

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов
и производств

Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в
энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

_____ А.А. Остапенко

«_____» _____ 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Автоматизированная система управления охлаждением автотрансформатора на подстанции напряжением 220/110/35/10кВ Белогорск в Амурской области

Исполнитель

студент группы 341 – зсб _____
(подпись, дата)

М. А. Кривошапкин

Руководитель

доцент, канд.техн. наук _____
(подпись, дата)

А. Н. Рыбалев

Нормоконтроль

профессор, доктор техн. наук _____
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ А.А. Остапенко
подпись

«_____» _____ 2017 г,

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Кривошапкина Максима Анатольевича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизированная система управления охлаждением автотрансформатора на подстанции напряжением 220/110/35/10кВ Белогорск в Амурской области

(утверждена приказом от 23.11.16.№ 2584-уч.)

2. Срок сдачи студентом законченной работы _____

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: 1) Инструкция по эксплуатации и оперативному обслуживанию силового автотрансформатора типа АТДЦТН-63000/220 АТ-1,2 ПС-220кВ Белогорск; 2) Инструкция по эксплуатации и оперативному обслуживанию автоматики охлаждения автотрансформатора АТ-1,2 ПС-220кВ Белогорск; 3) Схемы принципиальные действующие.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

1) Разработка структурной схемы автоматизации;

2) Разработка функциональной схемы автоматизации;

3) Разработка полной электрической схемы;

4) Разработка прототипа управляющей программы.

5. Перечень материалов приложения:

Лист 1: Схема подстанции

Лист 2: Автотрансформатор с принудительным обдувом и циркуляцией масла в системе охлаждения

Лист 3: Схема принципиальная силовых цепей охлаждения действующая

Лист 4: Схема управления и сигнализации охлаждения автотрансформатора действующая

Лист 5: Схема автоматизации управления охлаждением структурная

Лист 6: Схема автоматизации управления охлаждением автотрансформатор

Лист 7: Схема подключения принципиальная Siemens S7-200

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) _____

7. Дата выдачи задания _____

Руководитель выпускной квалификационной работы: Рыбалев Андрей Николаевич,
доцент, канд. тех. наук.

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): _____

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 12 рисунков, 1 таблицу, 6 приложений, 14 источников.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОДСТАНЦИЯ, АВТОТРАНСФОРМАТОР, ОХЛАЖДЕНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, СИГНАЛИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, КОНТРОЛЛЕР, ПРОГРАММА.

Цель выпускной работы: создание автоматизированной системы управления процессом охлаждения автотрансформатора, расположенного на территории ОРУ-220кВ электрической подстанции напряжением 220/110/35/10кВ Белогорск в Амурской области, которая преобразует и распределяет электрическую энергию, поступающую по воздушным линиям электропередачи напряжением 220кВ.

В выпускной квалификационной работе был исследован настоящий объект автоматизации, были изучены принципиальные схемы на переменном и постоянном токе. В соответствии с изученным технологическим процессом были разработаны:

- 1) Структурная схема;
- 2) Функциональная схема автоматизации;
- 3) Принципиальная электрическая схема;
- 4) Прототип управляющей программы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Описание объекта автоматизации	7
1.1 Электрическая подстанция	7
1.2 Автотрансформатор	11
1.3 Система охлаждения	18
1.4 Оперативный пункт управления	21
2 Анализ существующей системы управления	26
3 Техническое обеспечение системы управления	33
3.1 Структурная схема	33
3.2 Функциональная схема автоматизации	35
3.3 Выбор управляющей аппаратуры	37
3.4 Принципиальная электрическая схема	49
4 Программное обеспечение системы управления	51
5 Безопасность и экологичность	61
Заключение	71
Библиографический список	72

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе рассматривается создание автоматизированной системы управления процессом охлаждения автотрансформатора, расположенного на территории ОРУ-220кВ электрической подстанции напряжением 220/110/35/10кВ Белогорск в Амурской области.

Для создания автоматизированной системы управления была использована теоретическая база знаний, полученная в процессе обучения, а также практические навыки работы в программе CODESYS по созданию прототипа управляющей программы.

На основании полученных знаний была разработана структурная и функциональная схема автоматизации, электрическая принципиальная схема и создан прототип управляющей программы для логического контроллера.

1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1 Электрическая подстанция

Классификация электрических ПС и РУ основана на терминах и определениях, установленных соответствующими ГОСТ и нормативно-технической документацией [6, с 1].

Подстанция электрическая – электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения электрической энергии, состоящая из трансформаторов или других преобразователей электрической энергии, устройств управления, распределительных и вспомогательных устройств по ГОСТ 19431-84 (ГОСТ 24291-90).

Распределительное устройство (РУ) – электроустановка для приема и распределения электрической энергии на одном напряжении, содержащая коммутационные аппараты и соединяющие их сборные шины (секции шин), устройства управления и защиты (ГОСТ 24291-90).

Открытое распределительное устройство (ОРУ) – это электрическое распределительное устройство, оборудование которого расположено на открытом воздухе (ГОСТ 24291-90).

Закрытое распределительное устройство (ЗРУ) – это электрическое устройство, оборудование которого расположено в помещении (ГОСТ 24291-90).

Система сборных шин – устройство, представляющее собой систему проводников, состоящее из шин, установленных на опорах из изоляционного материала, проходящих в каналах, коробах или подобных оболочках (ГОСТ 22789-94);

Секция (системы сборных шин) – часть системы сборных шин, отделенная от другой ее части коммутационным аппаратом (ГОСТ 24291-90).

Закрытые ПС и РУ могут располагаться как в отдельно стоящих зданиях, так и быть встроенными или пристроенными.

В общем случае ПС и РУ являются составной частью электроустановок, которые различаются:

по назначению – генерирующие, преобразовательно-распределительные и потребительские. Генерирующие электроустановки служат для выработки электроэнергии, преобразовательно-распределительные электроустановки преобразуют электроэнергию в удобный для передачи и потребления вид, передают ее и распределяют между потребителями;

по роду тока – постоянного или переменного тока;

по напряжению – до 1000 В или выше 1000 В.

Шкала номинальных напряжений ограничена сравнительно небольшим числом стандартных значений, благодаря чему изготавливается небольшое число типоразмеров машин и оборудования, а электросети выполняются более экономичными. В установках трехфазного тока номинальным напряжением принято считать напряжение между фазами (межфазное напряжение). Согласно ГОСТ 29322-92 установлена следующая шкала номинальных напряжений:

- для электросетей переменного тока частотой 50 Гц межфазное напряжение должно быть: 12, 24, 36, 42, 127, 220, 380 В; 3, 6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750 и 1150 кВ;
- для электросетей постоянного тока: 12, 24, 36, 48, 60, 110, 220, 440, 660, 825, 3000 В и выше.

На ПС могут устанавливаться два и более, как правило, трехфазных трансформатора. Установка более двух трансформаторов принимается на основе технико-экономических расчетов, а также в случаях, когда на ПС применяется два средних напряжения. При отсутствии трехфазного трансформатора необходимой мощности, а также при транспортных ограничениях возможно применение группы однофазных трансформаторов. Подстанция, как правило, состоит из нескольких РУ разных ступеней напряжения, соединенных между собой трансформаторной (автотрансформаторной) связью [6, с 1].

На ПС Белогорск применяются открытые (ОРУ), закрытые (ЗРУ) и комплектные наружной установки (КРУН) распределительные устройства напряжением 220, 110, 35, 10кВ.

Электрические подстанции могут быть повышающими если находятся в непосредственной близости от электростанций и преобразуют для передачи от них в сеть электроэнергию более высокого напряжения) или понижающими (к ним относится подавляющее число подстанций, от которых осуществляется электроснабжение потребителей).

Назначение, мощность и уровни напряжения электрической подстанции определяются схемой и конфигурацией электрической сети, в которой она эксплуатируется, характером и нагрузками присоединенных потребителей электроэнергии.

Различают в основном следующие виды электрических подстанций:

- тупиковые (концевые);
- ответвительные (отпаечные), присоединенные к проходящим вблизи ВЛ;
- промежуточные, служащие для питания своих потребителей;
- транзитные (в большом числе случаев - узловые), предназначенные не только для питания потребителей, но и для передачи потоков мощности в смежные сети своей и соседних энергосистем;
- преобразовательные - для передачи и приема электрической мощности на постоянном токе;
- тяговые - для питания электротяговых сетей.

Электрическая подстанция напряжением 220/110/35/10кВ Белогорск относится к виду ответвительной или отпаечной, т.е. присоединена к линиям 220кВ:

- ВЛ 220 кВ Амурская – Белогорск/т с отпайками;
- ВЛ 220 кВ Амурская – Короли/т с отпайкой на ПС Белогорск.

Электрические подстанции переменного тока с высшим напряжением 330, 500, 750 кВ, 150 кВ и некоторая часть подстанций 220 кВ с развитой схемой электрических соединений, оснащенные синхронными компенсаторами 50-100 МВ-А и выше с открытым распределительным устройством, большим числом трансформаторов, выключателей и другого оборудования высокого напря-

жения, размещаются на больших площадях, требуют присутствия постоянного дежурного персонала высокой квалификации и широко развитой дистанционной и телемеханической информации. С помощью этих подстанций, как правило, осуществляются межсистемные связи, образующие объединенные и Единую энергосистемы.

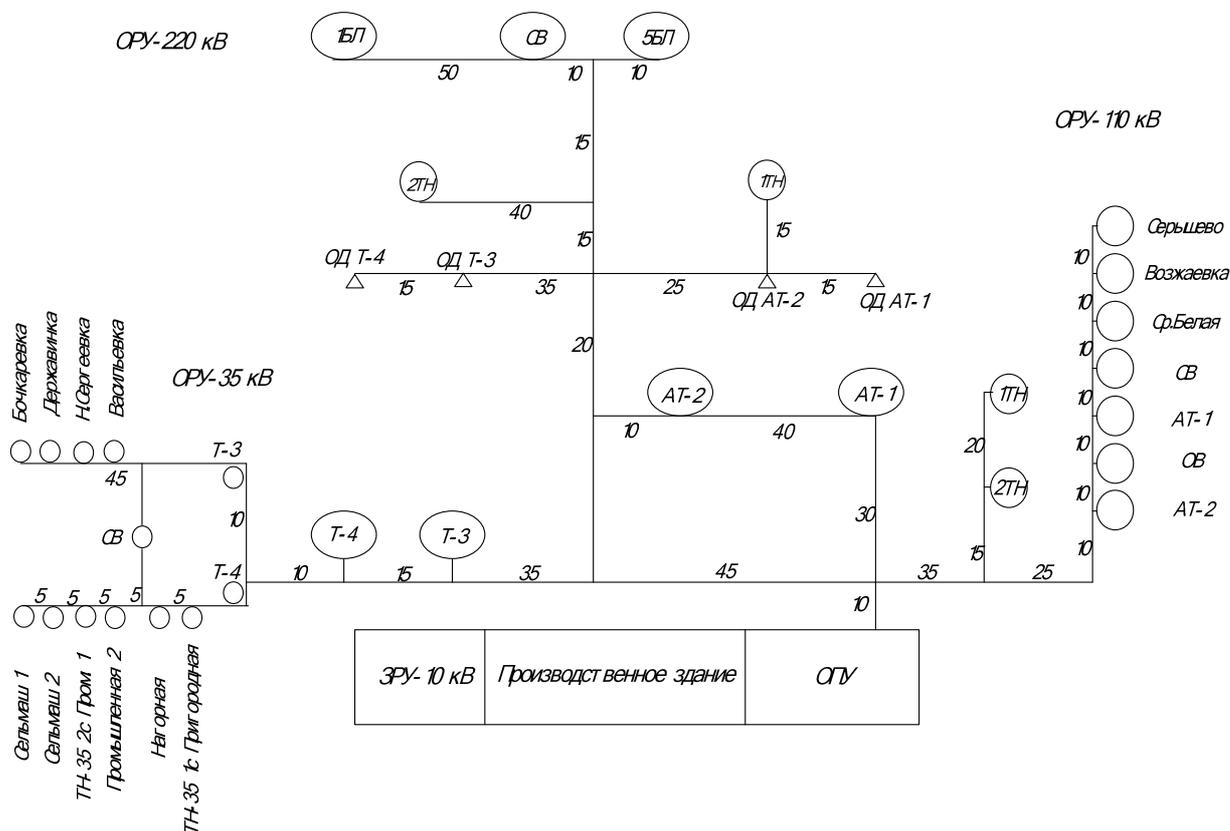


Рисунок 1 – Примерный план ОПУ ПС Белогорск

Подстанция оперативно обслуживается постоянным дежурным персоналом на щите управления.

По способу управления ПС могут быть:

- только с телесигнализацией;
- телеуправляемыми с телесигнализацией;
- с телесигнализацией и управлением с обще подстанционного пункта управления (ОПУ), также вошло в обиход название ОПУ как оперативный пункт управления (применимо к ПС Белогорск).

1.2 Автотрансформатор

Автотрансформатор – это статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более (на ПС Белогорск две обмотки) индуктивно связанных обмоток и одна электрически связанная предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока.

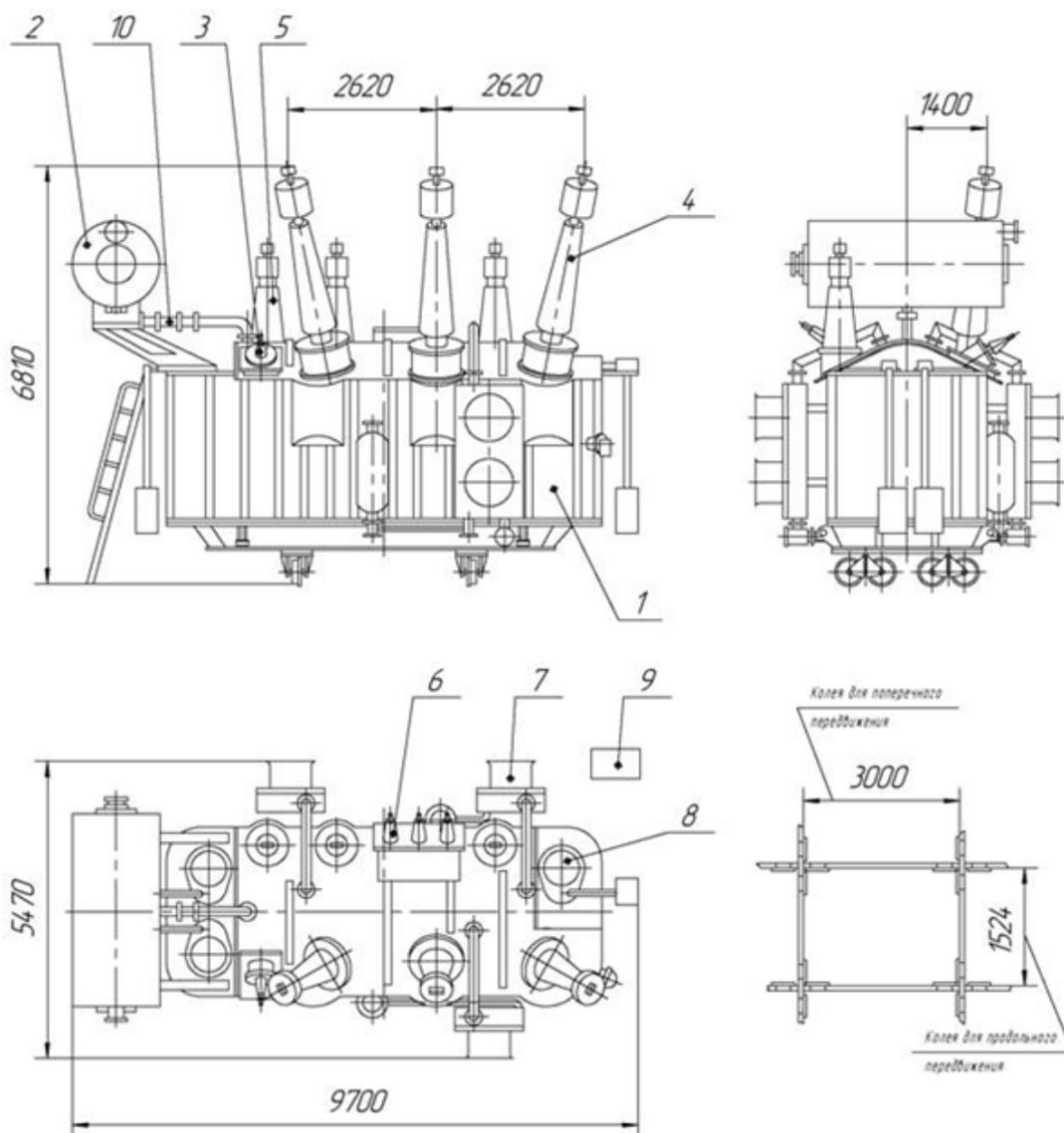


Рисунок 2 – Общий вид автотрансформатора АТДЦТН–63000/220/110/10

Автотрансформаторы служат преобразователями электрического напряжения в пусковых устройствах мощных электродвигателей переменного тока, в схемах релейной защиты для плавного регулирования напряжения. Они позволяют сохранить вторичное напряжение постоянным при изменениях первично-

го напряжения. На подстанции установлено два автотрансформатора АДЦТН–63000/220/110/10 с системой охлаждения ДЦ и автоматическим регулированием напряжения на стороне СН под нагрузкой. Завод изготовитель расположен в Запорожье и в настоящее время такого типа трансформаторы выпускаются в городе Тольятти.

Согласно ГОСТ 14794-79 устанавливается следующая структура условного обозначения автотрансформаторов:

АДЦТН – 63000/ 220/110 – ХЛ1

А – автотрансформатор;

Т – трехфазный;

ДЦ– охлаждение с принудительной циркуляцией воздуха и масла;

Т – трехобмоточный автотрансформатор (для двухобмоточных автотрансформаторов не указывают);

Н – автотрансформатор с РПН;

63000 – номинальная мощность автотрансформатора, кВ•А;

220 – класс напряжения стороны ВН кВ;

110 – класс напряжения стороны СН кВ;

ХЛ – климатическое исполнение и категория размещения;

1 – категория по ГОСТ 15150–69.

Если электричество называют «молчаливым слугой», то почему трансформаторы гудят?

Гудение трансформатора вызвано явлением, именуемым магнитострикция. Чтобы понять ее природу, необходимо разобраться в принципах работы трансформатора.

Внутри у трансформатора имеются две катушки проволоки (обмотки), первичная и вторичная, и кольцо (сердечник), переходящее через них и состоящее из тонких кусочков железа или другого ферро-магнитного материала.

Переменный ток, проходящий через первичную обмотку, создает переменное магнитное поле в железном кольце, которое, в свою очередь, создает напряжение во вторичной обмотке. Отношение первичного напряжения к вто-

ричному равно количеству витков проволоки в первичной и вторичной обмотке. Это позволяет нам преобразовать сотни тысяч вольт, проходящие через высоковольтные линии, в низкое напряжение, достаточное для наших бытовых нужд.

Железо, из которого сделано кольцо, соединяющее первичную и вторичную обмотки, состоит из микроскопических зон. В каждой зоне магнитное поле двигается бессистемно в различных направлениях, что напоминает класс, полный ошалевших учеников, которые сломя голову бегают туда-сюда.

Однако, когда железо оказывается во внешнем магнитном поле, эти зоны стремятся упорядочиться и объединиться, производя сильное магнитное поле, направленное в одном направлении, как будто ученики сбегаются к учителю по его команде.

Когда эти зоны выстраиваются в линию, материал слегка изменяет длину, чтобы приспособиться к переменам. Это магнитострикция. Когда магнитное поле, проходящее через сердечник, изменяется, железо расширяется и сжимается снова и снова. Эти вибрации производят звуковые волны, которые мы слышим, когда проходим мимо трансформатора.

Кроме магнитострикции существует еще две причины гудения трансформаторов.

Первая – повреждение изоляции витков катушки. Между соседними витками, лишенными изоляции, могут проскакивать искры, сопровождаемые звуковыми щелчками, аналогично тому, как во влажную погоду начинают сильно гудеть провода линий высокого напряжения. На практике, однако, нарушение изоляции обычно появляется глубоко внутри трансформатора, где тепловое напряжение наиболее сильно, и шум не возникает до момента окончательного пробоя.

Второй возможной причиной могут быть незакрепленные провода, по которым течет ток. В этом случае на такие провода, оказавшиеся в магнитном поле, будет действовать сила, которая может вызвать их колебания и звук соответствующей частоты.

Другие части трансформатора также способны издавать звуки. Например, если зажимы, скрепляющие части трансформатора, не закреплены должным образом, они будут грохотать внутри обшивки.

Автотрансформатор предназначен для работы в следующих условиях:

- Диапазон температур окружающего воздуха, от – 45 до +45 °С;
- Высота над уровнем моря, – 2000м;
- Характеристика окружающей среды – умеренный климат.

Рассмотрим основные конструктивные части силового автотрансформатора. Две обмотки высокого ВН, (среднего СН связана электрически с ВН) и низшего НН напряжения намотаны на сердечник (магнитопровод), выполненный из шихтованной стали. Магнитопровод с обмотками помещен в специальный бак. На крышке бака расположены выводы обмоток. В данном случае трех обмоток: высокого (ВН–220кВ), среднего (СН–110кВ) и низшего напряжений (НН–10кВ). Обмотка ВН и СН, НН имеет нулевой вывод, предназначенный для заземления обмотки. Если нулевой вывод автотрансформатора заземляется, то эта обмотка называется глухо заземлённой, в противном случае именуется с изолированной нейтралью.

Также на баке расположен предохранительный клапан, газовая защита, устройства регулировки напряжения (РПН), расширитель и маслопровод, соединяющий расширитель непосредственно с самим баком.

Предохранительные клапаны, установленные на баке служат для защиты бака автотрансформатора от разрыва при резком увеличении давления газа, который выделяется при внутренних повреждениях аппарата.

Отсечной клапан срабатывает при работе основных защит, (газовой, дифференциальной защиты трансформатора). при текущих ремонтах проводится проверка правильной работы отсечного клапана.

Газовая защита выполнена на газовом реле, которое действует на сигнал либо на отключение автотрансформатора в случае повреждения внутри самого аппарата.

Расширитель предназначен для обеспечения постоянного заполнения бака маслом при изменении температуры окружающего воздуха или нагрузки автотрансформатора, а также для уменьшения площади поверхности соприкосновения масла с воздухом. Соединение расширителя с атмосферой осуществляется через воздухоосушитель (дыхательный патрон).

Термосифонный фильтр заполняется силикагелем и служит для защиты масла от увлажнения и окисления. То есть осуществляет непрерывную регенерацию автотрансформаторного масла.

Для заливки и слива масла на баке аппарата расположены соответствующие задвижки, а также пробка для слива остатков масла. Для взятия пробы масла используется расположенный в нижней части бака кран.

Основные узлы автотрансформатора: остов, обмотки, главная изоляция, бак, регулятор напряжения, система охлаждения и контрольно-измерительные приборы. Остов автотрансформатора одно рамный с трехстержневой шихтованной магнитной системой, набран из листов электротехнической стали с жаростойким покрытием. Обмотки НН, СН, ВН расположены концентрически на каждом стержне, выполнены из медного обмоточного провода. Главная изоляция обмоток маслобарьерного типа выполняется из электрического картона. Бак автотрансформаторов полу облегающего колокольного типа. Автотрансформаторы имеют пленочную защиту масла от увлажнения и окисления воздухом. Для охлаждения используются радиаторы, а для непрерывной регенерации масла в процессе эксплуатации автотрансформатора предназначены фильтры термосифонные. Для компенсации температурных изменений объема масла в баке автотрансформатора служит расширитель со стрелочным масло указателем. Автотрансформаторы снабжены лестницей для подъема на автотрансформатор. Защита бака от внутреннего повышения давления осуществляется при помощи предохранительного клапана.

Автотрансформатор должен эксплуатироваться в соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ»,

«Правил устройств электроустановок», «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», заводской инструкции.

Автотрансформатор должен эксплуатироваться в условиях, соответствующих его климатическому исполнению и категории размещения.

Надежная эксплуатация автотрансформатора должна обеспечиваться:

- Соблюдением номинальных и допустимых режимов работы оборудования в соответствии с заводскими инструкциями по эксплуатации;
- Содержанием в исправном состоянии устройств охлаждения и защиты оборудования;
- Качественным выполнением ремонтов оборудования.

При эксплуатации автотрансформатора должны выполняться условия его надежной работы.

Нагрузки, уровень напряжения, температура отдельных элементов автотрансформатора, характеристики масла и параметры изоляции должны находиться в пределах установленных норм.

Элементы устройства охлаждения, регулирования напряжения и другие должны содержаться в исправном состоянии.

Периодические осмотры трансформаторов производятся дежурным электромонтером подстанции не реже одного раза в смену, в дневное время.

При осмотрах трансформаторов следует проверять:

- уровень масла в расширителе бака и РПН (в работающем трансформаторе уровень масла должен быть примерно на отметке, соответствующей температуре верхних слоев масла);
- нет ли течи масла из сварных швов, фланцевых или резьбовых соединений, системы охлаждения, фланцев вводных изоляторов и другой арматуры;
- целость и степень загрязнения фарфора вводов и разрядников (отсутствие трещин, следов перекрытия дугой);
- целость и исправность термосигнализаторов, газового реле;

- давление во вводах 110 – 220кВ, которое определено по таблице в зависимости от температуры наружного воздуха;
- цвет силикагеля в смотровом окошке воздухоочистителей должен быть ярко синий. При наличии отдельных зерен розового цвета силикагель должен быть заменен;
- шум (гул) в трансформаторе, если возникает сомнение в ненормальности шума, необходимо ввести прослушивание с помощью деревянной сухой палки (приложить ее к стенке бака и к уху);
- проверить прогрев трансформатора, а также убедиться в исправности вентилятора обдува и отсутствии у них вибрации, шума и нагрева двигателей на ощупь, проверить работу маслоохладителей и давление работающих маслонасосов, которое должно быть 0,6 – 0,7кГ/см²;
- целость заземления бака и нейтрали автотрансформатора.

С целью выявления дефектных контактов и изоляции по свечению производится ночной осмотр трансформаторов еженедельно.

Внеочередные осмотры трансформаторов производятся при резких изменениях (10 – 15⁰С за 5 – 6 часов), после грозы и сильного ветра, сигнала от газового реле или при работе защиты трансформатора.

Одновременно осматриваются шинные мосты, разрядники, реактор, КРУН-10, болтовые контактные соединения, подвесная и опорная изоляция.

Включение и отключение трансформаторов производится в соответствии с инструкцией по производству оперативных переключений.

Включение автотрансформатора под напряжение следует производить с задействованными защитами с тем, чтобы при наличии неисправностей автотрансформатор мог бы отключиться.

Работа автотрансформатора допускается только при условии защиты его со стороны всех линейных вводов постоянно подключенными разрядниками РВМГ-270, РВС-110, РВП-10.

В случае автоматического отключения автотрансформатора под действием защит от внутренних повреждений (газовой, дифференциальной) включение

трансформатора может быть произведено только после осмотра и устранения выполненных ненормальностей.

После капитального и текущего ремонтов дежурный электромонтер подстанции обязан тщательно осмотреть автотрансформатор, убедиться в отсутствии на крышке трансформатора и на шинах посторонних предметов, переносных заземлений, инструмента и т.п., проверить соответствие указателей положения всех переключателей, проверить отсутствие течи масла.

1.3 Система охлаждения

Теплота, выделяющаяся в обмотках, магнитопроводе и стальных деталях конструкции работающего трансформатора, рассеивается в окружающую среду, при этом процесс передачи теплоты может быть разбит на два этапа: передача теплоты от обмоток и магнитопровода охлаждающему маслу и от масла окружающей среде. На первом этапе передача теплоты определяется превышением температуры обмоток и магнитопровода над температурой масла, на втором – превышением температуры масла над температурой окружающей среды[10, с 1].

Принято считать, что охлаждающее устройство масляного трансформатора состоит из системы внутреннего охлаждения, обеспечивающей передачу теплоты на первом этапе охлаждения, и системы наружного охлаждения, обеспечивающей передачу теплоты на втором этапе[10, с 1].

Элементами системы внутреннего охлаждения являются горизонтальные и вертикальные каналы в обмотках и магнитопроводе, а также специальные трубы и изоляционные щиты, создающие направленную циркуляцию масла по каналам. Все элементы системы внутреннего охлаждения находятся внутри бака трансформатора, поэтому визуальный контроль за их состоянием невозможен.

Система наружного охлаждения включает маслоохладители, фильтры, насосы, вентиляторы и другое оборудование, расположенное снаружи трансформатора. За работой этого оборудования ведется систематический эксплуатационный надзор.

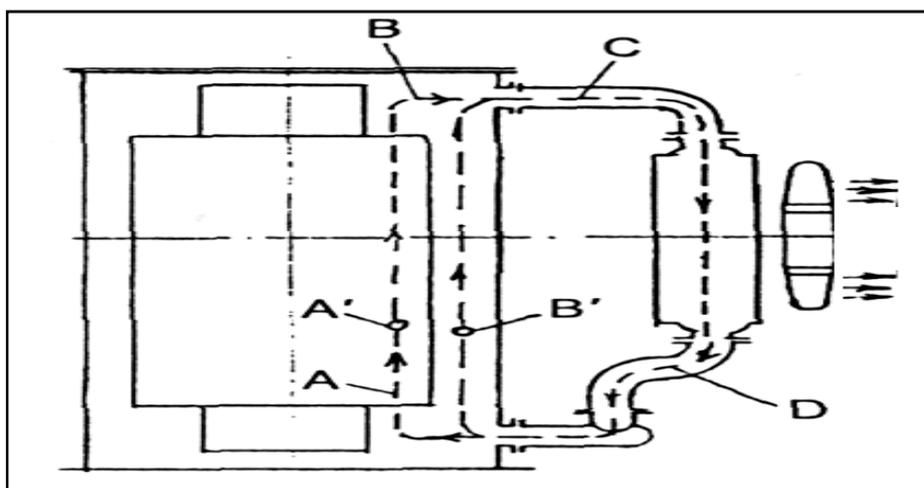


Рисунок 3 – Охлаждающее устройство масляного трансформатора

Система охлаждения ДЦ получила распространение для охлаждения мощных трансформаторов наружной установки напряжением 110 кВ и выше.

Она основана на применении масляно-воздушных охладителей с принудительной циркуляцией масла и форсированным обдувом ребристых труб охладителей воздухом.

Для повышения эффективности теплообмена у крупных трансформаторов, выпускаемых отечественной промышленностью, движение масла внутри трансформатора упорядочено: охлажденное масло подается по специальным трубам к определенным частям обмоток, в результате чего создается направленная циркуляция масла по охлаждающим каналам.

Система охлаждения автотрансформатора состоит из трёх охлаждающих устройств типа ДЦ, одно из них резервное.

Для циркуляции масла устанавливается центробежный насос типа Т-100/8 УХЛ1 на каждый охладитель.

Для автоматического управления и контроля работы системы охлаждения предусмотрен шкаф автоматического управления типа ШАОТ.

Система охлаждения должна автоматически включаться (отключаться) одновременно с включением (отключением) автотрансформатора.

Эксплуатация автотрансформатора без включенных в работу устройств сигнализации о прекращении циркуляции масла или об останове вентиляторов – запрещается.

Система охлаждения АТ-1,2 имеет принудительное дутье и циркуляцию масла (система ДЦ). На автотрансформаторе установлено три радиатора (группа холостого хода, рабочая группа, резервная группа). Каждый радиатор имеет один циркуляционный масляный насос и два вентилятора обдува.

Вентиляторы обдува работают парой. Необходимо следить за тягой, создаваемой вентиляторами с тыльной стороны радиатора.

Циркуляционный масляный насос обеспечивает принудительную циркуляцию масла через радиатор для улучшения его охлаждения. При его работе необходимо следить за давлением масла по манометру, установленному между радиатором и насосом.

Система охлаждения предназначена для отвода тепла, создаваемого потерями энергии работающего АТ. Система охлаждения состоит из 3-х групп охлаждающих устройств(ОУ). Каждая группа состоит из одного маслонасоса и двух вентиляторов обдува.

Система охлаждения воздушными потоками применяется у трансформаторов. Она основана на использовании навесных радиаторов, обдуваемых вентиляторами. Вентиляторы устанавливаются на консолях, приваренных к стенке бака.

Каждый вентилятор состоит из трехфазного асинхронного двигателя типа АЗЛ-31-4У и крыльчатки серии МЦ.

Ступица крыльчатки имеет шпоночную посадку на вал двигателя, исключая соскакивание крыльчатки во время работы. На рисунке 4 приведена схема питания электродвигателей вентиляторов от электрической сети.

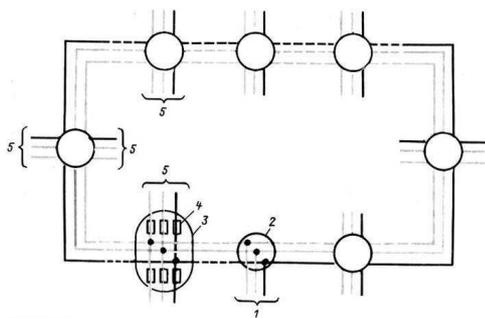


Рисунок 4 – Схема питания электродвигателей вентиляторов системы охлаждения

По кабелю 1 напряжение от источника питания подается в магистральную коробку 2, установленную на баке трансформатора. От этой коробки кабели идут к распределительным коробкам 3, соединенным между собой в кольцевую цепь. Из распределительных коробок через предохранители 4 (типа ПД1 с плавкими вставками при напряжении 380 В) питание по проводам 5 подается к электродвигателям.

1.4 Оперативный пункт управления

Оперативные пункты управления (ОПУ) на электростанциях и подстанциях, где устанавливаются щиты и пульты управления, панели центральной сигнализации, щиты постоянного тока, а во многих случаях щиты релейной защиты и автоматики, являются местом, где сосредоточивается большая часть вторичных устройств и их вторичных цепей, с помощью которых осуществляется связь с РУ, генераторами и трансформаторами, электродвигателями механизмов СН и другим оборудованием, находящимся в различных местах электростанций и подстанций. Другая часть вторичных устройств и их вторичных цепей располагается непосредственно на местах в РУ, КРУ, КРУН, у агрегатов и т. д. [7, с 21]

Оперативные пункты управления являются организующими центрами в части управления и ведения режимов, соблюдения заданных технических параметров и ликвидации отклонений от нормальной работы. С помощью вторичных устройств и их вторичных цепей с ОПУ осуществляется дистанционное и автоматическое управление коммутационными аппаратами, сюда передаются сигналы о положении и состоянии электрического и другого оборудования, здесь устанавливаются защитные и автоматические устройства, измерительные и прочие аппараты, контролирующие или регулирующие технические параметры оборудования, а также другие технические средства, необходимые в эксплуатации.

Щиты современных электростанций и подстанций, базирующиеся в основном на традиционных средствах дистанционного управления и контроля, требуют даже при наличии технологической автоматики основных агрегатов и их механизмов СН значительного количества реле, аппаратов, весьма протяженных многожильных кабелей, большого количества. Проводов и установочных изделий (зажимов, ключей, кнопок управления, переключателей, блоков и т. п.). Соответственно требуется для размещения вторичных устройств большое количество панелей щитов управления, автоматики и релейной защиты.[7, с 21]

В связи с увеличением единичных мощностей (котлов, турбин, генераторов, электродвигателей питательных и других насосов и механизмов и т. д.), повышением их технических параметров (давления, напряжения, мощности), строительством многоагрегатных электростанций, внедрением новых технических средств, способствующих поддержанию надежности работы и более высокой отдаче агрегатов (например, водородного и жидкостного охлаждения генераторов, принудительного охлаждения трансформаторов), передачей выработанной электроэнергии на весьма значительные расстояния еще больше увеличивается объем вторичных устройств, размеры щитов, усложняется работа оперативного (дежурного) персонала; от него требуется выполнение большого количества операций (особенно в аварийных ситуациях), умение правильно ориентироваться на основе наблюдения за многочисленными приборами и соответственно высокая квалификация. От этого зависит надежная и экономичная работа электроустановок.[7, с 22]

Чтобы облегчить труд дежурного оператора, повысить качество и надежность управления, разрабатывается и постепенно внедряется широкий комплекс организационных, технических и экономических мер повышения эффективности работы оперативного персонала при одновременном соблюдении условий, обеспечивающих охрану и безопасность его труда [7, с 22].

В частности, к такого рода мерам можно отнести следующие:

- Тщательно продуманную компоновку панелей щита и пульта, рациональное размещение на них приборов и установочных изделий, с по-

мощью которых персонал выполняет необходимые операции по управлению электрооборудованием, изменению режима работы и т. д. В этой связи весьма важно правильно выделить оперативный контур щита, чтобы в поле зрения оператора размещались только те приборы и командные аппараты, которые необходимы ему в нормальном режиме для поддержания заданных параметров и в особенно опасных ситуациях, требующих немедленных действий. Вся остальная многочисленная аппаратура контроля, автоматического регулирования, защиты и управления, не требующая постоянного надзора со стороны персонала и не используемая им для управления, может располагаться вне зоны наблюдения оператора, т. е. в неоперативном контуре щита, чему, в частности, может способствовать перенос части средств контроля и управления, относящихся к отдельным агрегатам или их группам, на местные, агрегатные и групповые щиты, располагаемые в различных местах энергообъектов.

- Применение модульных и планшетных конструкций панелей, которые наряду с экономией капитальных затрат облегчают их обслуживание, поскольку унифицированные узлы в виде отдельных модулей и планшетов имеют свое четко разграниченное назначение для присоединений (планшеты управления, планшеты измерения и т. д.). Дальнейшими ступенями могут стать мозаичное исполнение стационарных и подстанционных щитов и применение упрощенных мнемосхем подобно тому, как это имеет место на современных диспетчерских щитах.
- Применение на щитах и пультах малогабаритных приборов (например, унифицированных, работающих от преобразователей, узкопрофильных типа АСК и др.), однородных по величине, форме, структуре шкал и окраске, а в ряде случаев многоканальных приборов, что позволяет снизить количество кабелей и отдельных приборов на щитах и пультах. Весьма перспективным мероприятием является применение цифровых приборов, в особенности для измерения таких важных по-

казаний, как мощность генераторов, значения перетоков мощности по ответственным (межсистемным) линиям электропередачи и т. д.

- Применение на всех щитах и пультах стандартных унифицированных установочных изделий: ключей и кнопок управления, отключающих устройств (накладок), зажимов, рубильников, переключателей, штепсельных разъемов, испытательных блоков, предохранителей. Это весьма важно, так как предупреждает ошибки со стороны обслуживающего персонала.
- Активное внедрение не только информационных, но и управляющих электронно-вычислительных машин, позволяющих повысить степень автоматизации энергообъектов и заменить ими отдельные автоматические устройства (АВР, АПВ, АЧР и т. д.).
- Применение для отдельных функциональных групп избирательных схем контроля, управления и сигнализации, с помощью которых дежурный, не отходя от своего рабочего стола (на котором устанавливается сигнализатор), смог бы определить причину и место произошедшего нарушения.
- Развитие современных средств связи: общестанционной и блочной командно-поисковой, селекторной, циркулярной и громкоговорящей связи, записывающих магнитофонов и т. п. Оперативная связь может быть дополнена многоканальными телевизионными устройствами, а также многопроводной телемеханической связью, например, между ОРУ и главным корпусом электростанции при значительном расстоянии между ними.

ОПУ используется для бесперебойной работы по передаче и распределению электроэнергии. ОПУ представляет собой здание, в котором сосредоточена подстанционная аппаратура вспомогательных цепей релейной защиты, автоматики и управления, аппаратуры высокочастотной связи и телемеханики.[7, с 23]

Освещение ОПУ выполнено светильниками с люминесцентными лампами. Предусмотрено аварийное освещение при отказе основного. Отопление

осуществляется электронагревателями, расположенными вдоль стен. Управление отоплением - ручное.

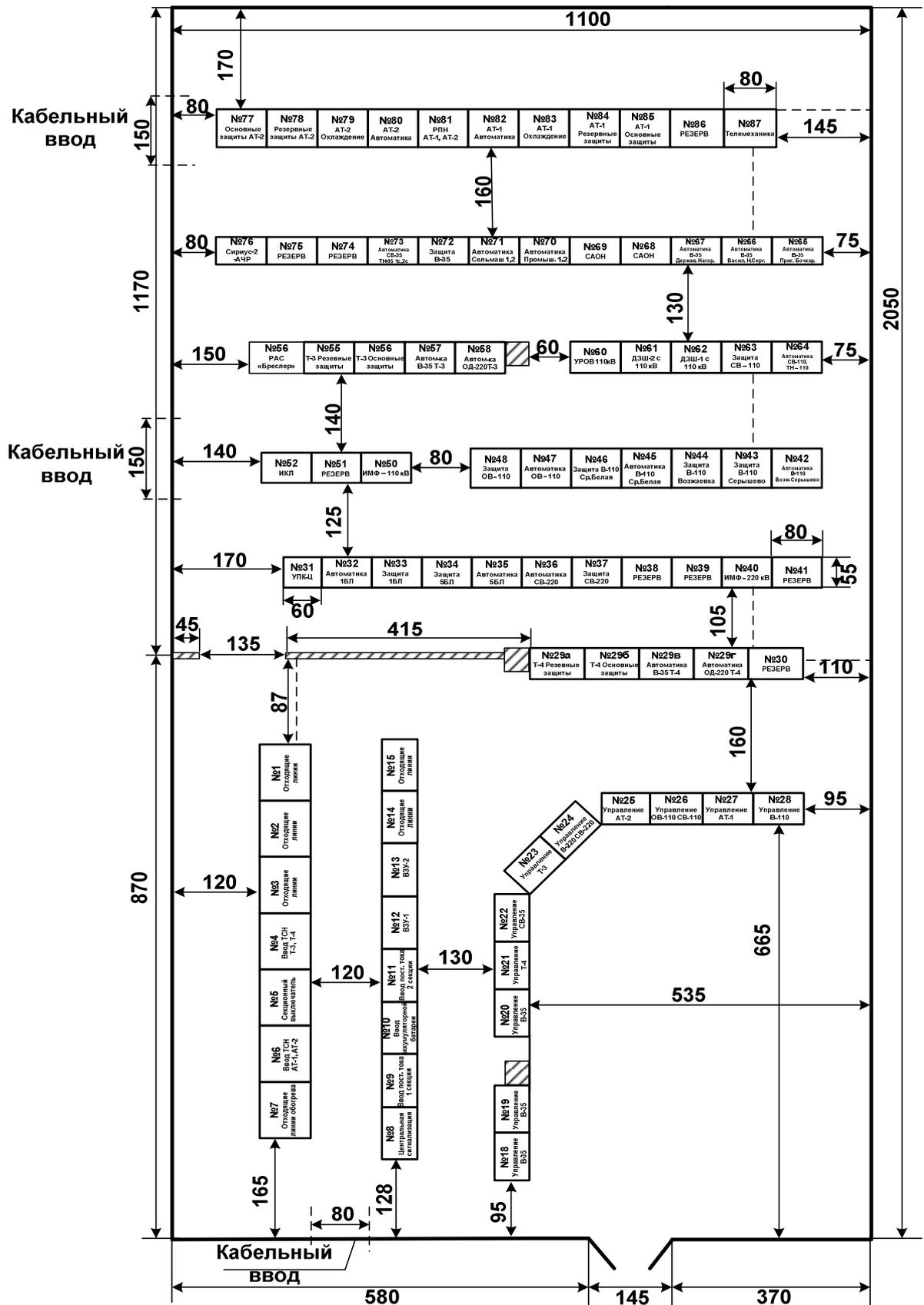


Рисунок 5 – Примерный план расположения панелей в ОПУ

ПС Белогорск

2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Шкаф ШАОТ предназначен для автоматического управления и контроля работы системы охлаждения. Питание и управление работой охлаждения автотрансформатора производится из ШАОТ, установленного возле АТ на ОРУ-220кВ.

Питание ШАОТ осуществлено от двух источников (1С, 2С-0,4кВ ЩСН в ОПУ).

В нормальном режиме (температура верхних слоев масла менее 55°С и нагрузке менее 80% от номинальной) в работе находится группа охлаждения холостого хода.

ОУ группы «Холостого хода» работают постоянно при работающем АТ, в т.ч. на холостом ходу.

«Рабочая» группа ОУ включается при достижении нагрузки 0,8 I_{ном} или при достижении температуры верхних слоев масла 55°С, отключение происходит при снижении температуры ниже 50°С.

«Резервная» группа ОУ выполняет роль резервной. При аварийном отключении двух электродвигателей вентиляторов или аварийно отключившегося маслонасоса любого «рабочего» ОУ, либо при превышении температуры масла до 55°С происходит автоматическое включение «Резервной» группы ОУ - включаются маслонасос и вентиляторы резервного ОУ.

Режим работы каждой группы ОУ задается переключателями SA (КУ), расположенными в ШАОТ, и имеющих по три положения:

- Р - ручное;
- О - отключено;
- А - автоматическое.

Нормальное положение всех переключателей - «А» (автоматическое). При этом, в автоматическом режиме:

- ОУ «холостого хода» работает при условии включенного автомата маслонасоса;

Рабочее ОУ при условии включенных автоматах маслонасосов работают:

- при нагрузке АТ более 80% I ном;
- при температуре верхних слоев масла в баке АТ более 55⁰С (отключается при температуре масла в баке АТ менее 50⁰С).

Резервное ОУ работает при любом из условий:

- отключен автомат маслонасоса ОУ «холостого хода»;
- отключен автомат маслонасоса рабочего ОУ;
- отключены автоматы обоих вентиляторов рабочего ОУ;
- отключены автоматы обоих вентиляторов ОУ «холостого хода»;
- повысилась температура масла более 80⁰С и отключился магнитный пускатель рабочего ОУ, увеличилась нагрузка АТ более 80 % I ном.

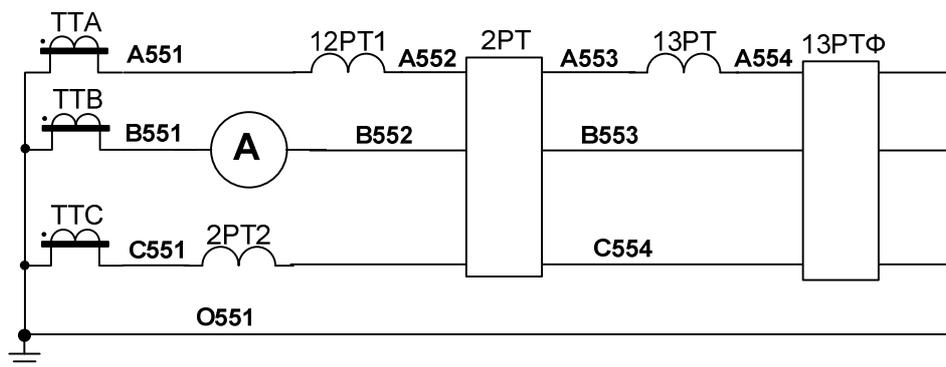
Система охлаждения, реализованная на основе шкафа ШАОТ, обеспечивает:

- автоматическое включение ОУ холостого хода при включении АТ и автоматическое их отключение при отключении АТ;
- автоматическое увеличение интенсивности охлаждения при увеличении нагрузки или достижения максимальной температуры масла путем включения рабочей группы ОУ;
- ручное управление при помощи ключей управления со шкафов ШАОТ всей системой охлаждения и каждым ОУ в отдельности;
- автоматическое включение резервной группы ОУ при отключении любого из работающих ОУ;
- автоматическое включение резервного ввода питания ШАОТ при понижении напряжения рабочего ввода до 80%Uн и переключение на рабочий ввод при восстановлении напряжения;
- защиту электродвигателей насосов и вентиляторов при КЗ и перегрузках;

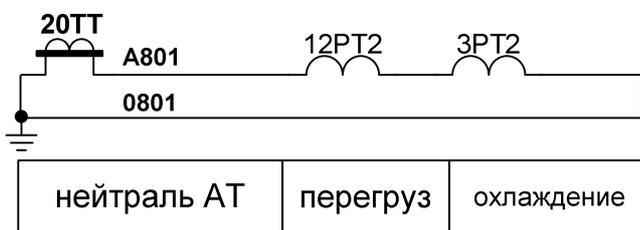
- сигнализацию: о неисправности ОУ, о неисправности в цепях автоматики охлаждения, о повышении температуры масла, о работе отсечного клапана.

Защита от потери охлаждения предназначена для защиты АТ от повышения температуры выше предельно допустимого значения в случае потери им охлаждения и отсутствии контроля нормальной его работы.

Ток нагрузки контролируется на стороне ВН и в нейтрали.



ТТ, встроенные в АТ.	Реле охлаждения АТ	Реле перегруза АТ	Реле контроля тока ОД	Реле ТЗНП - 220кВ
----------------------	--------------------	-------------------	-----------------------	-------------------



нейтраль АТ	перегруз	охлаждение
-------------	----------	------------

Рисунок 6 – Схемы токовых цепей, используемых в системе охлаждения

Защита подействует на отключение АТ со всех сторон:

- через 60 мин после отключения основного и резервного питания ШАОТ и работе в режиме х. х.;
- через 30 мин после отключения основного и резервного питания и повышении температуры верхних слоев масла АТ свыше 55°C;
- через 10 мин после отключения основного и резервного питания ШАОТ, при условии повышения температуры верхних слоев масла свыше 55°C и повышении тока нагрузки АТ свыше 80 % от номинального.

Схема сигнализации ШАОТ обеспечивает сигналы о трех основных аварийных ситуациях в системе охлаждения:

- Отключение всех электродвигателей ОУ;
- О включении электродвигателей резервного ОУ;
- О включении резервного источника питания ШАОТ.

Первый сигнал может быть вызван следующими причинами:

- пропадание напряжения на питающих вводах;
- неисправность магнитных пускателей в цепях управления питающими вводами;
- неисправность автоматов в силовых цепях питающих вводов.

Второй сигнал может быть вызван отключением электродвигателей вентиляторов или маслонасоса рабочего охлаждающего устройства.

Третий сигнал может быть вызван следующими причинами в ШАОТ:

- пропадание напряжения на рабочем вводе;
- неисправность магнитных пускателей в цепях управления рабочего ввода;
- неисправность автоматов в силовых цепях рабочего ввода.

При любом из условий нарушения нормальной работы автоматики охлаждения, включенного в работу АТ, а именно:

- срабатывание магнитного пускателя резервного ОУ;
- срабатывание магнитного пускателя резервного питания ШАОТ;
- отключения автомата питания маслонасоса рабочего ОУ;
- срабатывание магнитного пускателя рабочего ОУ и отключения автомата вентилятора;
- срабатывание магнитного пускателя ОУ холостого хода и отключения автомата вентилятора;
- срабатывания магнитного пускателя резервного ОУ и отключения автомата вентилятора;

Срабатывает реле, которое своими контактами дает импульс на:

- включение лампы сигнализации «Неисправность» в шкафу ШАОТ;
- срабатывание указательных реле РУ2 «Неисправность охладителя. Отключение автомата питания отсечного клапана» на панелях 83/79;
- включение общеобъектового табло «АТ»;
- срабатывание предупредительной сигнализации;
- включение общепанельной лампы «Указатель не поднят» соответствующего РУ.

При увеличении температуры масла в баке АТ свыше 80° С:

- срабатывает указательное реле 11РУ- 7 «Перегрев масла АТ» на панелях 85/77;
- загорается общеобъектовое табло «АТ»;
- работает предупредительная сигнализация;
- загорается общепанельная лампа «Блиinker не поднят».

При пропадании оперативного тока цепей автоматического управления:

- срабатывает указательное реле РУ1 «Неисправность цепей охлаждения» на панели автоматики охлаждения АТ;
- загорается табло «Неисправность в цепях автоматики охлаждения» на панели ЦС;
- включает общеобъектовое табло «АТ»;
- работает предупредительная сигнализация;
- загорается общепанельная лампа «Блиinker не поднят».

При пропадании основного и резервного питания ШАОТ:

- срабатывает указательное реле РУ3 «Отключение всех охладителей» на панелях 83/79;
- включается общеобъектовое табло «АТ»;
- работает предупредительная сигнализация.

При срабатывании отсечного клапана:

- срабатывают указательные реле 11РУ- 11 «Работа отсечного клапана» на панелях 85/77;

- включается общеобъектовое табло «АТ»;
- работает предупредительная сигнализация;
- загорается общепанельная лампа «Блиinker не поднят».

Также смонтирована сигнализация запуска защиты от потери охлаждения (ЗПО) сопровождаемая звуковым сигналом и визуализацией на ЦС светового табло «Запуск ЗПО».

Автоматическое управление работой системы охлаждения АТ осуществляется с помощью двух термосигнализаторов типа ТКП-160Сг-М2с уставками 50°С и 55°С:

- верхняя уставка(55°С) - для сигнализации повышения температуры верхних слоев масла;
- нижняя уставка(50°С) - для управления рабочим ОУ в зависимости от температуры верхних слоев масла.

В каждом шкафу на случай исчезновения основного питания предусмотрен АВР.

Нормальное питание ШАОТ осуществляется от рабочего ввода. При исчезновении питания на основном вводе и наличии на резервном, включается резервный. При восстановлении напряжения на рабочем вводе питание ШАОТ переходит на него. На вводах основного и резервного питания установлены автоматы.

Нормальное положение системы охлаждения – «Автоматическое». При отключении АТ выключателями со всех сторон, охлаждение АТ отключается.

В положении переключателя – «Ручное» работа системы охлаждения АТ не зависит от положения выключателей АТ.

Автоматы рабочего и резервного питания ШАОТ, питания всех маслососов и вентиляторов в нормальном режиме включены. Маслососы ОУ холостого хода и рабочего ОУ работают постоянно (для одного из АТ). Маслосос резервного ОУ, а также электродвигатели вентиляторов всех ОУ дополни-

тельно в цепи своего питания имеют магнитные пускатели и включаются только при срабатывании магнитных пускателей.

Логика управления системой охлаждения основана на последовательности определенных условий, создаваемых положением управляющей аппаратуры и внешними сигналами от контролируемых параметров посредством отдельных устройств и приводящая в управляемое воздействие с помощью устройств автоматики, которые находятся в ОПУ на панелях охлаждения трансформаторов №85/77 и выполнена на устаревших технически и морально устройствах, таких как механические реле времени и различных промежуточных, указательных и т.п. устройствах на электромеханической базе не безотказных в процессе эксплуатации, а также на лампах накаливания, недолговечных в работе и вследствие чего возможны ситуации, когда оперативный персонал ПС будет попросту не осведомлен о появившихся неисправностях в системе управления охлаждением и как правило возникновением предпосылок для появления технологического нарушения в автотрансформаторе и на ПС, последствия которого могут быть обусловлены значительными материальными и другими потерями.

Чтобы свести к минимуму эти недостатки, необходима автоматическая система управления и регулирования технологическим процессом с применением современных средств автоматизации.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

3.1 Структурная схема

Структурная схема разрабатывается на начальных стадиях проектирования и предшествует разработке схем других типов. Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи между ними. Схема отображает принцип действия изделия в самом общем виде.

Действительное расположение составных частей на структурной схеме не учитывают и способ связи не раскрывают. Построение схемы должно давать наглядное представление о составе изделия, последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников или условных графических обозначений. При изображении функциональных частей в виде прямоугольников их наименования, типы и обозначения вписывают внутрь прямоугольников.

Направление хода процесса, происходящего в изделии, обозначают стрелками, соединяющими функциональные части. На схемах простых изделия функциональные части располагают в виде цепочки в соответствии с ходом рабочего процесса в направлении слева направо. Схемы, содержащие несколько основных рабочих каналов, рекомендуется вычерчивать в виде параллельных горизонтальных строк. На рисунке 7 представлена структурная схема автоматизированной системы управления охлаждением автотрансформатора.

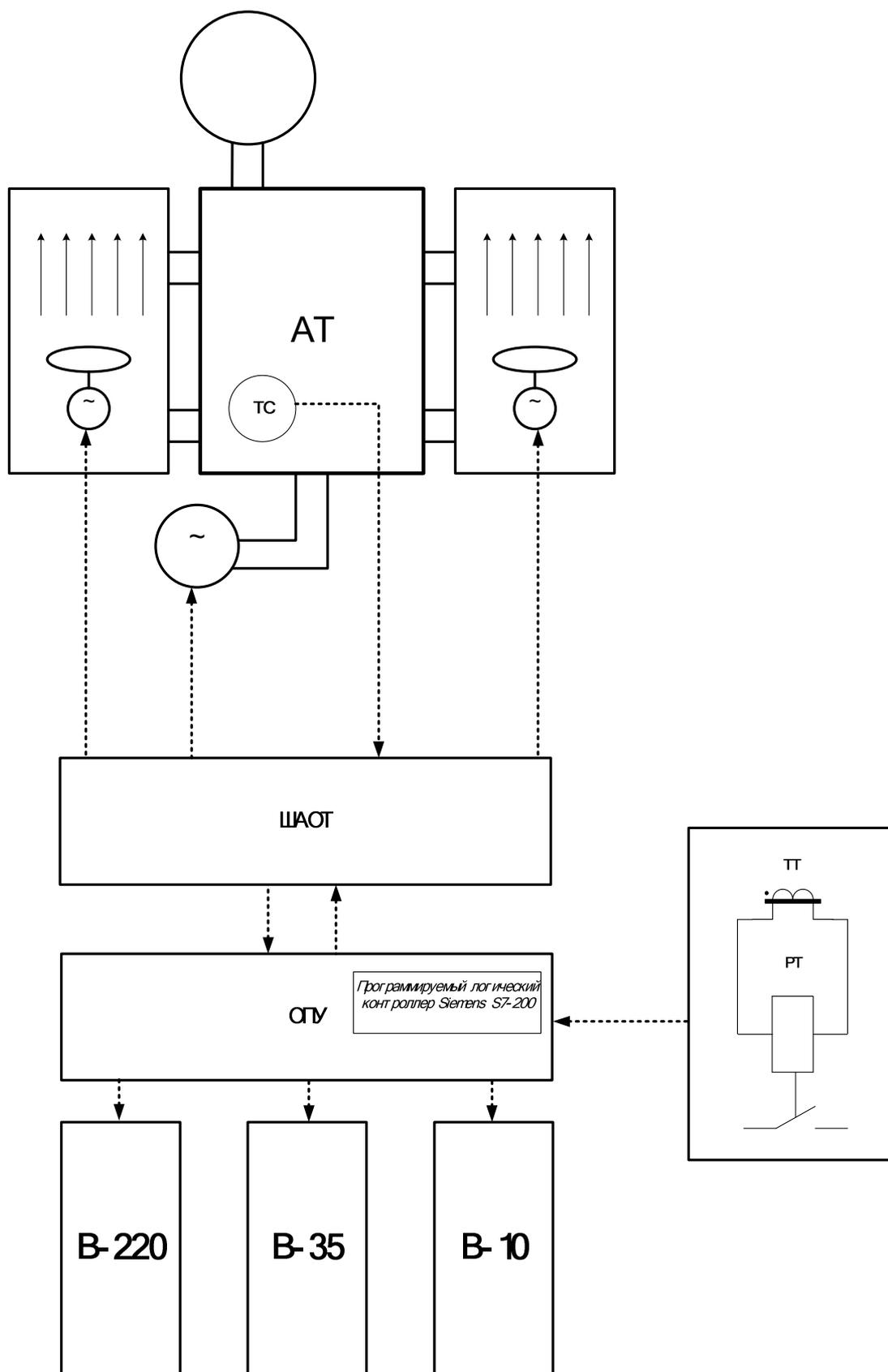


Рисунок 7 – Структурная схема автоматизированной системы управления охлаждением автотрансформатором

Как видно на рисунках 6, 7 для непрерывного контролирования параметров, а именно температуры верхних слоев масла в баке автотрансформатора используется – ТС (термосигнализатор).

Принцип действия термосигнализаторов основан на строгой зависимости давления насыщенных паров заполнителя термосистемы от температуры измеряемой среды.

Изменение температуры контролируемой среды воспринимается заполнителем через термобаллон и преобразуется в изменение давления, которое по капилляру передается на манометрическую пружину. Манометрическая пружина посредством специального механизма поворачивает стрелку.

Также контролируется нагрузка на стороне ВН и в нейтралипосредством токовых реле типа РТ-40/0,6, подключенных к ТТ (трансформатор тока), которые встроены в автотрансформатор и предусмотрены конструкцией заводом изготовителем.

Согласуются условия по положению устройств системы охлаждения согласно принципиальной схеме. В зависимости от получаемых данных формируется логика в программируемом логическом контроллере и происходит воздействие на технологическое оборудование (объект автоматизации, а также на отключение автотрансформатора посредством выключателей В-220, В-110, В-10 во избежание технологического нарушения).

3.2 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема предназначена для разъяснения процессов, происходящих в отдельных функциональных цепях изделия или изделия в целом. Для сложного изделия разрабатывается несколько функциональных схем, поясняющих происходящие процессы при различных предусмотренных режимах работы. Количество функциональных схем, разрабатываемых на изделие, степень их детализации и объем помещаемых сведений определяется разработчиком с учетом особенностей изделия.

На схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства, функциональные группы) и связи между ними. Графическое построение

схемы должно наглядно отражать последовательность функциональных процессов, происходящих в изделии. Действительное расположение в изделии элементов и устройств может не учитываться.

Функциональные части и связи между ними изображают в виде условных графических обозначений, установленных в соответствующих стандартах на условные графические обозначения этих групп и элементов. В этом случае действуют правила выполнения принципиальных схем. Отдельные функциональные части на схеме допускается изображать в виде прямоугольников. В этом случае эти части схемы следует выполнять по правилам структурных схем.

По функциональной схеме указывают:

- для функциональных групп - обозначение, присвоенное ей на принципиальной схеме, или наименование (если функциональная группа изображена в виде условного графического обозначения, то ее наименование не указывают);
- для каждого устройства и элемента, изображенного условными графическими обозначениями - буквенно-цифровое позиционное обозначение, присвоенное на принципиальной схеме, его тип;
- для каждого устройства, изображенного прямоугольником - позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его наименование и тип или обозначение документа, на основании которого это устройство применено. Обозначение документа указывают и для устройства, изображенного в виде условного графического обозначения. Наименования, типы и обозначения функциональных частей, изображенных прямоугольниками, рекомендуется вписывать внутрь прямоугольников. Сокращенные или условные наименования должны быть пояснены на поле схемы.

На функциональной схеме указывают технические характеристики функциональных частей, параметры в характерных точках, поясняющие надписи и

др. При необходимости на схеме обозначают электрические цепи по ГОСТ 2.709-72.

3.3 Выбор управляющей аппаратуры

Для управления процессом охлаждения трансформатора необходима аппаратура, которая будет осуществлять определенные принципиальной схемой и другими расчётами функции.

Для модернизации процесса управления охлаждением выбираем в соответствии с количеством контролируемых сигналов программируемый логический контроллер Siemens S7-200.

Программируемые контроллеры семейства SIMATIC S7-200 имеют модульную конструкцию и являются идеальным средством для построения эффективных систем автоматического управления при минимальных затратах на приобретение оборудования и разработку системы.

Описание контроллеров Siemens SIMATIC и SIPLUS S7-200:

Программируемые контроллеры, отличающиеся максимумом эффективности при минимуме затрат.

Простота монтажа, программирования и обслуживания.

Решение как простых, так и комплексных задач автоматизации.

Возможность применения в виде автономных систем или в качестве интеллектуальных ведомых устройств систем распределенного ввода-вывода.

Возможность использования в сферах, где применение контроллеров раньше считалось экономически нецелесообразным.

Работа в реальном масштабе времени и мощные коммуникационные возможности (PPI, MPI, Industrial Ethernet, PROFIBUS-DP, AS интерфейс, модемная связь).

Компактные размеры, возможность установки в ограниченных объемах.

Контроллеры выпускаются в виде двух семейств:

Siemens SIMATIC S7-200: программируемые контроллеры стандартного исполнения для общепромышленного применения.

Siemens SIPLUS S7-200: функциональные аналоги SIMATIC S7-200 для более жестких условий эксплуатации. Диапазон рабочих температур от -20 до +70°C, более высокая стойкость к вибрационным и ударным нагрузкам.

Модули одних и тех же типов исполнений SIMATIC и SIPLUS имеют одинаковое функциональное назначение, одинаковый набор электрических и временных параметров, одинаковые схемы подключения внешних цепей, одинаковые установочные размеры. Функциональный состав модулей СИМАТИК несколько шире функционального состава модулей СИПЛУС.

Область применения контроллеров Siemens SIMATIC и SIPLUS S7-200:

Программируемые контроллеры SIMATIC S7-200 предназначены для построения систем автоматического управления и регулирования, как отдельных машин, так и отдельных частей производственного процесса. На их основе могут создаваться эффективные управляющие устройства, отличающиеся относительно невысокой стоимостью. SIMATIC S7-200 позволяют решать широкий спектр задач управления. От замены простых релейно-контактных схем до построения автономных систем управления или создания интеллектуальных устройств систем распределенного ввода-вывода. Программируемые контроллеры S7-200 находят применение там, где основным требованием к системе управления является ее низкая стоимость. Они находят применение для управления:

- прессами;
- смесителями пластификатора и цемента;
- насосными и вентиляторами;
- деревообрабатывающим оборудованием;
- воротами и дверями;
- гидравлическими подъемниками;
- конвейерами;
- оборудованием пищевой промышленности;
- лабораторным оборудованием;
- обменом данными через модем;
- электротехническим оборудованием и аппаратурой.

Функции и характеристики контроллеров Siemens SIMATIC и SIPLUS S7-200:

Особенности S7-200:

Простейший способ начать работать – специальный стартовый набор и подготовленные упражнения ускоряют процесс знакомства.

Упрощенность работы – мощный, но простой в использовании набор инструкций и дружественная среда программирования сводят затраты на программирование к минимуму.

Прекрасные характеристики для работы в реальном времени – специальная система функций прерывания, высокоскоростные счетчики и сигнальные выходы позволяют использовать оборудование даже во временно-зависимых процессах.

Высокопроизводительные коммуникационные возможности – опциональное подключение к PROFIBUS DP практически позволяет использовать S7-200 для полной реализации его возможностей в распределенных автоматизированных решениях.

Основные характеристики S7-200:

Простота освоения, подкрепляемая наличием специальных стартовых пакетов и технической документации.

Простота использования: интуитивно понятный мощный набор инструкций, дружественное программное обеспечение.

Работа в реальном масштабе времени: обработка прерываний, скоростные счетчики, ПИД-регулирование, импульсные выходы.

Мощные коммуникационные возможности: работа в сетях Industrial Ethernet, PROFIBUS-DP и AS-Interface, связь через PPI и MPI, модемная связь, использование свободно программируемых протоколов. Поддержка IT-технологий.

Механические характеристики

Компактный пластиковый корпус. Простой вариант подключения внешних соединений. Защита всех токоведущих частей пластиковыми крышками.

Съемные терминальные блоки, упрощающие выполнение монтажа и позволяющие производить замену модулей без демонтажа их внешних цепей.

Область применения контроллеров Simatic S7-200 простирается от простейших задач автоматизации, для решения которых в прошлом использовались простые реле и контакторы, до задач комплексной автоматизации.

Simatic S7-200 также используется при создании таких систем управления, для которых в прошлом из соображений экономии необходимо было разрабатывать специальные электронные модули.

Выбираем электродвигатель для вентиляторов охлаждения.

Двигатели обдува трансформаторов предназначены для охлаждения радиаторов, основой которых является масляная смесь. Двигатель для трансформатора обеспечивает принудительное циркулирование воздуха. Электродвигатель охлаждения подстанций препятствует старению изоляции, которая быстро снашивается под воздействием высоких температур. Двигатель для трансформатора значительно продлевает срок эксплуатации агрегата благодаря искусственному охлаждению и защите от воздействия высоких температур на обмотку электродвигателя.

Так как промышленность не выпускает двигателя типа АЗЛ-31-4У, то выбираем двигатель типа АБ63А4ВУ1(УХЛ1). Данный тип электродвигателей предназначен для работы от трехфазной сети переменного тока частотой 50 Гц, для привода осевого вентилятора системы охлаждения трансформаторов при значении климатических факторов согласно ГОСТ15150-69.

Электродвигатели могут поставляться с четырехлопастным металлическим вентилятором диаметром 400 мм и специальной гайкой для крепления.

АБ63А4ВУ1 (УХЛ1) является аналогом следующих электродвигателей:

- 4ААМ63А4ТРУ1 (УХЛ1) 0,25/1320 IM3281;
- АИР63А4ТРУ1 (УХЛ1) 0,25/1320 IM3281;
- АИС71А4ТРУ1 (УХЛ1) 0,25/1320 IM3281;
- 2ДАТ-100-250-У1 (УХЛ1) 0,25/1320 IM3281.

Двигатель обдува трансформатора за счет специальной обмотки, обеспечивающей длительный срок эксплуатации двигателя, охлаждает трансформаторы, делая их работу эффективной и безопасной. Двигатели охлаждения трансформаторов изготовлены из высококачественных материалов, благодаря чему достигается высокая производительность агрегата и минимальная нагрузка на его двигатель [11, с 1].

Выбираем электронасос АНМТ 100/8 УХЛ(Т)1, предназначенный для перекачивания трансформаторного масла с температурой до + 80 ° С в системах охлаждения силовых трансформаторов стационарных установок.

По присоединительным размерам и техническим параметрам может применяться взамен электронасосов Т-100/8; 5Т-100/8; ЭЦТ-100/8; МТ-100/8.

При проектировании электронасоса были устранены все недостатки, выявленные в процессе эксплуатации аналогичных насосов.

Подача, м³/ч (л/с) 100 (27,8)

Частота вращения, с⁻¹ (мин⁻¹) 23,5 (1410)

Напор, м 8

Потребляемая мощность, кВт 3 ± 8%

Давление на входе, кгс/см², не более 0,5

КПД электронасоса, % 60

Допустимый кавитационный запас (4hg), м, не более 3,5

Наработка на отказ, ч, не менее 8000

Средний ресурс, ч, не менее 100000

Срок службы, лет 25

Масса (без масла и транспортировочных заглушек), кг 120

Двигатель

Напряжение, В 220/380

Номинальный ток, А, при напряжении:

220В 9,9±8%

380В 5,7±8%

Частота тока, Гц 50

Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) $0,82 \pm 5\%$

Начальный пусковой ток, А, при напряжении:

220В 52

380В 30

Класс изоляции F

Сопrotивление фазы обмотки при 20°C, Ом 1,43

Сопrotивление изоляции обмотки относительно корпуса в холодном состоянии, МОм, не менее 35

Максимальное время работы при закрытой напорной задвижке, мин 15

В результате проведенных мероприятий средний ресурс увеличен с 80000 до 100000 часов, что позволило добиться благоприятного для потребителя соотношения цена/качество.

Выбираем ТС ТКП-160Сг-М2 – термосигнализатор, который предназначен для постоянного измерения уровня температуры масла, воды и иных жидкостей, которые неагрессивны к материалам термобаллона (сталь 12Х18Н10Т или латунь ЛС59-1). Имеет выход, который предназначен для управления внешними электрическими цепями установок или нагревательных элементов.

Используется в:

- Водонагревателях;
- Электрических отопительных котлах;
- Саунах;
- Масляных трансформаторах;
- Термостатах;
- Управлении температурными режимами, которые используются в нагревательных элементах промышленных и бытовых установок (пресса для изготовления пластмассы и РТИ, термопласт автоматы и так далее).

Манометрические термометры ТКП-160Сг-М2 (термосигнализаторы) делятся на местные, обладающие жесткой связью, и дистанционные. Место связи

термобаллона с корпусом для местных термометров бывает в двух исполнениях.

Прибор относится к государственной системе промышленных приборов.

Технические условия производства в соответствии с ТУ 25-02.091870-81.

По классу устойчивости к внешним механическим воздействиям считается виброустойчивым.

Уровень напряжения внешних коммутируемых цепей переменного тока должен составлять 220 вольт с частотой 50 герц для исполнений устройства Т2 и УХЛ2; 250 вольт с частотой 60 герц для исполнения устройства ТВ3.

Параметр разрывной мощности контактов термосигнализатора - 50 ВА.

Для контроля нагрузки используем токовое реле РТ-40/0,6.

Реле тока серии РТ-40 применяются в схемах релейной защиты и автоматики энергетических систем в качестве органа, реагирующего на повышение тока [14, с 1].

Условия эксплуатации:

- Высота над уровнем моря до 2000м.
- Диапазон рабочих температур от -20 до +55°С.
- Окружающая среда взрывобезопасная, не содержащая пыли в количестве, нарушающем работу реле, а также агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.
- Степень защиты оболочки реле IP40, контактных зажимов для присоединения внешних проводников IP00.
- Установка реле на вертикальной плоскости, допускается отклонение не более 5° в любую сторону.
- Место установки реле должно быть защищено от попадания брызг воды, масел, эмульсий и др. жидкостей, а также от прямого воздействия солнечной радиации.

Эти реле реагируют на повышение тока в контролируемой цепи и являются реле косвенного действия.

Реле тока РТ40 смонтировано в корпусе, состоящем из пластмассового цоколя и кожуха из прозрачного материала. Для снижения потерь в стали, возникающих из-за вихревых токов, сердечник набирается из пластин электротехнической стали, изолированных друг от друга.

Когда электромагнитная сила реле превышает механическую силу пружины, якорь притягивается к электромагниту. При этом подвижный контактный мост замыкает одну пару неподвижных контактов и размыкает вторую пару.

Реле предназначено для крепления в вертикальной плоскости, отклонение от вертикального положения из-за неуравновешенности подвижной системы реле приводит к дополнительной погрешности.

С осью якоря связан гаситель вибрации (гаситель колебаний) в виде тороида, заполненного кварцевым песком. При любом ускорении якоря и связанной с ним подвижной системы часть кинетической энергии тратится на преодоление сил трения между песчинками. С помощью гасителя вибрации уменьшаются вибрации как всей подвижной системы, так и контактов при их включении.

Ток срабатывания регулируется за счет изменения натяга спиральной противодействующей пружины, которая прикреплена к якорю с помощью хвостовика. Натяг пружины фиксируется указателем. Уставка срабатывания реле серии РТ40 плавно регулируется натяжением пружины и ступенчато - переключением катушек обмотки с последовательной схемы на параллельную.

При переключении последовательного соединения секций обмоток на параллельное ток срабатывания увеличивается в два раза. Шкала уставок отградуирована для последовательного соединения секций катушек.

Обмотка реле разбита на две секции, которые при необходимости могут быть соединены последовательно или параллельно [14, с 3].

Выбираем для схемы переменного тока магнитные пускатели двух видов серии ПАЕ и серии ПМЕ.

Описание магнитных пускателей ПАЕ.

Магнитные пускатели ПАЕ предназначены для дистанционного управления электродвигателями и иными электрическими установками, имеющими мощность от 4 до 75 кВт. Они используются для нулевой защиты оборудования: как только напряжение исчезает или просто снижается наполовину от необходимого, катушка перестает удерживать магнитный пускатель – контакты размыкаются. При восстановлении требуемого уровня напряжения смыкание контактов не происходит, благодаря чему исключены поломки из-за неконтролируемого пуска электродвигателей.

Исполнение магнитных пускателей ПАЕ может быть в нескольких вариантах: открытом, защищенном, пылезащищенном, пылебрызгонепроницаемом. Приборы рассчитываются на напряжение 110 В, 220 В, 380 В. Принято выделять реверсивные и нереверсивные магнитные пускатели ПАЕ. Реверсивные способны не только обеспечивать пуск, остановку и защиту электрического двигателя, но и изменять направление его вращения. В магнитные пускатели допустима комплектация тепловых реле типов ТРН, РТТ или РТЛ [9, с 1].

Условия использования пускателей ПАЕ

Условия применения магнитных пускателей ПАЕ зависят от их исполнения, степени защищенности, наличия корпуса и прочих параметров. Не стоит размещать данные приборы в помещениях с агрессивными средами. Магнитные пускатели выдерживают до 600 включений в час и предназначены для функционирования в продолжительном и повторно-кратковременном режимах [9, с 1].

При маркировке магнитных пускателей ПАЕ применяется не только аббревиатура, обозначающая серию прибора, но и величина пускателя, зависящая от номинального тока. Так, число 3 указывает на 40 А, 4 – на 63 А, 5 – на 100 А, а 6 – на 160 А. также числом может быть показан тип исполнения прибора: 1 –

открытое исполнение, 2 – защищенное, 3 – пылезащищенное, 4 – пылебрызго-непроницаемое. Если речь идет об увеличенном исполнении оболочек, то обозначения следующие: 5 – защищенное, 6 – пылезащищенное, 7 – пылебрызго-непроницаемое. В конце маркировки могут быть указаны дополнительные признаки исполнения прибора: для нереверсивных магнитных пускателей обозначение могут быть 1 - без реле теплового или 2 - с реле тепловым; для реверсивных это 3 - без реле теплового, 4 - с реле тепловым, 5 - без реле теплового, 6 - с реле тепловым. Последние два типа дополнены встроенными кнопками пуска и остановки.

Принцип работы магнитных пускателей ПАЕ

Работа магнитных пускателей основана на смыкании и размыкании контактов электрической цепи. Когда пускатель включается, по катушке поступает электроток. При этом намагничивается сердечник и якорь притягивается, что приводит к замыканию контакта и протеканию тока по основной электроцепи. Если пускатель отключается, то катушка обесточивается, возвратная пружина возвращает якорь в исходное положение, благодаря чему происходит размыкание контактов [9, с 1].

При сбое электроснабжения магнитный пускатель производит отключение управляемого оборудования. Для включения необходимо нажать кнопку пуска, так как ПАЕ автоматически разомкнул как главные, так и вспомогательные контакты, в результате чего самопроизвольный запуск невозможен.

Установка магнитных пускателей

Перед установкой необходимо произвести очистку прибора от пыли, которая могла попасть на корпус и внутренние элементы прибора во время хранения или транспортировки. Не лишней будет проверка подвижности якоря и степень затяжки болтов.

Обязательно нужно ознакомиться с рекомендациями по установке, данным производителем. При монтаже необходимо хорошо затянуть контактные крепления, уплотнить проходные отверстия после протяжки проводов в кожухе, заземлить корпус прибора [9, с 1].

Техническое описание магнитных пускателей ПМЕ.

Назначение.

Магнитные воздушные пускатели второй величины ПМЕ-200, ПМЕ-211, ПМЕ-212, ПМЕ-213, ПМЕ-214, ПМЕ-221, ПМЕ-222, ПМЕ-223, ПМЕ-224 общепромышленного применения предназначены, главным образом, для дистанционного управления трехфазными асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором переменного тока частоты 50 и 60 Гц (мощностью согласно табл. 1), а именно:

- для пуска непосредственным подключением к сети и остановки (отключения) электродвигателя (нереверсивные пускатели);
- для пуска, остановки и реверса электродвигателя (реверсивные пускатели).

Кроме этого, пускатели в исполнении с тепловым реле осуществляют также защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности.

Пускатели предназначаются для работы в следующих условиях:

- высота над уровнем моря - не более 1000 м;
- температура окружающего воздуха от -40 до +40°С;
- относительная влажность окружающего воздуха - не более 90% при +20°С и не более 50% при +40°С;
- окружающая среда - невзрывоопасная, не содержащая значительного количества пыли и агрессивных газов, и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию; в запыленной среде допускается эксплуатация только пускателей пылебрызгонепроницаемого исполнения;
- отсутствие непосредственного воздействия солнечной радиации;
- отсутствие резких толчков (ударов) и сильной тряски;
- вибрация мест крепления пускателей с частотой до 25 Гц при ускорении не более 0,7 g;

- рабочее положение в пространстве - крепление на вертикальной плоскости, допускаемое отклонение - до 5° в любую сторону.

Конструкция.

Магнитные пускатели ПМЕ-200 изготавливаются на базе износостойчивого электромагнитного контактора ПМЕ-211 (который можно рассматривать как непереворачиваемый пускатель открытого исполнения, без тепловой защиты) и теплового реле ТРН-25 (ТРН20).

Контактор ПМЕ-2П имеет прямоходную Ш-образную магнитную систему, состоящую из якоря и сердечника и заключенную в пластмассовый корпус, состоящий из двух частей - верхней и нижней, скрепленных винтами. На среднем керне сердечника помещена втягивающая катушка, положение которой фиксируется выступами верхней части корпуса. По направляющим верхней части корпуса скользит пластмассовая траверса, на которой собраны якорь магнитной системы и мостики главных контактов с пружинами. Главные контакты закрыты крышкой (дугогасительной камерой) из дугостойкого материала. Мостики блок-контактов собраны в окнах двух пластмассовых толкателей, скользящих по направляющим в пазах нижней части корпуса. Неподвижные главные контакты и блок-контакты крепятся при помощи винтов М4 к корпусу. Все контакты имеют контактные накладки из серебра или серебросодержащих материалов. Контактор ПМЕ-211 имеет три главных нормально открытых (н.о.) контакта и, в зависимости от заказа, до 4 блок-контактов (2 н.о. + 2 н.з.) - все мостикового типа.

Принцип работы контактора прост: при подаче напряжения на катушку якорь притягивается к сердечнику, главные контакты и н.о. блок-контакты замыкаются, н.з. блок-контакты размыкаются. При отключении происходит обратная картина: под действием двух возвратных пружин подвижные части возвращаются в исходное положение, при этом главные контакты и н.о. блок-контакты размыкаются, н.з. блок-контакты замыкаются. Два контактора допускают взаимную электрическую блокировку через их н.з. блок-контакты, исключая возможность включения одного контактора при включенном другом

контакторе, а также предотвращающую короткое замыкание в режимах противовключения, что обеспечивается наличием опережения размыкания главных контактов по отношению к замыканию н.з. блок-контактов при отключении контактора; в момент начала замыкания н.з. блок-контактов главные контакты (мостики) разомкнуты на величину ~2,5 мм (но не менее 1,2 мм).

3.4 Принципиальная электрическая схема

Была разработана принципиальная схема подключения контроллера к действующим цепям управления и сигнализации охлаждением автотрансформатора.

На схеме обозначены контакты аппаратов, необходимых для контролирования процесса охлаждения.

Контакт РП14 – это контакт реле переменного тока типа РП-23, которое контролирует наличие переменного напряжения на объекте автоматизации и формирует команду на отображение неисправности – «Неисправность в цепях автоматики охлаждения», также в этой же цепи использован контакт 1АП – это контакт автоматического выключателя цепей питания постоянного тока управления охлаждением. Контакты ПС1, ПС2, ПС3 – это контакты электромагнитных пускателей ПМЕ-211, которые информируют о состоянии (включено, отключено) групп охлаждающих устройств – рабочая, х. х., резервная. Контакты АВ4, АВ5, АВ6 показывают положение контакторов, которые включают электродвигатели вентиляторов охлаждения.

Следующая группа контактов подключена к дискретным входам логического контроллера и означают следующее:

- ОДа, ОДв, ОДс, ЗВ соединенные последовательно осуществляют контроль собранности первичной схемы автотрансформатора;
- Последовательность положения контактов ПС1 и 2РП1 (реле переменного тока РП-23) сигнализируют о не включении резервного охлаждения;
- ТС t55° и ТС t50° достижение уставки, выставленной на термосигнализаторе;

- 2РТ2 и 3РТ2 достижение уставки по нагрузке автотрансформатора.

На основании этих входящих сигналов контроллер выдает через дискретные выходы сигналы на выходные цепи, которые:

- 1РП5 подготавливает логику в цепях переменного тока для включения резервного охлаждения при отключении охлаждения холостого хода (Х. Х.) посредством поступающего сигнала от контакта реле 2РП1;
- 1РП1 при условии отключенного рабочего охлаждения включает также резервное охлаждение при условии присутствия положительного сигнала от 2РТ2 или от 3РТ2;
- 1РП1 также включит рабочее охлаждение при условии отключенного резервного охлаждения;
- 1РП4 дает разрешение на включение общих электромагнитных пускателей, которые подают напряжение на общие шины цепей переменного тока для запуска охлаждения автотрансформатора при включенном автоматическом выключателе на СН -0,4кВ 1-ой или 2-ой секций.

4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

CODESYS – комплексный инструмент для программирования промышленных контроллеров (ПЛК).

Вряд ли можно вспомнить что-либо действительно яркое в области конструктивных и схемотехнических решений, появившихся в ПЛК в последнее время. Несомненно, увеличивается быстродействие процессоров, упрощается монтаж и повышается надежность промышленных контроллеров, радикально уменьшились их вес и габариты. К слову, согласно стандарту МЭК 61131-1 ПЛК весом более 3 кг должен быть оборудован ручкой для переноски. Сейчас это требование уже вызывает лишь легкую улыбку.

Основная конкуренция ПЛК сосредоточена сейчас в области прикладного программного обеспечения. Инженер-программист ПЛК - это в большей степени инженер, чем программист. Поэтому производители промышленных контроллеров не жалеют сил на разработку мощных и одновременно простых в применении средств программирования. С помощью такого прикладного программного обеспечения можно не только написать программу и загрузить ее в ПЛК, но и нарисовать мнемосхему или графически изобразить алгоритм управления перемещением. Там, где раньше использовались прерывания и ассемблерные вставки, теперь можно использовать стандартные функциональные блоки, что упростит написание программы ПЛК. Однако за простотой использования прикладного программного обеспечения скрываются сложнейшие программные технологии. Немногие производители ПЛК имеют собственное прикладное программное обеспечение, такое как например STEP 7 от Siemens, CX-One от Omron или PL-7 от Schneider Electric.

В 1990-х годах компания 3S - Smart Software Solutions, выпустила на рынок программное обеспечение CoDeSys, соответствующие стандарту МЭК 61131-3 для программирования промышленных контроллеров. Привлекателен этот программный пакет был тем, что среда программирования распространялась бесплатно.

В настоящее время CoDeSys значительно перерос функции инструмента МЭК-программирования. Помимо традиционных интегрированных редакторов, отладчика и компилятора, в его состав входят конфигуратор для ПЛК и промышленных сетей, встроенный редактор для создания мнемосхем, OPC и DDE серверы, сервер для отладки(ENI), дополнительные библиотеки и редакторы SoftMotion, модуль SoftPLC для реализации жёсткого реального времени на операционных системах Windows XP/NT (SP, RTE) и др.

Многие производители промышленных контроллеров предлагают CoDeSys как основной инструмент программирования для своих ПЛК: ABB, Beckhoff, Kontron, Eaton, WAGO, OBEH и др. Благодаря встроенным средствам эмуляции, отсутствию лицензионных ограничений на среду разработки и подробной документации CoDeSys исключительно популярен также в учебных лабораториях.

Разработку CoDeSys версии 3.0 компания 3S начала с января 2003 г. Для обеспечения легкого перехода от предыдущей платформы разработчики CoDeSys 3.0 руководствовались следующими критериями:

проекты CoDeSys старых версий должны загружаться и исполняться без каких-либо потерь;

новая система должна быть максимально простой в освоении и использовании;

возможность полноценного применения инструментов не только для высокопроизводительных, но и для экономичных ПЛК (на 16-разрядных процессорах, с 64 кбайт оперативной и 64 кбайт флэш-памяти).

CoDeSys версии 3.0 реализует большое количество интересных новшеств. Например, возможность «сворачивать» в одну строку отображение сложных

конструкций в языке ST (IF ... END_IF, VAR ... END_VAR и т.д.), мониторинг промежуточных значений в выражениях, МЭК-функции с переменным числом параметров и многое другое. Однако из всех новшеств стоит выделить 5 ключевых:

- объектно-ориентированные расширения МЭК;
- конфигурирование промышленных сетей;
- профили версий;
- программирование контроллеров безопасности;
- единая платформа автоматизации.

Подавляющее большинство серьёзных программных проектов для ПК реализуется сегодня с помощью объектно-ориентированных языков. Хотя поначалу некоторые программисты скептически относились к объектно-ориентированному программированию (ООП), уменьшение сроков разработки и простота повторного использования теперь уже никем не оспариваются. В CoDeSys 3.0 полноценно реализованы фундаментальные особенности объектно-ориентированного программирования: классы, интерфейсы, наследование, полиморфизм и динамическое связывание. Компания 3S расширила МЭК 61131-3 без его изменения, введя дополнительный набор ключевых слов. Конечно же, ООП — это не стандартное расширение МЭК 61131-3. Но дело упрощается тем, что в стандарте уже заложен фундамент объекта. Это функциональный блок. Дооснащение функциональных блоков всеми свойствами объекта выглядит как абсолютно естественное их развитие. Новые ключевые слова построены на основе языка программирования Java. Таким образом, знакомые с ООП программисты не встретят никаких затруднений при работе в CoDeSys.

В версии 3.0 появилась возможность одновременной работы с несколькими ПЛК, объединенных в промышленной сети и собранными в одном проекте. Из-за того, что промышленные контроллеры, входящие в сегмент сети могут быть от различных производителей, то конфигурирование специфических функций ПЛК предельно упрощена.

Также интересным нововведением является возможность выполнения нескольких разных приложений и нескольких экземпляров одного приложения (клонов) в одном устройстве. Помимо этого, конфигуратор промышленной сети позволяет теперь настраивать не только интеллектуальные устройства, но и дает возможность для параметрирования пассивных элементов, таких как энкодеры или исполнительные механизмы.

Каждому инженеру АСУ ТП, занимающемуся обслуживанием, хорошо знаком следующий сценарий: незначительный ремонт оборудования или модернизация технологии приводят к необходимости коррекции программы ПЛК. Исходный проект сохранился, но для его правки желательно использовать именно ту версию программного обеспечения, в которой он был создан. В результате на программаторе появляется набор дистрибутивов разных версий одного и того же программного обеспечения, регулярно теряющихся и периодически переустанавливаемых. В CoDeSys версии 3.0 эта проблема решена. Новые версии и обновления устанавливаются не поверх, а рядом с существующими версиями. Менеджер компонентов обеспечивает сохранение и обновление соответствующих версий всех компонентов системы. Каждая инсталляция имеет собственный профиль. По умолчанию всегда используется самый свежий профиль, но есть и возможность выбрать любой необходимый. Текущий профиль сохраняется в проекте. При повторном его открытии система запрашивает разрешение на использование нового профиля. В противном случае используются те же инструменты, что и при предыдущем редактировании и компиляции проекта.

CoDeSys 3.0 включает инструменты создания систем безопасности на ПЛК. В их состав входят специализированный редактор, соответствующий компилятор и система исполнения. Данные компоненты проходят сертификацию на соответствие стандарту МЭК 61508, SIL 3. Контроллер безопасности и стандартный ПЛК могут использовать одну и ту же аппаратную платформу и обмениваться данными посредством PROFI-Safe. Применение CoDeSys 3.0 не

только удешевит разработку, но и упростит сертификацию систем безопасности.

Стандартная проблема, с которой сталкиваются OEM-производители промышленных контроллеров, использующие универсальные пакеты прикладного программирования, - это интеграция в систему собственных инструментов, таких как модули низкоуровневого аппаратного конфигурирования, модули обновления системного программного обеспечения, средства поддержки собственных промышленных сетей и др. Обычно такие инструменты поставляются отдельным программным обеспечением. Понятие же программной платформы подразумевает возможность интеграции разнородных программных инструментов, необходимых на всех стадиях взаимодействия с промышленным контроллером. Модульная структура CoDeSys 3.0 позволяет собрать и предложить конечному пользователю расширяемую программную среду, включающую все необходимые ему инструменты. CoDeSys 3.0 легко расширяется внешними компонентами. Все системные функции для реализации такой интеграции документированы и снабжены шаблонами, позволяющими опытному пользователю самостоятельно расширять её, создавая собственные компоненты, обеспеченные защитой авторских прав. Как производители ПЛК, так и конечные пользователи получают возможность «собрать» на программной платформе CoDeSys собственный модуль, включающий любые специфические для их задач компоненты. Единожды изучив среду программирования, вы будете уметь программировать огромное количество контроллеров, основанных на CODESYS.

В соответствии со стандартом МЭК 61131-3 CODESYS поддерживает 5 языков программирования:

- IL (Instruction List) – язык, по синтаксису схожий с языком низкого уровня Ассемблер.
- ST (Structured Text) – текстовый язык, похожий на Pascal.
- LD (Ladder Diagram) – язык релейно-лестничных схем.
- FBD (Function Block Diagramm) — язык функциональных блоков.

- SFC (Sequential Function Chart) – язык диаграмм, похожих на блок-схемы.

Кроме этих языков CODESYS включает в себя еще один язык – CFC (Continuous Function Chart). Он похож на FBD, но позволяет располагать функциональные блоки свободно на экране и задавать порядок их выполнения.

Первая версия CODESYS увидела свет в 1994 году. С тех пор CODESYS обрел огромную популярность среди пользователей и производителей ПЛК. На данный момент сотни производителей выпускают тысячи моделей контроллеров на базе CODESYS.

CODESYS очень удобен для программиста.

Тот, кто раньше делал релейные схемы, легко сможет их адаптировать для ПЛК в языке LD.

Программисты высокого уровня по достоинству оценят язык ST, который для них будет понятным и доступным.

Разветвленные алгоритмы с четкой последовательностью действий удобно реализовывать с помощью SFC.

А если человек ни разу не сталкивался с программированием, то возможно стоит начать с FBD или CFC.

С тех пор, как в 1979 году появился протокол Modbus, он стал де-факто стандартом промышленной сети. Изначально он был спроектирован для использования с последовательными интерфейсами RS-232/RS-485. Позже практически без изменений он «перекочевал» в сети Ethernet в виде протокола Modbus TCP.

Всемирная популярность протокола Modbus обусловлена несколькими причинами:

Протокол является полностью открытым, его спецификация доступна всем. При этом нет необходимости в специальных интерфейсных микросхемах для реализации.

Реализация Modbus очень проста на программном уровне.

Дешевая среда передачи (обычная витая пара).

Высокая надежность передачи данных благодаря использованию в каждой посылке контрольной суммы.

При разработке протокол был рассчитан на потребности и вычислительные возможности оборудования того времени. Многие актуальные для сетей нынешнего времени вопросы учтены не были:

Это низкая пропускная способность шины.

Отсутствие какой-либо начальной инициализации системы. Пользователю вручную придется настраивать каждое устройство перед включением его в сеть (а именно задавать ему адрес, скорость обмена и т.д.).

Дешевая среда передачи (обычная витая пара).

В стандарте четко прописано использование только двух типов данных: BOOL и WORD. Соответственно, при передаче других типов данных зачастую возникают разночтения между устройствами разных производителей.

Стремление к развитию промышленных сетей привело в появлении в 2003 году стандарта EtherCAT.

Основой EtherCAT является технология Ethernet, что позволяет использовать все преимущества данной технологии.

Выбираем средство реализации процесса автоматизации, а это программируемый логический контроллер Siemens S7-200 версии SIMATIC S7-200 для эксплуатации в стандартных промышленных условиях с диапазоном рабочих температур от 0 до +55°C, так как предполагается установка оборудования в ОПУ на панелях охлаждения.

К выбранному контроллеру разработаем прототип управляющей программы в Codesys. Программа содержит идентичные положения коммутирующих контактов, реле и т.п. устройств.

На рисунке 8 изображен фрагмент программного кода, где изображена логика программы в части контроля входных сигналов температурных значений и контролируемой нагрузки автотрансформатора. Также на этом же фрагменте сформирована логика временной последовательности отключения при неисправностях в охлаждении, которая отображена также на рисунке 12. Далее

на рисунке 9 изображен фрагмент программного кода где сформирована логика последовательности входных сигналов положения аппаратуры с задержкой времени на действие других аппаратов и продублированы температурные сигналы для выполнения другой логики на другие аппараты. Рисунок 10 содержит программный код, где формируются входящие сигналы неисправностей в системе охлаждения и контроля собранности первичной схемы автоматизируемого объекта. 11-ый рисунок также содержит в себе фрагмент программного кода входных сигналов различных положений аппаратуры управления и неисправностей.

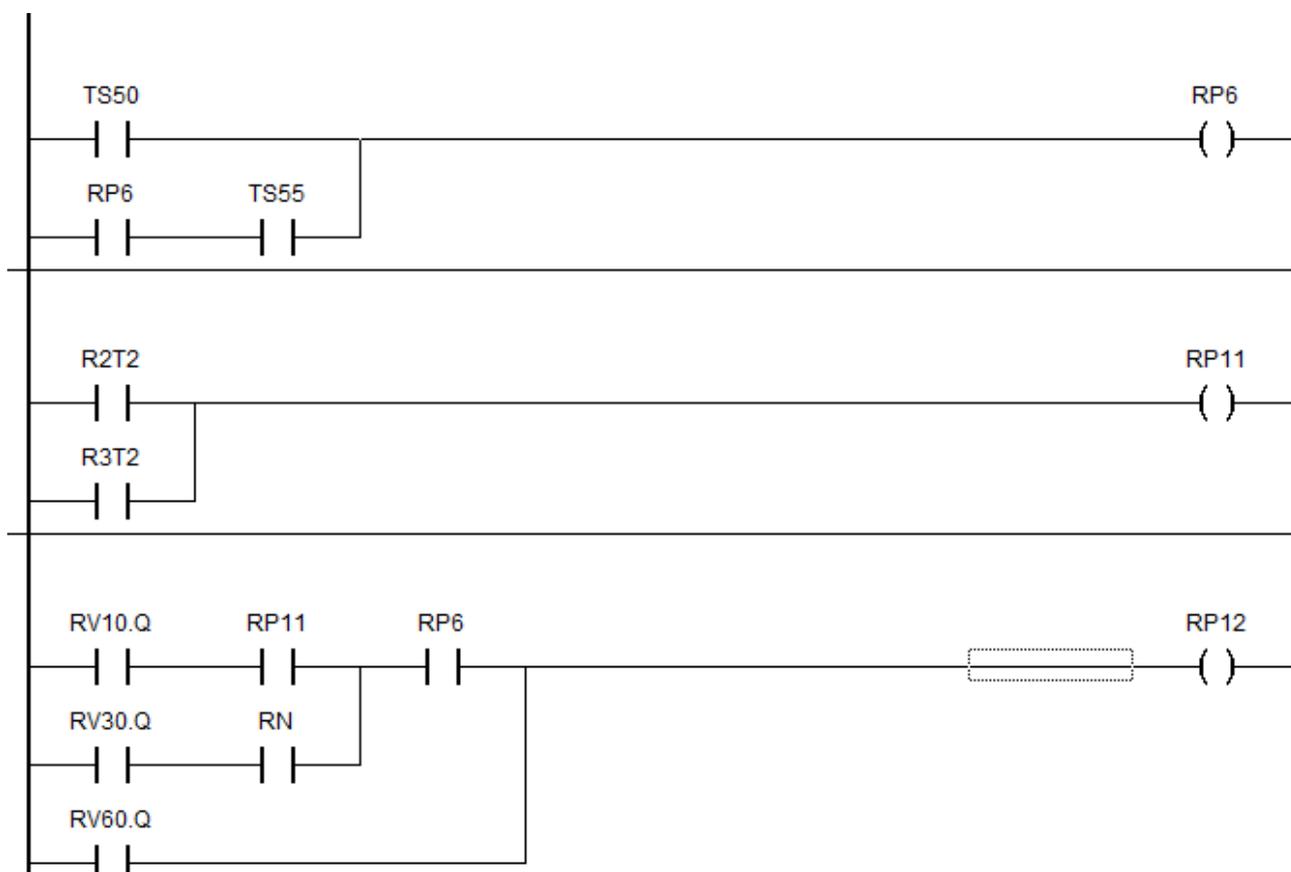


Рисунок 8 – Фрагмент программного кода

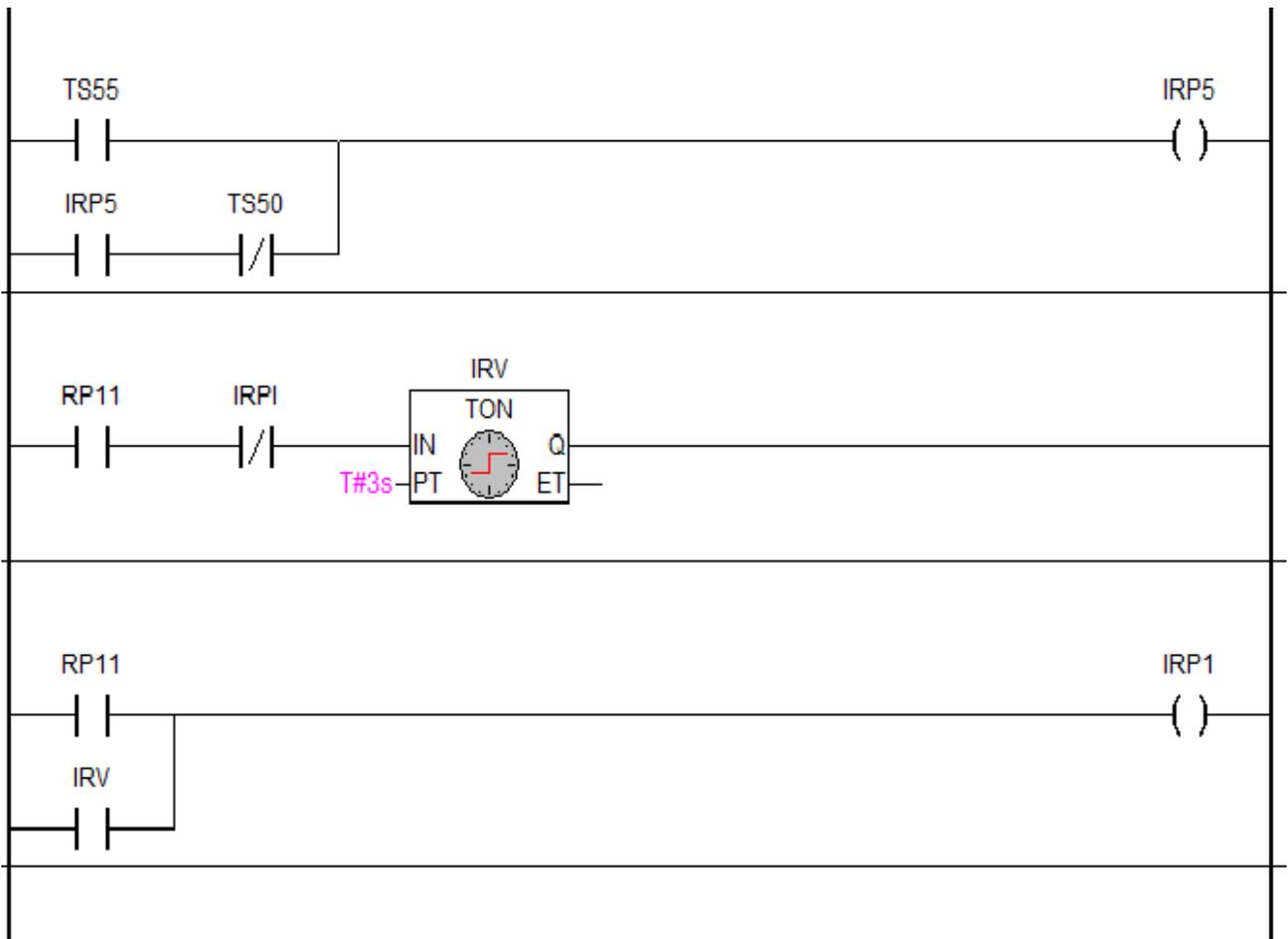


Рисунок 9 – Фрагмент программного кода

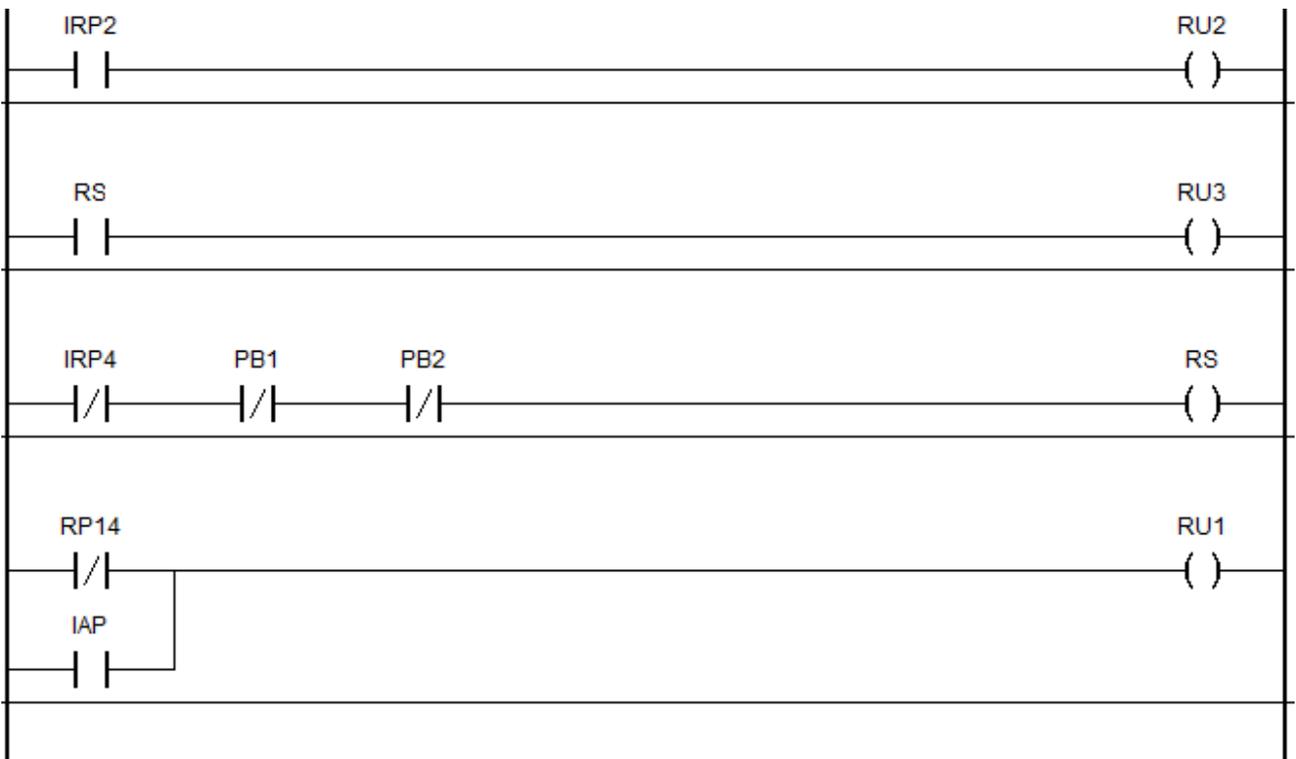


Рисунок 10 – Фрагмент программного кода

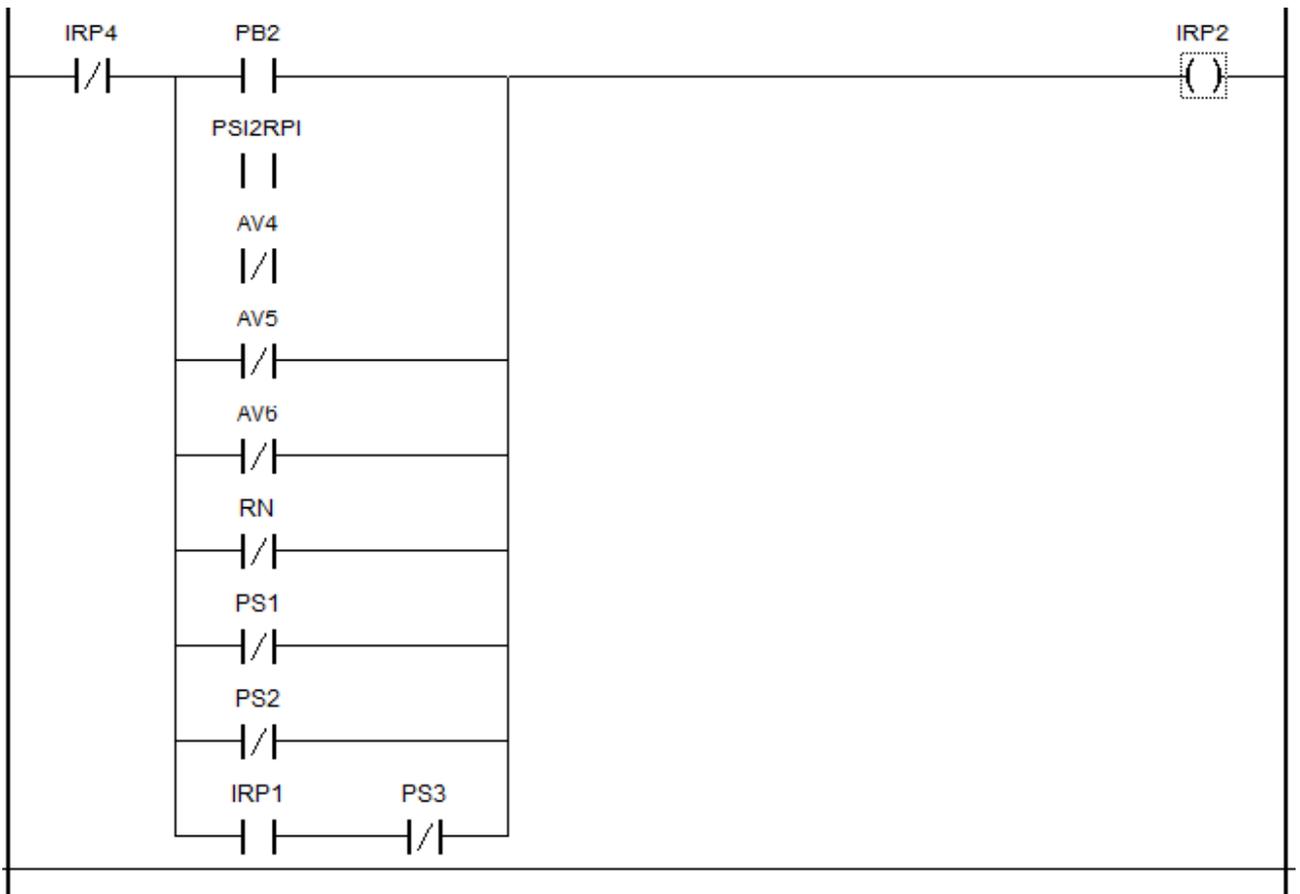


Рисунок 11 – Фрагмент программного кода

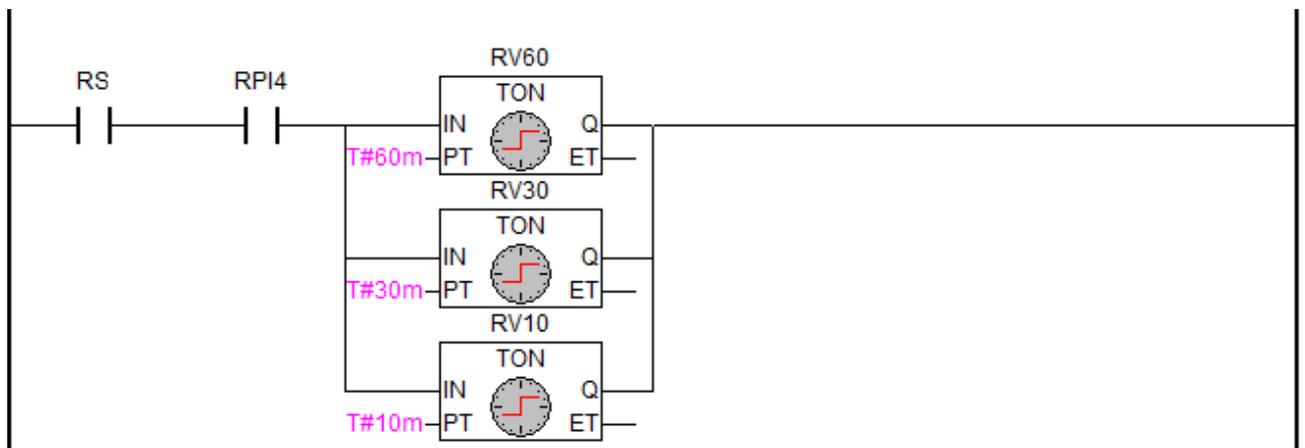


Рисунок 12 – Фрагмент программного кода

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

С ростом технического прогресса человек оказывает всё большее влияние на состояние и формирование окружающей среды. Используя природу он зачастую загрязняет её. Это выражено в виде температурно-энергетического, волнового, радиационного, электромагнитного загрязнения. Электромагнитное загрязнение является одной из форм физического загрязнения. В основном оно возникает в местах скопления линий электропередач. Для предупреждения этого необходимо прокладывать высоковольтные линии электропередач вдали от населённых пунктов, дорог, создавать вокруг них санитарно-защитные зоны.

Для предупреждения от прикосновения используются основные средства защиты: изоляция, защита от прикосновения к токоведущим частям, защита от замыкания между обмотками трансформатора, применение малых напряжений.

Большое значение имеет также комплектование электроустановок машинами и аппаратами, проводниками и кабелями вид исполнения, способ устройства и класс изоляции которых соответствует номинальному напряжению сети и условиям окружающей среды. Монтаж электрических установок с необходимыми мероприятиями безопасности, заземлением электроустановок и защитным отключением (если заземление выполнять нецелесообразно) оборудование при однофазном замыкании на землю.

Территория подстанции обязательно должна быть ограждена для того чтобы исключить приближение человека к токоведущим частям. Вход на территорию подстанции допускается только по специальному удостоверению с группой допуска по технике безопасности. Так же проводят технические мероприятия, обеспечивающие безопасность с электрическими установками: отключение напряжение на местах, где проводятся работы; установка ограждения и вывешивание предупредительных плакатов; проверка отсутствия напряжения на отключённых частях с помощью указателей напряжения, наложение заземления или заземляющих ножей.

На ПС расстояния между электрооборудованием, аппаратами, токоведущими частями, изоляторами, ограждениями и конструкциями устанавливаются

так, чтобы при нормальном режиме работы электроустановки возникающие физические явления (температура нагрева, электрическая дуга, выброс газов, искрение и др.) не могли привести к повреждению оборудования и КЗ.

В отношении опасности поражения людей электрическим током различаются:

- помещения без повышенной опасности – помещения, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;
- помещения с повышенной опасностью – помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость или токопроводящая пыль; токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.); высокая температура; возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям здания, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой стороны;
- особо опасные помещения – помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особая сырость; химически активная или органическая среда; одновременно два или более условий повышенной опасности [5, с 12].

Территория открытых электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается к особо опасным помещениям.

Допуск к ремонтным работам и испытаниям автотрансформатора, связанными с выводом его из работы, выполняется с соблюдением организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасности работ со снятием напряжения, в соответствии с требованиями «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (далее - Правила) устанавливают государственные нормативные требования охраны труда при эксплуатации электроустановок.

Требования Правил распространяются на работодателей - юридических и физических лиц независимо от их организационно-правовых форм и работников из числа электротехнического, электротехнологического и неэлектротехнического персонала организаций (далее - работники), занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения, а также осуществляющих управление технологическими режимами работы объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей [4, с 1].

Требования безопасности при эксплуатации специализированных электроустановок, в том числе контактной сети электрифицированных железных дорог, городского электротранспорта должны соответствовать Правилам с учетом особенностей эксплуатации, обусловленных конструкцией данных электроустановок.

При оперативном обслуживании, осмотрах электроустановок, а также выполнении работ в электроустановках не допускается приближение людей, гидравлических подъемников, телескопических вышек, экскаваторов, тракторов, автопогрузчиков, бурильно-крановых машин, выдвижных лестниц с механическим приводом (далее - механизмы) и технических устройств циклического действия для подъема и перемещения груза (далее - грузоподъемных машин) к находящимся под напряжением неогражденным токоведущим частям на расстоянии менее указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Допустимые расстояния до токоведущих частей электроустановок, находящихся под напряжением

Напряжение электроустановок, кВ	Расстояние от работников и применяемых ими инструментов, и приспособлений, от временных ограждений, м	Расстояния от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положении от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
ВЛ до 1	0,6	1,0
Остальные электроустановки: до 1	не нормируется (без прикосновения)	1,0
1 - 35	0,6	1,0
60 (*) - 110	1,0	1,5
150	1,5	2,0
220	2,0	2,5
330	2,5	3,5
400 (*) - 500	3,5	4,5
750	5,0	6,0
1150	8,0	10,0

(*) Постоянный ток.

При работе в электроустановках используются:

- средства защиты от поражения электрическим током (электрозащитные средства);

- средства защиты от электрических полей повышенной напряженности коллективные и индивидуальные (в электроустановках напряжением 330 кВ и выше);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с государственным стандартом (средства защиты головы, глаз и лица, рук, органов дыхания, от падения с высоты, одежда специальная защитная).

К электрозащитным средствам относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- сигнализаторы наличия напряжения индивидуальные и стационарные;
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля);
- диэлектрические перчатки, галоши, боты;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- защитные ограждения (щиты и ширмы);
- изолирующие накладки и колпаки;
- ручной изолирующий инструмент;
- переносные заземления;
- плакаты и знаки безопасности;
- специальные средства защиты, устройства и приспособления, изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше;
- гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ под напряжением в электроустановках напряжением до 1000 В; - лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые.

Изолирующие электрозащитные средства делятся на основные и дополнительные.

К основным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля и т.п.);
- специальные средства защиты, устройства и приспособления, изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше (кроме штанг для переноса и выравнивания потенциала).

К дополнительным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся:

- диэлектрические перчатки и боты;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- изолирующие колпаки и накладки;
- штанги для переноса и выравнивания потенциала;
- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

К основным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением до 1000 В относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- электроизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;

- ручной изолирующий инструмент.

К дополнительным изолирующим электротехническим средствам для электроустановок напряжением до 1000 В относятся:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- изолирующие колпаки, покрытия и накладки;
- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

Средства защиты, приспособления и инструмент, применяемые при обслуживании электроустановок, должны подвергаться осмотру и испытаниям.

Персонал электрохозяйства должен руководствоваться инструкциями по охране труда, устанавливающими требования безопасности при выполнении работ в электроустановках и на электрооборудовании в объёме, обязательном для работников данной должности (профессии).

Инструкции разрабатываются в соответствии с «Положением о разработке инструкции по охране труда».

Каждый работник электрохозяйства обязан знать и выполнять требования безопасности труда, относящиеся к обслуживаемому оборудованию и организации труда на рабочем месте.

Подстанция является объектом, который должен удовлетворять требованиям безопасности и экологии. При эксплуатации ТП на работников воздействуют опасные и вредные факторы. Вредным производственным фактором является фактор, воздействие которого на человека ведет к появлению и развитию заболеваний и снижению работоспособности. Опасными факторами являются такие, которые, воздействуя на человека, могут привести к тяжелым травмам или смертельному исходу. Опасные и вредные производственные факторы подразделяются на следующие группы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

К вредным физическим факторам, действующим на работников ТП, относятся шум, электромагнитные поля, недостаточное и некачественное освещение, несоответствие нормам показателей микроклимата в помещении, вредные пары аккумуляторной батареи, трансформаторное масло и т.д.

Анализ опасности поражения электрическим током сводится к определению значений тока, протекающего через тело человека в различных условиях.

Опасность поражения зависит от ряда факторов:

- Напряжение сети;
- Путь тока в теле человека;
- Схемы самой сети;
- Режима работы ее нейтрали;
- Степени изоляции токоведущих частей от земли;
- Емкости токоведущих частей относительно земли.

Электрический ток, проходящий через тело человека, оказывает термическое, электролитическое и биологическое воздействие. Защита обеспечивается выполнением ряда организационных и технических мероприятий. Эти мероприятия обеспечивают электробезопасность персонала при обслуживании электроустановок, предотвращает ошибочные действия персонала при эксплуатации электрооборудования. Работники подвергаются ежегодной проверке знаний ПТЭ и ПТБ, с ними проводятся занятия по технической учебе и противоаварийные тренировки.

Электрическое поле частотой 50 Гц и напряженностью до 5 кВ/м не оказывает на организм человека вредного воздействия, поэтому время пребывания персонала в нем не нормируется. При напряженности более 5 кВ/м время пребывания регламентируется ГОСТ-112.1.002-84. В электрическом поле постоянного тока напряженностью менее 20 кВ/м время пребывания не ограничено при применении средств защиты. При напряжении выше 25 кВ/м максимальное время в электроустановках не должно превышать 3 часа. Защиту обеспечивают рациональной организацией труда и применением защитных экранов.

Создание нормального микроклимата на рабочем месте обуславливает производительность и качество выполняемой работы. Микроклимат внутри помещения нормируется. Температура окружающего воздуха может колебаться от + 18° до + 23° при относительной его влажности 65%, скорость движения воздуха не более 0,3 м/сек. Для нормализации микроклимата на ПС устанавливается обще обменная и местная вентиляция, а также электрическое отопление для поддержания температурного режима.

Открытая часть и помещения ПС должны быть хорошо освещены. Для освещения открытой части проектируются прожекторные мачты, число которых, а также мощность источников света, принимаются согласно расчетов. Освещение рабочих мест внутри помещения должны соответствовать требованиям ПУЭ.

В зависимости от категории работ освещенность рабочего места должна находиться в пределах 200-700 лк. На подстанциях кроме естественного освещения предусмотрено и искусственное, которое подразделяется на:

- рабочее (необходимое для осуществления производственного процесса):
 - в проходах - 75 лк;
 - в помещении щитовой - 200-500 лк.
- аварийное (для продолжения работы при отключении рабочего освещения):
 - в проходах и на открытой части - 1 лк;
 - в помещении щитовой - 2 лк.
- эвакуационное (для эвакуации людей в случае аварии и отключении освещения из помещения):
 - в проходах и открытой части - 1 лк;
 - в помещениях - 0,5 лк.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах является уровень звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для помещений управления и постоянных рабочих мест допустимый уровень звукового давления по ГОСТ-

12.1.003-83 составляет 60-85 дБА. Защита от шума в помещениях осуществляется применением специальных звукопоглощающих материалов, рациональным размещением рабочих мест и мест отдыха.

Химическое воздействие на организм человека оказывают вредные вещества, выделяющиеся при нагреве изоляционных и лакокрасочных материалов.

Содержание этих веществ в воздухе без превышения ПДК обуславливается работой электроустановок в нормальном режиме. В процессе эксплуатации аккумуляторной батареи в воздух рабочей зоны выделяются вредные вещества (водород, пары серной кислоты, прочие примеси). Водород выделяется как в чистом виде, так и в виде ядовитых соединений. Его опасность заключается в снижении концентрации кислорода в воздухе.

Допустимые концентрации:

- водорода в помещении - 0,7%;
- мышьяковистый водород (AsH_3);
- пары серной кислоты (H_2SO_4) - 1 мг/м.

К психологическим факторам относятся нервно-психические нагрузки, связанные с важностью принимаемых решений, факторы, связанные с неправильной организацией труда. Для снижения их воздействия необходимо проводить обучение персонала, правильно организовывать труд и рабочее место, наличие регламентированных перерывов в работе и комнат отдыха.

Биологические факторы представляют собой микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибки), появляющиеся из-за нарушения правил личной гигиены, санитарного состояния помещения, неисправности сантехнических коммуникаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был изучен настоящий объект автоматизации. Приняты во внимание все достоинства и недостатки действующей технологической установки и на основании заключений мной предложен проект автоматизации данного процесса. Разработан полный алгоритм работы автоматизированной системы управления охлаждением автотрансформатора, разработана функциональная и электрическая принципиальная схемы и создан прототип управляющей программы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арсеньев, Ю.Н. Проектирование систем управления на микропроцессорных средствах: Учебное пособие для вузов по спец. «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»/ Ю.Н. Арсеньев, В.М.Журавлев – М. Высшая школа, 1991. –319 с.
2. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – Минск: БГАТУ, 2007. – 592 с.
3. Шарапов, А.В. Микропроцессорные устройства и системы: методические указания к выполнению курсового проекта /А.В. Шарапов. – Томск – 1998. –37с.
4. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 (утв. постановлением Минтруда РФ от 5 января 2001 г. № 3 и приказом Минэнерго РФ от 27 декабря 2000 г. № 163) (с изменениями от 18, 20 февраля 2003 г.).
5. РД 34.03.104-91 Санитарные нормы и правила выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц).
6. Школа для электрика [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://electricalschool.info/main/elsnabg/1138-jelektricheskie-podstanciiinaznachenie.html>–(дата обращения: 26.01.2017).
7. Лезнов, С. И. Устройство и обслуживание вторичных цепей электроустановок /С. И. Лезнов, А. Л. Фаерман, Л. Н. Махлина - 2-е изд., перераб. и доп.- Москва: Энергоатомиздат, 1986. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://forca.ru/knigi/arhivy/ustroystvo-i-obsluzhivanie-vtorichnyh-cepey-21.html> – (дата обращения: 25.01.2017).

8. Едемский, С.Н. Электрические схемы систем автоматики: учеб. пособие / С.Н. Едемский [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/electroshemy/848-chto-takoe-strukturnaja-skhem.html> – (дата обращения: 23.01.2017).

9. ООО «СЗ-ЭЛЕКТРО» [Электронный ресурс] – Официальный сайт – Режим доступа: [http://www.sz-electro.ru/goods/43009913 - magnitnypuskatelpaye 511](http://www.sz-electro.ru/goods/43009913-magnitnypuskatelpaye511) – (дата обращения: 24.01.2017).

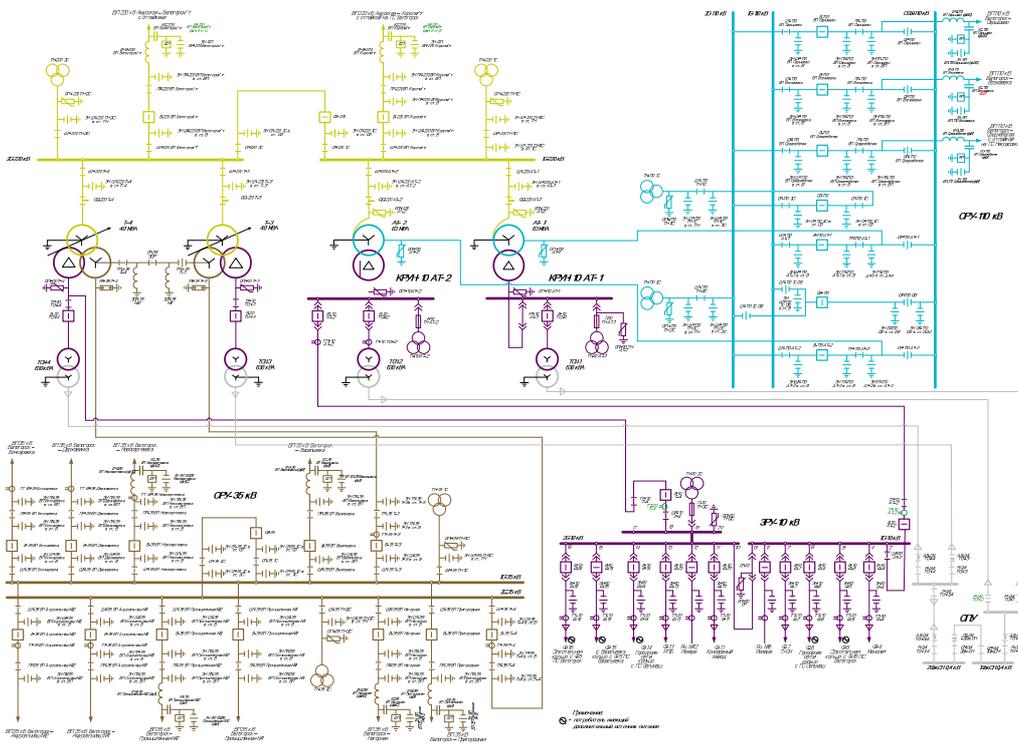
10. Филатов, А. А. Обслуживание электрических подстанций оперативным персоналом // А. А. Филатов. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/3904553/> – (дата обращения: 23.12.2016).

11. ЗАО «ТД Могилевский завод «Электродвигатель»» [Электронный ресурс] – Официальный сайт – Режим доступа: <http://td-mogilevskij-zavod-elektrodvigatel.tiu.ru/p13868319-elektrodvigatel-dlya-obduva.html> – (дата обращения: 21.01.2017).

12. ООО «Промоборудование СИС» [Электронный ресурс] – Официальный сайт – Режим доступа: [http://promsis.spb.ru/catalog/adsiemens/automaticsystems/siemenss7 200/](http://promsis.spb.ru/catalog/adsiemens/automaticsystems/siemenss7200/) – (дата обращения: 12.01.2017).

13. ООО «КИП-Сервис» [Электронный ресурс] – Официальный сайт – Режим доступа: <http://kipservis.ru/berghof/codesysv3.htm#> – (дата обращения: 17.01.2017).

14. ООО «Реле и Автоматика» [Электронный ресурс]. – Официальный сайт – Режим доступа: <http://www.rele.ru/d/a0a37f25a28f543c6f43006e74f1b5bf.pdf> – (дата обращения: 29.01.2017).



Примечание:
 1. Вспомогательные цепи
 2. Вспомогательные цепи

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ									
№	Наименование	Значение	Единица	Материал	Материал	Материал	Материал	Материал	Материал
1	Суммарная мощность	200	кВА	Сварочный аппарат					
2	Суммарная мощность	200	кВА	Сварочный аппарат					
3	Суммарная мощность	200	кВА	Сварочный аппарат					
4	Суммарная мощность	200	кВА	Сварочный аппарат					

