

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение выс-
шего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки)

Электронные приборы и устройства

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему «Программируемые логические контроллеры в промышленности»

Студент	<u>Д.Ю. Журавский</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Научный руково- дитель	<u>к.т.н., доцент, А.В. Прядилов</u>	_____
	(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	

Тольятти 2020

Список обозначений и сокращений

АСУТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
SCADA	Диспетчерское управление и сбор данных
ПЛК	Программируемый логический контроллер
ЭВМ	Электронно-вычислительная машина
ОРС	Интерфейс для управления АСУТП
МЭК 61131	Международная электротехническая комиссия
FBD	Язык функциональных блоковых диаграмм
ST	Язык структурированного текста
LD	Язык лестничной логики
КИМИС	Комплексных имитационно-моделирующих испытательных стендов
ЧП	Частотный преобразователь
РПД	Реле перепада давления
DC	Постоянное напряжение
AC	Переменное напряжение
DIN	Дискретный вход
DOUT	Дискретный выход
AIN	Аналоговый вход
AOUT	Аналоговый выход
COM	Последовательный порт
ЧПУ	Числовое программное управление
ШУ	Шкаф управления
В	Единица измерения вольты
А	Единица измерения амперы
Вт	Единица измерения ватты
Ом	Единица измерения ом
ПИД	Пропорционально-интегрально-дифференциальный

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. Состояние вопроса.....	7
1.1 Основание для разработки	7
1.2 Цель и назначение разработки.....	7
1.3 Основные ошибки при создании шкафов АСУТП.....	8
1.4 Технические требования и рекомендации.....	10
1.5 Изучение готовых работ на тему магистерской диссертации.....	10
1.6 Обзор существующих ПЛК.....	13
2 Раздел проектных разработок.....	19
2.1 Разработка электрической схемы стенда.....	19
2.2 Выбор компонентов необходимых для создания стенда.....	34
2.3 Разработка конструкции стенда.....	46
3 Написание алгоритмов программы для проверки и отладки систем управления.....	49
4 Практическая реализация проекта.....	52
4.1 Изготовление стенда.....	52
4.2 Отладка стенда.....	59
5 Сравнение со старой версией.....	62
6 Руководство по эксплуатации стенда.....	66
6.1 Требования безопасности.....	66
6.2 Назначение.....	66
6.3 Условия эксплуатации.....	66
6.4 Технические характеристики.....	66

6.5 Состав изделия	67
6.6 Подготовка стенда к использованию	67
6.7 Проверка ШУ (1 режим работы)	68
6.8 Использование стационарных контроллеров (2 режим работы).....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	71

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизирование всех производственных процессов является главной целью, которую ставит перед собой производитель. Наиболее значительным это становится во время кризиса, так как большинство потребителей испытывают дефицит бюджет, что влечет за собой снижение спроса на товар, предоставляемый производителем. С переходом в большинстве отраслей с ручного управления на автоматизированное и появления технологических процессов, за которыми необходим постоянный контроль, возникла необходимость создания различных систем управления, которые бы заменили человека, частично или полностью, так же сводя к минимуму человеческий фактор. Такие системы называются АСУТП – автоматизированные системы управления технологическими процессами.

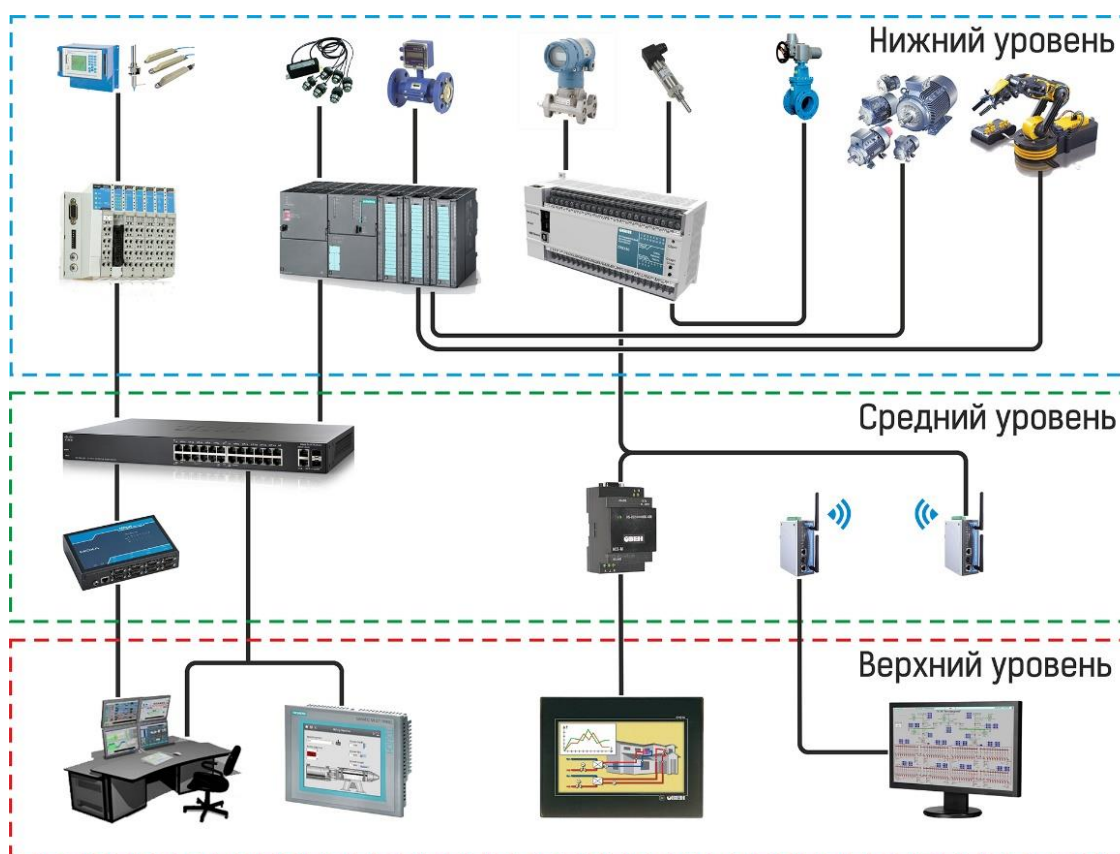


Рисунок 1 – уровни АСУТП

Такие системы состоят из трех уровней: нижний уровень – исполнительные устройства, датчики, сенсоры, контрольно-измерительные приборы, средний уровень – уровень программируемых логических контроллеров,

верхний уровень – уровень диспетчеризации, то есть это удаленный сбор данных и удаленное управление (SCADA системы).

За связь всего этого между собой отвечает средний уровень, то есть главной частью большинства таких систем является их мозг – программируемый логический контроллер, входящий в состав шкафа управления, в котором так же располагается вся необходимая для функционирования системы автоматика, который управляет всеми исполнительными устройствами нижнего уровня и дает возможность собирать данные и управлять системой через себя с помощью диспетчеризации (верхнего уровня).

На разработчиках данных шкафов управления лежит огромная ответственность, так как любая ошибка в правильности работы шкафов управления может привести к выходу из строя подконтрольного ему оборудования, что в свою очередь может привести к еще более серьезным проблемам. То есть, появился ряд серьезных вопросов возникших при разработке этих систем автоматизированного управления. Все эти вопросы помогают решать специальные инструменты, именуемые стендами отладки систем автоматизированного управления технологических процессов АСУТП, которые только недавно начали входить в арсенал людей занимающихся разработкой всех этих систем управления. Данные стенды представляют собой набор тех или иных средств, помогающих человеку, разрабатывающему какую-либо систему управления, лучше продумать ее, создать алгоритм управления к ней, не имеющий ошибок и удовлетворяющий всем задачам поставленным перед ним. От функционала таких стендов зависит насколько большие и сложные системы и их алгоритмы возможно разработать без ошибок в алгоритмах, проверив и отладив их.

1. Состояние вопроса

1.1 Основание для разработки

Разработка проекта производится по заданию «НТЦ Евровент».

1.2 Цель и назначение разработки.

Актуальность: изо дня в день происходит очень стремительное развитие систем АСУТП. На самом деле, все стороны, взаимодействующие с данными системами, видят перспективы в их использовании. Но существование такой преграды как неимение инструментов, помогающих на этапе создания систем управления (проверки и корректировки этих систем) ведет к таким последствиям как:

- 1) вероятность возникновения ошибок системы
- 2) не корректной работы алгоритмов в каких-то ситуациях, которые нельзя было смоделировать и предвидеть заранее

Перечисленные выше ситуации могут привести к еще более серьезным последствиям, таким как выход из строя части системы, или всей системы, экономическим убыткам, полученным из-за устранения проблем перед заказчиком и так далее.

Чтобы решить все эти задачи необходимо проверять все аспекты алгоритмов управления системой и сами системы с помощью имитационных стендов. Этот инструмент проверки упростит задачу поиска недостатков программ управления, их отладку, правильность банальной сборки системы до того, как поставить эту систему клиенту.

Цель выпускной квалификационной работы состоит в конструирование с нуля проекта стенда для проверки и отладки систем управления автоматизацией и реализации его на практике. Применение этого стенда позволит упростить проверку, повысить скорость проверки, уменьшить процент ошибок, позволит проверять более сложные системы и алгоритмы управления к ним, так же данный стенд позволит новым сотрудникам изучать программирование контроллеров, которые используются в данном стенде.

1.3 Основные ошибки при создании шкафов АСУТП

Разберем основные ошибки при разработке систем АСУТП, как на программном уровне, так и на уровне правильности сборки электрической схемы шкафов управления.

Рассмотрим часть электрической схемы шкафа управления

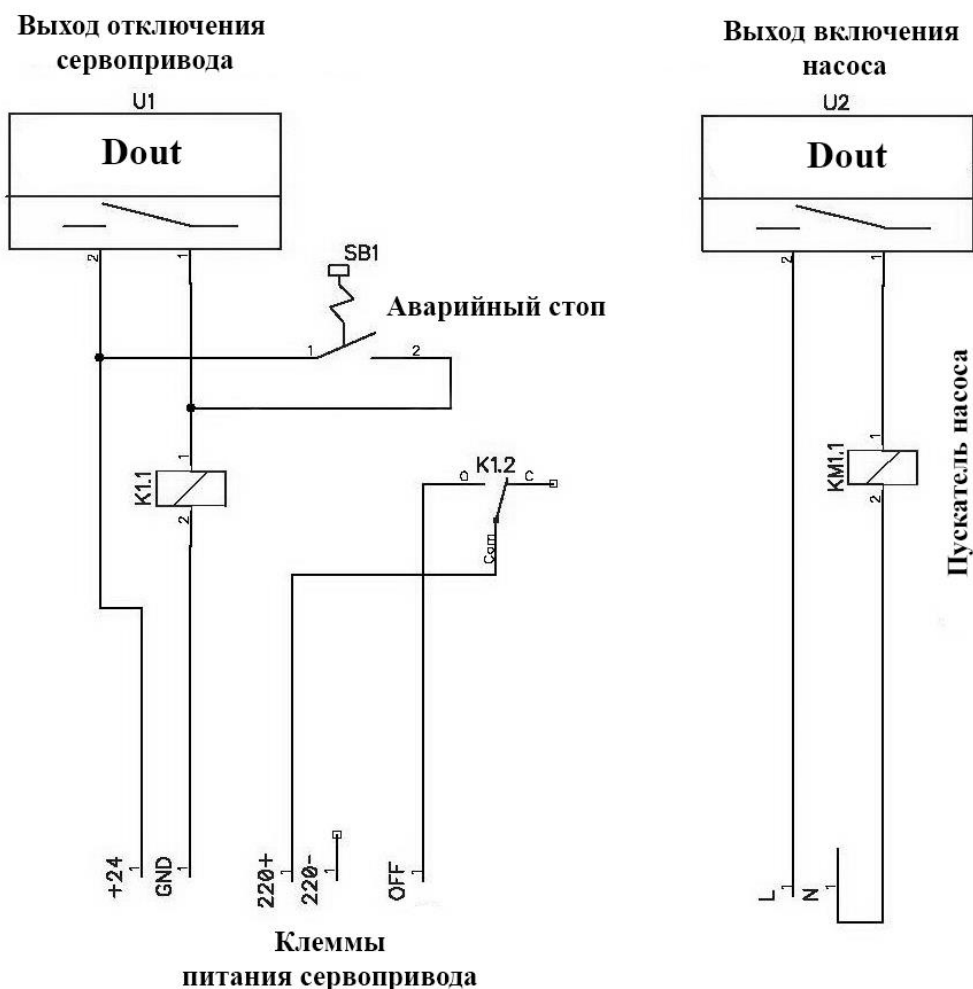


Рисунок 2 – пример неправильной схемы

Выше представлена релейная схема дискретных выходов, с которых происходит включение и отключение питания на масляном насосе и сервоприводе клапана. Из-за своей невнимательности проектировщик схемы не учел очень важный момент, что возможен выход из строя реле питания сервопривода. В этом случае при аварийном отключении системы вместо отключения питания на приводе и насосе, отключится только магнитный пускатель маслонасоса. А сервопривод не отключится, так как его реле вышло из строя, оно не поменяет состояние своего контакта при подаче на

катушку питания. То есть сервопривод будет работать на сухую, что приведет к скорому выходу его из строя. Чтобы этого избежать нужно банально перекинуть сигнал отключения сервопривода на нормально-закрытый контакт реле, а само реле питать не при отключении привода, а при его включении. Не правильное использования контактов реле на схема является одной из самых частых ошибок в проектирование схем для шкафов управления.

Со стороны программной части так же довольно много ошибок возникают из-за невнимательности программистов. Например, банально забыли провести связь от одного блока к другому, ошибочно назначили входа или выхода, допустили ошибку в логике алгоритма, указали не правильный тип данных, не правильно построили архитектуру визуальной части, и так далее. Такие ошибки можно найти и исправить еще на этапе написания программы. Однако существуют такие ошибки, которые могут появиться только при особом стечении обстоятельств, то есть их сложно предусмотреть при написании программы. Возникают они в основном в больших программах со сложными алгоритмами. Для нахождения таких ошибок нужно воспользоваться симулятором и просимулировать все возможные варианты развития событий в алгоритме.

Так решения в программной и проектной части могут приводить к наличию скрытых ошибок, которые можно не найти вплоть до этапа пусконаладочных работ, а то и вплоть до момента, когда произойдут необратимые последствия. Так же необходимо учитывать и банальный человеческий фактор. Все эти недочеты, при наличии необходимой квалификации, хорошего понимания алгоритмов (что должно произойти и может произойти в той или иной ситуации), используя стенд для проверки и отладки, можно найти и исправить.

Задачи работы:

- 1) Проанализировать уже реализованные решения по этой проблеме, выделить наиболее подходящие нам.

- 2) Разработать конструкцию и электрическую схему, которые будут удовлетворять всем требованиям.
- 3) Разработать универсальные программы для работы со стендом.
- 4) Реализовать задуманный стенд практически.
- 5) Отладить стенд и программу.
- 6) Разработать руководство по эксплуатации стенда.
- 7) Оценить полученный результат и сравнить его с другими решениями.

1.4 Технические требования и рекомендации.

Разрабатываемый проект должен иметь преимущества по характеристикам перед аналогичными решениями.

Технические требования к стенду:

1. Тип стенда: стационарный, с возможностью корректировки положения для удобства использования.
2. Возможность проверки ШУ типоразмеров ЦМП-7, ВРУ и больше.
3. Использование стационарных контроллеров.
4. Габариты:
 - 4.1 Высота не больше 1 метра.
 - 4.2 Ширина не больше 0,7 метра.
 - 4.3 Глубина не больше 0,5 метра.
5. Масса не больше 50 килограмм.

1.5 Изучение готовых работ на тему магистерской диссертации.

Так как передо мной заказчиком, выступающим в лице моего работодателя, была поставлена задача сделать стенд удовлетворяющим особым требованиям и превосходящим по всем параметрам своего предшественника, который уже не справляется со своей основной миссией, заключающейся в проверке шкафов управления и объемами которые и так постоянно растут, при этом увеличивается и сложность, был произведен поиск уже готовых в теории или на практике решений, хотя бы частично подходящих под необходимые нам критерии:

- 1) Наглядность, что подразумевает под собой визуализацию процессов происходящих при выполнении тех или иных алгоритмов, которые

нужно проверить, то есть, например включение какого-либо устройства можно продемонстрировать банальным загоранием лампочки, или изменениями показаний на вольтметре и так далее. Это существенно упрощает восприятие системы, что позволяет без труда отлаживать алгоритм управления к ней.

Были найдены несколько реализаций имеющих такую возможность, это стенд разработанный международным центром изучения программирования на контроллерах Danfoss, стенд на базе контроллера Siemens S7 находящийся в лаборатории одноименной компании, так же есть похожие решения от производителей разных контроллеров, предназначенные для изучения программирования своей продукции.

- 2) Надежность и ремонтпригодность, подразумевает под собой применение качественных материалов с минимальным использованием пайки, что дает возможность быстрого ремонта путем замены вышедшей из строя детали.

Исследуя интернет в поисках решений, часто встречались проекты, собранные «на коленке», с применением ненадежных комплектующих и очень плохо продуманной компоновкой, что снижает возможность последующего ремонта. Такие проекты в основном воплощались любителями, которым в основном стенд нужен для ознакомления с каким-либо контроллером для написания примитивных программ на него.

- 3) Универсальность предполагает наличие у стенда нескольких вариантов применения. В нашем случае стоит задача сделать стенд, с помощью которого можно как проверять шкафы управления с внешней автоматикой, писать и отлаживать программы управления, используя автоматику, находящуюся непосредственно в стенде, так и производить обучение программирования контроллеров.

Проведя довольно глубокий поиск, не было найдено ни одного проекта, который бы мог реализовать хотя бы отдаленно эту задачу. Некоторые решения могу выполнять только одну из этих функций: или только проверку уже

готовых внешних систем, или проверку алгоритмов с помощью стационарных инструментов.

- 4) «Защита от дурака», то есть необходимо было продумать все возможные ситуации при использовании стенда, которые могут возникнуть, например при неправильном подключении проверяемого шкафа управления, реализовать защитные механизмы для их предотвращения.
- 5) Так же одним из основных требований к нашему стенду была возможность проверки огромных систем управления состоящих из множества исполняемых устройств с очень сложными алгоритмами управления.

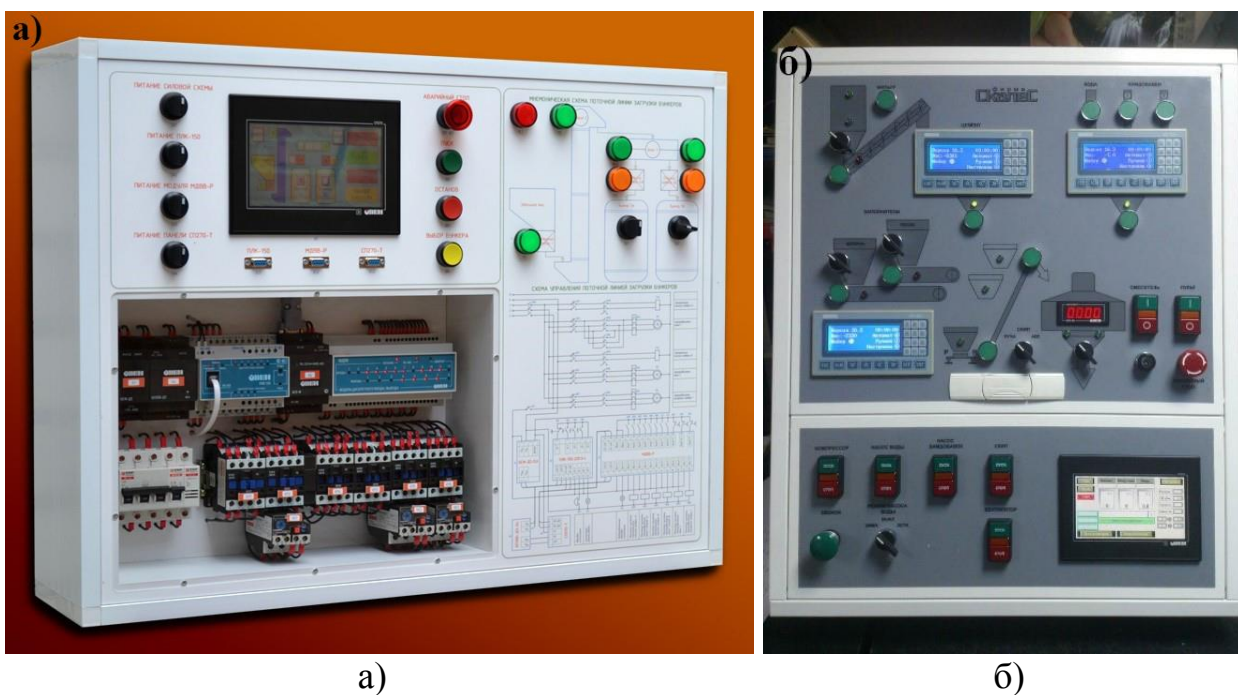


Рисунок 3 – а) учебный стенд ОВЕН б) учебный стенд управления бетонным заводом

На данный момент решения такого плана производятся в очень малых количествах, но все же, в учебной сфере используются такие решения в качестве лабораторных тренажеров.

Так же на рынке представлены такие специфичные инструменты как виртуальные симуляторы. Служат они только для первичной отладки про-

грамм для контроллеров, однако они не универсальны и работают непосредственно только с контроллерами, для которых были созданы.

«Рассмотренные готовые решения могут отличаться способами визуализации: в качестве объектов, которые выступают в качестве визуализации и имитации можно использовать светодиоды, вольтметры, переключатели, потенциометры и т.д). Или сервоприводы, частотные преобразователи, нагревательные элементы, датчики температурные, присутствия, давления и т.п.)

Второй вариант это, по сути, создание уменьшенной версии системы, под которую разрабатывается система управления.» [1, с. 122].



Рисунок 4 — структурная схема имитационного стенда

1.6 Обзор существующих ПЛК.

Так же были рассмотрены некоторые программируемые логические контроллеры таких производителей как Owen, Carel, Siemens, Danfoss, Segnetics и выделены наиболее подходящие для реализации в нашем проекте: Segnetics и Danfoss так как программное обеспечение этих контроллеров в открытом доступе, есть конструкторы для быстрого создания стандартных программ для вентиляционных установок, так же есть большая база макросов по вентиляции, не большая цена в сравнение с Siemens и Carel и возможность общения непосредственно с разработчиками программного обеспечения дан-

ных продуктов. Ну и главное преимущество это то что контроллеры этих производителей применяются в наших системах управления.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) это микропроцессорная система связанных модулей входов и выходов, разработанная для управления различными системами без участия человека. Алгоритм работы большинства программируемых логических контроллеров строится на механизме обработки данных, анализируя которые происходит рассылка команд и сигналов, которые управляют всеми устройства подконтрольной системы автоматизации.

Изначально такие контроллеры создавались с целью перехода от более примитивных релейных схем управления автоматизацией состоящих в основном из дискретных элементов к более гибким состоящих так же из аналоговых элементов. Главным преимуществом над релейными системами стало наличие контроллеров, на которые можно написать программу, которая, по сути, заменила сотни реле в несколько входов выходов. В несколько раз уменьшились размеры систем управления и их стоимость. Использование ПЛК так же предоставляет возможность повысить надежность системы управления. ПЛК может с помощью своих входов и выходов обрабатывать статусные сигналы, аварии, управлять плавным регулированием различными сервоприводами, клапанами, двигателя и тому подобное что невозможно было реализовать на релейных системах управления.

Написание алгоритмов и их отладка реализуется с использованием программ на персональном компьютере, и интерфейсом, которым обладает контроллер. Все исполнительные механизмы и другие части системы соединяются с контроллером по средствам соединения с его входами и выходами. Так же для более сложных систем, на которые не хватает входов выходов контроллера или памяти в нем, существуют модули расширения входов, выходов, и контроллеры, которые можно подключать в качестве расширения памяти. Контроллеры на сегодняшний день располагают в своем арсенале различными счетчиками, находящимися непосредственно в базовых модулях.

К тому же большинство контроллеров легко улучшаются и модернизируются новыми функциями при помощи специальных модулей, запрограммированных выполнять тот или иной алгоритм, например автономное аналоговое управление с помощью специальных регуляторов, не требующих питания. Так же присутствует возможность удаленно управлять через контроллер всей системой, не находясь возле нее. Например, шкаф управления с контроллером стоит на крыше, а управление им и мониторинг показаний ведется внутри здания или вообще в другом городе или стране, что нельзя было сделать на релейных системах.

Аппаратно-программируемые ПЛК представляет собой ЭВМ. То есть тот же персональный компьютер, лишь с отличием в устройствах периферии. Вместо мышки или клавиатуры там используются модули ввода и вывода. Так же есть контроллеры, которые не располагают экраном или клавиатурой, а только имеют модули входов и выходов.

В большинстве случаев чтобы запрограммировать контроллер, необходимо иметь специальное устройство, именуемое программатором. Программаторы выполняют так же такие задачи как: беспроводное чтение карт, наладка характеристик функций программируемых логических контроллеров, считывания логов ошибок, используя дополнительные модули.

«На данный момент абсолютно любую процедуру автоматизации нельзя представить без программируемых логических контроллеров, так как они созданы для реализации большого количества технологических задач в самых разных ситуациях. Огромное многообразие вариаций применения программируемых логических контроллеров, вдобавок чуть ли не бесконечные возможности ПЛК вынуждают производителей изготавливать контроллеры всех возможных предназначений. Именно большой функционал и возможность дополнения требуемыми опциями вызвало переход большинства систем автоматизации на базу программируемых логических контроллеров.

В распределенных системах отдельный ПЛК исполняет свою локальную задачу. Задача согласования контроля реализуется компьютерами сред-

него звена АСУ. Распределенные системы имеют преимущество по крепости, гибкости сборки и легкости в проведении сервиса.

Классическая сфера использования программируемых логических контроллеров - нижний уровень автоматизированных систем управления (АСУ) предприятия - систем, напрямую имеющих связь с технологией производства» [2, с. 122-123].

Главным достоинством программируемых логических контроллеров является допустимость его внедрения в какую-либо систему. Используя специальные сервера OPC (Open Platform Communications), возможно подключить ПЛК к системе диспетчеризации. Связь ПЛК со склада-системами осуществляется с помощью использования баз данных, которые хранят все полученные данные и систематизирует их для использования в программах диспетчеризации. Склада-системы используются в основном для упрощения работы с системами автоматизации, чтобы даже неподготовленный человек без специального образования смог взаимодействовать с ними.

То есть, основной критерий выбора системы на базе ПЛК, это осуществимость полного контроля, поддержки системы в рабочем состоянии и обслуживания системы персоналом. Именно поэтому в программирование ПЛК используются более примитивные языки, из-за их легкости в освоение.

Кроме того, стоит напомнить о том, что пользователи, занимающиеся программированием ПЛК, должны понимать, как писать программу на языках логики (например, на лестничной логике или функциональных диаграммах), электрических цепях и алгоритмах работы устройств, для которых предназначено автоматизированное управление.

Алгоритмы управления и их визуализацию на контроллере нужно создавать профессионалам в определенной области для которой пишется программа, потому что очень важным фактором является легкость освоения в использование этой программы техническим персоналом, отвечающего за работу, ремонт и поддержание автоматизированной системы. К пользователю нет жестких требований углубленных знаний управления этими програм-

мами и их нюансами, однако рекомендуется на базовом уровне понимать, что происходит, должно произойти и произошло в той или иной ситуации.

Необходимо пройти специально обучение с использованием стандарта МЭК для получения квалификации в сфере программирования ПЛК.

«Наличие большого количества производителей ПЛК имеет как плюсы, так и минусы. Плюсы состоят в конкуренции за покупателя, что влечет за собой уменьшение цены контроллеров, при этом увеличение их функциональности и удовлетворение абсолютно любых требований покупателя, следовательно решение любой тех. задачи.

Но есть и недостаток в том, что многие контроллеры имеют закрытую архитектуру программирования. То есть, пользователь не может внести существенные корректировки в алгоритм, а должен отталкиваться от уже имеющихся, предложенных производителем контроллера алгоритмов. Так же при переходе от одного производителя контроллеров одной фирмы на контроллеры другой придется произвести в лучшем случае переналадку система, а в худшем полную ее модернизацию.» [2, с. 124].

В конце 20 века на Международной Электротехнической Комиссии (МЭК) была представлен специальный орган специалистов в сфере улучшения качества использования ПЛК, который создал стандарт МЭК, состоящий из восьми глав о ПЛК.

МЭК имеет поддержку пяти основных языков программирования логических контроллеров: FBD – функциональные блоки диаграмм, наиболее часто используемый на данный момент язык. Его продолжитель CFL, LD – лестничная логика, ST- структурированный текст похожий на Basic или Pascal. Так же существуют еще несколько наименее используемых языков, которые уже изжили себя. Языки программирования стандарта МЭК берут за свою основу несколько правил: программа должна разбиваться на функции, которые в свою очередь должны состоять из блоков функций и подпрограмм, любой элемент должен конструироваться из более простых частей, должна вестись типизация всех данных, для упрощения обнаружения ошибок в алго-

ритме до его компилирования, программа должна поддерживать перенос с одного контроллера на другой если эти контроллеры поддерживают стандарты МЭК. Стандарт МЭК подразумевает возможность быстрого перехода программы с одного языка на другой с небольшими доработками, что намного лучше, чем опять писать с новую программу на другом языке с нуля.

Со временем появилось много библиотек, состоящих из готовых частей программы, которые можно использовать в своих проектах. Эти части программ называются макросами. Постоянно на разные языки создаются новые более совершенные макросы, которые так же могут быть в открытом доступе, что значительно упрощает написание программ.

Концепция имитационного моделирования принята в основу разработки комплексных имитационно-моделирующих испытательных стендов (КИМИС), применяемых для проверки и настройки непростых систем управления в реальном масштабе времени. Представляет из себя комплекс устройств, необходимый для испытания больших и сложных систем автоматизированного управления.

2 Раздел проектных разработок.

2.1 Разработка электрической схемы стенда.

Была разработана в программе Splan электрическая схема и конструкция стенда из расчета что основными контроллерами, которые будут применяться в данном стенде будут Danfoss MCX 08D, SMH 4322 и SMH4.

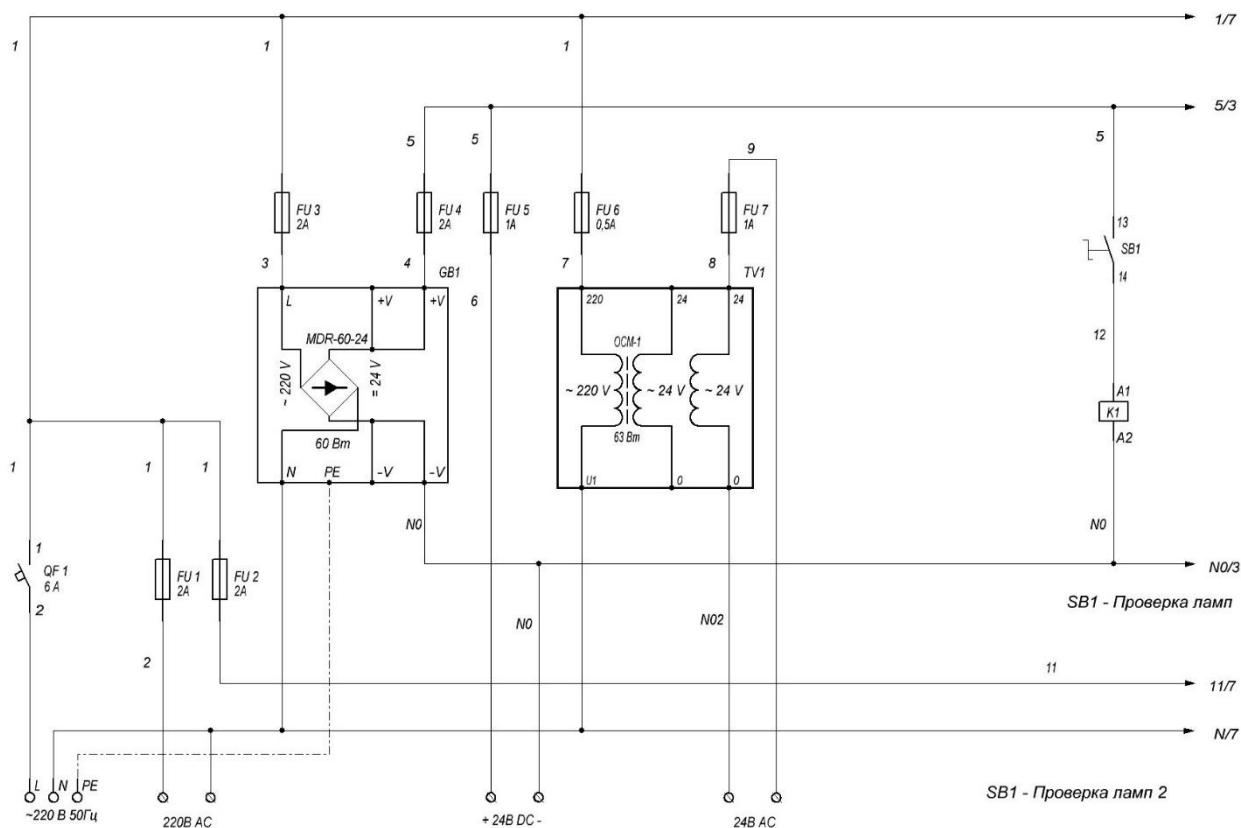


Рисунок 5 - электрическая схема стенда страница 2

На рисунке 5 электрической схемы изображены основные источники питания нашего стенда а именно 220В, которые используются на блоке питания MDR-60-24 24 V MW, на трансформаторе ОСМ-1, питание дискретных выходов контроллера Danfoss, так же и 220AC и 24AC и 24DC выведены на отдельные клеммы для возможности быстрого подключения каких-либо устройств (сервоприводов, других контроллеров и т.п.). Переменное напряжение через блок питания, на входе и выходах которого стоят предохранители, преобразуется в постоянное DC 24V для обеспечения питания контроллеров, питания ламп 24V сухих контактов, питания 0-10V.

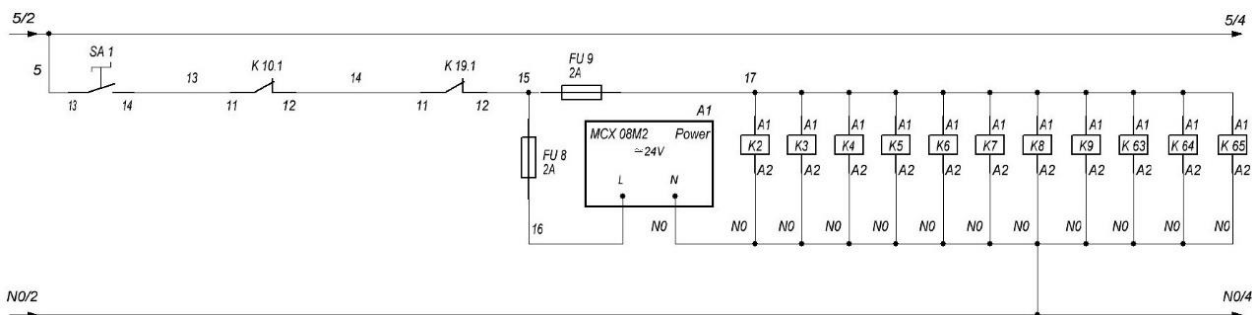


Рисунок 6 - электрическая схема стенда страница 3

Питание каждого контроллера контролируется переключателями SW1, SW2 и SW3, это сделано для того, чтобы можно было снять питание с контроллеров, так как при проверки шкафов управления нельзя параллельно производить эмуляцию через стационарные контроллеры стенда.

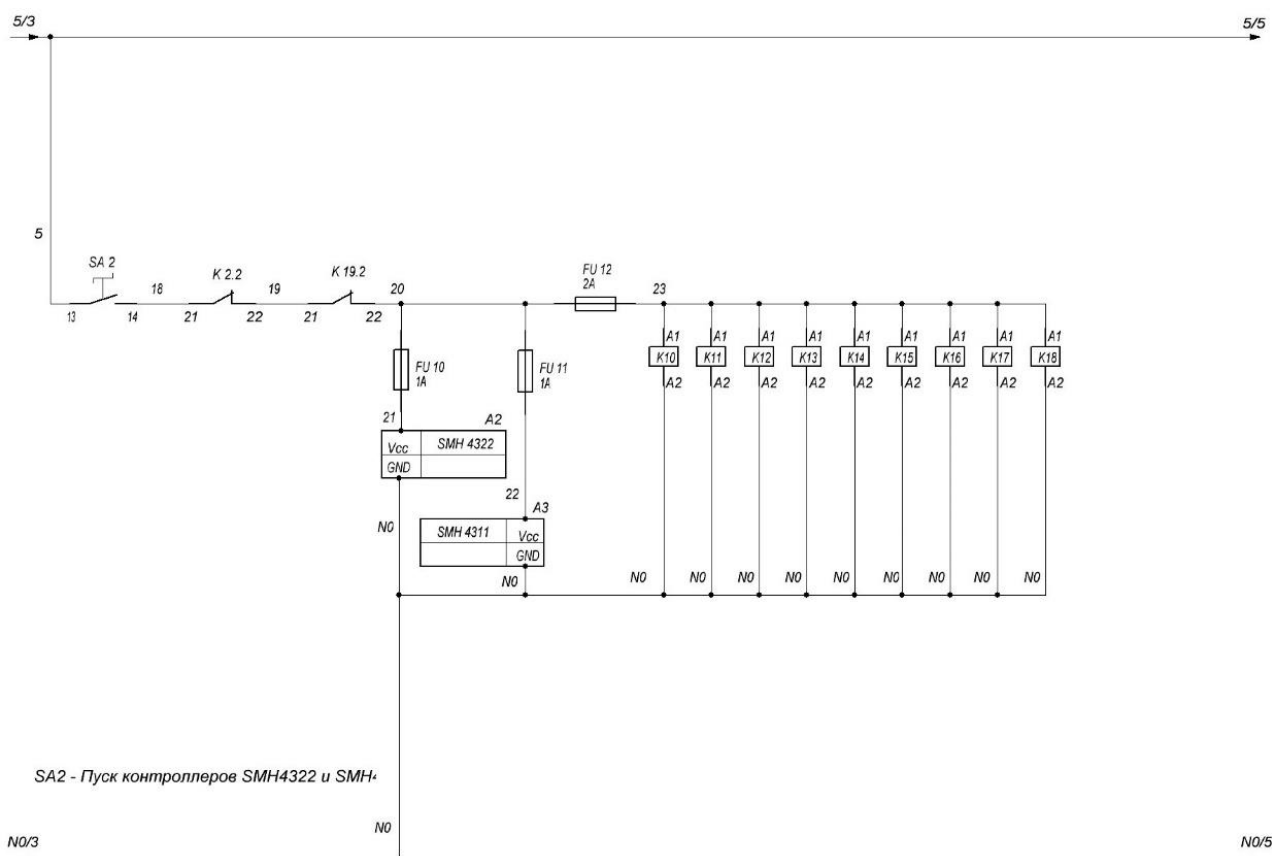


Рисунок 7 - электрическая схема стенда страница 4

Так же в цепи питания каждого контроллера есть свои катушки реле, которые замыкают контакты на их входах и выходах так же размыкают контакты на цепях питания других контроллеров, то есть, если я подам питание на контроллер Danfoss, то контакт реле разорвет питание на контроллерах SMH 2010 и SMH4 и если их переключатели замкнуть они не включатся, это

сделано потому что несколько контроллеров могут использовать одни лампы, переключатели, вольтметры и т.д.

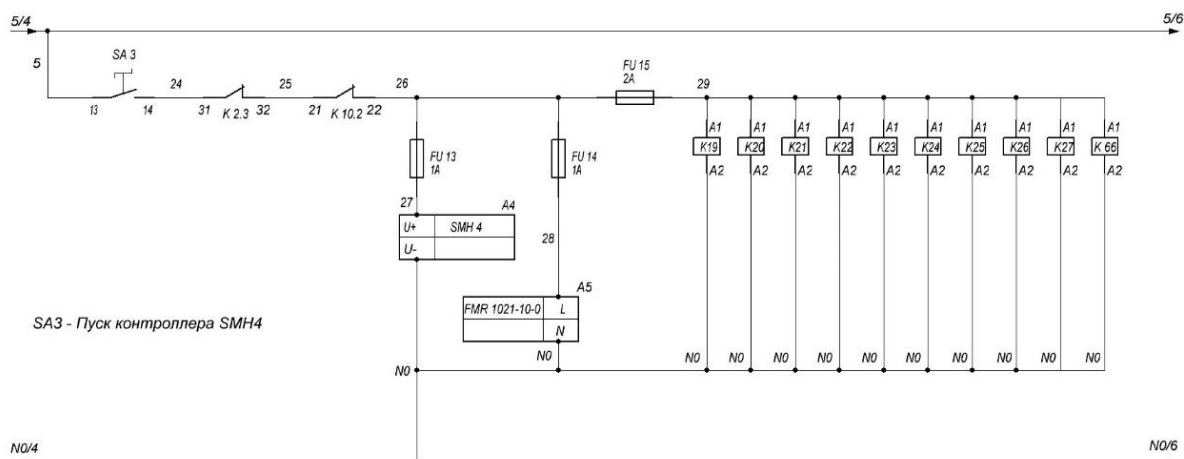


Рисунок 8 - электрическая схема стенда страница 5

То есть если одновременно включить два контроллера, входы и выходы которых соединены между собой по средствам общих проводов на проверке ламп, эти контроллеры могут выйти из строя при неудачных стечениях обстоятельств. Изображена схема дискретных выходов DOUT, с помощью которых производится как отладка программ через стационарные контроллеры стенда, так и проверка ШУ. Лампы выступают в качестве индикации наличия сигнала на одном из выходов контроллера. При проверке ШУ отключается питание у стационарных контроллеров в цепи которых так же находятся катушки реле K10, K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18 для SMH 4322 и K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K63, K64, K65 для Danfoss MCX 08D, K19, K20, K21, K22, K23, K24, K25, K26, K27, K66 для SMH 4 и его модулей расширения MC и FMR. При отсутствии питания на перечисленных выше катушках реле их контакты становятся нормально открытыми (NO) тем самым изолируя дискретные выхода стационарных контроллеров от контактов ламп, с помощью которых будет производится проверка ШУ. Это также сделано в целях обезопасить контроллеры друг от друга.

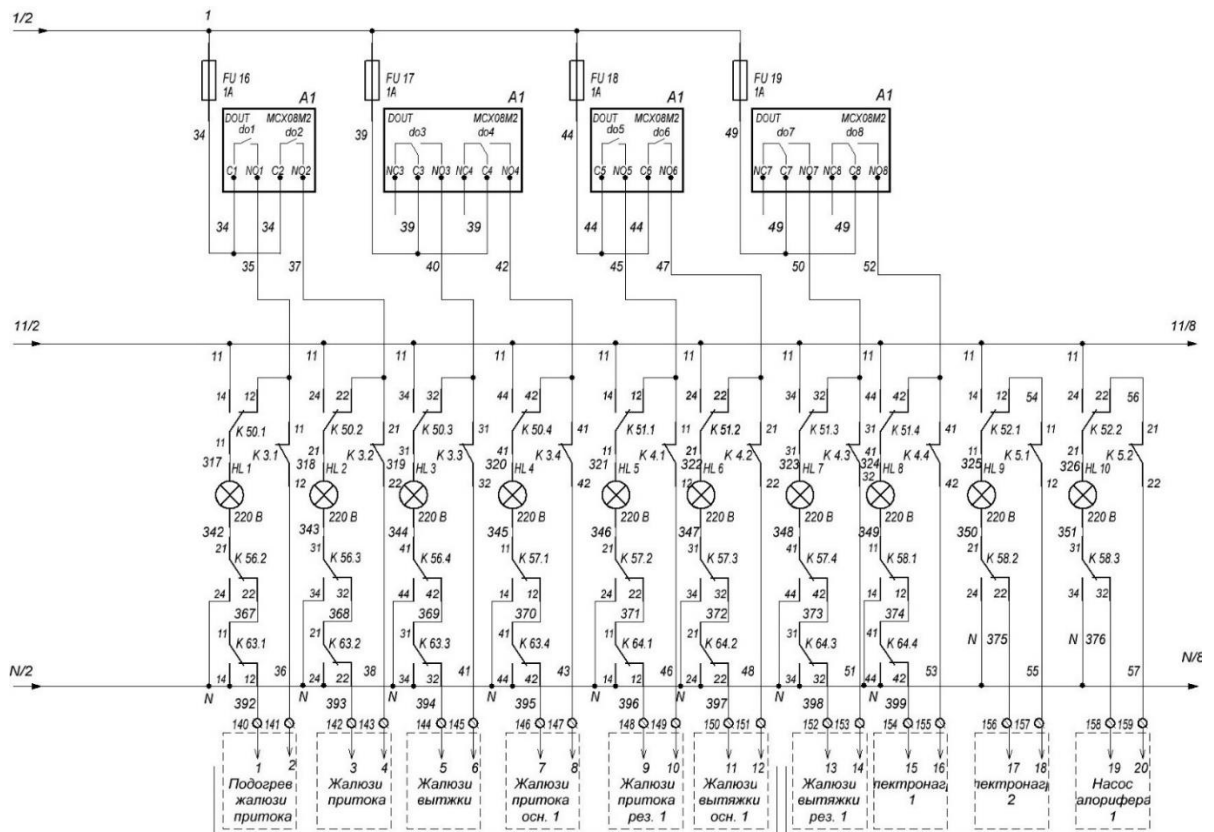


Рисунок 9 - электрическая схема стенда страница 5

Так как очень часто необходимо проверить силовой шкаф или силовую часть шкафа, необходимо использовать лампы 220В, помимо этого контроллер Danfoss на дискретных выходах коммутируют 220В. Контакты реле между лампами и клеммами сделаны для того чтобы была возможность подключать 220 вольт от проверяемых шкафов любой последовательностью (фаза – нейтраль, нейтраль – фаза) и не произошло короткое замыкание.

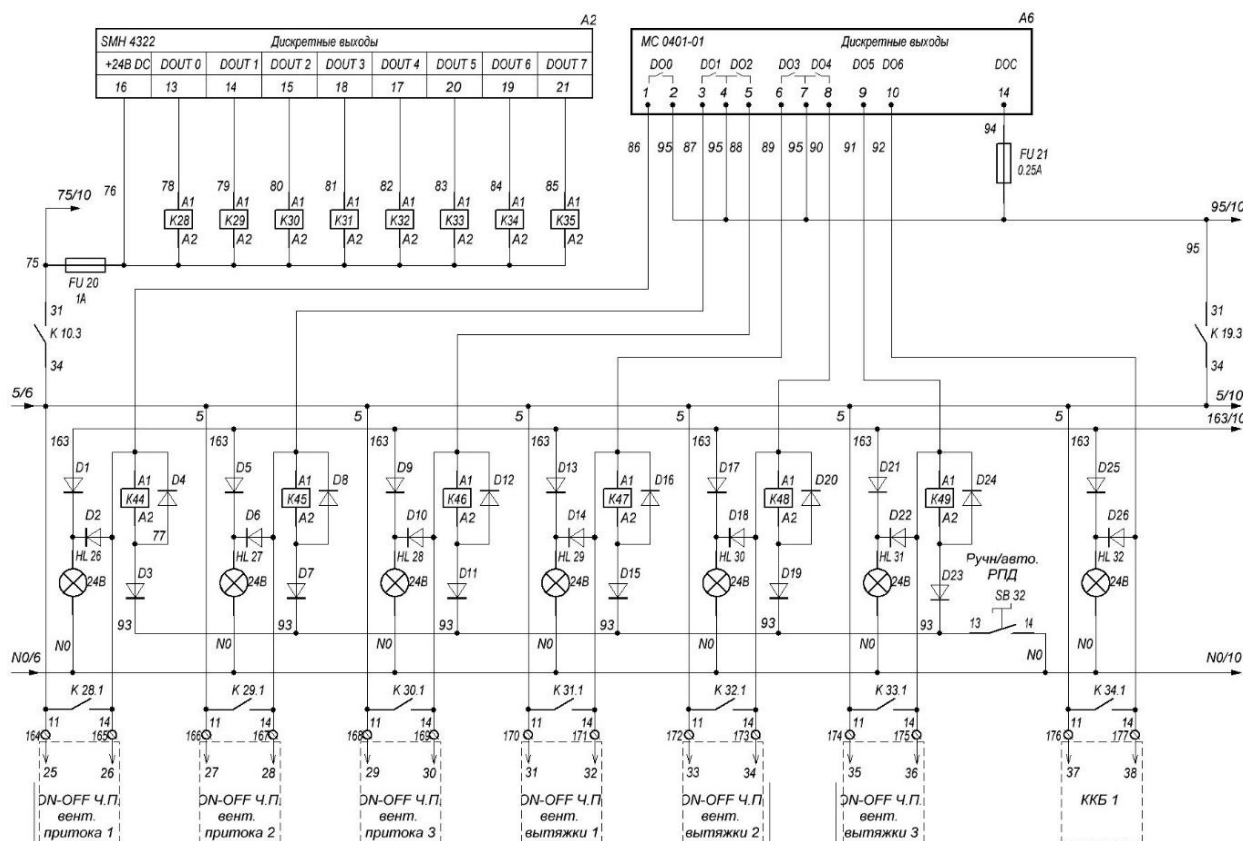


Рисунок 10 - электрическая схема стенда страница 7

Рядом с лампами 24V проверки сухих контактов частотных преобразователей (ЧП) двигателей было решено поставить катушки реле, так как существуют разные двигатели, где применяются разные реле перепада давления с нормально закрытыми контактами или нормально открытыми. В данном стенде с помощью кнопки с фиксацией SB32 и реле были реализованы оба варианта: первый вариант когда на катушки приходит питание применяется для проверки ЧП с автоматическим переключением сигнала DIN «Авария ЧП», т.е., когда загорается лампа сухого контакта ЧП, катушка реле в тоже время «Автоматически» переключает свой контакт и на DIN контроллера поступает сигнал об отсутствие аварии по РПД вентилятора. Второй вариант, когда питание приходит только на лампы, а цепь питания катушек реле разорвана переключателем, т.е., при загорании лампы ЧП необходимо «Вручную» включить переключатель, имитирующий аварию РПД вентилятора для предотвращения появления сигнала аварии на DIN контроллеров.

Так же было принято решение реализовать проверку ламп, так как это сильно упрощает работу со стендом, потому что часто лампы выходят из

строю или по вине пользователя при проверке какого-либо шкафа управления (например, на лампу 24В подали питание 220 и т.п.). То есть, если человек нажал на кнопку проверки ламп, он сразу увидит какая лампа перестала работать и заменит ее. Это очень сильно экономит время.

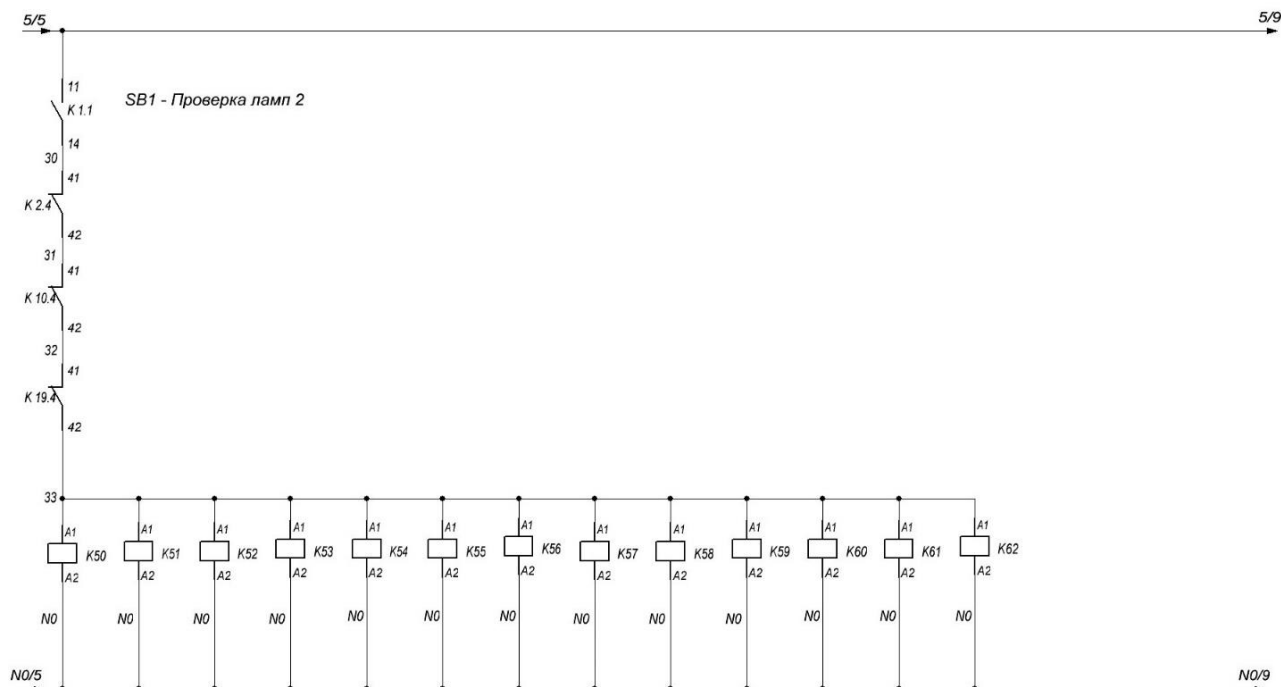


Рисунок 11 - электрическая схема стенда страница 6

Кнопка SB1 необходима для проверки всех ламп (220В, 24В). Схема проверки лампы реализована по-разному для ламп 220В и ламп 24В. Было решено использовать для ламп 220В дополнительную цепь нуля и фазы, которая будет коммутироваться нормально открытыми и закрытыми контактами реле, когда кнопка подаст напряжение на катушки, то есть будет производиться перекидка с одной цепи питания на другую. Так же если включен контроллер Danfoss проверка ламп 220В не работает, дабы избежать короткое замыкание.

Однако для проверки ламп 24В такой способ не подойдет, было проведено несколько экспериментов чтобы решить какой способ лучше подойдет для реализации проверки ламп 24В: 1) использование неоновых ламп, 2) симмисторов, 3) реле как на лампах 220В. Эти способы не подошли, так как, например, при использовании симмисторов, лампы загорались, но не гасли, так как не было возможности закрыть ключ симмистора, при подаче питания

на одну из ламп загорались сразу все и т.п. Было принято решение использовать связку диодов чтобы защитить транзисторные входы контроллера от возможной самоиндукции при отключении катушки реле, чтобы потенциал при проверке ламп не шел на внешние штыри и конечно предотвращение одновременного зажигания всех ламп, при подаче питания на одну из них.

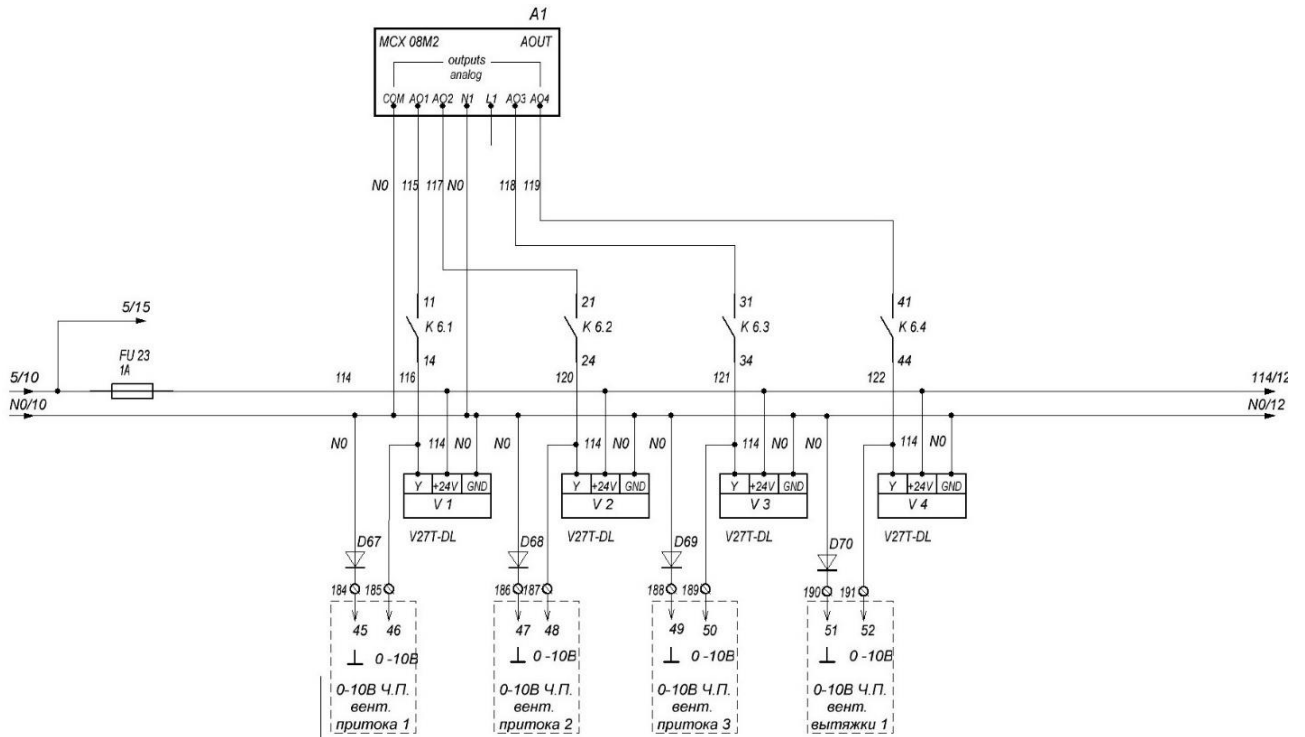


Рисунок 12 - электрическая схема стенда страница 12

На рисунке 12 показана схема аналоговых выходов контроллера Danfoss. Изоляция выходов контроллера реализована аналогично схеме дискретных выходов с помощью контактов реле К6. В качестве имитаторов выступают цифровые вольтметры 0-35V, так как в большинстве случаев именно этот сигнал используется для управления различными компонентами системы (частотные преобразователи двигателей вентиляторов, рекуператоров, сервоприводы воздушных и водяных клапанов и т.п.).

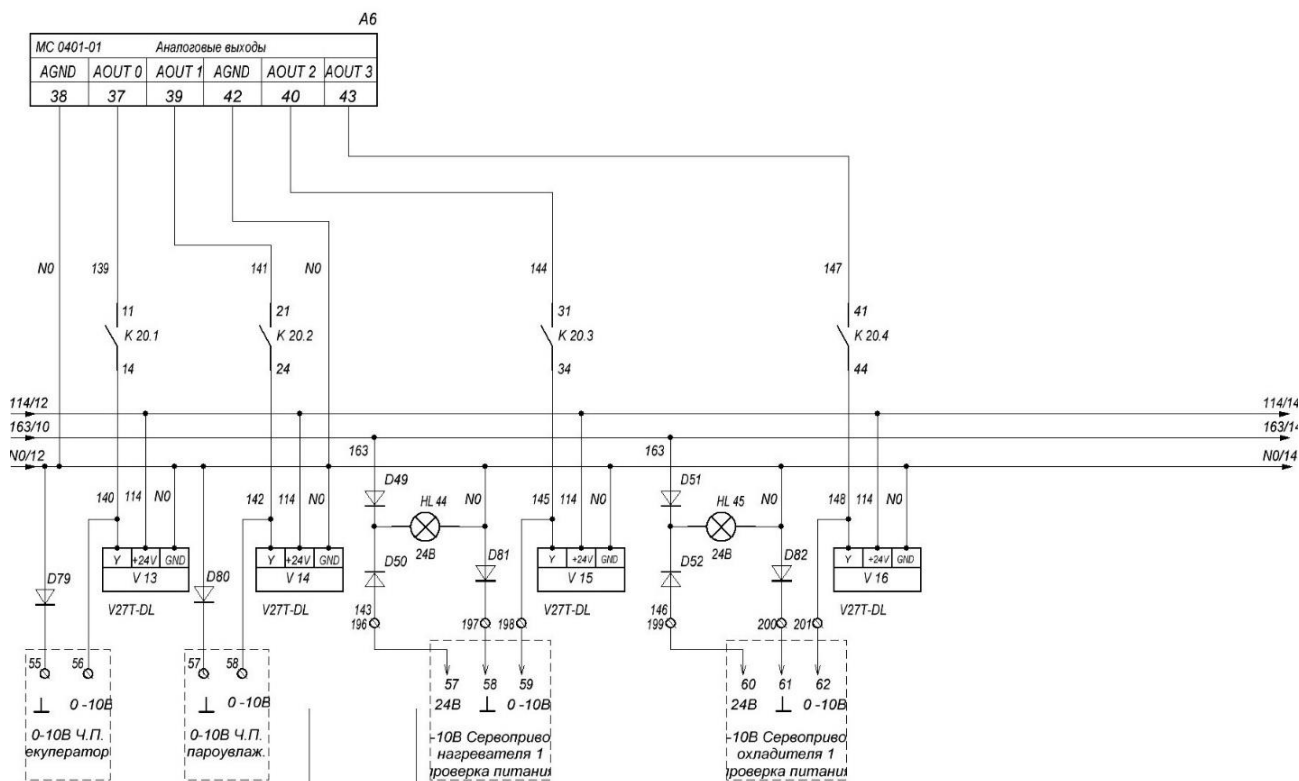


Рисунок 13 - электрическая схема стенда страница 13

На 13 странице схемы так же изображены имитаторы для аналоговых выходов (AOUT) контроллера SMH 4, но с одним отличием: кроме вольтметра так же задействованы лампы 24 V, так как для некоторых устройств управляемых сигналом 0-10V, 2-10V, 5-10V, 10-0V, 10-5V, 10-2V и т.д. необходимо иметь дополнительное питание DC 24V. С помощью данных ламп и проверяется наличие этого питания. Как мы видим на клеммах вольтметров тоже присутствуют диоды, которые так же служат защитой при неправильном подключении минуса и сигнального плюса. Для того, чтобы убрать несущественные наводки рекомендуется на входах вольтметров Y и GND поставить конденсаторы.

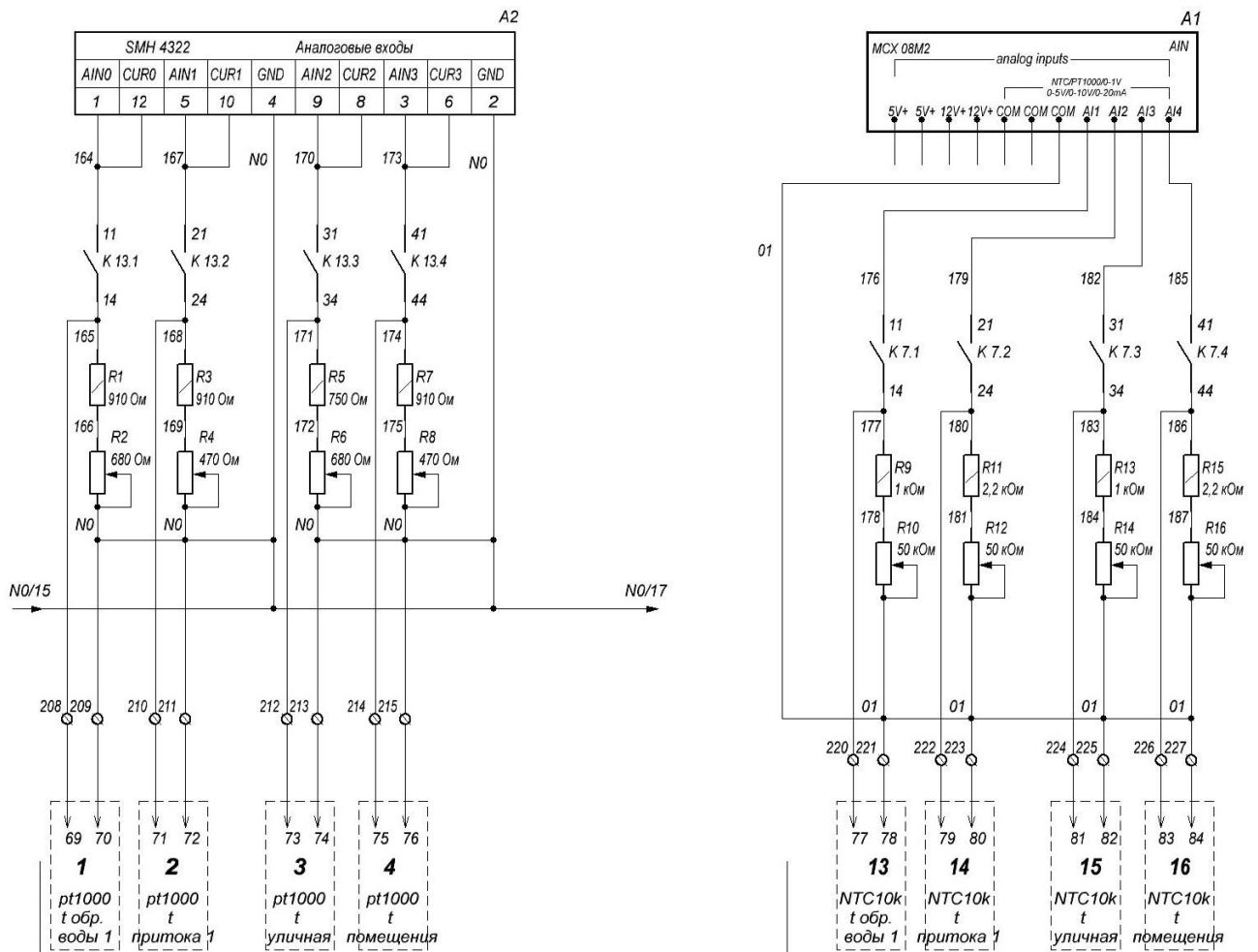


Рисунок 14 - электрическая схема стенда страница 16

На 16 странице схемы так же изображены эмуляторы температурных датчиков. В большинстве случаев необходимо производить имитацию изменения температуры, чтобы посмотреть поведение тех или иных компонентов установки, управляемых с контроллера (например, заслонки рециркуляции, рекуператор, скорости вентиляторов и т.д.) Для этих нужд чаще всего используются связки из переменных и постоянных резисторы сопротивлением 680 Ом, 470 Ом, 910 Ом и 750 Ом для имитации датчиков pt1000 (1000Ом при комнатной температуре, используются с контроллерами SMH). Данные номиналы были выбраны для получения удобных для пользования температурных диапазонов, например для датчика обратной воды можно выбрать температурный диапазон от -10 до +90 а для датчика приточного воздуха или воздуха на улице от -50 до +50. Для подбора необходимого вам сопротивления, можно воспользоваться данными , приведенными ниже на рисунке 15.

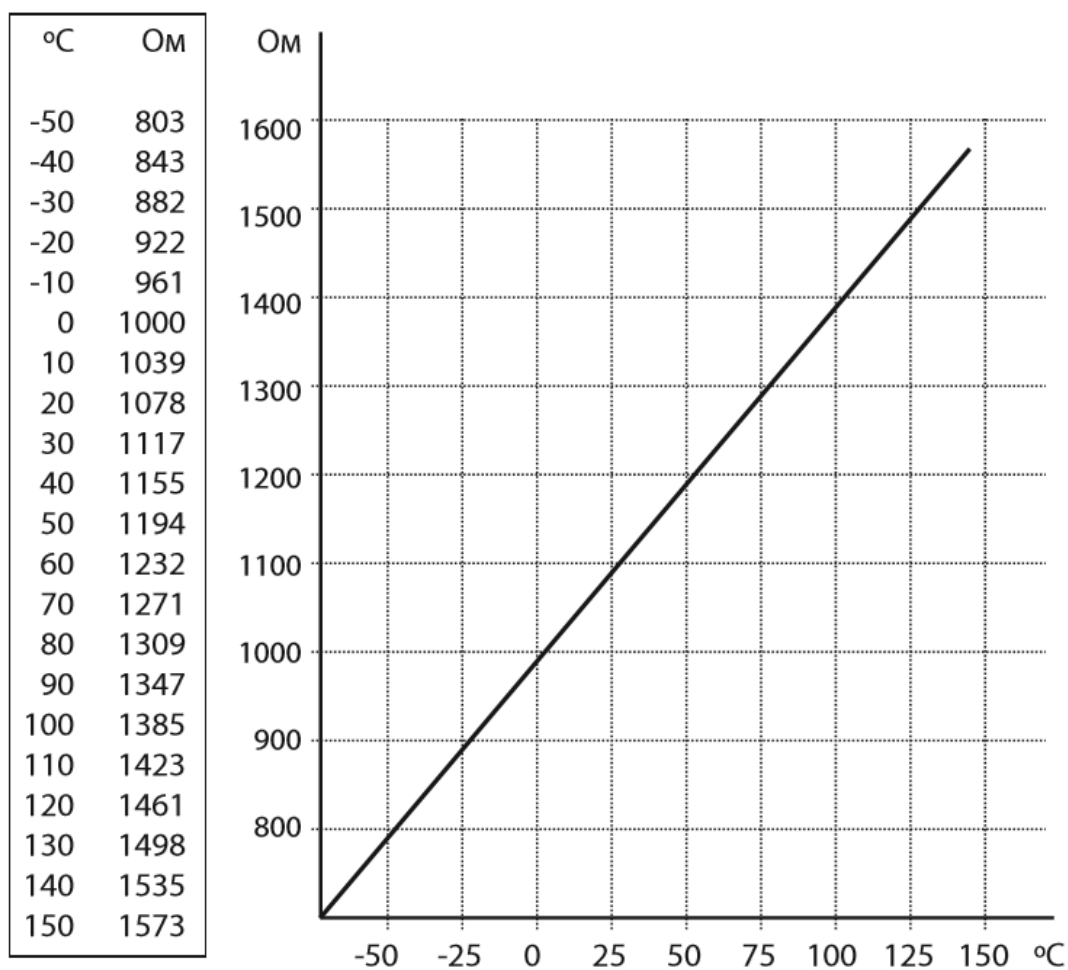


Рисунок 15 –зависимость температуры от сопротивления датчиков PT1000

Так же на рисунке 14 изображены эмуляторы температурных датчиков NTC10K. Используются связка переменных и постоянных резисторы сопротивлением 50 кОм, 1 кОм, 2,2 кОм (10 кОм при комнатной температуре, используются в контроллерах Danfoss). Для подбора необходимых сопротивлений так же можно воспользоваться таблицей для датчиков NTC10K на рисунке 11.

Температурные датчики NTC типа

Зависимость сопротивления датчика от температуры (стандарт 10кОм при 25°C)

T [°C]	R [Ом]
-50	329200
-45	247500
-40	188400
-35	144000
-30	111300
-25	86390
-20	67740
-15	53390
-10	42450
-5	33890
0	27280
5	22050
10	17960
15	14680
20	12090
25	10000
30	8313
35	6941
40	5828
45	4912
50	4161
55	3537
60	3021
65	2589
70	2229
75	1924
80	1669
85	1451
90	1266
95	1108
100	973
105	857
110	757

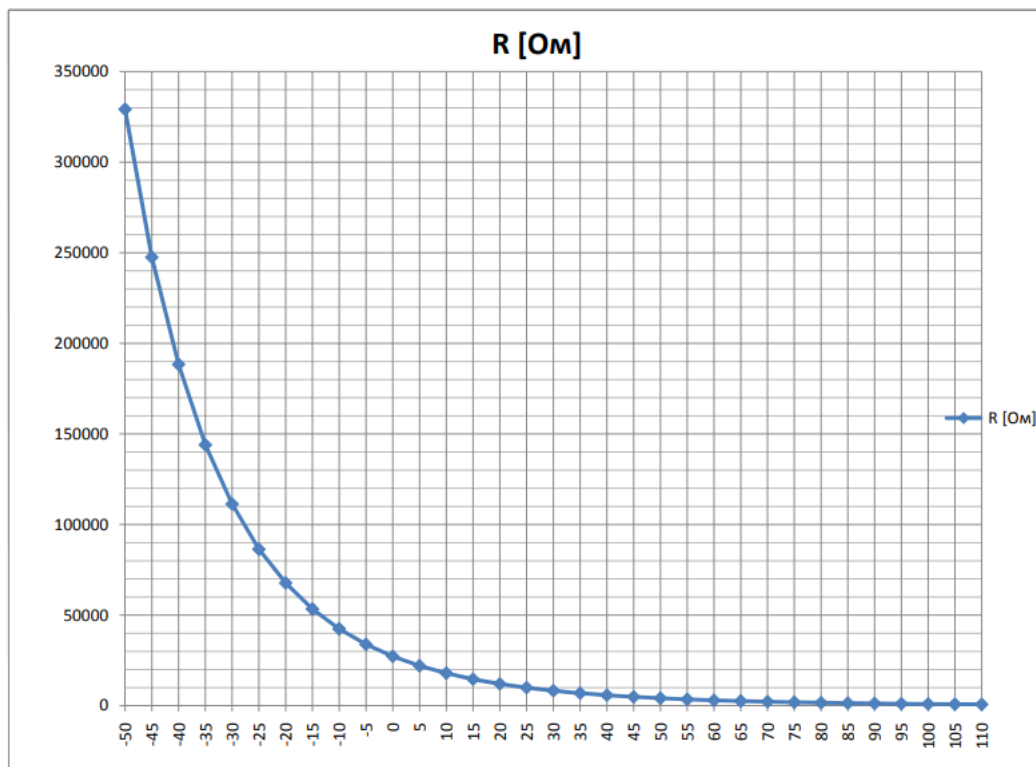


Рисунок 16 –зависимость температуры от сопротивления датчиков NTC10K

Была реализована схема источника 0-10 V и 0-20 mA с помощью стабилизатора LM317T на основе интегральной микросхемы TO-220.

Технические характеристики стабилизатора LM317:

- Напряжение на выходе от 1,15 до 36,5 В.
- Нагрузочный ток до 1,6 А.
- Высоконадежная защита от перегрева и замыкания
- Очень незначительная погрешность выходных характеристик порядка 0,1 процента.

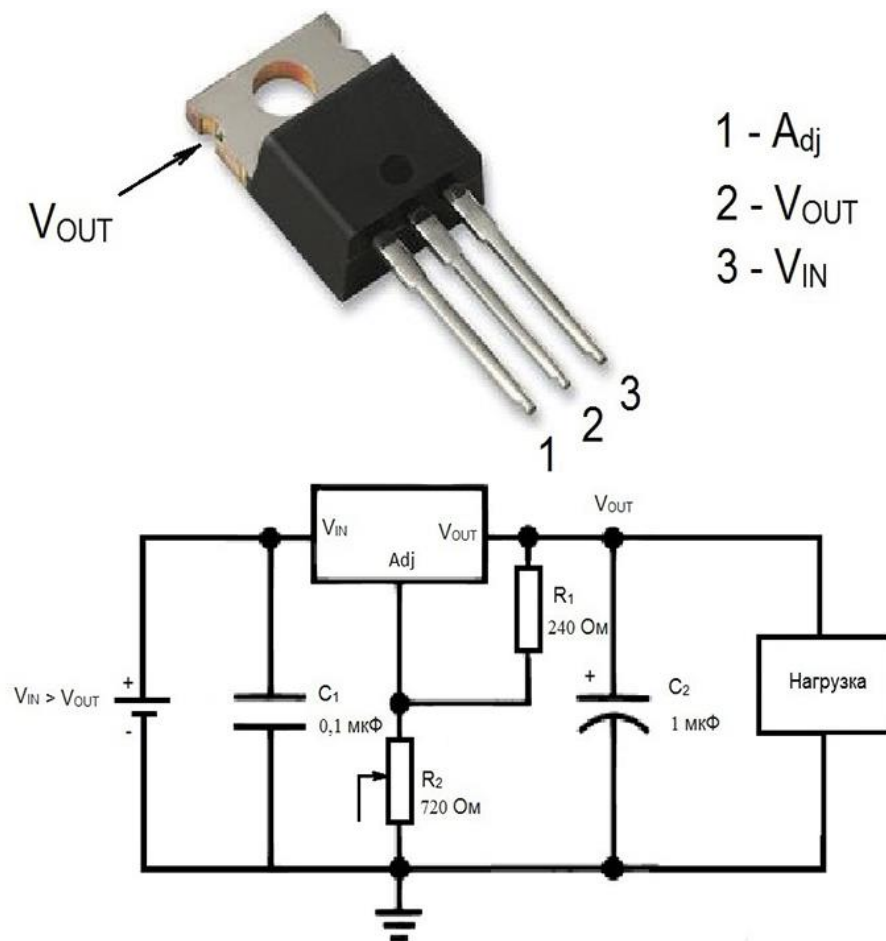


Рисунок 17 – схема стабилизатора напряжения и функциональное назначение выводов LM317T

Имея представление о назначении каждого из номеров контактов, есть возможность реализовать схему стабилизатора напряжения с необходимым нам значением этого напряжения. Необходимо рассчитать резистор R_1 , на корректируемом контакте Adj. Исходя из схемы lm317, показанной на рисунке 12, в цепь Adj необходимо включить два резистора R_1 и R_2 , которые будут устанавливать напряжение, понижаемое стабилизатором и выдаваемое на выход. Исходя из формулы выходного напряжения $V_{out} = 1.15 * (1 + \frac{R_2}{R_1})$ мы знаем что V_{out} обуславливается величиной R_2 . Так увеличивая сопротивление R_2 , мы увеличим V_{out} . Входной конденсатор C_1 и выходной конденсатор C_2 используются для сглаживания переходных процессов.

Так же на основе lm317 можно сделать стабилизатор тока. Для его функционирования зная какой ток нам нужен, требуется рассчитать сопротивление подстроечного резистора R_1 . Нам необходим ток в диапазоне от 0

до 20 мА. Используем формулу $R_1 = \frac{1.15}{I_{out}}$ для расчета нужного нам резистора, где I_{out} - ток выхода lm317. Рассчитали значение сопротивления в 62 Ома. Так же между эти резистором и клеммами, с которых мы будем снимать ток, включим два диода катодом к клемме для более линейного регулирования тока. Так же можно воспользоваться онлайн калькуляторами для расчета сопротивлений для стабилизатора напряжения, и тока.

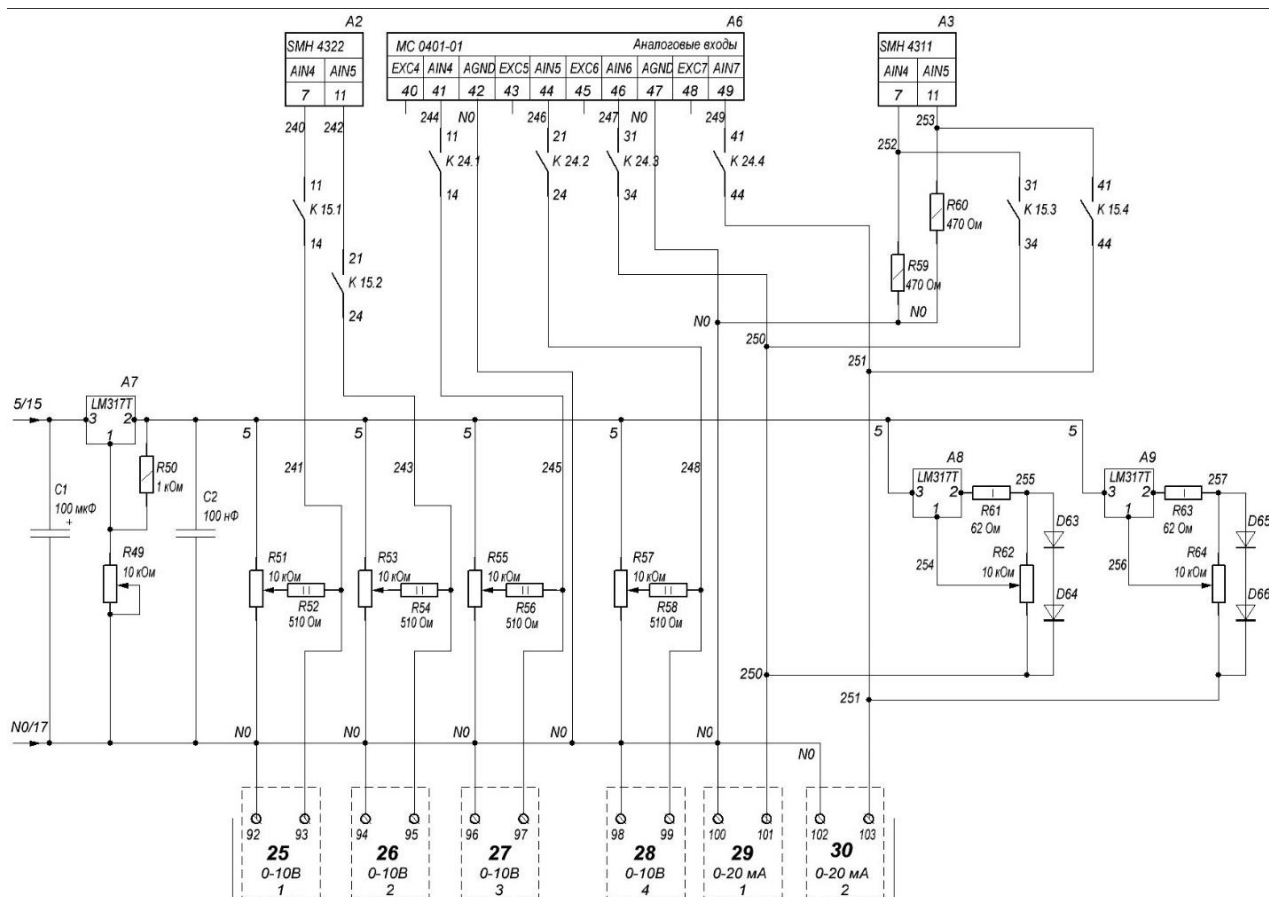


Рисунок 18 – электрическая схема стенда страница 20

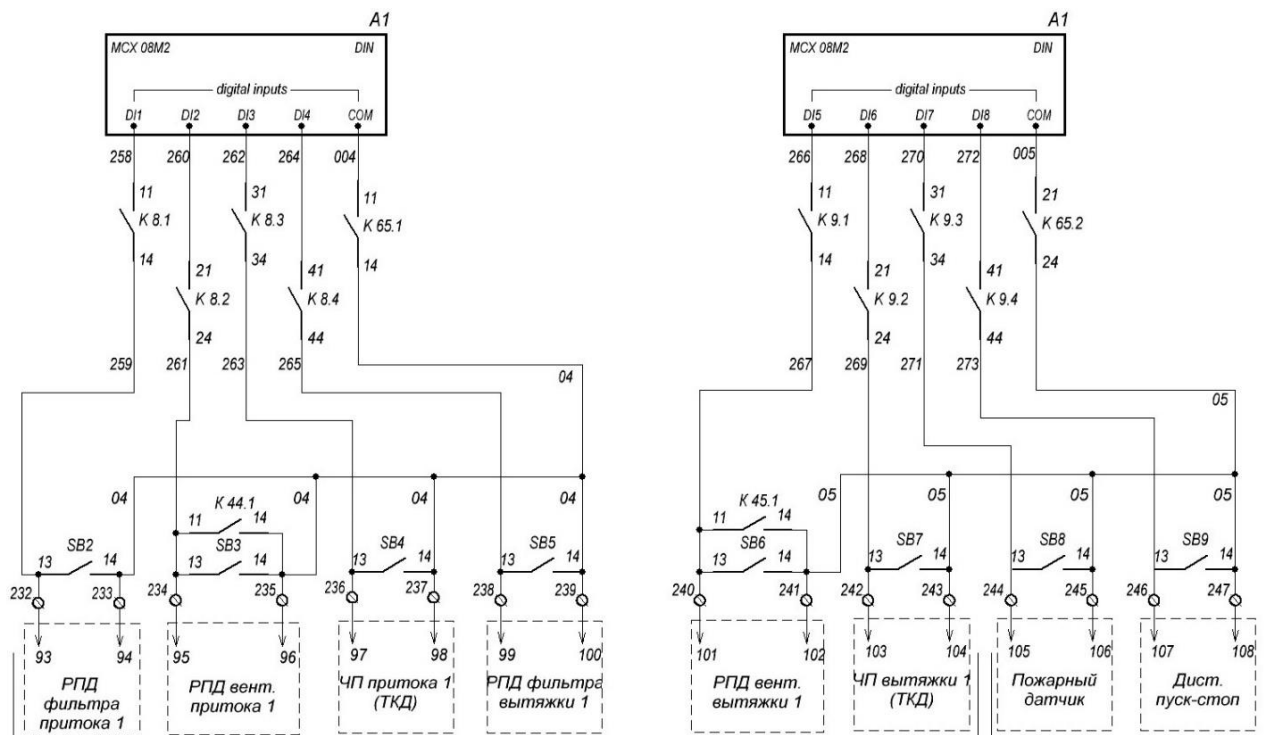


Рисунок 19 - электрическая схема стенда страница 21

На 21 странице схемы показаны эмуляторы различных аварий, концевиков и других дискретных входных сигналов (DIN). В качестве эмуляторов используются кнопки с фиксацией. Некоторые контакты так же завязаны через реле для эмуляции автоматического переключения сигнала в тех или иных условиях. Присутствует изоляция дискретных входов, при выключенных стационарных контроллерах. Так же необходимо изолировать все клеммы СОМ дискретных входов на каждом контроллере чтобы избежать ложные срабатывания и так же короткое замыкания в отдельных случаях. Однако у каждого контроллера используется свой метод подключения дискретных входов, необходимо посмотреть инструкцию к контроллеру.

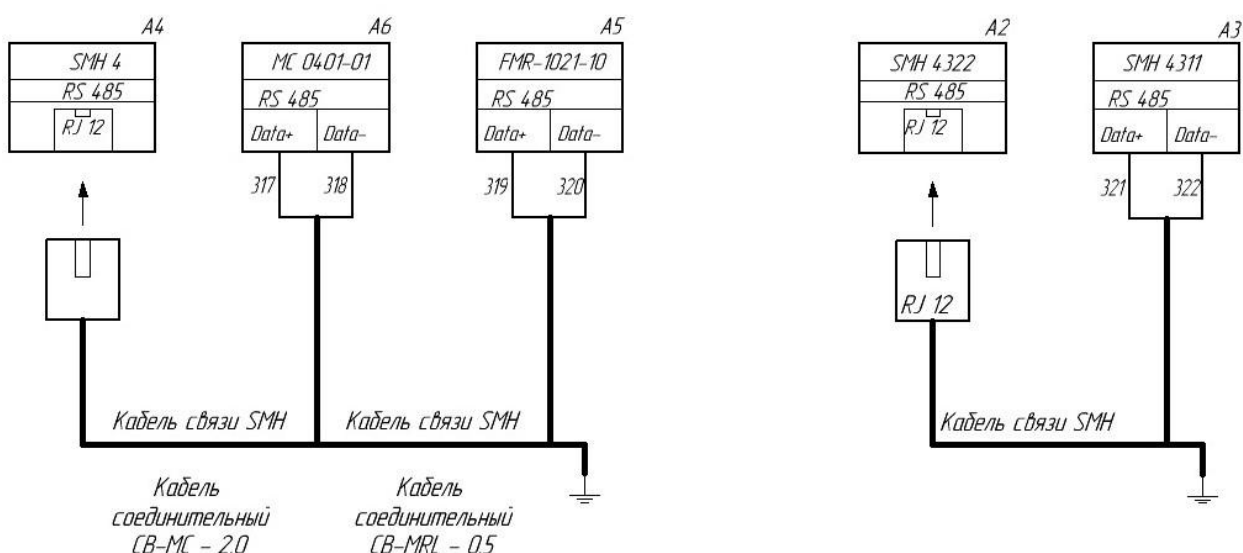


Рисунок 20 - электрическая схема стенда страница 26

На приведенном выше рисунке изображена схема связи всех контроллеров и их расширений: так как контроллер SM4 располагает не большим количеством входов и выходов к нему будут подключены модули расширения MC 0401-01 и FMR-1021-10 посредством протокола связи modbus rtu по сети rs-485. Контроллер SMH 4322 расширяет таким же контроллером только без экрана SMH4311, что позволяет не только увеличить количество входов выходов, но и, если не хватает памяти для программы на основном контроллере, поместить ее часть на слейв.

Протокол функционирует по методу: master-slave, master - ведущий – slave - ведомый. Ведущий – это устройство, выдающее запросы и получающее отклики на них, отправленные от slave устройств. Master имеет возможность отправлять запросы как к отдельному ведомому устройству, так и одновременно всем ведомым устройствам сразу, используя расширенную сеть. Отзываясь на опрос, полученный от мастера, слейв генерирует отчет и отправляет главному устройству. Данный протокол позволяет объединять в одной сети до 247 устройств.

Разработан примерный вид основной компоновки, чтобы иметь примерное представление каким будет его корпус.

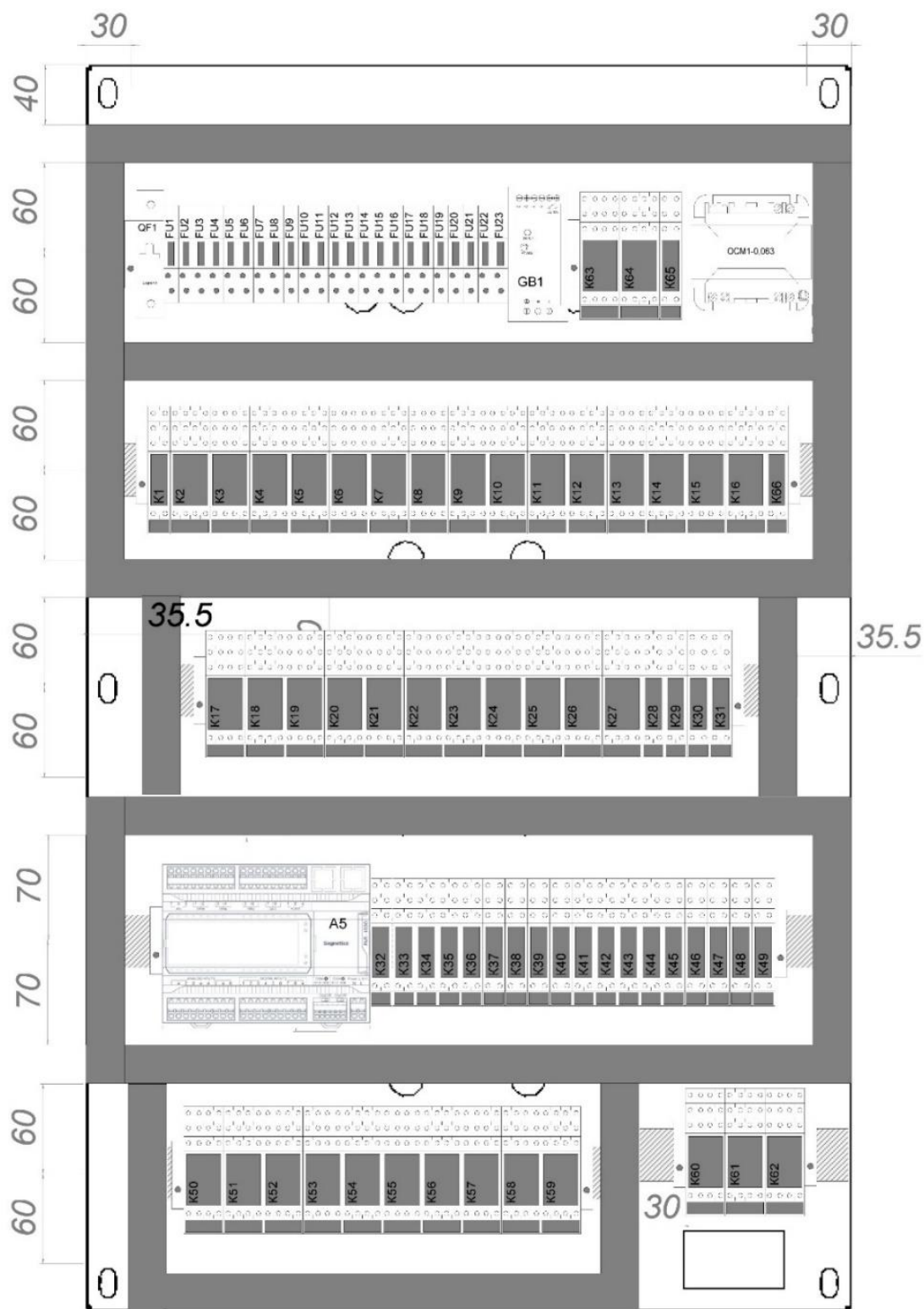


Рисунок 21 - электрическая схема стенда страница 27

2.2 Выбор компонентов необходимых для создания стенда

Прежде чем приступать к созданию каркаса стенда необходимо определиться со всей компонентной базой, из которой будет состоять наш стенд. Все компоненты были выбраны исходя из того, что необходимо сделать ремонт пригодный, быстро ремонтируемый стенд, с минимальным количе-

ством пайки, чтобы при выходе из строя любого из компонентов, пользователь мог быстро поменять его.

Основным компонентом, который будет служить индикацией является лампа. Она будет двух видов, 220V AC и 24V DC. Лампы выбрали от производителя ИЕС с винтовыми клеммами. Эти лампы имеют винтовые крепления, их не нужно паять, так же они маленького размера (16мм в диаметре), меньше, чем стандартные 22 мм, что экономит много места.



Рисунок 22 – лампа 220/24В

В качестве вольтметров выступает цифровой вольтметр 0-35,00 V DC синего и красного цвета. Разбивка по цветам нужна для отделения двух проводных сигналов от трехпроводных (например, клапана нагревателей имеют три клеммы: питание, сигнальный провод и минус, а управление двигателями использует только сигнальный и минус) на против каждого вольтметра для трехпроводного сигнала будет стоять лампа, показывающая присутствует питание на клапане или нет. Так же выбор на него пал, потому что диапазон измерений достигает 35 вольт, что обезопасит его при подключении на него, например не сигнального плюсового провода 0-10 вольт, а провода питания 24 вольт. Так же выбор пал на модель именно с трех проводным подключением где сигнальный и провод питания разделены, так как если мы возьмем двухпроводный вольтметр с общим проводом, то минимально допустимое

измеряемое напряжение будет напряжением питания, а это примерно 3 вольта, что для нас не допустимо так как нужно видеть изменения напряжения даже на таких низких показателях для правильной отладки алгоритмов. К тому же он имеет штекерное соединение, то есть опять же если будет необходимость его поменять, нужно всего лишь выдернуть штекер из сломанного и вставить в новый.



Рисунок 23 – вольтметр 0-35,00VDC

Наиболее часто используемым инструментом в стенде является имитатор аварийных и других сигналов, приходящих на дискретные входы контроллеров, так как порой для написания алгоритма и его отладки необходимо сотни раз за день симитировать какую-либо аварию. Выполнять эту функцию будет кнопка с фиксацией от производителя Schneider Electric. Данный компонент выбирался исходя из качества так как дешевые переключатели и кнопки очень часто выходят из строя. У этой кнопки очень большой ресурс нажатий, винтовые соединения что так же улучшает ремонтпригодность стенда.



Рисунок 24 – кнопка с фиксацией

Так как я делаю этот проект при поддержке своего работодателя у меня есть доступ к большому количеству электронных компонентов, которые используются на производстве. В состав шкафов управления, собираемых на предприятие, для которого собирается данный стенд очень часто входят реле монтируемые на Din-рейку. Поэтому в нашем стенде вместо каких-либо миниатюрных реле, которые нужно паять на плату или вместо оптоизоляции, например из симмисторов, будут использоваться эти реле. Хотя они и занимают довольно много места, однако они обладают такими преимуществами как надежность, ремонтпригодность, то есть нужно просто из корзины с контактами достать вышедшую из строя катушку реле и поменять ее, легкий доступ ко всем контактам реле с винтовым соединением. Реле будем использовать фирмы Finder двух и четырех перекидные (с 2 или 4 группами нормально открытых и закрытых контактов).

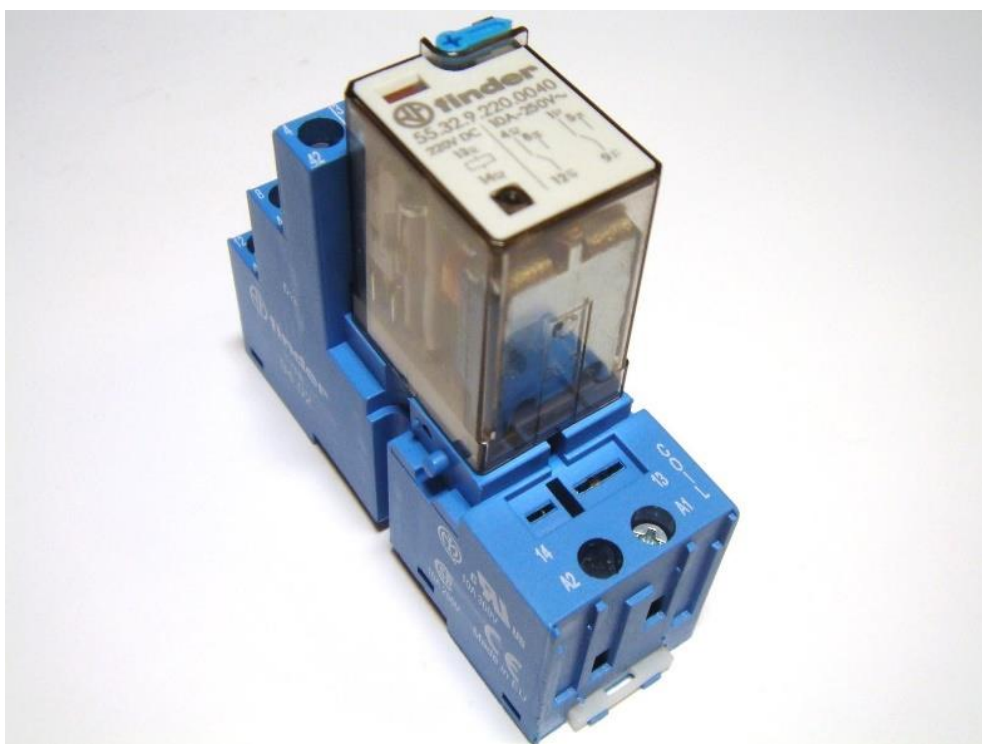


Рисунок 25 – реле используемое в стенде

Так же важным элементом в нашем стенде является имитатор температуры, влажности, скорости и т.п., которым является переменный резистор. Переменный резистор был выбран от отечественного производителя «Тембр» модель СПЗ-4АМ.



Рисунок 26 – переменный резистор

Выбирали его по длине штока, так как нужен запас на стенки стенда. Так же смотрели на ресурс, эта модель оказалась с самым высоким показателем из не дорогих моделей.

Так как соединять стенд с проверяемым шкафом управления будут кабели, а количество ламп, вольтметров и резисторов большое, принято решение сделать небольшое количество стационарных кабелей для проверки небольших шкафов управления, это примерно 10 штук, а все остальное вывести на клеммы которые уже будут соединяться с проверяемым шкафов при помощи съемных кабелей. Клеммы будут использоваться как с винтовым соединением, так и с быстрозажимным.

Ну и последним из основных элементов является контроллер. Контроллеры были выбраны от двух производителей Danfoss и Segnetics так как заказчик этого стенда собирает шкафы управления на контроллерах преимущественно именно от этих производителей. Модели контроллеров от этих фирм выбирались по количеству входов выходов, наличию экранов. Так от Danfoss был выбран контроллер MCX08DM2, а от segnetics SMH4322 и расширение 4311 (по сути, тот же 4322 только без экрана)



4322



4311

Рисунок 27 – контроллеры SMH 4322 и 4311

SMH 4322 довольно старый контроллер, но очень часто используется в управление вентиляционными установками, так как хорошо зарекомендовал себя за много лет работы, редко выходит из строя и прост в программировании. Так же SMH4, который постепенно будет замещать собой своего предшественника 4322 так как у него более продвинутый экран, больше свободы в написание программ. В качестве расширений выбрали модули FMR и MC.

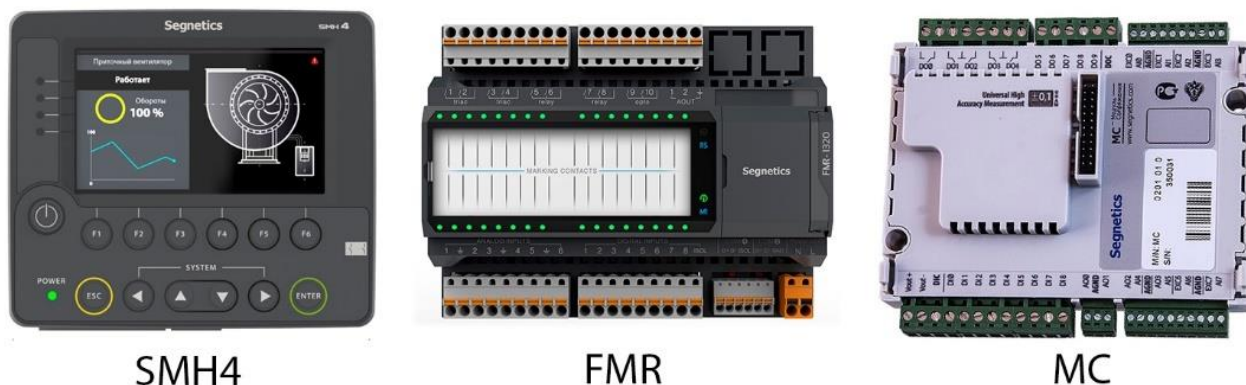


Рисунок 28 – контроллер SMH4 и модули расширения FMR и MC

Так же в стенде планируется реализовать возможность замены контроллера на другого производителя без больших вмешательств в конструкцию.

Выше были представлены наиболее важные компоненты нашего стенда. Со всеми остальными можно ознакомиться в спецификации, приведенной ниже количество компонентов в спецификации больше, чем использовано в стенде, так каждый компонент, который может выйти из строя закуплен на 1-2 единицы больше, чтобы сформировать комплект запчастей для быстрого ремонта стенда, дабы не тратить время на ожидание новых запчастей.

Таблица 1 – спецификация стенда

Наименование	Артикул	Кол-во	Ед. изм.
1. Блок питания MDR-60-24 24 V MW		1	шт
2. Выключатель автоматический однополюсный 6А С TX3 6кА	404025	1	шт
3. Держатель маркировки ДМ22-2 d22 20x25мм	25107DEK	3	шт
4. Держатель предохран. на DIN-рейку	351109	23	шт
5. Диод выпрямительный 1А 1000В [DO-41]		200	шт

Продолжение таблицы 1

6. Изолятор торцевой на клеммники AVK (2,5-10) 444120	444120	15	шт
7. Кабель передачи данных UNITRONIC LiYY 10x0.5 15 метров	0028510	20	м
8. Кабель передачи данных UNITRONIC LiYY 12x0.5 40 метров	0028512	45	м
9. Кабель сетевой ,220В, черный, 3 м PC-186-VDE-3M		3	м
10. Клеммник на DIN-рейку 2,5мм.кв (304121)AVK2.5синий	304121	30	шт
11. Клеммник на DIN-рейку 2,5мм.кв AVK2.5 (желтый)	304123	30	шт
12. Клеммник на DIN-рейку 2,5мм.кв AVK2.5 (зеленый)	304122	25	шт
13. Клеммник на DIN-рейку 2,5мм.кв AVK2.5 (коричневый)	304128	15	шт
14. Клеммник на DIN-рейку 2,5мм.кв AVK2.5 (красный)	304124	30	шт
15. Клеммник на DIN-рейку 2,5мм.кв AVK2.5 (черный)	304125	15	шт
16. Клеммник пружинный быстрозажимной (Push in), 2,5 мм.кв. (белый); PУK2,5	307106	6	шт
17. Клеммник пружинный быстрозажимной (Push in), 2,5 мм.кв. (желтый); PУK2,5	307103	6	шт
18. Клеммник пружинный быстрозажимной (Push in), 2,5 мм.кв. (зеленый); PУK2,5	307102	6	шт
19. Клеммник пружинный быстрозажимной (Push in), 2,5 мм.кв. (коричневый); PУK2,5	307108	6	шт
20. Клеммник пружинный быстрозажимной (Push in), 2,5 мм.кв. (красный); PУK2,5	307104	6	шт
21. Клеммник пружинный быстрозажимной (Push in), 2,5 мм.кв. (синий); PУK2,5	307101	8	шт
22. Клеммник пружинный быстрозажимной (Push in), 2,5 мм.кв. (черный); PУK2,5	307105	6	шт
23. Кнопка красная 16 мм пружинный возврат круглая	9079231	1	шт
24. Кнопка черная с фиксацией 22мм 1но XB7NH21	XB7NH21	37	шт
25. Контроллер SMH4-0011-00-0	SMH4-0011-00-0	1	шт
26. Контроллер панельный C2010-4311-001-0	4311-001-0	1	шт

Продолжение таблицы 1

27. Контроллер панельный С2010-4322-001-5	C2010-4322-001-5	1	шт
28. Контроллер программируемый 24В, дисплей LCD, RS485, ЧРВ+Комплект разъемов МСХ08М2	080G0315RU/080G0310	1	шт
29. Крышка торцевая NPP/РУК 2,5 (серая)	446449	10	шт
30. Лампа AD16DS LED матрица d16мм зеленый 230В AC	9801211	26	шт
31. Лампа AD16DS LED матрица d16мм зеленый 24В AC/DC	BLS10-ADDS-024-K06-16	20	шт
32. Лампа AD16DS LED матрица d16мм красный 230В AC	9798125	2	шт
33. Маркировка для кабелей и труб белая самоламинирующая 38мм 120шт. в упаковке	CMSA3815W	15	шт
34. Маркировка для кабелей и труб белая самоламинирующая 50мм 120шт. в упаковке	CMSA5015W	10	шт
35. Модуль FMR-1021-10-0	FMR-1021-10-0	1	шт
36. Модуль расширения MC 0401-01-0	2G-4222-01-2	1	шт
37. Переключатель 22мм 2 позиции 1НО+1НЗ	XB7ND25	3	шт
38. Плата печатная макетная ДИП-РМ (DIP-RM) 100x100мм		3	шт
39. Провод ПУГВ 1x0.5 черный	308000000	1 000	м
40. Разъем питания 220В IEC320 конт."гнездо" на панель, AS-208 (K2414)		2	шт
41. Разъем питания низковольтный MFC-1x2M pitch 4.5 mm		220	шт
42. Разъем питания низковольтный MFC-1x3M pitch 4.5 mm		60	шт
43. Резистор переменный СПЗ-4АМ, 0.25 Вт, 1 кОм, 3-20, 20%		5	шт
44. Резистор переменный СПЗ-4АМ, 0.25 Вт, 1.5 кОм, 3-20, 20%		23	шт
45. Резистор переменный СПЗ-4АМ, 0.25 Вт, 10 кОм, 3-20, 20%		8	шт
46. Резистор переменный СПЗ-4АМ, 0.25 Вт, 2.2 кОм, 3-20, 20%		5	шт
47. Резистор переменный СПЗ-4АМ, 0.25 Вт, 47 кОм, 3-20, 20%		23	шт
48. Резистор 3296W-1-103LF(СП5-2ВБ),10 кОм		4	шт

Продолжение таблицы 1

49. Рейка DIN 200см OMEGA 3F с отверстиями ДКС	02140	3	м
50. Реле с 2 перекид.контактами 24В DC 8А (405290240000)	405290240000	25	шт
51. Реле универсальное монтаж в розетку контакты AgNi 4CO 7А катушка DC (553490240040/553490240000)	553490240040/553490240000	41	шт
52. Розетка для реле Finder 9404SMA/94049SMA	9404SMA/94049SMA	41	шт
53. Розетка с винтовыми клеммами 9505SPA	9505SPA	25	шт
54. Ручка металлическая (пластмассовая вставка)D22.2мм, отв. 6Мм		25	шт
55. Сальник PG 13,5 5-12	YSA20-12-13-54-K41/SQ0805-0003	25	шт
56. Стабилизатор напряжения регулируемый LM317T		10	шт
57. Термоусадка RBF 12,7/6,4 белая		12	м
58. Термоусадка RBF 12,7/6,4 черная		20	м
59. Термоусадка RBF 2,4/1,2 синяя		20	м
60. Термоусадка RBF 2,4/1,2 белая		20	м
61. Термоусадка RBF 2,4/1,2 желтая		20	м
62. Термоусадка RBF 2,4/1,2 зеленая		20	м
63. Термоусадка RBF 2,4/1,2 коричневая		20	м
64. Термоусадка RBF 2,4/1,2 красная		20	м
65. Термоусадка RBF 2,4/1,2 черная		20	м
66. Термоусадка RBF 9,5/4,8 белая		12	м
67. Термоусадка RBF 9,5/4,8 черная		12	м
68. Термоусадка RBF 6,4/3,2 синяя		10	м
69. Термоусадка RBF 6,4/3,2 белая		10	м
70. Термоусадка RBF 6,4/3,2 желтая		10	м
71. Термоусадка RBF 6,4/3,2 зеленая		10	м
72. Термоусадка RBF 6,4/3,2 коричневая		10	м
73. Термоусадка RBF 6,4/3,2 красная		10	м
74. Термоусадка RBF 6,4/3,2 черная		10	м
75. Евровилка сетевая 250V AC 10А на корпус с выключателем и держателем предохранителя	KLS1-AS-303-1 (CH1-0457A)	1	шт
76. Короб перфорированный RL6 25x60 серый QUADRO	01166RL	12	м
77. Рейка DIN 200см OMEGA 3F с отверстиями	02140	4	м

Продолжение таблицы 1

78. Саморез ПШС 4,2x14		50	шт
79. Жгут витой, P3/25м	00963RL	15	м
80. Хомут 98x2.5мм (100шт)	25303/25203	300	шт
81. Маркировка кабеля горизонтальная (1..260) DY5	505020	260	шт
82. Провод ПуГВ 1x1.5 желто-зелёный	308306050	5	м
83. Изолятор торц. NPS 2 (для ASK-2S) на держатель предохранителя 450049	450049	1	шт
84. Лента демпферная 5*20 мм		1	м
85. Гайка М 6		20	шт
86. Шайба М 6 гровер		20	шт
87. Шайба М 6		20	шт
88. Гайка М 4		45	шт
89. Шайба М 4		90	шт
90. Шайба М 4 гровер.		45	шт
91. Гайка М 8		6	шт
92. Шайба М 8		6	шт
93. Шайба М 8 гровер		6	шт
94. Наконечник штыревой НШВИ 2x0.5-8 НГИ2	UTE10-D1-8-100	400	шт
95. Наконечник кабельный НШВИ 0.5-8 оранжевый E0508 (100шт)	UGN10-D05-02-08/SQ0512-0012	800	шт
96. Наконечник штыревой НШВИ 2x1.5-8 коричневый НГИ2 (100шт)	UTE10-D2-4-100	20	шт
97. Наконечник кабельный НШВИ 1.5-08 красный E1508 (100шт/20шт)	UGN10-D15-03-08/UGN10-4-D15-03-08/SQ0512-0013	40	шт
98. Наконечник кабельный НКИ 1.25-4 кольцо 0.5-1.5мм красный (100 шт)	UNL20-D15-4-4	10	шт
99. Наконечник кабельный кольцевой НКИ 2.5-6 синий (100шт)	UNL20-D25-4-6	10	шт
100. Маркировка кабеля KE1 (0.75...1,5 мм кв.) "0"	517000	600	шт
101. Маркировка кабеля KE1(0,75...1,5мм2)"1	517001	600	шт
102. Маркировка кабеля KE1(0,75...1,5мм2)"2	517002	600	шт
103. Маркировка кабеля KE1(0,75...1,5мм2)"3	517003	500	шт
104. Маркировка кабеля KE1(0,75...1,5мм2)"4	517004	500	шт

Продолжение таблицы 1

105. Маркировка кабеля KE1(0,75...1,5мм2)"5	517005	400	шт
106. Маркировка кабеля KE1(0,75...1,5мм2)"6	517006	400	шт
107. Маркировка кабеля KE1(0,75...1,5мм2)"7	517007	300	шт
108. Маркировка кабеля KE1(0,75...1,5мм2)"8	517008	300	шт
109. Маркировка кабеля KE1(0,75...1,5мм2)"9	517009	200	шт
110. Маркировка кабеля KE1(0,75...1,5мм2)"N	517023	200	шт
111. Резистор углеродистый 1 Вт, 680 Ом, 5%	CF-100 (C1-4)	25	шт
112. Клеммник винтовой, 2-контактный, 5мм, прямой	KLS2-305V-5.00-02P-2S	70	шт
113. Резистор переменный 0.25 Вт, 680 Ом, 3-20, 20%	СПЗ-4АМ	7	шт
114. Резистор углеродистый 0.25 Вт, 910 Ом, 5%	CF-25 (C1-4)	8	шт
115. Резистор переменный 0.25 Вт, 470 Ом, 3-20, 20%	СПЗ-4АМ	5	шт
116. Резистор углеродистый 0.25 Вт, 750 Ом, 5%	CF-1/4W-750RJ	4	шт
117. Резистор углеродистый 0.25 Вт, 1 Ом, 5%	CF-1/4W-1RJ	5	шт
118. Резистор переменный 0.125 Вт, 470 кОм, 3-20, 30%	СПЗ-4АМ	3	шт
119. Панель однорядная цанговая 40-контактная	SCSL40 (DS1002-01-40)	4	шт
120. Винт с потайной головкой оцинк. М3х20 DIN965		2	шт
121. Гайка оцинк. М3 DIN934		22	шт
122. Стойка для п/плат,шестигр., латунь, М3, 6мм	PCHSN-6	20	шт
123. Резистор углеродистый CF-25 (C1-4) 0.25 Вт, 2.2 Ом, 5%	CF-1/4W-1RJ	7	шт
124. Резистор переменный СПЗ-4АМ, 0.25 Вт, 100 кОм, 3-20, 20%	СПЗ-4АМ	9	шт
125. Резистор металлооксидный МО-200 (C2-23) 2 Вт, 510 Ом, 5%	МО-2W-510RJ	4	шт
126. Резистор углеродистый CF-25 (C1-4) 0.25 Вт, 470 Ом, 5%	CF-1/4W-470RJ	2	шт
127. Резистор углеродистый CF-100 (C1-4) 1 Вт, 62 Ом, 5%	CF-100 (C1-4) 1 Вт, 62 Ом, 5%	2	шт
128. Винты для стоек М3 (сталь) резьба 5мм	KLS8M3X5	20	шт

Продолжение таблицы 1

129. Резистор 5Вт 15 кОм SQP керамика	58424630	25	шт
130. Кабель питания НАМА IEC C13 - Евровилка, круглое, 2.5м, черный		1	шт
131. Этикетка самоклеящаяся ВСЕПОГОДНАЯ, 210×297 мм, 1 этикетка, полиэстер, прозрачная, 20 листов	124330	1	упак
Итоговая цена	150000 рублей		

2.3 Разработка конструкции стенда.

Был разработан чертеж каркаса стенда в программе Компас 3D необходимый для его изготовления на лазерном ЧПУ станке.



Рисунок 29 – общий вид каркаса стенда

Исходя из максимально допустимых требований к габаритам получились минимально возможные размеры без потери доступа ко всем элементам: высота 90 см, ширина 60 см и глубина 40 см.

Было принято решение делать каркас удобным для последующего ремонта или модификации стенда. Для этих целей три из четырех сторон (левая, правая и передняя) были сконструированы как открываемые дверки.

Так же было принято решение разместить данный стенд в подвешенном состоянии с помощью плеча, состоящего из 2 звеньев и петли и регулировкой наклона в вертикальной плоскости, что позволит пользователю этого стенда расположить его как можно более удобно на своем рабочем месте.



Рисунок 30 – вид с боку

Так же из соображений удобства компоновка получилась такой, что на передней части расположились лампы 24 и 220В в верхней части, вольтметры двух и трех выводные в средней части, кнопки с фиксацией чуть ниже и в самой нижней части клеммы. На левой стороне расположились контроллеры и отдельные выключатели питания для каждого из них. С правой стороны были вынесены все переменные резисторы (эмитаторы температурных датчиков, 0-10В, 4-20мА и т.п.). Резисторы будут расположить по частоте использования снизу вверх чтобы пользователь мог без проблем дотянуться до них. В конечном варианте должно получиться примерно такое рабочее место инженера программиста.

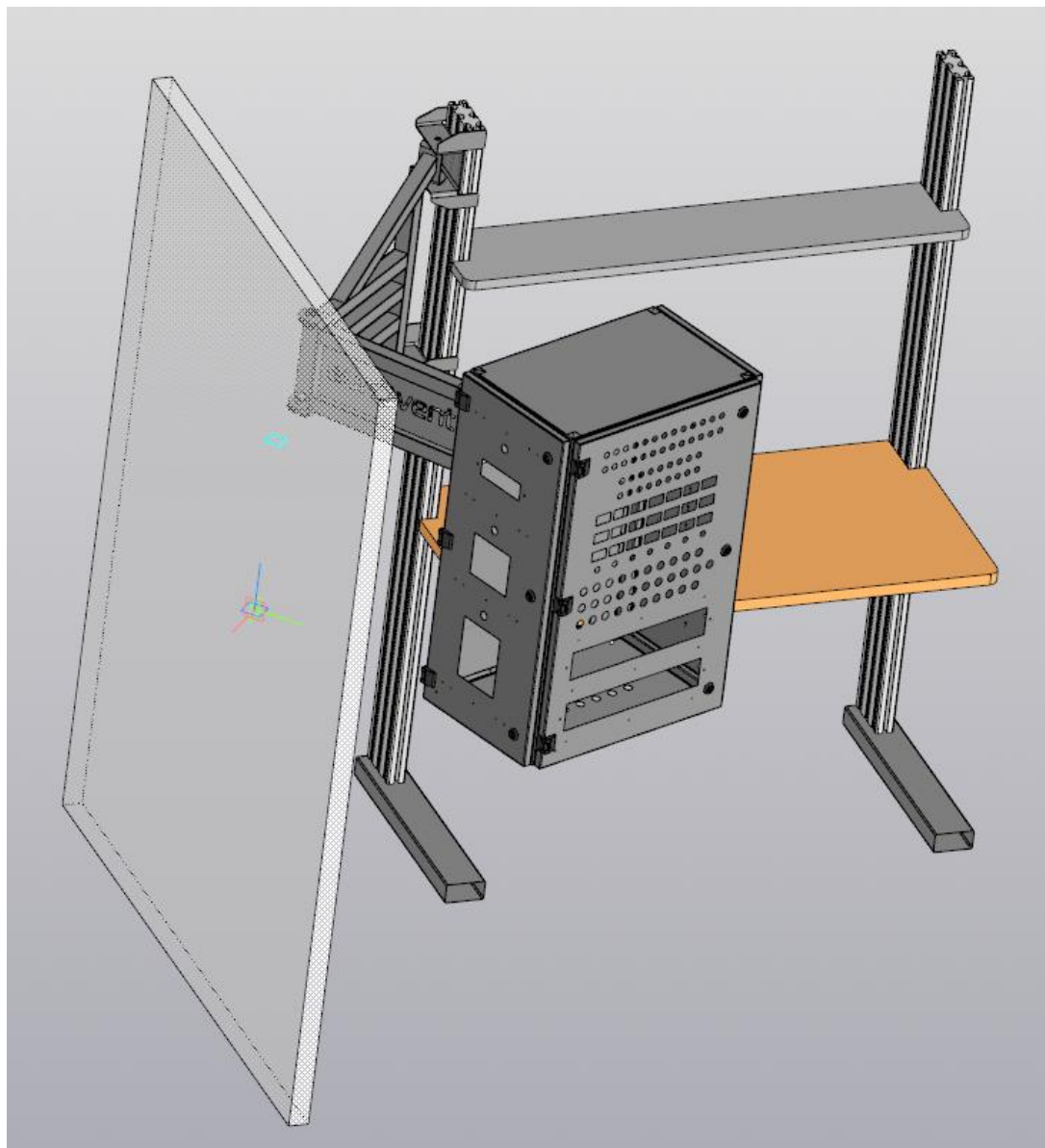


Рисунок 31 – общий вид рабочего места

3 Написание алгоритмов программы для проверки и отладки систем управления.

Следующая задача, которую мы выполнили это написание программ для стационарных контроллеров, которые позволят нам проверять алгоритмы и корректировать их. На представленном ниже рисунке изображено общее поле блоков программы для контроллера SMH 2010. Программа состоит из большого количества макросов, которые в свою очередь состоят из почти 3 тысяч FBD блоков. Программа представляет собой набор из стандартных макросов, из которых состоит большинство программ для вентиляционных систем. Если нужно написать программ для не стандартной системы, то на основе этой программы добавляются недостающие блоки и деактивируются не нужные части.

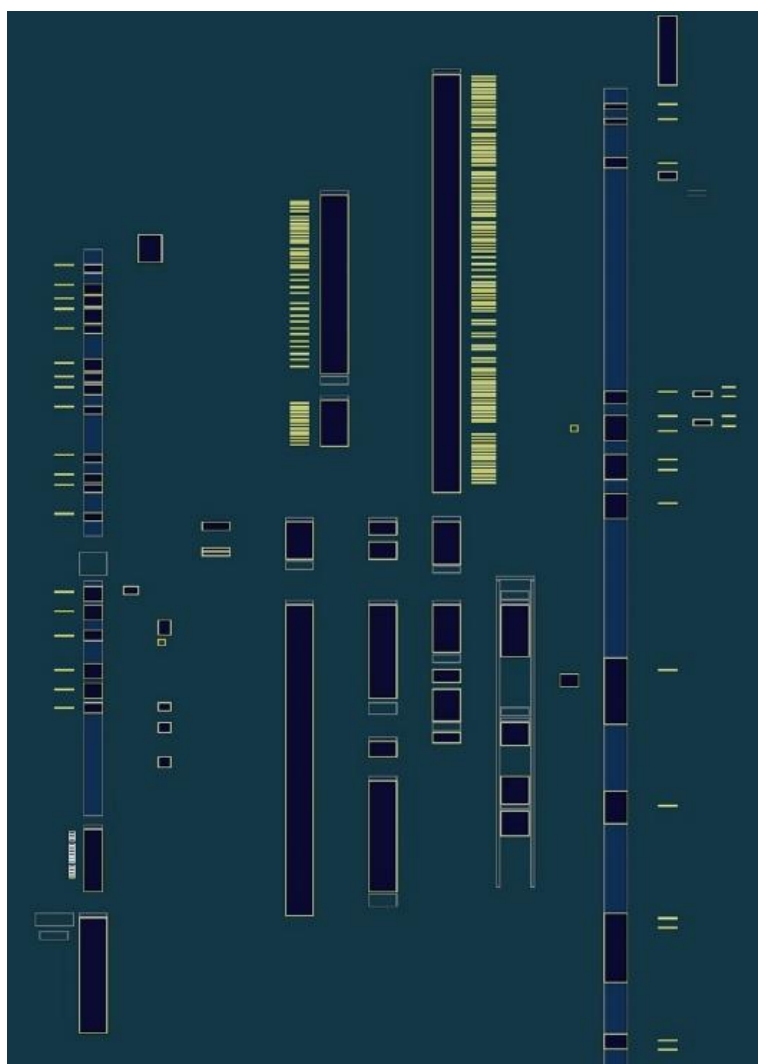


Рисунок 32 – общая карта программы SMH 2010

Отдельный блок режимов работы отвечает за режим работы установки (местный и дистанционный), местный запуск с контроллера и сигналов на дискретный вход, дистанционный запуск с сигналов диспетчеризации, которые изначально приходят на отдельный блок SCADA IN. Блоки SKADA IN и SCADA OUT отвечает за принятие и отправку сигналов систем диспетчеризации.

Одним из самых больших блоков программы является меню, которое отвечает за отображение, структуры меню и возможность изменения всевозможных внутренних переменных (настройки, параметры, время, дату, журнал, расписание и т.п).

Блок обработки аварий отвечает за формирование кода аварии в зависимости от которого принимает те или иные действия (полная остановка системы, временная остановка, отключение отдельного узла системы без остановки и т.д.), отправку этого кода в процессор и в блок меню для отображения какой-либо аварии в журнале.

Выше я кратко описал основные части программы, однако помимо них существует еще большое количество блоков участвующих в работе алгоритма программы.

4 Практическая реализация проекта.

4.1 Изготовление стенда.

По представленному выше чертежу было заказано изготовление каркаса стенда и его кронштейна. Были получены все необходимые комплектующие для стенда. Пока изготавливался стенд началась сборка монтажной части стенда, а именно принимались решения как будут располагаться все внутренние компоненты на монтажной части. Были расставлены все комплектующие на DIN-рейках, коробка для проводов и так же расключены все провода, которые возможно расключить в отсутствие каркаса с дверьми, в монтажной плите были просверлены отверстия для крепления кронштейна.

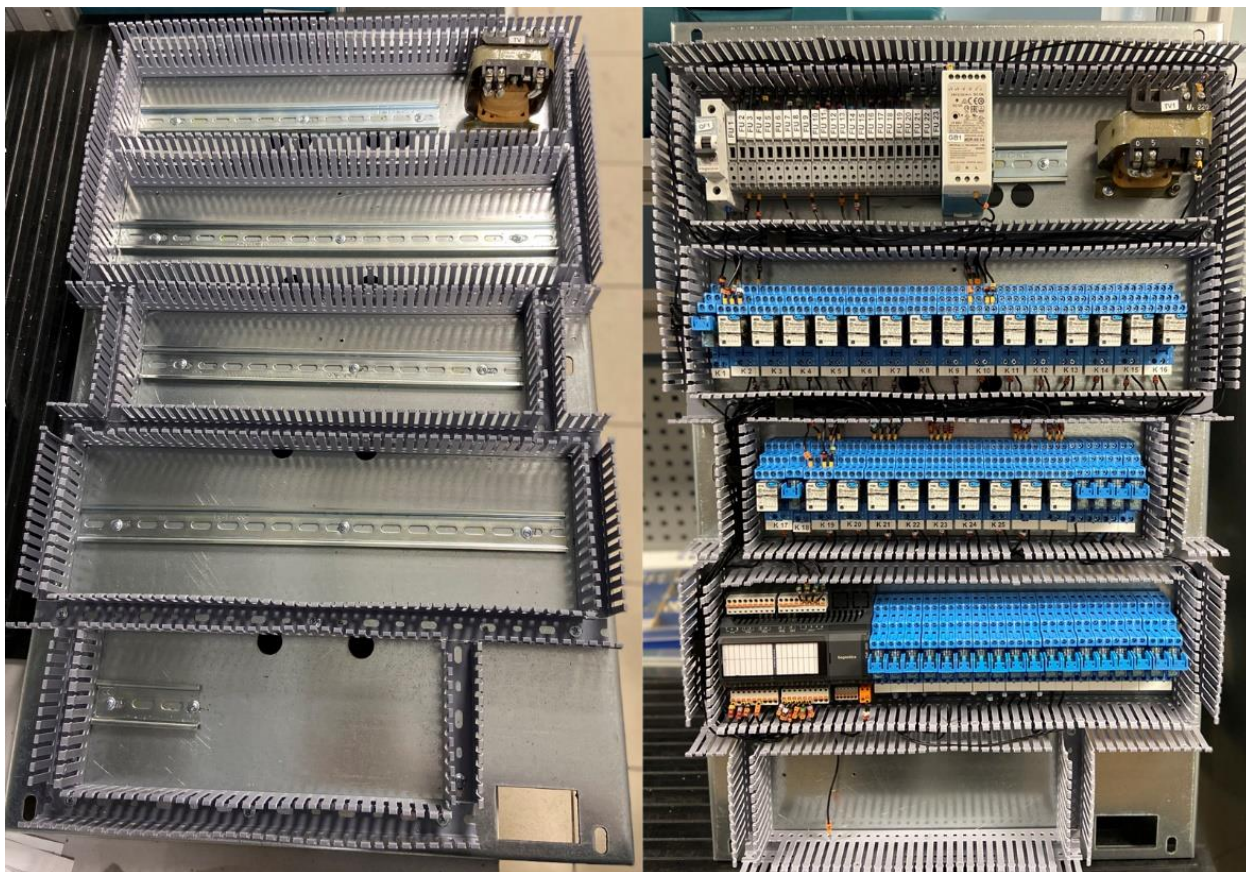


Рисунок 34 – фото этапов сборки стенда 1

Далее собрали корпус стенда и кронштейн из полученных частей. Изготовление этих частей было заказано на аутсорсинге (лазерная резка, сварка, покраска) по моим чертежам. Корпус стенда сделан из 2мм стали с шагренью, кронштейн из профильной трубы 40x40x2.0. Все остальные части представлены ниже в спецификации. Кронштейн изначально хотел делать на

шарнирных соединениях, но из-за слишком высокой цены решил сделать болтовое соединение.

Таблица 2 – спецификация каркаса и кронштейна

1. 1 Звено RAL7004 глянец, шагрень (крашеное)	1	шт
1. Скоба 240x60 неокрашенная, 33 61 020 01 001	1	шт
2. Труба профильная 40x40x2,0	1,3	м
2. 2 Звено RAL7004 глянец, шагрень (крашеное)	1	шт
1. Скоба 255x75 неокрашенная, 33 61 020 02 001	2	шт
2. Пластина жесткости неокрашенная, 33 61 020 02 002	1	шт
3. Труба профильная 40x40x2,0	0,6	м
4. Гайка M16x2,0-6H ГОСТ 11860-85	2	шт
3. 3 Звено RAL7004 глянец, шагрень (крашеное)	1	шт
1. Скоба 240x60 неокрашенная, 33 61 020 01 001	1	шт
2. Скоба 100x60 неокрашенная, 33 61 020 03 001	2	шт
3. Труба профильная 40x40x2,0	1,6	м
4. Крепежный элемент RAL7004 глянец, шагрень (крашенный)	2	шт
1. Крепежный элемент неокрашенный, 33 61 020 04 001	2	шт
2. Гайка M16x2,0-6H ГОСТ 11860-85	2	шт
5. Кронштейн наклона RAL7004, глянец, шагрень, 33 61 020 00 001-01	1	шт
6. Шайба m16 капролактановая, 33 61 020 00 002	20	шт
7. Гайка M16x2,0-6H ГОСТ 11860-85	4	шт
8. Шайба M 16 Вюрт (ЦКИ)	12	шт
10. Шайба M16 гровер	12	шт
9. Гайка M16 Вюрт (ЦКИ)	16	шт
10. Шпилька резьбовая M16 1м	1	шт
11. Шайба M 10 Вюрт (ЦКИ)	4	шт
12. Шайба M10 гровер	4	шт
13. Шпилька M10 кл.проч. 8.8 1м оц.	0,2	шт
14. Болт 8x20 оц	18	шт
15. Шайба M 8	18	шт
16. Шайба M 8 гровер	18	шт
17. Гайка M 8	10	шт
18. Сухарь пазовый M8 паз 10	8	шт
19. Гайка M10x1,5-6H ГОСТ 11860-85	4	шт



Рисунок 35 – каркас и кронштейн в сборе

Далее в корпус стенда была установлена подготовленная ранее монтажная плата, на двери корпуса установлены коробка для проводов, DIN-рейки, вставлены в готовые отверстия контроллеры, лампочки, вольтметры, резисторы, кнопки, клеммы и т.д.



Рисунок 36 – фото этапов сборки стенда 2

Потом в течении двух месяцев происходила сборка стенда по электрической схеме, было потрачено около километра провода, выполнен большой объем работ с паяльником. Большую часть времени заняло понимание того, где что лучше расположить для более удобного доступа, несколько раз менялись местами реле для меньшего расхода провода и экономии места в коро-

бах. Так как стенд должен быть ремонтпригодным, промаркировал все элементы, практически каждый провод, даже переключки была промаркированы, что тоже заняло много времени. Усложняло так же все то, что элементы расположены на 4 плоскостях и при этом соединяются между собой, нельзя спрятать все провода в короба, поэтому нужно было решить, как оптимальнее всего проводить провода между дверьми снаружи в витом жгуте. К тому же из-за большого количества провода нельзя было сделать один жгут, пришлось разбивать его на несколько жгутов, которые были бы достаточно гибкими, чтобы позволить закрыться дверкам стенда.

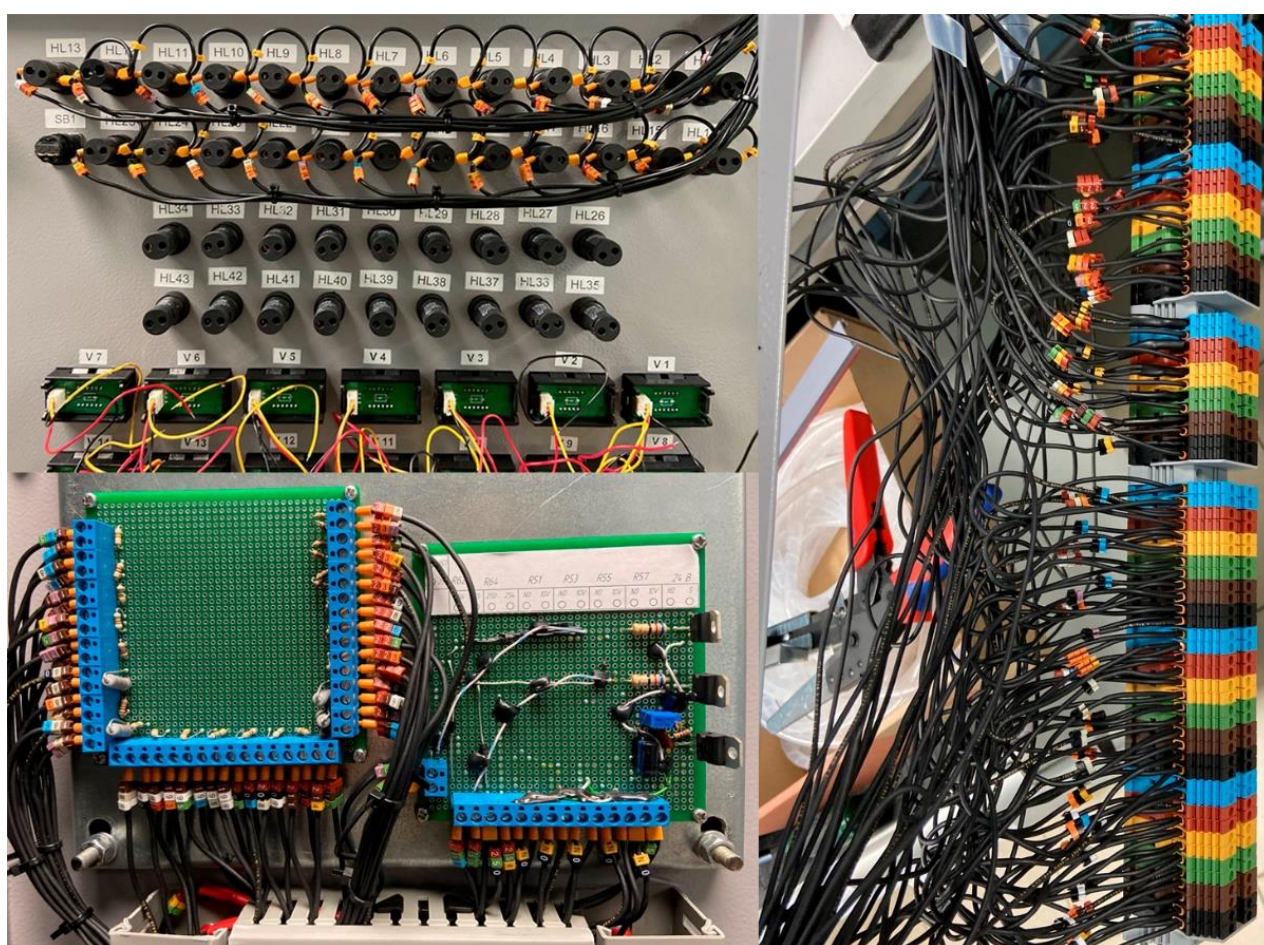


Рисунок 37 – фото этапов сборки стенда 3

Были наклеены наклейки, сделанные из самоклеящейся всепогодной этикетки, которая обладает высокой стойкостью к физическим воздействиям. Наклейки разрабатывались для того, чтобы облегчить и ускорить работу пользователя со стендом. То есть на наклейке помимо названия указывается буквой цвет, название и номер группы, в которую входит данный элемент, к

чему присоединен данный элемент (стрелка – стационарный кабель со штекером, кружок – клемма, предназначенная для съемных кабелей). Цветовая маркировка проводов и клемм выполнена в такой последовательности: синий, красный, желтый, зеленый, коричневый, черный, белый. Например если на наклейке написано DIN1, буква С и изображена стрелка, это значит что нужно искать кабель на котором будет маркировка «DIN1», штекер с проводом синего цвета, если написано 220В 3, буква Ч и изображен кружок, то нужно искать группу клемм на передней двери, над которой будет наклеена маркировка 220В 3, в этой группе клемм нужно найти две клеммы черного цвета. Щупы кабелей, которые нельзя подключать в произвольной последовательности так же промаркированы. Все элементы на стенде можно найти по данному принципу, со временем пользователь привыкнет к данной маркировке и возможно даже без ее помощи по памяти, не обращаясь к маркировке за считанные секунды будет подключать проверяемый шкаф.

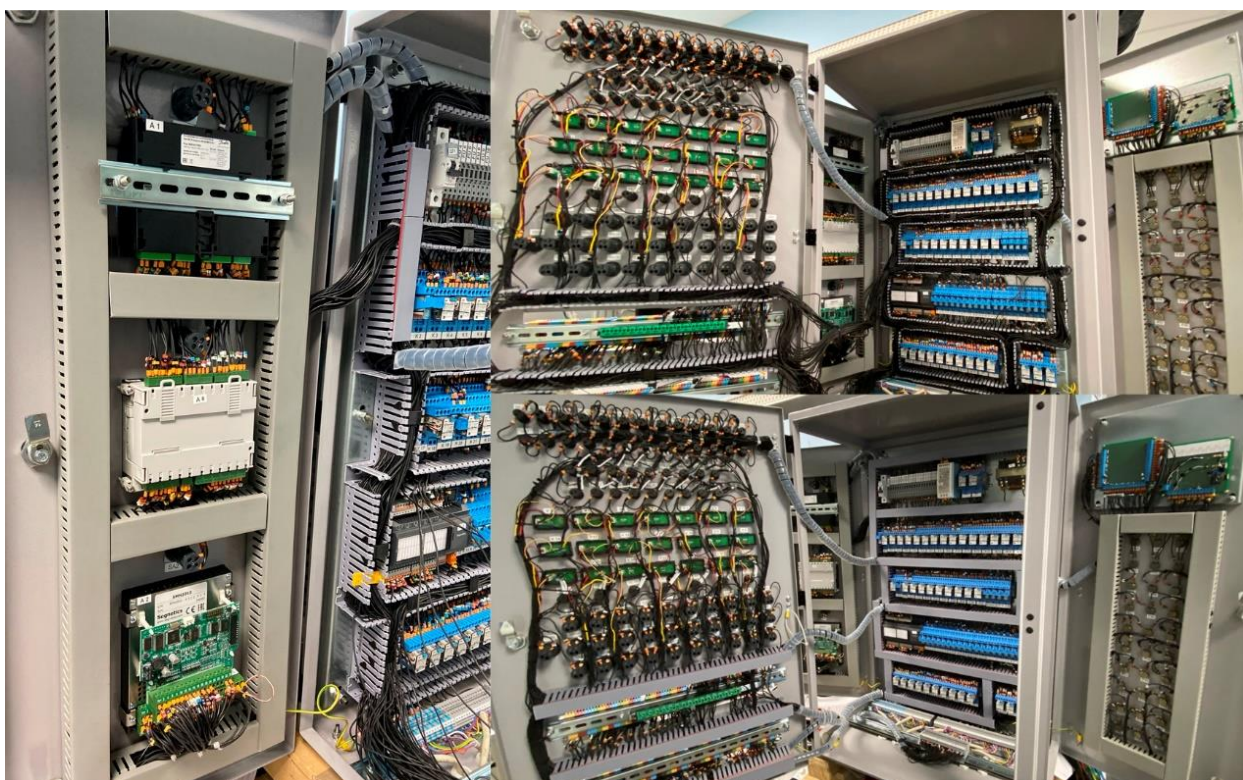


Рисунок 38 – фото этапов сборки стенда 4

На рисунке выше показаны кадры завершающего этапа сборки стенда, а именно протяжка всех клемм, укладывание проводов в кабельные каналы и в витые жгуты, их фиксация хомутами, было потрачено более 200 хомутов

различного размера, подключены стационарные кабели на которые тоже ушло много времени, так как они состоят из 12 или 10 проводов, эти 12 проводов делятся на группы по два или три провода, в зависимости от назначения кабеля, чтобы сделать штекер, нужно использовать несколько компонентов, которые нужно спаять между собой, изолировать цветной термоусадкой, цвет каждого штекера будет соответствовать элементу на лицевой панели стенда к которому он подключен. Также нужно было изготовить кабели, которые будут подключаться к клеммам, штекеры на которых будут с двух сторон, то есть подключаться как в клеммы на стенде, так и клеммы на проверяемом шкафу управления. Только на изготовление данных кабелей ушло порядка недели. Ну и наконец пришло время установить, собранный нами стенд на рабочее место инженера контрольно-измерительных приборов и автоматики, по совместительству программисту. Сначала необходимо закрепить кронштейн на стойку стола, предварительно перед этим усилив ее, так как масса стенда превышает 60 килограмм, в нашем случае стойка нашего стола была соединена со стойкой соседнего стола, находящегося с другой стороны разделяющей рабочие зоны перегородкой. Так же необходимо закрепить ответную часть кронштейна на задней части стенда, в заранее подготовленные для болтового соединения отверстия, которые также проделаны в монтажной панели, что позволяет их закрутить изнутри.

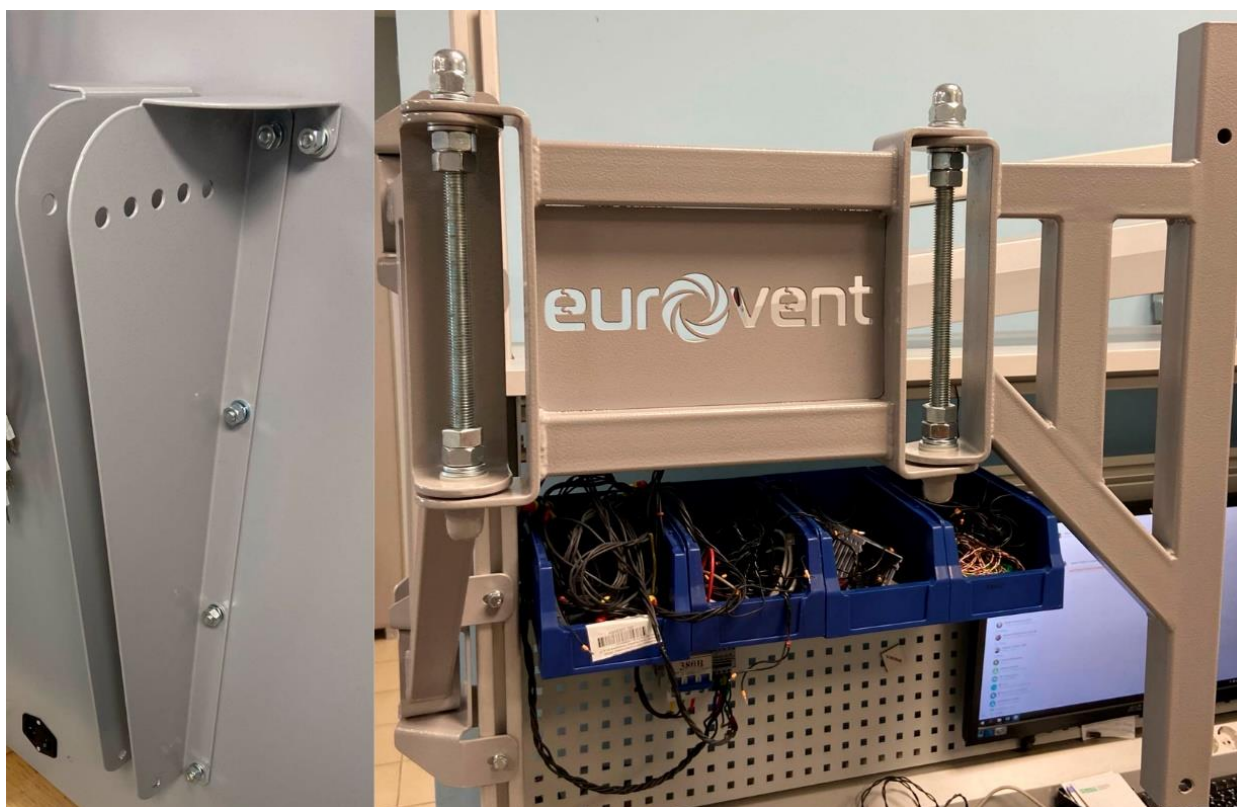


Рисунок 39 – кронштейн и его ответная часть на стенде

Далее произошел один из ответственных этапов, а именно установка стенда на кронштейн. Для этой процедуры потребовалось по меньшей мере 3 человека, так как двоим пришлось его поднимать, а третьему совмещать отверстия с болтами и затягивать их. Так же был выбран уровень наклона стенда в вертикальной плоскости для удобства работы с ним, для этого на показанной выше ответной части имеется несколько отверстий, было выбрано второе от основания.

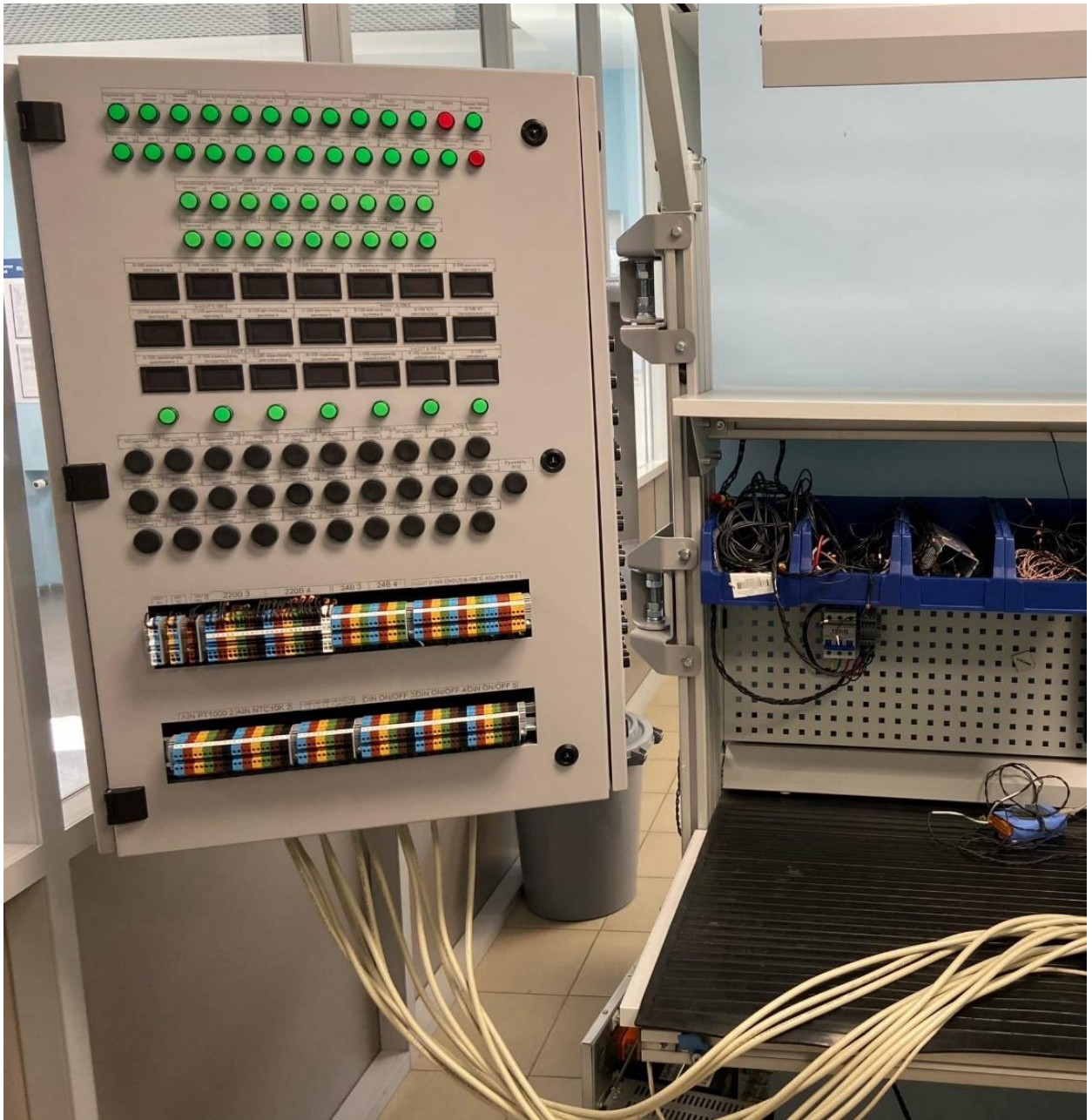


Рисунок 40 – Установленный стенд

4.2 Отладка стенда.

После нескольких месяцев сборки этого стенда, наступил момент первого его включения. Так как проверять по схеме все провода и маркировку не было времени, было принято решение включить его, пропустив этот этап. При первом включении, как это часто бывает при сборке даже элементарных шкафов управления не обошлось без ошибок. Стенд включился, но не работала корректным образом проверка ламп, а именно при нажатии на кнопку проверки, выбивало один из предохранителей, так же не работали вольтмет-

ры, так же один из контроллеров не включался. После тщательной проверки и небольшой доработки схемы эти проблемы были устранены.

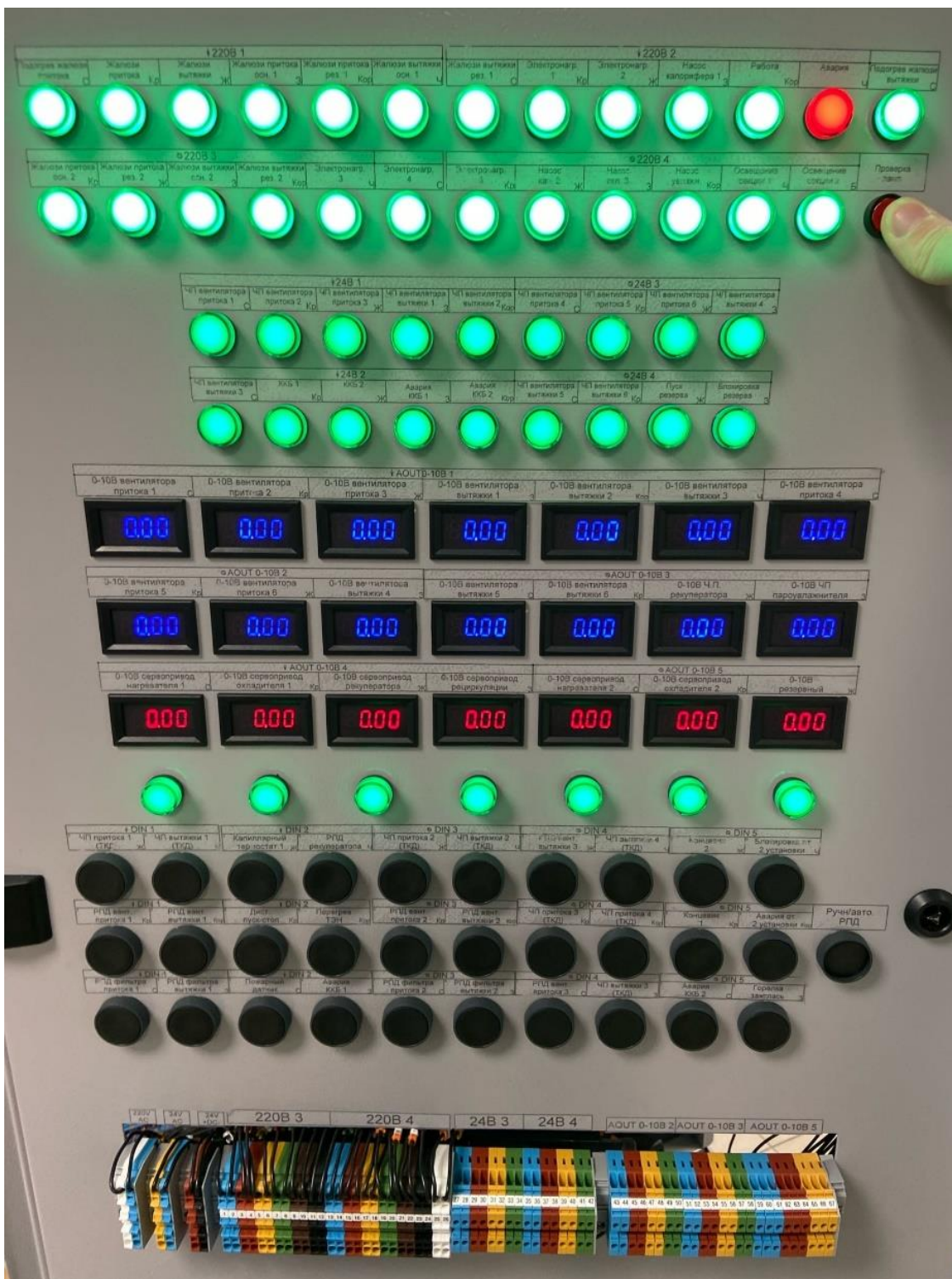


Рисунок 41 – Активная проверка ламп и включенные вольтметры

Отладка стенда заняла в общей сложности почти неделю, были прошиты биосы контроллеров, залиты первичные программы для быстрой проверки входов, выход, чтобы проверить кнопки, лампы, вольтметры, резисторы. Вы-

ставлены диапазоны источников напряжения 0-10В и тока 0-20мА, с помощью подстроечного резистора на плате, расположенной на правой дверке.

Ну и завершающим этапом проверки стенда, стало его контрольное испытание. К стенду был подключен небольшой релейный шкаф управления без контроллера и произведена его полная проверка.



Рисунок 42 – Стенд с подключенным на проверку ШУ

Шкаф был успешно проверен. Никаких неисправностей в стенде при подключении к нему стороннего шкафа управления не было выявлено. Так же, так как было необходимо написать заранее программу на счет, который скоро должен был зайти в работу, был использован стационарный контроллер SMH4 на этом стенде. Написание и отладка программы прошли успешно, что так же доказало работоспособность данного стенда.

5 Сравнение со старой версией.

Так как было необходимо доказать эффективность этого стенда и что деньги были потрачены не зря. Был проведено сравнение, в котором два инженера одинаковой квалификации, с примерно равными навыками программирования и проверки шкафов должны были проверять одинаковые шкафы управления. Как раз удачно зашел в работу счет, в котором было 30 одинаковых шкафов управления, которые мы и использовали в этом эксперименте. Каждый инженер взял себе по 15 шкафов и одинаковую, заранее написанную программу. Необходимо было проверить правильность работы каждого шкафа управления, то есть подключить проверяемый шкаф управления к стенду, запрограммировать на нем контроллер, проверить правильно ли собрана схема, правильно ли работает алгоритм, при нахождении ошибок, исправить их. Один инженер должен был проверять все шкафы на нашем стенде, второй инженер будет использовать старый стенд, который обладает меньшим набором эмуляторов, подключаемых к проверяемому шкафу.



Рисунок 43 – Старый стенд с подключенным на проверку ШУ

Если этих инструментов будет не хватать, будут использованы обычные перемычки, мультиметр, проверочные переносные лампочки и т.п. На приведенном ниже рисунке показан старый стенд, подключенный к проверяемому шкафу.

Была составлена таблица с потраченным на проверку каждого шкафа временем. Время, потраченное на исправление ошибки в неправильно собранной схеме, не учитывалось.

Таблица 3 – Расчет затраченного на проверку ШУ времени

ШУ	Инженер 1, новый стенд (мин)	Инженер 2, старый стенд (мин)
1	440 мин	732 мин
2	367 мин	601 мин
3	352 мин	565 мин
4	331 мин	542 мин
5	301 мин	518 мин
6	283 мин	486 мин
7	264 мин	472 мин
8	261 мин	467 мин
9	256 мин	461 мин
10	254 мин	463 мин
11	250 мин	458 мин
12	251 мин	455 мин
13	250 мин	460 мин
14	265 мин	476 мин
15	255 мин	7 часов 56 мин
Итого	4380 минут или 73 часа	7620 минут или 127 часов

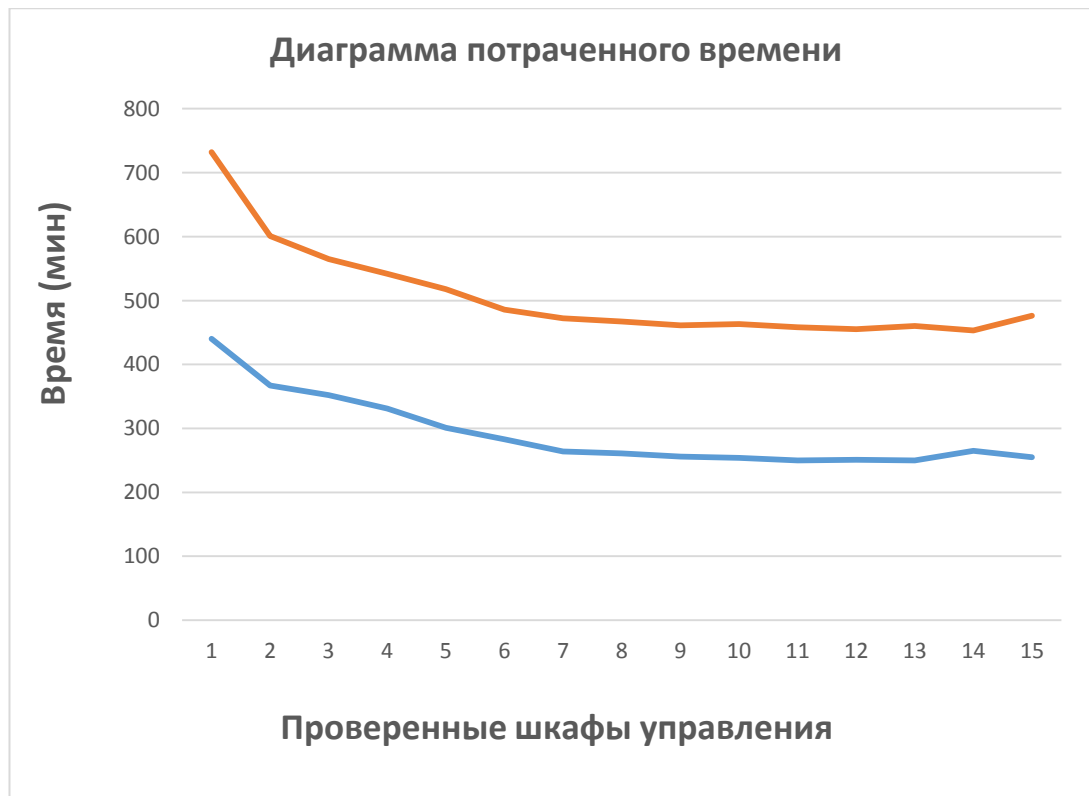


Рисунок 44 – Диаграмма потраченного времени

Исходя из данных, приведенных в таблице 2, мы видим, что новый стенд показал хороший результат по сравнению со старым. Так же выше приведен график данных таблицы, показывающий тренд времени в минутах, где красная линия старый стенд, а синяя новый. Все эти данные показали, что новый стенд практически в два раза превосходит по временным показателям своего предшественника. Так как шкафы, используемые в данном стенде, были довольно большими, а их проверку, а особенно, на самые первые экземпляры уходил почти целый рабочий день у нового и даже больше у старого стенда. С каждым последующим шкафов время на проверку уменьшалось, так как шкафы были идентичны. Однако по таблице мы видим, что уже при проверке первых шкафов явным лидером обозначился новый стенд, так как из-за меньшего количества эмуляторов приходилось использовать разные вспомогательные средства что тратило много времени, так же это послужило ограничением в минимальном возможном времени проверки на старом стенде, то есть в конечном итоге на самый последний шкаф на старом стенде потратили все равно целый рабочий день, однако на новом стенде за этот же

промежуток времени возможно было проверить уже два таких же шкафа. Помимо этого на старом стенде вышли из строя несколько переключателей и вольтметр так как на нем используются дешевые комплектующие и выполнена не качественная сборка, его ремонт занимал так же много времени из-за не продуманной конструкции что ухудшило его ремонтпригодность. Так же не мешало бы отметить, что если бы не было готовой программы, то на старом стенде ее бы писали и отлаживали при уже собранном и подключенном шкафу, но на новом ее можно написать и отладить заблаговременно и уже заливать в собранные ШУ и проверять только правильность сборки стенда. Этот фактор очень значим, так как часто на написание программы и на ее качественную отладку попросту нет времени из-за сжатых сроков производства и скорой отгрузки заказа на объект. При особенно сложных алгоритмах написание программ может занимать несколько недель. Все эти преимущества позволят сократить расходы на производство шкафов управления, так как снизится количество часов переработки, повысится качество и т.д.

6 Руководство по эксплуатации стенда.

6.1 Требования безопасности.

1.1. При проверке шкафов управления и их техническом обслуживании должны соблюдаться правила, изложенные в действующих «Правилах устройства электроустановок» и «Правилах по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТ Р М-016–2001, РД 153-34.0- 03.150–00, а также требования по эксплуатации и безопасности, представленные в инструкциях на эксплуатируемое оборудование.

1.2. Эталонные средства измерений и вспомогательное оборудование должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.019–80, ГОСТ 12.2.007.0–75, ГОСТ 12.2.007.3–75, ГОСТ 22261–94, ГОСТ Р 51350–99.

1.4. Допуск к стенду получает персонал, прошедшие инструктаж по технике безопасности и по «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» и имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже 3.

6.2 Назначение.

Стенд предназначен для проверки шкафов управления систем АСУТП (1 режим работы), написания и отладки программ управления с помощью контроллеров входящих в состав стенда (2 режим работы).

6.3 Условия эксплуатации.

Условия эксплуатации стенда:

- температура воздуха, от +3 до +40 °С;
- относительная влажность воздуха, %, не более 90 при +30 °С;
- электропитание установки осуществляется от однофазной сети (220 ± 22) В.

6.4 Технические характеристики.

- Электропитание – 220 В АС (+10%/-15%).
- Питание управления – 24 В DC (+10%/-15%).

- Тип проверяемого контроллера: Segnetics, Danfoss.
- Эмулирование датчиков температуры pt1000, NTC10K.
- Эмулирование датчиков (0 – 10 В, 0-20 мА).
- Эмулирование контактных датчиков 220 В АС.
- Эмулирование контактных датчиков 24 В DC.
- Контроль выходов управления исполнительными устройствами 220 В АС.
- Контроль выходов управления исполнительными устройствами 24 В DC.
- Контроль выходов управления исполнительными устройствами 0-10 В DC.
- Размер стенда - 900x600x400.
- Масса стенда – 49 кг.
- Степень защиты IP 31.

6.5 Состав изделия

Изделие состоит из: корпус, лампы (24В DC, 220В АС), вольтметры 0-35В DC, кнопки с фиксацией, переключатели, резисторы (постоянные, переменные, подстроечные), клеммы (винтовые, быстросажимные), реле (24В DC, двух и четырех перекидные), блок питания, контроллеры (SMH 4, SMH 2010 MSX08M2).

6.6 Подготовка стенда к использованию

- Произвести визуальный осмотр внешней и внутренней части стенда на предмет механических повреждений.
- Проверить наличие заземления стенда.
- Подключить стенд к сети.
- Произвести первичное включение стенда без подключенного на проверку ШУ.
- Проверить работоспособность всех ламп с помощью кнопки проверки ламп.

- Проверить наличие питания на всех вольтметрах.
- Проверить наличие питания на всех контроллерах
- При наличии неисправного элемента, отключить стенд от сети, поменять неисправный элемент.
- Перед подключением ШУ к стенду отключить питание стенда.
- Не рекомендуется использовать одновременно два режима работы стенда

6.7 Проверка ШУ (1 режим работы)

- Перед подключением проверяемого шкафа управления к стенду необходимо визуально проверить ШУ на правильность сборки по электрической схеме и маркировке проводов.
- Подключить ШУ к стенду с помощью стационарных кабелей и клемм на стенде согласно принципиальной схеме стенда.
- Убедиться, что выключатели питания на стационарных контроллерах стенда находятся в положение ВЫКЛ.
- Подать питание сначала только на стенд.
- Подать питание на ШУ.
- При наличии контроллера, запрограммировать его.
- Проверить работу ШУ с помощью элементов стенда.
- При нахождении ошибки сборки ШУ, необходимо ее исправить.
- Исправление ошибок необходимо производить только на отключенном от питания ШУ.
- При неправильном подключении ШУ к стенду, возможен выход из строя какого-либо элемента стенда, срабатывание автоматического выключателя или предохранителей. В этом случае необходимо полностью отключить питание со стенда и ШУ, исправить ошибку подключения ШУ к стенду, поменять предохранитель согласно схеме и вышедший из строя элемент, включить автоматический выключатель стенда.

- После полной проверки ШУ необходимо: 1) снять питание с ШУ и стенда 2) отключить ШУ от стенда.
- Заполнить сопроводительную карту ШУ

6.8 Использование стационарных контроллеров (2 режим работы)

- Второй режим работы рекомендуется использовать без подключенного на проверку ШУ.
- Включать рекомендуется только один из контроллеров для корректной работы стенда.
- Подать питание сначала только на стенд.
- Подать питание на один из контроллеров.
- При необходимости отладки программы с помощью ПК необходимо подключить контроллер к компьютеру с помощью конвертера RS485/USB.
- После окончания работы на стенде необходимо отключить контроллер от компьютера, снять питание с контроллера, снять питания со стенда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках реализации магистерской диссертации, исходя из технического задания заказчика, был разработан стенд для проверки шкафов управления АСУТП. Произведен анализ всех имеющихся на данный момент в открытом доступе проектов на нашу тематику. Произведя анализ, было принято решение делать стенд именно в таком исполнении. Для реализации такого формата были подобраны все необходимые компоненты, соответствующие всем требованиям по надежности, ремонтпригодности. Разработана принципиальная схема стенда, отталкиваясь от которой был сконструирован каркас стенда и его кронштейн. Написаны программы на каждый используемый в стенде контроллер. Была произведена сборка стенда, проверка и отладка схемы. Проведено сравнение работы на новом стенде и старом с замером времени, которое показало явные преимущества этого решения перед старой версией. Основные преимущества, это скорость проверки и качество, высокая степень надежности и ремонтпригодности, так же возможность как писать программы и отлаживать заранее их на стационарных контроллерах, так и подключать на проверку шкафы управления. К тому же данный стенд позволяет изучать программирование логических контроллеров, что ускорит обучение новых сотрудников. До создания данного проекта не было найдено уже готовых решений, которые могли совместить в себе обе этих функции. Разработано руководство по эксплуатации стенда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Б.А. Карташов, А.С. Привалов, В.В. Самойленко, Н.И. Татамиров. Компьютерные технологии и микропроцессорные средства в автоматическом управлении. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2012. – 544 с.
2. Андрей Никонов. Комплекс на основе средств автоматизации «ОВЕН» и SCADA-систем. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 230 с.
3. В.Г. Харазов. Интегрированные системы управления технологическими процессами (+ CD-ROM). – М.: Профессия, 2009. – 592 с.
4. С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. Автоматизация технологических процессов. Учебное пособие). – М.: Новое знание, Инфра-М, 2015. – 384 с.
5. О.В. Шишов. Технические средства автоматизации и управления. Учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2016. – 396 с.
6. В.В. Соловьев. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем. – М.: Горячая Линия - Телеком, 2001. – 636 с.
7. А.Л. Ездаков. Функциональное и логическое программирование. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2016. – 120 с.
8. Т.Н. Патрушева. Сенсорика. Современные технологии микро- и нанoeлектроники. Учебное пособие. – М.: Инфра-М, Сибирский федеральный университет СФУ, 2014. – 272 с.
9. М.Ю. Медведев, В.Х. Пшихопов. Программирование промышленных контроллеров. – СПб.: Лань, 2011. – 288 с.
10. Журавский Д.Ю. Применение стендов для проверки и отладки систем автоматизации на базе программируемых логических контроллеров // Теория и практика современной науки. №11(53). 2019. С. 122.

11. Журавский Д.Ю. Применение программируемых логических контроллеров в управление системами АСУТП // Теория и практика современной науки. №11(53). 2019. С. 123-124.

12. Испытательные стенды: описание, применение, схемы и виды [Электронный ресурс]. URL: <https://fb.ru/article/329036/ispysitelnyie-stendyi-opisanie-primeneniie-shemyi-i-vidyi/>

13. Шибeko, Р. В. Лабораторный стенд на базе ПЛК ОВЕН 110 / Р. В. Шибeko, А. В. Ульянов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 11 (115). — С. 535-545. — URL: <https://moluch.ru/archive/115/30314/> (дата обращения: 12.03.2020).

14. Водовозов А.М., Микроконтроллеры для систем автоматизации: учебное пособие/ А. М. Водовозов. Изд. 3-е доп. и перераб. – Москва.: ИнфраИнженерия, 2016. – 164 с.: ил.; табл.

15. Минаев И.Г., Программируемые логические контроллеры - практическое руководство для начинающего инженера / И. Г. Минаев. В. В. Самойленко. - Ставрополь: АГРУС, 2009. - 100.

16. Ицкович Эммануил Львович Тенденции развития промышленных контроллеров и их перспективные свойства //Автоматизация в промышленности, издательство: Издательский дом "ИнфоАвтоматизация" (Москва). №6 2017. С. 3-7.

17. Егоров Д. В., Бобков В. Д. Анализ программируемых логических контроллеров в автоматизированных системах управления // Инновационное развитие науки и образования сборник статей III Международной научно-практической конференции. Издательство: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.) (Пенза) 2018. С. 46-48.

18. Направление расширения функциональных возможностей промышленных контроллеров при взаимодействии с пользователем

19. Симулятор для тестирования ПО АСУТП [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/142596/> (дата обращения: 16.03.2020).

20. Диагностика и отладка комплексов АСУ ТП [Электронный ресурс].
URL: <https://engineering.ua/articles/diagnostika-i-otladka-kompleksov-asu-tp/>
(дата обращения: 19.03.2020).

21. Боталов Д.В. Сокольчик П.Ю. Методология проектирования специального программного обеспечения асу тп с применением интегрированных сред моделирования // Вестник ПНИПУ. №2 2019. С. 48-56.

22. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка: учеб.-практ. пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. 926 с.

23. Галкин Н.С., Терехин А.Р., Стоякова К.Л. Особенности выбора программируемых логических контроллеров для автоматизированных систем управления технологическими процессами в пищевой промышленности. // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Под общ. ред. А.В. Туголукова. 2019. С. 239-244.

24. Andrzej Wojtulewicz and Maciej Ławryńczuk. Computationally Efficient Implementation of Dynamic Matrix Control Algorithm for Very Fast Processes Using Programmable Logic Controller // Institute of Control and Computation Engineering, Warsaw University of Technology ul. Nowowiejska 15/19, 00-665 Warsaw, Poland

25. Ahmed M. T. Ibraheem Alnaib, Omar Talal Mahmood Altaee, Noha Abed-Al-Bary Al-jawady. PLC Controlled Multiple Stepper Motors Using Various Excitation Methods // Dept. of Electrical Power Technologies Eng., Technical Eng. College / Mosul, NTU, Iraq. 2018

26. V Popa and L Popa. Study on designing an automated system of efficient HVAC control for energy saving in industrial buildings // Department of Defense Resources Management Studies, National Defence University, Mihai Viteazul, No. 160, 500183, Braşov, România. 2018

27. Tianyou CHANG¹, Qiang WEI, Yangyang GENG, Hongwei ZHANG. Constructing PLC Binary Program Model for Detection Purposes // 1State Key Laboratory of Mathematical Engineering and Advanced Computing, Zhengzhou Henan 450001, China

28. P.Thirumurugan, R.Aravind, M.Arun Kumar, S.Dharshan Manjunath, R.Kalaiselvan. Programmable Logic Controller Based Metal Segregation in Steel Industry // Assistant Professor Department of Instrumentation and Control Engineering, Saranathan College of Engineering, Tiruchirappalli, India

29. Akif Durdu , Üzeyir İlbay Bozkurt , Mehmet Celalettin Ergene. Design of a Distributed Control System with Fuzzy Logic Controller and PLC in Wireless Sensor Network Based Industrial Environments and Monitoring the System with RFID // 1Konya Technical University, Robotics Automation Control Laboratory (RAC-LAB), 42075, Konya

30. MODBUS application protocol specification v1.1b. URL: http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf (дата обращения 23.03.20).