

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(наименования института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование кафедры)

27.03.04 Управление в технических системах
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы и технические средства автоматизации и управления
(направленность (профиль) / специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему РАЗРАБОТКА АСУ ТП КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Студент	<u>Ш.А. Ниёзмамадов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Г. Токарев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультант	<u>О.А. Парфенова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Выполнен проект разработки автоматизированной системы управления технологического процесса котельной установки. Цель работы - является система автоматизации парового котла ДКВР (двух барабанный котел водотрубный реконструированный пар производительностью) на базе современных технических средств. Объектом дипломной работы является паровой котел ДКВР (двух барабанный котел водотрубный реконструированный паропроизводительностью 4 т/ч, с рабочим давлением пара 13 кгс/см², газомазутный). В работе рассмотрена автоматизация парового котла, установленного в типовых котельных промышленных предприятий. В данной бакалаврской работе предложена система автоматизации парового котла на базе современных технических средств автоматизации. В данной бакалаврской работе были рассмотрены вопросы автоматизации котельной установки паропроизводства. Так как все оборудование морально и физически устарело актуальность данного вопроса очень высока. В ходе разработки были рассмотрены приборы импортного и отечественного производства. Выбрана комплектация аппаратной части системы автоматического регулирования. Разработан алгоритм управления котельной.

Современные средства автоматизации на базе программно-технических комплексов обеспечивают управление технологическим процессом в паровом котле на основе централизованно обработанной в программируемом логическом контроллере информации по заданным технологическим и экономическим критериям, определяющим качественные и количественные результаты выработки пара.

Данная дипломная работа состоит из расчетно-пояснительной записки с приложениями, таблицы и листов графического материала формата А1

ABSTRACT

The title of the graduation work is "Development of an automated system process control of the boiler plant".

The object of the graduation work is automation system of the double-drum boiler. The aim of the work is to give some primary information about the automation system of the double-drum boiler tube reconstructed by a steam generating with capacity of 4 t / h, with a working steam pressure of 13 kgf / cm², gas-oil. The work considers the automation of a steam boiler installed in typical boiler-houses of industrial enterprises.

This work proposes an automation system of the steam boiler based on the modern technical facilities. Since all the equipment is outdated both morally and physically, the relevance of this issue is very high.

The elaboration considers imported and domestic devices which ruled to selection of the equipment of the automatic control system. After which the boiler room control algorithm was developed.

Modern automation tools based on software and hardware complexes provide control upon technical process in a steam boiler based on information processed centrally in a programmable logic controller according to specified technological and economic criteria that determine the qualitative and quantitative results of steam generation.

The given bachelor work consists of an explanatory note with attachments, 5 patterns, 9 tables and sheets of graphic material of A1 format.

Содержание

Введение.....	5
1. Описание объекта управления и его анализ.....	7
1.1 Техническая характеристика котла.....	7
1.2 Технологический процесс производства пара.....	9
1.3 Возможность автоматизации технологического процесса.....	13
1.4 Описание существующего комплекса технических средств автоматического управления котельным агрегатом.....	15
2. Обоснование необходимости проектирования автоматизированной системы управления.....	17
2.1 Недостатки действующей автоматизированной системы управления.....	17
2.2 Необходимость автоматизации процесса управления технологическими параметрами.....	18
2.3 Выбор каналов регулирующих воздействий.....	22
2.4 Выбор величин контроля и сигнализации.....	24
2.5 Оценка преимуществ модернизированной системы управления.....	27
3. Комплектация автоматизированной системы управления.....	29
3.1 Модульное комплектование программируемого логического контроллера	30
3.2 Подключение цифровых датчиков и внешних устройств к модулю ввода- вывода.....	35
4. Разработка интерфейса автоматизированного рабочего места оператора котельной.....	37
4.1 Организация оперативно-диспетчерского управления программно- техническими средствами фирмы Siemens.....	37
4.2 Тестирование средств сбора и отображения информации SCADA-системы	39
4.2.2 Анализ результатов тестирования.....	41
4.2.3 Разработка имитаций значений тегов для SCADA-системы.....	42
Заключение.....	45
Список используемой литературы.....	46

Введение

С целью обеспечения необходимых требований эксплуатации производственных помещений по снабжению горячей водой и отоплению и технологических нужд производства на предприятии необходим котельный цех, в состав которого входят несколько котлов и оборудование, обеспечивающее их функционирование.

Автоматизация функционирования котельного оборудования в настоящее время реализуется с помощью промышленных устройств регулирования «Контур». Информационные технологии и материальная база управляющих устройств активно развиваются, поэтому существующая система автоматизации является устаревшей и небезопасной для эксплуатации котельных установок.

В бакалаврской работе рассматривается проектирование автоматизированной системы управления котельными установками с использованием современных средств промышленной автоматизации на основе программно-технических комплексов.

Средства программно-технических комплексов управляют котельными установками, учитывая требуемый регламент технологического процесса, оговаривающий заданные технологические параметры при условии выдерживания экономических требований функционирования котлов в процессе производства пара.

Составляющими автоматизированной системы управления являются:

- средства технического обеспечения,
- средства программного обеспечения,
- оператор, осуществляющий сопровождение функционирования средств автоматизации и основного технологического оборудования (котельных установок), их обслуживание, регулировку и наладку.

Применение средств автоматизации приводит к следующим положительным эффектам:

- сокращается количество обслуживающего персонала котельного цеха,
- облегчает труд персонала и увеличивает оперативность его функционирования,
- улучшается точность регулирования параметров котельного оборудования,
- обеспечивает безаварийное и безопасное функционирование котельного цеха,
- снижает себестоимость производства пара.

1. Описание объекта управления и его анализ

1.1 Техническая характеристика котла

Котел по производству промышленного пара является комплексом котельных устройств, представляющих в совокупности котельную установку, основой которой являются теплообменные устройства, предназначенные для передачи тепла, получаемого при горении топлива, к воде, преобразующейся в промышленный пар.

Объектом управления является паровой котел марки МЗК (рисунок 1.1), основными характеристиками которого являются:

- производство насыщенного пара 6 тонн в час,
- рабочее давление насыщенного пара 1,6 Мпа,
- температура насыщенного пара 184°С,
- топливо: природный газ (по умолчанию), мазут.

В состав котла входят вертикальные шахты, имеющие призматическую форму, которые соединены верхним горизонтальным дымоходом.

Топочная камера представляет собой газонепроницаемые топочные экраны, выполненные из плоских труб, сваренных в сплошную оболочку. Котел покрыт теплоизоляционным экраном, что значительно уменьшает утечку тепла в окружающее пространство и предотвращает возможность получения термотравм обслуживающим персоналом и обеспечивает нормальную температуру в помещении котельного цеха.

Топочные экраны подразделяются на боковые (левый и правый), фронтальный и задний.

Для повышения эффективности функционирования парового котла и снижения расхода топлива необходимо обеспечить уменьшение тепло потерь с выбрасываемым дымом и дожигание сгораемого топлива. Поэтому топочная камера состоит из двух частей – топки и камеры дожигания.

Котельный агрегат снабжен двумя барабанными емкостями для воды – верхней и нижней. Нижняя емкость, кроме того, предназначена для отстоя

шлака и короче верхней для размещения устройства топки. Трубы топочных экранов соединены с водяными емкостями. При нагревании воды обеспечивается ее естественная циркуляция по трубам топочных экранов. Шлак из нижней емкости удаляется ее продувкой. При профилактических работах котельный агрегат выключается, а вода из емкостей льется через нижнюю емкость.

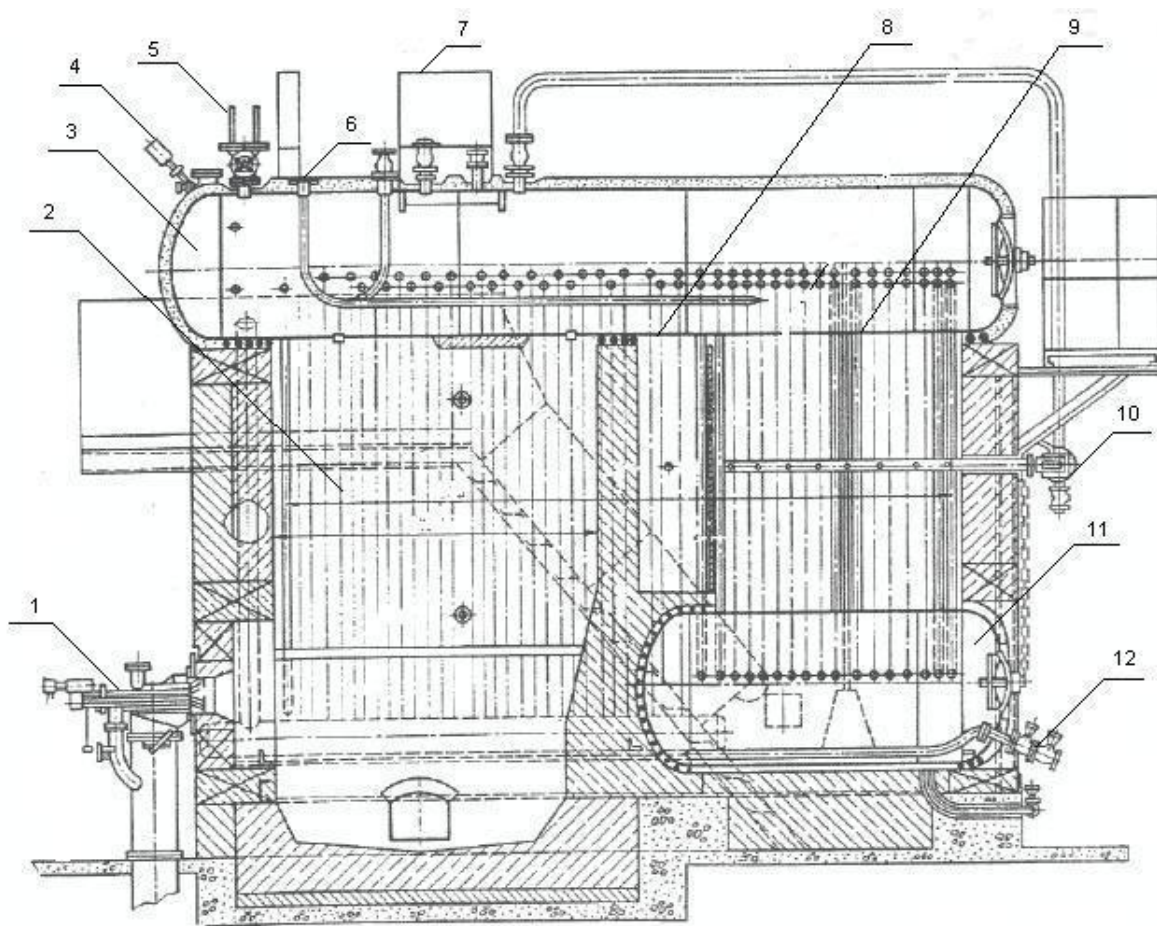


Рисунок 1.1 – Котел МЗК

1 – горелка, 2 – трубы топочных экранов, 3 – верхняя емкость, 4 – датчик давления, 5 – клапаны сброса давления, 6 – трубы воды питания, 7 – деаэрационная установка пара, 8 – камера дожигания, 9 – кипятильные трубы, 10 – устройство обдува, 11 – нижняя емкость, 12 – трубопровод для продувки.

Для повышения надежности функционирования котельного агрегата необходимо обеспечить работу котла при пониженном водяном уровне в верхней емкости, поэтому вода поступает в котел одновременно из двух

емкостей. Для повышения интенсивности отвода отработанных газов котел имеет два газохода.

Для проведения профилактических работ днища котла оснащены люками. Кроме того, для удаления шлама из котла имеются люки на торцах нижней части топочных экранов.

В комплект котельной установки, кроме собственно котла, входят:

- экономайзер для питания котла,
- горелка для сжигания газа и мазута,
- вентилятор дымохода,
- деаэратор воды.

Технические характеристики котла МЗК приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики котла МЗК

№ п/п	Параметр	Значение
1	Производительность продукта, тонн в час	6,0
2	Давление продукта, Мпа	1,6
3	Температура продукта, °С	184
4	Выходная температура котла, °С	880
5	Температура атмосферного выхлопа, °С	230
6	Экономайзерная температура, °С	250
7	Температура питательной воды, °С	125
8	Объем расходуемого топлива, кубометр в час	456
11	Пониженное давление в топочной камере, мм рт. ст.	2,5
12	Объем котлового агрегата:	
	-паровой, кубометр	2,1
	- водяной, кубометр	6,5
13	Объем воды, кубометр	0,94
14	Энергия выделение топочного объема, кВт/м ³	228
15	КПД котла, %	91,8
16	Объем топки с камерой догорания, кубометр	15,0

1.2 Технологический процесс производства пара

Основой технологического процесса производства пара является выработка пара при нагревании воды за счет повышения температуры при сгорании газа.

На выходе горелки природный газ (метан) сгорает факелом в топке. Для сгорания необходим воздух, который из атмосферы подается в топку вентилятором. Учитывая высокий уровень теплоты сгорания газа требуется достаточно большой объем воздуха – примерно 10 куб.м.

Высокотемпературные продукты сгорания газа нагревают трубы топочных экранов, по которым протекает вода и смесь воды с паром. При этом температура топочных экранов повышается до температуры 990°C. Далее продукты сгорания после перемещения по котловым газоходам нагревают кипяtilьные трубы и экономайзер. Отдавая тепло, они остывают до 125°C и выбрасываются в атмосферу, нагнетаемые в трубу вентилятором дымососа.

Механические и химические фильтры очищают воду, питающую систему котла, которая далее подвергается деаэрации. При этом процессе вода нагревается паром чуть выше температуры кипения, и из нее выделяется воздух (кислород и углекислый газ). Затем воздух выбрасывается в атмосферу, деаэрированная вода поступает в гидра аккумулятор и применяется для подпитки котла через верхнюю емкость, предварительно подогреваясь в экономайзере.

Для функционирования котельной установки необходима циркуляция воды естественным путем. Циркуляция осуществляется тремя путями:

- через трубы топочного экрана,
- через трубы кипячения,
- через боковые топочные экраны, левого и правого.

Топочная вода, находящаяся в верхней емкости сливается вниз к топочным экранам, также к ним подводится вода из нижней емкости. Подводимая вода распределяется по топочным экранам. При кипении воды образуется смесь воды и пара, которая в соответствии с правилами теплообмена перемещается в верхнюю емкость. В верхней емкости происходит паропроизводство. При этом

процессе выделяющийся насыщенный пар перенаправляется в основной паропровод котельного цеха, куда поступает производимый пар от всех котельных агрегатов котельного цеха. Оставшаяся от процесса паропроизводства вода поступает в емкость, где находится вода подпитки котла.

Работа котлового агрегата обеспечивается устройствами котельной системы (рисунок 1.2):

- вентилятор типа ВД, обеспечивающий напор воздуха, подаваемого на выход топочного агрегата, для принудительного сгорания топлива в соответствии с температурой окружающей среды (диапазон работы от минус 30°С до плюс 40°С). Так как топочная камера находится внутри котлового агрегата, то температура перемещаемого воздуха ограничивается плюс 200°С,

- вентилятор типа ДН, с помощью которого создается избыточная тяга для выброса в атмосферу продуктов горения топлива при функционировании котла. Вентилятор располагается на выходе газохода котла.

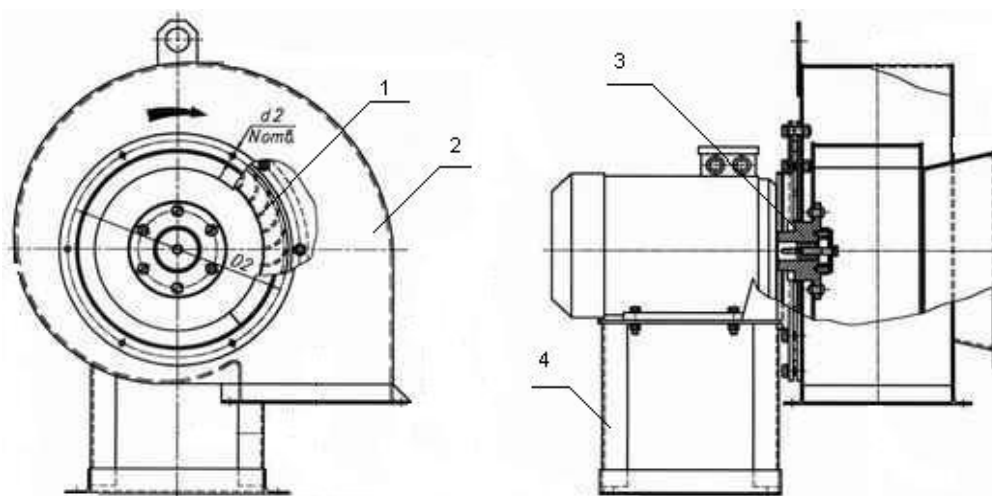


Рисунок 1.2 – Вентиляторы котлового агрегата

1 – лопасти, 2 – улитка, 3 – привод, 4 – рама привода

Тяга в котле обеспечивается с помощью приточно-вытяжной вентиляции, которая организуется с помощью приточного вентилятора и вытяжного вентилятора. Направление воздушного потока определяется спиралевидным корпусом (улиткой). Воздушные потоки регулируются аппаратом управления,

снабженного поворотными лопастями. Лопасты могут обеспечивать полное закрытие или открытие управляющих потоков,

- устройства сжигания газа (мазута) (рисунок 1.3),

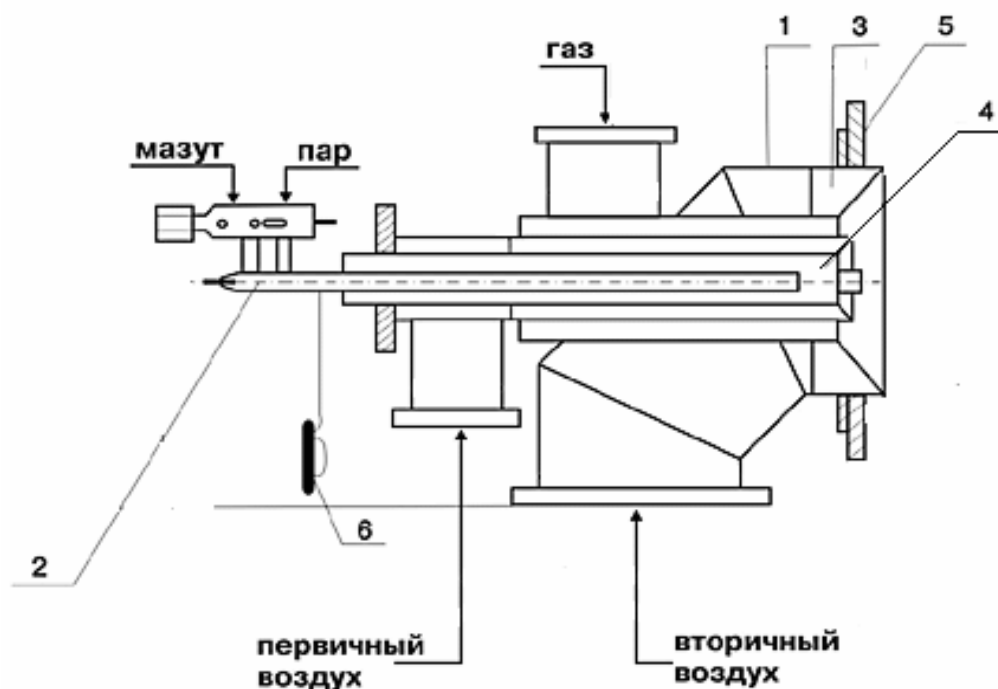


Рисунок 1.3 – Устройство сжигания газа (мазута)

1 – корпус, 2 – форсунка паромеханическая, 3,4 – формователи воздушных потоков, 5 – основание, 6 – пробка

- экономайзер типа ЭТ – устройство водяного подогрева (за счет температуры сгорания топлива). Подогретая вода поступает в котловые емкости. Экономайзер представляет собой теплообменник, оснащенный ребрами, увеличивающими внешнюю площадь. Внутри экономайзера проточно перемещается вода, внешняя поверхность экономайзера нагревается продуктами горения котла. Для повышения КПД внешняя поверхность экономайзера термически изолирована от окружающей среды,

- деаэрационное устройство ДС, которое удаляет из воды, поступающей в емкости котельного агрегата, воздух, а именно, два из его основных компонентов: кислород и углекислый газ. Эти газы увеличивают коррозию активных элементов котла. Процедура осуществляется за счет нагрева воды насыщенным паром. Удаленные газы выходят в атмосферу.

1.3 Возможность автоматизации технологического процесса

Котельный агрегат представляет собой совокупность нескольких контуров регулирования, характеризуемых значительным количеством параметров регулирования и управляющих воздействий. Автоматизация технологического процесса предусматривает автоматизированное управление параметрами путем воздействия управляющими сигналами.

Для осуществления основных технологических функций в котел поступает природный газ и воздух. В результате сгорания появляются продукты сгорания, которые выбрасываются в атмосферу. В емкости поступает вода, а в результате функционирования котла, она превращается в пар.

Контурами регулирования этапов технологического процесса превращения воды в насыщенный пар являются:

- регулирование количества пара, вырабатываемого котлом,
- регулирование количества воздуха, подаваемого для сгорания топлива,
- регулирование величины понижения давления в топке котла,
- регулирование водяного уровня в котловой емкости.

При функционировании котельной установки в топочную камеру должно поступать и сгорать такое количество газа, которое должно соответствовать объему пара, потребляемого производством, а значит производимого котлом. Количество вырабатываемого пара оценивается его выходным давлением. Если сгорает больше газа, чем необходимо, то поднимается температура в котле, что повышает давление в топочной камере. В противном случае, когда газа не хватает, недостаточное количество производимого пара компенсируется за счет тепла воды в котле, при этом давление пара уменьшается. Для обеспечения постоянства парового давления необходимо регулировать открытие клапана подачи газа.

С целью получения оптимальности процесса сгорания природного газа требуется обеспечить подачу определенного объема подаваемого в топочную камеру воздуха. В случае нехватки подаваемого воздуха газ сгорает не полностью, несгоревший остаток уходит в окружающую среду, что приводит к

повышенному расходу газа и загрязнению окружающей среды. При превышении количества подаваемого воздуха происходит полное сгорание топлива, однако оставшийся воздух превращается во вредную двуокись азота, что также загрязняет окружающую среду при выбросе в атмосферу. Оптимальное соотношение количеств газа и воздуха составляет пропорцию 1:10. Количество подаваемого воздуха регулируется путем управления скоростью вращения нагнетательного вентилятора.

Пониженное атмосферное давление в топочной камере необходимо поддерживать для того, чтобы факел горения газа не прижималось ко дну топочной камеры. В противном случае горелка и дно камеры будут подвергаться воздействию высокой температуры, и возможно их прогорание. При этом дымовые продукты сгорания газа попадут в котельный цех, возможно отравление операторов котельной. При превышении некоторого нижнего предела пониженного давления в топочной камере будут происходить подсосы дополнительного воздуха, что будет увеличивать общее количество подаваемого воздуха и приведет к снижению эффективности функционирования котлового агрегата при ухудшении работы вентилятора, удаляющего дым из топочной камеры. Управление необходимым уровнем пониженного давления производится регулированием скорости вращения вытяжного вентилятора.

Соответствие количества подаваемой в котла агрегат воды и количества производимого пара определяется водяным уровнем в верхней емкости. Для обеспечения качественного производства пара необходимо поддерживать надежное функционирования котельного оборудования. При минимизации уровня воды возможно недостаточное циркуляционное заполнение труб топочных экранов. При этом температура труб недопустимо поднимается и возможен их прожог. При превышении допустимого уровня воды ухудшается функционирование химического и механического фильтров и деаэрационного устройства.

Управление уровнем воды в емкости производится с помощью управляющего воздействия на клапан подачи воды.

1.4 Описание существующего комплекса технических средств автоматического управления котельным агрегатом

Существующий комплекс технических средств автоматического регулирования функционирования котельного агрегата состоит из взаимодействующего набора приборов и устройств, реализующих регулирование технологических процессов.

Комплекс представляет собой набор приборов регулирования, организующих процесс автоматического регулирования процессов котловой теплотехники.

Автоматизированная система выполняет следующие функции:

- учет взаимовлияния различных входных сигналов,
- организация постановки задачи управления,
- представление сигнала ошибки управления как отклонения текущего значения регулируемой величины от заданной,
- синтез на основе информационного входного сигнала управления объектами регулирования,
- возможность реализации ручного управления оператором котельной установки,
- организация системы сигналов при превышении предельного уровня значений отклонений текущего значения регулируемой величины от заданной,
- необходимость обеспечения функционирования приборов и устройств регулирования технологического процесса,
- обеспечение визуализации положения устройств регулирования и величин значений сигналов отклонений действующих измеренных значений от заданных.

Входными сигналами настоящей системы автоматического управления являются величины входных сопротивлений датчиков, зависящие от величины регистрируемых параметров. Выходные сигналы формируются в виде импульсных сигналов датчиков напряжения и изменения состояния выходных датчиков управляемых устройств.

Измерительными устройствами системы автоматического управления являются:

- для измерения давления:
 - мембранный манометр,
 - регистрирующий манометр,
 - термометр,
 - датчики, контролируемые:
 - давление поступающей воды,
 - давление пара на выходе котлового агрегата,
 - давление тяги на контуре «котел-труба»,
 - давление изменения напора поступающей и возвратной воды.

Исполнительными механизмами клапанов и заслонок агрегатов котельной системы осуществляется с помощью электрических однооборотных двигателей, положение вала которых контролируется токовыми датчиками.

2. Обоснование необходимости проектирования автоматизированной системы управления

2.1 Недостатки действующей автоматизированной системы управления

Действующая система автоматического управления обеспечивает контроль и регистрацию параметров котельного агрегата, необходимых для его управления:

- давление подаваемого топлива,
- давление подаваемого воздуха,
- давление производимого пара на выходе котла,
- количество воды в емкости,
- температура подаваемой воды,
- температура атмосферного выхлопа,
- уровень пониженного давления в топочной камере,
- расход газа на осуществление технологического процесса,
- расход воздуха на осуществление технологического процесса.

Недостатками действующей системы управления котельным агрегатом являются:

- действующая система управления предназначена только для реализации простых управляющих алгоритмов,
- компоновочная схема системы управления позволяет осуществить ее размещение только на щитах управления,
- система управления низкого уровня автоматизации имеет значительное количество приборов управления и автоматизации, что приводит к снижению качества управления при одновременной повышении стоимости системы,
- существующая система и ее комплектующие имеют значительный физический и моральный износ, что приводит к значительному снижению эффективности функционирования котельного агрегата, что приводит к увеличению стоимости производства насыщенного пара при одновременном снижении его производительности и надежности.

В результате применения устаревшей системы промышленной автоматизации котла МКЗ существует опасность нормального функционирования котлового агрегата в частности и котельного цеха вообще, что влияет на безопасную работу производства в целом. Поэтому с учетом повышения эффективности функционирования котельного производства насыщенного пара, необходимо повысить надежность и безопасность производства при снижении себестоимости производства продукции, которой в данном случае является насыщенный пар.

В данной бакалаврской работе рассматриваются предложения по разработке и внедрению более совершенной системы автоматизированного управления технологическим процессом производства пара, что обеспечит значительное повышение эффективности, надежности, безопасности и экономичности производственного процесса.

2.2 Необходимость автоматизации процесса управления технологическими параметрами

Процесс управления питанием котельной системы и управления давлением в котловом агрегате определяется управлением процесса уравнивания количеств производства промышленного пара и объемом подаваемой воды. Количественное уравнивание параметров определяется контролированием водяного уровня в котельной емкости. Эффективность функционирования котлового агрегата в основном зависит от процесса управления уровнем воды. Недопустимое понижение водяного уровня возникает вследствие увеличения давления в системе котла, что ухудшает циркуляционные процессы в трубах топочных экранов, что приводит к недопустимому разогреву труб, а затем к их прожогу.

Предельное увеличение водяного уровня тоже может привести к аварии котельного агрегата. При этом вода может поступать в устройства подогрева производимого пара, что, возможно, приведет к его разрушению.

С учетом вышеописанных причин несоблюдения требуемого уровня воды в емкости котла и последствий этих отклонений необходимо учитывать важную значимость соблюдения требований технологического регламента. При подаче воды в котловый агрегат необходимо учитывать равномерность его вода обеспечения. Равномерность вода обеспечения заключается в исключении частых и значительных изменений водяного уровня, ведущих к неравномерности изменения ее уровня в емкости котла. Такие изменения приводят к возможным температурным воздействиям на экономайзер, что может привести к его выходу из строя.

Для компенсации результатов последствий резкого значительного изменения уровня воды, емкости котла в условиях естественной водяной циркуляции имеют возможность аккумуляции температуры воды. Такая аккумуляция обеспечивает сглаживание переходных процессов при управлении технологической операцией подачи воды. Однако, если в установившемся режиме функционирования котла уровень воды зависит от соотношения процессов ее подачи и потребления, то в условиях переходного режима состояние уровня воды зависит от множества причин. Основными причинами являются:

- количество расходуемой воды,
- изменение объема производимого пара, расходуемого потребителем,
- изменение объема производимого пара при изменении объемов газа и воздуха, поступающих в топочную камеру котла,
- изменение температуры воды.

Соблюдение пропорционального соотношения (1:10) природного газа и воздуха, подаваемых в топочную камеру котла, важно с точки зрения эффективности и стоимости функционирования котельной установки. В процессе сгорания природного газа особое значение имеет количество воздуха, подаваемого в зону горения. С химической точки зрения процесс сгорания природного газа является химической реакцией окисления топлива. При этом кислород для окисления в составе атмосферного воздуха, втягивающегося

вентилятором, поступает в топочную камеру. Если количества воздуха в топочной камере недостаточно, то это приводит к неполному сгоранию газа. Оставшийся газ выходит в атмосферу. Это приводит к загрязнению атмосферы и повышению себестоимости функционирования котельного оборудования. Если количества воздуха в топочной камере избыточно, то это приводит к понижению топочной температуры. При пониженной топочной температуре подаваемое топливо полностью сгорает, но в топочной камере образуется диоксид азота, который при выбросе в атмосферу наносит вред окружающей среде.

Автоматизированная система управления давлением в топочной камере позволяет обеспечить наддув топочной камеры путем затягивания дополнительного объема воздуха, при условии поддержки постоянного уровня пониженного давления. Если зона пониженного давления отсутствует или уровень понижения недостаточен, то пламя сгораемого газа будет соприкасаться с дном топочной камеры и поверхностью горелки, что может привести к их прогоранию и выходу их строя. При таких условиях функционирования котельной установки газы, возникающие при сгорании топлива, могут попасть в помещение котельного цеха, что окажет неблагоприятное воздействие на операторов котельной.

Вода, поступающая в котельное оборудование, не является дистиллированной, а, значит, содержит примеси различных солей. Процентное содержание примесей в поступающей воде должно соответствовать нормам. Однако при реализации технологического процесса паропроизводства, вода превращается в пар, а примеси сохраняются в оставшейся воде, а со временем их концентрация увеличивается. В зависимости от плотности солей образуется шлам, который кристаллизуется в воде котла. Шлам также имеет разную плотность. Тяжелый шлам оседает внизу котловых емкостей и труб.

При превышении предельной концентрации соль может попасть в устройство подогревания пара, что может привести к его перегреву и выходу из строя. Для повышения эффективности функционирования котлового

оборудования шлам удаляется путем непрерывной продувки котла. Режимы продувки не регулируются, а автоматически рассчитываются в зависимости от величины допустимо возможной доли примесей в воде котлового агрегата. При превышении величины допустимых примесей в воде производится продувка емкостей и труб котла. Таким образом, чем меньше солей в воде и выше допустимый предел примесей, тем реже производится продувка. Следует учитывать, что при продувке теряется часть котловой воды, что, в свою очередь, приводит к необходимости закачки новой порции воды, в которой также присутствуют солевые примеси.

С точки зрения безопасности функционирования котлового оборудования при автоматизации технологического процесса производства пара необходимо обеспечить наличие системы сигнализации, контролирующей достижение предельного значения параметров оборудования и включение защиты системы паропроизводства. Оператор котельной установки не может иметь физической возможности контроля указанных параметров, поэтому отсутствие сигнализации может привести к аварийной ситуации.

Последствиями аварийной ситуации и мерами ее предотвращения могут быть:

- понижение уровня воды в емкости, последующее ухудшение циркуляции воды и прожог дна котлового агрегата: экстренно сработавшая защитная система уменьшает нагрузку на генератор пара,

- снижение количества потребляемого пара, последующее уменьшение нагрузки на генератор пара и неустойчивое сгорание топлива с возможностью полного его прекращения: защитная система обеспечивает гашение пламени горелки.

Защитная система обеспечивает надежность функционирования котельного оборудования. Эффективность функционирования защитной системы зависит от вида, надежности, количества и схемы включения устройств безопасности.

Устройства защитной системы в соответствии с выполняемыми функциями делятся на:

- глобальные, воздействующие на останов котельного агрегата, и
- локальные, воздействующие на отдельные системы котельного оборудования, например, на уменьшение нагрузки на генератор пара.

2.3 Выбор каналов регулирующих воздействий

Процесс производства насыщенного пара характеризуется достаточным количеством параметров, влияющих на ход технологического процесса. Поэтому из этого множества следует выделить те параметры, которые являются наиболее влияющими, ими необходимо управлять и регулировать путем введения регулирующих воздействий. Для каждого такого параметра необходимо оценить степень его влияния на качество производства насыщенного пара и выбрать управляющие критерии с определением требуемых значений и воздействующих параметров. Причем при анализе управляемых характеристик технологического процесса необходимо оценить взаимозависимость регулируемых параметров.

Эффективность функционирования системы котельного оборудования зависит от температуры воды, поступающей в емкость котла. Величина этого показателя зависит от следующих факторов:

- объема воды, расходуемого котлом при паропроизводстве,
- объема природного газа, расходуемого для подогрева воды,
- объема воздуха, расходуемого на оптимизацию процесса сгорания топлива,
- величины пониженного давления в топочной камере,
- температуры воды, возвращаемой в котел в процессе паропроизводства.

Обеспечить стабилизацию всех параметров за счет устранения всех возмущений невозможно, т.к. параметры расходуемых объемов газа и воздуха, а также пониженное давление взаимосвязаны. Возможно устранение только

одного возмущения – количества воды, расходуемого котлом. Объем воды остается стабильным при условии добавления в возвращаемую воду воды, пропущенной через фильтр химической очистки.

Следует учитывать, что температура подаваемой в котел воды зависит от температуры окружающей среды. Таким образом, особенно эффективным для функционирования котельной установки является регулирование количества подаваемого газа.

Наиболее эффективно в данном случае применение каскадно-связанного регулятора с главным регулятором. Главный регулятор оценивает изменение температур окружающей среды и поступающей воды. Для регулирования количества подаваемого газа используются сигналы температурных датчиков, измеряющих температуру подаваемой воды и температуру возвращаемой воды. В результате управление количеством подаваемого газа зависит от значений следующих температур:

- температуры окружающей среды,
- температуры поступающей воды,
- температуры возвращаемой воды.

Подача воздуха должна обеспечивать полное сгорание поступающего природного газа. При недостатке воздуха топливо будет сгорать не полностью, остаток топлива будет выбрасываться в атмосферу. При превышении требуемого количества подаваемого воздуха тепло, получаемое при сгорании топлива, будет выбрасываться вместе с излишками воздуха в окружающее пространство. Управление процессом горения газа возможно с помощью регулирования пропорционального соотношения количества природного газа и воздуха. При изменении качества поступающего топлива установленное соотношение 1:10 может не обеспечивать оптимального режима процесса сгорания газа. Поэтому для контроля этого процесса целесообразно измерять количество кислорода в выбрасываемых из котельного агрегата газах. В результате поступление воздуха будет зависеть от количества сжигаемого газа с учетом доли кислорода в выбрасываемых газах. Конструкция воздушной

магистральной котлоагрегата не предусматривает управление количеством подаваемого воздуха, поэтому целесообразно обеспечить косвенное регулирование давлением подаваемого воздуха.

Нормальный процесс сжигания газа в топочной камере обеспечивается поддержанием пониженного атмосферного давления в верхней части топочной камеры. При снижении давления ниже допустимого уровня пламя может погаснуть, при этом котлоагрегат выключится, при превышении допустимого уровня факел может оторваться от горелки, что приведет к неполному сгоранию топлива. Допустимый уровень пониженного давления регулируется расходом воздуха путем управления вентилятором выброса газов.

В результате анализа возможных каналов регулирующих воздействий целесообразно для управления котельным оборудованием применять следующие системы автоматического регулирования:

- расходом поступающего природного газа,
- расходом и давлением поступающего в топочную камеру воздуха,
- температурой в топочной камере,
- уровнем воды в емкости.

2.4 Выбор величин контроля и сигнализации

Выбор величин, которые надо контролировать должен обосновываться максимальной информацией о технологическом процессе производства пара при минимальном количестве указанных величин. Контролируются величины, которые являются определяющими для обеспечения оперативного управления паропроизводством, его запуска и останова. Такими величинами являются:

- параметры, определяющие режим проведения технологического процесса,
- параметры, определяющие выходные характеристики технологического процесса,

- параметры, определяющие входные возмущения технологического процесса.

Необходим контроль параметров, определяющих выполнения технологического регламента производственного процесса.

Контролируются также все параметры регулирования:

- расход возвратной воды,
- температура возвратной воды,
- температура поступающей воды,
- давление поступающего воздуха,
- количество кислорода в атмосферном выхлопе газов,
- уровень давления в топочной камере.

Кроме вышеуказанных контролируются следующие параметры:

- давление воды, поступающей в котел,
- давление возвратной воды,
- расход поступающей воды,
- температура выходных котельных газов,
- выходное давление напорного вентилятора,
- входное давление топлива,
- давление газов перед вентилятором, обеспечивающим атмосферный выхлоп,
- уровень угарного газа в помещении котельного цеха,
- наличие факела сгорания газа в топочной камере.

Эффективность функционирования котельного оборудования оценивается при контроле расходов газа и воды.

Для контроля наличия или отсутствия подачи воды в котел необходимо измерять давление воды: чем меньше расход, тем ниже давление.

При контроле эффективности функционирования котла необходимо измерять температуру газов, выбрасываемых в атмосферу.

Контроль работоспособности нагнетательного вентилятора осуществляется измерением давления воздуха на его выходе: давление воздуха

снижается, если вентилятор неисправен или функционирует неправильно ввиду неисправной воздушной заслонки. Последствием пониженного давления воздуха может быть отсутствие факела сгорания газа в топочной камере или его отрыв от горелки ввиду увеличения разряжения в топочной камере.

Отсутствие факела в топочной камере возможно также при недопустимом снижении давления подаваемого топлива, поэтому нужно осуществлять контроль величины давления.

Если в котельной установке возникает недопустимое снижение давления воздуха, то возникает увеличенный подсос атмосферного воздуха, что снижает эффективность функционирования котельного оборудования ввиду увеличения тепла и повышения температуры в газах, выбрасываемых в атмосферу. Следовательно, необходимо контролировать давление воздуха перед выбрасывающим вентилятором.

Угарный газ опасен для персонала, обслуживающего котельный цех, следовательно, необходимо обеспечить контроль в производственном помещении.

Отсутствие факела в топочной камере приводит к тому, что в топочной камере и котле возникает недопустимая концентрация газа. Для предотвращения опасности взрыва необходимо контролировать наличие факела в топочной камере.

Должны сигнализироваться изменяющиеся параметры, которые могут быть причиной аварии, травматизма или серьезных отклонений от выполнения технологического регламента. Такими параметрами являются:

- повышенная температура на выходе котла,
- изменения давления топлива,
- пониженное давление возвратной воды,
- наличие факела сгорания газа,
- пониженное давление воздуха,
- повышенное разряжение газов, выбрасываемых в атмосферу,
- снижение расхода топлива,

- повышения уровня кислорода в выбрасываемых газах.

Производственный персонал котельного цеха при включении сигнальных устройств обязан ликвидировать нестандартную ситуацию. При невозможности ликвидации нестандартной ситуации, если принятые меры не приведут к ее ликвидации, а тревожный параметр достигнет предельного (аварийного) уровня, срабатывают противоаварийные системы. Такие системы функционируют в автоматическом программном режиме и имеют следующие возможности:

- перенаправление энергии и материалов,
- аварийные отключения объектов во избежание аварии,
- включение систем ликвидации аварийной ситуации.

Отключение котла происходит при возникновении следующих ситуаций:

- перегрев котельной воды на выходе котла,
- изменение давления (понижение или повышение) котельной воды на выходе котла,
- изменение давления подаваемого топлива,
- снижение давление поступающего воздуха,
- уменьшение давления в топочной камере,
- увеличение давления возвратной воды,
- отсутствие факела сгорания газа в топочной камере.

Отключение котлового агрегата в аварийном режиме происходит при отключении подачи природного газа в топочную камеру. Это происходит при возникновении любой из вышеперечисленных ситуаций.

2.5 Оценка преимуществ модернизированной системы управления

Преимущества автоматизации функционирования котельного агрегата МЗК с помощью модернизированной системы управления заключаются в следующем:

- автоматизированное сопровождение сложных процессов, протекающих в котлоагрегате,

- надежное управление указанными процессами, благодаря использованию средств информационно-измерительной техники.

В настоящее время система автоматизации технологического процесса парообразования основывается на локальном регулировании отдельных этапов технологического процесса. Предлагаемый программно-технический комплекс позволяет обеспечить точное регулирование технологических параметров, ответственных за выполнение технологического регламента (таблица 2.1) производства насыщенного пара. При этом снижаются расходы сырья (газа и воздуха) и энергии (питание систем автоматизации котельного агрегата), что приводит к снижению себестоимости производства насыщенного пара.

Таблица 2.1 – Параметры технологического регламента производства насыщенного пара

Параметр	Уровни		
	мин.	норм.	макс.
Выход пара, тонна в час	9,5	10,0	10,5
Температура пара, °С	535	540	545
Котельное давление, МПа	1,33	1,40	1,47
Температура подогретой подаваемой воды, °С	190	200	210
Расход топлива, куб.м в час	237,5	250,0	262,5
Кислород в атмосферных газах, %	1,33	1,40	1,47
Температура выбрасываемых газов, °С	180,5	190,0	199,5
Давление подаваемого топлива, Мпа	0,0475	0,0500	0,0525
Мин. давление в камере, мм вод.ст.	4,75	5,00	5,25
Уровень воды в емкости, мм	-100	0	+100
Расход возвратной воды, куб.м в час		17	
Давление подаваемой воды, Мпа	1,805	1,900	1,995

3. Комплектация автоматизированной системы управления

В соответствии с количественными и качественными характеристиками регулируемых параметров в целях автоматизации работы котельного оборудования выбираем программируемый логический контроллер SIMATIC S7-200 компании Siemens.

Выбранный программируемый логический контроллер позволяет с помощью модульной компоновки в соответствии с количеством управляемых параметров увеличивать количество модулей входа-выхода, соответствующих необходимому объему контролируемых и обрабатываемых параметров.

Программируемый логический контроллер имеет достаточную вычислительную мощность для обработки требуемого объема входящих данных и развитые средства сетевой поддержки. Это позволяет организовать многоуровневую систему управления котлоагрегатом.

Для установки модулей используется корпус-«корзина».

Комплектация программируемого логического контроллера состоит из следующих модулей:

- модуль центрального процессора,
- модули ввода-вывода SIMATICSM 231:

в состав данных модулей ввода-вывода входят следующие модули:

- дискретный модуль ввода-вывода Vi/o16 DC24, 16 входов, 16 выходов, 24 В, постоянный
- дискретный модуль ввода Vi 32 DC24, 32 входа, 24 В, постоянный,
- дискретный модуль ввода Vi16 AC220, 16 входов, 220 В, переменный,
- дискретный модуль вывода Vo32 DC24, 32 выхода, 24 В, постоянный,
- дискретный модуль вывода Vo16 AC, 16 выходов, 220 В, переменный,

- коммутатор дискретных входов МРХ64, 64 входа, 24 В, постоянный,
- модуль аналоговых входов Ai-ТС, 16 входов от термопар,
- модуль аналоговых входов тока или напряжения Ai-NOR/RTD-1, 20 входов,
- модуль аналоговых входов тока или напряжения Ai-NOR/RTD-2, 16 входов, два термопреобразователя сопротивления,
- модуль аналоговых входов тока или напряжения Ai-NOR/RTD-3, 12 входов, четыре термопреобразователя сопротивления,
- модуль аналоговых входов тока или напряжения Ai-NOR/RTD-4, 8 входов, шесть термопреобразователей сопротивления,
- модуль аналоговых входов тока или напряжения Ai-NOR/RTD-5, 4 входа, восемь термопреобразователей сопротивления,
- модуль аналоговых входов тока или напряжения Ai-NOR/RTD-6, 2 входа, десять термопреобразователей сопротивления;
- модуль РО-16, пульт (дисплей - 16 символов, 24 клавиши).

Подготовка и отладка прикладных программ для программирования логического контроллера с целью автоматизации котельного оборудования производится с помощью персонального компьютера. Причем, возможно одновременное функционирование программного логического контроллера в штатном режиме при условии функционирования программного обеспечения модулей с сетевой поддержкой локальных сетевых каналов для обеспечения информационного обмена, и отладка прикладных программ, обеспечивающих автоматическое функционирование отдельных модулей.

3.1 Модульное комплектование программируемого логического контроллера

Функцией процессорного модуля является организация работы локальных систем управления в автономном и сетевом режимах.

Модули ввода-вывода организуют связь модуля центрального процессора с управляемыми объектами котельного оборудования. Связь модулей ввода-вывода с модулем центрального процессора осуществляется по шине расширения.

Подключение промышленного логического контроллера возможно по локальной сети BITNET. Архитектура сети предусматривает подчиненное подразделение устройств ведомый-ведущий. Физически сеть представляет собой моноканал с использованием витой пары. Для подключения устройств используется интерфейс RS485. Максимальное количество сетевых подключений 255. Процессорный модуль может обеспечивать сетевой обмен по двум локальным сетям BITNET, причем он может являться в любой сети как ведущим так и ведомым устройством.

При организации взаимодействия систем управления нескольких котельных агрегатов в составе котельного цеха в зависимости от количества котельных агрегатов и размеров локальной сети возможно применение различных процессорных модулей: CPU-200 и CPU-320DS.

Модуль процессора CPU-200 с возможностью подключения к двум локальным сетям описан ранее. Корзина промышленного логического контроллера с процессорным модулем CPU-200 должна оснащаться модулем блока питания, обеспечивающим питание модулей программируемого логического контроллера.

Модуль процессора CPU-320DS имеет возможность выполнять сопутствующую сетевую функцию – ретранслировать сетевой сигнал в активном режиме при условии применения двухсегментной локальной сети, причем к каждому сегменту может быть подключено до тридцати двух абонентов.

В комплект процессорного модуля CPU-320DS (таблица 3.1) входит источник питания. Комплектный источник питания используется для питания собственно процессорного модуля и до 10 входных и выходных модулей.

Таблица 3.1 Характеристики процессорного модуля

Характеристика	Значение
Процессор	DS80C320
Время передачи данных между регистрами, нс	181
Период хранения данных при отключенном питании, лет	5
Тип последовательного интерфейса	RS485 или RS232
Время доступа к внешним устройствам, нс	1266
Скорость сетевой передачи данных, кБод	1,2...115,2
Физическая среда передачи данных	экранированная витая пара
Мощность блока питания, максимальная, Вт	20
Соединение процессорного модуля с модулями ввода-вывода	34-жильный плоский гибкий кабель
Количество модулей ввода-вывода при подключении, максимальное	16

Аналоговый модуль ввода SIMATICS7 SM 231 автоматически сканирует и преобразует аналоговые сигналы, поступающие от датчиков, установленных на устройствах котельных систем, и резистивных термопреобразователей, в дискретную форму. Преобразованные цифровые данные затем сохраняются в области памяти, которая доступна по шине расширения процессорному модулю.

Аналоговые модули ввода подключаются к процессорному модулю. Их число ограничивается возможностями процессорного модуля и мощностью встроенного в процессорный модуль блока питания. Однако организация адресного пространства регистров процессорного модуля ограничивает количество аналоговых модулей ввода до восьми.

В связи с возможным применением нескольких модулей аналогового ввода-вывода их аппаратная адресация в адресном пространстве процессорного модуля производится использованием переключателя адреса в конструкции

модуля аналогового ввода-вывода. Каждый модуль аналогового ввода-вывода имеет индивидуальный адрес.

Аналоговый модуль ввода Ai-NOR/RTD преобразует аналоговые сигналы, в частности сигналы термосопротивлений в дискретные сигналы.

После автоматического подключения цепей входных сигналов производится их преобразование вида «аналог-частота» с возможностью программной установки времени преобразования. При этом происходит линейное преобразование напряжения входа в частотный сигнал.

На выходе преобразователя информация, представляющая количество импульсов, регистрируемых за определенный промежуток времени, сохраняется в счетчике импульсов, входящего в состав аналогового модуля. Сохраненная цифровая информация, зафиксированная в счетчике, представляет собой значения, соответствующие аналоговому входному сигналу.

Модуль центрального процессора обрабатывает сохраненную цифровую информацию и производит ее обработку с выполнением следующих операций:

- приведение сигналов к линейному виду при возникновении внешних помех для обработки,
- компенсация погрешностей обрабатываемых сигналов, связанных с температурным дрейфом источников,
- компенсация смещений величины измерительных сигналов, вызванных погрешностями измерительных устройств,
- диагностика работоспособности и погрешностей аналоговых датчиков.

Данные, необходимые для реализации вышеуказанных операций, сохраняются при программировании устройства постоянной памяти модуля центрального процессора. А затем по шине расширения центрального процессора пересылается в его оперативную память для окончательной обработки. При этом в оперативной памяти сохраняется код передаваемой команды и адрес аналогового канала ввода.

Аналоговый модуль после считывания принятой команды проверяет полноту обработки требуемого сигнала и записывает код ответа в запоминающее устройство.

При получении ответной информации процессорный модуль сохраняет цифровой сигнал, соответствующий аналоговому каналу, и приступает к обработке сигнала очередного канала, которая заключается в генерации запроса и получении информации от этого канала.

После завершения ввода информации от последнего аналогового канала процессорный модуль формирует запрос к аналоговому регистру, где зафиксирована информация о состоянии устройств программируемого логического контроллера и исправности аналоговых датчиков. После считывания указанной информации процессорный модуль приступает к опросу первого канала аналогового ввода.

В оперативной памяти процессорного модуля сохраняется содержимое памяти аналогового ввода-вывода, которое загружается в оперативную память при включении питания. Там же сохраняется содержимое управляющего регистра, ответственного за аналоговый ввод данных. Данные, записанные в модуле аналогового ввода-вывода могут считываться и устройством управления верхнего уровня, например программируемым логическим контроллером, обслуживающим локальные системы управления нескольких котельных агрегатов.

Дискретный модуль ввода-вывода SIMATICS7 SM 221 (таблица 3.2) выполняет преобразование дискретных информационных входных сигналов внешних устройств в цифровую форму требуемой разрядности для последующей передачи по шине расширения в модуль центрального процессора и обратного преобразования цифровых данных, которые поступают от модуля центрального процессора в двоичные сигналы для организации управления соответствующими периферийными устройствами.

Для обеспечения работоспособности необходимо снабдить дискретный модуль ввода-вывода гальванической развязкой с внешними устройствами.

Таблица 3.2 Характеристики SIMATIC S7 SM 221

Количество входов-выходов	16-16
Гальваническая развязка	групповая (общий провод)
Питание входов	внешнее, 24...36 В
Логическая 1	более 15 В
Логический 0	менее 9 В
Питание выходов	внешнее, 5...40 В
Входной ток	номинальный, 10 мА
Выходной ток	максимальный, 2 мА
Питание модуля	+5 В
Потребляемый ток	150 мА

3.2 Подключение цифровых датчиков и внешних устройств к модулю ввода-вывода

Для подключения цифровых датчиков и внешних устройств к модулю ввода-вывода используются разъемы XD 1...XD 4 (рисунок 3.1). Разъемы XD 1 и XD 2 применяются для подключения внешних устройств Y1...Y16, а разъемы XD 3 и XD 4 – для подключения цифровых датчиков K 1...K 16.

Характеристика мощности источника питания должна соответствовать суммарной мощности подключаемых нагрузок, поэтому для питания используется источник 220БП24 с током нагрузки 0,7 А или источник с аналогичными характеристиками.

В случае, когда гальваническая развязка групп по восемь выходов не нужна, рекомендуется объединить источники U 1...U 2 по питанию -24 В. В данном случае возможно также использование одного источника питания, если его мощность достаточна для питания всех подключаемых устройств.

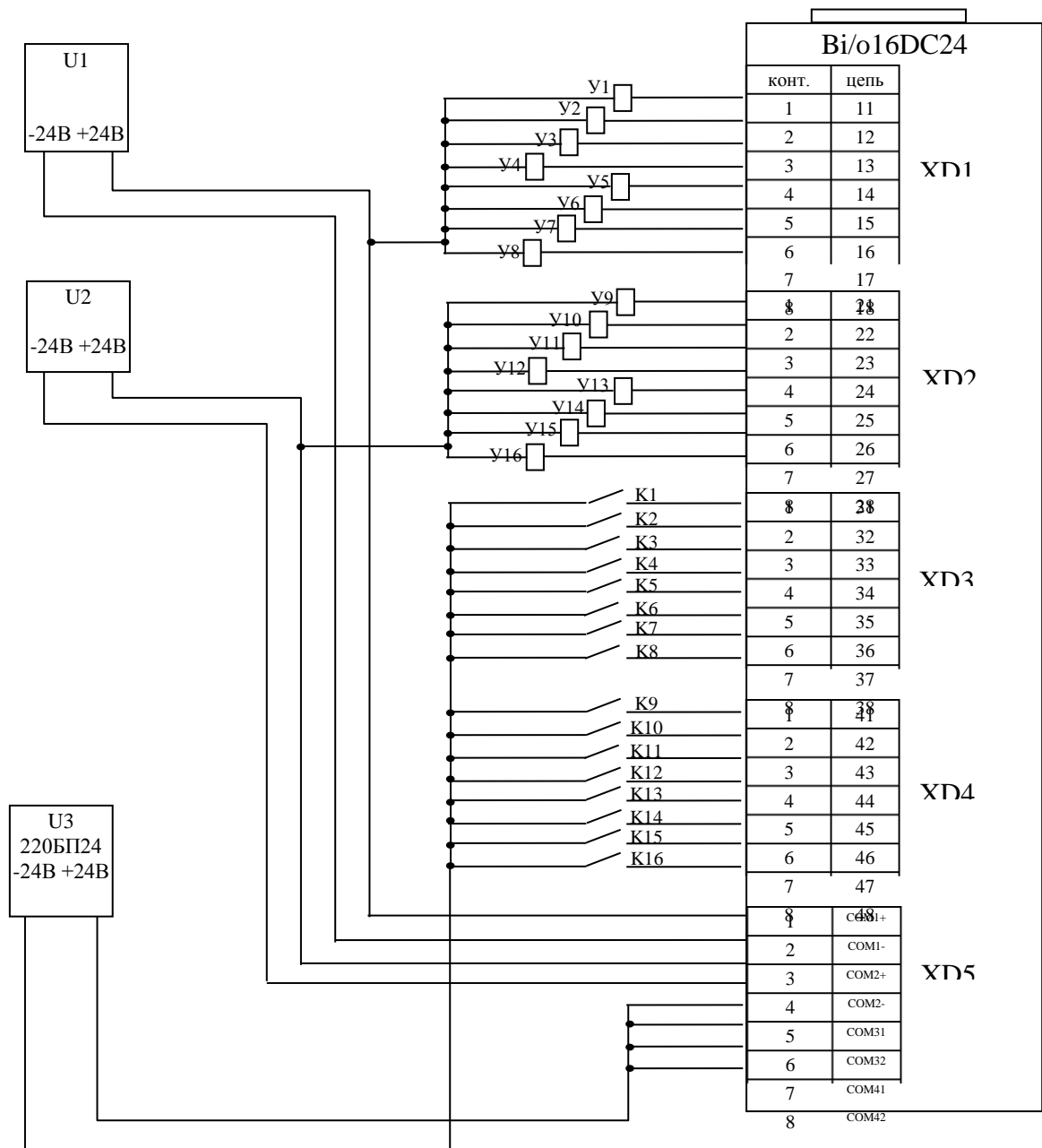


Рисунок 3.1 – Подключение дискретных датчиков исполнительных механизмов

4. Разработка интерфейса автоматизированного рабочего места оператора котельной

4.1 Организация оперативно-диспетчерского управления программно-техническими средствами фирмы Siemens

В настоящей работе рассматривается пример реализации системы автоматизированной поддержки функционирования промышленных котельных на основе ПЛК Siemens SIMATIC S7-200.

Эксплуатируемое оборудование промышленного энергоснабжения, в частности котельные установки по производству насыщенного пара физически и морально устарело. Однако потребности промышленных предприятий в энергетических ресурсах непрерывно увеличиваются. Поэтому появляется необходимость в модернизации значительной части функционирующих энергопроизводящих систем.

В данном случае модернизация не должна сводиться лишь к замене котельных установок. Прежде всего, необходима модернизация автоматизированных систем управления указанными установками. Это позволит повысить качество реализуемых технологических процессов, снизить себестоимость паропроизводства, улучшить эксплуатационное обслуживание котельных установок оперативным персоналом с одновременным снижением вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Эксплуатируемые системы автоматизации оперативно-диспетчерского управления применяют оборудование автоматического управления с недостаточным быстродействием, объединенное низкоскоростными каналами связи, не обеспечивающими требуемую в настоящее время надежность функционирования оборудования вообще и каналов связи в частности. Резкий качественный скачок в области промышленных телекоммуникационных систем позволяет эффективно организовать автоматизированные рабочие места для диспетчеризации производственных процессов. В основе организации автоматизированных рабочих мест находится использование современной

вычислительной техники, оснащенной скоростными средствами связи с управляемым объектом и специализированное программное обеспечение.

Программно-технический комплекс SICAM PAS представляет собой современное, эффективное и легко масштабируемое решение компании Siemens. Программно-технический комплекс применяется для организации автоматизированных рабочих мест в энергетике. Одной из отличительных особенностей программно-технического комплекса является возможность работы с последовательными протоколами передачи данных и с протоколами семейства TCP/IP, обеспечивающими высокоскоростной обмен.

Предлагаемый программно-технический комплекс эффективно решает основные задачи автоматизации рабочего места оператора диспетчерской службы:

- производит сбор данных и их маршрутизацию,
- обеспечивает протокольные преобразования,
- осуществляет обмен информацией с верхним уровнем управления,
- поддерживает работу человеко-машинного интерфейса для эффективного взаимодействия с оперативно-диспетчерским персоналом с интеллектуальной обработкой, местным и удаленным отображением информации, формированием архивов и протоколов, экспортом и импортом информационных файлов.

Для информационного взаимодействия с уровнем локальных систем управления и верхним уровнем автоматизированной системы программно-технический комплекс поддерживает протоколы Profibus DP, Modbus.

Программно-технический комплекс включает виртуальный контроллер, реализующий любые функции оперативно-диспетчерского управления и обработки данных.

Программно-технический комплекс обеспечивает резервирование каналов приемопередачи данных и соответствующих станций. Штатные программы обеспечивают управление информационными потоками в режиме реального времени, фиксируют и редактируют значения параметров

управления, генерируют управляющие воздействия. Для повышения надежности и эффективности программно-технического комплекса предусмотрена оперативная отладка и диагностика всей системы.

4.2 Тестирование средств сбора и отображения информации SCADA-системы

Для проведения тестирования разработанной SCADA-системы имеются средства, предназначенные для проведения тестирования системы и ее диагностики. Однако их уровень часто не обеспечивает эффективность работы разработчиков SCADA-системы. Исходя из данных соображений для отладки и тестирования разработанной системы используется универсальная программная утилита, используемая для тестирования проектов, разработанных с помощью средств SCADA-системы SIMATIC WinCC.

Для проведения тестирования SCADA-системы обычно необходимо разрабатывать элементы программной имитации значений параметров управления технологическим оборудованием. В результате возможна программная избыточность текущих вариантов проекта. Такую избыточность необходимо устранять из окончательного проектного варианта. Универсальное программное обеспечение, имитирующее значения параметров, повышает эффективность деятельности разработчика проекта.

4.2.1 Отладка системы сообщений и сигнализации

Система, обеспечивающая генерацию сообщений и предупреждающих и аварийных сигналов, является одной из основных систем автоматизированной системы управления. При ее конфигурировании возможны различные ошибки разработчиков (текстовые ошибки, некорректное описание типа сообщения о совершении конкретного события). В результате этого возможна неправильная

реакция оперативного персонала по устранению аварийной ситуации при эксплуатации автоматизированной системы управления.

При наличии большого числа различных сообщений системы ее отладка может быть достаточно длительной, что не гарантирует обнаружение и исправление всех погрешностей. Обыкновенного конфигурационного контроля проекта может быть недостаточно, поэтому необходимо тестировать проект в режиме реального времени для того, чтобы оценить реальную реакцию системы на возникновение каждого события. Такое тестирование включает следующие этапы:

- локальное тестирование, не предусматривающее связь с программируемым логическим контроллером. На этом этапе осуществляется тестирование графического пользовательского интерфейса и системы генерации сообщений и предупреждающих и аварийных сигналов,

- тестирование с программируемым логическим контроллером. На данном этапе производится проверка взаимодействия уровней управления автоматизированной системы, выявляются ошибки адресации тегов. Внесение изменений в проект не предусматривается.

Тестирование проекта организуется следующим образом. Если значение тега при исполнении проекта в режиме реального времени изменяется, то должно появиться соответствующее сообщение с корректным отображением цветовой сигнализации на мнемосхемах. Такой тест эффективно проводится с использованием утилит контроля изменения значений тегов. При этом можно проконтролировать:

- произвольное изменение значений параметров технологического процесса,

- изменение значений параметров в заданной последовательности,

- имитацию поведения объекта управления.

Произвольное изменение значений требуется в процессе разработки проекта во время настройки отдельных экземпляров графических объектов, используемых на мнемосхемах.

Для проверки системы сообщений достаточно последовательного изменения значений соответствующих тегов. Причем необходимо проверить, что система верно реагирует на изменение каждого отдельного параметра.

Имитация поведения объекта – трудоемкая задача, обычно сравниваемая с трудоемкостью разработки самой автоматизированной системы управления. Однако для тестирования проекта, не содержащего сложных алгоритмов управления, достаточно разработки сценария, включающего список параметров и несложные законы их изменения. Такой сценарий представляется в табличной форме и для его создания и редактирования достаточно использования табличного процессора MS Excel, что не требует от испытателя каких-либо дополнительных знаний.

4.2.2 Анализ результатов тестирования

Корректность функционирования системы оценивается испытателем. При этом программное обеспечение изменяет значения тегов в соответствии с тестировочным сценарием. При корректной работе программы после каждого изменения значения тега появляется соответствующее сообщение. В случаях, когда объект автоматизации состоит из множества однотипных элементов, сообщения по каждому элементу будут отличаться только местом возникновения события, и, следовательно, любые другие различия в текстах сообщений сразу будут заметны.

В идеальном варианте приложение должно само оценивать результаты тестирования на основе заданных в сценарии критериев правильности.

В проектах с несколькими операторскими станциями, сигнализация может быть настроена индивидуально для каждой станции, при этом проверять их требуется одновременно.

При разработке множества взаимосвязанных проектов, объединенных общими правилами разработки, например при автоматизации оборудования котельного цеха, включающего котельное оборудование различного типа и

назначения, требуется встраивание утилиты изменения значений тегов в тестировочную программу.

Для тестирования отдельных проектов автоматизации необходимы:

- утилита имитации значений тегов,
- набор законов, по которым изменяются параметры.
- необходимые офисные приложения для представления сценария в табличной форме.

4.2.3 Разработка имитаций значений тегов для SCADA-системы

SCADA-система SIMATIC WinCC – компьютерная система, предоставляющая значительные функциональные возможности для построения автоматизированных систем управления различного назначения.

WinCC построена по модульному принципу и состоит из набора модулей базового пакета и дополнительных опций, зависящих от специализации обслуживаемого оборудования. Каждый модуль состоит из редактируемых систем исполнения и разработки.

При разработке SCADA-системы автоматизации котельной установки применялась программа имитации назначений тегов Tag Simulator for WinCC (рисунок 4.1) из набора утилит SIMATIC WinCC Smart Tools. Программа содержит ограничения на 300 тегов. Однако, это вполне было достаточно для тестирования нашей SCADA-системы автоматизированного управления котельным оборудованием, реализованной с помощью WinCC.

Применяемый пакет Open Development Kit предоставляет описание интерфейсных функций WinCC. На базе описания интерфейсных функций мы организовываем буфер обмена между средой WinCC и программой, имитирующей работу объекта автоматизации, в частности чтение и запись тегов. Причем организацию обмена можно контролировать в приложении Sim Tags (рисунок 4.2).

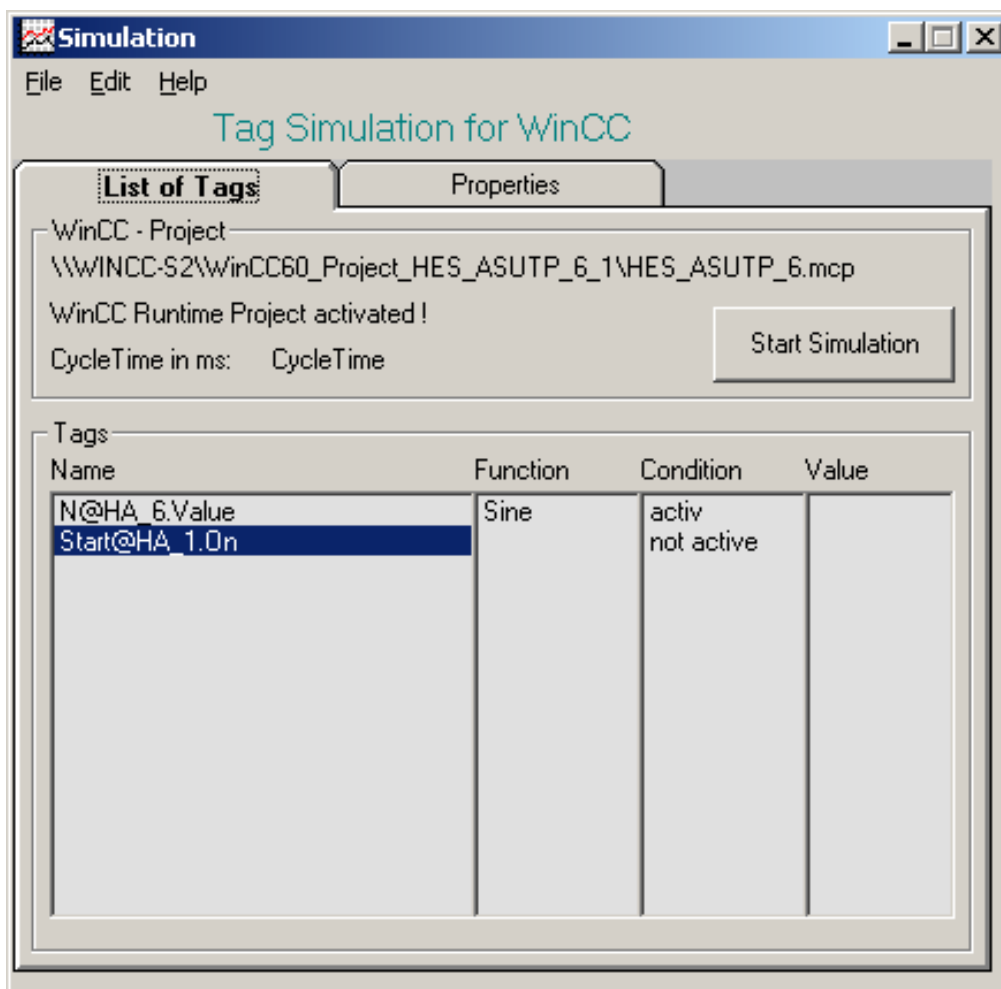


Рисунок 4.1 – Настройка условия реализации тега «Включение вентиляции» в режиме имитации

С помощью утилиты SimTags разрабатывались сценарии тестирования системы автоматизации котельной установки, соответствующие различным условиям ее функционирования. в том числе сценарий действий системы в условиях возникновения аварийной ситуации.

Исходными данными для разработки сценария являлся технологический регламент процесса паропроизводства и условия соблюдения заданных технологических режимов. В результате все результаты тестирования с учетом законов изменения параметров управления сохраняются в виде электронных таблиц. Причем результаты тестирования функционирования системы управления в режиме изменения параметров управления могут быть использованы для создания обучающего стенда, применяемого при подготовке оперативного персонала.

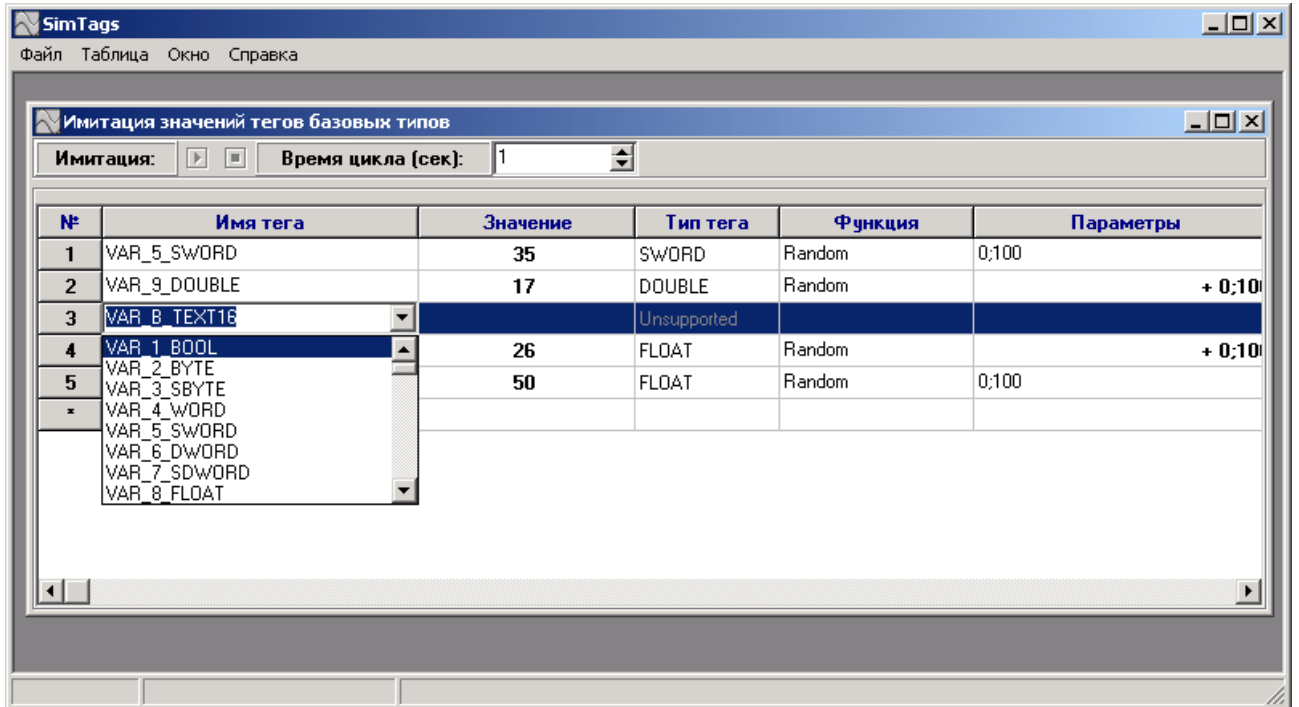


Рисунок 4.2 – Формирование таблицы тегов параметров управления котлом в режиме контроля начальных технологических параметров

Заключение

В данной бакалаврской работе были рассмотрены вопросы автоматизации котельной установки паропроизводства.

Так как все оборудование морально и физически устарело актуальность данного вопроса очень высока.

В ходе разработки были рассмотрены приборы импортного и отечественного производства. Выбрана комплектация аппаратной части системы автоматического управления. Разработан алгоритм управления котельной.

Список используемой литературы

1. «РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ Сборник докладов XX конференции (Москва, 1–4 июня 2010) Научно-инженерное информационное...» [Электронный ресурс]: БЕСПЛАТНАЯ БИБЛИОТЕКА РОССИИ. URL: <http://libed.ru/konferencii-mehanika/657336-9-releynaya-zaschita-avtomatika-energosisistem-sbornik-dokladov-konferencii-moskva-1-4-iyunya-2010-nauchno-inzhenerное.php> (дата обращения 01.12.2017).
2. Чичёв С. И., Калинин В. Ф., Глинкин Е. И. Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий. М. : Издательский дом «Спектр», 2014. 228 с.
3. АСУ ТП на базе микропроцессорных устройств РЗА, АСКУЭ и телемеханики. Опыт разработки и проблемы внедрения [Электронный ресурс]: Публикации lib.znate.ru. URL: <http://lib.znate.ru/> (дата обращения 01.12.2017).
4. Многофункциональный контроллер SPRECON-E-C [Электронный ресурс]: RTSoft. URL: <http://www.rtsoft.ru/press/articles/detail.php?ID=1494> (дата обращения 01.12.2017).
5. PM175 АНАЛИЗАТОР КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ SATEC [Электронный ресурс]: МОБИЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ. URL: http://www.m-energy.ru/card_prod.php?id=19214 (дата обращения 01.12.2017).
6. Методическое пособие для студентов специальностей 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» [Электронный ресурс]: Refdb.ru. URL: <https://refdb.ru/look/1712572-p4.html> (дата обращения 01.12.2017).
7. Paunović, N, Kovačević, J, Rešetar, I. A Methodology for Testing Complex Professional Electronic Systems [Text] / N. Paunović / Serbian journal of electrical engineering. – 2012. – PP. 71-77. <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1451-4869/2012/1451-48691201071P.pdf> 83

8. Чичёв С.И. Модель автоматизированной системы технологического управления электросетевым комплексом 6 – 220 кВ ПАО «МОЭСК». М.: Издательский дом «Спектр», 2017. 228 с.
9. Дорогунцев В.Г., Овчаренко Н.И. Элементы автоматических устройств энергосистем: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М. : Энергия, 2009. 520 с.
10. Csanyi, E. A case study of 110/10 kV substation with centralized protection, automation and control system [Text] / E. Csanyi / Electrical Engineering Portal. – 2016. <http://electrical-engineering-portal.com/110-10-kv-substation-centralized-protection-control>
11. Roy, A. Wireless sensing of substation parameters for remote monitoring and analysis [Text] / A. Roy, J. Bera, G. Sarkar / Ain Shams Engineering Journal. – 2015. – PP. 95-106.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447914001142>
12. Lakhoua, M. N. Application of Functional Analysis on a SCADA System of a Thermal Power Plant [Text] / M.N. Lakhoua / Advances in Electrical and Computer Engineering. – 2009. – PP. 90-98.
<http://www.aece.ro/abstractplus.php?year=2009&number=2&article=14>
13. Moriano, J. A New Approach to Detection of Systematic Errors in Secondary Substation Monitoring Equipment Based on Short Term Load Forecasting [Text] / J. Moriano / Sensors. – 2016. <http://www.mdpi.com/1424-8220/16/1/85>
14. Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учебник для вузов. М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2010. 504 с.
15. Белецкий О.В., Лезнов С.И., Филатов А.А. Обслуживание электрических подстанций. М. : Энергоатомиздат, 2015. 416 с.
16. Вишневецкий Л.М., Левин Л.Г. Я – электроналадчик. М. : Энергоатомиздат, 2017. 160 с.
17. Федоров Ю.Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУ ТП. М. : Инфра-Инженерия, 2011. 576 с. 84

18. Барзам А.Б. Системная автоматика. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 2009. 446 с.
19. Соснин О.М. Основы автоматизации технологических процессов и производств. М. : Академия, 2017. 240 с.
20. Иофьев Б.И. Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем. М. : Энергия, 2014. 216 с.
21. Radu, S. Control engineering on board [Text] / S. Radu / 2012. – PP. 7-9. http://www.utgjiu.ro/rev_mec/mecanica/pdf/2012-02/2_Serghei%20Radu,%20Gheorghe%20Samoilescu.pdf
22. Csanyi, E. 7 practical tips for installing a good measuring system [Text] / E. Csanyi / Electrical Engineering Portal. – 2014. <http://electrical-engineering-portal.com/7-practical-tips-for-installing-a-good-measuring-system>
23. Das, A. Anti-Theft Automatic Metering Interface [Text] / A. Das / International Journal of Scientific & Technology Research. – 2015. – PP. 99-101. <http://www.ijstr.org/final-print/oct2015/Anti-theft-Automatic-Metering-Interface.pdf>
24. Блейхман А.М., Бородатов М.Ю., Брынский Е.А. и др. Современные автоматизированные системы управления, контроля и диагностики энергетических объектов. СПб: Изд. ПЭИПК, 2009. 173 с.
25. Беркович М.А., Гладышев В.А., Семенов В.А. Автоматика энергосистем: учеб. для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 2011. 240 с.
26. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУ ТП. Проектирование и разработка. М. : Инфра-Инженерия, 2008. 928 с.
27. Kabović, A. V. Software Realization on the MSC nanoRISC Hardware Platform, for Communication according to the IEC61850 Standard [Text] / A. V. Kabović, M. M. Kabović, V. V. Čelebić / Telfor Journal. – 2015. – PP. 20-25. http://journal.telfor.rs/Published/Vol7No1/Vol7No1_A4.pdf