

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

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
Кафедра «Промышленная электроника»

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

Профиль «Системы и технические средства автоматизации и управления».

ВЫПУСКНАЯ БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Автоматизация технологического процесса получения анода-ректификата

Студент	<u>Д.А. Шевлягин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>П.А. Николаев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти
2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа на тему Автоматизация процесса получения анола-ректификата, выполнена на базе предприятия ОАО «КуйбышевАзот».

Работа состоит из двух основных разделов: Теоретическая часть и Расчетная часть.

В первой части представлено описание технологического процесса, а также используемого оборудования. Раскрыта необходимость автоматизированного контроля производства. Выбраны регулируемые, контролируемые и сигнализируемые параметры. Описана выбранная системы автоматического управления и средств автоматизации. Представлены назначения и технические характеристики используемых приборов.

Во второй части представлены основные определение параметров устойчивости системы, графическая характеристика - ДРИМ, построение статических характеристик объекта регулирования и системы управления, определение аналитического выражения регулирующей системы, определение передаточных функций элементов системы, определение временной функции переходного процесса и критерия устойчивости САР по характеристическому уравнению, определение параметров устойчивости системы управления по годографу. Также выполнены расчеты для исполнительного устройства, пропускной способности для жидкостей и внутреннего диаметра трубопровода.

При написании работы использовалась документация и технические регламенты предприятия «КуйбышевАзот» цеха № 35.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1	Технологическая часть	7
1.1	Описание технологического процесса	7
1.2	Краткая характеристика технологического оборудования	8
1.3	Необходимость автоматизированного контроля	8
1.4	Обоснование выбора регулируемых параметров и каналов внесения регулируемых воздействий	9
1.5	Выбор контролируемых и сигнализируемых параметров	10
1.6	Описание выбранной системы автоматического управления и средств автоматизации	11
1.7	Выбор оборудования для автоматизации	12
1.7.1	Назначение и технические характеристики преобразователя перепада давления - Yokogawa EJX110A	12
1.7.2	Назначение и технические характеристики датчика температуры - Метран ТСПУ 276	15
1.7.3	Назначение и технические характеристики датчика давления - Yokogawa EJX510-A	19
1.7.4	Назначение и технические характеристики датчика расхода вихревого принципа измерения – Yokogawa DY0150	22
1.7.5	Назначение и технические характеристики преобразователя давления измерительного - Rosemount 3051S	27
1.8	Выбор сетевого оборудования	32
1.8.1	Распределенная система управления CENTUM VP R5	32
1.9	SCADA–система Trace Mode	43

2 РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ	47
2.1 Расчёт параметров устойчивости системы автоматического регулирования в статическом и динамическом режимах.....	47
2.1.1 Определение графическим методом общей статической характеристики цепи обратной связи – ДРИМ.	47
2.1.2 Построение статических характеристик объекта регулирования и системы управления.....	49
2.1.3 Определение аналитического выражения регулирующей системы – ДРИМ.....	50
2.1.4 Нахождение аналитическим способом рабочей точки системы.....	51
2.1.5 Определение передаточных функций элементов системы.....	52
2.1.6 Определение передаточной функции системы регулирования.....	52
2.1.7 Определение временной функции переходного процесса и критерия устойчивости САР по характеристическому уравнению.....	53
2.1.8 Определение параметров устойчивости системы управления по годографу	54
2.2 Расчет и выбор исполнительного устройства	57
2.2.1 Расчёт пропускной способности для жидкостей	57
2.2.2 Расчет внутреннего диаметра трубопровода.....	58
2.3 Расчет и выбор кабеля и автоматического выключателя питающей сети СИ и А.....	57
2.3.1 Расчет сечения питающего кабеля.....	57
2.3.2 Расчет и выбор автоматического выключателя.....	58
Заключение.....	60
Список используемой литературы.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Цех №35 получения циклогексанона 2 - ой очереди производства капролактама предприятия ОАО «КуйбышевАзот» введен в эксплуатацию в 1990 году. Год вторичного ввода в эксплуатацию отделения окисления корпуса 905А после восстановления - 1999. Проектная мощность цеха циклогексанона обеспечивает мощность по 2-ой очереди производства капролактама 60 тыс.тонн капролактама в год при 8000 часов работы.

По технико-экономическому уровню производство относится к высшей категории.

По рабочему проекту ПКБ ЗАО «Куйбышевазот» в 2007году произведена реконструкция отделения окисления введен узел абсорбции циклогексанона и циклогексанола из реакционных газов.

Предусмотрен узел двухступенчатой обработки оксидата водным конденсатом с отгонкой органики на колонне К-270 в блоке «Б» корпуса 905. Мощность установки отгонки 30000т/год водно-кислого концентрата рассчитана с учетом приема продукта с двух ниток окисления при непрерывной работе 8000 часов в год.

Циклогексанон технический применяется в качестве растворителя; растворитель СФПК, изготовленный из спиртовой фракции процесса ректификации продуктов окисления циклогексана применяться в качестве сырья в производствах ингибитора коррозии, многокомпонентных растворителей, лакокрасочных материалов, очистки изопрена, присадок к маслам, сложных эфиров, пенообразователя при флотации руд цветных металлов и сильвинитовых руд.

Отделения окисления циклогексана и ректификации продуктов окисления выполнены в виде двух независимых идентичных технологических линий (блоков) А и Б, каждая из которых включает в себя агрегат ректификации, совмещенный с агрегатом окисления.

Циклогексанол технический применяется для органического синтеза капролактама. Для того чтобы получить волокна и полиамидные массы, а также для производства разнообразных пластмасс, на которые больше всего приходится мировой спрос, также используют капролактама.

Большое внимание уделяется на предприятии ОАО «КуйбышевАзот» внедрению автоматизированных систем управления технологическими процессами, что обеспечивает повышению производительности оборудования, качества выпускаемой продукции, получения высокой прибыли.

Цель бакалаврской работы - оптимизация систем автоматического управления процессом получения анола ректификата в производстве капролактама.

преобразователь перепада давления- Yokogawa EJX110A

датчики температуры- Метран ТСПУ 276

датчики давления - Yokogawa EJX510-A

датчик расхода вихревого принципа измерения – Yokogawa DY0150

преобразователь давления измерительный - Rosemount 3051S

Все устанавливаемые приборы имеют унифицированный выходной сигнал 4-20 мА, поддерживают аппаратно – программное обеспечение по HART-протоколу, что дает возможность удаленной настройки и конфигурирования приборов с помощью HART- модема с компьютера и встраивания в современную АСУТП.

1 Технологическая часть

1.1 Описание технологического процесса

Получение анола-ректификата (циклогексанона-ректификата) является одной из стадий производства капролактама на предприятии ОАО “КуйбышевАзот”.

Получение циклогексанона-ректификата осуществляется под вакуумом в колонне К-387. Под давлением верхнего предела 6,67 кПа Остаточное давление куба составляет не более 12 кПа. Температура верхнего предела приблизительно равна 73°С, а куба колонны не более 103°С. Также 4 пакета структурной насадки Flexiras, находятся в колонне. Колонна работает с флегмовым числом 4,0.

Питанием колонны К-387 является кубовая жидкость колонны К-369 подаваемая насосами Н-377/1,2 через фильтра Ф-401/1,2. Питание на колонну поступает на четвертый пакет насадки.

Для ректификации необходимое тепло подводится из двух источников:

При выходе колонны в рабочий режим основным источником для работы колонны является пленочный испаритель Т-388Б. Кубовая жидкость колонны К-387 подогревается в пленочном испарителе, за счет циркуляции, обеспечиваемой насосом Н-400/1,2 через трубное пространство испарителя Т-388Б. Для того чтобы защитить пленочный испаритель, используют фильтры Ф-403/1,2, которые находятся непосредственно перед самим пленочным испарителем. Пары дистиллята из колонны К-369, поступающие в межтрубное пространство, являются греющим агентом в испарителе.

Вторым источником является испаритель Т-388, который используется при пуске колонны. Для испарителя Т-388, греющим агентом является водяной пар, с давлением 1МПа.

Пары дистиллята состоят из циклогексанона, с массовой долей примесей не более 0,02 %. Они поступают в конденсаторы Т-390/1,2, Т-391, охлаждаемые оборотной водой и хвостовым конденсатором Т-392, который охлаждается захлажденной водой. Из конденсаторов, сконденсировавшаяся жидкость поступает сначала в сборник флегмы Е-396, затем насосом Н-397/1,2 через фильтр Ф-402/1,2 передается в виде флегмы в колонну. Избыток жидкости откачивается в корпус 908. Пары, кото-

рые не были сконденсированы и инертны в конденсаторах, отсасываются вакуум-насосом Н-429/1.

Подаваемая в поток флегмы щелочь (KOH), нужна для улучшения качества циклогексанона – ректификата. Подается она плунжерным дозировочным насосом Н-378/1,2 в количестве не более 5 л/час.

Кубовая жидкость, содержащая н/б 2 % циклогексанона, откачивается с помощью насосов Н-399/1,2 через фильтра Ф-404/1,2 в колонну К-395.

1.2 Краткая характеристика технологического оборудования

Колонна получения анона ректификата $D=5200\text{мм}$, $H_{\text{цил.}}=43000\text{мм}$ К-387 перенести в начало

Испаритель пленочный Т-388Б: $D=1800\text{мм}$, $L_{\text{пр}}=10000\text{мм}$, $F=986,5\text{м}^2$

Испаритель $D=800\text{мм}$, $L_{\text{пр}}=4000\text{мм}$, $F=147\text{м}^2$ Т-388

Центробежный насос кубовой жидкости колонны К-387 $Q=18,3\text{м}^3/\text{ч}$, $H=65\text{м}$ Н-399/1,2

Центробежный насос питания пленочного испарителя $Q=281,4\text{м}^3/\text{ч}$, $H=56\text{м}$ Н-400/1,2

Центробежный насос спиртовой фракции из пленочного испарителя $Q=81,5\text{м}^3/\text{ч}$, $H=32\text{м}$ Н-401/1,2

Фильтр питания колонны $D=273\text{мм}$, $H\sim 570\text{мм}$, $F=0,2\text{м}^2$ Ф-401/1,2

Фильтр подачи флегмы $D=630\text{мм}$, $H\sim 970\text{мм}$, $F=0,8\text{м}^2$ Ф-402/1,2

Фильтр питания пленочного испарителя $D=630\text{мм}$, $H\sim 970\text{мм}$, $F=0,8\text{м}^2$ Ф-403/1,2

1.3 Необходимость автоматизированного контроля

Автоматизация производства – это важнейший фактор научно-технического прогресса, во всех отраслях промышленности.

Известно, что создание автоматических систем управления технологическими процессами (АСУТП), является одной из важнейших задач автоматизации предприятий.

Так, например, информационно-измерительные системы и устройства, предназначены для получения дополнительной информации, которая поступает в систему автоматического управления.

От качества метрологических измерительных приборов и от динамических и статических свойств всех регулирующих и исполнительных устройств, зависит качество функционирования системы автоматического управления.

Таким образом, устаревшие датчики, качество которых зависит от метрологических качеств измерительных приборов, были заменены на более функциональные и обновлённые. В итоге замене подверглись датчики такие как:

- Метран-55 заменен на Yokogawa EJX110A
- Метран-150 заменен на Yokogawa EJX510-EA
- Метран-371 заменен на DY0150

В качестве контроллера мною была выбрана Управляющая и измерительная станция Yokogawa CX2000 с распределительной системой управления CENTUM VP R5 .

Таким образом, можно сделать вывод, что автоматизация производственного процесса, в первую очередь, главным образом может кардинально изменить роль человека в процессе производства, уменьшит численность обслуживающего персонала, улучшит условия труда и техники безопасности, а также улучшит качество производимой продукции, приведет к экономии материалов и к значительному увеличению выпуску продукции.

1.4 Обоснование выбора регулируемых параметров и каналов внесения регулирующих воздействий

По типу технологического процесса получение анола-ректификата в производстве капролактама относится к массообменному процессу.

Показателем эффективности процесса является – получение паров дистиллята, которые состоят из циклогексанона, с массовой долей примесей не более 0,02 %.

Целью управления является поддержание в циклогексаноне массовой доле примесей не более 0,02 %.

Колонна ректификации К-387 - это сложный технологический объект управления, с распределенными параметрами, динамическими свойствами, которые характеризуются хорошей устойчивостью, самостоятельным выравниванием по определенно-заданным параметрам, а также продолжительным запаздыванием времени.

Косвенный метод, применяется в основном для достижения цели управления, он предусматривает применение стабилизирующих и следящих систем автоматического регулирования.

От состава паров зависит концентрация искомого компонента в дистилляте. Состав паров определяется динамическими свойствами объекта и температурой кипения исходной смеси, а также давлением паров над смесью.

Для поддержания температурного режима в колонне регулируется давление пара в испаритель Т-388 с коррекцией по температуре кубовой жидкости колонны К-387(контур 12), циркулирующий по контуру куб колонны К-387-испаритель Т-388-куб колонны К-387.

1.5 Выбор контролируемых и сигнализируемых параметров

Возможность проконтролировать те параметры, по которым происходит оперативное управление технологическим процессом, а именно его запуск и возможность приостановки процесса. Например, существуют такие параметры, как выходные и режимные параметры, или входящие параметры, при изменении которых, в объект будут попадать возмущения.

В проекте к контролируемым параметрам относятся:

- давление вверху колонны К-387 6,67кПа (поз.1а);
- температура в верхней части колонны 73°C(поз.2а);
- температура в колонне под насадкой пакета №1 75°C (поз.3а);
- температура в колонне под насадкой пакета №2 80°C (поз.4а);
- температура в колонне под насадкой пакета №3 80°C (поз.5а);
- температура в колонне под насадкой пакета №3 90°C (поз.6а);
- температура в колонне пакета №4 85°C (поз.7а);
- температура в кубе колонны со стороны испарителя 103°C (поз.8а);
- температура в трубопроводе с паром в К-387 103°C (поз.10а);

- расход пара в испаритель Т-388 20 м³/ч (поз.11а);
- давление в трубопроводе с паром в испаритель Т-388 1019,4кПа (поз.12а);
- давление пара в испаритель Т-388 1019,4кПа (поз.13а);
- температура в трубопроводе с кубовой жидкостью в К-387 130°С (поз.14а);
- уровень кубовой жидкости К-387 5-80% (поз.17а);

К сигнализации относятся изменения количественных и качественных свойств целевых продуктов, а также, к ней относится приостановка определенных агрегатов, которые не предусмотрены технологическим регламентом.

К сигнализируемым параметрам относятся:

- давление в кубовой части колонны более 12 кПа (поз.9а);
- перепад давления кубовой жидкости К-369 в трубопроводе на Ф-401/1,2 более 50 кПа (поз.15а);
- перепад давления кубовой жидкости К-387 в трубопроводе на Ф-403/1,2 более 50 кПа (поз.16а);
- давление смеси спиртовых фракций от Н-401/1 менее 3138 кПа (поз.18а);
- давление смеси спиртовых фракций от Н-401/2 менее 3138 кПа (поз.19а);
- давление кубовая жидкости К-387 от Н-400/1 менее 5491,6 кПа (поз.20а);
- давление кубовая жидкости К-387 от Н-400/2 менее 5491,6 кПа (поз.21а);
- давление кубовая жидкости К-387 от Н-399/2 менее 6374 кПа (поз.22а);
- давление кубовая жидкости К-387 от Н-399/1 менее 6374 кПа (поз.23а);
- перепад давления циклогексанона ректификата на Ф-402/1,2 более 50 кПа (поз.24а);

1.6 Описание выбранной системы автоматического управления и средств автоматизации

По типу технологического процесса получение анола ректификата в производстве капролактама относится к массообменному процессу.

Показателем эффективности процесса, является получение паров дистиллята, которые состоят из циклогексанона, с массовой долей примесей не более 0,02 %.

Косвенный метод применяется для достижения цели управления, а также предусматривает применение системы каскадно-связанного регулирования.

Он регулируется давление пара в испаритель Т-388 с коррекцией по температуре кубовой жидкости колонны К-387(контур 12), регулирующий клапан (12бпоз.) установлен на трубопроводе пара на входе в испаритель Т-388.

1.7 Выбор оборудования для автоматизации

1.7.1 Назначение и технические характеристики преобразователя перепада давления - Yokogawa EJX110A

Один из самых эффективных преобразователей перепада давления, является преобразователь EJX110A, который может содержать многообразные элементы, в том числе и монокристаллические, кремниевые, резонансные и чувствительные элементы. Их используют для измерения расхода как газообразных веществ, так и жидких или парообразных. Также элемент применяется для измерения уровня давления, плотности и жидкости. Выходной сигнал элемента равен 4-20 мА постоянного тока, который соответствует величине измеренного дифференциального давления.

Измерить статическое давление, также можно с помощью высокоточного и устойчиво чувствительного элемента. Значение данного элемента, отображается на дисплее встроенного индикатора, или совершается с использованием цифровой связи дистанционного контроля, при использовании специальных коммутаторов, таких BRAIN или HART.

К преимуществам такого элемента, можно отнести быстрый отклик, возможность использовать дистанционную установку, для изменения параметров, с использованием цифровой связи, самодиагностика и дополнительный выход состояния, который применяется в основном для сигнализаций по верхнему и нижнему пределу Р (давления).

Такая технология измерения, позволяет выявить нарушения в работе, например неисправность теплотрассы или блокировка импульсной линии, а также помогает обеспечить расширенную самодиагностику. При необходимости можно использовать протокол связи, через шину FOUNDATION Fieldbus.



Рисунок 1- Преобразователь перепада давления - Yokogawa EJX110A

Погрешность измерений составляет $\pm 0,04\%$ шкалы.

Стабильность измерения равно приблизительно $\pm 0,1\%$ от верхнего предела измерений, в течение 10 лет.

Пределы измерения, шкалы

Капсула Диапазон измерения и кПа Диапазон перенастройки шкалы, кПа

L -10...10 0-0,1...0-10;

M -100...100 0-0,5...0-100;

H -500...500 0-2,5...0-500;

V -0.5...14 МПа 0-0 ,07...0-14МПа.

Смещения нуля

Возможно повышение нуля вверх (поднятие нуля) и его понижение (подавление нуля), в пределах допустимых диапазонов капсулы.

Максимальное рабочее давление (МРД)

- Капсула L: 16 МПа;
- Капсула M, H: 25 МПа.

Измерение рабочего давления:

- Излишнее давление и абсолютное давление;
- Диапазон измерения равен от 0 до МРД;
- Погрешность измерений равна около $\pm 0,2\%$ шкалы.

Выходной сигнал составляет:

- Составляет от 4 до 20 мА, с дополнительной функцией цифровой связи (по BRAIN или HART протоколу);
- Foundation Fieldbus;
- Элемент автоматических устройств сигнализации (опционально);
- Сигнал на выходе, может быть изменен линейно v , или произвольно сегментнолинеризован.

Время отклика составляет 90 мсек. А температура процесса достигает от -40 до 120С.

Однако температура окружающей среды колеблется в пределах:

- 51С, без учета индикатора;
- От 30 до 80С, с учетом индикатора.

Питание составляет от 10,5, до 42В постоянного тока.

Примеры материала, который напрямую контактирует с окружающей средой:

- Шаблонно: мембрана – Hastelloy C -276, тантал, монель.
- Дополнительно – нержавеющая сталь 316 L SST с тефлоновым покрытием;

Конструктивное исполнение имеет вид:

- Стандартный, например IP67;
- Искробезопасное, например EExiaIICT 5;
- Взрывонепроницаемый, в том числе EExdII и CT4, T5, T6.

Сертификат надежности для систем ПАЗ (RWTUV Systems GmbH)

Стандартно – это SIL 2, если использовать два датчика, то SIL 3.

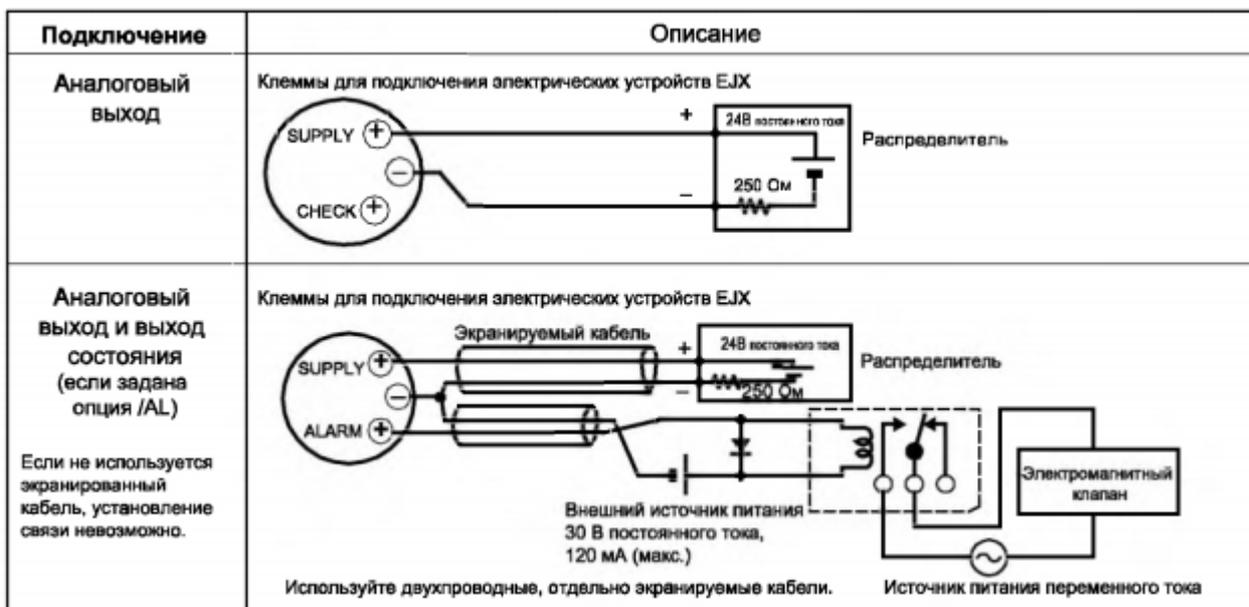


Рисунок 2 - Пример подключения аналогового выхода и выхода состояния

1.7.2 Назначение и технические характеристики датчика температуры - Метран ТСПУ 276

Прибор для измерения температуры необходим для измерения температуры нейтральных и агрессивных сред, для которых материал защитной арматуры будет являться стойким от воздействия коррозии. Чувствительный элемент первичный преобразователь измеряет температуру и преобразует значение в унифицированный сигнал I_{пост}, а также головку датчика, которая встроена в измерительную часть прибора. Таким образом, можно построить АСУТП, не применяя какие-либо дополнительные нормирующие преобразователи.



Рисунок 3 - Датчик температуры - Метран ТСПУ 276

Выходной сигнал около 4-20мА

Примеры первичных преобразователей:

- ТС (100М, 50М) с пределами измерений температуры от 150°С до 185°С;
- ТС (Pt100) с пределами измерений температуры от 150°С до 550°С;
- ТХА (К) с пределами измерений температуры от 180°С до 1100°С

Жаропрочные и коррозионностойкие защитные арматуры

- Взрывозащищенные исполнения Exd или Exi;
- ТУ 4211-003-12980824-2001.

В табл. 1. мы привели допустимые пределы унифицированных выходных сигналов, пределы изменяемых температур, пределы погрешности, номинальная статическая характеристика (НСХ) первичного преобразователя, а также взаимосвязь между сигналом при выходе и температурой.

Таблица 1

ТСПУ Метран-276	Pt100	0-5 4-20	-50...100, -50...150, 0...150, 0...50, -50...50, 0...100, 0...200, 0...300, 0...400, 0...500	0,25; 0,5	линейная
ТСПУ Метран-276-Exia		4-20			
ТСПУ Метран-276-Exd					

Напряжение питания для:

- От 18 до 42В постоянного тока;
- Для термопреобразователей с выходным сигналом 4-20мА;
- 36В постоянного тока - для термопреобразователей с выходным сигналом 0-5 мА. Допускаемое отклонение напряжения питания равно не более $\pm 2\%$;
- Для искробезопасных цепей блоков питания или специальных барьеров, которые имеют вид взрывозащиты "искробезопасной электрической цепи" уровня "ia", для взрывоопасных смесей группы IIC по ГОСТ 12.1.011, с напряжением холостого хода равного $U_{xx} \leq 24$ В, и током короткого замыкания $I_{kz} \leq 120$ мА, для термопреобразователей исполнения "Exia".

Схема внешних электрических подключений

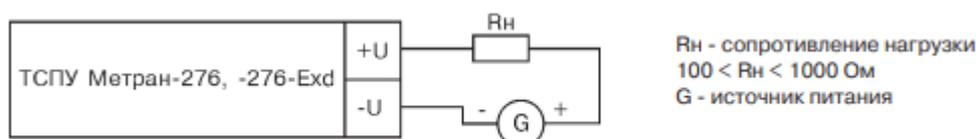


Рисунок 4 - Схема внешнего электрического подключения для выходного сигнала 4–20 мА

Габаритные и измерительные размеры

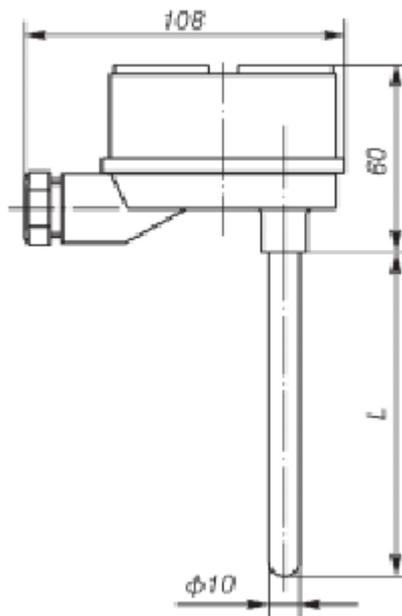


Рисунок 5 - Габаритные и измерительные размеры ТСПУ Метран-276

Принцип измерения термопары

В состав термопар входят термозонды и измерительные преобразователи, с пределами выходного сигнала 4-20мА. Термозонды имеют в основном чувствительный элемент (Элемент Чувствительный Медный или Элемент Чувствительный Платиновый), или имеет термоэлектрический чувствительный элемент (ТХА). Параметр измерения для ТСПУ Метран – 276, ТСПУ Метран–276–Ех–температура при изменении которой меняется сопротивление терморезистора, который размещен в термозонде.

Управляемый нормирующий преобразователь (УНП), изменяет сигнал, который переходит от первичного преобразователя температуры (ППТ) в прерываемый или дискретный сигнал, используя аналогово-цифровой преобразователь (АЦП). Полученный сигнал изменяется микропроцессором, для:

- Изменения верхнего и нижнего порога измерений, в пределах допустимых температур;
- Линеаризации НСХ ЧЭ ППТ;
- Изменение настроек номинальной статической характеристики, в случае выхода из строя первичного элемента и последующей замены на другой чувствительный элемент;

- Самостоятельное диагностирование собственных узлов ПНП;
- Самостоятельный поиск повреждения линии или короткого замыкания ППТ;
- Изменения постоянной времени усреднения показаний;
- Изменение параметров датчика, под особую статическую характеристику чувствительного элемента по нескольким температурным точкам, для увеличения точности измерений.

Дискретный сигнал выходит с микропроцессора и поступает на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), который изменяет дискретный сигнал в унифицированный токовый сигнал, который равен 4–20 мА.

ПНП изменяет значение U_v , которое возникает на термочувствительном элементе, в токовый выходной сигнал. ПНП также осуществляет самодиагностику состояния. Если программа самодиагностики выявит проблему электронного модуля или ППТ, то на выходе сигнал будет преобразовываться в состояние, которое соответствует нижней ($I_{\text{вых}} \leq 3,75$ мА) части шкалы измерения.

Конфигурационные параметры термодпары:

- Составляет первичный преобразователь температуры ТХА и ТСП или ТСМ;
- На выходе сигнал выдается по шкале 4-20мА или 20-4 мА;
- Подключение по двухпроводной или четырехпроводной схеме соединения;
- Температурная компенсация холодного спая ТХА-внутренняя;
- Шкала измерения выбирается конечным пользователем по желанию;
- Единица измерения равна °С или F;
- Компенсация сопротивления линии связи, при двухпроводной схеме подключения ТС – есть;
- Диагностика состояния: ППТ и электронного модуля – есть;

Монтажный комплект кабельного ввода

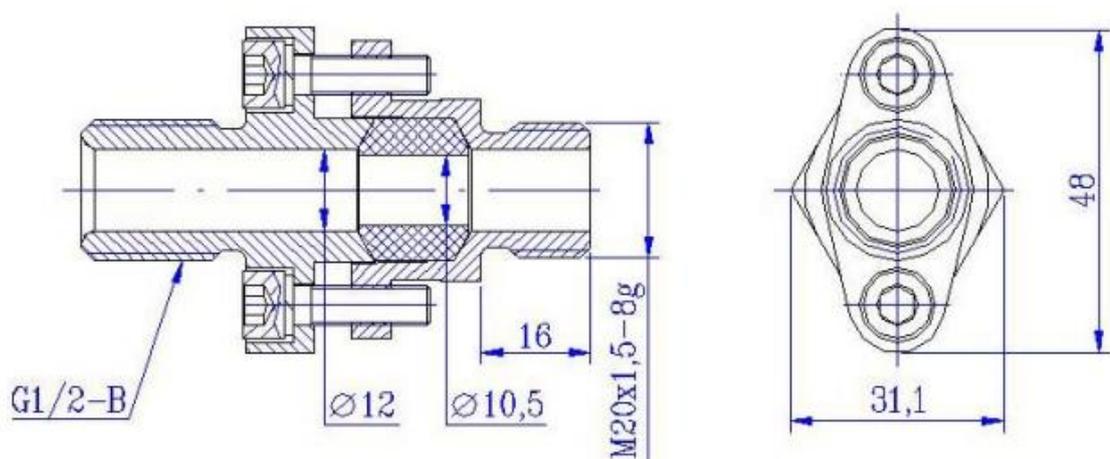


Рисунок 6 – Ввод кабельный 251.01.08.000 (для трубного монтажа)

1.7.3 Назначение и технические характеристики датчика давления - Yokogawa EJX510-A

Высокоэффективный датчик давления, содержит в основном монокристаллические, кремниевые, а также резонансные, чувствительные элементы и может быть использован для измерения веществ в жидком или газообразном агрегатном состоянии, а также жидкости. Сигнал при выходе – токовый по шкале от 4 до 20 мА, в зависимости от показаний прибора. Также прибор отличается быстрой реакцией на изменение показаний, а также позволяет осуществить удаленное управление и настройку всех параметров, посредством цифровой связи BRAIN или HART- которые являются, коммуникатором, располагающим функцией проверки и ещё одним выходом состояния, для предупреждения давления по верхней и нижней шкалам. Такая многофункциональная технология измерения, помогает обеспечить полную диагностическую проверку позволяющую определить неисправности или сбои в настройках, как, например, неисправность в импульсной линии или недочеты тепло-трассы.

Однако, можно использовать и протоколы связи FOUNDATION Fieldbus и PROFIBUSPA . Все модели серии E J X в их стандартной конфигурации, за исключением датчиков с протоколам и цифровой связи Fieldbus и PROFIBUSPA , сертифицированы TUV как удовлетворяющие уровню SIL 2 по нормам техники безопасности.



Рисунок 7 - Датчики давления - Yokogawa EJX510-A

Метод измерения

Основной из особенностей преобразователей из серии Yokogawa EJX – это основной принцип измерения давления. Кремниевым механическим резонатором называется чувствительный элемент фирмы Yokogawa.

При внимательном осмотре кремниевого резонатора, можно заметить, что он выглядит как параллелепипед плоской формы, который будет защищен герметично-закрытой капсулой и интегрированный в плоскость кремниевой мембраны.

При производстве чувствительных элементов, применяются в основном новейшие технологии наращивания кристаллов, в связи с чем мы получаем сложную структуру, с единой монокристаллической решеткой. Схему данного кремниевого резонатора мы привели на рисунке 8.

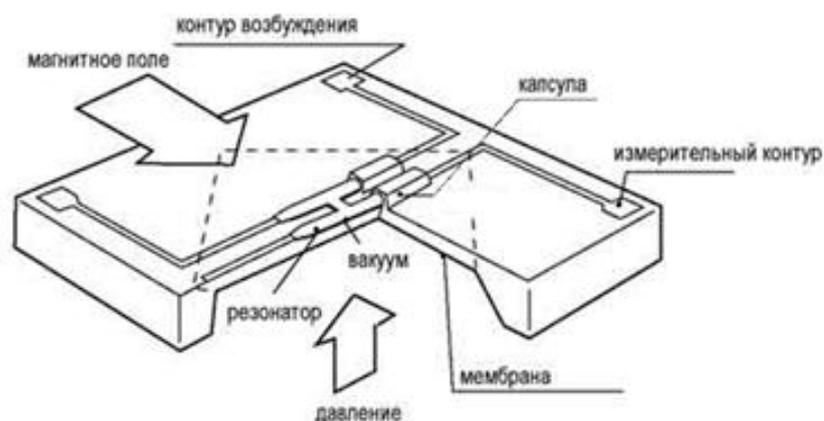


Рисунок 8 – Схема кремниевого резонатора

Резонатор может как растягиваться, так и сжиматься, из-за чего частота его собственных механических колебаний прямо пропорционально растет либо уменьшается. Это зависит от направления применяемого давления. Движения механического резонатора который находится в неизменном магнитном поле, преобразуются в движения электрического контура. Вследствие чего, на выходе ЧЭ получается цифровой (частотный) сигнал, который максимально точно передает показания измеряемого Р.

Датчик давления EJX510А используется для того, чтобы измерять абсолютное давление многообразных сред, например: веществ в жидком или газообразном агрегатном состояниях, а также пара.

Основные характеристики датчика давления EJX510А:

1. Максимальное давление допустимое для работы с датчиком:
 - Капсула исполнения А: 200 кПа;
 - Капсула исполнения В: 2 МПа;
 - Капсула исполнения С: 10 МПа;
 - Капсула исполнения D: 50 МПа.
2. Выходной сигнал датчика:
 - 4...20 мА с функцией цифровой связи по BRAIN или HART протоколу, Foundation Fieldbus;
 - Реле сигнализации (по заказу);
 - При работе с выходным сигналом можно работать как с программно заданным линейным v , или произвольно сегментализированным.
3. Время ответа примерно 90 мсек;
4. Температура процесса около $-40...+120^{\circ}\text{C}$;
5. Температура внешней среды где установлен прибор равна:
 - -51°C (без индикации);
 - $-25...75^{\circ}\text{C}$ (с индикацией).
6. Питание равно 10,5...42В постоянного тока;
7. Материал, контактирующий со средой:

- В стандартный материал входит мембрана Hastelloy C-276;
- В остальной материал - нержавеющая сталь 316L SST.

8. Конструктивное исполнение, может быть:

- Стандартным;
- Искробезопасным;
- Взрывонепроницаемым.

1.7.4. Назначение и технические характеристики датчика расхода вихревого принципа измерения – Yokogawa DY0150



Рисунок 9 - Датчик расхода вихревого принципа измерения – Yokogawa DY0150

Технология, проверенная практикой.

Используя уникальную технологию SSP (Спектральная обработка сигнала)*, прибор digitalYEWFL0 обеспечивает высокую точность и стабильность измерений даже в жестких условиях эксплуатации. В сочетании с высокой надежностью и прочностью конструкции это обеспечивает повышение эффективности его применения и снижение эксплуатационных расходов. В digitalYEWFL0 многопараметрического типа (опция /MV) встроен датчик температуры, обеспечивающий измерение температуры и расчет массового расхода. Прибор digitalYEWFL0 с уменьшенным проходным сечением (опция /R1, /R2) имеет интегрированную и литую конструкцию с концентрической трубкой уменьшенного проходного сечения. В приборе обеспечивается уменьшение стоимости трубки и более низкий диапазон расхода.

* SSP - уникальная разработка фирмы Йокогава, используемая для обработки цифрового сигнала.

Особенности

- Технология SSP (Спектральная обработка сигнала):

SSP-фильтр вставлен в мощную электронику прибора digitalYEWFL0. Спектральная обработка данных о сигнале, рассматривает состояние среды непосредственно в самом расходомере, а также, на основании полученных данных, может использовать их для автоматического выбора оптимальной подстройки режимов обработки сигнала, который обеспечивает функции, ранее недостижимые для вихревых расходомеров. Спектральная обработка сигнала может точно определить вихри, даже при малых расходах, обеспечивая высокую стабильность измерений.

- Самостоятельная диагностика:

отображаются и прогнозируются такие нештатные условия процесса, как сильная вибрация трубопровода и аномальные потоки.

- Высокая точность:

1. Равна $\pm 0,75\%$ расхода (жидкость);
2. Равна $\pm 0,5\%$ расхода: типовая точность / не гарантировано;
3. Равна $\pm 1\%$ расхода (газ, пар).

- Широкий спектр рабочих температур:

Такая как, высокотемпературная версия равная до 450°C и криогенная версия равная минимум -196°C .

- Простота задания параметров:

Благодаря группированию наиболее часто используемых параметров, в формате быстрого доступа, сокращается время пуско-наладки. Это четкий, выразительный дисплей, который отображает текущий расход температуры (опция/MV) и суммарный расход диагностики процесса.

- Аналоговый/импульсный выходной сигнал состоит из одновременного выхода для величины расхода или температуры (опция /MV) и импульсного выход;

- Имеет выход сигнализации/состояния (реле расхода) и вывод сигнализации при нештатной ситуации;
 - Датчик из нержавеющей стали без трущихся частей, обеспечивает высокую прочность и надежность;
- Максимальная длина сигнального кабеля составляет 30м;
 - Взрывобезопасное исполнение по стандартам TIS/FM /A T E X /CSA/SAA (искробезопасный), а также IECEx.

Технические характеристики

Объект измерения состоит из:

Жидкообразного, парового и газового состояния, которые не могут применяться для многофазных и клейких жидкостей.

Точность достигает **приблизительно** $\pm 0,75\%$ текущего расхода жидкости $\pm 1\%$ текущего расхода (газ, пар).

Воспроизводимость равна $\pm 0,2\%$ текущего расхода;

Калибровка: Расходомер калибруется на заводе проливом по воде. Калибровка температуры и расхода для опции/MV - по воде.

Принцип измерения:

Для создания завихрения по течению потока жидкости, в вихревых расходомерах газа или пара, устанавливается тело обтекания, которое выглядит как трапеция в сечении. Образовавшаяся за ним система вихрей, называется вихревой дорожкой Кармана. Обычно частота вихрей обозначаемая f , в первичном приближении, пропорционально равна скорости потока v и зависит от ширины тела обтекания d , а также безразмерного критерия Sh (число Струхалия):

$$\text{Формула: } f = Sh * v/d$$

Отличительными особенностями вихревых расходомеров, в первую очередь, является низкий процент нелинейности (менее 1,0 %) в обширном спектре измерений (более 1:10...1:40), а также отсутствие любых мобильных элементов, находящихся внутри трубопровода, частотный сигнал при выходе и неизменность методов, касательно всех электрических свойств и его агрегатного состояния по отношению к движущейся среде.

Самые первые вихревые расходомеры жидкости, появились в США, Японии и СССР в шестидесятых годах. К 90-м годам в России появились первичные разработки вихревых расходомеров газа и пара. Теоритические и вихревые аспекты расходомеров изучались продолжительное время, в данные момент, они продолжают усовершенствоваться и развиваться. Идут непрерывные поиски усовершенствованных схемных решений, которые наиболее эффективны и технологичны для конструкции первичных преобразователей расхода.



Рисунок 10 – Принцип измерения вихревого расходомера

Диапазон рабочих температур:

1. От -29° до 260°C (стандартный тип);
2. от -196° до 100°C (криогенная версия: опция);
3. от -29° до 450°C (высокотемпературная версия- это опция);
4. от -29° до 85°C ;
5. от 0° до 85°C ;
6. от -29° до 85°C ;
7. от -29° до 80°C ;
8. от -30° до 80°C ;
9. от -29° до 400°C (высокотемпературная версия многопараметрического типа: опция).

Пример электрического подключения для одновременного задействования аналогового и импульсного выхода, расчетная формула для определения диапазона сопротивления нагрузки R для импульсного выхода.

Таблица 2

Подключение	Описание
<p>Одновременное использование аналогового и импульсного выхода</p> <p>Пример 1 В этом случае связь по протоколам HART/BRAIN возможна (расстояние до 2 км при использовании кабеля CEV.)</p> <p>Пример 2 В этом случае связь по протоколам HART/BRAIN возможна (расстояние до 200 м при использовании кабеля CEV R=1 кΩ.)</p> <p>Пример 3 В этом случае связь по протоколам HART/BRAIN невозможна (если не используется экранированный кабель.)</p>	<p>При использовании аналогового и импульсного выходов длина линии связи зависит от условий электропроводки. См. примеры с 1 по 3. Если связь осуществляется через усилитель, условиями электропроводки можно пренебречь.</p>
<p>Диапазон сопротивления нагрузки R для импульсного выхода.</p>	<p>Сопротивление нагрузки следует выбирать, используя нижеприводимую формулу расчета.</p> $\frac{E(B)}{120} \leq R(k\Omega) \leq \frac{0,1}{C(мкФ) \times f(кГц)}$ <p align="right">Пример при емкостном сопротивлении кабеля CEV ≈ 0,1 мкФ/км</p> $P(мВт) = \frac{E^2(B^2)}{R(k\Omega)}$ <p>Где E = Напряжение питания (В) f = Частота импульсного выхода (кГц) R = Сопротивление нагрузки (кΩ) C = Емкостное сопротивление кабеля (мкФ) P = Номинальная мощность сопротивления нагрузки (мВт)</p>

*1: Для предотвращения влияния внешних помех используйте электрический счетчик с соответствующей частотой импульса.

*2: В использовании резистора нет необходимости, если электрический счетчик может напрямую принимать дискретный импульсный сигнал.

*3: При одновременном использовании аналогового и импульсного выхода связь по протоколу HART может быть подвержена действию шума, сопоставимого только с аналоговым выходом.

*4: Предусмотрен сигнальный кабель для ADM AG AXF, AXFC-0 (без заделки).

Габаритный размер

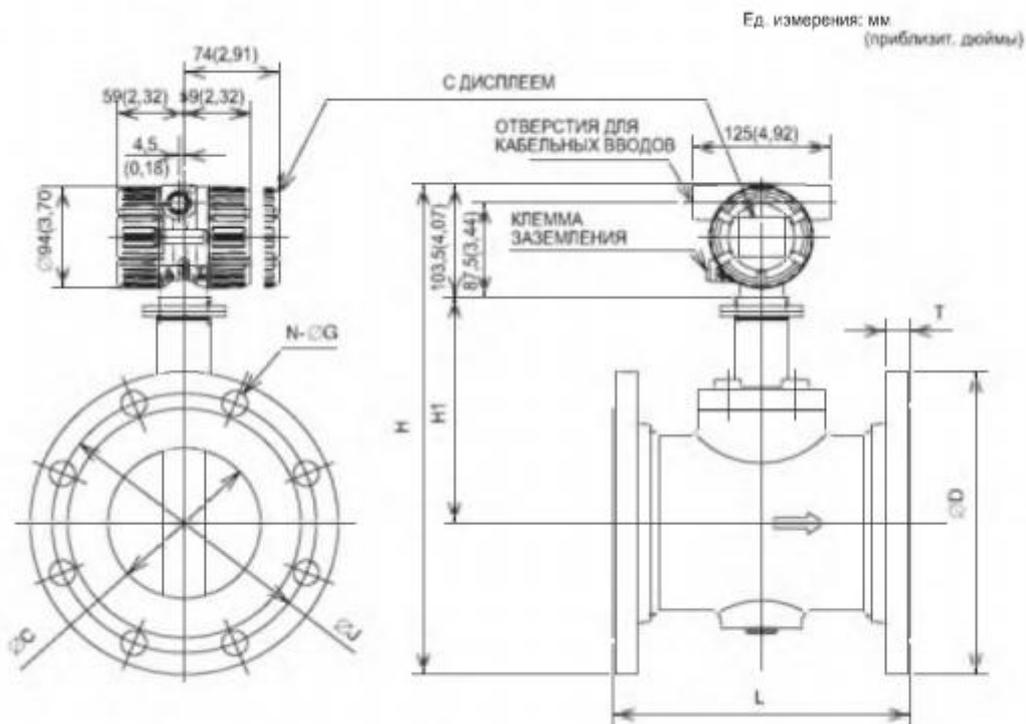


Рисунок 11 – Размеры расходомера

1.7.5 Назначение и технические характеристики преобразователя давления измерительного - Rosemount 3051S

В преобразователях давления Rosemount 3051S, применяется конструкция SuperModule™. Данная конструкция имеет абсолютно герметичный узел, который обеспечивает наивысшую защиту от проникновения пыли и воды (IP68). В его состав также входит плата электроники и емкостный преобразователь давления, который выполнен по сенсорной технологии Saturn™.

Основные сенсоры емкостной ячейки, выполненные по данной технологии, увеличивают надежность работы датчика, и, значительно улучшают метрологические характеристики. Для того, чтобы увеличить количество собираемой информации, для удобного и эффективного управления, используются преобразователи в беспроводном исполнении, которые также используются для измерения параметров технологического процесса. Масштабируемая платформа с корпусом PlantWeb, позволяет встраивать дополнительные платы электроники или модули, чтобы увеличить функциональность датчика и обеспечить удобство диагностики, что значительно снизит стоимость обслуживания.

Для измерения уровня жидкости используются системы электронных выносных сенсоров 3051S ERS™, которые позволяют более точно измерять разность давлений с малым временем отклика, и дают возможность не использовать капиллярные или импульсные линии большой длины.



Рисунок 12 - Преобразователь давления измерительный - Rosemount 3051S

Благодаря измерительным приборам Rosemount 3051S можно оптимизировать операции на наиболее критичных направлениях: производство, контроль качества, энергосбережение, охрана труда, техника безопасности и охрана окружающей среды. Используя возможности масштабируемых решений Rosemount 3051S для всех сфер деятельности предприятия, можно снизить отклонения от нормального течения процесса, получить больше информации о состоянии технологического процесса, снизить затраты на техобслуживание и время простоев. Кроме того, преобразователи просты в использовании, что позволит персоналу максимально задействовать потенциал масштабируемой платформы 3051S.

Конструкция измерительного модуля - Supermodule

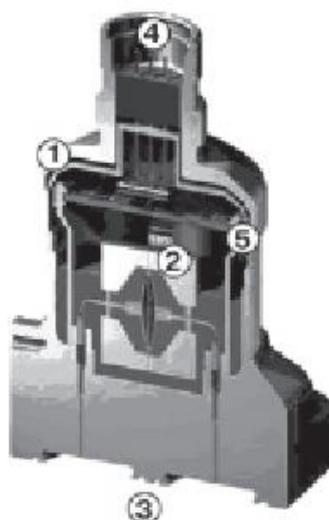


Рисунок 13 - Конструкция SuperModule.

- Цельная герметичная конструкция корпуса SuperModule из нержавеющей стали 316L, поможет защитить электронику от ненужной пыли, влаги и разнообразных вредных примесей (степень защиты IP68).
- Емкостная ячейка, которая выполнена по современной сенсорной технологии Saturn.
- Имеет чувствительные разделительные мембраны платформы Sorplanar. В состав мембран входят различные материалы, в том числе сплавы, которые используют при работе в агрессивной среде.
- Имеет штепсельный разъем. Сигналы при выходе достигают от 4 до 20мА с HART-протоколом. Имеется также высокоскоростная шина данных, которая используется при подключении дополнительных плат (например, для выходного сигнала Foundation Fieldbus), а также электронная плата.

Варианты присоединения к технологическому процессу

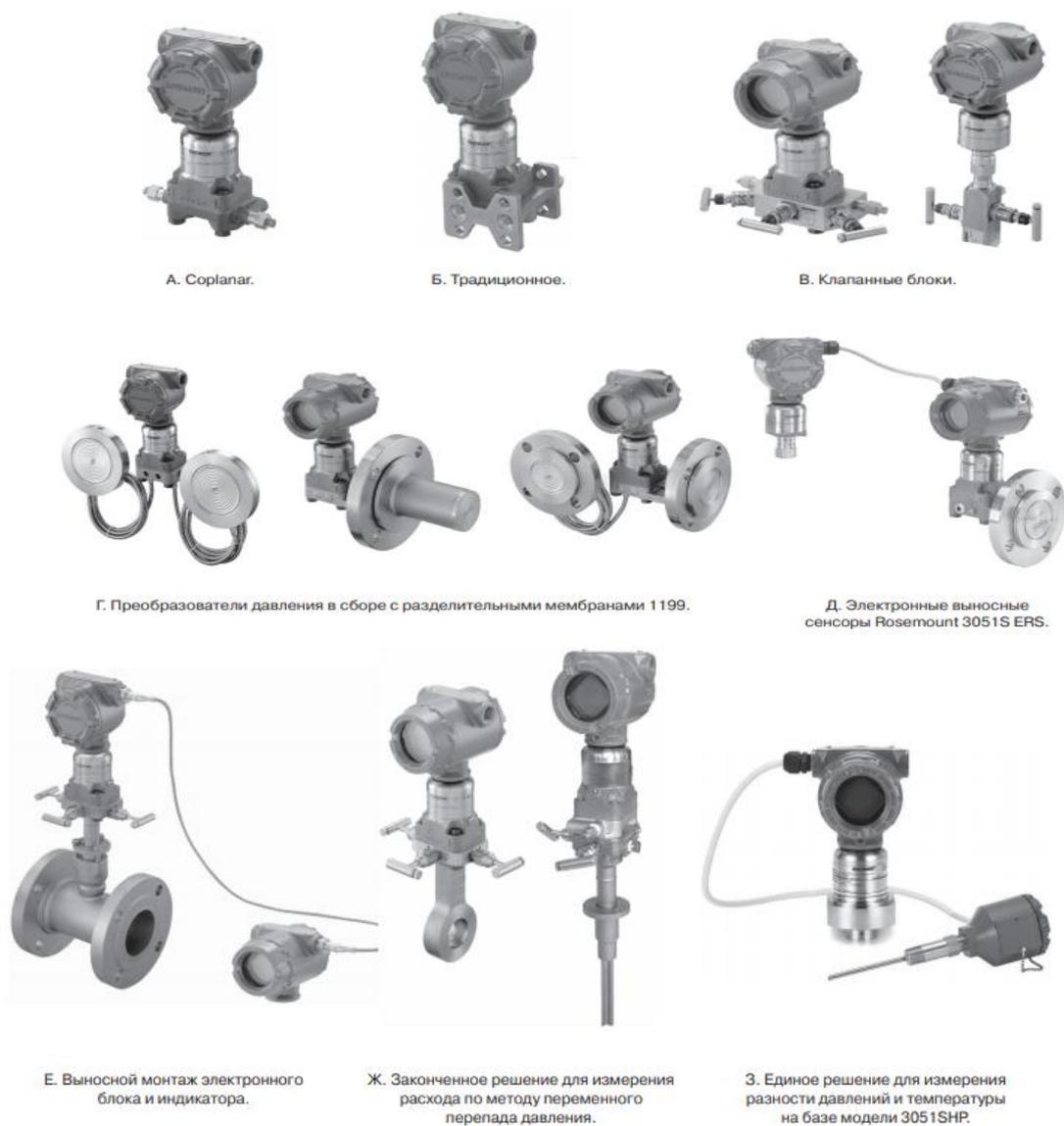


Рисунок 14 – Варианты присоединения к технологическому процессу

Условия эксплуатации и эксплуатационные характеристики

Температура окружающей среды составляет:

1. От -40 до 85°C;
2. От -50 до 85°C (опции BR6);
3. От -60 до 85°C (опции BR6);
4. От -20 до 80°C (с ЖК индикаторами);
5. От -29 до 85°C (с опцией P0);
6. От -55 до 85°C (опции A1038, A1053).

Температура хранения:

1. от -46 до 85°C;
2. от -40 до 85°C (с ЖК-индикатором);
3. от -40 до 85°C (для беспроводных преобразователей, код выходного сигнала X).

Температура технологического процесса при атмосферном давлении и выше, указана в Таблице 3.

Таблица 3

Модель 3051S_C, 3051SHP	
Сенсор с кремнийорганич.жидкостью ¹⁾	
Сорплаг	от -40 до 121°C ²⁾
Традиционное исполнение	от -40 до 149°C ^{2),5)}
С "сухим" фланцем уровня	от -40 до 149°C ²⁾
Со встроенным вентильным блоком модели 305	от -40 до 149°C ^{2),5)}
Сенсор с инертным заполнением ¹⁾	от -18 до 85°C ^{3),4)}
Модель 3051S_T, штуцерная модель	
Сенсор с кремнийорганич.жидкостью ¹⁾	от -40 до 121°C ²⁾
Сенсор с инертным заполнением	от -30 до 121°C ²⁾
Модель 3051SAL (температурные пределы со стороны низкого давления)	
Сенсор с кремнийорганич.жидкостью ¹⁾	от -40 до 121°C ²⁾
Сенсор с инертным заполнением ¹⁾	от -18 до 85°C ²⁾

1. Если температура рабочей среды превышает 85°C, то на каждый градус превышения максимальная температура окружающей среды должна быть снижена на 1,5°C.
2. Предельная температура равна 104°C, при измерении вакуумметрического давления, 54°C - для давлений ниже 3,5 кПа и 100°C и для модели 3051S CD0.
3. Предельная температура равна 71°C, при измерении вакуумметрического давления.
4. Не используется для модели 3051S_CA. Однако, для модели 3051S_CD0 минимальная температура процесса равна 0°C. Примечание: предельная температура равна 350°C, для случая монтажа датчика, с применением выносных разделительных мембран модели 1199 и до 315°C, и при прямом монтаже датчика с мембраной на удлинителе.
5. Предельная нижняя температура равна 20°C, для кода P0.

Модель 3051SAL (температурные пределы со стороны высокого давления)	
Syltherm® XLT	от -75 до 145°C
D.C.® Silicone 704	от 0 до 205°C
D.C.® Silicone 200	от -45 до 205°C
Инертное заполнение	от -45 до 160°C
Водный раствор глицерина	от -15 до 95°C
Neobee M-20	от -18 до 205°C
Водный раствор пропиленгликоля	от -18 до 95°C

Габаритные и присоединительные размеры

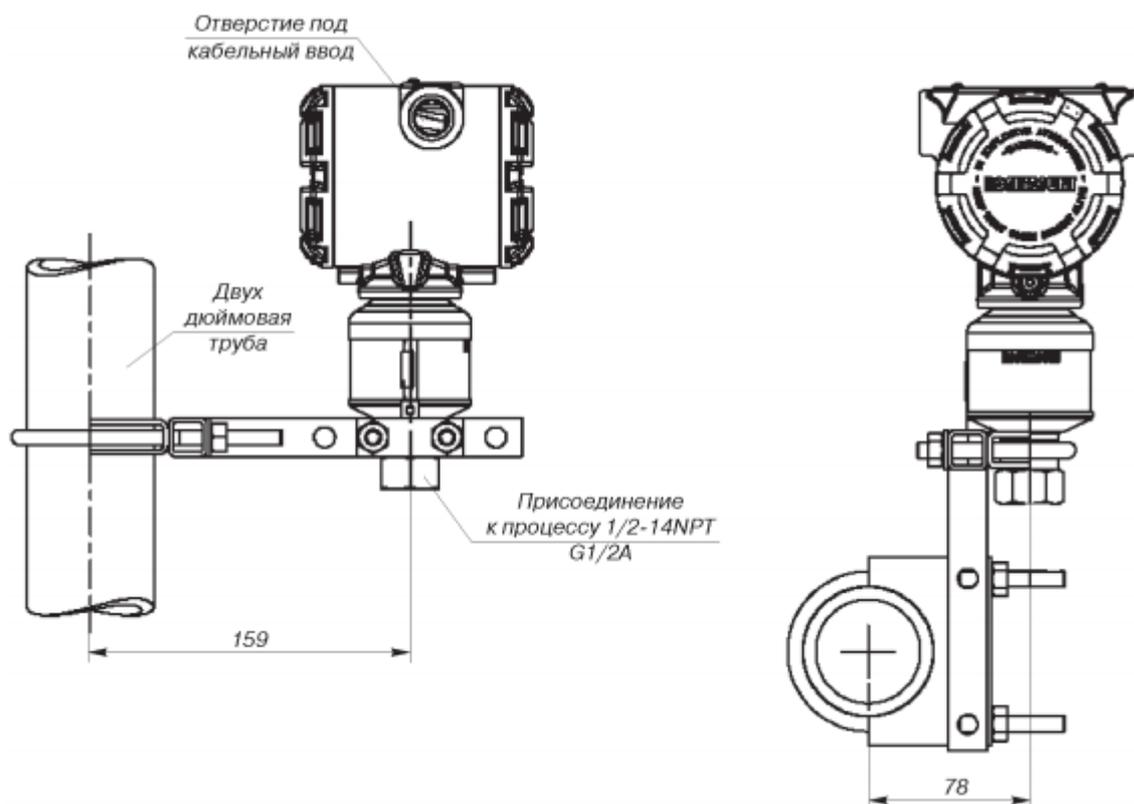


Рисунок 15 - Монтаж преобразователя 3051S с помощью дополнительных кронштейнов

1.8 Выбор сетевого оборудования

1.8.1 Распределенная система управления CENTUM VP R5



Рисунок 16 - Распределенная система управления CENTUM VP R5

YOKOGAWA является первой в мире компанией, представившей распределенную систему управления (PCY) – CENTUM. Начиная с 1975 года, компания продолжает разрабатывать и совершенствовать системы серии CENTUM, в соответствии с требованиями современности. В процессе создания новых поколений CENTUM компания YOKOGAWA продолжает улучшать качество производства, для обеспечения высочайшего уровня надежности своих систем.

Инновации работы в обрабатывающих отраслях промышленности прошли длинный путь с момента установки первых панельных контроллеров управления контурами. Последние 38 лет системы CENTUM развивались в направлении повышения производительности и оптимизации работы предприятия, система CENTUM VP является 8-м поколением серии, и объединила в себе опыт предыдущих поколений и самые современные технологии. Компания YOKOGAWA при проектировании своих приборов учитывает все требования своих заказчиков, не забывая в том числе, о таких важных показателях, как возврат инвестиций (ROI) и общая стоимость владения (TCO).

Компания YOKOGAWA предлагает возможность постепенной миграции от существующей системы CENTUM к последним моделям, это обеспечивает заказчикам преимущества использования ранее установленной системы, позволяя применять самые современные технологии с минимальными затратами на обновление. Предыдущие поколения системы CENTUM могут быть заменены на последнее с

минимальным временем простоя. Компания YOKOGAWA все время стремится удовлетворять потребности заказчика, предоставляя высоконадежные системы управления, созданные на базе самых передовых технологий.

Компания YOKOGAWA реализовала более 23000 проектов CENTUM по всему миру. Решения YOKOGAWA установлены на предприятиях, относящихся к различным отраслям промышленного производства: нефтегазовой, химической, энергетической, целлюлозно-бумажной, фармацевтической, пищевой, металлургической, промышленной переработке, утилизации отходов и водоснабжении. Система CENTUM может обеспечить непрерывное управление технологическим процессом, вне зависимости от специфики процесса.

За годы работы система CENTUM приобрела отличную репутацию, завоевав признание пользователей.

Преимущества системы CENTUM VP

Преимущества для управления производством:

- Это более быстрое выполнение цикла «Планирование – Выполнение – Проверка - Действие» (Plan, Do, Check, Act) для динамичной адаптации. Интеграция Системы Управления Производством (MES) и системы предприятия, обеспечивается за счет использования стандартов ISA95 и B2MML;

- Это наиболее защищенная и стандартизированная информационная интеграция, а также встроенная сертифицированная защита сетевого управления.

Для технического обслуживания:

- Это непрерывное развитие, без ущерба готовности активов. А также постоянное развитие с оперативными обновлениями и модификациями. Является самой надежной платформой, которая не имеет единой точки отказа (т.е. компонентов, отказ которых приводит к отказу всей системы);
- Это долговременная защита инвестиций. Т.е. постепенная и поэтапная миграция, обычно проводится перед каждым новым изданием. Опыт бо-

лее 35 лет обратной совместимости (т.е. это полная совместимость с предыдущими версиями).

Для проекта:

- Это наиболее быстрое выполнение проекта, с меньшими интеграционными рисками. А также удобные интегрированные решения из одного источника, для системы управления (PCU), системы противоаварийной защиты (ПАЗ/SIS) (система приборной безопасности) и универсальной встроенной системы информационного управления предприятием (PIMS), интеллектуальных удаленных терминалов (RTU) и системы SCADA. А также контроллерные модули управления турбинами.
- Однако, система CENTUM VP имеет простую архитектуру, которая состоит из: станций оператора (HIS), станций управления (FCS) и управляющей сети. Эти основные три компонента, могут быть сконфигурированы как в малые, так и в большие комплексы, которые поддерживают до 1000000 тегов.

Конфигурация системы

Независимый контроллер

Станции управления (FCS) системы CENTUM VP, имеет возможность работать и без Станций Оператора (HIS). Однако, основное управление должно осуществляться только с использованием Станций Управления (FCS). Все технологические данные, а также управляющая логика и процедуры, содержатся в контроллерах Станция Оператора (HIS) и работает только в качестве экрана монитора. Аппаратная готовность Станции Управления (FCS) составляет около 99,9999%, что следует из базовой политики при построении изделий. Станции Управления (FCS) разработаны для того, чтобы:

- Предотвращать неисправности за счет расширенной диагностики аппаратных средств и ПО;
- Продолжать управлять установкой даже в условиях неисправности (отказоустойчивость);

- Восстанавливаться в случае возникновения сбоя как можно быстрее (ремонтпригодность).

Отличие концепции построения системы CENTUM VP от концепции КЛИЕНТ-СЕРВЕР

В типичной конфигурации клиент-сервер, когда сервер выходит из строя, все клиентские станции останавливаются. Это означает, что все элементы управления и данные установки будут недоступны, пока не произойдет восстановление сервера. Подобная ситуация является неприемлемой для реальной работы предприятия (установки). Чтобы не допустить выхода сервера из строя требуется дорогостоящая аппаратная часть сервера или резервирование конфигурации всей системы. Станции Управления (FCS) системы CENTUM VP значительно превосходят серверы ПК с точки зрения готовности, даже при использовании резервированной конфигурации.

Каждая Станция Управления (FCS) работает независимо от других, что позволяет снизить риск возникновения серьезных повреждений, которые сказываются на установке, при возникновении одного сбоя. Серверы ПК устаревают за несколько лет непрерывной работы, в то время как Станции Управления (FCS) при соответствующем техобслуживании работают многие годы. Надежность станций управления (FCS) позволяет сократить затраты на ремонт установки, так как установка не выходит из строя. С точки зрения общей стоимости владения (ТСО), Станция Управления (FCS) является наиболее экономически выгодной.

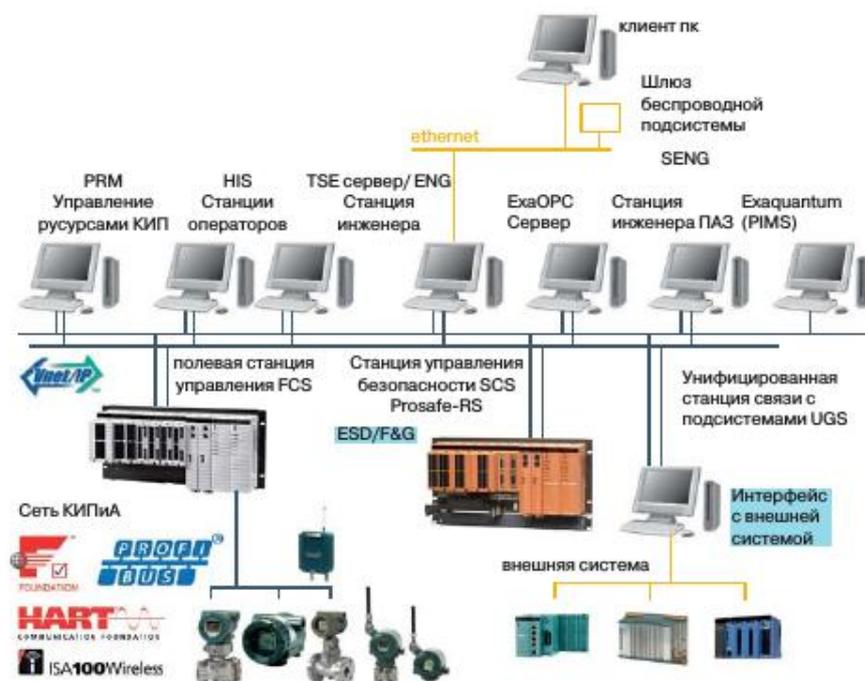


Рисунок 17

Компоненты системы CENTUM VP



Рисунок 18 – Рабочее место оператора

Станция Оператора (HIS)

В качестве станции оператора в системе CENTUM VP используется ПК, на котором установлены программные пакеты функций управления и контроля. Заказчик может выбрать настольный или консольный тип со встроенными дисплеями. Программное обеспечение Станции Оператора предоставляет пользователю защищенную, безопасную и наглядную операционную среду. Данный подход позволяет операторам получать только важную и необходимую информацию и выполнять требуемые действия в режиме реального времени.



Рисунок 19 – Отображение процесса в режиме реального времени

Станция Оператора может иметь до 4000 графических дисплеев. Каждый графический дисплей позволяет включать до 800 переменных процесса с возможностью ежесекундного обновления данных. К каждой Станции Оператора могут быть подключены дополнительные мониторы и одновременно, независимо от их количества, может отображаться до 20 графических дисплеев. Часто используемые комбинации графических дисплеев и других компонентов могут быть помещены в окно быстрого вызова.

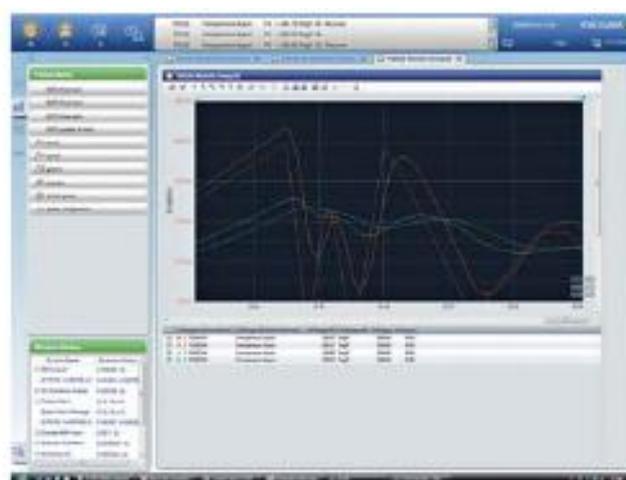


Рисунок 20 – Тренды на панелях быстрого вызова

На одной Станции Оператора могут использоваться до 50 блоков сбора данных тренда. В одном блоке сбора данных тренда содержится 16 групп тренда. Период сбора данных может быть определен для каждого блока и вариантами выбора являются 1 секунда, 10 секунд, 1 минута, 2, 5 и 10 минут. Оператор может легко поместить график тренда для любого определенного пера данных тренда на дисплей графика с помощью операции перетаскивания (drag & drop) независимо от периода сбора данных.

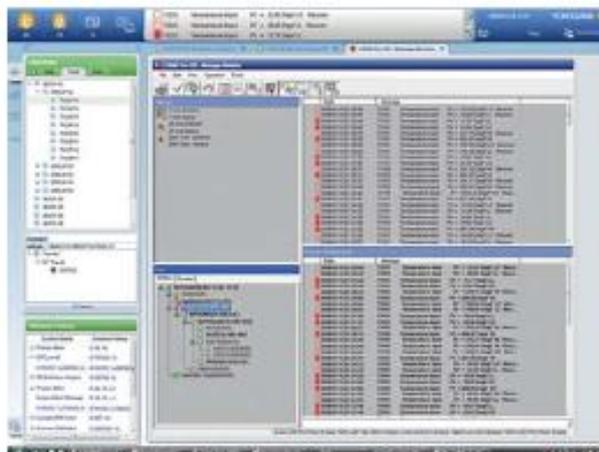


Рисунок 21 – Окно с сообщениями требующими немедленных действий

Сообщения, требующие немедленных действий, передаются только оператору, имеющему к ним непосредственное отношение, во избежание излишней нагрузки на операторов и уменьшения эффективности их работы. В окне управления сигнализациями (СAMS, реализованная, на базе последних изданий руководства ЕЕМUA 191) имеются функции фильтрации, подавления и складирования, построенные на основе политики сигнализаций для каждого технологического процесса, что обеспечивает наиболее безопасную и эффективную работу установки.

Компоненты системы CENTUM VP

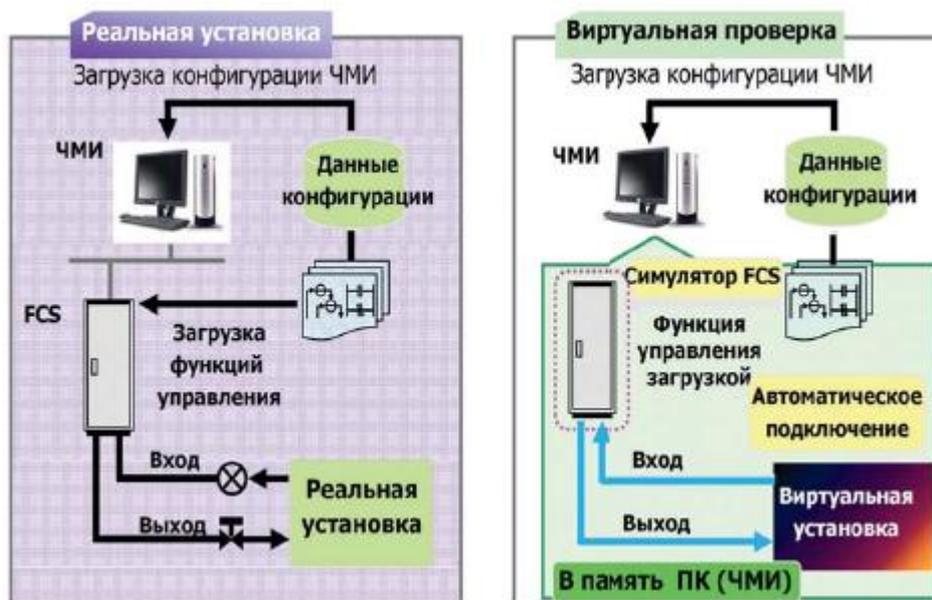


Рисунок 22 – Компоненты системы

Станция инженера (ENG)

Станция Инженера (ENG) это ПК, используемый для конфигурации и техобслуживания системы.

Один ПК может использоваться как в качестве Станции Оператора (HIS) так и в качестве Станции Инженера (ENG), при установке на него соответствующего программного обеспечения.

Станция Инженера (ENG и HIS) имеет виртуальную функцию тестирования, которая позволяет осуществить тестирование алгоритмов управления системы на одном ПК. Виртуальная среда Станции Управления (FCS) и Станции Оператора (HIS) становится доступной, когда управляющие и операторские функции базы данных системы CENTUM могут тестироваться без применения аппаратных средств Станции Управления (FCS). Это позволяет значительно сократить время тестирования приложений и инжиниринга, что приводит к ускорению исполнения проекта и снижению затрат на инжиниринг. Для расширения и модификации системы приложения могут тестироваться и проверяться без какого-либо влияния на реальную работу предприятия. В случаях совместного использования CENTUM VP с системой противоаварийной защиты ProSafe-RS, может быть проведено виртуальное тестиро-

вание обеих систем. Функция виртуального тестирования является также ключевым компонентом при построении тренажера оператора (OTS).

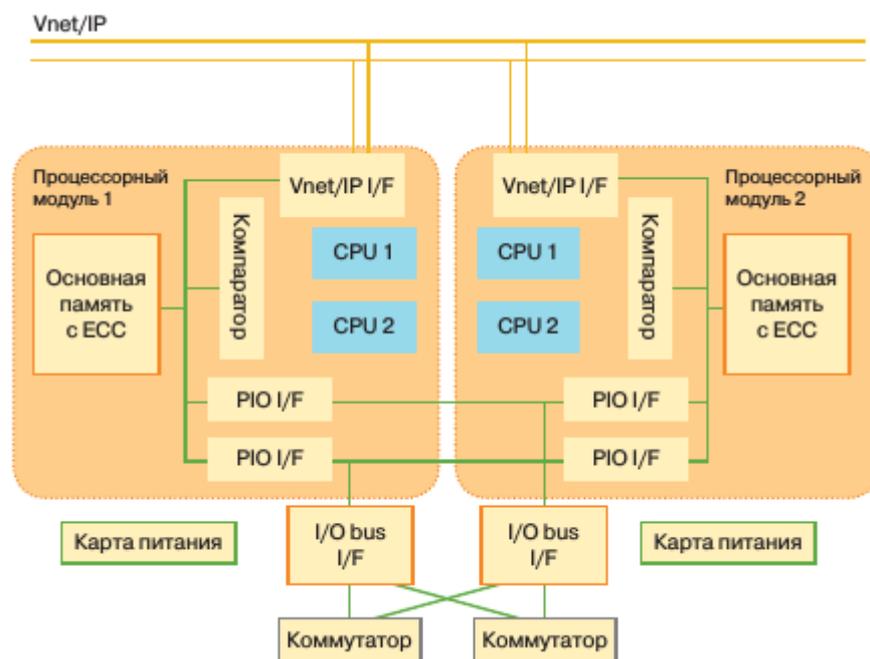


Рисунок 23 – Станция инженера

Для Станций Управления можно выбрать простой (одинарный) или резервированный тип ЦПУ. Для резервированного типа, при обнаружении нештатного состояния управляющего модуля, переключение на резервный процессор происходит в течение одной миллисекунды, чтобы этот сбой не повлиял на работу технологического процесса. Каждый модуль ЦПУ имеет два процессорных ядра, обрабатывающие одни и те же данные одновременно, результаты их вычислений сравниваются. Если результаты не согласуются, то право управления передается на резервный ЦПУ, даже если нештатные ситуации не возникали. Эта технология предназначена для самодиагностики системы, и позволяет повысить надежность работы системы.

Модуль ЦПУ станции FCS может выполнять стандартизованные функции управления в течение любого из следующих возможных периодов считывания, который устанавливается для каждого функционального блока 50, 100, 200, 500 мс или 1с. Указанные периоды считывания данных не включают время, затраченное на преобразование сигнала ввода/вывода в узлах и на передачу данных по шине данных. В каждой FCS имеется 8 слотов для модулей ввода/вывода; в них можно устанавливать любые типы модулей ввода/вывода. Также к одной Станции Управления

можно дополнительно подсоединить до 14 узлов расширения ввода/вывода, по 8 слотов для модулей ввода/вывода в каждом. Для подключения узлов расширения ввода/вывода существует два типа сетей. Первый тип – это шина ESB (128 Мб/с) со специальным оборудованием компании YOKOGAWA. Второй – оптическая ESB шина на базе аппаратных средств Ethernet; ее протяженность можно увеличивать за счет использования повторителей Ethernet до 50 км при помощи ВОЛС (волоконно-оптической линии связи), что особенно актуально в случае разнесенных в пространстве производств. Обе сети ввода/вывода могут быть резервированными.

Станция Управления (FCS) представляет широкий выбор модулей ввода/вывода, и к ней может быть подключено все разнообразие устройств полевой сети, для решения любых производственных задач. Возможность обработки различных типов сигналов (4-20 мА, 1-5 В, Прямой ввод (Т/С, RTD), дискретный ввод/вывод). Поддержка различных полевых цифровых интерфейсов Foundation Fieldbus, PROFIBUS, EtherNet/IP, MODBUS, HART, ISA100. Все типы модулей могут быть выполнены в резервируемой конфигурации и со встроенной функцией самодиагностики модулей для быстрого переключения и минимизации влияния на процесс управления. Для резервированной конфигурации допускается «горячая» замена неисправной аппаратуры без воздействия на другие модули: ЦПУ, ввода/вывода, сетевых кабелей шины ввода/вывода и т.д. Инженеры могут менять конфигурацию контроллеров и HIS в оперативном режиме(online) без воздействия на другие станции.

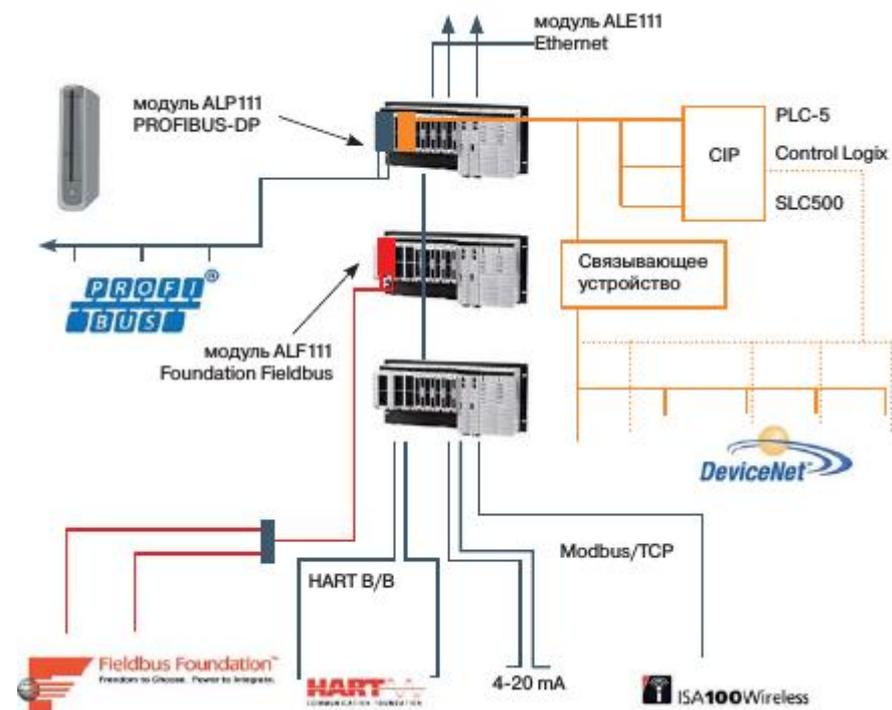


Рисунок 24 – Различные модули ввода и вывода информации

1.9 SCADA–система Trace Mode

SCADA TRACE MODE ® - это современная программная отечественного производства для автоматизации технологических процессов (АСУ ТП), диспетчеризации, телемеханики, учета ресурсов (АСКУЭ, АСКУГ) и автоматизации зданий.

В моей работе данная программа была использована, чтобы показать, как могло бы выглядеть автоматизированное рабочее место оператора.

Создание статического изображения.

Начнем с создание рамки. Для этого, необходимо левой кнопкой мыши щёлкнуть по иконке : . Находится она на панели инструментов, щелкнув на . Далее следует выбрать подходящий вариант, из всех предложенных – значок рамки (рис. 25). Щелчком левой клавиши мыши необходимо задать противоположные углы рамки. Для попадания в режим редактирования необходимо так же щелчком левой клавиши мыши нажать на иконку - .

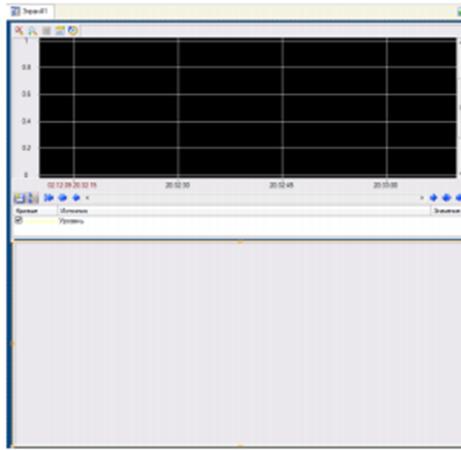


Рисунок 25 - Размещение рамки

2) Следующий этап - создание ёмкости. Для этого необходимо найти значок -  на панели инструментов, и щёлкнуть по нему левой кнопкой мыши. Если значок отсутствует на панели инструментов, найти его можно щёлкнув по одной из иконок левой кнопкой мыши: , , , , , , , , , , или . Далее следует поместить ёмкость на экране, задав её противоположные углы щелчком левой кнопкой мыши по иконке - . Получим необходимую нам ёмкость похожую на ту, что показана на рисунке 26.

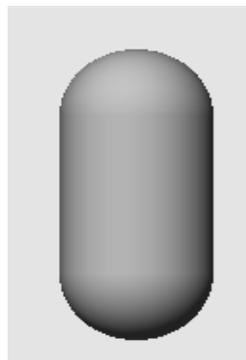


Рисунок 26 - Создание ёмкости

Свойства объекта можно найти, щелкнув по созданной ёмкости левой кнопкой мыши или выделив её. В этом окне можно изменить такие свойства, как, например: материал; верхний и нижний край; толщина стенок; стандартная структура. Например, если изменить толщину стенок объекта, верхний край и материал, получим ёмкость как на рисунке 27.



Рисунок 27 – Создание емкости с изменением толщины стенок, материала и верхнего края.

3) Следующий наш шаг – это создание насоса. Для того чтобы создать насос, необходимо нажать на соответствующий значок -  и из предложенных инструментов выбрать нужный - . Затем повторяем все те шаги, что и при создании ёмкости. Выбираем материал и нужную форму насоса, получим статическое изображение, как на рисунке 28.



Рисунок 28 - Размещение насоса

4) Заключительным этапом становится - создание труб. Нужно щёлкнуть левой кнопкой мыши по нужной иконке - , выбрать среди предложенных инструментов следующий значок - . Далее следует сделать саму трубу, по которой продукт будет проходить до ёмкости, откуда потом попадёт в насос. Чтобы это сделать, нужно щелчком левой кнопки мыши отметить начало трубы. Затем следует перевести курсор в местоположение изгиба трубы и снова щёлкнуть левой кнопкой мыши. Так нужно проделать со всеми точками изгиба трубы, и когда курсор попадает на место конечной точки трубы, следует щёлкнуть правой кнопкой мыши и завершить

создание текущей трубы. Таким образом делаем все необходимые трубы. Для того, чтобы отредактировать свойства нужной нам трубы, нужно выделить её - откроется дополнительное окно свойств. Далее изменяем параметры нужные нам поля. Статическое изображение примет вид как на рисунке 29.

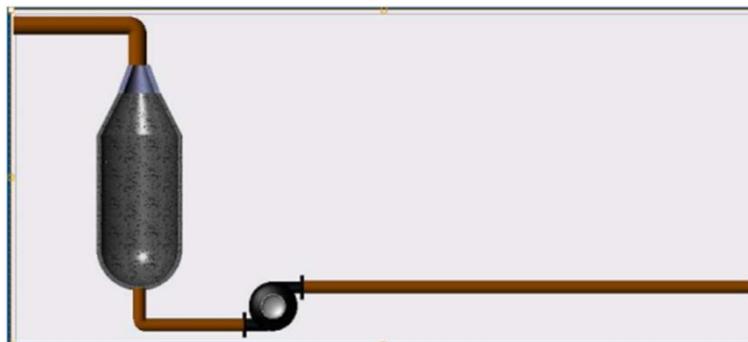


Рисунок 29 – Процесс создания труб

Соблюдая все этапы создания, мы получили статическое изображение автоматизированного рабочего места оператора - рисунок 30.

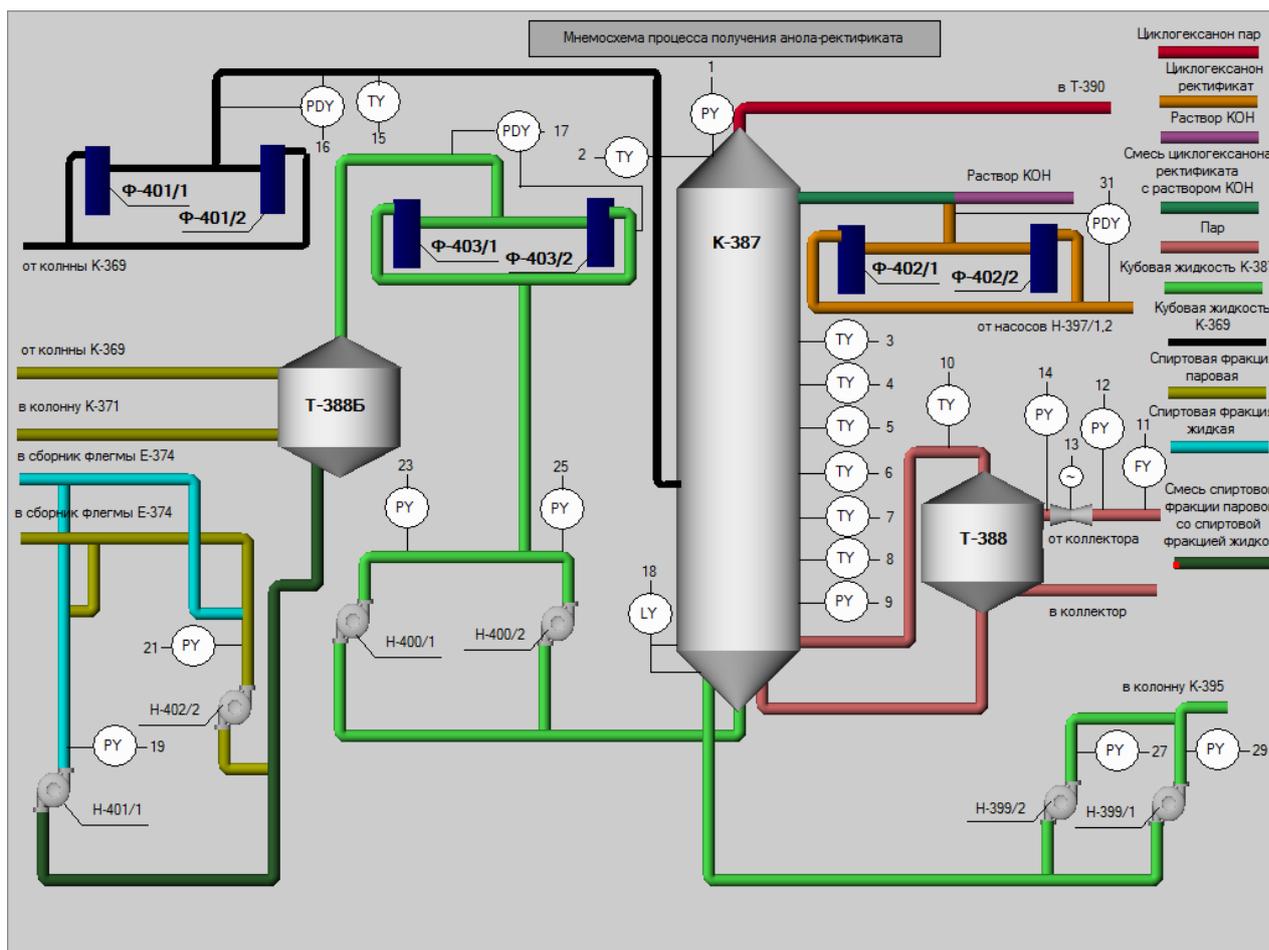


Рисунок 30 - Статическое изображение АРМ оператора.

2 Расчётная часть

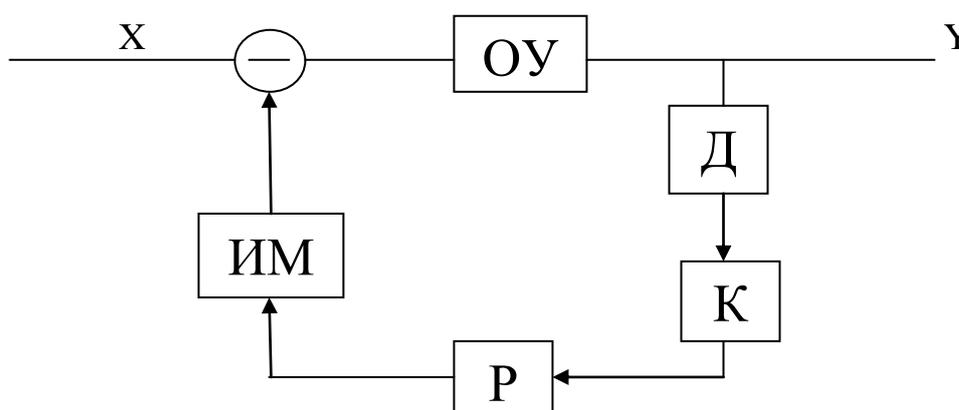
2.1 Расчёт параметров устойчивости системы автоматического регулирования в статическом и динамическом режимах

Динамические и статические свойства объекта регулирования (далее О Р) получают аналитическую оценку, по результатам решения дифференциальных уравнений, которые, в свою очередь, составлены на основании материального баланса объекта и энергетического баланса объекта.

Статические свойства объекта регулирования, обуславливают способность объекта сохранять не только состояние равновесия, но и взаимосвязь между его различными состояниями покоя. В проекте данная связь, представляет собой зависимость между входной ($X_{вх}$) и выходной ($Y_{вых}$) величинами в установившемся режиме.

Разработана система автоматического регулирования уровня в баке, нейтраллизаторе 38 (контур 4), а также на структурной схеме системы обозначены:

1. ОР - объект регулирования;
2. Д – первичный прибор (датчик);
3. К – прибор усиления или ослабления сигнала;
4. Р – прибор регулирующего воздействия (регулятор);
5. ИМ - исполнительный механизм.



2.1.1 Определение графическим методом общей статической характеристики цепи обратной связи – ДРИМ

Для определения графическим методом, следует изобразить статические характеристики этих звеньев в виде графика. Так, в первой четверти находится статическая характеристика датчика, а во второй - регулятора, в третьей же – исполнительного механизма.

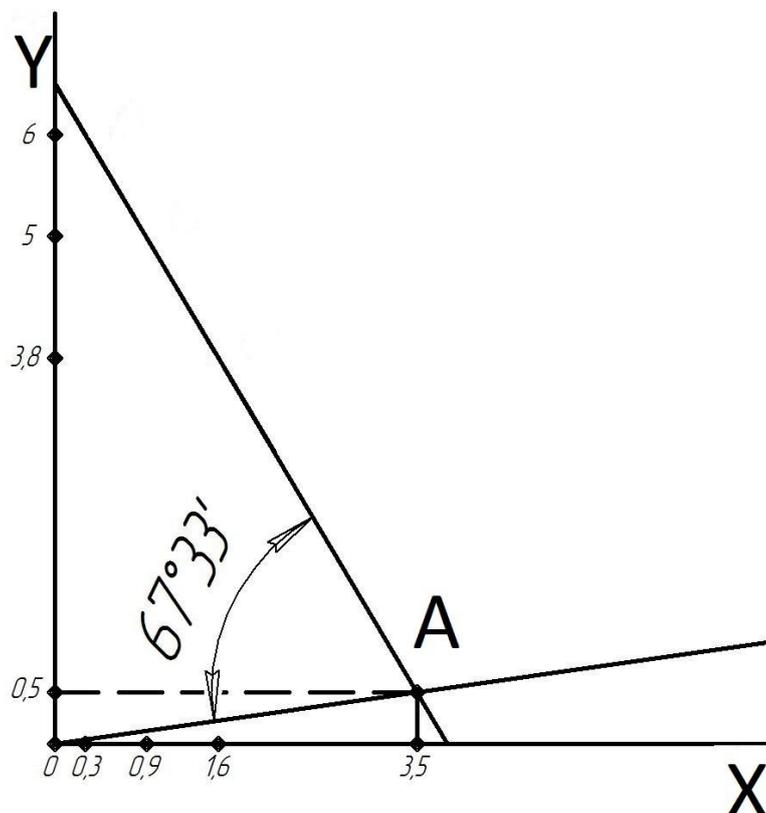
Далее разбиваем ось X_d на равные отрезки от 1 до 3, для определения статической характеристики которая и укажет нам на результат. Из точек 1, 2, 3 мы проводим перпендикулярные линии пока не пересечем линейную статическую характеристику датчика. Получаем т.А1, т.В1, т.С1 и т.д.

Из получившихся точек, мы проводим горизонтальные линии, до пересечения со статической характеристикой регулятора в т.А2, т.В2, т.С2.

Далее из этих точек, мы опускаем перпендикуляры до пересечения с характеристикой исполнительного механизма. Получаем т.А3, т.В3 т.С3. Отсюда получается, что горизонтальное положение оси Y_p меняется на вертикальное.

Из вновь полученных точек, мы проводим горизонтальные линии - до пересечения с соответствующими перпендикулярными линиями из т.А1, т.В1, т.С1.

Далее, из теоритических методик автоматического регулирования, мы знаем, что при пересечении двух статических характеристик под углом от 60° до 90° , система показывает хорошую устойчивость.



Для того, чтобы рассчитать динамический коэффициент регулирования D , следует рассмотреть общую статическую характеристику объекта и статическую характеристику обратной связи.

По характеристике ДРИМ, мы можем определить вероятный отклонения входного параметра, который равен от 0 до 3,3, т.е $\Delta X_{вх} = 3,3$.

Далее нужно перенести эти две точки на характеристику объекта, и найти $\Delta Y = 0,5$. Подставим эти значения в выражение, получим:

$$D = \Delta Y / \Delta X_{вх}$$

$$D = 0,5 / 3,3 = 0,16$$

Из теоретических методик АСУ ТП известно, что при D равном 1 система имеет наилучшую передачу сигнала в замкнутом контуре, а при D больше 1 в цепь обратной связи необходимо включать ослабляющий сигнал; при D меньше 1 в цепь обратной связи получается, что:

$$K=1/D;$$

$$K=1/0,16=6,3$$

В цепь мы включаем усилительный элемент. Для получения динамического коэффициента, который равен единице, к цепи обратной связи подключается усиливающий элемент, который равен коэффициенту передачи $K=6,3$.

2.1.3 Определение аналитического выражения регулирующей системы – ДРИМ

Из функциональной схемы управления можно увидеть, что Y_d ; X_p ; Y_p ; $X_{им}$ равны между собой. Мы должны подставить уравнение датчика в уравнение регулятора. Полученное уравнение, необходимо подставить в уравнение ИП. Получаем следующее:

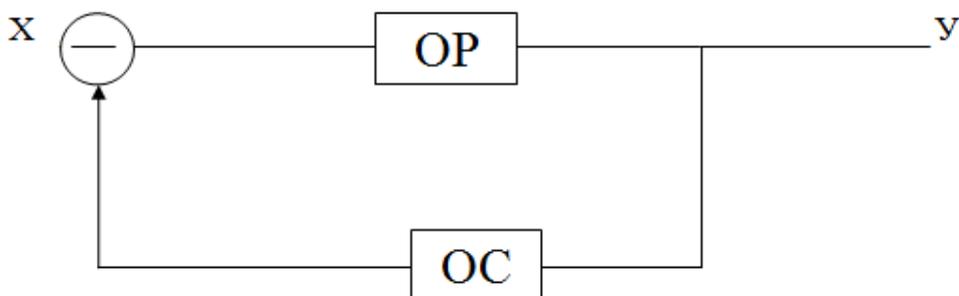
$$Y_{им} = \frac{NY}{(N^2 + 8)^{\frac{1}{2}}} = \frac{7}{\sqrt{57}} * \sqrt{\frac{7}{2}}(X + 2) = 1,7X + 6,7$$

В результате получаем выражение: $Y_{им} = 6,7 + 1,7X_{дат}$.

Данное выражение будет являться ДРИМ, которую мы получили аналитическим способом. Оно также помогает обрисовать статическую характеристику цепи обратной связи, полученную с помощью графика.

2.1.4 Нахождение аналитическим способом рабочей точки системы.

Для того, чтобы определить координаты рабочей точки системы по аналитическому выражению, следует построить структурную схему полученной системы, как два элемента, для нахождения связи регулирующих параметров.



Так как, в основном, статические характеристики представляются в виде прямых линий, то необходимо найти точку пересечения этих двух прямых линий, которые задаются уравнениями:

$$\begin{cases} Y_{\text{им}} = 6,7 + 1,7X_{\text{дат}} \\ Y_{\text{вых}} = X_{\text{вх}}/N \end{cases}$$

Обозначаем $X_{\text{д}}=X_{\text{вх}}=X$; $Y_{\text{им}}=Y_{\text{вых}}=Y$, в результате получим

$$Y = 3,4 - 1,7X$$

$$Y = 0,4 X$$

Далее мы решаем систему уравнений и находим координаты рабочей точки, получается:

$$X = 3,4; Y = 0,9$$

$$A (3,4; 0,9)$$

Из полученных данных, делаем вывод, что координаты точки А совпадают при графическом и аналитическом способе исследования.

2.1.5 Определение передаточных функций элементов системы

Нахождение передаточных функций, относится к расчету динамических параметров системы.

Передаточная функция О Р представлена уравнением:

$$W_{op}(p) = \frac{N^2 + 1}{N^2 + 4} p = \frac{7^2 + 1}{7^2 + 4} p = 0,9/p;$$

Передаточная функция Д:

$$W_{\text{дат}} = \frac{4p + 3}{p + 5/N} = \frac{4p + 3}{p + 5/7} = \frac{4p + 3}{p + 0,7};$$

Передаточная функция Р:

$$W_p = \frac{p+6}{p+N/6} = \frac{p+6}{p+7/6} = \frac{p+6}{p+1,2};$$

Передаточная функция И М:

$$W_{ИМ} = \frac{4+N}{4Np} = \frac{4+7}{4*7p} = \frac{0,4}{p}$$

Данные звенья включены друг за другом, т.е. последовательно. Для определения передаточной функции обратной связи, мы берем произведение передаточной функции звеньев, получаем следующее:

$$\begin{aligned} W_{oc}(p) &= W_d(p) * W_p(p) * W_{ИМ}(p) * W_k(p); \\ W_{oc}(p) &= \frac{p+6}{p+1,2} * \frac{4p+3}{p+0,7} * \frac{0,4}{p} * 6,3 = \\ &= \frac{(4p^2 + 27p + 18) * 2,68}{(p^2 + 1,9p + 0,1)p} = \frac{10,72p^2 + 72,36p + 48,24}{p^3 + 1,9p^2 + 0,1p} \end{aligned}$$

2.1.6 Определение передаточной функции системы регулирования.

Для того чтобы найти передаточную функцию системы, используем уравнение:

$$W_c(p) = \frac{W_{op}(p)}{1 + W_{op}(p) * W_{oc}(p)}$$

Далее следует подставить в данное выражение все имеющиеся составляющие передаточные функции. Преобразуем итоговое выражение:

$$W_c(p) = \frac{0,9/p}{1 + 0,9/p * \frac{10,7p^2 + 72,4p + 48,2}{p^3 + 1,9p^2 + 0,84p}} = \frac{0,9p^3 + 1,7p^2 + 0,8p}{p^4 + 1,9p^3 + 9,7p^2 + 65,2p + 43,4}$$

Для выявления временной функции переходного процесса, следует упростить уравнение, убрав из него выражения передаточной функции в числителе. Получаем следующее выражение:

$0,9p^3 + 1,7p^2$, а в знаменателе $p^4 + 1,9p^3$.

Передаточная функция принимает следующий вид:

$$W_{\text{пер}}(p) = \frac{0,8p}{9,7p^2 + 65,2p + 43,4} = \frac{0,8p}{9,7p^2 + 6,7p + 4,5} \approx \frac{0,08p}{p^2 + 6,7p + 4,5}$$

Из себя оно представляет, характеристику частоты переходного процесса, которая показывает реакцию системы на входной гармонический сигнал.

2.1.7 Определение временной функции переходного процесса и критерия устойчивости САР по характеристическому уравнению

Способность системы к устойчивости можно определить по положению корней характеристики p_1 и p_2 в системе координат (в координатах мнимых Im и действительных Re чисел).

Для того чтобы найти корни характеристического уравнения, нужно знаменатель умножить на 0, получим:

$$p^2 + 6,7p + 4,5 = 0$$

Решение данного уравнения:

$$p_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

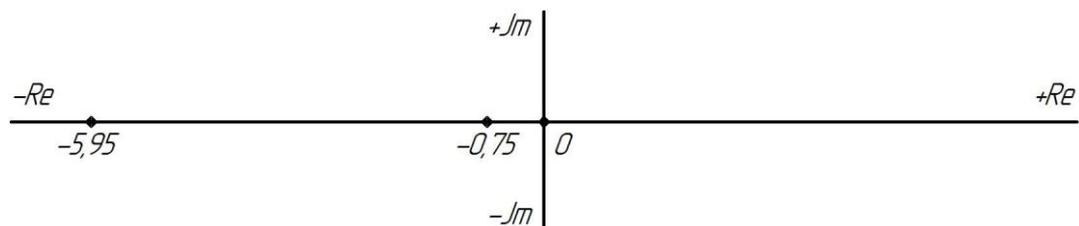
Далее выводим дискриминант:

$$D = \sqrt{b^2 - 4ac} = \sqrt{6,7^2 - 4 * 4,5} = \pm 5,2i$$

$$p_1 = -0,75$$

$$p_2 = -5,95$$

По критерию Ляпунова известно, что если два положения корней находятся в левой части системы координат относительно оси Im , то система обладает устойчивостью.



Следовательно, в результате видоизменения на входе, в системе появляется регулирующее воздействие, при котором система стремится к своему изначальному состоянию.

2.1.8 Определение параметров устойчивости системы управления по годографу

Способность замкнутой системы к устойчивости можно определить с помощью амплитудно-фазовой частотной характеристики АФЧХ или Годографа:

Передаточная функция всей системы выглядит так:

$$W_c(p) = \frac{0,9p^3 + 1,7p^2 + 0,8p}{p^4 + 1,9p^3 + 9,7p^2 + 65,2p + 43,4}$$

Для определения устойчивости системы мы воспользуемся критерием Найквиста. В уравнении необходимо заменить оператор Лапласа p на jw , получим следующее выражение:

$$Y = \underbrace{0,9w^3}_{\text{Re}} + 1,9 \underbrace{0,7w^2}_{\text{Re}} + 9,7 \underbrace{0,8w}_{\text{Re}} + 65,2(jw) + 43,4$$

$$Y = \underbrace{0,9w^3}_{\text{Im}} - 1,9jw^3 - 9,7w^2 + 65,2jw + 43,4$$

Уравнение делится на действительную и мнимую части:

$$\text{Re}(w) = 43,4 - 9,7w^2 + w^4$$

$$\text{Im}(w) = 65,2w - 1,9w^3$$

Для того чтобы найти реперные точки годографа, мы должны взять мнимую часть и приравнять её к нулю для нахождения частоты:

$$\text{Im}(w) = 0$$

$$65,2w - 1,9w^3 = 0$$

$$w \underbrace{(65,2 - 1,9w^2)}_{\text{Re}} = 65,2 - 1,9w^2 = 0$$

$$1,9w^2 = 65,2$$

$$w^2 = 34,3$$

$$w_{1,2} = \pm \sqrt{34,3}$$

$$w_1 = +5,9$$

$$w_2 = -5,9$$

$$w_3 = 0$$

Далее нам необходимы только положительные значения частоты которые понадобятся в выражение действительной части:

$$\operatorname{Re}(5,9) = 43,4 - 9,7 * 5,9^2 + 5,9^4 = 908,4$$

$$\operatorname{Re}(0) = 43,4$$

Теперь необходимо найти частоты, но только при том, что действительная часть равна нулю:

$$\operatorname{Re}(w) = 0$$

$$43,4 - 9,7w^2 + w^4 = 0$$

$$w^4 - 9,7w^2 + 43,4 = 0$$

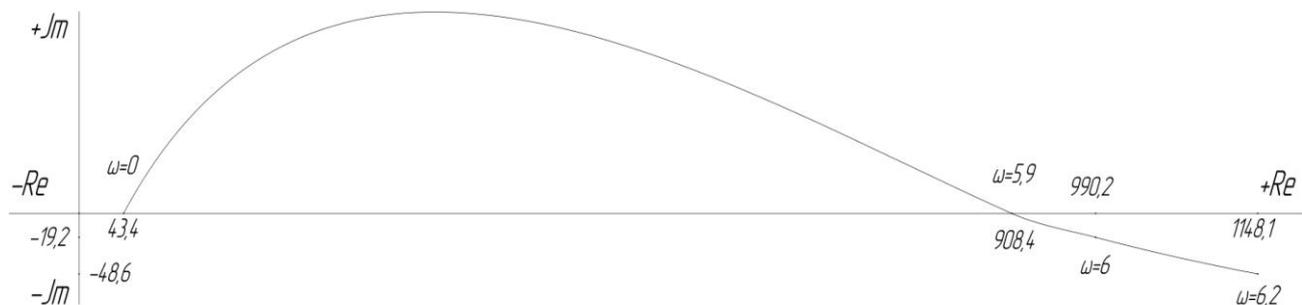
Для упрощения добавим переменную, $w^2 = x$ и получаем квадратное уравнение:

$$x^2 - 9,7x + 43,4 = 0$$

Во время решения этого уравнения убедимся, что у него мнимые корни. Это означает, что годограф даже не касается мнимой оси.

Далее проследим за поведением годографа, при условии, что частотах w будет больше 5,9. И мы округлим w до 6 и w до 6,2, в итоге получаем $\operatorname{Re}(6) = 990,2$ $\operatorname{Re}(6,2) = 1148,1$ и $\operatorname{Im}(6) = -19,2$ $\operatorname{Im}(6,2) = -48,6$. Все найденные точки отметим на оси координат.

На плоскости чертежа, отмечаем полученные точки с отметкой частоты, какой они принадлежат. Проведем кривую линию через полученные реперные точки, двигаясь в сторону увеличения частоты. Это и будет кривая Годографа.



Таким образом, кривая не должна пересекать ось Re в отрицательной полуплоскости за пределами точки $(-1, i0)$, согласно критерию Найквиста. Из этого критерия также следует, что данная САР имеет устойчивость.

2.2 Расчет и выбор исполнительного устройства

2.2.1 Расчёт пропускной способности для жидкостей

Рассчитать коэффициент пропускной способности для жидкостей, можно по формуле:

$$Kv = Q \sqrt{\frac{\rho}{1000 \cdot \Delta p}}$$
$$\Delta p = p_1 - p_2$$

Где, Q – это расход жидкого вещества, $\text{м}^3/\text{ч}$,

ρ – это плотность жидкого вещества, $\text{кг}/\text{м}^3$;

p_1 – это входное давление, МПа абс.;

p_2 – это выходное давление, МПа абс.;

Δp – это перепад давления на клапане, Мпа.

Получаем уравнение:

$$Kv = 18034,3 \sqrt{\frac{1,109}{1000 * 0,3}} = 1082$$

В некоторых случаях, при больших перепадах давления на клапане, возможна кавитация. Чтобы рассчитать допустимый перепад давления жидкости на клапане используем формулу:

$$\Delta p \leq 0,6 \cdot p_1$$

Так как при расчёте пропускной способности не учитывается ряд факторов, которые влияют на работу клапана, для выбора клапана используется коэффициент пропускной способности Kvs , который учитывает коэффициент запаса равный 1,3:

$$K_{vs} = 1,3 \cdot K_v$$

2.2.2 Расчет внутреннего диаметра трубопровода

Для веществ с жидким агрегатным состоянием

$$DN = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot w \cdot 3600}}, \text{ м}$$

По имеющимся данным в справочниках, а также исходя из заданного расхода жидкости, средняя скорость течения жидкости в трубопроводе приравнивается к двум метрам в секунду.

Таким образом, получаем уравнение:

$$DN = \sqrt{\frac{40000}{22680}} = 1,3 \text{ м}$$

2.3 Расчет и выбор кабеля и автоматического выключателя питающей сети СИ и А

2.3.1 Расчет сечения питающего кабеля

Количество и размер жил проводов и кабелей, которые питают и распределяют сети системы электропитания средствами автоматизации, выбирается из условий нагрева I_a , а также механической прочности с последующим выявлением потери U_b .

Температура нагрева основной части проводов и кабелей, не должна превышать $+60^\circ\text{C}$ - $+70^\circ\text{C}$, согласно правилам установки и эксплуатации, при температуре окружающей среды и при прокладывании в воздухе $+23^\circ\text{C}$ - $+26^\circ\text{C}$, а также при укладке кабеля в земле $+13^\circ\text{C}$ - $+16^\circ\text{C}$.

Отсюда определить величину расчетного тока I_p однофазных приемников, при включении в двухпроводную сеть переменного тока можно по данной формуле:

$$I_p = P_{\text{расч.}} / U_n, \text{ А}$$

Где $P_{\text{расч.}}$ – расчетная мощность, а Вт равна сумме номинальных мощностей всех подключенных электроприемников; U_n – это номинальное напряжение в сети.

$$I_p = 13640 / 220 = 62 \text{ А}$$

Отклонение напряжения на зажимах приемников электрической энергии dU не должно превышать +10%, согласно ПУЭ. В связи с этим, каждый участок электрической сети, должен быть проверен на потерю напряжения в линии dU .

Для того чтобы определить потерю напряжения в линии dU , для линий постоянного тока и однофазного переменного тока, используем формулу, без учета реактивной мощности:

$$dU = \frac{2P_p * L}{U_{ном} * Y(y\partial) * S}, B$$

Где L – это длина определенного участка линии, а Y (уд) – это электрическая проводимость материала жилы провода (удельная) :

Например для меди - 57 м/Ом*мм²; где S – сечение провода , а мм равен 2.

Потери также считаются допустимыми, если выполнено условие: $dU < dU_{доп}$

Где $dU_{доп}$ – это допустимые отклонения напряжения, В.

Если превышаетя допустимая потеря напряжения и увеличивается сечение жил кабеля, то расчет dU повторяется, например:

$$dU = (2299 * 500) / (220 * 57 * 16) = 5,7В$$

2.3.2 Расчет и выбор автоматического выключателя

Существует несколько видов автоматических выключателей:

1. С электромагнитным расцепителем – в основном, для защиты от коротких замыканий;
2. С тепловым расцепителем – для защиты от перегрузок;

Дано:

Известно, что расчетный ток питающей сети однофазного переменного тока равен $I_p = 67,4А$.

Далее выбирается номинальный ток выключателя, равный $I_{ном выкл} = 63А$

По время - токовыми характеристиками определяются параметры расцепителей. Также принимаются расцепители зоны К, которые предназначены для защиты электроизмерительных приборов, а также осветительных цепей. В данном случае отношение I/I_n ($I_{уст магн} / I_{ном выкл}$) лежит в пределах от 10 – 10,7 от номинального то-

ка выключателя.

Далее по формуле найдем действительные токи срабатывания электромагнитного расцепителя выключателя:

$$10I_{\text{ном выкл}} < I < 10,7 I_{\text{ном выкл}}$$

$$630\text{A} < I < 674\text{A}$$

По времени - токовая характеристика определяется действительным временем срабатывания теплового расцепителя, получаем:

$$50\text{с} < t_{\text{ср}} < 90\text{с}$$

Для того чтобы выбрать тип выключателя, используем структуру условного обозначения, например выключатель автоматический, однополюсный или промышленного исполнения, номинальный ток 63А или с тепловым и электромагнитным расцепителями, где характеристика расцепления К, а независимый расцепитель равен 220V переменного тока.

ВА61F29 - 1К63+РН~220V УХЛ3, паспорт ИУкЖ.641232.015ТУ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе представлена система автоматического управления (САУ) процесса получения анода-ректификата.

Дано описание технологического процесса, классификация технологического объекта и системы автоматического управления.

Представлено описание систем контроля и регулирования. С учетом предельных значений параметров, условий эксплуатации выбраны современные средства автоматизации:

- преобразователь перепада давления- Yokogawa EJX110A
- датчики температуры- Метран ТСПУ 276
- датчики давления - Yokogawa EJX510-A
- датчик расхода вихревого принципа измерения – Yokogawa DY0150
- преобразователь давления измерительный - Rosemount 3051S

Дано описание принципа работы, назначений, технических характеристик приборов, а также, распределенной системы управления CENTUM VP R5.

Для выполнения расчета САР выбран контур автоматического регулирования автоматического регулирования уровня в баке, нейтрализаторе 38 (контур 4), . В результате аналитического исследования САР в статическом режиме сделан вывод:

- при заданных статических характеристиках объекта, датчика, регулятора и исполнительного механизма САР характеризуется хорошей устойчивостью;

- для получения динамического коэффициента $D = 1$ в цепь обратной связи САУ необходимо включить ослабительный элемент с $K = 6,3$. В результате аналитического исследования САР в динамическом режиме при заданных передаточных функциях объекта регулирования, датчика, регулятора, исполнительного механизма сделан вывод, что выбранная САР является устойчивой системой.

Список используемой литературы

1. Алексеев, Владимир Васильевич Основы программирования логических контроллеров: учебное пособие/В. В. Алексеев, В. С. Коновалова; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский гос. электротехнический ун-т "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина) Санкт- Петербург: ЛЭТИ,2016

2. Васильева, Н. Г. Разработка и оформление функциональных схем автоматизации: учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию по направлению подготовки бакалавров 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» по курсу Автоматизация техно Кумертау: Респ. Башкортостан, 2016

3. Вихревой расходомер Yokogawa DY0150, 2016 URL: <http://www.yokogawa.ru/upload/iblock/229/229d64290637fcf0b64da7bf485e9404.pdf> (Дата обращения: 18.05.2018)

4. Волков, Андрей Анатольевич Расчет систем электроосвещения с применением систем автоматизированного проектирования: методические указания по дисциплине "Программные средства автоматизации" для студентов бакалавариата. Москва: МГСУ, 2015

5. Гаврилов, Александр Николаевич - Теория автоматического управления технологическими объектами (линейные системы): учебное пособие/А. Н. Гаврилов, Ю. П. Барметов, А. А. Хвостов; Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий" Воронеж: ФГБОУ ВО "ВГУИТ", 2016

6. Датчик абсолютного давления Yokogawa EJX510-A, 2017 URL: <http://yokogawa.nt-rt.ru/images/manuals/EJX510A.pdf> (Дата обращения: 18.05.2018)

7. Датчик давления измерительный – преобразователь Rosemount 3051S, 2015 URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0107-4801.pdf> (Дата обращения: 18.05.2018)

8. Елизаров, Игорь Александрович Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA-системы: учебное пособие для студентов высших учебных

заведений, обучающихся по направлению подготовки "Автоматизация технологических процессов и производств"/И. А. Елизаров [и др.] Тамбов: ТГТУ, 2015

9. Измерительный датчик перепада давления – преобразователь Yokogawa EJX110A, 2017 URL: <http://yokogawa.nt-rt.ru/images/manuals/EJX110A.pdf> (Дата обращения: 18.05.2018)

10. Ильюшин, Юрий Валерьевич, сост. Управление технологическими процессами: методические указания и задания к курсовому проекту для студентов магистратуры направления 27.04.04/Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный ун-т, 2017

11. Кавалеров, Максим Владимирович Компьютерные технологии управления в технических системах: учебное пособие/М. В. Кавалеров; М-во образования и науки РФ, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Пермский нац. исслед. политехнический университет Пермь: Изд-во Пермского нац. исслед. политехнического ун-та, 2015

12. Лыков, Анатолий Николаевич Микропроцессорные средства автоматизации энергетических систем учебное пособие: в двух частях/А. Н. Лыков, Р. В. Катаев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образов Пермь: Изд-во Пермского нац. исслед. политехнического ун-та, 2017

13. Любарский, Дмитрий Романович Программно-технические средства противоаварийного управления локального уровня/Д. Р. Любарский; под ред. М. Ш. Мисриханова Москва: Энергоатомиздат, 2015

14. Магергут, Валерий Залманович Автоматизированные системы управления (оптимизационные задачи и SCADA-системы): лабораторный практикум: учебное пособие по дисциплине "Техническое и программное обеспечение информационных систем в промышленности" для студентов направления бакалавриата 230400 Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014

15. Мезин, Сергей Витальевич Разработка АСУ на базе среды программирования Codesys и Scada-системы Trace mode с организацией передачи данных посред-

ством OPC-сервера: С. В. Мезин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Нац. исследовательский ун-т "МЭИ" Москва: Изд-во МЭИ, 2015

16. Мятёж, Сергей Владимирович Промышленные контроллеры: учебное пособие/С. В. Мятёж; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет, [Факультет механики и автоматизации] Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016

17. Определение параметров устойчивости САР URL: https://studopedia.su/20_67766_raschetnaya-chast.html (Дата обращения: 04.04.2018)

18. Пантелеев, Владимир Николаевич Основы автоматизации производства: учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы начального профессионального образования/В. Н. Пантелеев, В. М. Прошин Москва: Академия, 2017

19. Попов, Валерий Павлович Человеко-машинный интерфейс: учебно-методическое пособие/В. П. Попов, Н. В. Соловьев; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. автономное образовательное учреждение высш. образования Санкт-Петербургский гос. ун-т аэрокосмического прибор Санкт-Петербург: ГУАП, 2016

20. Преобразователь температуры аналоговый с унифицированным выходным сигналом Метран ТСПУ 276 – 2017 URL: http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues/DT/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-271_274_276.pdf (Дата обращения: 18.05.2018)

21. Сольнищев, Ремир Иосифович Внедрение систем автоматизации проектирования: учебное пособие/Р. И. Сольнищев, Л. И. Гришанова; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высшего проф. образования Санкт-Петербургский гос. ун-т аэрокосмического прибор Санкт-Петербург: ГУАП, 2014

22. Щербаков, Михаил Александрович, Ред. Проблемы автоматизации и управления в технических системах: сборник статей Международной научно-

технической конференции, г. Пенза, 23-25 апреля 2013 г./Пензенский гос. ун-т [и др.]; [под ред. М. А. Щербакова] Пенза: Изд-во ПГУ, 2013

23. Kren, L. A. Line Automation Made Easier MetalForming Magazine. – 2016/ - December. (Дата обращения: 18.05.2018)

24. Automation and Remote Control Magazine.- 2017 D. Kh. Fayruzov, Yu.N. Bel'kov, D.V. Kneller, A. Yu. Torgashov Advanced process control system for a crude distillation unit. A case study (Дата обращения: 18.05.2018)

25. Anders Andersson. Measurement Technology for Process Automation.-2018 (Дата обращения: 18.05.2018)

26. Benoit Boulet. Fundamentals of signals and systems.- 2005 (Дата обращения: 18.05.2018)

27. John Wiley & Sons. Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes,- 2016 (Дата обращения: 18.05.2018)