

АННОТАЦИЯ

Швидченко А.С. Система автоматического управления модульной компрессорной станцией: пояснительная записка к выпускной квалификационной научной работе – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-382, 2018, 59 с., 45 ил., 13 табл., библиогр. список – 7 наим.

Цель данной дипломной работы – повышение надежности работы и снижение эксплуатационных затрат компрессорного цеха ООО СЗ «Залив»..

В дипломе рассмотрена реконструкция компрессорного цеха ООО «Судо-строительного завода «Залив» с применением автоматического комплекса управления и диагностики системы сжатия и воздухоподготовки. В связи с моральным устареванием оборудования, рассмотрим его замену на принципиально новое и более надежное с применением автоматизированных систем и дистанционного управления, исключая нахождения оперативного персонала в помещении III-го класса опасности.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.25560. ВКР			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разр.		Швидченко			Система автоматического управления модульной компрессорной станцией Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Андреев					2	59
Н. конт.		Горшков				ЮУрГУ Кафедра ЭССиСЭ		
Утв.		Кирпичникова						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОПИСАНИЕ КОМПРЕССОРНОГО ЦЕХА	5
1.1 Система нагнетания воздуха.....	5
1.2 Система электроснабжения.....	6
1.3 Контрольно-измерительные приборы (КИП).....	7
2 ВЫБОР НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	8
2.1 Выбор КУ.....	8
2.2 Выбор оборудования для очистки сжатого воздуха.....	11
2.3 Выбор осушителя воздуха.....	12
2.4 Разработка главного распределительного щита.....	16
2.5 Разработка щита управления.....	20
2.5.1 Выбор КИП и привязка к контроллеру.....	21
2.5.2 Нарботка КМ.....	27
2.5.3 Работа КМ.....	29
2.5.4 Климат контроль.....	32
2.6 Пожарная сигнализация и пожаротушение.....	
3 КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНЫХ МОЩНОСТЕЙ.....	43
3.1 Причины целесообразности выполнения компенсации реактивной мощности на предприятиях.....	43
3.2 Расчет реактивной мощности потребляемой асинхронными двигателями КУ.....	46
3.3 Расчет поперечной емкостной компенсации реактивной мощности... ..	50
3.4 Выбор и установка оборудования.....	52
Приложение.....	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	59

ВВЕДЕНИЕ

Судостроительный завод «Залив» является одним из крупнейших промышленных предприятий Российской Федерации, его экономические и производственные показатели справедливо позволяют ему считаться бюджетобразующим предприятием города Керчи. Уже более чем 75 лет завод успешно работает на рынке судостроения и судоремонта.

Основные этапы судостроительного производства от подготовки и резки металла до испытаний судна просто невозможно представить без системы подачи сжатого воздуха. Сжатый воздух требуется для ручного пневмоинструмента, покрасочного оборудования высокого давления, токарных и фрезерных станков с ЧПУ, испытания пневматических и гидравлических систем судна и прочего оборудования. Особую роль играет качество подаваемого воздуха, что очень важно для оборудования дробеструйной обработки и плазменной резки металла.

Надежность функционирования, обеспечивающая нормальную работу оборудования и удовлетворяющая требованиям техники безопасности, достигается рядом мер и в том числе применением постоянного функционирования автоматического контроля, охватывающего значительную часть элементов пневмосети, с сигнализацией возникающих неисправностей. Для снижения трудозатрат на профилактическое обслуживание сложных устройств предусматривает автоматический тестовый контроль.

1 ОПИСАНИЕ КОМПРЕССОРНОГО ЦЕХА

Компрессорный цех (КЦ) является основным источником сжатого воздуха для общецеховых нужд судостроительного завода залив. В состав КЦ входит следующее:

1. Система нагнетания воздуха;
2. Систему электроснабжения;
3. Комплекс средств контроля и автоматики.

1.1 Система нагнетания воздуха

Основным элементом данной системы является воздушный поршневой компрессор ВП2-10/9 1969 г.в. в количестве 6 штук, суммарная производительность которых составляет 60 м³/мин. Для нужд завода необходимо всего 40 м³/мин, следовательно, для нормально работы цехов потребителей достаточно работы четырех компрессорных установок (КУ), а две оставшиеся находятся в горячем резерве. ВП2-10/9 компрессор стационарный, поршневой, крейцкопфный, двухступенчатый, угловой, с водяным охлаждением, со смазкой цилиндров и сальников. Компрессор ВП2-10/9М включает следующие основные узлы: базу, цилиндры и электродвигатель. База состоит из унифицированных узлов кривошипно-шатунного механизма (коленчатого вала, шатуна, крейцкопфа), рамы, блока смазки механизма движения и лубрикатора (для смазки цилиндров и сальников). Привод осуществляется от односкоростного асинхронного электродвигателя типа АВ2-101-8, встроенного в раму компрессора. Основные технические характеристики КУ указаны в таблице 1.

					ЮУрГУ-13.04.02.2018.25560. ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Таблица 1

Характеристики КУ	Ед. измерения	Значение
Производительность	м ³ /мин	10
Давление избыточное	МПа	0,8
Номинальная мощность электродвигателя	кВт	75
Массовый расход охлаждающей воды	м ³ /ч	8
Напряжение	В	380
Масса КУ	кг	1430

Для охлаждения сжатого воздуха и масла предусмотрена незамкнутая система водяного охлаждения, система подразумевает принудительную подачу воды через КУ в калориферы, установленные на улице с принудительным охлаждением.

Для плавного изменения давления, сжатый воздух перед попаданием в магистраль поступает в буферные емкости, суммарной объемом 9м³.

При повышении давления в магистрали сжатого воздуха срабатывают предохранительные подрывные клапана, установленные на КУ и буферных емкостях и настроенные на 0,85 МПа, данные клапана сбрасывают сжатый воздух до давления в 0,65 МПа. Все технологические операции такие как пуск, вывод оборудования на режим, останов и прочие проводятся оперативно-техническим персоналом по месту.

1.2 Система электроснабжения

Электроснабжение КЦ осуществляется через два ввода, от двух независимых источников. Каждый ввод состоит из двух параллельно подключенных кабелей марки АСБ 3*185, суммарной пропускной способностью до 300 кВт. Кабели подключаются к главному распределительному щиту (ГРЩ), каждый ввод подключается к выводам выключателя разъединителя типа ВР-32 после которого стоит автоматический выключатель серии А3314. Питание КУ производится через кабель КГН 50*4.

1.3 Контрольно-измерительные приборы (КИП)

Для контроля режимов работы оборудования установлены следующие КИП:
-электрические, а именно стрелочные амперметры, вольтметры и ваттметры, необходимые для контроля питающей сети работающего оборудования.

-механические, а именно термометры и манометры, необходимые для контроля следующих параметров: -давление сжатого воздуха на выходе КУ;

-давление охлаждающей жидкости (ОЖ)

-температура ОЖ

-температура масла КУ

Опираясь на все вышеперечисленное можно сделать вывод, что данный КЦ устарел и требует модернизации, он не отвечает следующим требованиям:

- экономия электроэнергии и других производственных ресурсов;
- обеспечение безопасности функционирования объекта;
- снижение затрат живого труда;
- достижение оптимальной загрузки (использования) оборудования;
- оптимизация режимов работы технологического оборудования;
- снижения влияния вредных факторов таких как шум и вибрация на оперативно-технический персонал.

2 ВЫБОР НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Помимо замены шести КУ и ГРЩ необходимо адаптировать систему предварительной очистки воздуха, систему фильтрации и удаления конденсата, систему осушения сжатого воздуха, систему поддержания температуры для нормальной работы оборудования и систему расхода воздуха.

2.1 Выбор КУ

Для обеспечения экономии электроэнергии; безопасности функционирования объекта, снижение затрат живого труда и оптимизации режимов работы оборудования, новое оборудование должно обладать следующим:

- системой автоматической загрузки и разгрузки КУ
- системой диагностики и оповещения неисправностей;
- возможностью дистанционного управления и контроля режимов оборудования;
- системами токовых и механических защит.

Исследовав рынок отечественных производителей, был найден оптимальный вариант — это винтовой компрессор с прямым приводом серии ВЭК-75П производства завода промышленного оборудования города Челябинска. ВЭК-75П имеет следующие характеристики, указанные в таблице 2

Таблица 2

Характеристики КУ	Ед. измерения	Значение
Производительность	м ³ /мин	12
Давление избыточное	МПа	0,8
Номинальная мощность электродвигателя	кВт	75
Массовый расход охлаждающей воды	м ³ /ч	8
Напряжение	В	380
Масса КУ	кг	1400

ВЭК-75П - винтовой компрессор с прямой передачей через упругую муфту. Использование прямого привода обеспечивает передачу крутящего момента от вала электродвигателя к валу винтового блока практически без потерь, тем самым увеличивая общий КПД установки. Отсутствие ремня в передаче исключает вероятность его обрыва и необходимость проверки и регулировки натяжения ремня, тем самым увеличивая надежность системы. Применение прямого привода исключает радиальные нагрузки на валы электродвигателя и винтового блока, что благотворно сказывается на работе подшипников. Компрессор произведен в соответствии с европейскими стандартами и поставляется в полной готовности к установке и запуску. В качестве органа управления выступает свободно программируемый микропроцессорный контроллер TM168D23S производства Shneider Electric, данный контроллер имеет 7 дискретных и 5 аналоговых входов и 8 релейных выходов.

ВЭК-75П данная КУ может работать как автономно «запуск, останов и контроль режимов производится по месту», так и совместно с прочим оборудованием «запуск, останов и контроль режимов производится дистанционно». В дистанционном режиме КУ выдает и принимает следующие команды и сигналы, указанные в таблице 3.

Таблица 3

Название команды	Прием (П) / выдача(В)	Пояснение	
Авария КУ	В	Превышение уставки:	температуры циркуляционного масла
			Температуры переднего подшипника двигателя
			давления в масляном сепараторе
			давления на выходе КУ
		Кнопка Аварийного останова КУ	Нажата кнопка оперативным персоналом
		Авария питающей сети	Частота
			Напряжение
		Авария ГД	Сработала тепловая защита
Авария ДО			
Пуск/Останов КУ	П	Команды пришедшие с ПЛК оператора	
Аварийный останов КУ	П	Нажата кнопка оперативным персоналом, удаленно	
Двигатель запущен	В	Сигнал о работающем двигателе	
Нагнетание	В	Сигнал уведомляющий об открытии впускного дросселя, нагнетание КУ	
Свободный выход	В	Замыкается при включении ГД по схеме треугольник	

Для управления данной КУ необходим кабель, имеющий 12 жил, экранировку и изоляцию не поддерживающую горение. По всем вышеперечисленным характеристикам выбираем кабель МКЭШВнг-ALs 0,75x2x6.

2.2 Выбор оборудования для очистки сжатого воздуха

Для предварительной очистки сжатого воздуха от влагомасляной смеси используются циклонный сепараторы и фильтра высокого давления.

Исходя из характеристик КУ выбираем магистральные сепараторы циклонного типа серии СЦ-1260Р производства ООО «Челябинского Компрессорного Завода». Особенности:

- запатентованная конструкция эффективного отделения воды в жидком состоянии - более 99%;
- автоматический дренаж, безопасный сброс конденсата, предохранительный клапан и смотровое окно;
- корпус из анодированного алюминиевого сплава, покрытый внутри эпоксидной смолой, а снаружи порошковое покрытие, нанесенное сухим способом - гарантия более десяти лет;
- отсутствие фильтра - нет необходимости менять фильтр.

Далее прошедший сепарирование воздух поступает в фильтра. Исходя из характеристик КУ выбираем магистральные воздушные фильтры серии ФВ-2040Ф/0,001 ООО «Челябинского Компрессорного Завода». Особенности:

- внутренняя поверхность корпуса фильтра проходит высококачественную антикоррозийную обработку, и соответствует стандартам изготовления сосудов высокого давления. При нормальных условиях эксплуатации гарантируется срок службы более 15 лет. Корпус фильтра адаптирован под большой выбор оригинальных импортных фильтров;
- для фильтрующих элементов типоразмеров 035 - 800 применены аэродинамические технологии. Входной патрубков со сглаженным 90-градусным

коленом исключает вероятность турбулентности и минимизирует местное сопротивление;

- применен диффузор потока в форме конуса у основания элемента фильтра - диффузия потока увеличивает область фильтрования;
- применение установочного штифта облегчает замену элемента фильтра;
- фильтрующие элементы выполнены из высокоэффективных волоконных материалов.

На каждом сепараторе и фильтре предусмотрены выводы для слива конденсата, следовательно выбираем таймерный конденсатоотводчик Ultramat UFM-D03 производства DONALDSON.

2.3 Выбор осушителя воздуха

Атмосферный воздух содержит влагу: в одном метре кубическом свободного насыщенного воздуха при температуре окружающей среды 15°C в среднем находится 12,5г воды. Если взять компрессор ВЭК75 производительностью 192 л/с (720 м³/ч) воздуха, то количество воды в нем составит 9 л/ч. Предположим, что температура поступающего атмосферного воздуха поддерживается на уровне выше 15°C. Тогда содержание воды не будет заметно, но влага будет присутствовать в виде паров в воздухе. При охлаждении или сжатии воздуха, его способность удерживать влагу понижается, и вода преобразуется в конденсат. Повышение температуры воздуха в компрессорной установке обычно препятствует конденсированию влаги, но по мере прохождения воздуха через доохладитель, происходит конденсирование большого количества воды. Как правило, температура воздуха после доохладителя составляет 35°C и содержание влаги в нем уменьшается. Однако вода будет присутствовать в виде пара и, если температура воздуха будет ниже начальной температуры (т.е. 15°C), то произойдет последующая конденса-

ция влаги. Для того, чтобы произвести удаление гораздо большего количества воды из сжатого воздуха, требуется в пневматической системе после доохладителя пропустить воздух через осушитель.

Существуют три основных типа осушителей, которые имеют разные сферы применения и режимы работы: влагопоглощающие; охлаждающие; регенеративные осушающие.

Влагопоглощающий осушитель. Основным принцип работы влагопоглощающих осушителей основан на пропускании воздуха через растворимое вещество, обычно используется соль, которая растворяется по мере поглощения влаги. Главное достоинство таких осушителей заключается в том, что они не потребляют дополнительной энергии, кроме той, которая требуется для преодоления перепада давлений в распределительной системе (0,01÷0,04 МПа). При этом потери в объеме воздуха отсутствуют. Все же они не могут называться регенеративными, поэтому влагопоглощающий материал должен систематически меняться, что влечет за собой расходы на дополнительный труд и материалы. Влагопоглощающие осушители являются самыми дешевыми и энергоэффективными, но обеспечивают точку росы всего лишь на 12°С ниже температуры воздуха на входе в КУ.

Охлаждающий осушитель. Охлаждающие осушители являются самыми простыми и распространенными для осушения сжатого воздуха. Они позволяют достичь точки росы в 2°С при пропускании сжатого воздуха над охлаждающим змеевиком для конденсации захваченной влаги. Данные агрегаты относятся к числу наиболее энергоэффективных на рынке. В них применяется принцип теплообмена встречных потоков для уменьшения затрат на охлаждение. Они также относительно недорогие и характеризуются низкими капитальными и эксплуатационными затратами.

На рис.1 представлена типичная схема охлаждающей осушительной системы:

- осушитель расположен после воздухоприемника. Преимущество такого расположения в том, что воздухоприемник уже уменьшил содержание воды в воздухе, тем самым, уменьшив нагрузку на осушитель;

•соответствующие отстойники расположены между компрессором и осушителем для того, чтобы вся конденсированная влага была удалена до того, как воздух поступит на осушители.

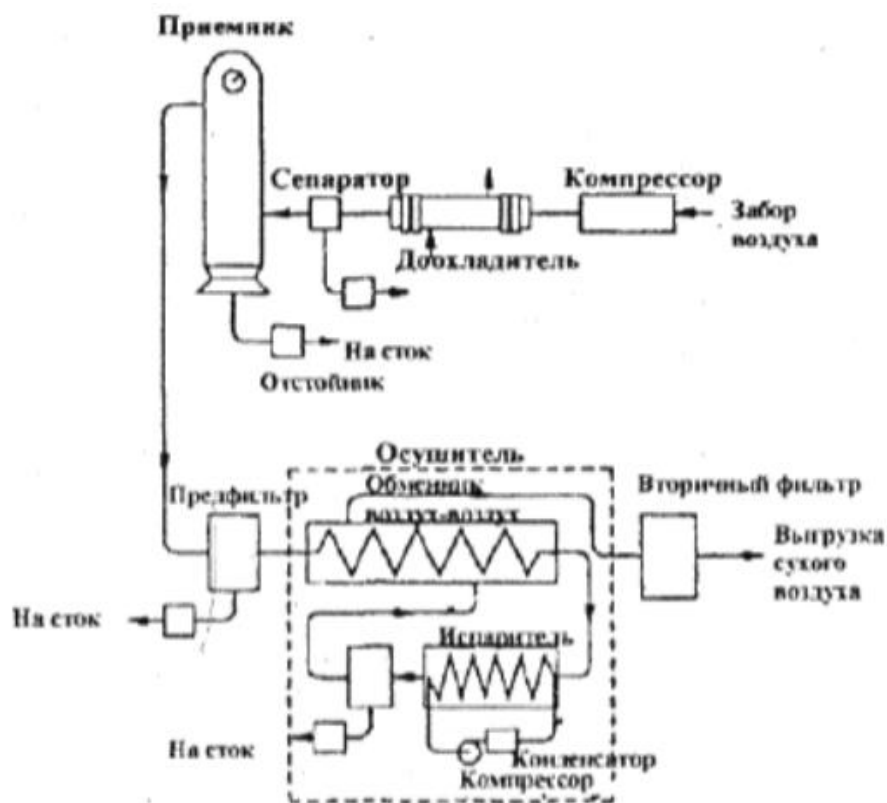


Рисунок 1

Регенеративный осушитель. В регенеративных или обезвоживающих осушителях для отеснения влаги от сжатого воздуха применяется адсорбирующий материал, такой как, оксид алюминия или силикагель. Традиционно они содержат две башни, наполненные определенным материалом. Одна емкость осушает воздух, в то время как другая производит регенерацию, нагревая влагопоглотитель или продувая его сухим воздухом. Основным их преимуществом является то, что они производят воздух с самой низкой точкой росы (до -40°C), т. е. самый сухой воздух.

Поэтому они часто используются на морских, нефтяных месторождениях где господствуют экстремальные условия окружающей среды, а также в микроэлек-

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

тронике и пищевой промышленности, когда неотъемлемо важным условием является высокое качество воздуха.

В нашем случае мы выбираем регенеративные осушители, т.к. они обеспечивают самую низкую точку россы -70°C , что необходимо для оборудования плазменной и воздушно-дуговой резки металла. Для обеспечения необходимых требований был выбран осушитель адсорбционный с горячим типом регенерации. Серия ОВА-210Т, производства ООО «Челябинского Компрессорного Завода». Заводские параметры указаны в таблице 4

Таблица 4

Параметр	Значение
Воздушный поток	35 м ³ /мин
Мощность нагревателя	18кВт
Присоединение	DN100
Точка россы под давлением	-40°C
Потери давления	<0.021 МПа
Цикл переключения	120 сек

Питание данного осушителя осуществляется через кабель ВВГнг 4х6. Данный осушитель адсорбционный (АО) имеет возможность работать в дистанционном режиме. В дистанционном режиме КУ выдает и принимает следующие команды и сигналы, указанные в таблице 5.

Таблица 5

№	Название команды	Прием (П) / выдача(В)	Пояснение
1	Пуск / Стоп	П	Команды пришедшие из ЩУ Пуск(1)/Стоп (0)
2	Осушитель в работе	В	ОА в режиме регенерации, В работе (1) / В ожидании (0)
3	Авария	В	Ошибка внутреннего режима Авария (1) / Норма(0)

Для управления данным АО необходим кабель, имеющий 6 жил, экранировку и изоляцию не поддерживающую горение. По всем вышеперечисленным характеристикам выбираем кабель МКЭШВнг-ALs 0,75x2x3.

2.4 Разработка главного распределительного щита

При разработке ГРЩ необходимо учесть нижеследующее:

- 1) должна обеспечиваться бесперебойная работа автоматики;
- 2) должна обеспечиваться функция автоматического ввода резерва (АВР);
- 3) согласно [1] пункт 5.3.30 каждый электродвигатель, а в нашем случае КУ, должен иметь отдельный коммутационный аппарат;
- 4) согласно [1] пункт 5.3.56 Для защиты электродвигателей от КЗ должны применяться предохранители или автоматические выключатели;
- 5) в связи с тяжелыми условиями пуска, для защиты двигателей согласно [1] пункт 5.3.57 необходимо установить коммутационное оборудование с тепловой защитой и выдержкой времени;
- 6) Необходима сигнализация аварии питающих вводов;

7) согласно [1] пункт 5.3.58 необходима защита минимального напряжения для ответственных электродвигателей, которым необходим самозапуск, если их включение производится при помощи контакторов и пускателей с удерживающей обмоткой, должны применяться в цепи управления механические или электрические устройства выдержки времени, обеспечивающие включение электродвигателя при восстановлении напряжения в течение заданного времени. Для таких электродвигателей, если это допустимо по условиям технологического процесса и условиям безопасности, можно также вместо кнопок управления применять выключатели, с тем чтобы цепь удерживающей обмотки оставалась замкнутой помимо вспомогательных контактов пускателя и этим обеспечивалось автоматическое обратное включение при восстановлении напряжения независимо от времени перерыва питания.

При выборе вводных автоматов необходимо учесть нагрузку всего подключенного оборудования. С учетом всех нагрузок был выбран вводной автоматический выключатель Compact NS1000N – Micrologic 2.0 и пускатель LC1F1000P7 производства Schneider Electric, для пускателей предусмотрена механическая блокировка от одновременного включения. Для питания КУ необходимо подобрать коммутационное устройство, устанавливаемое в ГРЩ, марку и толщину питающего кабеля. Для этого необходимо найти суммарную нагрузку установленного оборудования в КУ.

В выбранной КУ установлен главный двигатель A250S2Y2IM2081 IP55, мощностью равной 75 кВт производства ELDIN г. Ярославль. Технические характеристики двигателя A250S2 указаны в таблице 6.

Таблица 6

Характеристика	Ед изм.	Значение
Мощность	кВт	75
Обороты	Об/мин	3000(2950)
Входное напряжение	В	380/660

Коэффициент мощности, Cos φ	-	0,9
Номинальный ток In	А	136
КПД	%	94
Коэффициент кратности пускового тока	-	7,5

Остальное оборудование имеет суммарную мощность не более 2,5 кВт. Для питания данной КУ выбираем автоматический выключатель LV430313 производства Shneider Electric, номинальный ток которого равен 160А. Данный автоматический выключатель оснащен тепловым реле, которое может служить защитой от токов перегрузки связанных с условиями тяжелого пуска [1] пункт 5.3.55,

Питание данной установки осуществляется через кабель ВВГнг 4х50 силовой многопроволочный, данный кабель не поддерживает горение и используется для питания оборудования вне гермозоны в системах АС класса 2 по классификации ОПБ 88/97 (ПНАЭ Г- 01-011). Вид климатического исполнения кабеля "УХЛ", категория размещения - 1-5 в соответствии с ГОСТ 15150-69.

Для контроля наличия напряжения и защиты минимального напряжения необходимо установить после вводных автоматов multifunctionальное реле контроля фаз 194-528В. Данное реле имеет возможность контролировать такие параметры как асимметрия, порядок чередования фаз, минимальное и максимальное напряжение в оконном режиме, обнаружение обрыва фазы. Для нормальной работы реле необходимо выставить следующие параметры: $U_{раб} = 380В$, максимальный и минимальный перепад напряжения не более 10%, время выдержки 8 секунд «соответствует времени работы двигателя по схеме звезда».

Для учета расхода электроэнергии для каждого ввода, на отходящем от пускателей шинопроводе установлены трансформаторы тока ТТК-100-1000/5. Для учета электроэнергии устанавливаем счетчик Меркурий 230.

В соответствии с пунктами 1,2,6 раздела 2.2 данной пояснительной записки, необходимо произвести автоматизацию системы управления и контроля вводов,

для данной цели установим свободно программируемый микроконтроллер ПР110-220.8ДФ.4Р производства ОВЕН. Данное устройство имеет 8 дискретных входов и 6 релейных выходов, функции которых указаны в таблице 7

Таблица 7

№ входа / выхода	Значение, описание работы	Принадлежность к выходам
DI1	Блок контакт 1-го вводного выключателя, Раб(1)/Откл(0)	Q1 Питание 1-го контактора
DI2	Реле контроля фаз 1-го ввода Норма (1)/ Неисправность (0)	Q1 Питание 1-го контактора
DI3	Блок контакт 2-го вводного выключателя, Раб(1)/Откл(0)	Q4 Питание 2-го контактора
DI4	Реле контроля фаз 2-го ввода Норма (1)/ Неисправность (0)	Q4 Питание 2-го контактора
DI5	Тумблер Включить ввод, ВКЛ(1)/ОТКЛ(0)	Q1, Q4 Питание 1и2-го контактора
DI6	Приоритет ввода ВВОД 1(1)/ВВОД 2(0)	Q1, Q4 Питание 1и2-го контактора
DI7	Выбор режима Автомат(1)/Ручной(0)	Q1, Q4 Питание 1и2-го контактора
DI8	Сигнал пожар Тревога(1)/Норма (0)	Q2 аварийное отключение вводных выключателей, Q3 сигнализация, Q5 сигнал в головной контроллер

Написание программы и интегрирование логики в прибор осуществляется с помощью фирменного программного обеспечения. Программное обеспечение (ПО) OWEN Logic – среда программирования, предназначенная для создания алгоритмов работы коммутационных приборов, относящихся к классу программи-

руемых реле (ПР), в частности, ОВЕН ПР110, ПР114, ПР200. Для составления программы используется визуальный язык на основе графических блоков (FBD), применяемых в цифровых электрических схемах.

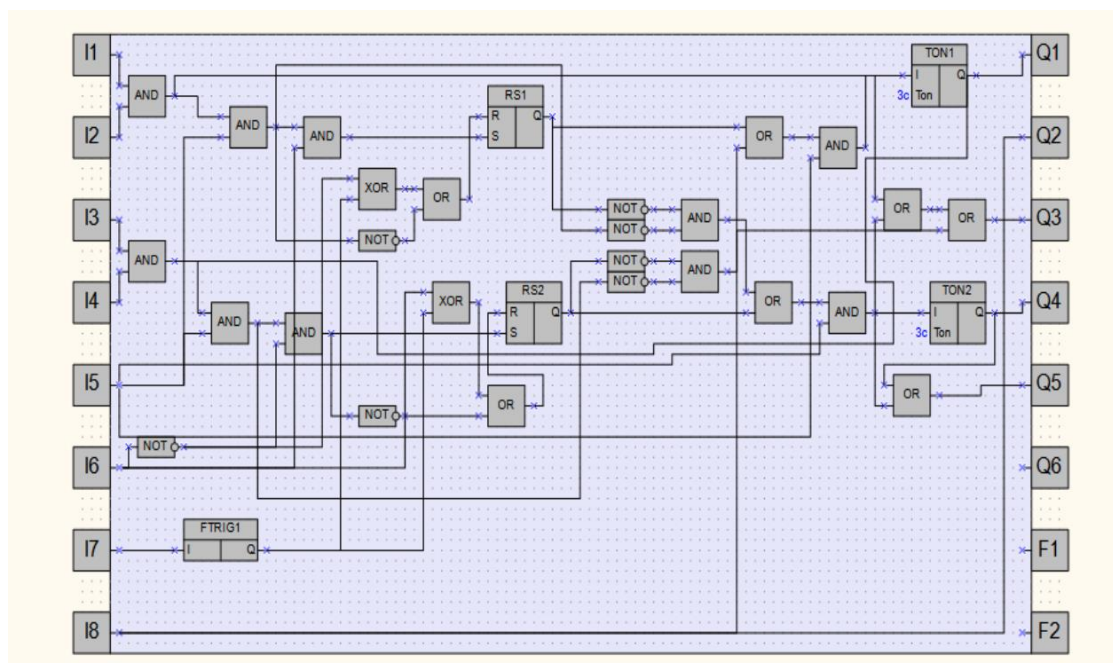


Рисунок 2. Логика ГРЩ

Логика работы выбранного прибора показана на рисунке 2. Указанная логика обеспечивает включение выбранного вода с заданной выдержкой времени в 3 секунды, исключает возможность включения двух вводов, одновременно и управляет вводами в автоматическом режиме, отключая неработающий и подключает рабочий ввод.

2.5 Разработка щита управления

Щит управления (ЩУ) компрессорным цехом является главным органом автоматического управления и контроля технологических процессов системы высокого и низкого давления. ЩУ должен выполнять следующие функции:

1. Автоматическое управление технологическими процессами всех КУ, системой осушения сжатого воздуха, системой слива конденсата;
2. Управление системой климата в рабочем помещении;
3. Сигнализация неисправностей.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4. Учет работы в мото-часах каждой КУ, автоматическое включение КУ с наименьшей выработкой по времени;

5. Учет расхода воздуха;

Для реализации дистанционного или автоматического управления вышеперечисленным оборудованием требуется свободно программируемый микроконтроллер, имеющий возможность установки дополнительных модулей. Оптимальным по доступности и функционалу является контроллер Modicon M171 TM171PDM27S и модули расширения TM171OB22R, производства Shneider Electric. Для построения логики работы данного оборудования используется ПО Somachine HVAC. Все сигналы приходящие и уходящие расписаны в Приложении 1.

2.5.1 Выбор КИП и привязка к контроллеру

Таблица 8

№	Название	Сигнал	Мест установки
1	Датчик давления MBS1700 "Danfoss"	4-20мА	на выходе станции
2	Расходомер ВИХРЬ-200	4-20мА	на выходе станции
3	Датчик температуры дТС 125-50М.В2.60 "ОВЕН"	Требуется установка НПТ для получения сигнала 4-20мА	В помещении КЦ

Для создания проекта необходимо выбрать головной контроллер

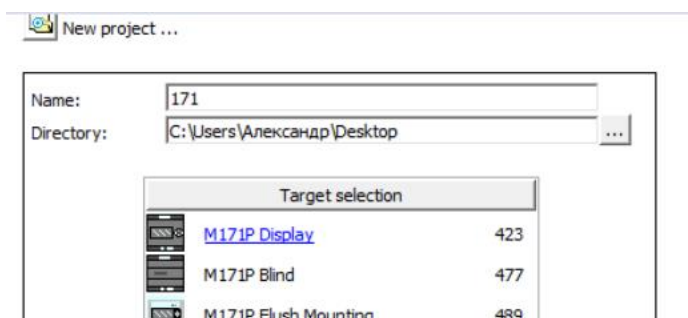


Рисунок 3

Перед началом формирования программ, функциональных блоков и прочих логических переменных необходимо ввести, для удобства названия переменных входов/выходов.

#	Name	Variable	Type	
1	AIL1	xiTemperature	INT	AIL1 analogue input
2	AIL2	xidischardge_KM1	INT	AIL2 analogue input
3	AIL3	xidischardge_KM2	INT	AIL3 analogue input
4	AIL4	xiStarted_KM1	INT	AIL4 analogue input
5	AIL5	xiStarted_KM2	INT	AIL5 analogue input
6	AIL6		INT	AIL6 analogue input
7	DIL1	xiJobServise_KM1	BOOL	DIL1 digital input
8	DIL2	xiJobServise_KM2	BOOL	DIL2 digital input
9	DIL3	xiAlarm_KM1	BOOL	DIL3 digital input
10	DIL4	xiAlarmStop_KM1	BOOL	DIL4 digital input
11	DIL5	xiAuto	BOOL	DIL5 digital input
12	DIL6	xiAlarm_KM2	BOOL	DIL6 digital input
13	DIL7	xiAlarmStop_KM2	BOOL	DIL7 digital input
14	DIL8		BOOL	DIL8 digital input
15	DOL1	xoAlarmStop_KM1	BOOL	DOL1 digital output
16	DOL2	xoAlarmStop_KM2	BOOL	DOL2 digital output
17	DOL3	xoStart_KM1	BOOL	DOL3 digital output
18	DOL4	xoAlarm	BOOL	DOL4 digital output
19	DOL5	xoAlarmLamp_KM1	BOOL	DOL5 digital output
20	DOL6	xoAlarmLamp_KM2	BOOL	DOL6 digital output
21	DOL7	xoStart_KM2	BOOL	DOL7 digital output
22	AOL1	xoCntrolFlap	INT	AOL1 analogue output
23	AOL2		INT	AOL2 analogue output
24	AOL3		INT	AOL3 analogue output
25	AOL4		INT	AOL4 analogue output
26	AOL5		INT	AOL5 analogue output
27	FDI_counter		UDINT	FDI Input counter

Рисунок 4. Локальные переменные

Для считывания сигналов и их привязке к основной логике необходимо создать функциональный блок. Для этого добавляем в функциональный блок локальные переменные.

Local variables					
	Class	Pin	Name	Type	Arra
1	VAR		Code_sig_Max	REAL	No
2	VAR		Code_sig_Min	REAL	No
3	VAR		Sub_Diap_Sig	REAL	No
4	VAR_IN_OUT	0	Hysteresis	REAL	No
5	VAR_INPUT	0	Code	INT	No
6	VAR_INPUT	1	Val_Max	REAL	No
7	VAR_INPUT	2	Val_HiHi	REAL	No
8	VAR_INPUT	3	Val_Hi	REAL	No
9	VAR_INPUT	4	Val_Lo	REAL	No
10	VAR_INPUT	5	Val_LoLo	REAL	No
11	VAR_INPUT	6	Val_Min	REAL	No
12	VAR_INPUT	7	ValSig_Max	REAL	No
13	VAR_INPUT	8	ValSig_Min	REAL	No
14	VAR_INPUT	9	Check_HIHi	BOOL	No
15	VAR_INPUT	10	Check_Hi	BOOL	No
16	VAR_INPUT	11	Check_Lo	BOOL	No
17	VAR_INPUT	12	Check_LoLo	BOOL	No
18	VAR_OUTPUT	0	Par	REAL	No
19	VAR_OUTPUT	1	Par_Sig	REAL	No
20	VAR_OUTPUT	2	Par_HIHi	BOOL	No
21	VAR_OUTPUT	3	Par_Hi	BOOL	No
22	VAR_OUTPUT	4	Par_Lo	BOOL	No
23	VAR_OUTPUT	5	Par_LoLo	BOOL	No
24	VAR_OUTPUT	6	Par_Obr	BOOL	No

Рисунок 5. Локальные переменные ФБ

После на заранее выбранном, языке программирования FBD формируем структуру функционального блока.

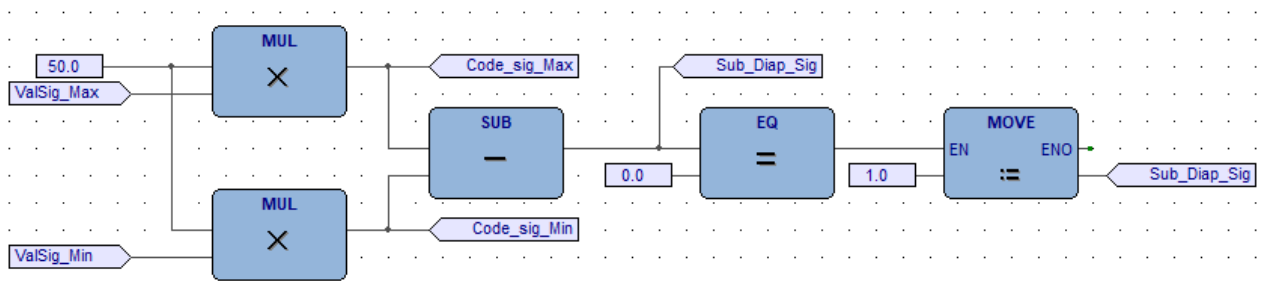


Рисунок 6. Определение величины аналогово сигнала, деление на ноль

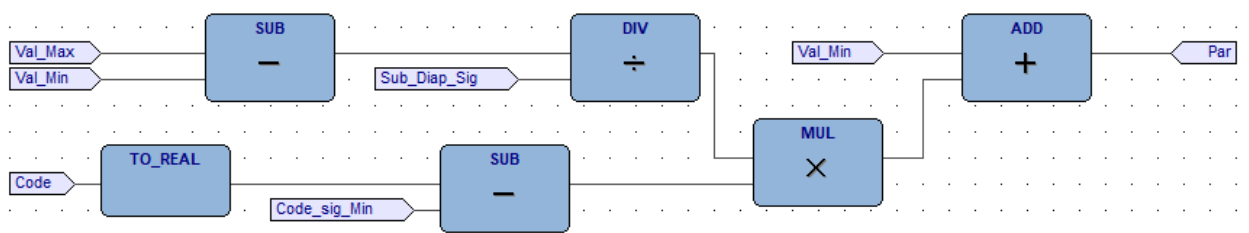


Рисунок 7. Определение величины технологического параметра

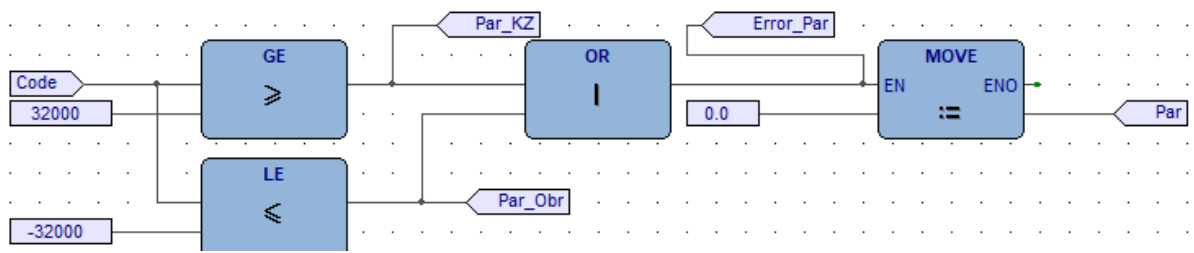


Рисунок 8. Диагностика состояния входа

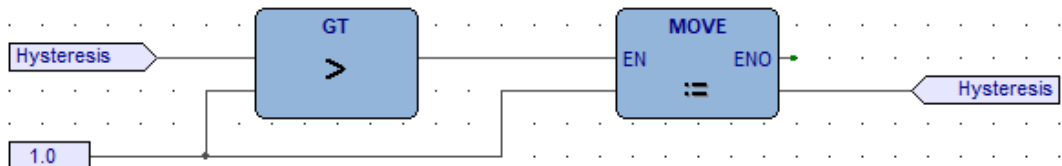


Рисунок 9. Гистерезис

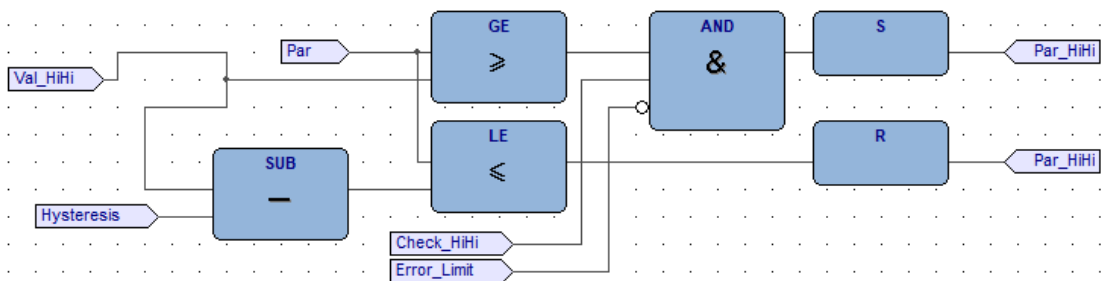


Рисунок 10. Контроль верхнего аварийного предела

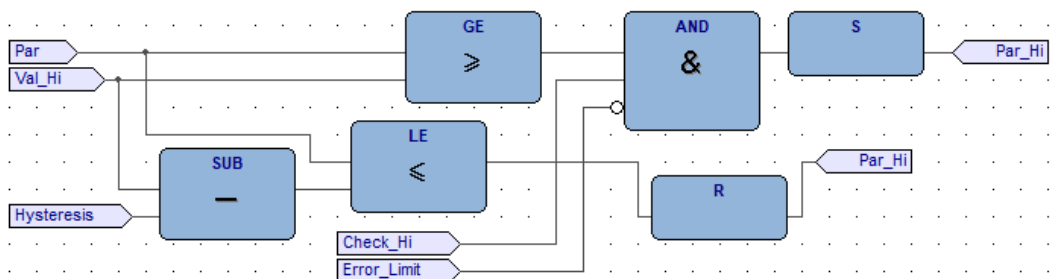


Рисунок 11. Контроль верхнего технологического предела

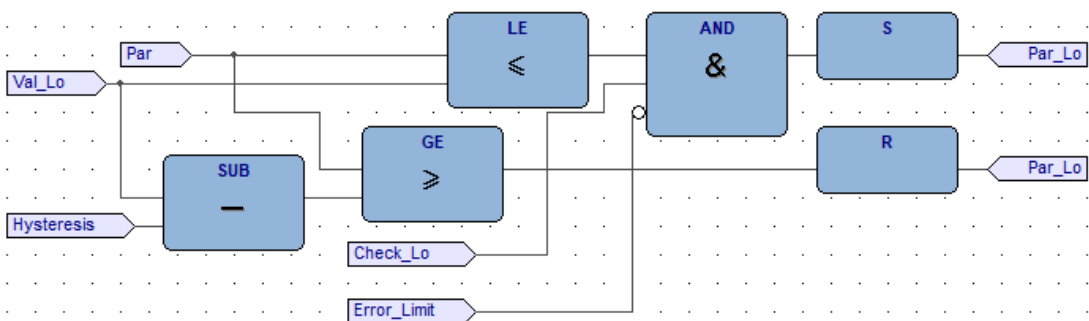


Рисунок 12. Контроль нижнего технологического предела

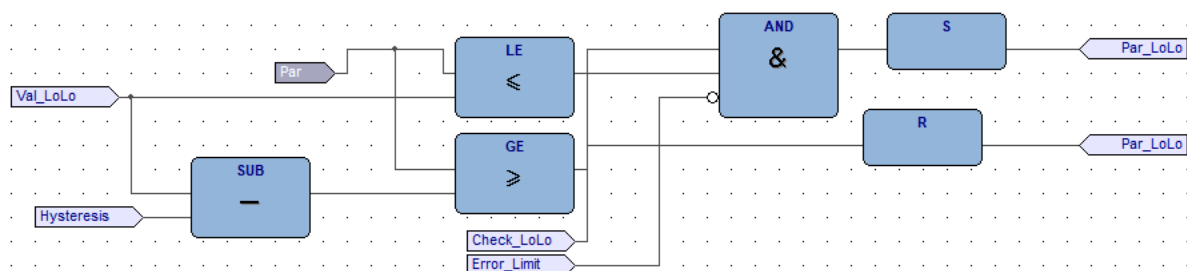


Рисунок 13. Контроль нижнего аварийного предела

Получившийся, блок привязываем к программе.

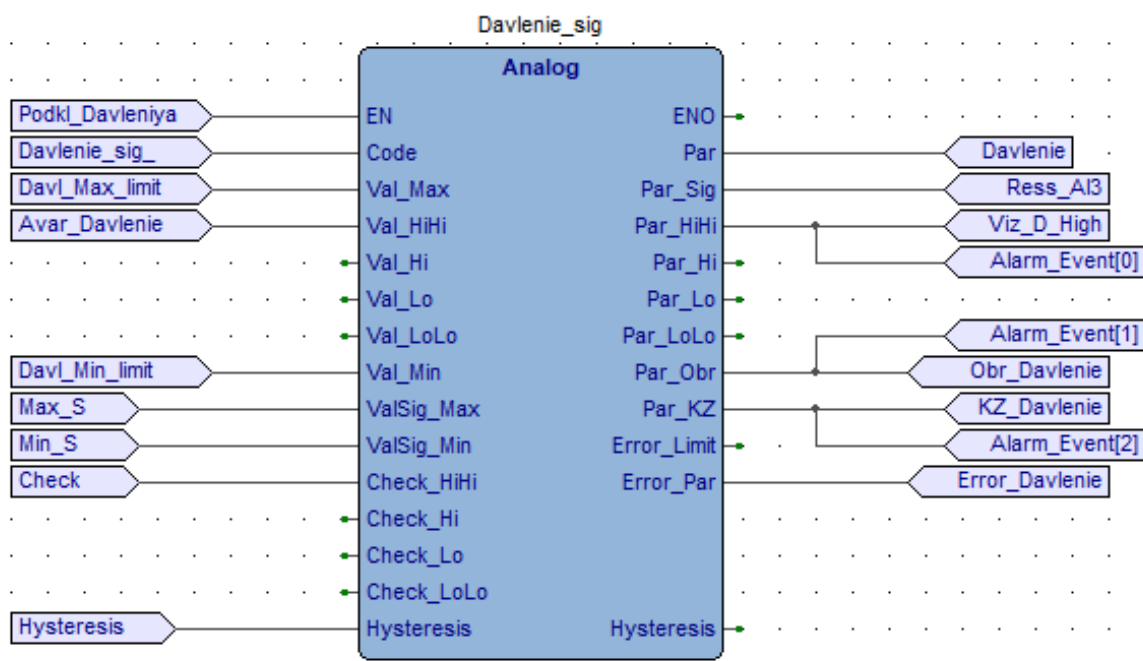


Рисунок 14. Функциональный блок Analog

Таблица 9

№	Название переменной	Значение	Место привязки	Тип переменной
1	Podkl Davleniya	true	EEPROM parameter	BOOL
2	Davlenie sig (Выходной сигнал ДД)	4-20mA	Field I/O mapping	INT
3	Dav Max limit (Максимальное давление Датчика)	16	EEPROM parameter	REAL
4	Avar davlenie (Аварийная уставка)	9	EEPROM parameter	REAL
5	Dav Mix limit (Минимальное давление Датчика)	0	EEPROM parameter	REAL

6	Max S (максимальный сигнал на входе)	20	Local variables	REAL
7	Min S (минимальный сигнал на входе)	4	Local variables	REAL
8	Check HiHi	true	Local variables	BOOL
9	Davlenie (Параметр давления)	True/False	Field I/O mapping	REAL
10	Ress AI3 (Переменная конвертированного сигнала с датчика)	True/False	Local variables	REAL
11	Viz D High (Визуализация сигнала при достижении уставки) Alarm Event (0) (Номер аварии)	True/False	Status Variables/Local variables	BOOL/ UDINT
12	Obr davlenie (Обрыв цепи ДД) Alarm Event (1)	True/False	Status Variables/Local variables	BOOL/ UDINT
13	Kz davlenie (КЗ цепи ДД) Alarm Event (2)	True/False	Status Variables/Local variables	BOOL/ UDINT
14	Error Davlenie (КЗ или Обрыв Цепи ДД)	True/False	Status variables	BOOL

Аналогично применяем данный функциональный блок для расходомера и датчика температуры.

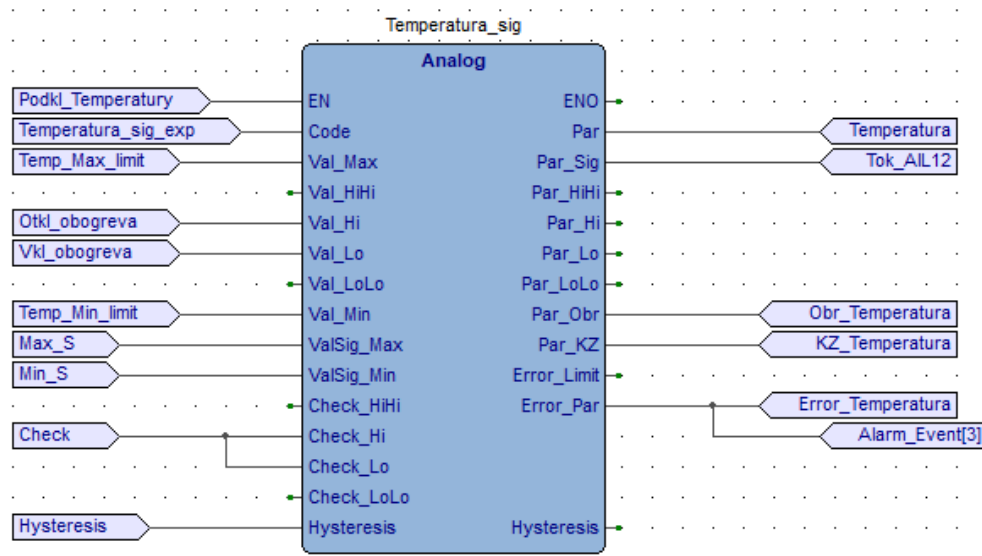


Рисунок 15 ФБ датчика температуры

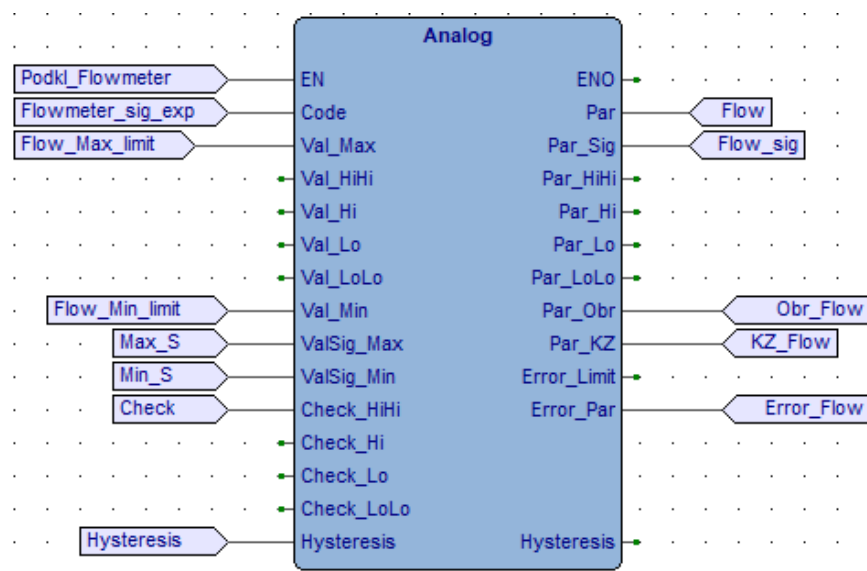


Рисунок 16. ФБ расходомера

2.5.2 Нароботка КМ

Структура ФБ Учета наработки КУ

К локальным переменным добавляем следующую переменную:

VAR_EXTERNAL

sysClock : TypeDateTime; (* System Date and Time Read. It is a structure of type TypeDateTime composed

by the following fields:

seconds : USINT seconds [0...59]

minutes : USINT minutes [0...59]

hours : USINT hours [0...23]

dayweek : USINT day of week [0...6]

daymonth : USINT day of month [1...31]

month : USINT month [1...12]

year : USINT year [10...50] *)

END_VAR

Данная переменная является системной, к данной переменной привязывается ФБ наработки КУ.

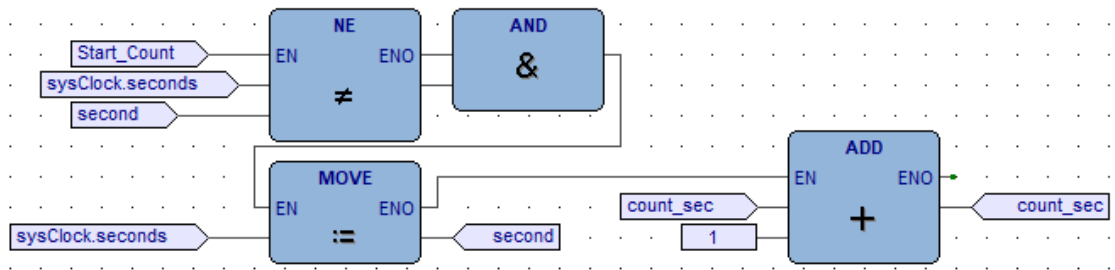


Рисунок 17. Привязка системного времени к таймеру КМ

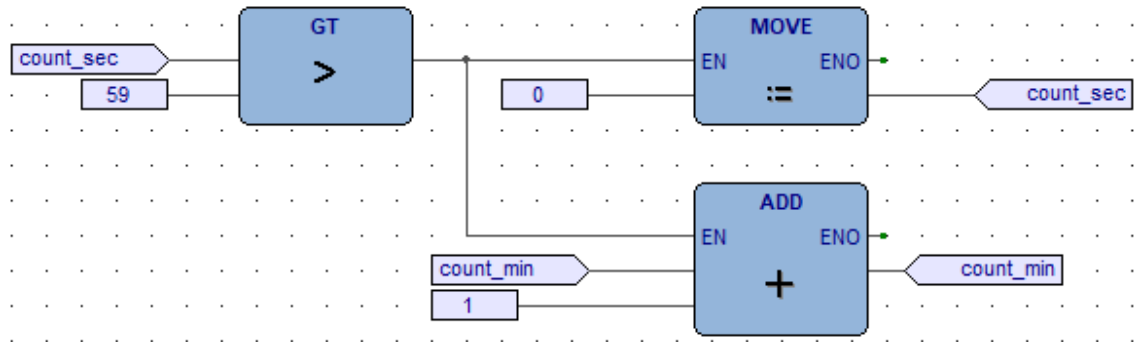


Рисунок 18. Отсчет минут

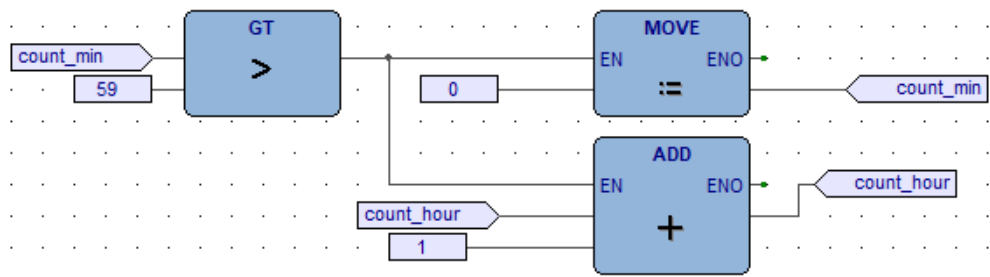


Рисунок 19. Отсчет часов

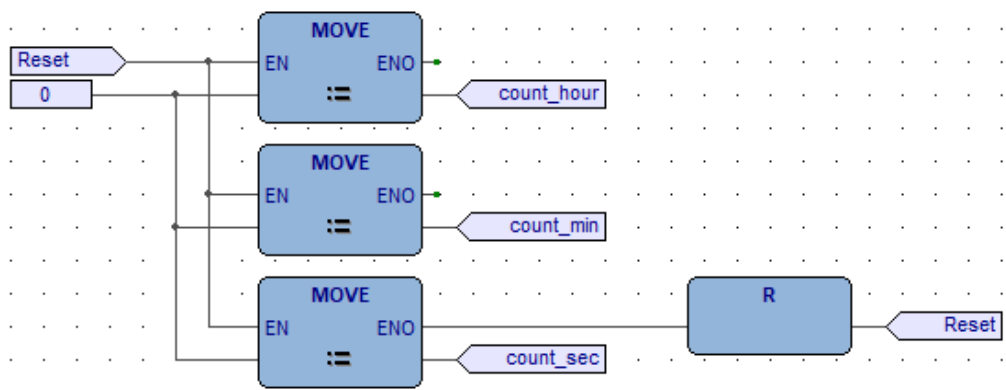


Рисунок 20. Обнуление

2.5.3 Работа КМ

Структура ФБ работы КМ

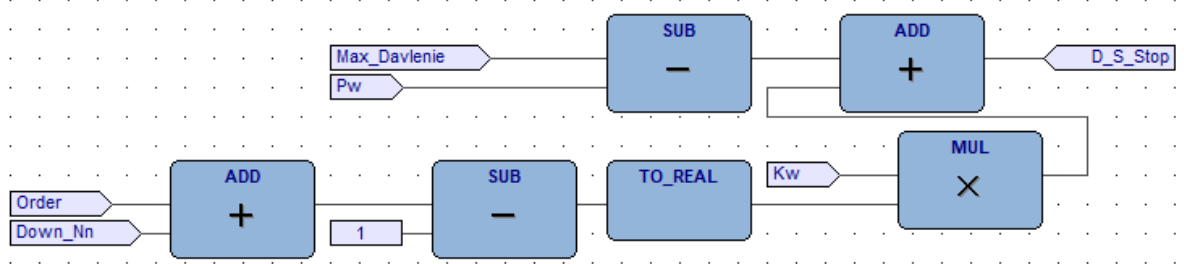


Рисунок 21. Формирование сигнала на отключение при достижении максимального давления

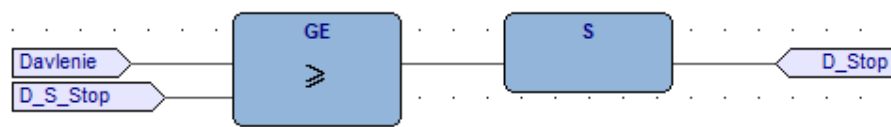


Рисунок 22. Формирование сигнала стоп

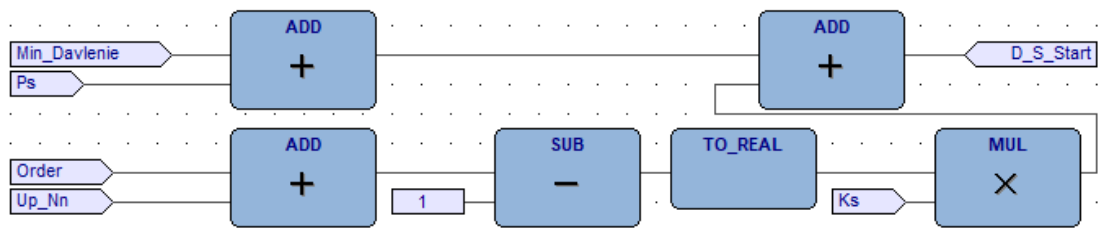


Рисунок 23. Формирование сигнала на включение при достижении минимального давления

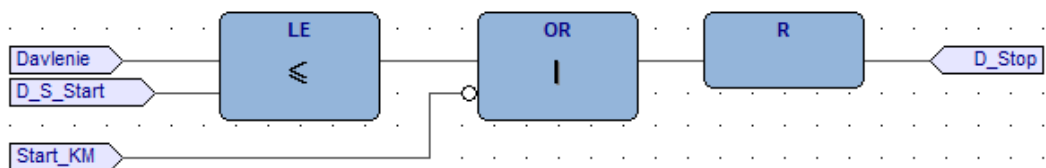


Рисунок 24. Деинсталляция сигнала стоп

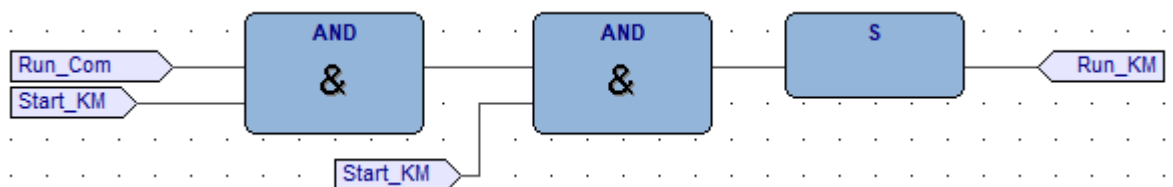


Рисунок 25. Формирование сигнала загрузка

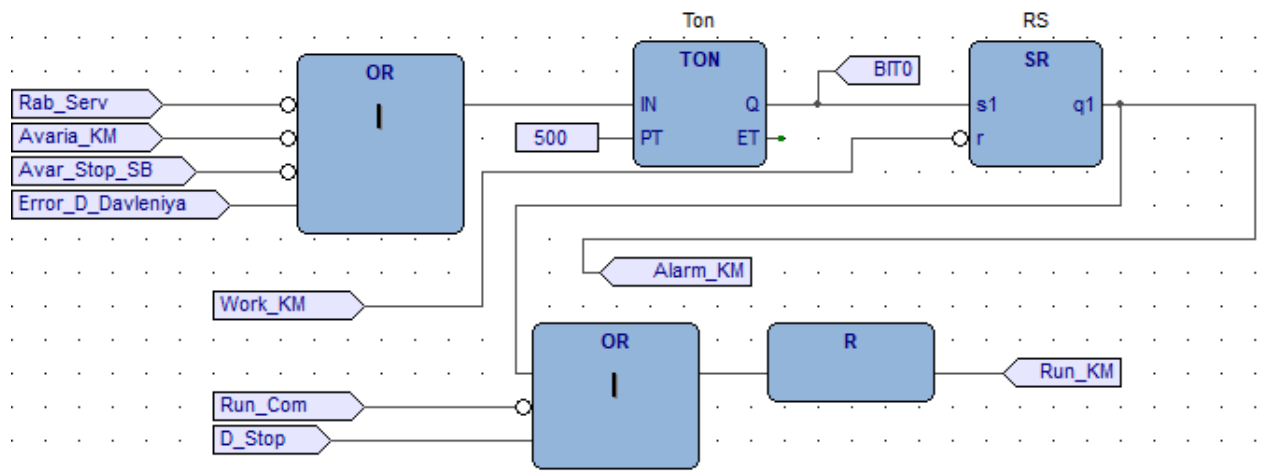


Рисунок 26 Формирование сигнала аварии

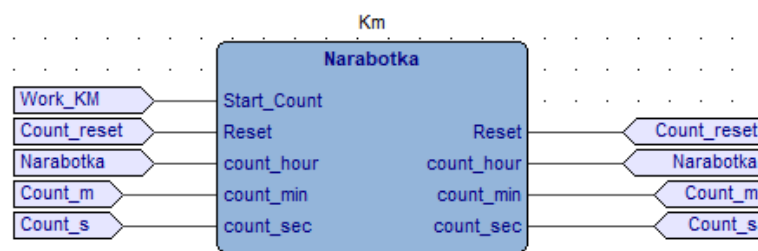


Рисунок 27. ФБ Нарботки КМ

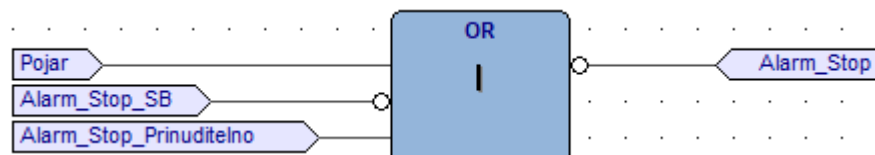


Рисунок 28. Аварийный останов

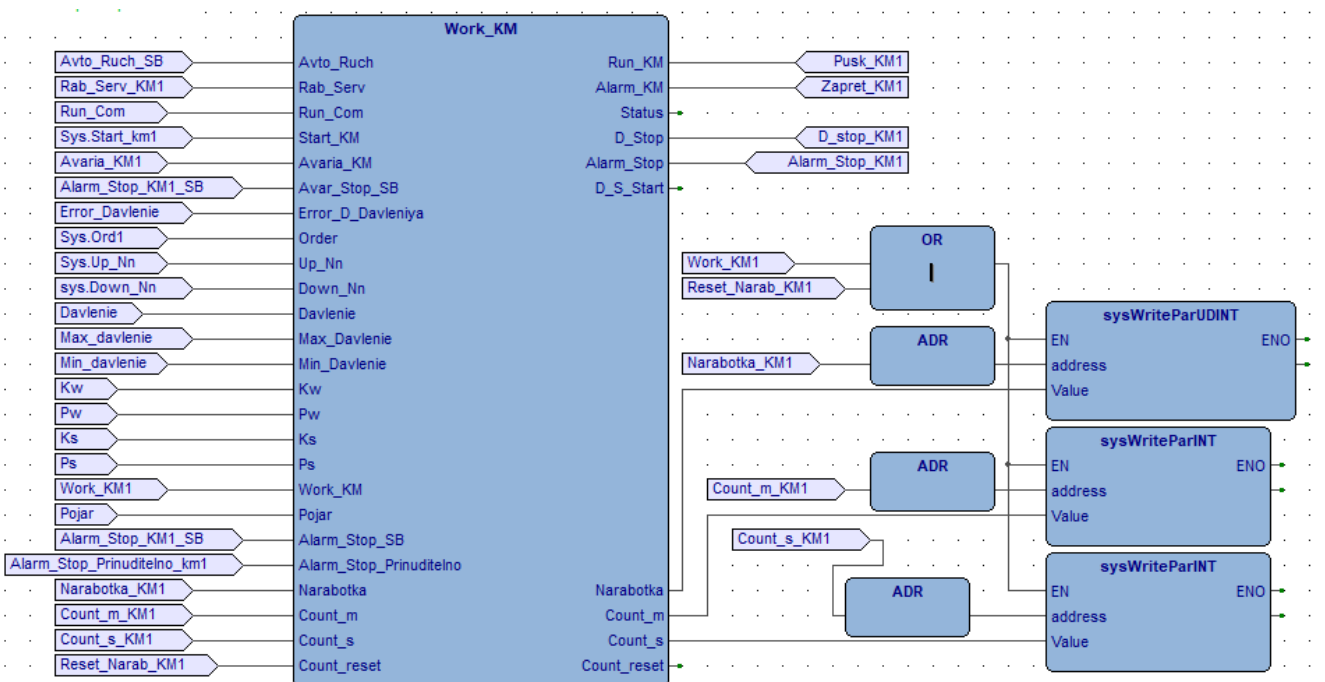


Рисунок 29. ФБ Работы 1 КУ

Таблица 10

№	Название переменной	Значение	Место привязки	Тип переменной
1	Avto Ruch SB (Ручной / Автоматический режим работу КУ)	True/False	EEPROM parameter	BOOL
2	Rab Servis KM1 (Состояние КУ Работа /Сервис)	True/False	Local I/O mapping	BOOL
3	Run Com (Загрузка КУ, Сигнал с КУ)	True/False	Local I/O mapping	BOOL
4	Sys.start KM1 (Автоматический запуск KM1)	True/False	Status Variables	BOOL
5	Avariya KM1 (Сигнал аварии)	True/False	EEPROM parameter	BOOL
6	Alarm Stop KM1 SB (Нажата кнопка аварийной остановки)	True/False	Local I/O mapping	BOOL
7	Error Davlenie (Ошибка ДД)	True/False	Status Variables	BOOL
8	Davlenie (Параметр давления)	-	Field I/O mapping	REAL
9	Max Davlenie (Верхняя тех-ая уставка давления)	-	EEPROM parameter	REAL
10	Min Davlenie (Нижняя тех-ая уставка давления)	-	EEPROM parameter	REAL
11	Work KM1 (сигнал KM1 в работе)	- True/False	Local I/O mapping	BOOL
12	Pozar (сигнал пожар)	True/False	Status Variables	BOOL
13	Alarm stop KM1 SB (Сигнал Аварии от КУ)	True/False	Local I/O mapping	BOOL
14	Alarm Stop prinuditlino KM1	True/False	Field I/O mapping	BOOL

2.5.4 Работа Климат контроля

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-13.04.02.2018.25560. ВКР

Лист

31

КУ имеют замкнутый контур охлаждения циркуляционного масла. При достижении верхней технологической уставки температуры включается принудительная система охлаждения радиаторов КУ. Получаемое тепло при работающих КУ можно применять для обогрева помещения цеха, в холодное время года, при достижении температуры цеха ниже 15°C. После достижения оптимальной температуры цеха, тепловой поток должен выходить на улицу, пока температура цеха снова не опустится ниже 15°C.

Для решения данной задачи необходимо на каждый ряд КУ (в ряду 3 КУ), установить воздуховод с заслонками, имеющие электрические привода.

Наружные заслонки, должны иметь привод с возвратной пружиной, в связи с предотвращением попаданий пыли и атмосферных осадков, при пропаже питания.

Для внутренних заслонок подойдут привода типа SM230ASR производства Belimo. Управление данных приводов осуществляется с помощью входящего сигнала 0-10В=, привода так же имеют возможность реверса.

Для наружных заслонок подойдут привода типа GMA161.1H, производства Siemens. Управление так же осуществляется через аналоговый вход 0-10В=.

В случае нахождения КУ в отключенном состоянии, для обогрева цехового помещения необходимо предусмотреть тепловые пушки, для предотвращения загустевания компрессорного масла.

Для реализации задачи климат контроля воспользуемся стандартным ФБ PIDAdvanced, имеющий следующие входа и выхода:

Таблица 11

	Имя	Тип	описание
I	xEn	BOOL	Включить ввод для алгоритма
I	rPv	REAL	Значение процесса
I	rSetp	REAL	Заданное значение
I	xManualMode	BOOL	Если True ManVal установить анало-

			ГОВЫЙ ВЫХОД
I	xHold	BOOL	Фиксировать значение аналогового выхода
I	rManualValue	REAL	Заданное значение аналогового выхода
I	rHighLimit	REAL	Верхний предел для аналогового выхода
I	rLowLimit	REAL	Нижний предел для аналогового выхода
I	rDeadband	REAL	Зона нечувствительности
I	xAutoTune	BOOL	Автонастройка активна
I	rAutoTuneValue	REAL	Значение автонастройки для аналогового выхода
I	rKp	REAL	Пропорциональное усиление
I	uiTi	UINT	Интегральное время
I	uiTd	UINT	Время вывода, $T_v=1$
I	xReset	BOOL	Аварийный сброс, TRUEa= сброс активный
O	rAnalog	REAL	PID АНАЛОГОВЫЙ ВЫХОД
O	iAnalog	INT	PID Аналоговый выход 0...1000
O	rError	REAL	PID Error OUT
O	uiAlarmID	UINT	Alarm OUT

O	uiAlertID	UINT	Alert OUT
---	-----------	------	-----------

Функциональный блок PIDAdvanced предназначен для мониторинга и управления широким разнообразием зависимых процессов. Он включает функции мертвого диапазона, режим контроля и удержания. Функция PIDAdvanced блок может быть использован в различных приложениях, требующих регулировку и контроль таких параметров как температура, управление давлением и регулирование потока. Этот функциональный блок включает алгоритм PID.

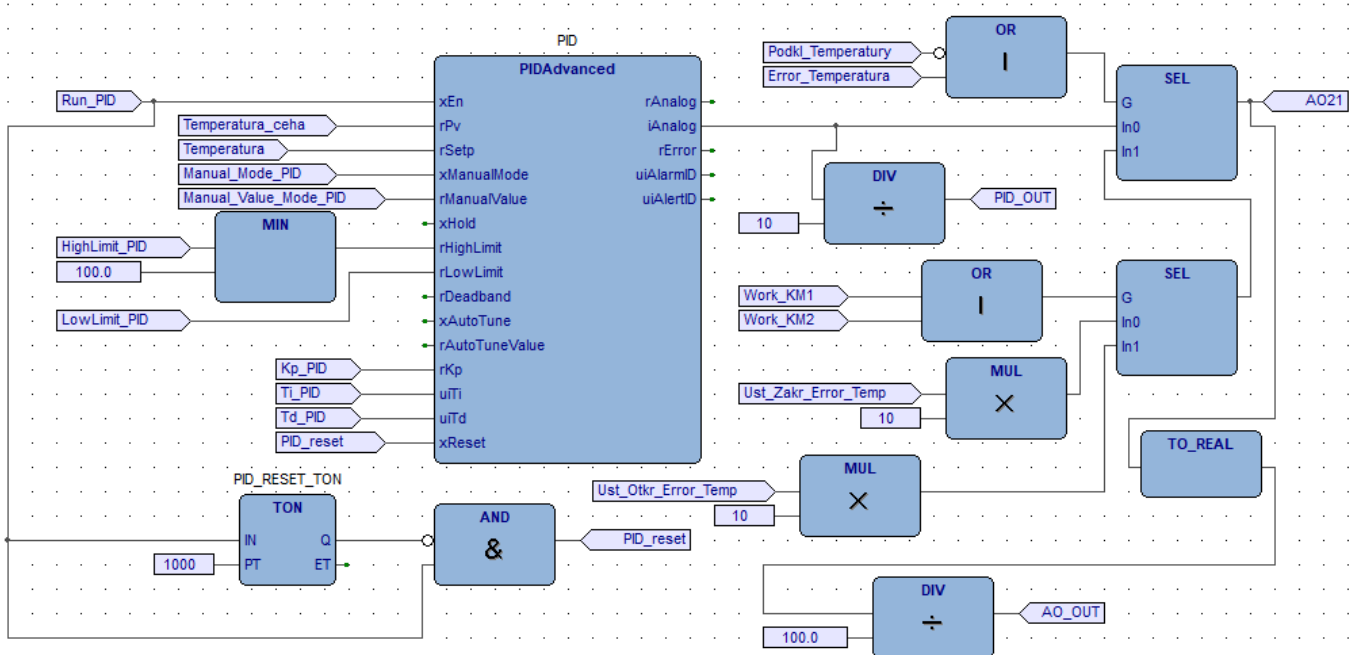


Рисунок 30. Управление заслонками

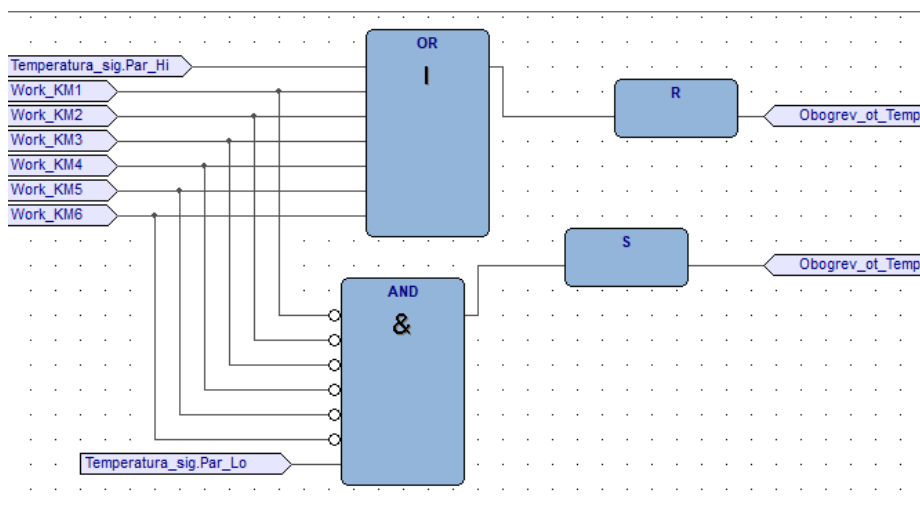


Рисунок 31. Включение обогревателей

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

2.5.5 Команды управления

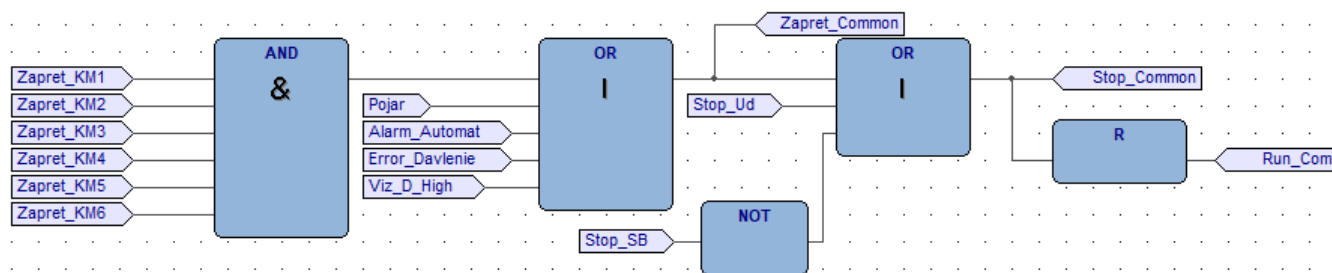


Рисунок 32. Общий стоп

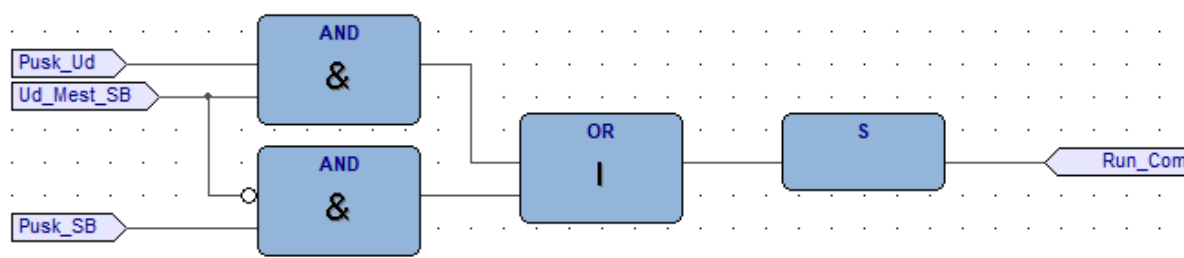


Рисунок 33. Общий старт

2.6 Пожарная сигнализация и пожаротушение

Помещение компрессорной по степени взрыво – пожароопасности в соответствии с ОНТП 24-86 относится к категории А, класс помещения в соответствии с ПУЭ–В–16. Данный класс помещений должен оснащаться системой автоматического обнаружения и локализации очага возгорания.

Согласно [2] система пожаробнаружения и пожаротушения должна обладать следующим:

1. устройством для оповещения людей о пожаре, а также дежурного персонала и (или) подразделения пожарной охраны о месте его возникновения;
2. устройством для задержки подачи газовых и порошковых огнетушащих веществ на время, необходимое для эвакуации людей из помещения пожара;
3. устройством для ручного пуска установки пожаротушения, за исключением установок пожаротушения, оборудованных оросителями (распылителями), оснащенными замками, срабатывающими от воздействия опасных факторов пожара.(в ред. Федерального закона от 10.07.2012 N 117-ФЗ)
4. устройством для контроля работоспособности установки;

Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации в зависимости от разработанного при их проектировании алгоритма должны обеспечивать автоматическое обнаружение пожара, подачу управляющих сигналов на технические средства оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, приборы управления установками пожаротушения, технические средства управления системой противодымной защиты, инженерным и технологическим оборудованием. (в ред. Федерального закона от 10.07.2012 N 117-ФЗ)

Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации должны обеспечивать автоматическое информирование дежурного персонала о возникновении неисправности линий связи между отдельными техническими средствами, входящими в состав установок.(часть 5 в ред. Федерального закона от 10.07.2012 N 117-ФЗ)

Для реализации вышеуказанных функций выберем в эксплуатацию оборудование производства НВП Вolid. Необходимо следующее оборудование:

- 1) Пульт контроля и управления охранно-пожарный С200М.

Предназначен для работы в составе адресной системы охранно-пожарной сигнализации и управления противопожарным оборудованием. Совместно с приборами ИСО "Орион" он может выполнять функции блочно-модульного прибора приемно-контрольного охранного и пожарного, прибора управления световым, звуковым и речевым оповещением, газовым, порошковым аэрозольным и водяным пожаротушением, противодымной защиты, инженерными системами. Информационное взаимодействие блоков осуществляется по проводной линии связи RS-485

- 2) Блок приемно-контрольный пожарно-охранный Сигнал-10.

Блок приёмно-контрольный охранно-пожарный "Сигнал-10" предназначен для совместного использования с сетевым контроллером (пультом контроля и управления "С2000М" либо компьютером с установленным ПО АРМ "Орион") в качестве совмещённого приёмно-контрольного прибора и прибора управления в составе комплексов технических средств:

- охранной и тревожной сигнализации;
- пожарной сигнализации и автоматики.

В автономном режиме блок представляет собой приемно-контрольный охранный прибор.

3) Контрольно-пусковой бок С-200 КПБ. В кол-ве 2 шт

Предназначен для работы в составе централизованных систем охранно-пожарной сигнализации, управления пожаротушением, контроля доступа и видеоконтроля для управления исполнительными устройствами и контроля цепей управления.

- 4) Датчик пожарный дымовой двухпороговый ИП-212.141М;
- 5) Считыватель Touch-Memory;
- 6) Ручной извещатель пожарный РИП-51М;
- 7) Модуль порошкового пожаротушения Буран-8;
- 8) Датчик движения LC100-PI;
- 9) Световое табло ПОРОШОК! УХОДИ! 12В=;
- 10) Световое табло АВТОМАТИКА ОТКЛЮЧЕНА! 12В=;
- 11) Свето-звуковой оповещатель МАЯК-12КП;
- 12) Извещатель магнитоконтактные для установки на металлические конструкции-Геркон ИО 102-26 исп.00.

Оборудование имеет возможность создать систему охранной сигнализации для предотвращения попадания посторонних лиц, без особых дополнительных вложений. Для создания логики работы оборудования производства Volid необходимы, ПО Uprog и Pprog.

Блок приемно-контрольный пожарно-охранный Сигнал-10 является основным блоком, контролирующим состояния охранных и пожарных шлейфов (ШС). Для создания логики работы данного прибора используется программа Uprog.

После открытия программы, выбора прибора с указанием версии открывается следующее окно:

Контроль двух вводов питания <input type="checkbox"/>	"EN54" <input type="checkbox"/>		Звуковая сигнализация <input type="checkbox"/>							
	Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Вход 5	Вход 6	Вход 7	Вход 8	Вход 9	Вход 10
Тип входа	6	4	16	1	4	1	1	1	1	1
Номер зоны	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Задержка перехода в тревогу, с	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Задержка взятия, с	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Задержка анализа входа после сброса, с	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Задержка управления реле 1, с	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Задержка управления реле 2, с	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Задержка управления реле 3, с	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Задержка управления реле 4, с	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Без права снятия с охраны										
Автоперезвятие из невзятия	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Автоперезвятие из тревоги										
Контроль отключенного входа										
Блокировка перезапроса пож. входа										
Интегрирование 300 мс										
Блокировка 10% отклонений охр. входа	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Управление реле 1 (ПЦН1)			+	+						
Управление реле 2 (ПЦН2)										
Управление реле 3 (Сирена)	+	+	+	+	+					
Управление реле 4 (Лампа)	+	+	+	+	+					

Рисунок 34. Выбор конфигурации прибора Сигнал-10

В данном окне выбираются тип ШС к которому подключается оборудование диагностики, задержки времени и право управления реле, установленных на Сигнал 10.

Таблица 12

Тип входа	Состояния ШС				
Тип 1 – Пожарный дымовой двухпороговый	Короткое замыкание	Пожар (срабатывание двух и более дымовых извещателей)	Внимание (срабатывание одного дымового извещателя)	Норма	Обрыв
	менее 100 Ом	от 150 Ом до 1,56* кОм	от 1,1* до 1,8 кОм	от 2,2 до 5,4 кОм	более 6,6 кОм
Тип 4 – Охранный	Норма		Тревога проникновения		
	от 2,2 до 10 кОм		менее 1,8 кОм, более 12 кОм или резко изменилось более чем на 10 %		
Тип 6 – Технологический	Норма технологического ШС		Нарушение технологического ШС		
	от 2,2 до 5,4 кОм		менее 1,8 кОм или более 6,6 кОм		
Тип 16 – Пожарный ручной	Короткое замыкание	Пожар 2	Норма	Пожар 2	Обрыв
	менее 100 Ом	от 150 Ом до 1,8 кОм	от 2,2 до 5,4 кОм*	от 6,6 до 14,4 кОм	более 16 кОм

Реле 1

Номер программы управления 11 - АСПТ

Время управления реле 8191,875

События о включении/выключении

Реле 2

Номер программы управления 0 - Не управлять

Время управления реле 0,000

События о включении/выключении реле 2

Реле 3

Номер программы управления 1 - Включить (замкнуть)

Время управления реле 8191,875

Тип КЦ Контроль на обрыв и КЗ

События о включении/выключении реле 3

Реле 4

Номер программы управления 1 - Включить (замкнуть)

Время управления реле 8191,875

Тип КЦ Контроль на обрыв и КЗ

События о включении/выключении реле 4

Рисунок 35. Управление реле Сигнал-10

Таблица 13

№	Наименование	Описание	Состояние
11	АСПТ	Включить на заданное время, если два или более ШС, связанных с выходом, перешли в состояние "Пожар 1" или есть ШС в состоянии "Пожар 2" и нет нарушенных технологических ШС. Нарушенный технологический ШС блокирует включение. Если технологический ШС был нарушен во время задержки управления выходом, то при его восстановлении выход будет включен на заданное время (нарушение технологического ШС приостанавливает отсчет задержки включения)	Выключено
1	"Включить"	Если "Тревога проникновения" или "Пожар 1" ("Пожар 2") – включить	Выключено

Для удобства снятия/взятия ШС на охрану и надежности, произведем установку и привязку ключей TOUCH MEMORY.

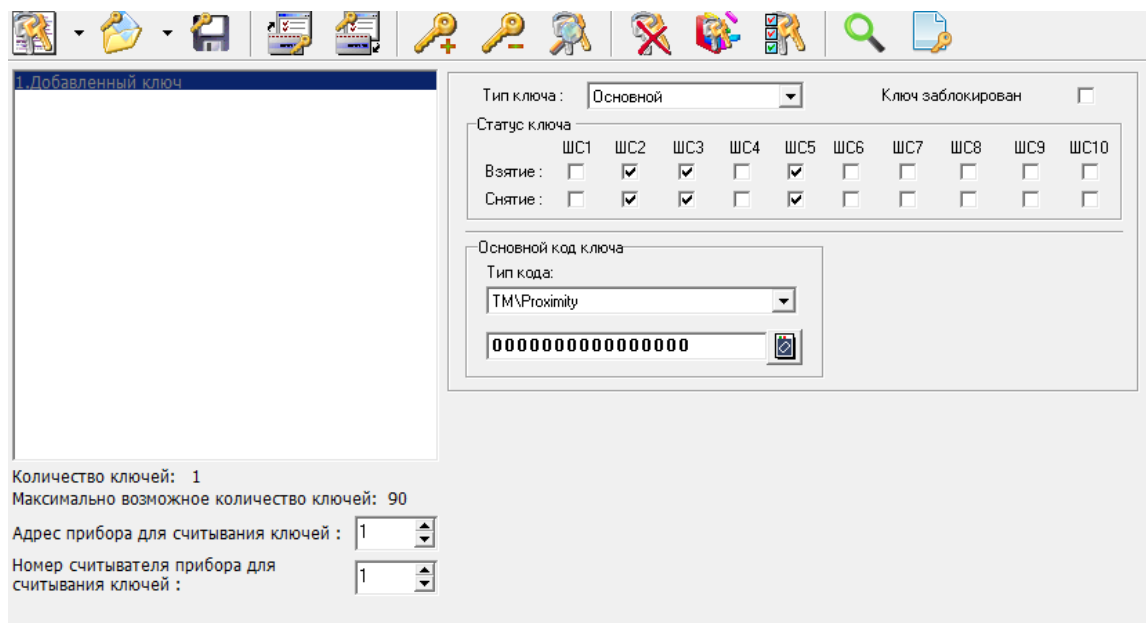


Рисунок 36. Привязка ключей

Для связи блоков между собой необходимо создать конфигурацию прибора контроля и управления С2000М в ПО PPROG. Первоначально прописываем адрес каждого прибора через С2000М для корректной работы системы. После в программе выбираем оборудование работающее в системе с учетом версии приборов.

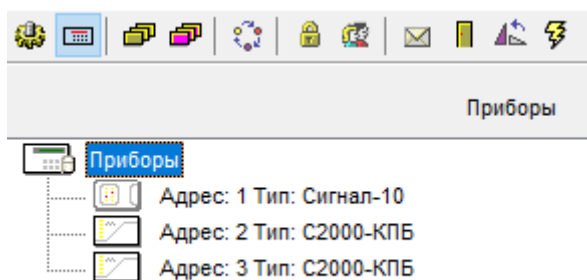


Рисунок 37. Оборудование системы

После в меню управления выбираем вкладку «Разделы» и создаем два раздела пожарный и охранный. Пожарный раздел включает себя ШС дымовых датчиков, ШС ручного извещателя и технологический ШС (гиркон). Охранный раздел включает в себя ШС датчика движения и охранный ШС (гиркон).

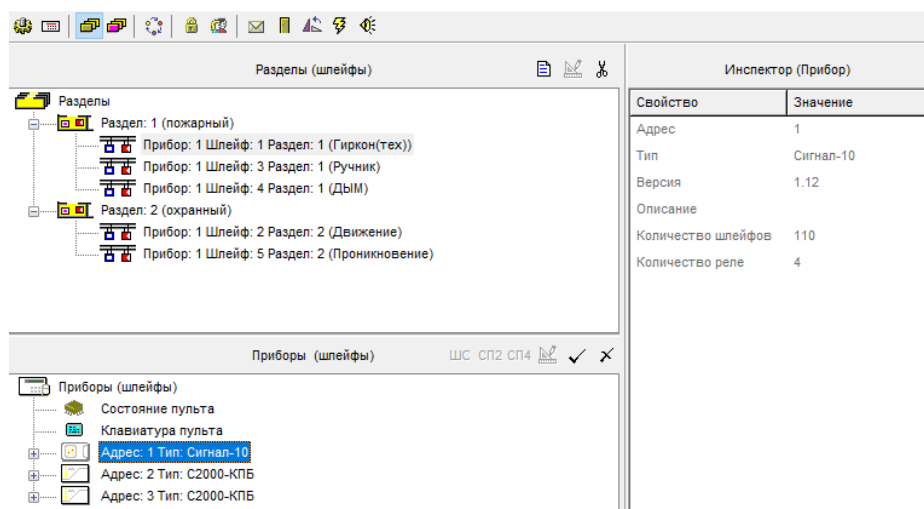


Рисунок 38. Привязка ШС к разделам

Затем во вкладке «реле» привязываем разделы к интересующим релейным выходам и компилируем программу управления реле.

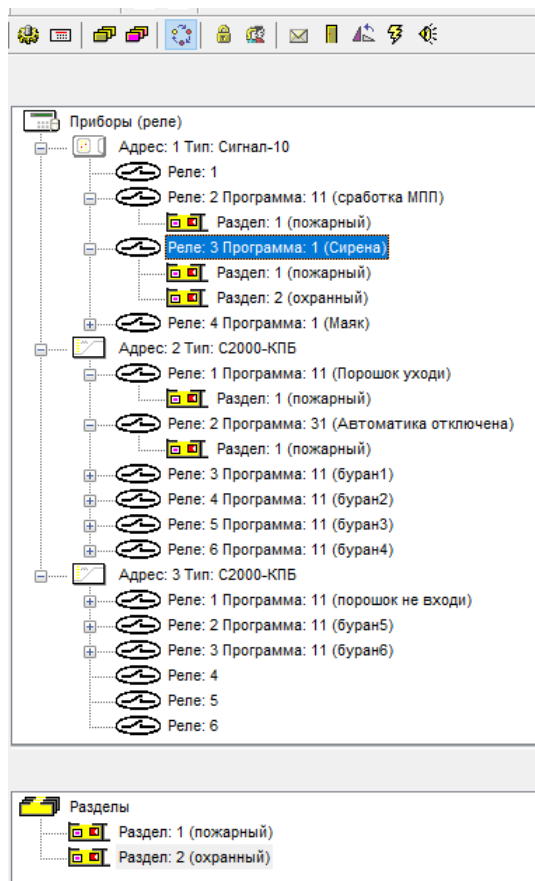


Рисунок 39. Привязка разделов к релейным выходам

Для компиляции прошивки необходимо перезагрузить оборудование.

3 КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНЫХ МОЩНОСТЕЙ

Работа машин и аппаратов переменного тока, основанная на принципе электромагнитной индукции, сопровождается процессом непрерывного изменения магнитного потока в их магнитопроводах и полях рассеяния. Поэтому подводимый к ним поток мощности должен содержать не только активную составляющую P , но и реактивную составляющую индуктивного характера Q_L , необходимую для создания магнитных полей без которых процессы преобразования тока и напряжения невозможны.

3.1 Причины целесообразности выполнения компенсации реактивной мощности на предприятиях

Загрузка системы электроснабжения определяется полной мощностью,

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3.1)$$

активная составляющая, которой является полезно потребленной и обратно к источнику питания не возвращается. Реактивная составляющая необходима для создания магнитных и электрических полей в элементах электрической сети. Практически она не потребляется, а перетекает от источника питания (генератора) к электроприемнику и обратно.

Передача значительного количества реактивной мощности по линиям и через трансформаторы сети не выгодна по следующим причинам.

1) Возникают дополнительные потери активной мощности во всех элементах системы электроснабжения цеха, обусловленные загрузкой их реактивной мощностью.

При передаче потребителям активной и реактивной мощности в сетях системы электроснабжения появляются потери активной мощности

$$\Delta P = 3I^2R = 3\left(\frac{S}{U\sqrt{3}}\right)^2R = \frac{S^2}{U^2}R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}R = \frac{P^2R}{U^2} + \frac{Q^2R}{U^2} \quad (3.2)$$

В вышеуказанной формуле основную часть несут потери активной мощности за счет передачи по электрической цепи активной мощности, а второстепенную часть потери активной мощности за счет передачи по этой же цепи реактивной мощности.

2) Возникают дополнительные потери реактивной мощности. Передача реактивной мощности потребителю сопровождается ее дополнительными потерями ΔQ :

$$\text{- в линии } \Delta Q = 3I^2x_0l,$$

где I – ток нагрузки;

x_0 – погонное индуктивное сопротивление линии, Ом/км; l – длина линий;

3) Возникают дополнительные потери напряжения.

Проблема наиболее актуальна в протяженных сетях, выполненных проводниками малого сечения. При передаче мощностей P и Q через элемент сети с активным R и реактивным X сопротивлением потери напряжения составят:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} R = \frac{PR}{U} + \frac{QR}{U} = \Delta U_P + \Delta U_Q \quad (3.3)$$

где ΔU_P - потери напряжения, обусловленные передачей активной мощности;

ΔU_Q - потери напряжения, обусловленные передачей реактивной мощности.

Выражение (3.3) показывает, что потери напряжения в линии зависят не только от значения передаваемой активной, но и реактивной мощности и реактивного сопротивления линии.

Дополнительные потери напряжения ΔU_Q увеличивают размах отклонения напряжения на зажимах электроприемников от номинального значения при изменениях нагрузок и режимов электрической сети. Характер нагрузки и величина передаваемой реактивной мощности сказываются также и на потере напряжения в трансформаторах.

Изменение напряжения относительно номинального оказывает неблагоприятное влияние на режимы работы, производительность и технико-экономические показатели всех элементов системы электроснабжения. В соответствии с [3] в се-

тях систем электроснабжения общего назначения нормальные предельно допустимые значения установившегося снижения напряжения на выводах электроприемников не должны превышать соответственно 5 и 10% от номинального напряжения сети по ГОСТ721-77 и ГОСТ21128-83 (номинальное напряжение).

4) Загрузка реактивной мощностью линий электропередач и трансформаторов уменьшает пропускную способность сетей электроснабжения, что в ряде случаев не позволяет использовать полную установленную мощность электрооборудования.

Коэффициент мощности асинхронных двигателей предприятий близок к 0,75. Если на предприятии эксплуатируются только асинхронные двигатели без компенсаторов, то и общий $\cos\varphi$ так же близок к 0,75. Предположим, что потребитель предприятия с $\cos\varphi=0,75$, питается от трансформаторной подстанции, где полная номинальная мощность трансформатора 1000кВА.

Тогда максимальная активная мощность, которую может получить потребитель при условии, что он один нагружает все производство, следовательно активная мощность будет равна 750 кВт. Для получения большей активной мощности придется задействовать всю подстанцию. В тоже время компенсация реактивной мощности с увеличением $\cos\varphi$ до 0,95 обеспечила бы 950кВт активной мощности, то есть дополнительно 200кВт при тех же параметрах трансформатора.

5) Загрузка реактивной мощностью питающих трансформаторов снижает их коэффициент полезного действия.

б) Недоиспользование полезной мощности генераторов электростанций и увеличения удельного расхода топлива.

Если реактивная мощность превысит номинальное значение, определяемое по номинальному коэффициенту мощности генератора, то активная нагрузка должна быть снижена. Полный ток нагрузки по условиям нагрева обмоток не должен превышать номинального тока генератора. При коэффициенте мощности ниже номинального в результате увеличения сдвига фаз в сети из-за усиления продольного поля реакции якоря, действующего против основного поля, произойдет снижения напряжения на клеммах статора. Это потребует более сильного воз-

буждения. Повышенное возбуждения при сниженном коэффициенте мощности приведет к снижению КПД и повышению мощности первичных двигателей.

3.2 Расчет реактивной мощности потребляемой асинхронными двигателями КУ

Реактивную мощность, потребляемую трехфазным асинхронным двигателем, можно определить с помощью его схемы замещения (Рис 40)

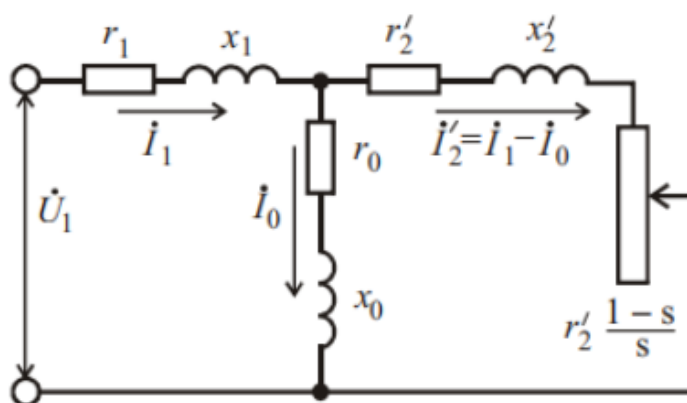


Рисунок 40

где U_1 - напряжение сети;

I_1 - ток статора; I_2' - приведенный ток ротора;

I_0 –ток намагничивания;

r_1 x_1 и r_2' x_2' – соответственно активные и реактивные сопротивления обмоток статора и ротора (приведенные);

$r_2'(1-s)/s$ - эквивалентное сопротивление нагрузки (s – скольжения двигателя);

r_0 , x_0 - параметры ветви намагничивания.

$$Q_{\text{Ад}} = 3I_1^2 x_1 + 3I_0^2 x_0 + 3(I_2')^2 x_2' \approx 3I_0^2 (x_1 + x_0) + 3(I_2')^2 (x_1 + x_2') = Q_0 + Q_P$$

где I_0 -ток холостого хода, который можно считать чисто индуктивным ($\cos\varphi=0$); Q_0 и Q_P - реактивная мощность холостого хода и короткого замыкания(рассеяния); значение Q_P зависит от приведенного тока нагрузки двигателя; нагрузочный ток I_2' можно считать чисто активным, так как $r_2'/s \gg x_2'$.

Реактивная мощность асинхронного двигателя изменится в пределах от мощности холостого хода Q_0 , которая от нагрузки не зависит, до мощности потребля-

емой при номинальной нагрузке $Q_{НОМ}$, как указано на рисунке 41. Причем увеличение $Q_{АД}$ при росте нагрузки обусловлено потоками рассеяния, зависящими от тока нагрузки. Из рабочих характеристик наибольшую скорость изменения имеет $\cos\phi$, и на холостом ходу он принимает наименьшее значение

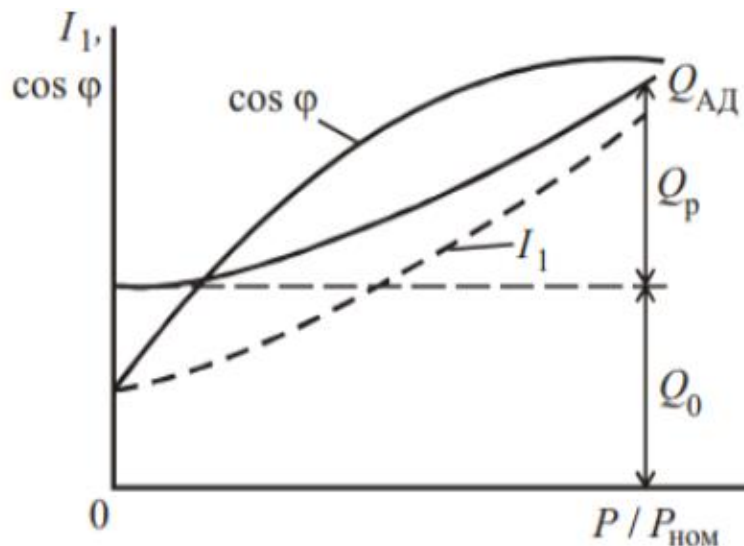


Рисунок 41

При номинальном напряжении потребляемая асинхронным двигателем реактивная мощность может быть выражена:

$$Q_{АД} = Q_0 + 2\beta Q_p \quad (3.5)$$

где Q_0 – реактивная мощность холостого хода двигателя; Q_p – реактивная мощность рассеяния при номинальной нагрузке ($\beta = 1$); β – коэффициент загрузки асинхронного двигателя: $\beta = P / P_{НОМ}$. Номинальная реактивная мощность асинхронного двигателя может

быть определена по его паспортным данным:

$$Q_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{\eta_{НОМ}} \operatorname{tg}\phi_{НОМ} \quad (3.5)$$

$$Q_{НОМ} = \frac{75}{0,92} 0,48 = 39,13 \text{кВАр}$$

где $\eta_{НОМ}$ – номинальный КПД двигателя;

$\operatorname{tg}\phi_{НОМ}$ – соответствует

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$\cos\phi_{\text{ном}}$, указанному на щитке;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная активная мощность двигателя, развиваемая на валу при номинальном напряжении.

По аналогии с формулой 3.5 вычисляется реактивная мощность двигателя в момент холостого хода:

$$Q_0 = \sqrt{3}I_{XX}U_{\text{НОМ}} = \sqrt{3}I_{\text{НОМ}}U_{\text{НОМ}}\cos\varphi \frac{I_{XX}}{I_{\text{НОМ}}\cos\varphi} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}} \frac{I_{XX}}{I_{\text{НОМ}}\cos\varphi} \quad (3.5)$$
$$Q_0 = \frac{75}{0,92} \frac{49}{137 * 0,9} = 32,4 \text{кВАр}$$

Согласно снятым показаниям ток холостого хода асинхронного двигателя при расцепленной муфте равен: $I_{XX}=49\text{А}$. Погрешность в определении Q_0 по (3.4) составляет 1–3%. Реактивная мощность потоков рассеяния двигателя, зависящая от нагрузки, определяется из выражения:

$$Q_p = (Q_{\text{НОМ}} - Q_0)\beta^2 = \beta^2 \frac{P_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}} \left(\text{tg}\varphi_{\text{НОМ}} - \frac{I_{XX}}{I_{\text{НОМ}}\cos\varphi} \right) \quad (3.6)$$

Подставляя найденные значения Q_0 и Q_p в(3.2), получим выражение полной реактивной мощности асинхронного двигателя для любого режима работы:

$$Q_{\text{Ад}} = \frac{P \text{tg}\varphi}{\eta} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}} \left[\frac{I_{XX}}{I_{\text{НОМ}}\cos\varphi} + \beta^2 \left(\text{tg}\varphi_{\text{НОМ}} - \frac{I_{XX}}{I_{\text{НОМ}}\cos\varphi} \right) \right] \quad (3.7)$$

Необходимо определить коэффициент загрузки, то есть отношение крайних пределов мощности во время работы двигателя. Нижний предел будет равен затрачиваемой мощности в момент разгрузки КУ, когда впускной клапан закрыт, в этот момент ток составляет 73А, следовательно, двигатель не догружен.

При отклонении нагрузки от номинального значения будет изменяться ток ротора, скольжение, ток статора, а соответственно и коэффициент мощности. Уменьшение роторного тока при изменении нагрузки происходит пропорционально снижению нагрузки. На величину статорного тока при недогрузках будет основное влияние оказывать величина тока холостого хода двигателя. На рис. 42

приведены кривые тока статора асинхронного двигателя в зависимости от нагрузки для различных значений тока холостого хода. Чем больше недогрузка двигателя до номинального значения, тем в большей степени сказывается величина I_{xx} на потребляемый из сети ток. Следовательно, при недогрузке двигателя величина тока холостого хода изменится незначительно, а нагрузочная составляющая статорного тока резко уменьшится, что приведет к снижению коэффициента мощности. Незначительное уменьшение реактивной мощности происходит за счет более резкого снижения реактивной мощности рассеяния, которая изменяется примерно пропорционально квадрату коэффициента загрузки двигателя при постоянном напряжении и частоте.

Опираясь на график, мы видим, что для асинхронного двигателя, установленного в КУ, у которого отношение $I_{xx}/I_{ном} = 49/137 \approx 40\%$ и $I/I_{ном} \approx 0,5$, Коэффициент загрузки двигателя равен 0,4.

$$Q_{ад} = \frac{75}{0,92} \left[\frac{49}{137 * 0,9} + 0,4^2 \left(0,42 - \frac{49}{137 * 0,9} \right) \right] = 32,66 \text{кВАр} \quad (3.7)$$

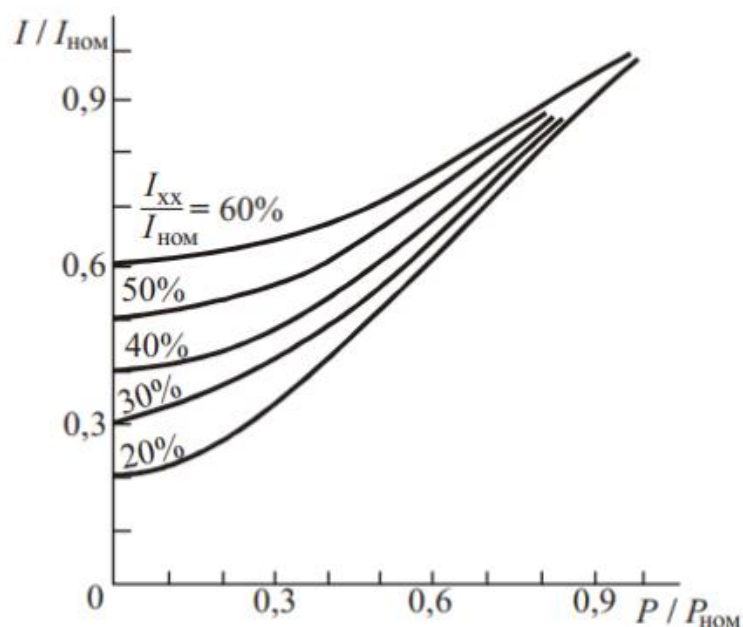


Рисунок 42

Если сравнивать получившееся значение с холостым ходом, то можно увидеть, что разница в 266 Вар не значительна и в дальнейших расчетах можно учитывать значение мощности в момент холостого хода.

В итоге получаем, что реактивная мощность асинхронного двигателя новой КУ может изменяться в пределах от 32,4 до 39,1 кВар.

3.3 Расчет поперечной емкостной компенсации реактивной мощности

Основное назначение поперечной компенсации – повышение коэффициента мощности. Размещение конденсаторов в основном принято выполнять по принципу наибольшего снижения потерь мощности в электрических сетях. Немаловажное значение при этом имеет повышение уровня напряжения, сопровождающее установку конденсаторов. В ряде случаев размещение конденсаторов может быть подчинено именно этому условию.

Для расчетов и анализа поперечной компенсации как источника реактивной мощности рассмотрим цепь переменного тока с параллельным включением приемников электроэнергии и батареи конденсаторов (Рисунок 43)

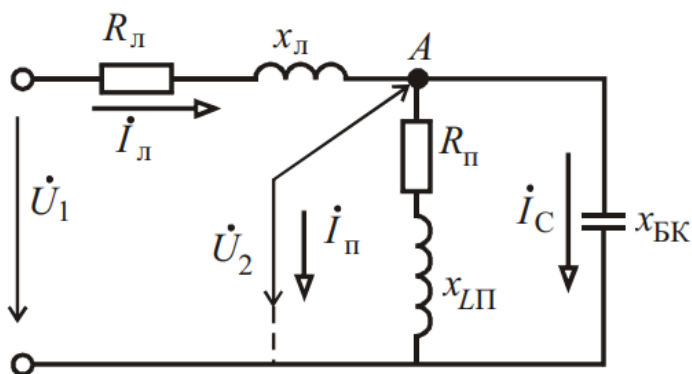


Рисунок 43

Для узла А схемы замещения ток в линии I_L определяется по первому закону Кирхгофа:

$$I_L = I_P + I_C \quad (3.8)$$

Построение векторной диаграммы и сложение векторов тока по выражению (3.8) показаны на рисунке 44. Векторная диаграмма построена для линии с нагрузкой в конце при наличии поперечной компенсации x_{BK} (активным сопротивлением батареи можно пренебречь). Из-за включения емкости параллельно

нагрузке угол ϕ_1 уменьшился до ϕ_2 , ток нагрузки приемника – от I_1 до I_2 , то есть произошла разгрузка линии по току на величину $\Delta I = I_1 - I_2$. На эту же величину тока разгрузились и генераторы энергосистемы благодаря генерации конденсаторной батареей мощности QBK в месте установки электроприемников.

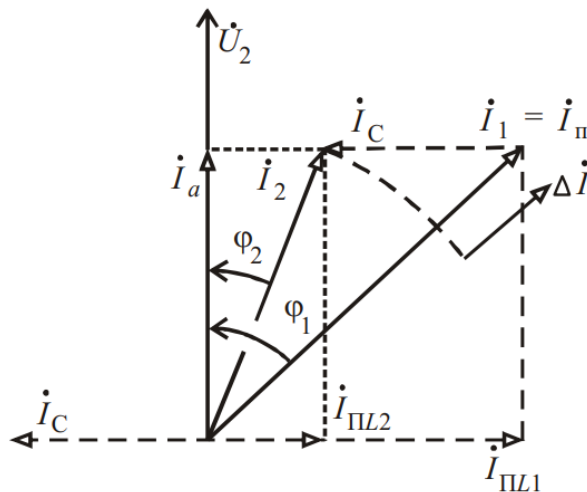


Рисунок 44

На эту же величину тока разгрузились и генераторы энергосистемы благодаря генерации конденсаторной батареей мощности QBK в месте установки электроприемников.

Из диаграммы видно, что если мощность БК слишком велика, ток $I_{БК}$ будет больше индуктивной нагрузки потребителя $I_C > I_{nL}$. Тогда угол $\phi_2 < 0$ и коэффициент мощности перейдет через значение $\cos\phi = 1$ в емкостный квадрант. Получается

перекомпенсация: емкостный ток пойдет от потребителя к источнику, ток в линии I_l будет увеличиваться по мере роста емкости. Отсюда следует, что повышение емкости C и зависимых величин тока линии I_l и ϕ_2 целесообразно лишь в определенных пределах, не выходящих за значение $\phi_2 \geq 0$ и $\cos\phi \leq +1$.

Из векторной диаграммы можно определить емкость C и реактивную мощность QBK конденсатора, необходимую для повышения коэффициента мощности $\cos\phi_1$ до значения $\cos\phi_2$, превышающего естественное значение $\cos\phi_n$ потребителя до включения поперечной компенсации. Из диаграммы находим:

$$I_C = I_{\text{нЛ1}} - I_{\text{нЛ2}} = I_a \operatorname{tg} \varphi_1 - I_a \operatorname{tg} \varphi_2 = I_a (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) \quad (3.9)$$

Учитывая, что $I_C = U/X_{\text{БК}} = U\omega C$ и $I_a = P/U$, получаем

$$U\omega C = \frac{P}{U} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) \quad (3.10)$$

Следовательно,

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2); \quad (3.11)$$

$$Q_{\text{БК}} = U^2 \omega C = P (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2);$$

Подставляем значения:

$$C = \frac{81500}{2 * \pi * 50 * 380^2} (0,48 - 0,14) = 611,14 \text{ мкФ}$$

$$Q_{\text{БК}} = 81500(0,48 - 0,14) = 27,71 \text{ кВАр};$$

3.4 Выбор и установка оборудования

Согласно [1] п. 5.6.7 Конденсаторные установки могут присоединяться к сети через отдельный аппарат, предназначенный для включения и отключения только конденсаторов, или через общий аппарат с силовым трансформатором, асинхронным электродвигателем или другим электроприемником. Эти схемы могут применяться при любом напряжении конденсаторной установки.

Исходя из условий работы КУ данный пункт не может быть выполнен, по причине пуска асинхронного двигателя с использованием поочередным переключением пускателей, т.е. последовательное переключение схемы подключения двигателя, следовательно, подключать конденсаторную батарею необходимо после вышеуказанных коммутаций, а именно когда главный двигатель подключен по схеме треугольник. Для выполнения вышеуказанного необходимо подключить конденсаторную батарею (КБ), через пускатель питание которого осуществляется через 6-ую пару свободных концов, указанную в таблице 3, пункта 2.1 настоящей

пояснительной записки и реле времени с задержкой отключения, для возможности разряда КБ через обмотки ГД, согласно [1] п. 5.6.13. В качестве разрядных устройств могут применяться устройства с активным индуктивным сопротивлением — для конденсаторных установок до 1 кВ.

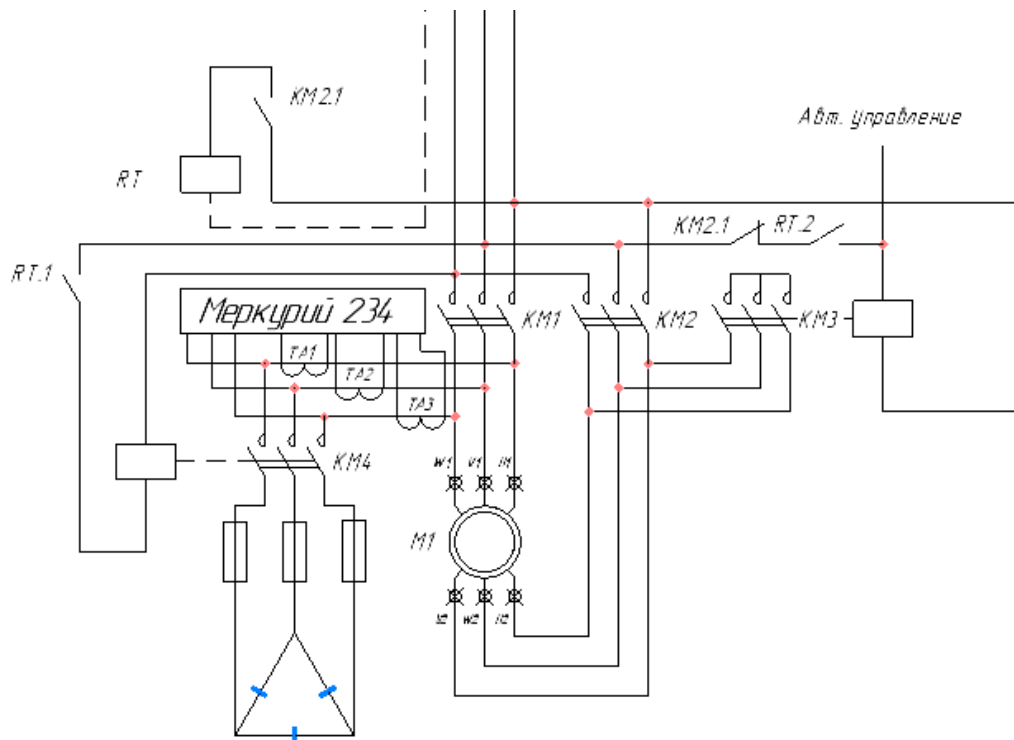


Рисунок 45. Подключение КБ к КУ

Для данной установки выбираем:

1. конденсаторы косинусный типа КБ КПС-0,38-24-3У3, производства Серпуховского конденсаторного завода КВАР. Генерируемая мощность которых составляет в 27 кВАр;
2. Реле времени с задержкой отключения Feron ТМ41. Время задержки отключения 3 мин согласно [1] п. 5.6.13. отключение установки следует производить с выдержкой времени 3–5 мин;
3. Пускатели и предохранители выбираем исходя из значения проходящего тока I_C :

$$I_C = U\omega C = 2 * \pi * 50 * 380 * 611,14 * 10^{-6} = 73 \text{ А} \quad (3.9)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Следовательно, коммутационное оборудование и элемент защиты выбираем на рабочий ток до 80 А;

4. Для учета генерируемой мощности установим трехфазный счетчик электроэнергии Меркурий 234. Многофункциональный счётчик электроэнергии Меркурий 234 предназначен для одно- или двуправленного учета активной реактивной электрической энергии мощности в трехфазных 3-х или 4-х проводных сетях переменного тока через измерительные трансформаторы или непосредственно с возможностью тарифного учёта по зонам суток, долговременного хранения и передачи накопленной информации по цифровым интерфейсным проводным или беспроводным каналам связи в центры сбора информации.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Вход/Выход	Наименование	Значение	Обозначение
	Контроллер (A1)		
DI1	переключатель работа/сервис км1	0-сервис, 1-работа	S1
DI2	переключатель работа/сервис км2	0-сервис, 1-работа	S2
DI3	авария км1 (с контроллера компрессора)	0-авария, 1-норма	
DI4	кнопка аварийный останов км1	0-авария, 1-норма	SB1
DI5	режим ручной/ автоматический	0-автомат/1-ручной	S10
DI6	авария км2 (с контроллера компрессора)	0-авария, 1-норма	
DI7	кнопка аварийный останов км2	0-останов, 1-нет	SB2
	Модуль расширения 1 (A2)		
DI1	переключатель работа/сервис км3	0-сервис, 1-работа	S3
DI2	переключатель работа/сервис км4	0-сервис, 1-работа	S4
DI3	авария км3 (с контроллера компрессора)	0-авария, 1-норма	
DI4	авария км4 (с контроллера компрессора)	0-авария, 1-норма	
DI5	кнопка аварийный останов км3	0-авария, 1-норма	SB3
DI6	кнопка аварийный останов км4	0-авария, 1-норма	SB4
	Модуль расширения 2 (A3)		
DI1	переключатель работа/сервис км5	0-сервис, 1-работа	S5
DI2	переключатель работа/сервис км6	0-сервис, 1-работа	S6
DI3	авария км5 (с контроллера компрессора)	0-авария, 1-норма	
DI4	авария км6(с контроллера компрессора)	0-авария, 1-норма	
DI5	кнопка аварийный останов км5	0-авария, 1-норма	SB5
DI6	кнопка аварийный останов км6	0-авария, 1-норма	SB6

	Модуль расширения 3 (A4)		
DI1	сигнал Пуск	1-Пуск	SP3
DI2	сигнал Стоп	0-Стоп	SP4
DI3	авария ГРЩ	1-авария, 0-норма	
DI4	Пожар	1-авария, 0-норма	
DI5	Сигнал АО1 запущен	0-останов, 1-работа	
DI6	Сигнал АО2 запущен	0-останов, 1-работа	
выход			
	Контроллер (A1)		
DO1	Аварийный останов KM1	1-нет, 0-останов	KL11
DO2	Аварийный останов KM2	1-нет, 0-останов	KL22
DO3	Удаленный пуск/стоп KM1	0-стоп, 1-старт	
DO4	лампа авария	0-норма, 1-авария	HL1
DO5	лампа авария км1	0-норма, 1-авария	HL2
DO6	лампа авария км2	0-норма, 1-авария	HL3
DO7	Удаленный пуск/стоп KM2	0-стоп, 1-старт	
	Модуль расширения 1 (A2)		
DO1	Аварийный останов KM3	1-нет, 0-останов	KL33
DO2	Аварийный останов KM4	1-нет, 0-останов	KL44
DO3	Удаленный пуск/стоп KM3	0-стоп, 1-старт	
DO4	Удаленный пуск/стоп KM4	0-стоп, 1-старт	
DO5	лампа авария км3	0-норма, 1-авария	HL5
DO6	лампа авария км4	0-норма, 1-авария	HL6
	Модуль расширения 2 (A3)		
DO1	Аварийный останов KM5	1-нет, 0-останов	KL55
DO2	Аварийный останов KM6	1-нет, 0-останов	KL66
DO3	Удаленный пуск/стоп KM5	0-стоп, 1-старт	
DO4	Удаленный пуск/стоп KM6	0-стоп, 1-старт	
DO5	лампа авария км5	0-норма, 1-авария	HL7
DO6	лампа авария км6	0-норма, 1-авария	HL8
	Модуль расширения 3 (A4)		
DO1	Звонок	0-стоп, 1-старт	HA
DO2	Лампа Пуск	0-стоп, 1-старт	HL4

DO3	Обогрев	0-стоп, 1-старт	КМ
DO4	ОА1 запуск	0-стоп, 1-старт	
DO5			
DO6	ОА2 запуск	0-стоп, 1-старт	
ВХОД			
	Контроллер (А1)		
AI1	датчик температуры	4-20 мА	
AI2	Нагнетание КМ1	4-20 мА	
AI3	Нагнетание КМ2	4-20 мА	
AI4	Двигатель запущен КМ1	4-20 мА	
AI5	Двигатель запущен КМ2	4-20 мА	
	Модуль расширения 1 (А2)		
AI1	расходомер	4-20 мА	
AI2	Нагнетание КМ3	4-20 мА	
AI3	Нагнетание КМ4	4-20 мА	
AI4	Двигатель запущен КМ3	4-20 мА	
AI5	Двигатель запущен КМ4	4-20 мА	
	Модуль расширения 2 (А3)		
AI1	датчик давления	4-20 мА	
AI2	Нагнетание КМ5	4-20 мА	
AI3	Нагнетание КМ6	4-20 мА	
AI4	Двигатель запущен КМ5	4-20 мА	
AI5	Двигатель запущен КМ6	4-20 мА	
ВЫХОД			
	Контроллер (А1)		
AO1	Управление заслонками	10 В	S7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте был разработан комплекс автоматизации системы управления технологическими процессами компрессорного цеха для снабжения сжатым воздухом предприятие ООО «Судостроительный завод «Залив». В ходе работы было выбрано новое оборудование с учетом современных требований.

С помощью современных свободно-программируемых микроконтроллеров таких производителей как ОВЕН, Schneider Electric, Bolid была реализована автоматизация основных технологических процессов.

После выбора оборудования и его автоматизации был произведен расчет потребляемой реактивной мощности, с целью выбора оборудования для ее компенсации. Затем были выбраны конденсаторные батареи отечественного производителя, схема подключения и счетчики реактивной мощности для учета генерируемой мощности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. Шестое и седьмое издания (все действующие разделы)
- 2 Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" Статья 83. Требования к системам автоматического пожаротушения и системам пожарной сигнализации
- 3 Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения" (введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 28 августа 1998 г. N 338)
- 4 Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий. А.В. Кабышев. Издательство Томского политехнического университета 2012.
- 5 Блок приёмно-контрольный охранно-пожарный Сигнал-10. Руководство пользователя. BOLID
- 6 SoMachine HVAC manual.SE 2017
- 7 Среда программирования OWEN Logic Руководство пользователя Версия 08. Москва 2011