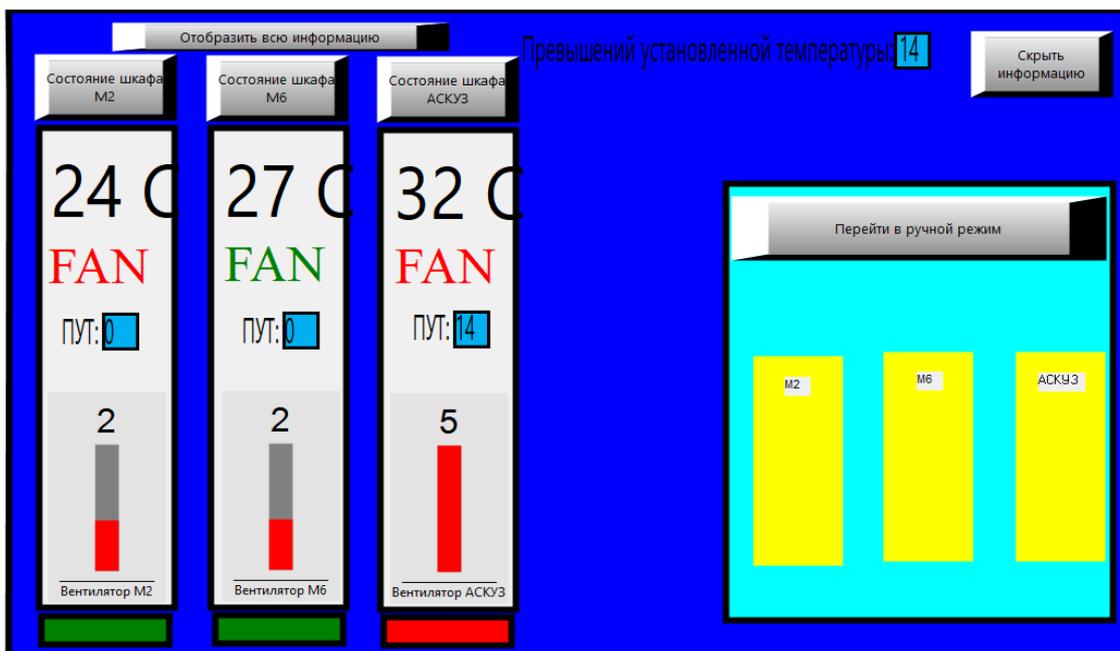


Рисунок 23 – Максимальный уровень тревоги в системе

Условная работа режимов показана в таблице 2.

Таблица 2- Условия работы при уровнях тревоги

Уровень тревоги	Мощность охлаждения	Контроль специалиста
1 (зеленый)	25%	Нет
2 (желтый)	35%	Нет
3 (оранжевый)	50%	Да, если не предусмотрено усиление охлаждения
4 (красный)	100%	Да

Разработанная система проверяет допустимое количество превышений установленной температуры и если оно не превышает нормы в течении регулярного интервала, то система автоматически обнуляет счетчик ПУТ, что в свое время можно сделать и в ручном режиме, реализация алгоритма обнуления счётчиков представлена на рисунке 24.

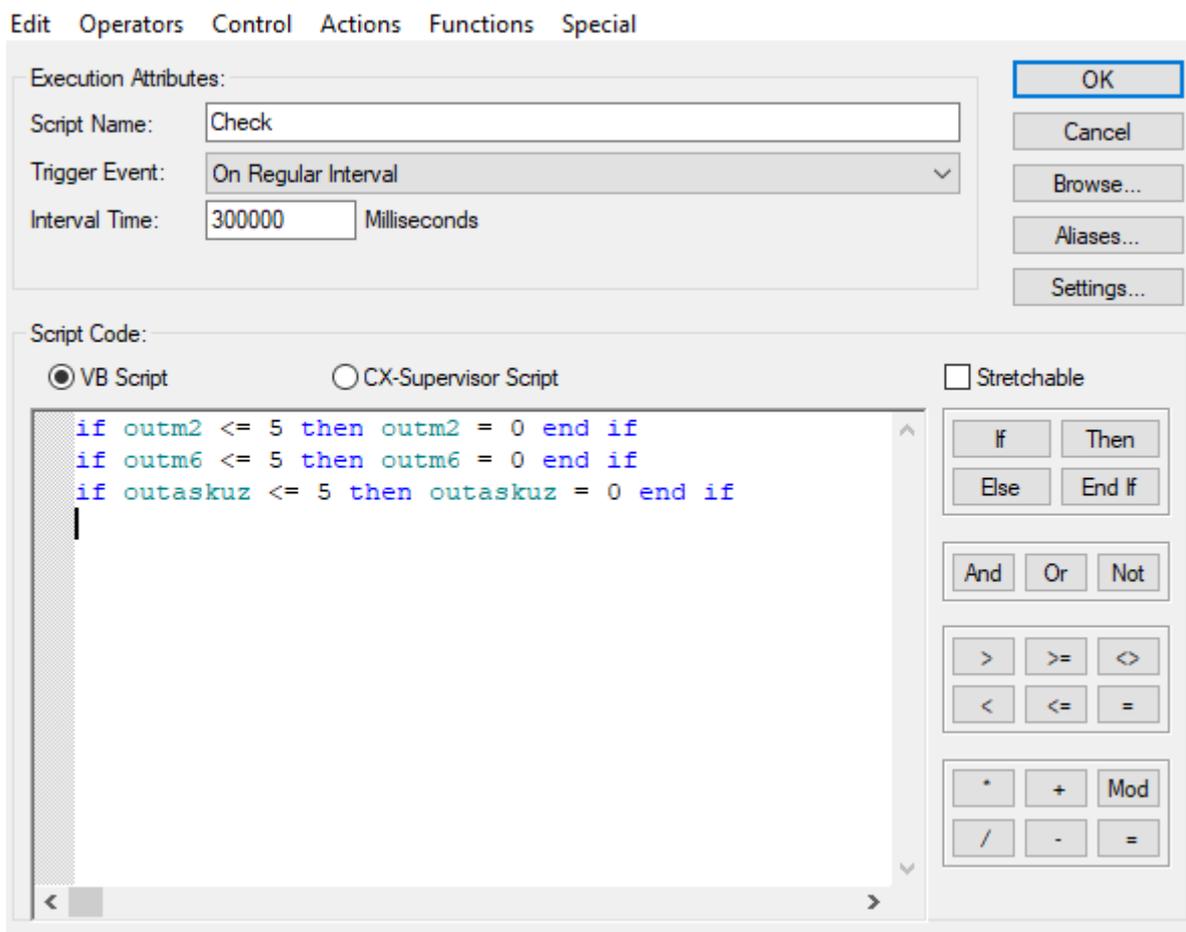


Рисунок 24 – Реализация проверки и обнуления счетчиков

Работа вентиляторов реализована с помощью релейной системы, где по достижении максимальной допустимой температуры включается охлаждения с установленной на данный момент необходимой мощностью охлаждения, программная реализация работы реле представлена на рисунке 25.

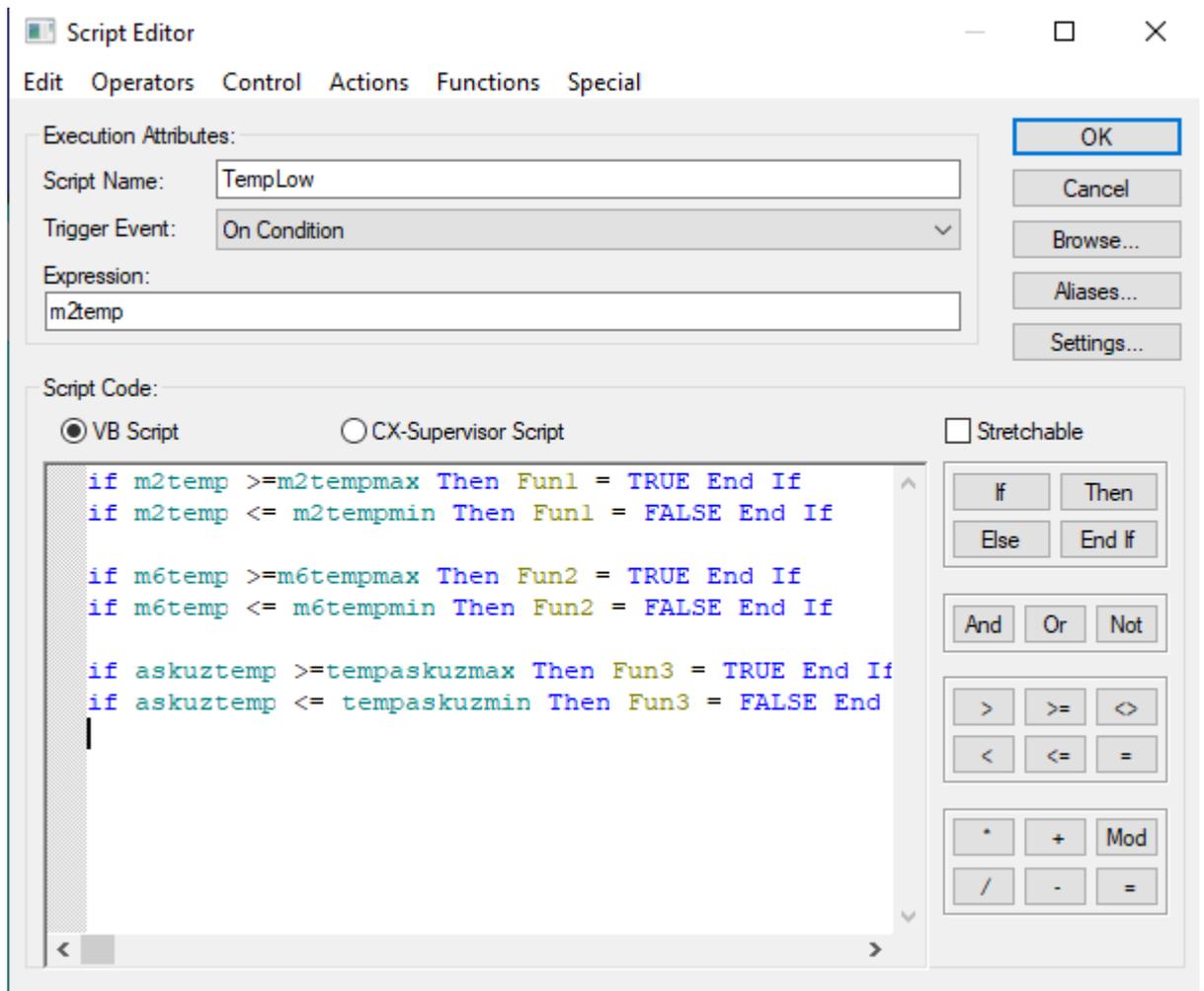


Рисунок 25 – Реализация реле температуры

Визуальная часть приложения программируется с помощью личных скриптов каждого из элементов. Некоторые кнопки связаны с функциями, а некоторые имеют свой личный скрипт. Вся числовая и словесная информация, например, отображение оповещений и вывод актуальной температуры имеет собственный скрипт и так же фигурирует в функциях.

3.4 Выводы по 3 главе

– Составлена структурная схема шкафов гидроагрегата;

– Разработана программа компьютерной визуализации в применяемом на производстве ПО;

– В качестве модернизации создана система удаленного доступа, которая позволяет производить настройки через панельный компьютер и задавать все необходимые параметры, так же создана система оповещений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения бакалаврской работы был осуществлен обзор различных типов гидроэлектростанций и классификации оборудования используемого на станциях. В работе был рассмотрен технологический процесс контроля температуры шкафов гидроагрегата, а так же мониторинг данных и средства автоматизации для модернизации этой системы на Красноярской ГЭС.

В ходе работы составлена структурная схема трех шкафов гидроагрегата. Сформирована база данных отвечающая за все переменные и функции внутри программы. Для программы реализована система оповещений при изменениях в работе системы.

Отслеживание и контролирование температуры является одним из ключевых моментов работы гидроагрегатов. Выход за пределы допустимых значений может привести к аварийным ситуациям и ухудшению качества работы оборудования. Автоматизированная система мониторинга и контроля температуры обеспечивает необходимые условия эксплуатации электрощитового оборудования и не подвергает его перегревам или переохлаждению, что в свою очередь продлевает работоспособность оборудования и стабильность его работы.

Применение компьютерной визуализации позволяет отслеживать изменение температуры как на компьютере шкафа, так и дистанционно на рабочей машине специалистов АСУ ТП. Разработанная программа позволяет модернизировать систему мониторинга и контроля температуры в шкафах гидроагрегата.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Плачкова, С.Г. Энергетика. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики. История, настоящее и будущее / С.Г. Плачкова. – Киев, 2012. - 458 с.
- 2 Брызгалов, В.И. Гидроэлектростанции / В.И. Брызгалов, Л.А. Гордон. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. - 541 с.
- 3 Стефани, Е.П. Основы построения АСУ ТП: учебное пособие для вузов / Е.П. Стефани. - Энергоиздат, 1982. - 352 с.
- 4 Дворецкая, М.И. Возобновляемая энергия. Гидроэлектростанции России / М.И. Дворецкая, А.П. Жданова, О.Г. Лушников, И.В. Слива ; под общей ред.к.т.н., проф. В.В. Берлина. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 224 с.
- 5 Гусев, Н.В. Автоматизация технологических комплексов и систем в промышленности / Н.В. Гусев, С.В. Ляпушкин, М.В. Коваленко. – Томск: ТПУ, 2011. – 198 с.
- 6 Брызгалов, В.И. Из опыта создания и освоения Красноярской и Саяно-Шушенской гидроэлектростанций / В.И. Брызгалов / Красноярск: Сибирский ИД «Суриков», 1999. – 561 с.
- 7 Красноярская ГЭС: основа энергетики Сибири / ОАО «Красноярская ГЭС». – Красноярск: ООО ИПК «Планета», 2012. – 112с.
- 8 Программное обеспечение CX-Supervisor. Вводное руководство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://assets.omron.eu/downloads/manual/ru/v5/w10e_cx-supervisor_users_manual_ru.pdf

9 Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И.В. Петров; под ред. проф. В.П. Дьяконова. - Москва: СОЛОН-Пресс, 2004. - 256с.

10 Function Block Reference Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v4/w407_cj_cs-series_loop_control_function_block_reference_manual_en.pdf

11 Программируемые контроллеры серия SYSMAC CS/CJ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://assets.omron.eu/downloads/manual/ru/v5/w394_cs1_cj1_nsj_series_programmable_controllers_programming_manual_ru.pdf

12 Фарзана, Н.Г. Технологические измерения и приборы / Н.Г. Франзе. - Москва: Высшая школа, 2010. – 456 с.

13 Суриков, В.Н. Автоматизация технологических процессов и производств: учебно-методическое пособие. Часть 1 / В.Н. Суриков, Г.П. Буйлов. – Санкт – Петербург, 2011. – 168с.

14 СТО 4.2-07-2014 Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Взамен СТО 4.2-07-2012; Дата введения 30.12.2013. – Красноярск, 2014. – 60 с.

15 Бронштейн, В.И. Бетонные гравитационные и арочные плотины на скальном основании / В.И. Бронштайн, А.И. Вайнберг, Э.Г. Газиев, Ю.А. Ландау, Ю.Б. Мгалобелов. – Москва, 2019. – 254 с.

16 Романов, А.А. Эксплуатация гидромеханического оборудования. Книга 1 / А.А. Романов. – Москва, 2010. – 360 с.

17 Романов, А.А. Эксплуатация гидромеханического оборудования. Книга 2 / А.А. Романов. – Москва, 2010. – 424 с.

18 Телешева, В.И. Производство гидротехнических работ в 2 томах / В.И. Телешева. – Москва, 2012. – 457с.

19 Сиротский, А.А. Микропроцессорные программируемые логические контроллеры в системах автоматизации и управления / А.А. Сиротский. – Москва: Спутник+. – 2013. 135 с.

20 Техническое описание на ПЛК Omron CS1D

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Листинг основных функций управления вентилятором

TriggerEvent(OnRegularInterval) = 2650

if Fun1 = TRUE then m2temp = m2temp - fanpower

if Fun2 = TRUE then m6temp = m6temp - fanpower1

if Fun3 = TRUE then askuztemp = askuztemp - fanpower2

TriggerEvent(OnCondition) = outm2

if outm2 = 5 then fanpower = fanpower + 1 end if

if outm2 = 10 then fanpower = fanpower + 1 end if

TriggerEvent(OnCondition) = outm6

if outm6 = 5 then fanpower1 = fanpower1 + 1 end if

if outm6 = 10 then fanpower1 = fanpower1 + 1 end if

TriggerEvent(OnCondition) = outaskuz

if outaskuz = 5 then fanpower2 = fanpower2 + 1 end if

if outaskuz = 7 then fanpower2 = fanpower2 + 1 end if

if outaskuz = 10 then fanpower2 = fanpower2 + 1 end if

TriggerEvent(OnRegularInterval) = 2500

if m2temp >= m2tempmax Then Fun1 = TRUE End If

if m2temp <= m2tempmin Then Fun1 = FALSE End If

if m6temp >= m6tempmax Then Fun2 = TRUE End If

if m6temp <= m6tempmin Then Fun2 = FALSE End If

if askuztemp >=tempaskuzmax Then Fun3 = TRUE End If

if askuztemp <= tempaskuzmin Then Fun3 = FALSE End If

Function TempRise(OnRegularInterval)

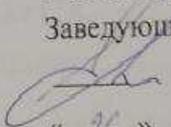
m2temp = m2temp + 0.5

m6temp = m6temp + 0.5

askuztemp = askuztemp + 0.5

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем автоматики, автоматизированного управления и
проектирования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

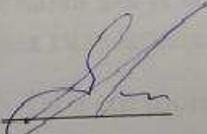
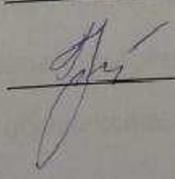

С.В.Ченцов

« 26 » 06 2020г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ В ШКАФАХ ГИДРОАГРЕГАТА

Руководитель		26.06.2020г.	зав.каф., д-р техн. наук С.В.Ченцов
Выпускник		26.06.2020г.	Е.И. Соболев
Консультант		26.06.2020г.	И.В.Солопко
Нормоконтроллер		26.06.2020г.	Т.А.Грудинова