

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИН)
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Автоматизация теплоэнергетических процессов (АТП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
АСР влажности в климатической камере на базе контроллера Siemens семейства Simatic УДК 536.581:004.384

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БЗВ	Тимошенко Евгения Леонидовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кац Марк Давыдович	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Наталия Геннадьевна	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский Михаил Викторович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АТП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 89 с., 41 рис., 17 табл., 38 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: АСР, влажность, программируемый логический контроллер, климатическая камера, Simatic, Siemens.

Цель работы – разработка автоматической системы регулирования влажности в климатической камере на базе программируемого логического контроллера.

В процессе разработки производился выбор структурной схемы, анализ и выбор алгоритма управления, по кривой разгона была получена передаточная функция объекта управления, были определены параметры настройки для релейного и ПИ-закона. Так же были разработаны функциональная, принципиальная электрическая, монтажная схемы. Был разработан программный код и мнемосхема, по разработанным схемам была осуществлена сборка системы в виде лабораторного стенда.

В результате работы разработана автоматическая система регулирования влажности для климатической камеры на базе программируемого логического контроллера, собрана в виде лабораторного стенда, запущена и налажена.

В дальнейшем планируется осуществить внедрение ПИ-регулятора и систему автоматического регулирования температуры.

Планируется использование климатической камеры в научных исследованиях и в учебной работе.

Содержание

Введение.....	4
1 Инновационный анализ	5
1.1 Сведения о климатических камерах.....	5
1.2 Сведения о влажности	6
1.3 Конструкция климатической камеры.....	8
1.4 Обзор и выбор структуры АСР влажности	9
1.5 Требования к автоматическому управлению влажностью в климатической камере	11
2 Разработка системы автоматического регулирования влажности в климатической камере	13
2.1 Выбор схемы и закона регулирования.....	13
2.2 Проектная разработка системы управления.....	15
2.2.1 Выбор оборудования	15
2.2.1.1 Выбор регулирующего органа.....	15
2.2.1.2 Выбор измерительного преобразователя температуры	17
2.2.1.3 Выбор нормирующего преобразователя	18
2.2.1.4 Выбор регулирующего устройства	19
2.2.1.5 Выбор измерительного преобразователя влажности	20
2.2.1.6 Выбор исполнительного механизма	21
2.2.2 Разработка функциональной схемы АСР влажности	22
2.2.3 Разработка принципиальной электрической схемы	23
2.2.4 Разработка монтажной схемы	24
3 Программная часть	26
3.1 Разработка программного кода.....	26
3.2 Разработка мнемосхемы	29

Введение

Все разнообразие современного испытательного оборудования содержит такое устройство, как климатическая камера. Данные устройства предназначены для проведения исследований различных образцов на влияние тех или иных климатических факторов. Такого рода оборудование содержится в испытательных центрах или же организациях, которые занимаются надзором за качеством товаров. Существует несколько типов климатических камер, в зависимости от требуемого имитируемого климатического параметра.

Климатические камеры находят широкое применение во многих отраслях промышленности. Температурно-влажностным испытаниям подвергаются строительные материалы для возведения дорог, железобетонные конструкции, продукция кабельных заводов и предприятий изготавливающих электронику, узлы и детали авиа-, авто- и космическую технику, диагностическую аппаратуру для метрологии и геологии. При этом длительность испытаний при этом может составлять в среднем 180 – 480 часов.

Например, в ТУСУРе разработали уникальную климатическую экранированную камеру. Данная камера позволяет совершенствовать радиоэлектронную аппаратуру космического назначения или же на клеточном уровне исследовать воздействие электромагнитного поля на биологические процессы [1].

В данной работе спроектированная автоматическая система регулирования влажности для климатической камеры и произведен расчет параметров настройки регулятора. Для разработки был произведен аналитический обзор технологии объекта, структуры автоматизации, технических средств контроля и автоматизации.

Результаты работы могут быть применены в научных исследованиях и в учебной работе.

1 Инновационный анализ

1.1 Сведения о климатических камерах

Климатическая камера это устройство, позволяющее моделировать агрессивное воздействие окружающей среды. Она применяется в научно-исследовательских учреждениях, которые занимаются разработкой оборудования для машиностроения, а так же авиационной и оборонной промышленности [2].

Существует большое разнообразие типов климатических камер, которые способны имитировать различные климатические условия. К примеру, камеры способны воссоздавать условия воздействия солнца [3], глубокого вакуума [4], соляного тумана [5]. Но самыми распространенными являются камеры тепла, тепла-холода, тепла-холода-влаги , тепла-влаги , барокамера и широкой разморозки [6].

Климатические камеры конструктивно можно разделить на четыре части: щит автоматического управления, рабочий объем, устройства для изменения температуры и влажности, например: парогенератор и холодильный агрегат [7].

Рабочий объем представляет собой шкаф, внутри которого размещаются теплообменники, они обеспечивают режимы испытаний. Рабочий объем снабжается распашной дверью и смотровым окном.

В щите автоматического управления располагаются элементы автоматики и основное оборудование.

На воздух в климатической камере воздействуют различными видами обработки, при которых изменяются его значение температуры и влажности.

Типовые климатические камеры могут создавать разницу температур от -70°C до $+100^{\circ}\text{C}$ [8]. Возможность такого разброса температур достигается за счет использования трех различных блоков: каскадная холодильная машина (от -5°C до -70°C), одноступенчатая холодильная

машина (от + 50 °С до - 5 °С) и электронагревателя, способного работать во всех диапазонах температур. Циркулирование воздуха внутри рабочего объема достигается за счет применения вентиляторов.

При эксплуатации климатической камеры существует 6 различных порогов температур [8]. Для каждого диапазона определено за счет, какого элемента климатической камеры происходит нагрев и охлаждение.

В системах поддержания относительной влажности применяются такие устройства увлажнения, как парогенераторы, а в качестве устройств осушения используются фреоновые осушители. Работа таких систем зависит от уставок и показаний датчиков влажности и температуры. При превышении требуемого значения влажности происходит задействование осушителя.

1.2 Сведения о влажности

Атмосферный воздух составляют водяная часть и сухая часть (азот, кислород, инертные газы). Сухая часть воздуха является практически постоянной величиной, а количество водяных паров носит не постоянный характер, это зависит от местных климатических условий и времени года.

В климатических камерах типа тепла-влаги и тепла-холода-влаги изменяется количество водяных паров, которые содержатся в воздухе. Количественное содержание сухого воздуха остается постоянным. Во всех процессах, которые связаны с осушкой и увлажнением воздуха, при расчете процессов используют единицу измерения влажности влагосодержание. Она показывает количество водяных паров в одном килограмме сухого воздуха.

Относительная влажность это физическая величина, которая показывает степень насыщения воздуха водяными парами [9]. Она вычисляется как отношение влагосодержания в данном состоянии к влагосодержанию при полном насыщении при одних и тех же значениях давления и температуры.

При расчетах тепловлажностного состояния влажного воздуха присутствует такое понятие как энтальпия. Она представляет собой сумму энтальпий сухой части воздуха и энтальпии водяных паров.

Самым простым и удобным методом определения изменения состояния атмосферного воздуха является расчет по I-d диаграмме (психометрическая диаграмма) [10]. Внешний вид диаграммы представлен на рисунке 1.

Координаты диаграммы содержат зависимости основных параметров влажного воздуха: температуры воздуха, влагосодержания, энтальпии и относительной влажности [10].

Диаграмма применяется как для определения параметров влажного воздуха, так и для построения изменений его состояния при различных воздействиях. Так же на I-d диаграмме могут отображать температуру точки росы и температуру мокрого термометра. Эти параметры широко применяются в расчетах кондиционирования и вентиляции воздуха.

Температура точки росы - необходимая температура, которую надо достичь, чтобы ненасыщенный воздух стал насыщенным, при сохранении постоянного значения влагосодержания.

Температура мокрого пара – это температура, которую готов принять влажный воздух, когда достигает состояния насыщения, этот процесс происходит при постоянном значении энтальпии воздуха.

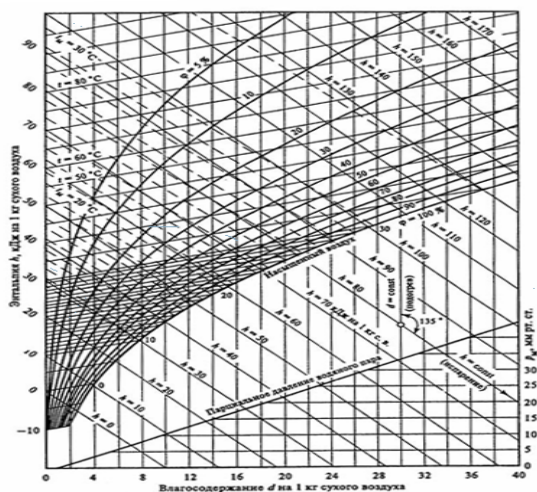


Рисунок 1– Внешний вид I-d диаграммы

1.3 Конструкция климатической камеры

Объектом регулирования является настольная климатическая камера. Рабочий объем камеры составляет 2970 см³. Камера изготовлена из пенополистерола, его толщина составляет 0,38 см. Внутренние стенки покрыты алюминиевой фольгой, а наружные картоном. Внешний вид камеры представлен на рисунке 2.

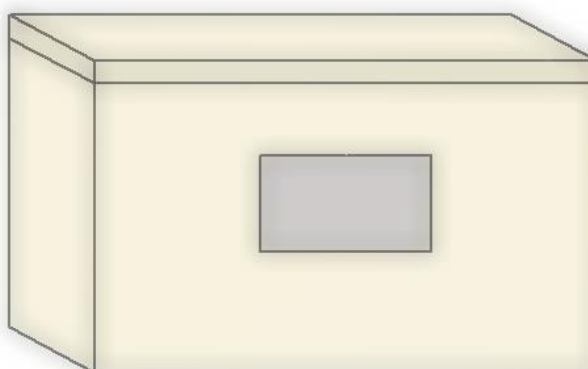


Рисунок 2 – Внешний вид климатической камеры

Пенополистерол является теплоизоляционным материалом, и обладает низким значением водопоглощения и паропроницаемости.

Картон придает жесткость и прочность конструкции, а фольга использована для тепло- и пароизоляции. В таблице 1 представлены технические характеристики камеры.

Таблица 1-Технические характеристики камеры

Параметр	Значение
Внутренние размеры (Ш x В x Г)	33 x 6 x 150 см
Внешние размеры (Ш x В x Г)	40,6 x 13,6 x 22,6 см
Диапазон значения влажности	30-98 % RH
Неравномерность поддержания влажности	<5 % RH
Точность поддержания влажности	±2 % RH

1.4 Обзор и выбор структуры АСР влажности

В системах кондиционирования воздуха применяют качественное и количественное регулирование [11]. При количественном регулировании требуемое состояние воздуха достигается за счет изменения расхода воздуха при постоянном значении его параметров. При качественном регулировании изменяются параметры приточного воздуха при его постоянном расходе.

Значение температуры поддерживается за счет АСР. А значение влажности может регулироваться двумя способами: прямое и косвенное регулирование. При косвенном происходит регулирование влажности воздуха относительно точки росы после камеры орошения, а при прямом - регулирование по относительной влажности воздуха в рассматриваемом объеме [12]. На практике часто используют комбинацию данных двух методов.

Прямое регулирование относительной влажности осуществляют при помощи регулятора влажности, измерительный преобразователь которого устанавливается непосредственно внутри объекта [11]. Регулятор влажности поддерживает заданное значение влажности воздуха. АСР, основанная на этом методе регулирования, позволяет достаточно точно поддерживать значение влажности при постоянных и переменных влаговыведениях в объекте.

Косвенное регулирование влажности осуществляется с помощью только одних терморегуляторов [13]. Регулятор влажности при этом отсутствует. Такой метод будет эффективен при постоянном значении влаговыведения в обслуживаемом объекте. Этот принцип получил большее распространение, хоть и точность поддержания влажности у него снижается по сравнению с прямым регулированием.

Совместное использование прямого и косвенного регулирования получил название метода оптимальных режимов [14].

Проанализировав предложенные варианты, можно сделать вывод, что наиболее подходящим вариантом для разрабатываемой автоматической системы регулирования является прямое регулирование. Осуществить систему с изменением относительной влажности воздуха в лабораторных условиях проще, чем, например, систему с изменением температуры точки росы.

Изменение влажности чаще всего применяется в системах кондиционирования воздуха. На примере этих систем рассматривались различные варианты схем управления. Регулирование влажности может осуществляться по любому из сигналов (относительной влажности или точки росы) несколькими способами. На рисунке 3 представлены возможные схемы регулирования влажности.

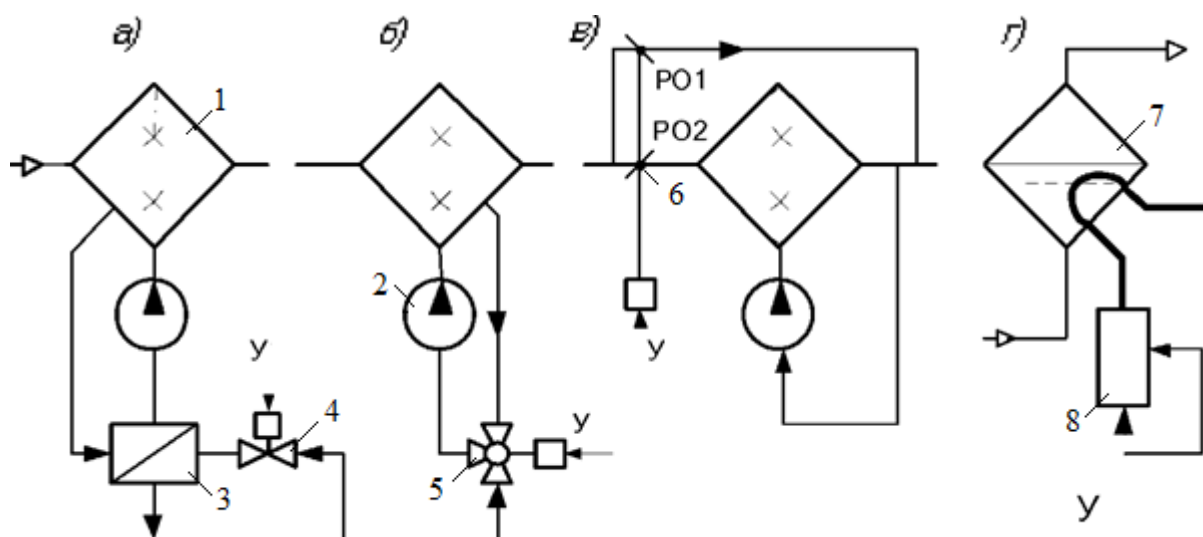


Рисунок 3 – Схемы регулирования влажности в системах кондиционирования воздуха:

1- емкость камеры увлажнения; 2- насос; 3- подогреватель; 4- задвижка; 5- смесительный клапан холодной и обратной воды; 6- заслонка; 7- паровой увлажнитель; 8- электродвигатель.

На схеме, изображенной на рисунке 3-а, вода в камеру увлажнения подается из подогревателя, величина нагрева которого зависит от изменения расхода первичного теплоносителя y . На рисунке 3-б отсутствует

подогреватель, и управление осуществляется смесительным клапаном обратной и холодной воды. На рисунке 3-в представлено управление процессом смешивания увлажненного и сухого воздуха. Существует два различных варианта работы этой схемы: управляющее воздействие приводит в действие исполнительное устройство, которое в свою очередь приводит в действие одну заслонку PO_1 или же спаренные заслонки PO_1 и PO_2 , которые изменяют соотношение расходов сухого и влажного воздуха. На рисунке 3-г представлена схема парового увлажнителя, работающего по принципу барботажа. Управляющее воздействие у прикладывается к электродвигателю, который изменяет значение точки росы воздуха.

У всех приведенных схему существуют как свои достоинства, так и свои недостатки. Так например, у схемы 3-а требуется дополнительное устройство - нагреватель. Для реализации схемы 3-б необходимы дополнительные резервуары для холодной и горячей воды. Так же необходимо осуществлять подогрев горячей воды с целью поддержания определенной температуры. При реализации схемы 3-в необходимо предусмотреть устройства, которые будут вырабатывать сухой и влажный воздух. Для схемы 3-г предусмотрено наличие электродвигателя, его использование может привести к дополнительным затратам. Основным аргументом при выборе является стоимость исполнения той или иной схемы регулирования, являются ли они экономически целесообразными для поставленной задачи. Вторым фактором выступает сложность исполнения схемы. Для реализации установки было решено выбрать схему регулирования влажности представленной на изображении 3-в. Такой выбор сделан из-за более низкой стоимости схемы по сравнению с остальными вариантами. На основании выбранной структуры управления разрабатывается структурная схема.

1.5 Требования к автоматическому управлению влажностью в климатической камере

Переходный процесс в промышленной системе должен иметь определенный характер, который диктуется требованиями технологии производства. Условие устойчивости системы регулирования является необходимым, но недостаточным для получения желаемого процесса регулирования.

Под основными требованиями, которым должен удовлетворять переходный процесс принимаем:

- интенсивные затухания переходного процесса;
- максимальное отклонение регулируемой величины должно быть наименьшим;
- продолжительность переходного процесса должна иметь минимальное значение.

Интенсивность затухания переходного процесса является качественной характеристикой затухающего процесса. Критерий, который будет характеризовать интенсивность затухания для данной АСР влажности это степень колебательности. Оптимальное значение степени колебательности содержится в диапазоне от 0,75 до 0,9 [15]. При значении меньше 0,75 система имеет недостаточную интенсивность затухания колебаний, а при значении больше 0,9 при хорошем значении колебаний происходит завышение отклонения регулируемой величины. Поэтому для расчета параметров настройки регулятора выбрано значение $\psi=0,75$.

Основными требованиями переходному процессу является, соответствие заявленных технических характеристик климатической камеры, представленные в таблице 2, реально полученным. Точность поддержания влажности должна быть $\pm 2 \%$ относительной влажности (RH), неравномерность поддержания влажности не должна составлять более 5 % RH и время регулирования процесса должно быть минимальным.

2 Разработка системы автоматического регулирования влажности в климатической камере

2.1 Выбор схемы и закона регулирования

Ниже на рисунке 4 представлена структурная схема автоматической системы регулирования влажности в климатической камере.

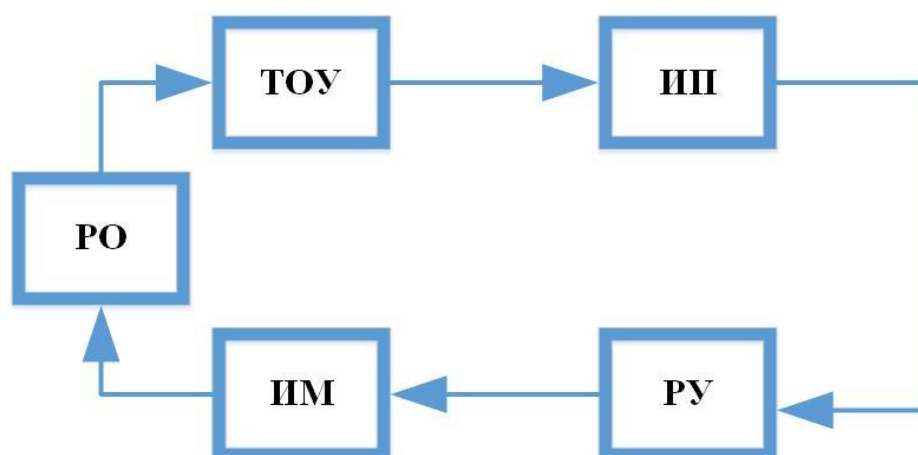


Рисунок 4 – Структурная схема автоматической системы регулирования влажности в климатической камере:

ТОУ- технологический объект управления, ИП- измерительный преобразователь, РУ- регулирующее устройство, ИМ- исполнительный механизм, РО- регулирующий орган.

В процессе функционирования системы на объект управления поступают воздействия возмущения, которые вызывают отклонение регулируемого параметра – значение влажности от требуемого значения. Информация о значениях параметра в текущий момент времени поступает непосредственно в систему управления, где происходит сравнение с заданным для него значением. Как результат, система управления обязана выработать управляющее воздействие, которое необходимо для компенсации отклонений нашего выходного параметра.

Основной задачей законов управления является выбор такого алгоритма, который бы обеспечивал заданное качество регулирования. Могут

быть выбраны релейные или непрерывные законы управления. К непрерывным законам относятся П-, И-, Д-, ПИ-, ПИД- законы управления [15].

Релейный закон регулирования является дискретным законом и применяются, когда к качеству управления не предъявляют высоких требований. Он не имеет математической связи между входным и выходным воздействием.

П-закон вырабатывает управляющий сигнал пропорционально величина статической ошибки. Данный алгоритм обеспечивает наибольшее быстродействие исходя из соотношения величины запаздывания к времени регулирования, но он предусматривает наличие статической ошибки.

При И-законе управляющее воздействие является пропорциональным значению интеграла от ошибки регулирования. При таком регулировании у системы низкое быстродействие, зато отсутствует статическая ошибка. При ее возникновении будет происходить увеличение управляющего воздействия, до тех пор пока ошибка не исчезнет.

Д-закон предполагает регулирование по величине скорости изменения регулируемой величины. Регулятор будет вырабатывать управляющее воздействие только при изменении значения регулируемой величины.

Применение ПИ- закона обеспечивает ряд преимуществ. Во-первых, такой алгоритм обеспечивает нулевую статическую ошибку. Во-вторых, обладает малым значением чувствительности к шумам в канале измерения. В-третьих, он прост в настройке, существует возможность обеспечения управления с минимально возможным значением среднеквадратичной ошибки регулирования.

ПИД-закон применяется в системах с необходимостью высокого быстродействия. Преимущества этого закона перед ПИ-законом в том, что можно существенно увеличить коэффициенты при П- и И- составляющими. Действие Д-составляющей будет заметно только в моменты резкого изменения задающих воздействий или возмущений.

При выборе типа закона регулирования рекомендуется ориентироваться на величину отношения запаздывания к постоянной времени объекта $\frac{\tau}{T}$ [16]. Если величина этого отношения $\frac{\tau}{T} < 0,2$, рекомендуется выбрать релейный или непрерывный регуляторы. Если $0,2 < \frac{\tau}{T} < 1$, то выбирается непрерывный или же цифровой регулятор. При значении соотношения $\frac{\tau}{T} > 1$ выбирается цифровой регулятор, который способен компенсировать запаздывание в контуре управления.

Отношение величины запаздывания к времени регулирования для данного объекта составляет 0,135, получается, допустимо применять как релейный, так и непрерывный законы управления. Для выбора оптимального алгоритма управления произведем расчет параметров настройки регуляторов, после чего выберем оптимальный. В качестве непрерывных алгоритмов управления будут рассматриваться П-, И- и ПИ-законы.

2.2 Проектная разработка системы управления

2.2.1 Выбор оборудования

Выбор оборудования производится с учетом всех характеристик измеряемой среды и технологических особенностей процесса измерения. Совокупность технических средств АСР основывается на серийно выпускаемых средствах автоматизации и считается достаточным для реализации всех функций АСР.

2.2.1.1 Выбор регулирующего органа

Сегодня выпускается несколько типов увлажнителей, которые отличаются друг от друга мощностью и принципом действия.

Все увлажнители работают по двум основным принципам: изотермическое и адиабатическое увлажнение. При изотермическом увлажнении происходит смешение воздуха с водяным паром, который выделил увлажнитель. Принцип адиабатического увлажнения основан на естественном испарении воды в окружающую среду. Суть работы таких увлажнителей основана на разности парциальных давлений пара, вырабатываемого над водной поверхностью и давления окружающего воздуха.

Существует несколько разновидностей увлажнителей, но один из этих двух методов переработки влаги в газ лежит в основе любого. Производятся увлажнители холодного типа, паровые и ультразвуковые [17].

В данной работе выбран ультразвуковой увлажнитель воздуха. Увлажнители такого типа являются самыми популярными и востребованными на сегодняшний день. Такие устройства способны производить точнейший контроль над уровнем влажности. Используя ультразвуковой увлажнитель, можно добиться практически 100% влажности воздуха, в отличие от увлажнителей холодного типа. Так же вырабатываемый пар и имеет высокой температуры, как у паровых увлажнителей.

Из всех существующих вариантов был выбран увлажнитель Galaxy GL 8004. Основными критериями при выборе являлись цена и мощность устройства. В ценовой категории до 2000 рублей представленные увлажнители в основном обладают мощностью в 20-25 Вт, когда у Galaxy GL 8004 это 35 Вт.

Основные технические характеристики увлажнителя представлены в таблице 2.

Таблица 2- Основные характеристики увлажнителя

Показатель	Характеристика
Тип увлажнителя	Ультразвуковой

Продолжение таблицы 2

Показатель	Характеристика
Мощность	35 Вт
Напряжение	220 В
Расход воды	350 г/л
Объем бака	3 л
Производительность	0,00035 куб. м/ч

2.2.1.2 Выбор измерительного преобразователя температуры

Существует большое количество различных устройств, основной задачей которых является измерение температуры твердых, жидких и газообразных сред, использующих различные термометрические свойства.

В основном используются три типа измерительных преобразователей: термопреобразователи сопротивления, термоэлектрические преобразователи (термопары) и пирометры [18].

Основным требованием к измерительному преобразователю являются измерение температуры в пределах от $+ 15^{\circ} \text{C}$ до $+ 30^{\circ} \text{C}$ на основании этого и производился выбор.

Решающим фактором при выборе измерительного преобразователя температуры является его стоимость. Самым бюджетным вариантом из рассмотренных измерительных преобразователей, является термопреобразователь сопротивления медный. Так как диапазон измеряемых температур невелик, то является нерационально использовать термоэлектрический преобразователь.

Рассматривались два типа датчиков: ТСМ (ТСП)-К0 продукт компании «Рэлсиб» и ДТС034-50М.В3.20/2 фирмы «Овен».

Таблица 3- Сравнение характеристик датчиков температуры

Характеристика	ТСМ (ТСП)-К0	ДТС034-50М.В3.20/2
Диапазон измеряемых температур	-50...+150°С	-50...+150°С
НСХ	50М	50М
Цена	335 руб.	560

В качестве датчика температуры выбран датчик ТСМ-К0 [19].

2.2.1.3 Выбор нормирующего преобразователя

Нормирующие преобразователи являются связующим звеном между датчиками и системами сбора данных и управления. Данные устройства необходимы для усиления, обработки и преобразования сигналов от первичных датчиков в унифицируемые сигналы.

Нормирующий преобразователь является необходимым так как выбранный датчик температуры не имеет унифицированного выходного сигнала. Чтобы ПЛК воспринимал импульсы с датчика, то сигнал должен быть унифицированным, в нашем случае это сигнал 4...20 мА. Так же нормирующий преобразователь должен воспринимать входной сигнал ТСМ 50М, так как такими характеристиками обладает датчик температуры, подключаемый к данному преобразователю.

Нормирующие преобразователи отличаются по конструктивному исполнению, они могут быть в вид отдельного модуля или же в одном корпусе с датчиком. Так же они различаются по типу входного и выходного сигналов [20].

В качестве нормирующего преобразователя рассматривалось три устройства, это 2000 Н, НПТ-1 и НПСИ-ТС.

2000 Н является работой челябинского завода «Теплоприбор», а НРТ-1 продукт компании «Овен» г. Москва, НПСИ-ТС является результатом работы «КонтрАвт» г. Нижний Новгород. Эти датчики рассчитаны на входной сигнал 50М, имеют выходной сигнал 4...20 мА. Однако нормирующий преобразователь 2000 Н является более доступным и подходящим вариантом.

2.2.1.4 Выбор регулирующего устройства

В качестве регулирующего устройства могут рассматриваться программируемое реле, регулятор и программируемый логический контроллер. В данной работе в качестве регулирующего устройства используется программируемый логический контроллер.

На рынке существует большой выбор ПЛК различных фирм: зарубежные представители Siemens, Mitsubishi, Schneider Electric, Omron и отечественные Овен, Элемер, Текон и др. У всех производителей существуют различные линейки ПЛК, отличающиеся по стоимости, производительности, надежности и др. Но основным аргументом при выборе контроллера является соответствие функциональных характеристик контроллера решаемой задаче.

В работе выбор стоял перед контроллерами фирм Siemens Simatic S7-200 (CPU 222) и Овен типа ПЛК-63.

Таблица 4- Сравнение характеристик ПЛК

Параметры	Simatic S7-200 (CPU 222)	ПЛК-63
Напряжение питания	220 В, 50 Гц;	220 В, 50 Гц; 24 В
Потребляемая мощность для переменного тока	12 ВА	18 ВА
Количество цифровых входов	6	8
Количество аналоговых входов	8	8
Среда программирования	Step7 Micro/Win	Xcos
Цена	15190 руб.	15399 руб.

В качестве регулирующего устройства выбран программируемый логический контроллер типа Siemens Simatic S7-200 (CPU 222) [21]. Данный контроллер применяется для решения задач регулирования и управления в системах автоматизации низкой и средней степеней сложности.

Подробные технические характеристики контроллера приведены в приложении А.

Так как выходные сигналы с используемых датчиков имеют аналоговый тип, то существует необходимость использования модуля аналоговых входов EM 231 фирмы Siemens.

Технические характеристики модуля представлены в приложении Б.

EM 231 соединяется с CPU 222 с помощью специальной внутренней шиной. А сам ПЛК соединяется в компьютером при помощи PPI (Point To Point Interface) кабеля.

2.2.1.5 Выбор измерительного преобразователя влажности

Измерительный преобразователь влажности представляет собой средство измерения, которое позволяет определить текущее значение относительной влажности воздуха. Относительная влажность воздуха напрямую зависит от температуры измеряемой среды, из-за этого такие датчики вместе с влажностью могут измерять и температуру.

Для выбора измерительного преобразователя влажности рассматривалось три альтернативных варианта, наиболее подходящих по своим техническим характеристикам. Это измерители температуры и влажности ДВТ-0.3Т, KFTF и AWK3.00.F182.A00.0D0.

В таблице 5 приведены основные параметры, по которым выбирался измерительный преобразователь.

Таблица 5 - Сравнение характеристик измерительных преобразователей влажности

Характеристика	ДВТ-0.3Т	KFTF	AWK3.00.F182.A00.0 D0
Абсолютная погрешность измерения влажности	± 2 %	± 2 %	± 2 %
Пределы измерений относительной влажности	от 0% до 98 %	от 0% до 95%	От 0% до 100%
Пределы измерения температуры	-40 °С...+100 °С	-35 °С...+80 °С	-80 °С...+20 °С
Стоимость	6872 руб.	11 307 руб.	19045 руб.

Исходя из конфигурации и ценового критерия, был выбран измерительный преобразователь температуры и влажности ДВТ-0.3Т [22].

2.2.1.6 Выбор исполнительного механизма

В качестве исполнительного механизма в данной АСР выступает реле. Основная его функция это включение/отключение увлажнителя.

Для управления включением-отключением увлажнителя необходимо электромагнитное реле, т.к. напряжение управляющего тока 24 В (дискретные выходы ПЛК), а напряжение коммутируемых контактов равно 220 В.

Таблица 6- Сравнение характеристик реле

Характеристика	РЭК78/3	РЕЛЕ RY
Напряжение управляющих контактов	24 В	24 В
Напряжение коммутируемых контактов	220 В	220 В
Цена	119 руб.	225,38 руб.

В качестве исполнительного механизма выбрано промежуточное реле РЭК 78/3 [23].

На основании выбранного оборудования была составлена заказная спецификация, она представлена в приложении В.

2.2.2 Разработка функциональной схемы АСР влажности

Функциональная схема это основной технический документ, который определяет характер и структуру системы автоматизации, как и оснащенность, ее средствами автоматизации и приборами. На функциональной схеме показывается упрощенное изображение объектов автоматизации, приборов, средств автоматизации и управления, которые изображаются условными обозначениями в соответствии с действующими стандартами, а также линии связи между ними.

Функциональная схема АСР влажности внутри климатической камеры представлена на чертеже с шифром ФЮРА.421000.019 С2.

Импульс от датчика влажности 1а, который расположен внутри климатической камеры и измеряет влажность воздуха, поступает сразу на ПЛК, так как данный датчик имеет унифицированный выходной сигнал. Импульс от датчика температуры 2а, который находится внутри емкости, передает сигнал сначала на нормирующий преобразователь 2б. После нормирующего преобразователя выходной сигнал становится унифицированным 4...20 мА.

Поступивший сигнал от датчика влажности 1а на ПЛК обрабатывается. Полученное значение сравнивается со значением заданного значения влажности, осуществляется процесс регулирования по релейному закону. Процесс регулирования в свою очередь подает управляющий сигнал на реле 3а. Реле в свою очередь воздействует на увлажнитель воздуха, происходит его включение или отключение.

2.2.3 Разработка принципиальной электрической схемы

Схема электрическая принципиальная АСР влажности в климатической камере представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.019 ЭЗ.

Получение информации о значении регулируемого параметра технологического процесса осуществляется при помощи измерительного датчика влажности А7.

Измерительный преобразователь влажности А7 (ХТ1, клеммы 1, 2) подключается к модулю ввода аналоговых сигналов А5 (ХТ 2, клеммы 8, 9). Так же клеммы измерительного преобразователя (ХТ1 клеммы 3, 4) соединены с блоком питания А1 (ХТ 2, клеммы 2, 3).

Измерительный преобразователь температуры В1 (ХТ 1, клеммы 1, 2,3) подключается к нормирующему преобразователю А6 (ХТ 1, клеммы 4, 5, 6). Затем, преобразованный сигнал, с А6 клеммы (ХТ 1, 2, 3), поступает на модуль ввода аналоговых сигналов А5 (ХТ 2, 2, 3),. Модуль А5 передает информацию на ПЛК по специальному внутреннему интерфейсу.

Контроллер А2 получает питание в виде постоянного напряжения 24 В (ХТ 1, клеммы 10, 11; ХТ 2, клеммы 10, 11) от блока питания А1, питающийся от сети переменного напряжения 220 В (ХТ 1, клеммы 1, 2, 3). Также от контроллера А2 (ХТ 2, клеммы 11, 12) питание поступает на модуль аналоговых сигналов А5 (ХТ 1, клеммы 1, 2).

Контроллер, обрабатывающий данные о ходе технологического процесса и вырабатывающий управляющие воздействия в соответствии с запрограммированным алгоритмом управления, передаёт управляющий сигнал (ХТ 1, клеммы 1, 3) на электромагнитное реле А3 (ХТ 1, клеммы 1, 2), которое в свою очередь замыкает цепь питания (ХТ 2, клеммы 1, 2) на увлажнителя А4 (ХТ 1, клеммы 1, 2).

Нормирующий преобразователь А6 получает питание от сети переменного напряжения 220 В (ХТ 2, клеммы 1, 2).

2.2.4 Разработка монтажной схемы

Монтажная схема проектируется с целью создания монтажной документации, которая необходима для прокладки электрических и трубных проводок, связывания токоведущих труб и жил к техническим средствам автоматизации.

Монтажная схема приведена на листе с шифром ФЮРА.420000.019 С4 и содержит следующие элементы:

- 1) первичный преобразователь температуры, расположенный вне щита;
- 2) измерительный преобразователь влажности, расположенный вне щита;
- 3) нормирующий преобразователь, расположенный на щите преобразователей;
- 3) внешние электрические проводки;
- 4) щит приборов и щит преобразователей;
- 5) таблица с поясняющими надписями;
- 6) блок питания, расположенный на щите преобразователей;
- 7) ПЛК и модуль аналоговых вводов, находящиеся на щите приборов;
- 8) электромагнитное реле, расположенное вне щита.

На верхней левой части чертежа размещена таблица с поясняющими надписями. Ниже, расположены изображения первичных преобразователей температуры и влажности.

Средства автоматизации (ПЛК, преобразователи, и т.д.) с электрическими входами и выходами изображены монтажными символами. Внутри монтажных символов указаны номера зажимов и подключение к ним жил проводов или кабелей, причем изображены только использующиеся клеммы. Маркировка жил нанесена вне монтажного символа вблизи клемм.

Односекционный щит преобразователей и щит приборов изображены в виде прямоугольников в нижнем левом углу и в верхнем правом углу чертежа соответственно. На свободном поле прямоугольников, нанесены наименования щитов.

Первичные преобразователи, щит приборов и щит преобразователей соединены между собой электрическими линиями связи, выполненными с помощью электрических проводов.

3 Программная часть

3.1 Разработка программного кода

Разработка программного кода осуществлялась в программе Step 7 - Micro/WIN. В ней возможно создание программных кодах на таких языках как: FBD (Function Block Diagram), STL (Statement List) и LAD (Ladder Diagram). Программа для разработанной установке разработана на языке LAD. В этом языке более удобное изображение некоторых элементов отличии от языка FBD [34].

Входной сигнал модуля аналоговых сигналов имеет унифицированный тип 0...20 мА, а выходной сигнал у выбранного нормирующего преобразователя и у датчика влажности 4...20 мА. В программном коде предусмотрена поправка на 4 мА, называемая масштабированием, для получения достоверных значений с датчиков.

Так же в разработке кода следует предусмотреть тот факт, что нормирующий преобразователь предназначен для работы с диапазоном датчика температуры от 0 °С до + 150 °С. В результате проведения процедуры масштабирования значение 4 мА на входе будет соответствовать 0 °С, а значение в 150 °С будет соответствовать 20 мА.

Диапазон датчика влажности рассчитан на измерение влажности в пределах от 0 % до 98 %. После проведения процедуры масштабирования значение относительной влажности в 0% будет соответствовать 4 мА, а значение в 98 % будет соответствовать 20 мА.

На рисунках 37-40 представлен программный код для разработанной установки.

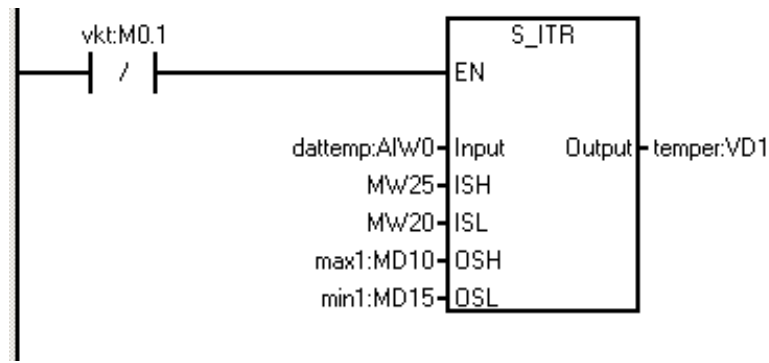


Рисунок 37 – Network 1

При отсутствии входного сигнала М 0.1 на нормально замкнутом контакте включается блок преобразования, преобразующий входной аналоговый сигнал AIW0 с измерительного преобразователя температуры в значение температуры в градусах Цельсия. После такого рода преобразования выходной тип Real. Для удобства отображения значения температуры производим преобразование выходной величины в тип данных Integer. Данная операция представлена на рисунке 38.

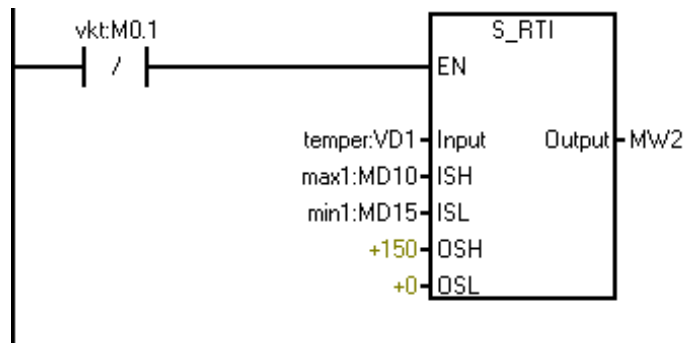


Рисунок 38 – Network 2

При отсутствии входного сигнала М 0.1 на нормально замкнутом контакте включается блок преобразовывающий входную величину температуры типа Real в выходную величину типа Integer.

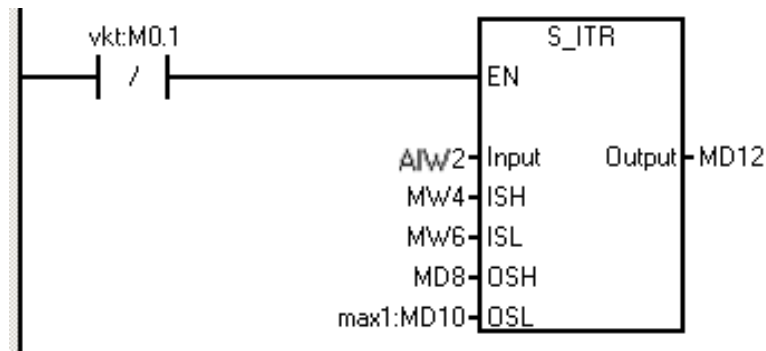


Рисунок 39 – Network 3

На рисунке 39 представлена процедура масштабирования для сигнала, поступающего с измерительного преобразователя влажности AIW2. При отсутствии входного сигнала M 0.1 на нормально замкнутом контакте включается блок преобразования, преобразующий входной аналоговый сигнал AIW2 в значение относительной влажности в процентах. Переменной MD8 соответствует значение 98, это значение верхнего предела измерения измерительного преобразователя. Переменной MD10 соответствует значение 0, значение нижнего предела измерительного преобразователя.

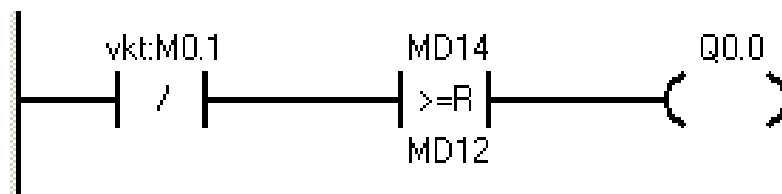


Рисунок 40 – Network 4

На рисунке 40 представлено осуществления регулирования по уставке. При отсутствии входного сигнала M 0.1 на нормально замкнутом контакте включается блок сравнения «больше или равно» Значению MD14 соответствует необходимое значение влажности, а переменная MD12 соответствует текущему значению влажности внутри климатической камеры.

Если заданное значение больше текущего значения влажности, происходит выполнение условия, то подается сигнал на Q0.0. При подаче сигнала на Q0.0 будет происходить включение увлажнителя, в случае если на

Q0.0 не будет поступать сигнал, то будет происходить отключение увлажнителя.

3.2 Разработка мнемосхемы

Для разработки мнемосхемы выбрана программа Wincc flexible. Данное программное обеспечение предназначено для создания человеко-машинного интерфейса, оно является составной частью семейства систем автоматизации Simatic компании Siemens [35].

Программа дает возможность визуализировать технический процесс через рабочую оболочку Windows.

Внешний вид разработанной мнемосхемы представлен на рисунке 41.

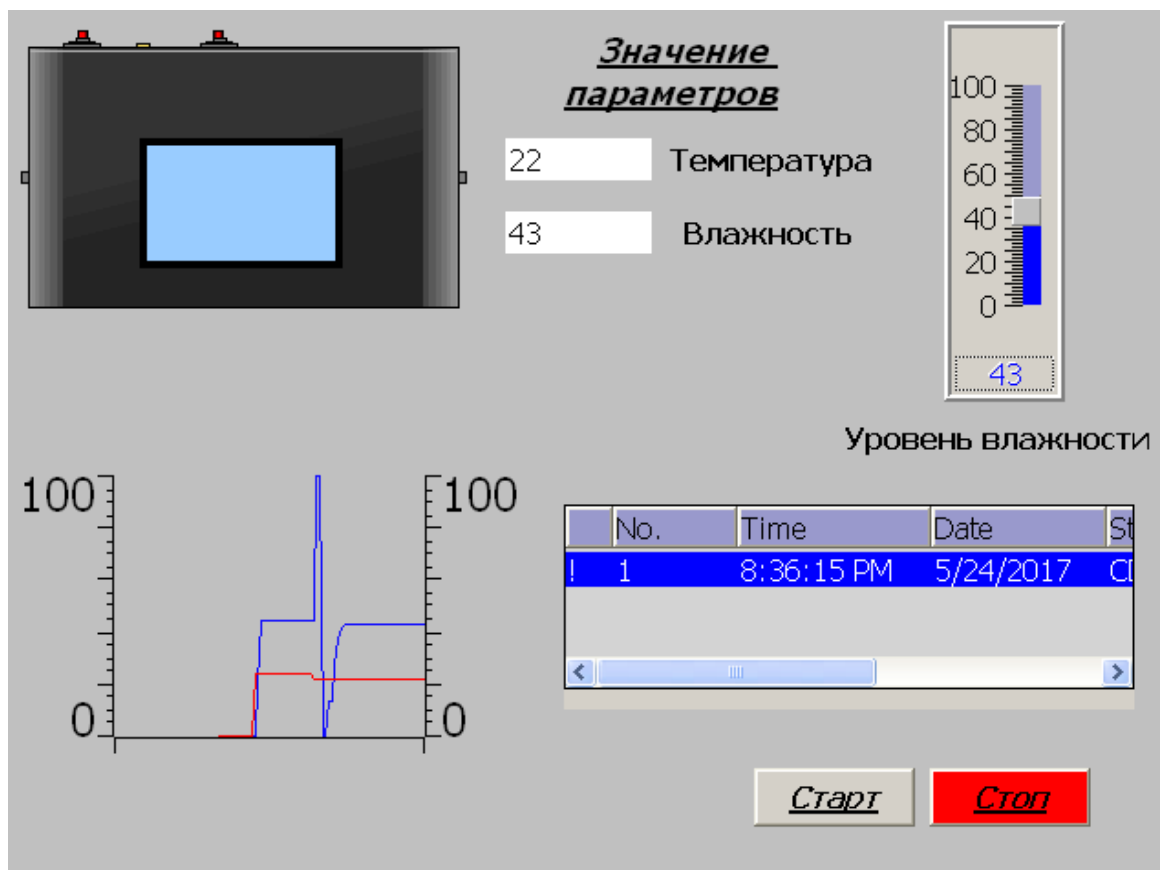


Рисунок 41 – Внешний вид разработанной мнемосхемы

В правой верхней части мнемосхемы расположены текущие значения температуры и влажности. В нижней части располагается окно, в котором

можно задать требуемое значение влажности. В левой части расположены тренды. При значении влажности близкой к 98 % происходит перевод системы в состояние тревоги.

В зависимости от значения уставки происходит изменения цвета смотрового окна.