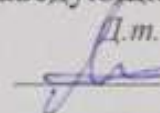


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК
Кафедра программной и системной инженерии

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ
ЗАИМСТВОВАНИЯ

Заведующий кафедрой

Д.т.н., профессор
 А.Г. Ивашко

2019 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

Пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор для проливной
установки АО "ГМС Нефтемаш"

Прикладная информатика 09.04.03

Магистерская программа: Прикладная информатика в экономике

Выполнил работу
Студент 2 курса
очной формы обучения



Мостовщиков
Владимир
Дмитриевич

Научный руководитель
д.т.н., профессор



Ивашко
Александр
Григорьевич

Рецензент
главный метролог



Никулин
Сергей
Геннадьевич

г. Тюмень, 2019

Оглавление

Введение	2
Глава 1. Описание научно исследовательского стенда массового расхода газожидкостных смесей.	4
1.2 Компоновка узлов стенда и их задача	12
Глава 2 Обзор систем и способов автоматизации.	28
Глава 3 ПИД регулятор.	31
3.4 Методы настройки ПИД регулятора	32
Глава 4 Решение задачи	33
4.1 Задача узла с насосом для воды.....	35
4.2 Задача узла насоса Ehxso1.....	39
Глава 4.3 Задача узла сепаратора двух фазного.....	42
Глава 4.4 Задача узла газового сепаратора	45
Заключение	48
Список литературы	49

Введение

Автоматизация производства является на современном этапе важнейшим фактором научно-технического прогресса во всех отраслях промышленности, в том числе пищевой.

Важной задачей автоматизации предприятий пищевой промышленности является создание локальных автоматических систем регулирования (АСР), характеризующимся высоким быстродействием, точностью и надежностью.

Принципы построения АСР являются общими независимо от природы регулируемой величины и конструкции регулирующей аппаратуры. Изучение и практическое использование этих принципов в ходе расчета реальной системы регулирования является целью выполнения настоящего курсового проекта.

При создании АСР производственных объектов основное значение имеет правильный выбор регуляторов и расчет оптимальных параметров их настройки. Эти задачи решаются на стадии проектирования АСР. Согласно методике, выработанной на основе теоретических исследований и проверенной в практике наладки и эксплуатации АСР, правильный выбор регуляторов и определение параметров их настройки требует знания динамических свойств объекта регулирования. Эти свойства управляемого объекта вполне определяются его комплексной частотной характеристикой (КЧХ).

Целью расчета и исследования АСР является формирование такой системы, которая обеспечивала бы наилучшее (оптимальное) качество управления. При этом объект управления является заданным и задача по формированию оптимальной системы управления сводится к выбору наилучшего регулятора. На практике наибольшее распространение получили ПИ и ПИД-регуляторы, т.к. в большинстве случаев они оказались значительно более эффективными по сравнению с остальными.

Цели управления состоят в достижении максимальной производительности процесса, стабилизации высокого качества выпускаемой продукции, наибольшего коэффициента использования энергии, сырья и оборудования, максимального объема реализации продукции и снижения затрат на единицу продукции.

Теория управления изучает общие закономерности присущие системам управления независимо от их природы. Существует два принципа управления. Один из них называется управлением по возмущению, а другой управлением по отклонению.

Под объектом контроля и управления понимается комплекс сложных и простых статических и динамических систем и элементов, характеристики которых формируются, контролируются и настраиваются по определенным алгоритмам. Технологический объект управления (ТОУ) определяется как совокупность технологического оборудования и реализованного на нем по соответствующим инструкциям и регламентам технологического процесса.

Описание объекта осуществляется построением его математической модели, которая может быть описана системой уравнений, определяющих зависимость выходных параметров объекта от внешних и внутренних воздействий при его функционировании. На основе анализа модели формулируются задачи контроля и управления, синтезируется система управления, определяется степень автоматизации и ее эффективность.

Управляющее воздействие — это изменение регулирующей величины, возмущения воздействия некоторых величин, не относящихся напрямую к рабочему процессу, но оказывающих воздействие на рабочий процесс, как правило, это воздействие окружающей среды. Всегда существуют влияющие на объект и исходящие со стороны внешней среды воздействия, которые приводят к нежелательным отклонениям выходных величин от их заданных значений, эти воздействия называют возмущающими или просто возмущениями.

Цель дипломной работы: Автоматизация работы узлов станда АО “ГМС Нефтемаш”.

Задачи:

1. Выбрать оборудование,
2. Собрать узел,
3. Настройка автоматического управления.

Глава 1. Описание научно исследовательского стенда массового расхода газожидкостных смесей.

Была изучена работа научного научно исследовательского стенда массового расхода газожидкостных смесей (Рисунок 1), который является единственным в своем роде находящимся на территории Российской Федерации научным стендом подобного типа. На нем мы можем полностью воссоздать работы нефтяной скважины, включая обводнённость смеси которая качается нами по трубам, количество газа. Также были изучены составляющие стенда, он наполнен множеством разных датчиков и задвижек, которые помогают поддерживать без прерывную и точную работу, так как чаще всего данный стенд используется для поверки оборудования которое устанавливается на местах нефти добычи.

Стенд является эталоном расхода многофазного потока 1-го разряда (в соответствии с Государственной поверочной схемой). Научно-испытательный стенд позволяет не только тестировать, калибровать и аттестовать сепарационные и бес сепарационные измерительные установки серии «МЕРА», изготавливаемые АО «ГМС Нефтемаш», но и проводить независимую экспертизу различных типов измерительного оборудования отечественного и зарубежного производства.

Высокую точность и надежность результатов испытаний обеспечивают самые передовые контрольно-измерительные средства. В нашем случае мы будем работать с четырьмя разными узлами. Рабочий эталон единицы массового расхода газожидкостных смесей установлен в диапазоне массового расхода жидкости от 0,2 т/ч до 100 т/ч и объемного расхода газа от 20 м³/ч до 25 000 м³/ч. [1]

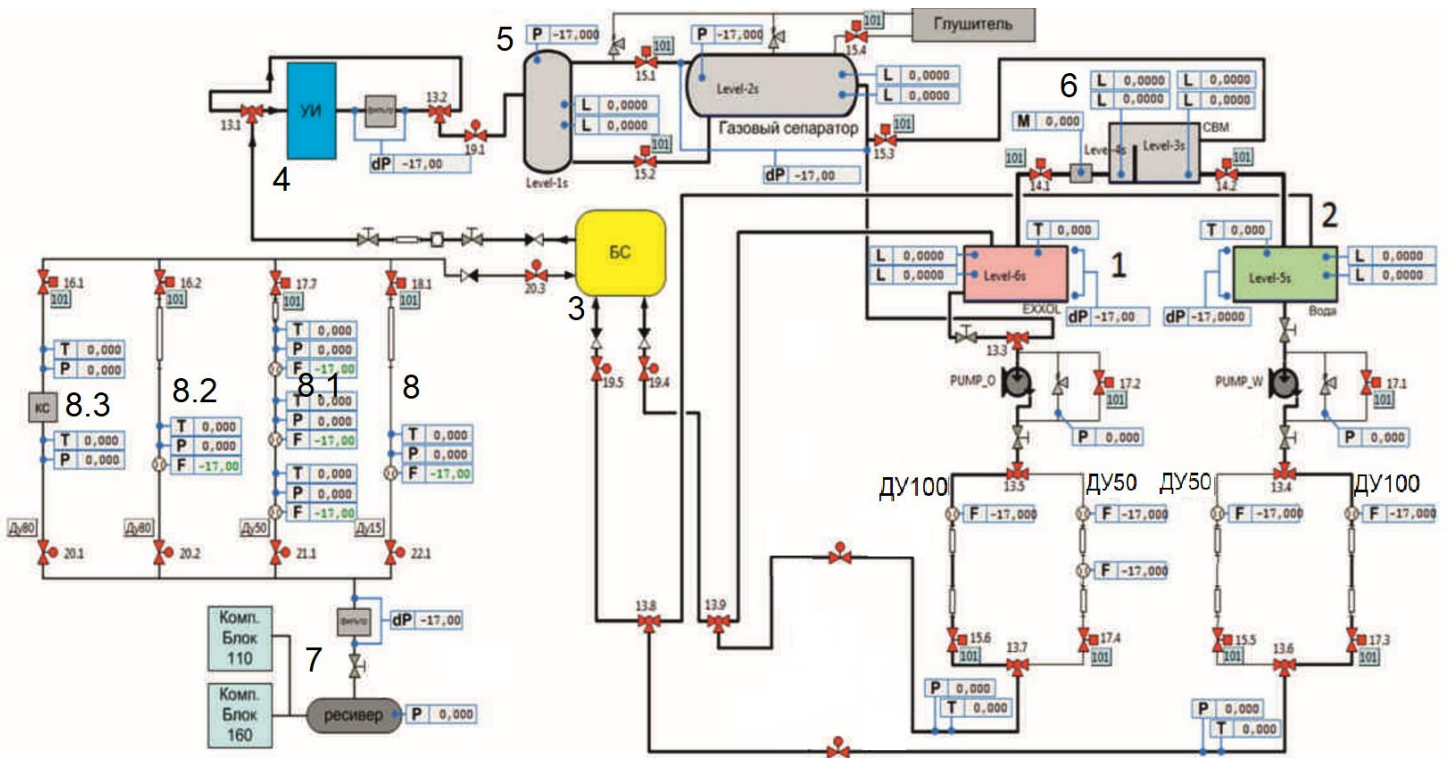


Рисунок 1 – Схема стенда.

Устройство стенда:

На стенде присутствует линия подачи Exxsol (помечена на рисунке номером 1) на ней установлен бак для хранения Exxsol (Выделен красным), на нем установлены уровнемер “EMERSON 5302” (L1) и датчик температуры “EMERSON” (T1) на выходе из бака установлен шаровой тройник с электроприводом “AUMA” (13.3), через него мы выкачиваем Exxsol из бака для его хранения. Далее идет насос винтовой “SOLTEC NM125” (помечен “Pump_O”) он позволяет нам перекачивать Exxsol, на насосе установлен байпас клапан (17.2) он служит для поддержания самых малых расходов на стенде путем подачи жидкости по контуру байпаса обратно на вход насосу, что позволяет нам избежать завоздушивания и толчков в перекачиваемой жидкости, на байпасе установлен датчик давления (P5). После насоса установлен шаровой тройник с электроприводом “AUMA” (13.5) он служит для выбора трубопровода, выбрать мы можем между “ДУ100” и “ДУ50”, цифра означает диаметр трубы, на “ДУ100” установлен кориолисовый

расходомер “СМF300” (F1) и шаровая задвижка с электроприводом “AUMA” (15.6), на отрезке “ДУ50” установлена пара кориолисовых расходомеров ”СМF300” (F2,F3), так как “ДУ50” чаще используется для малых расходов было решено установить два расходомера кориолисовых “СМF300” (F2,F3), на выходе установлена шаровая задвижка с электроприводом “AUMA” (17.4). Перед входом в основную линию установлен шаровой тройник с электроприводом “AUMA” (13.7), после него установлены датчик температуры “Emerson” (T3) и датчик давления “Emerson” (P1), затем идет шаровой тройник с электроприводом “AUMA” (13.9) он позволяет перенаправить поток сразу в бак для хранения Eххsol. Перед блоком смешивания (отмечен желтым с надписью БС) установлена шаровая задвижка с электроприводом “AUMA” (19.4).

На стенде присутствует линия подачи воды (помечена на рисунке номером 2) на ней установлен бак для хранения воды (Выделен зеленым), на нем установлены уровнемер “EMERSON 5302” (L2) и датчик температуры “Emerson” (T2). Далее идет насос винтовой “SOLTEC NM125” (помечен “Pump_W”) он позволяет нам перекачивать воду, на насосе установлен байпас клапан (17.1) он служит для поддержания самых малых расходов на стенде путем подачи жидкости по контуру байпаса обратно на вход насосу, что позволяет нам избежать завоздушивания и толчков в перекачиваемой жидкости, на байпасе установлен датчик давления “Emerson” (P6). После насоса установлен шаровой тройник с электроприводом “AUMA” (13.4) он служит для выбора трубопровода, выбрать мы можем между “ДУ100” и “ДУ50”, цифра означает диаметр трубы, на “ДУ100” установлен кориолисовый расходомер “СМF300” (F4) и шаровая задвижка с электроприводом “AUMA” (15.5), на отрезке “ДУ50” установлен кориолисовый расходомер “СМF300” (F5), на выходе установлена шаровая задвижка с электроприводом “AUMA” (17.3). Перед входом в основную линию установлен шаровой тройник с электроприводом “AUMA” (13.6),

поле него установлены датчик температуры “Emerson” (Т4) и датчик давления “Emerson” (Р2), затем идет шаровой тройник с электроприводом “AUMA” (13.8) он позволяет перенаправить поток сразу в бак для хранения воды. Перед Блоком смешивания (отмечен желтым с надписью БС) установлена задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (19.5).

Под номером 4 находится узел, на который устанавливается испытуемое устройство (помечено синим) перед ним установлен шаровой тройник с электроприводом “AUMA” (13.1) он установлен для возможности перенаправления потока на замкнутый цикл без использования испытуемого устройства, поле испытуемого устройства установлен фильтр (помечен серым) он служит для очистки потока который выходит из испытуемого устройства, так как устройства могут быть привезены с работающего объекта и содержать в себе вредные для устройств установленных на стенде загрязнения таких как : песок, глина и подобные им загрязнители. После него установлен тройник шаровой с электроприводом “AUMA” (13.2) он служит для закрытия линии испытуемого устройства в случае использования замкнутого круга работы системы. Перед входом в сепаратор газовый (помечен номером 4) установлена шаровая задвижка с электроприводом “AUMA” (19.1).

Под номером 5 установлен газовый сепаратор он имеет вертикальный и горизонтальный баки для сепарирования газа в вертикальном баке для сепарирования газа установлен датчик давления “Emerson” (Р3) и уровнемер “EMERSON 5302” (L3) в вертикальном баке газового сепаратора имеются два выхода выход на верху отвечает за отвод отсепарированного газа в горизонтальный бак для сепарирования газа и имеет шаровую задвижку с электроприводом “AUMA” (15.1), нижний выход сепаратора вертикального служит для перекачки смеси воды и Еххsol в сепаратор горизонтальный на нем установлена задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (15.2). В сепараторе газовом горизонтальном имеются два выхода верхний выход

отводит отсепарированный газ в глушитель с помощью установленной задвижки шаровой с электроприводом “AUMA” (15.4), за отвод смеси воды и Eххsо1 отвечает задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (15.3), в горизонтальном баке газового сепаратора установлен уровнемер “EMERSON 5302” (L4) и датчик давления (P4).

Под номером 6 установлен сепаратор двухфазный, он представляет собой бак, внутри которого установлена перегородка, на дне бака установлены кольца Пале которые, ускоряют разделение смеси воды Eххsо1, после разделения Eххsо1 благодаря более легкой массе находится сверху воды и переливается через перегородку во второй отсек бака откуда с помощью задвижки шаровой с электроприводом “AUMA” (14.1) сливается в бак для хранения Eххsо1, так же в этой части установлен уровнемер “EMERSON 5302” (L5). В правой части сепаратора двух фазного на дне установлена задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (14.2) которая отвечает за слив воды в бак для ее хранения и уровнемер “EMERSON 5302” (L6).

Под номером 7 установлены компрессоры марки KRAFTMANN с ресивером в виде бака из металла, они служат для нагнетания воздуха в ресивер под давлением из атмосферы, перед входом в линию установлен фильтр в ресивере установлен датчик давления “Emerson” (P7).

Далее под номером 8 идет газовая линия “ДУ15” на ней установлена задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (22.1), далее установлены датчик давления “Emerson” (P8), датчик температуры “Emerson” (T5), расходомер “Rosemont” (F6).

Под номером 8.1 идёт газовая линия “ДУ50” на ее входе установлена задвижка шаровая с электроприводом (21.1), на линии установлены три датчика давления “Emerson” (P9, P10, P11), три датчика температуры “Emerson” (T6, T7, T8), три расходомера “Rosemont” (F7, F8, F9).

Под номером 8.2 идет линия “ДУ80” на ее входе установлена шаровая задвижка с электроприводом “AUMA” (20.2) на линии установлен расходомер “Rosemont” (F10), датчик температуры “Emerson” (T9), датчик давления “Emerson” (P12), на выходе из линии установлена задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (16.2).

Под номером 8.3 идет линия “ДУ80” она отличается от ранее описанной линии “ДУ80” тем, что на ней установлен блок критических сопел, так же на ней установлены два датчика давления “Emerson” (P13) один находится до блока критических сопел, второй после него (P14) и два датчика температуры “Emerson” (T10) один находится до блока критических сопел, второй после (T11), на выходе из линии установлена шаровая задвижка с электроприводом “AUMA” (16.1).

Работа стенда проходит в следующем порядке:

Мы начинаем подавать воду из бака для хранения воды (помечена номером 2 и выделена зеленым цветом) с помощью винтового насоса “SOLTEC NM125” (отмечен “PUMP_W”) регулирование потока осуществляется винтовым насосом “SOLTEC NM125”, шаровым тройником с электроприводом “AUMA” (13.5) мы выбираем между тубой “ДУ100” и “ДУ50”, в это же время мы подаем Eххsol из бака для хранения Eххsol (отмечен номером 1 и выделен красным цветом) с помощью винтового насоса “SOLTEC NM125” (отмечен “PUMP_O”), шаровым тройником с электроприводом “AUMA” (13.4) мы выбираем между тубой “ДУ100” и “ДУ50”, регулирование потока осуществляется винтовым насосом “SOLTEC NM125”. Подача газа из атмосферы под давлением осуществляется из компрессора с ресивером (отмечен 7) регулирование потока зависит от выбора линии, на “ДУ15” (8) отвечает задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (22.1), на “ДУ50” (8.1) отвечает задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (21.1), на “ДУ80” (8.2) отвечает задвижка

шаровая с электроприводом “AUMA” (20.2), на “ДУ80 с блоком критических сопел” (8.3) отвечает задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (20.1). Все три составляющих приходят в бак смешивания (выделен желтым цветом) где мы получаем единую смесь из трех разных веществ. Далее смесь попадает на участок где может быть установлено испытываемое устройство (отмечен номером 4) (испытываемое устройство помечено синим), там мы можем перенаправить поток на замкнутый цикл без использования испытываемого устройства с помощью шарового тройника “AUMA” (13.1) Далее смесь попадает в сепаратор газовый (отмечен номером 5) регулировать подачу мы можем с помощью задвижки шаровой “AUMA” (19.1), в нем происходит отделение газа от смеси и последующий выпуск его в глушитель, а из него в атмосферу. Смесь воды и Eххsol попадает в сепаратор двух фазный отмечен (номером 6) регулирование потока осуществляется задвижкой шаровой “AUMA” (15.3), где происходит разделение воды и Eххsol, Eххsol сливается в отдел для отсепарированного Eххsol затем сливается в бак для хранения Eххsol регулировать слив Eххsol в бак для его хранения помогает задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (14.1). Вода сливается в бак для хранения воды сразу из первого отдела сепаратора, так как вода тяжелее и находится ниже Eххsol, ее слив осуществляется с низу сепаратора двух фазного, регулировку слива воды и поддержания уровня оптимального для сепарирования Eххsol помогает осуществить задвижка шаровая с электроприводом “AUMA” (14.2).

Предназначение стенда

С помощью научно исследовательского стенда можно передавать единицу многофазного расхода другим метрологическим установкам. В частности, проводить калибровку и поверку всех типов измерительных установок нефти и газа, проводить научные исследования, а также независимую экспертизу многофазных расходомеров-счетчиков

отечественного и зарубежного производства. Задача корректного измерения расхода и количества компонентного состава многофазного потока, в частности, состоящего из нефти, воды и газа, была и остается весьма актуальной. В настоящее время необходимо выпускать средства измерений расхода и количества таких сред с относительной расширенной неопределенностью от 2 до 5%, в зависимости от типа многофазного потока. Так сложилось, что для измерения компонентного расхода и количества нефтегазового потока в основном использовались и используются до сих пор сепарационные многофазные расходомеры (СМР). Так, входящие в многопрофильный холдинг АО «Группа ГМС» тюменские предприятия ОАО «ГМС Нефтемаш» и ОАО «ИПФ «СИБНА» в настоящее время выпускают многочисленные модификации блочных автоматизированных групповых замерных установок и «МЕРА» и «СПУТНИК-М». Возможно подключения и тестирование как российских установок, так и зарубежных замерных установок. [1]

1.2 Компоновка узлов стенда и их задача

В этой установке существуют узлы, для которых нужно поддерживать заданные значения расхода, либо уровня жидкости. Далее мы опишем эти узлы рассмотрев каждый по отдельности.

Узел насоса воды

Нашей задачей на узле с насосами воды состоит в том, чтобы поддерживать заданный для испытания расход, для этого мы используем винтовой насос фирмы SOLTEC с частотным приводом “AMARON RX” и кориолисовый расходомер CMF300 (Рисунок 2).

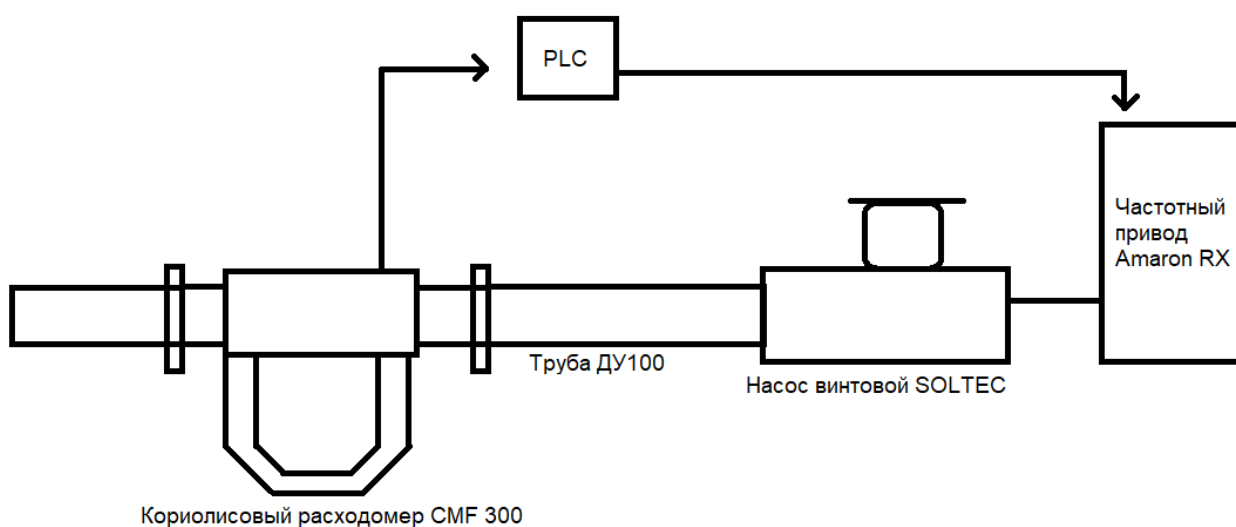


Рисунок 2 – Схема устройств, установленных на узле

Используются Винтовые насосы (Рисунок 3) с частотными приводами — насос, в котором создание напора нагнетаемой жидкости осуществляется за счёт вытеснения жидкости одним или несколькими винтовыми металлическими роторами, вращающимися внутри статора соответствующей формы.

Винтовые насосы являются разновидностью роторно-зубчатых насосов и легко получают из шестерённых путём уменьшения числа зубьев шестерён и увеличения угла наклона зубьев . [4]

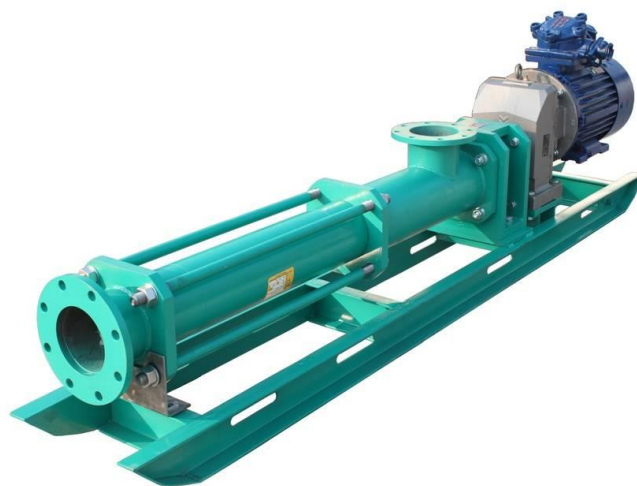


Рисунок 3 – Винтовой насос

Кориолисовые расходомеры и плотномеры предназначены для прямого измерения массового расхода, плотности, температуры, вычисления объемного расхода жидкостей, газов и взвесей. Все измерения выполняются в реальном времени. Какого-либо дополнительного оборудования для измерений не требуется. Выпускается 9 серий датчиков расхода (сенсоров) и 9 моделей микропроцессорных преобразователей, функциональные возможности которых отвечают самым различным требованиям. Сенсоры не накладывают особых требований по монтажу, не требуют прямолинейных участков или специального оборудования для формирования потока, в них нет движущихся деталей. Они предназначены для установки в опасных зонах, требующих обеспечения взрывобезопасности, а также модели, которые интегрально монтируются на сенсоре. Преобразователи поддерживают коммуникационные протоколы HART®, Modbus®, FOUNDATION™ fieldbus и Profibus мы используем модель CMF300 (Рисунок 4). [16]



Рисунок 4 –Расходомер кориолисовый

Так же были реализованы электросхемы подключения насоса с частотным приводом и расходомера к PLC на участках насосов воды и Еххsol (Рисунок 5,6).

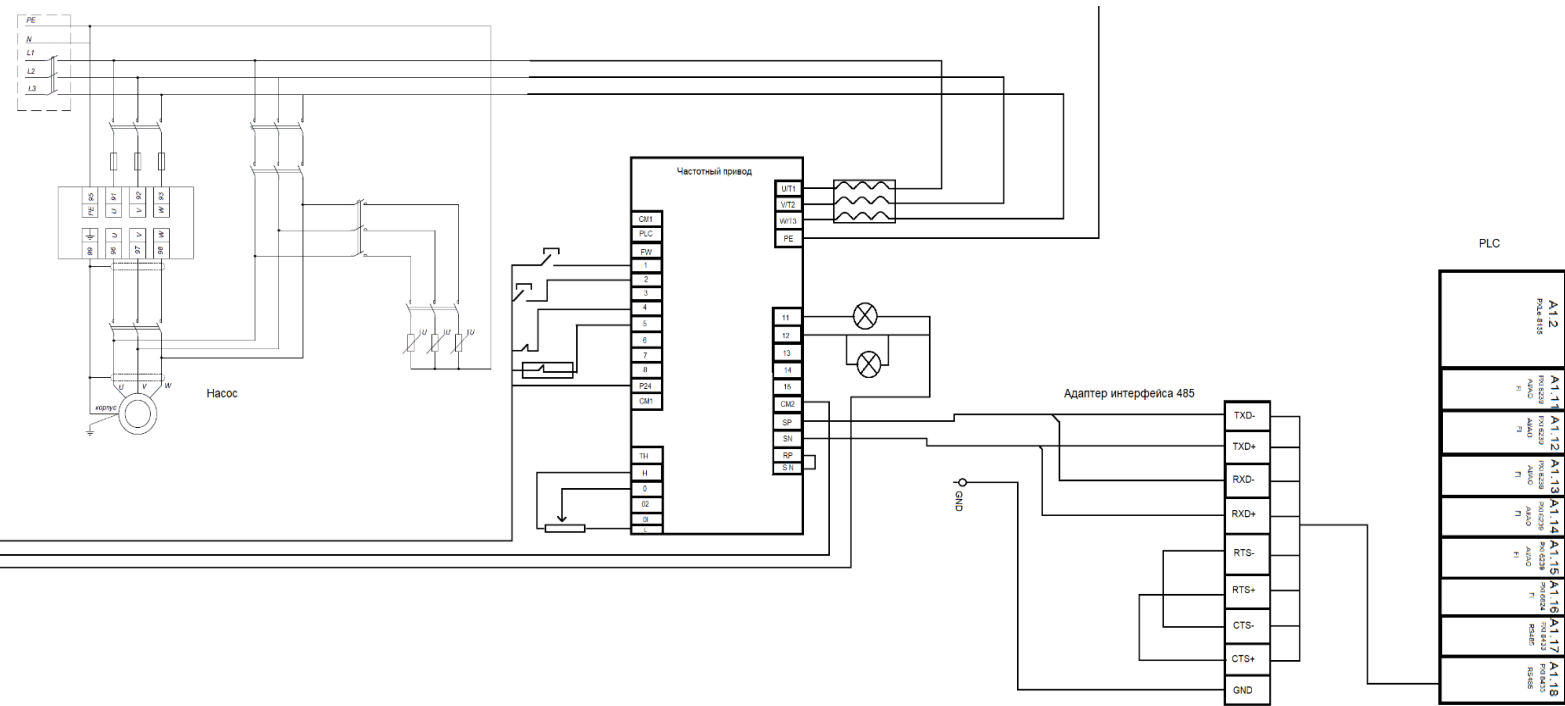


Рисунок 5 – подключение насоса с частотным приводом к PLC

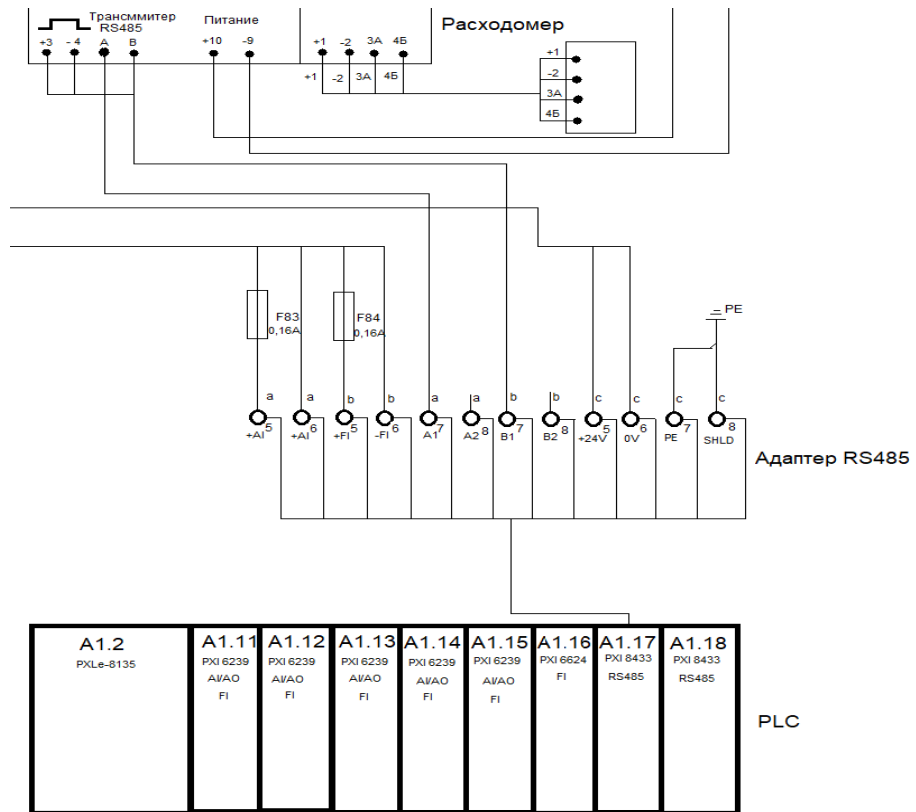


Рисунок 6 – подключения расходомера к PLC

Узел насоса Eхxsol

Нашей задачей на узле с насосом Eхxsol состоит в том, чтобы поддерживать заданный для испытания расход, для этого мы используем винтовой насос фирмы SOLTEC с частотным приводом “AMARON RX” и кориолисовый расходомер CMF300 (Рисунок 7).

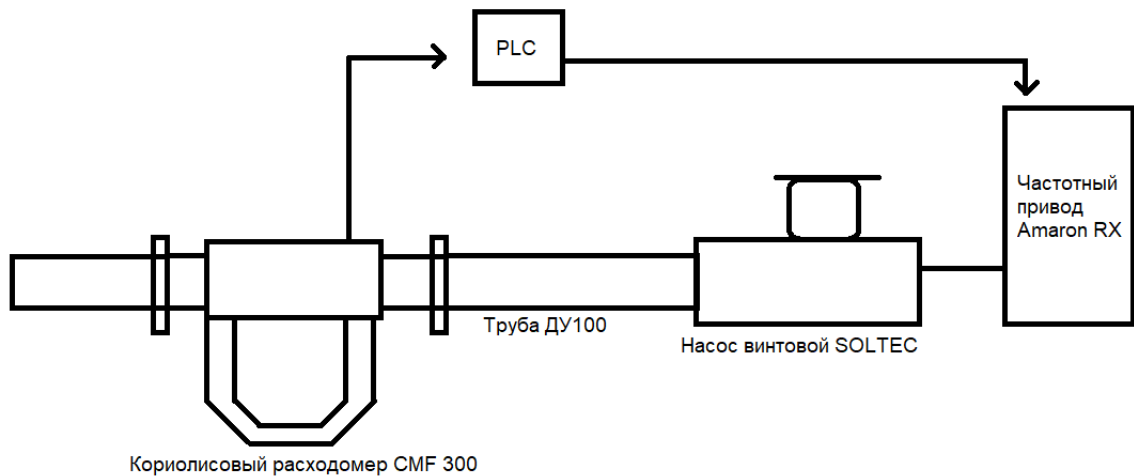


Рисунок 7 – Схема устройств, установленных на узле

Используются Винтовые насосы (Рисунок 8) с частотными приводами — насос, в котором создание напора нагнетаемой жидкости осуществляется за счёт вытеснения жидкости одним или несколькими винтовыми металлическими роторами, вращающимися внутри статора соответствующей формы.

Винтовые насосы являются разновидностью роторно-зубчатых насосов и легко получаются из шестерённых путём уменьшения числа зубьев шестерён и увеличения угла наклона зубьев . [4]

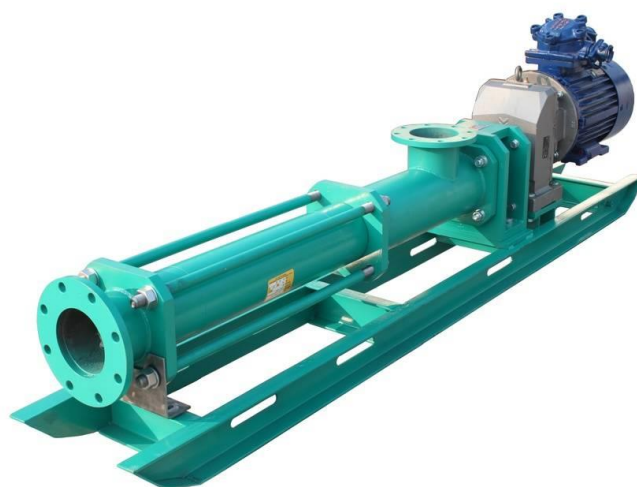


Рисунок 9 – Винтовой насос

Кориолисовые расходомеры и плотномеры предназначены для прямого измерения массового расхода, плотности, температуры, вычисления объемного расхода жидкостей, газов и взвесей. Все измерения выполняются в реальном времени. Какого-либо дополнительного оборудования для измерений не требуется. Выпускается 9 серий датчиков расхода (сенсоров) и 9 моделей микропроцессорных преобразователей, функциональные возможности которых отвечают самым различным требованиям. Сенсоры не накладывают особых требований по монтажу, не требуют прямолинейных участков или специального оборудования для формирования потока, в них нет движущихся деталей. Они предназначены для установки в опасных зонах,

требующих обеспечения взрывобезопасности, а также модели, которые интегрально монтируются на сенсоре. Преобразователи поддерживают коммуникационные протоколы HART®, Modbus®, FOUNDATION™ fieldbus и Profibus мы используем модель CMF300 (Рисунок 10). [16]



Рисунок 10 –Расходомер кориолисовый

Так же были реализованы электросхемы подключения насоса с частотным приводом и расходомера к PLC на участках насосов воды и Exxsol (Рисунок 11,12).

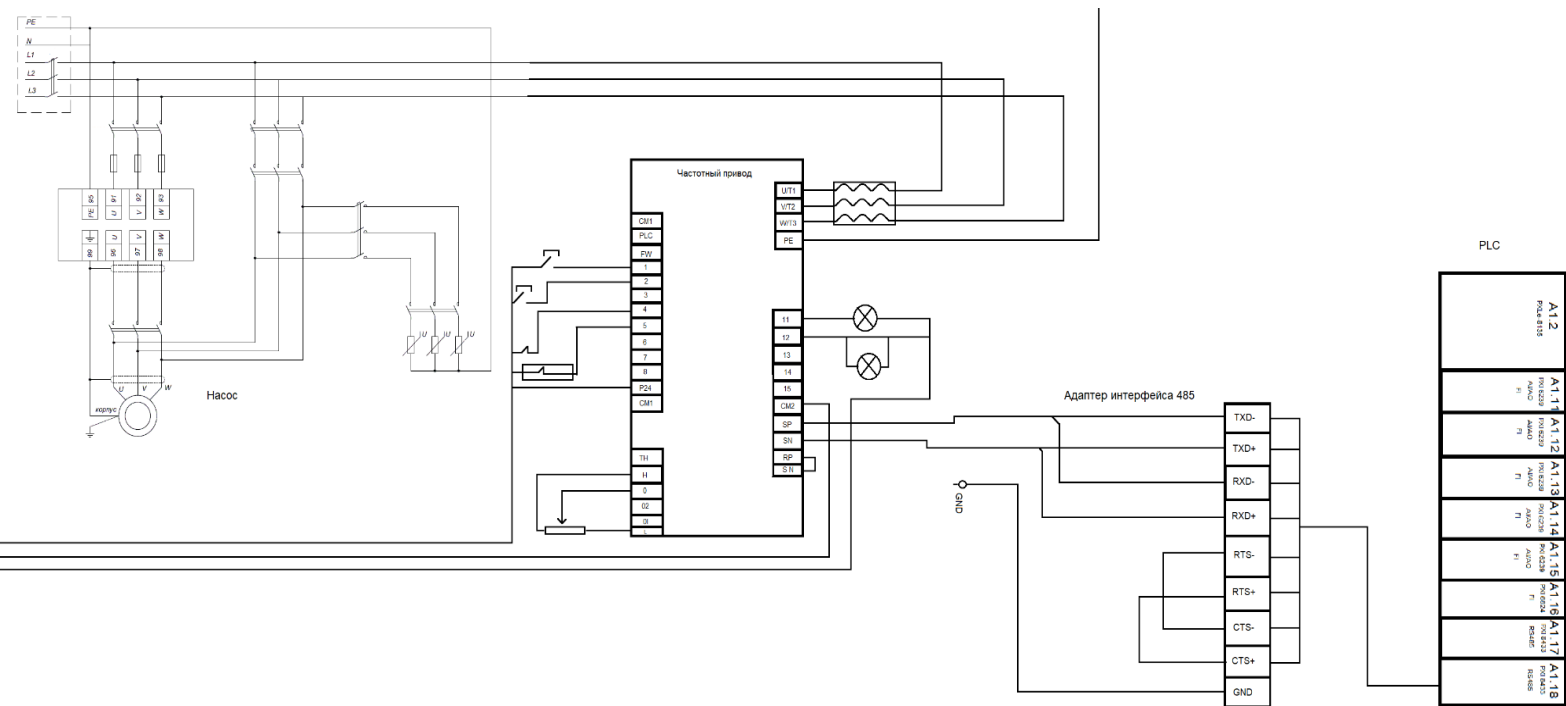


Рисунок 11 – подключение насоса с частотным приводом к PLC

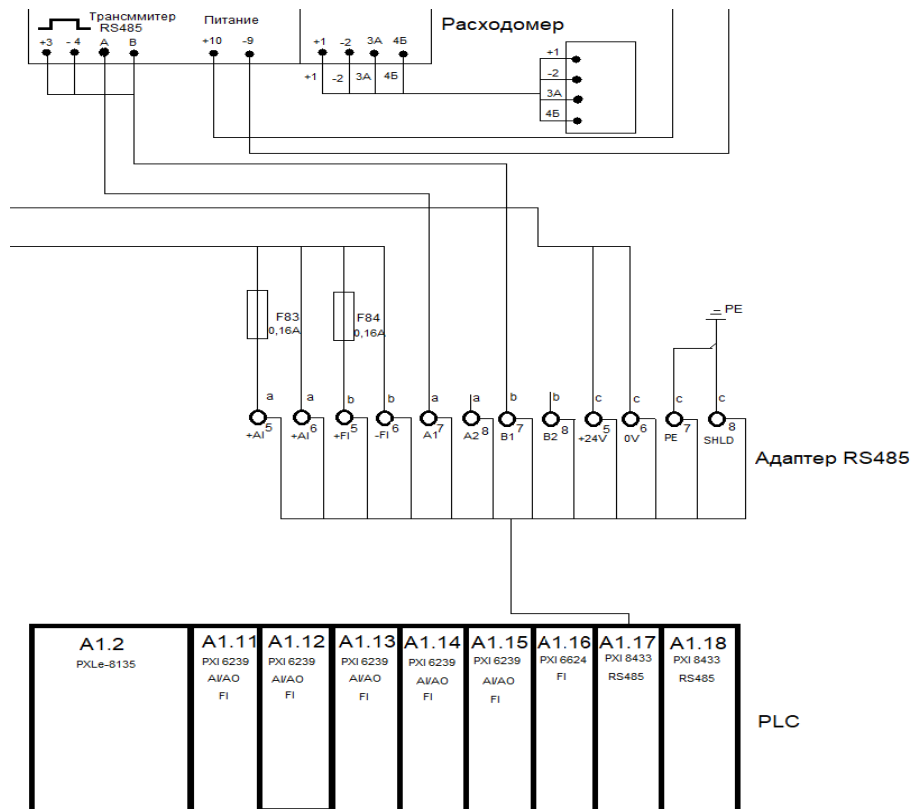


Рисунок 12 – подключения расходомера к PLC

Узел сепаратора газового

На узле сепаратора газового мы реализуем задачу поддержания уровня жидкости на заданной отметке, для этого мы используем уровнемеры Rosemont и задвижки AUMA. (Рисунок 13)

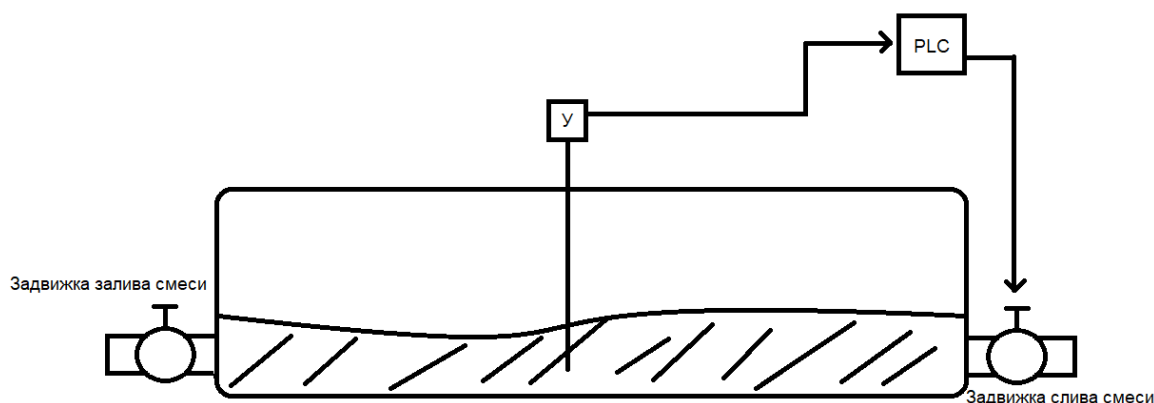


Рисунок 13 – Узел газового сепаратора

Задвижка с электроприводом фирмы Аума (Рисунок 14), с электроприводом предназначена для использования в качестве запорного устройства для трубопроводов тепло- водо- и пароснабжения. [17]

Давление: PN 16 бар (1,6 МПа)

Рабочая температура: -20... +425°C, опционально -40С

Материалы: корпус - сталь ст20, клин - нержавеющей сталь.

Способ крепления: фланцевый по ГОСТ 12815-80

Среда: вода, пар и подобные среды, не агрессивные к применяемым материалам

Герметичность: класс "А", без протечек ГОСТ 9544-2005



Рисунок 14 - Задвижка ZG941

Уровнемеры Rosemount 5300 (Рисунок 15) – измерение уровня и уровня границы раздела двух жидких сред.

Измеряемые среды: жидкие (нефть, темные и светлые нефтепродукты, вода, сжиженные газы, кислоты и др.), Диапазон измерений: от 0,1 до 50 м
Выходные сигналы: 4/20 мА с цифровым сигналом на базе протокола HART®, Foundation™ Fieldbus и Modbus® [9]



Рисунок 15 - Уровнемер Rosemount 5300

Для устройств на участке сепаратора газового также были сделаны электросхемы подключения уровнемера и задвижки к PLC. (Рисунки 16,17)

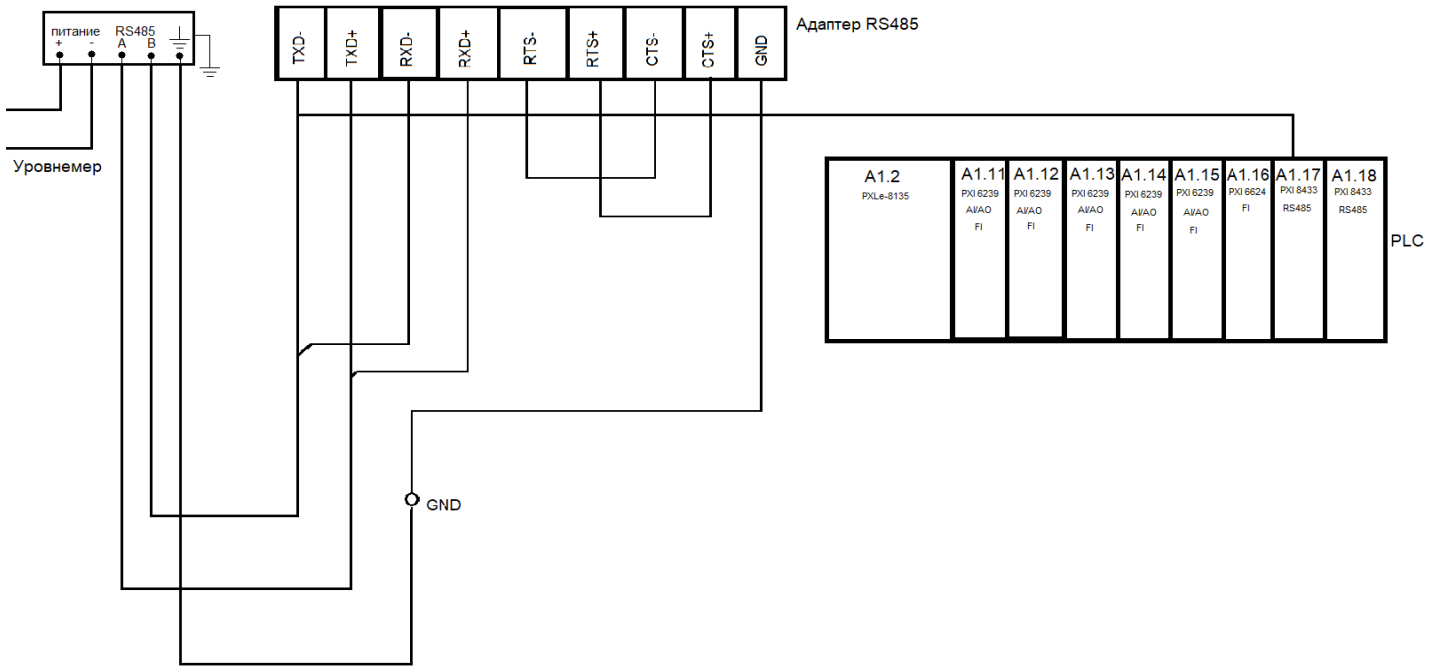


Рисунок 16 – подключение расходомера к PLC

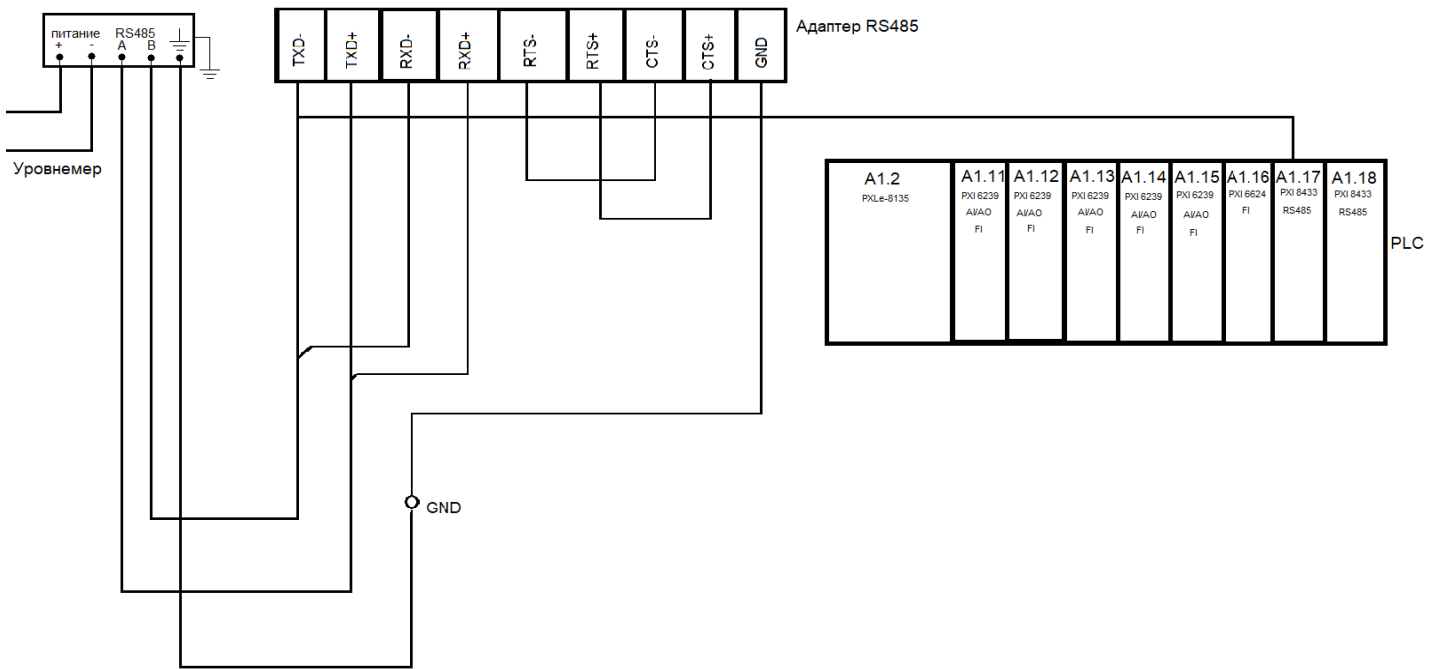


Рисунок 17 – подключение уровнемера к PLC

Узел сепаратора двух фазного

На узле сепаратора двух фазного мы реализуем задачу поддержания уровня жидкости на заданной отметке, для этого мы используем уровнемеры Rosemont и задвижки AUMA. (Рисунок 18)

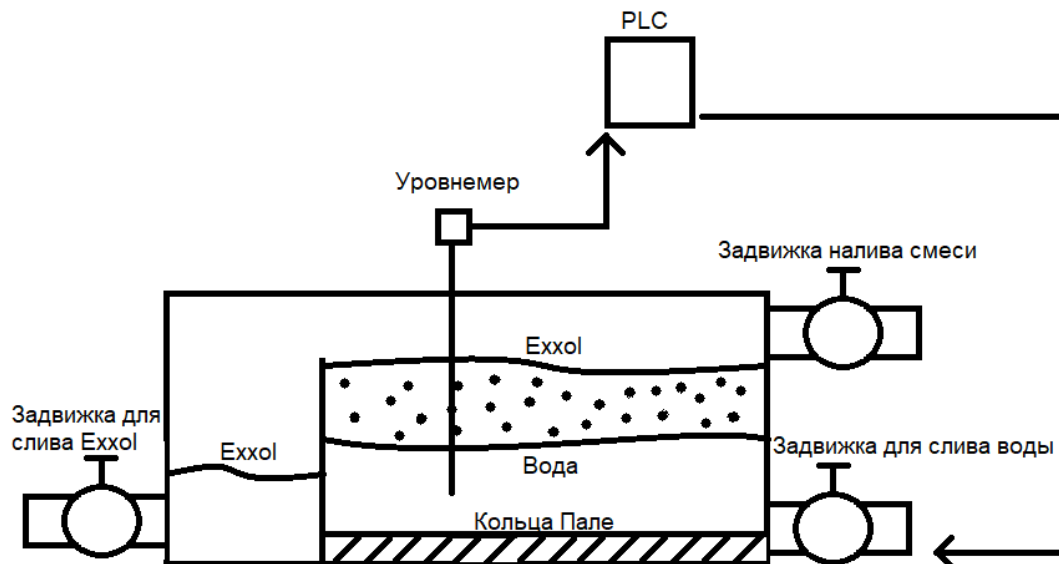


Рисунок 18 – схема устройств на узле сепаратора двухфазного.

Задвижки с электроприводом фирмы Аума , Задвижка ZG941 клиновья (Рисунок 19), с электроприводом предназначена для использования в качестве запорного устройства для трубопроводов тепло- водо- и пароснабжения. [17]

Давление: PN 16 бар (1,6 МПа)

Рабочая температура: -20... +425°C, опционально -40С

Материалы: корпус - сталь ст20, клин - нержавеющей сталь.

Способ крепления: фланцевый по ГОСТ 12815-80

Среда: вода, пар и подобные среды, не агрессивные к применяемым материалам

Герметичность: класс "А", без протечек ГОСТ 9544-2005



Рисунок 19 - Задвижка ZG941

Уровнемеры Rosemount 5300 (Рисунок 20) – измерение уровня и уровня границы раздела двух жидких сред.

Измеряемые среды: жидкие (нефть, темные и светлые нефтепродукты, вода, сжиженные газы, кислоты и др.), Диапазон измерений: от 0,1 до 50 м
Выходные сигналы: 4/20 мА с цифровым сигналом на базе протокола HART®, Foundation™ Fieldbus и Modbus® [9]



Рисунок 20 - Уровнемер Rosemount 5300

Для устройств на участке сепаратора двух фазного также были сделаны электросхемы подключения уровнемера и задвижки к PLC. (Рисунки 21,22)

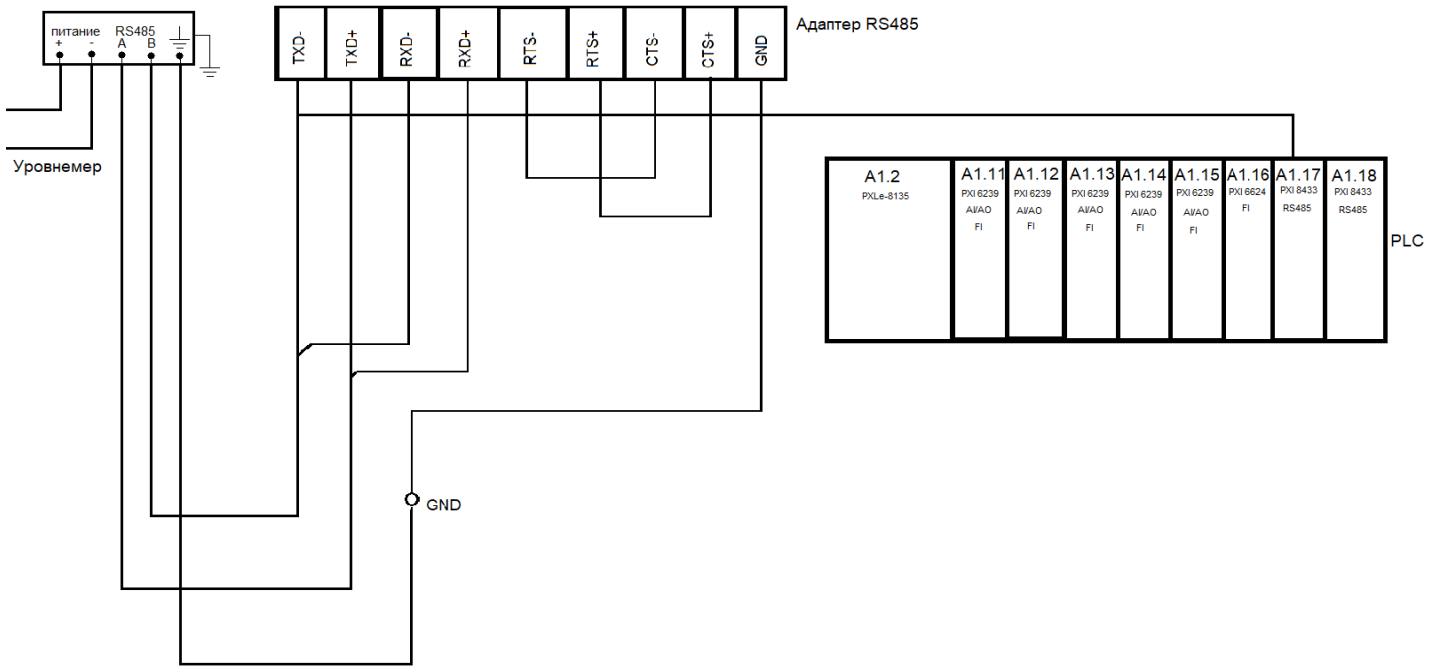


Рисунок 21 – подключение расходомера к PLC

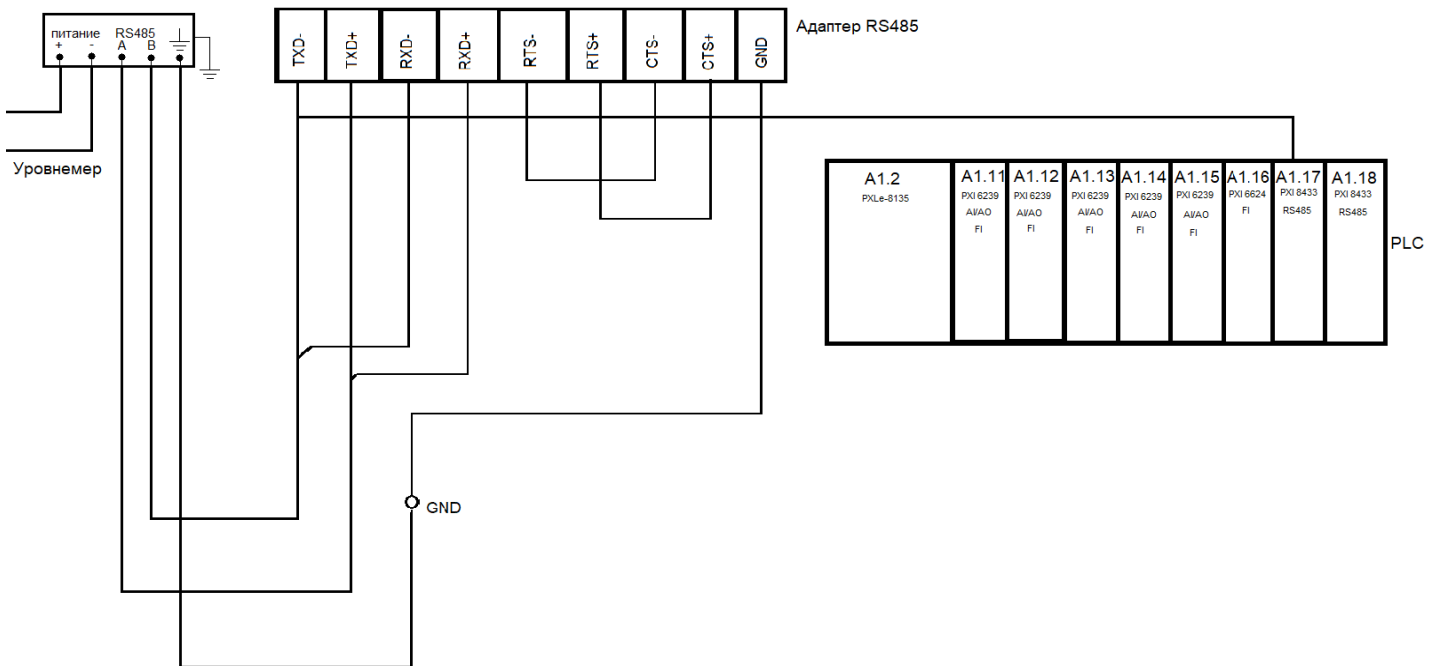


Рисунок 22 – подключение уровнемера к PLC

Все эти устройства установлены на трубе под маркировкой “ДУ100” (Рисунок 23).

ГОСТ:	3262-75
ДУ:	Ду100
Условный проход:	100 мм.
Марка стали:	ст.3сп, ст.10, ст.20
Диаметр:	114 мм.
Толщина стенки:	4 мм.

Рисунок 23 – Характеристики ДУ 100

Информация с устройств считывается и обрабатывается контроллером NI PXIe – 8135 (Рисунок 24) (National Instruments). Который как раз подходит нам для решения задачи ПИД регулирования. Для вторичной обработки полученных показателей используется комплекс виртуальных приборов, созданный с применением графического языка программирования платформы LabView.



Рисунок 24 контроллер NI PXIe – 8135

Глава 2 Обзор систем и способов автоматизации.

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition – это управление и сбор данных) - пакет, предназначен для разработки или обеспечения работы в реальном времени, сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. SCADA может являться частью системы экологического мониторинга, научного эксперимента, автоматизации здания и т.д. SCADA-системы используются во всех отраслях хозяйства, где требуется обеспечивать операторский контроль за технологическими процессами в реальном времени. [5]

В мире существует множество программ для реализации SCADA уровня. Вот некоторые из популярных: Wonderware, Codesys, WINCC, Trace mod.

Wonderware® System Platform является единой платформой для всех систем (SCADA, HMI диспетчерского управления, управления производством и производительностью) Данный продукт предоставляет общую стратегическую платформу прикладных сервисов промышленного назначения, которая развертывается поверх практически любой существующей системы. [3]

SCADA TRACE MODE ® - это высокотехнологичная **Российская** программная система для автоматизации технологических процессов (АСУ ТП), диспетчеризации и **автоматизации зданий**. **TRACE MODE®** работает под **Windows ®** и **Linux ®**. [15]

Это несколько систем из огромного множества, которые используются в России.

В нашем же случае мы используем контроллер, который может работать с Labview, так же в Labview имеется возможность создания и настройки ПИД регуляторов, и так как данная система активно используется при работе с научным стендом было решено использовать именно ее.

LabVIEW(англ. **L**aboratory **V**irtual **I**nstrumentation **E**ngineering **W**orkbench) -это среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «G» фирмы National Instruments (США). Первая версия LabVIEW была выпущена в 1986 году для Apple Macintosh, в настоящее время существуют версии для UNIX, Linux, Mac OS и пр., а наиболее развитыми и популярными являются версии для Microsoft Windows.

LabVIEW используется в системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами. Идеологически LabVIEW очень близка к SCADA-системам, но в отличие от них в большей степени ориентирована на решение задач не столько в области АСУ ТП, сколько в области АСНИ. [10]

Нами было решено использовать именно labview, это позволит упростить математические расчеты ПИД регулятора, программа возьмет их на себя, оставляя нам настройку калибровку и сборку узлов стенда. Так же нам не придется пытаться скрестить две разные системы в одном проекте, что может повлечь за собой ошибки, которые повлекут за собой остановку всех рабочих процессов на научно исследовательском стенде массового расхода газожидкостных смесей АО” ГМС Нефтемаш”

Способы автоматизации

Существуют разные способы автоматизации к примеру: механический способ автоматизации. Он может быть реализован путем установки поплавка в баке с водой, рычаг идущий от поплавка должен быть прикреплен к крану открытия задвижки, и при наливе жидкости до нужного уровня поплавков бы открывал кран и осуществлял слив жидкости из бака, но подобный метод не подходит нам для решения нашей задачи так как он не сможет дать нам стабильную и точную работу, а также быстрый отклик на изменение уровня жидкости, скорость открытия и закрытия задвижки в таком случае тоже была бы медленной.

Существуют так же способ автоматизации путем установки реле, подобные конструкции раньше использовались в лифтовых шахтах, на техническом этаже установлен шкаф управление лифтовой кабиной, лифт проходя этаж задевал контакт и реле замыкалось, тем самым останавливая лифт на нужном ему этаже, данная схема не подходит нам так как она уже устарела и не используется в современных устройствах.

Именно поэтому нами был выбран способ автоматизации на базе установленного PLC, так как в этом случае мы получаем гибкую и настраиваемую систему автоматизации, которая позволяет нам реализовать ПИД регулятор на базе SCADA системы Labwiev.

Глава 3 ПИД регулятор.

Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор — устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования), второе — интеграл сигнала рассогласования, третье — производная сигнала рассогласования.

Если какие-то из составляющих не используются, то регулятор называют пропорционально-интегрирующим, пропорционально-дифференцирующим, пропорциональным и т. д.

Чтобы настроить ПИД-регулятор, необходимо подобрать правильную комбинацию трёх коэффициентов:

Пропорционального – K_p

Интегрального – K_i

Дифференциального – K_d

Могут использоваться и более простые - П и ПИ-регуляторы.

Формула ПИД-регулятора

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

где $e(t)$ - ошибка (рассогласование), $u(t)$ - выходной сигнал регулятора (управляющее воздействие).

Чем больше Пропорциональный коэффициент, тем выше быстродействие, но меньше запас устойчивости.

ПИ-регулятор позволяет избавиться от статической (установившейся) ошибки, но, чем больше Интегральный коэффициент, тем больше перерегулирование (динамическая ошибка).

ПИД-регулятор позволяет нам уменьшить перерегулирование, но, чем больше Дифференциальный коэффициент, тем больше погрешность из-за влияния шумов.

3.4 Методы настройки ПИД регулятора

Настройка параметров регулятора по методу Зиглера и Никольса

1. Выставим все коэффициенты (K_p , K_i , K_d) в 0.
2. Начнем постепенно увеличивать значение K_p и следить за реакцией системы. Нам нужно добиться, чтобы в системе начались устойчивые колебания. Увеличиваем K_p , пока колебания системы не стабилизируются
3. Запоминаем текущее значение K_p (обозначим его K_u) и замеряем период колебаний системы (T_u).

Теперь используем полученные значения K_u и T_u для расчета всех параметров ПИД регулятора по формулам:

$$K_p = 0.6 * K_u$$

$$K_i = 2 * K_p / T_u$$

$$K_d = K_p * T_u / 8$$

Ручная настройка, основанная на правилах

Расчет параметров по формулам может не дать оптимальной настройки, поскольку результаты, полученные аналитически основываются на упрощенных моделях. В частности, в них не учитывается всегда присутствующая нелинейность. Кроме того, модели используют параметры, идентифицированные с некоторой погрешностью. Поэтому после расчета параметров регулятора нужно сделать его подстройку. Подстройку можно выполнить на основе правил, которые используются для ручной настройки.

Ручную настройку с помощью правил удобно выполнять с применением интерактивного программного обеспечения на компьютере, временно включенном в контур управления. После выполнения настройки значения коэффициентов регулятора записывают в память ПИД-контроллера.

Отметим, что применение правил возможно только после предварительной настройки регулятора по формулам. Попытки настроить регулятор без начального приближенного расчета коэффициентов могут быть безуспешными.

Глава 4 Решение задачи

Для решения задачи в Labview мы сначала считали данные с устройств на стенде, чтобы использовать их в работе с ПИД регулятором в будущем, также благодаря этому мы создали обратную связь для нашего ПИД регулятора (Рисунок 25).

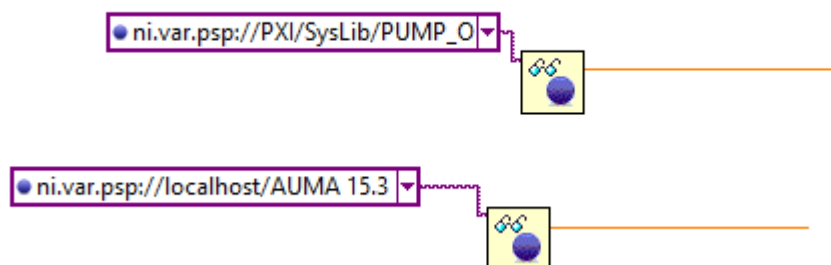


Рисунок 25 – Считывание данных с устройств, установленных на стенде

После этого для каждого узла был сделан участок программы с ПИД регулятором который будет отвечать за автоматическое выполнение поставленной задачи на стенде. (Рисунок 26)

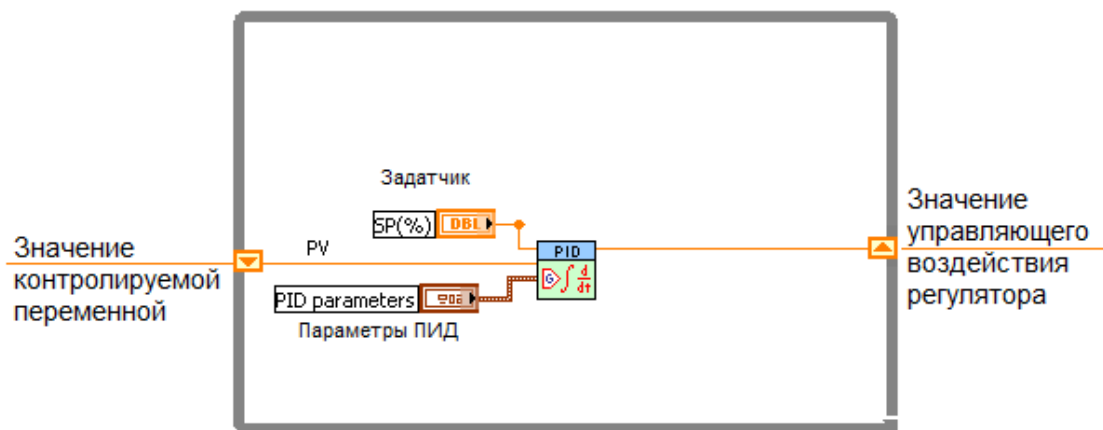


Рисунок 26 – вид узла ПИД регулятора

Так же на была сделана система предотвращения перелива, которая в случае ошибки ПИД регулятора сепараторов, отключат насосы и компрессоры стенда. Где “Крит” находится константа критического уровня в баке “Тревога!” представляет собой индикатор. (Рисунок 27)

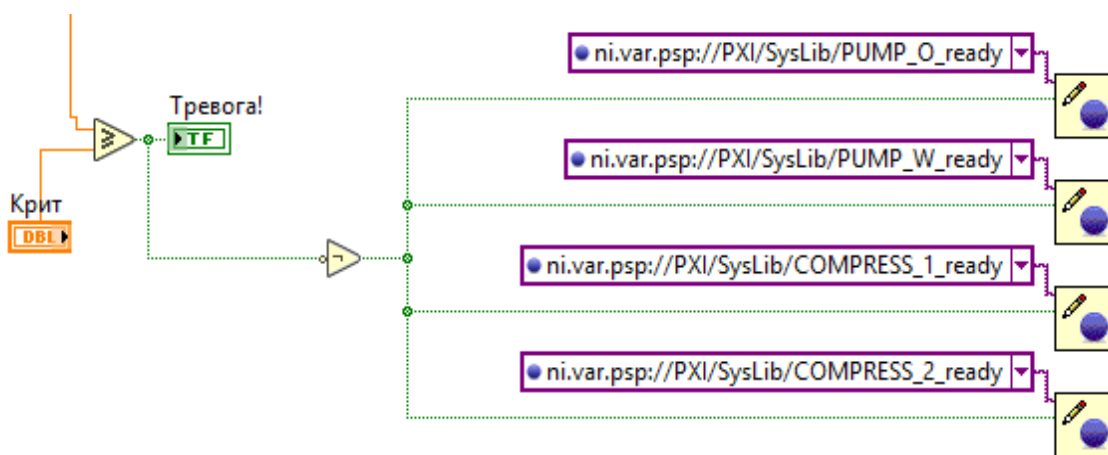


Рисунок 27 – система предотвращения перелива.

Для удобства работы с ПИД регулятором, была организована запись параметров в файл, для того что бы при следующей работе на известном нам расходе мы могли подгрузить ПИД параметры из файла, и сразу начать тестирование, либо поверку установки. (Рисунок 28)

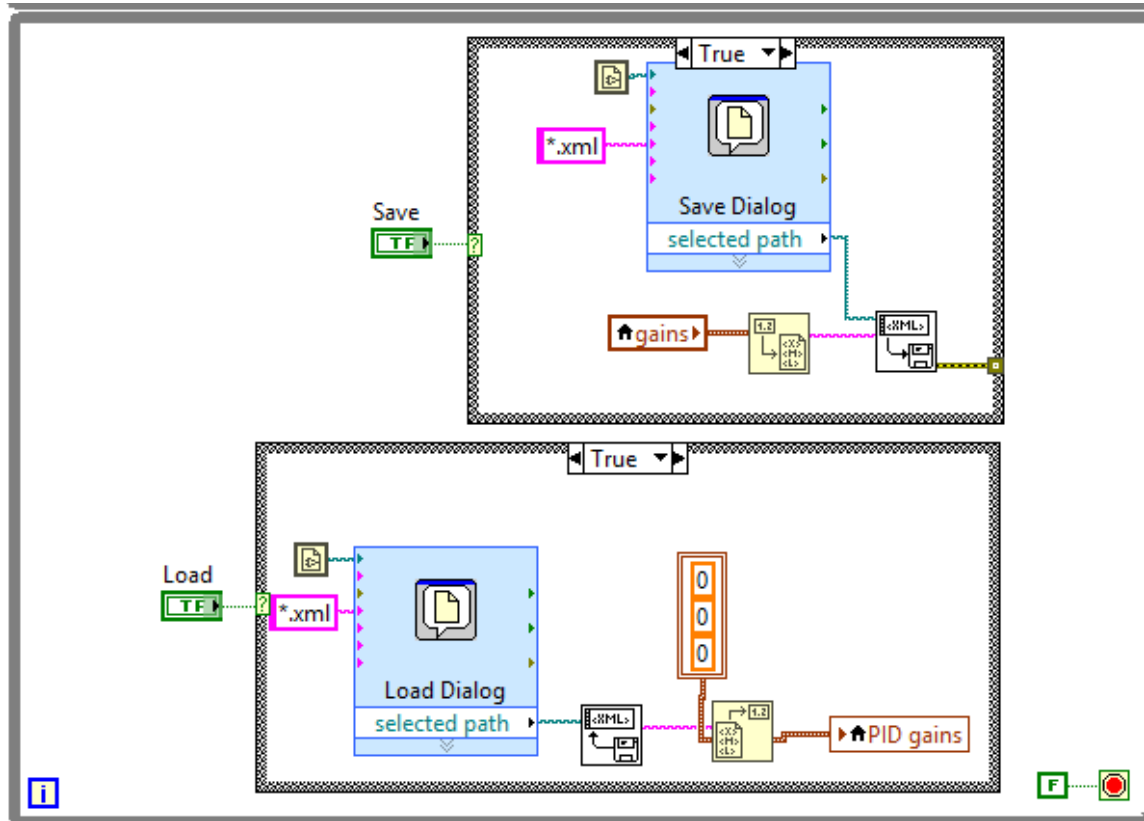


Рисунок 28 – сохранение и загрузка ПИД параметров

4.1 Задача узла с насосом для воды

Нам был дан узел стенда, на котором установлен насос с частотным приводом, расходомер для подсчёта расхода жидкости, проходящей через него, задачей данного узла являлось поддержание расхода на отметке в 410Т/сут. Схема установленных устройств на узле

Для начала создания и настройки ПИД регулятора была создана функциональная схема САР (Рисунок 29), чтобы детально понимать устройство будущего регулятора.

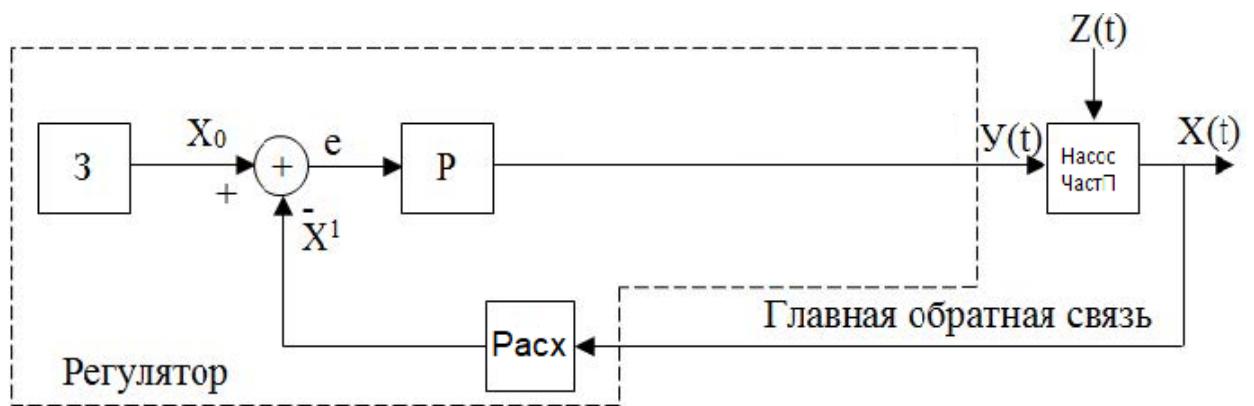


Рисунок 29 – Функциональная схема САР

Z – задатчик, для установки заданного значения параметра X_0

Расх – расходомер

P – регулятор

Насос ЧастП – частотный привод с насосом

Y – регулирующее (управляющее) воздействие

Z – помеха (возмущение)

X – регулируемый параметр

X^1 – сигнал на выходе датчика

$e = X^1 - X_0$ – ошибка, возникает при отклонении параметра от задания

X_0 – заданное значение регулируемого (управляемого) параметра может быть постоянным X_0 или изменяемым ($U(t)$).

На задатчике указывается требуемый расход, в ПИД параметрах происходит настройки регулятора, выходное значение подается на монитор, и обратно в систему для последующей обработки.

Далее мы сделали тестовый прогон в ходе которого привели систему в состояние перерегулирования или постоянных колебаний, это нужно для того что бы по методу Зинглера-Николсона высчитать параметры ПИД регулятора (Рисунок 30).

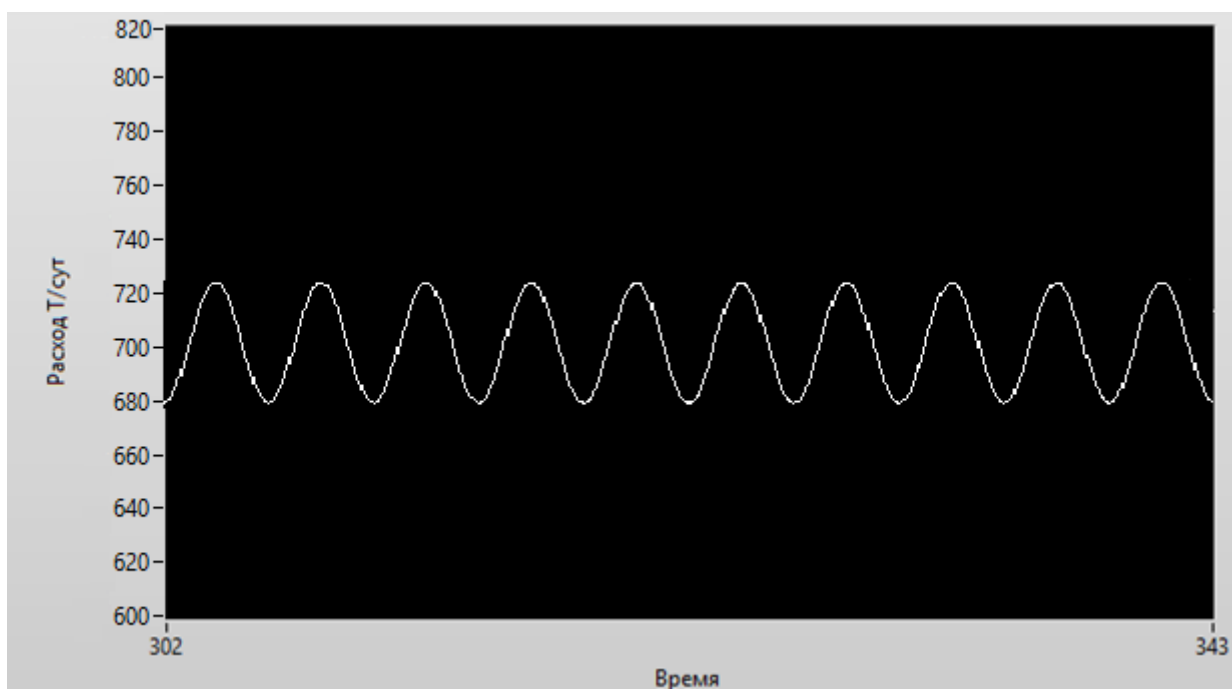


Рисунок 30 – Настройка ПИД

Для настройки ПИД по методу Зиглера-Никольсона мы должны:

1. Выставляем все коэффициенты (K_p , K_i , K_d) в 0.
2. Начинаем постепенно увеличивать значение K_p и следим за реакцией системы. Нам нужно добиться, чтобы в системе начались устойчивые колебания (вызванные перерегулированием). Увеличиваем K_p , пока колебания системы не стабилизируются (перестанут затухать).
3. Запоминаем текущее значение K_p (обозначим его K_u) и замеряем период колебаний системы (T_u).

Теперь используем полученные значения K_u и T_u для расчета всех параметров ПИД регулятора по формулам:

$$K_p = 0.6 * K_u$$

$$K_i = 2 * K_p / T_u$$

$$K_d = K_p * T_u / 8$$

В моем случае $K_u=20$, $T_u=41$.

$$K_p = 0.6 * 20=12$$

$$K_i = 2 * 12 / 41=0,58$$

$$K_d = 12 * 41 / 8=61.5$$

Так как данные параметры посчитаны в секундах, мы должны перевести их в минуты, в соответствии с параметрами ПИД регулятора LABview.

$$K_p = 12$$

$$K_i = 0,009$$

$$K_d = 1,025$$

После применения нашего решения мы получили следующие график, на котором видно, что регулировка происходит достаточно точно, так нашей задачей было поддерживать расход в 410Т/сут на графике видно, что мы имеем допустимую погрешность менее 2 процентов по госту. (Рисунок 31).

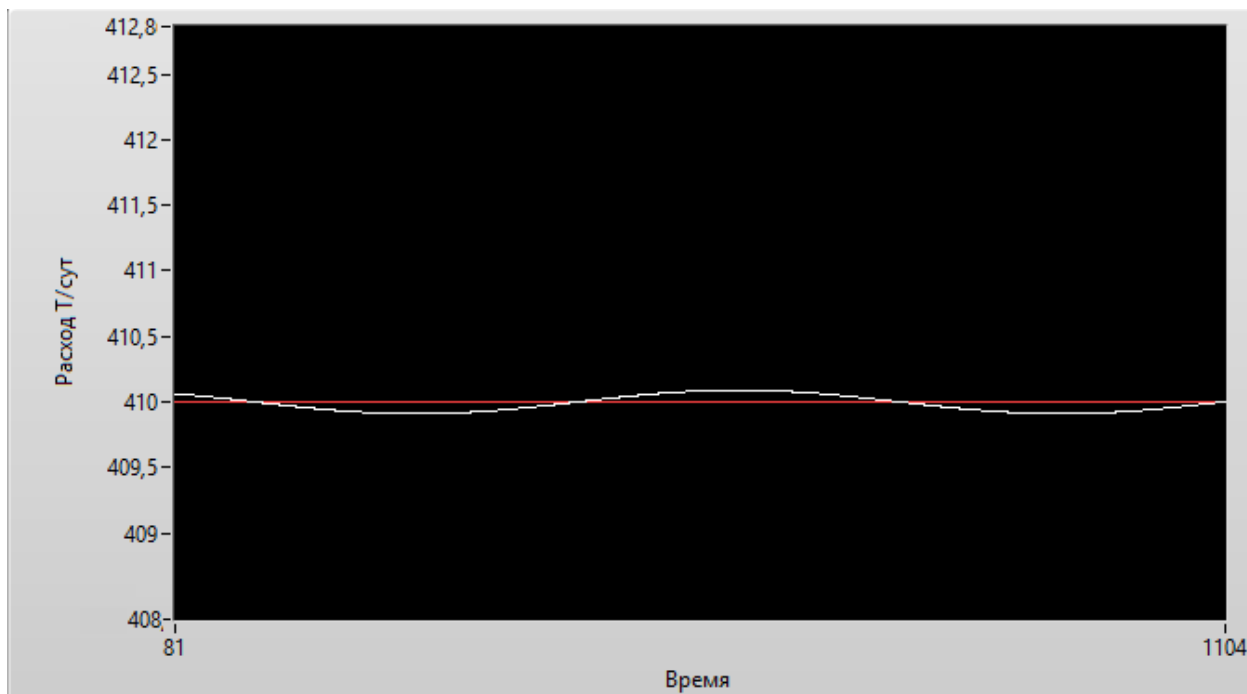


Рисунок 31 – работа ПИД

4.2 Задача узла насоса Exxsol

Нам был дан узел стенда, на котором установлен насос с частотным приводом, расходомер для подсчёта расхода жидкости, проходящей через него, задачей данного узла являлось поддержание расхода на отметке в 410Т/сут данный расход был выбран что бы увидеть, как разная жидкость влияет на настройку ПИД регулятора. Для начала создания и настройки ПИД регулятора была создана функциональная схема САР (Рисунок 32), чтобы детально понимать устройство будущего регулятора.

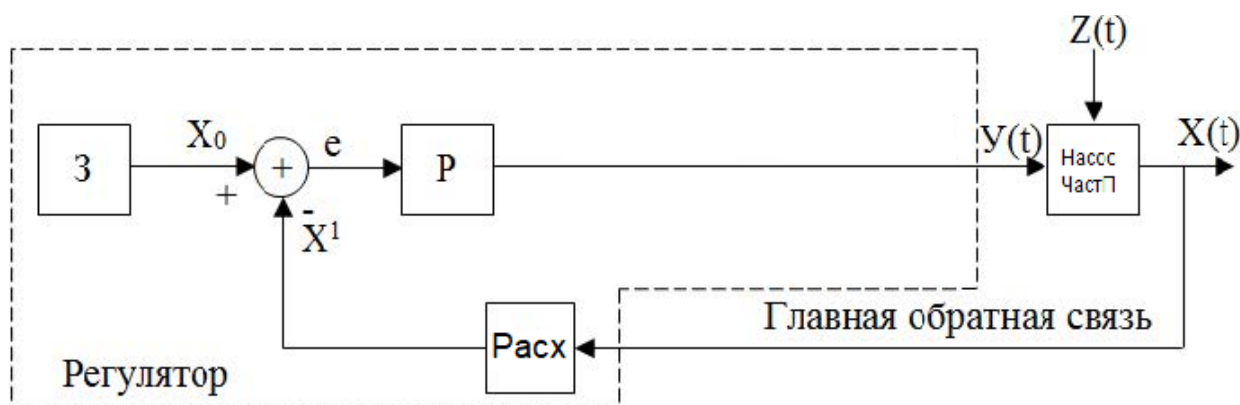


Рисунок 32 – Функциональная схема САР

З – задатчик, для установки заданного значения параметра X_0

Расх – расходомер

Р – регулятор

Насос – насос жидкосный

ЧастП – частотный привод

О – объект регулирования (печь, эл. мотор, резервуар и др.)

У – регулирующее (управляющее) воздействие

Z – помеха (возмущение)

X – регулируемый параметр

X^1 – сигнал на выходе датчика

$e = X^1 - X_0$ ошибка, возникает при отклонении параметра от задания

X_0 – заданное значение регулируемого (управляемого) параметра может быть постоянным X_0 или изменяемым (U_t).

На задатчике указывается требуемый расход, в ПИД параметрах происходит настройки регулятора, выходное значение подается на монитор, и обратно в систему для последующей обработки.

Далее мы сделали тестовый прогон в ходе которого привели систему в состояние перерегулирования или постоянных колебаний, это нужно для того что бы по методу Зинглера-Николсона высчитать параметры ПИД регулятора (Рисунок 33).

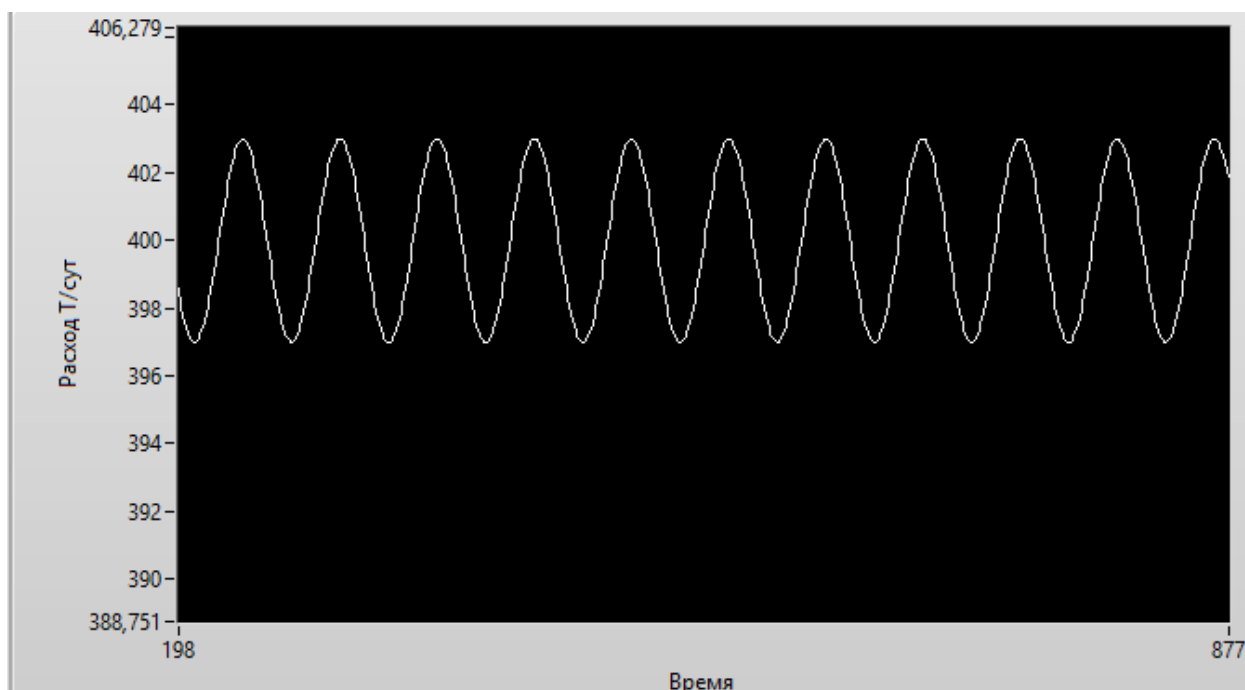


Рисунок 33 – Настройка ПИД

Для настройки ПИД по методу Зиглера-Никольсона мы должны:

1. Выставляем все коэффициенты (K_p , K_i , K_d) в 0.
2. Начинаем постепенно увеличивать значение K_p и следим за реакцией системы. Нам нужно добиться, чтобы в системе начались устойчивые

колебания (вызванные перерегулированием). Увеличиваем K_p , пока колебания системы не стабилизируются (перестанут затухать).

3. Запоминаем текущее значение K_p (обозначим его K_u) и измеряем период колебаний системы (T_u).

Теперь используем полученные значения K_u и T_u для расчета всех параметров ПИД регулятора по формулам:

$$K_p = 0.6 * K_u$$

$$K_i = 2 * K_p / T_u$$

$$K_d = K_p * T_u / 8$$

В моем случае $K_u=20$, $T_u=61.7$.

$$K_p = 0.6 * 20=12$$

$$K_i = 2 * 12 / 61,7=0,38$$

$$K_d = 12 * 61,7 / 8=92,5$$

Так как данные параметры посчитаны в секундах, мы должны перевести их в минуты, в соответствии с параметрами ПИД регулятора LABview.

$$K_p = 13,8$$

$$K_i = 0,006$$

$$K_d = 1,5$$

После применения нашего решения мы получили следующие график, на котором видно, что в отличии от воды мы имеем отличную работу насоса Exxsol от насоса воды на том же расходе в 410Т/сут на графике видно, что мы имеем допустимую погрешность менее 2 процентов по госту. (Рисунок 34).

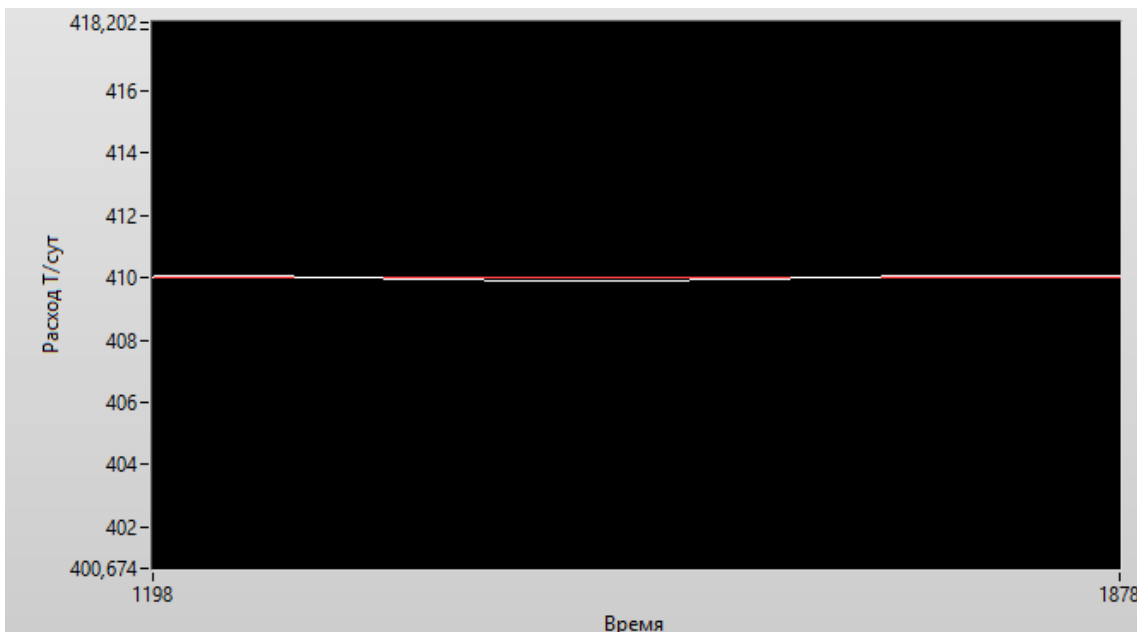


Рисунок 34 – работа ПИД

Глава 4.3 Задача узла сепаратора двух фазного

Дан участок стенда с сепаратором двух фазным, в который в режиме слив налив поступает смесь из воды и Eххsol, в баке нужно поддерживать уровень жидкости для перелива Eххsol в отдел для слива Eххsol.

Задачей данного ПИД является поддержание межфазного уровня жидкости в баке не выше 63% с помощью открытия сливной задвижки/ Была создана схема САР Рисунок 35.

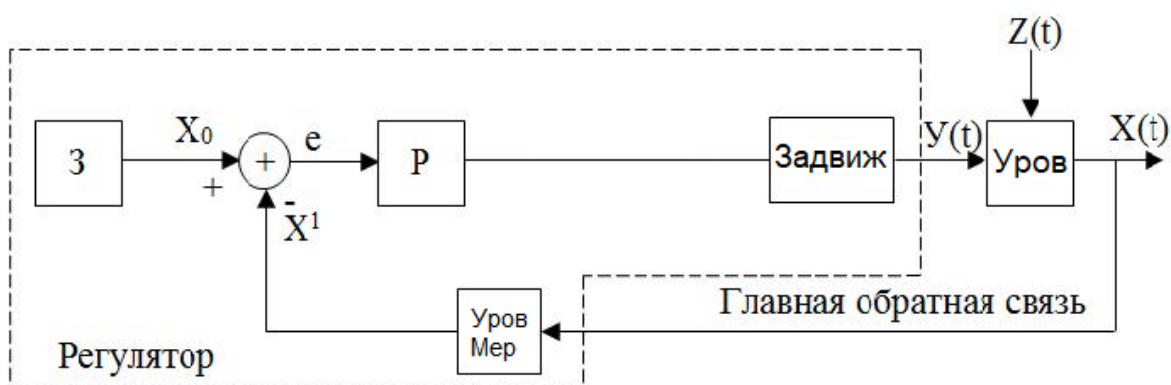


Рисунок 35 – схема подключения устройств

При решении задачи поддержания уровня, мы пользовались методом Зинглера-Никольса, задачей являлось поддержание уровня заполнения ёмкости не выше 60% с помощью открытия сливной задвижки.

Для этого систему привели к постоянным колебаниям (Рисунок 36).

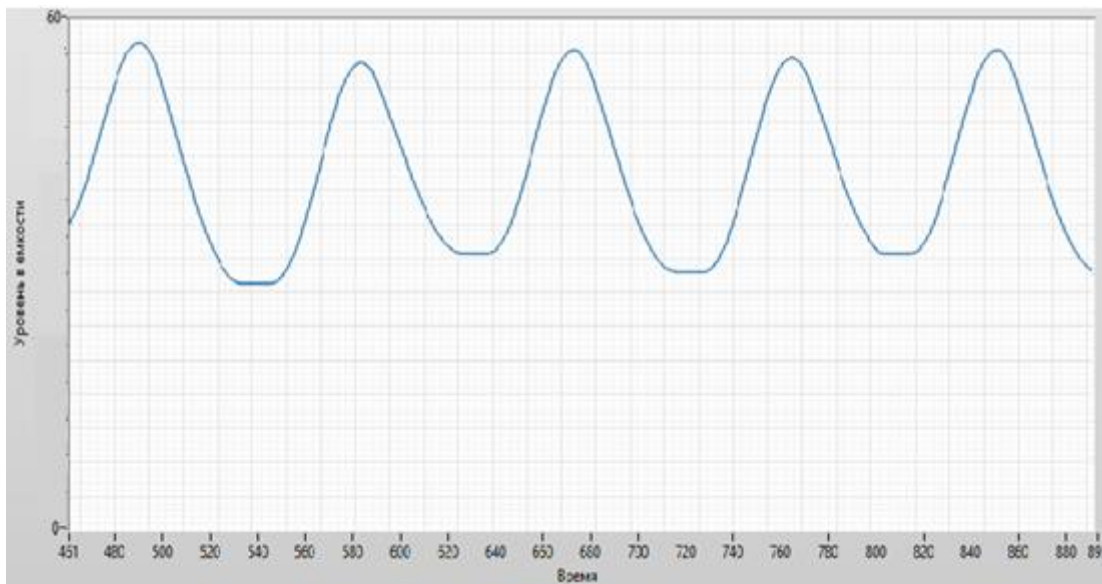


Рисунок 36 – Калибровочный прогон

После этого мы воспользовались методом Зинглера-Никольсона.

1. Выставляем все коэффициенты (K_p , K_i , K_d) в 0.
2. Начинаем постепенно увеличивать значение K_p и следим за реакцией системы. Нам нужно добиться, чтобы в системе начались устойчивые колебания (вызванные перерегулированием). Увеличиваем K_p , пока колебания системы не стабилизируются (перестанут затухать).
3. Запоминаем текущее значение K_p (обозначим его K_u) и замеряем период колебаний системы (T_u).

Теперь используем полученные значения K_u и T_u для расчета всех параметров ПИД регулятора по формулам:

$$K_p = 0.6 * K_u$$

$$K_i = 2 * K_p / T_u$$

$$K_d = K_p * T_u / 8$$

В моем случае $K_u=18$, $T_u=88,4$.

$$K_p = 0.6 * 18=10,8$$

$$K_i = 2 * 10,8 / 88,4=0,2$$

$$K_d = 10,8 * 88,4 / 8=119,3$$

Так как данные параметры посчитаны в секундах, мы должны перевести их в минуты, в соответствии с параметрами ПИД регулятора LABview.

$$K_p = 13,8$$

$$K_i = 0,003$$

$$K_d = 1,9$$

Задачей его было удерживать уровень жидкости бака не выше 63% путем открывания задвижки на выходе (Рисунок 37).

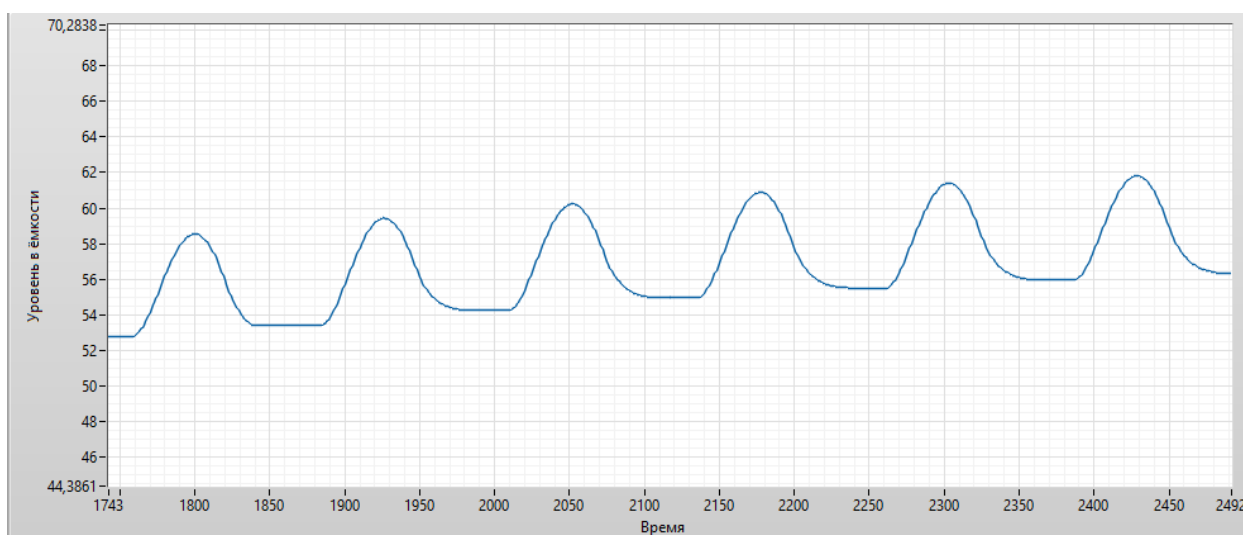


Рисунок 37 – Пример работы ПИД на участке сепаратора

Глава 4.4 Задача узла газового сепаратора

Дан участок стенда с газовым сепаратором, в который в режиме слив налив поступает смесь из воды и Eххsol, в баке нужно поддерживать уровень жидкости.

Задачей данного ПИД является уровня жидкости в баке не выше 60% с помощью открытия сливной задвижки, для решения этой задачи была создана схема САР Рисунок 38.

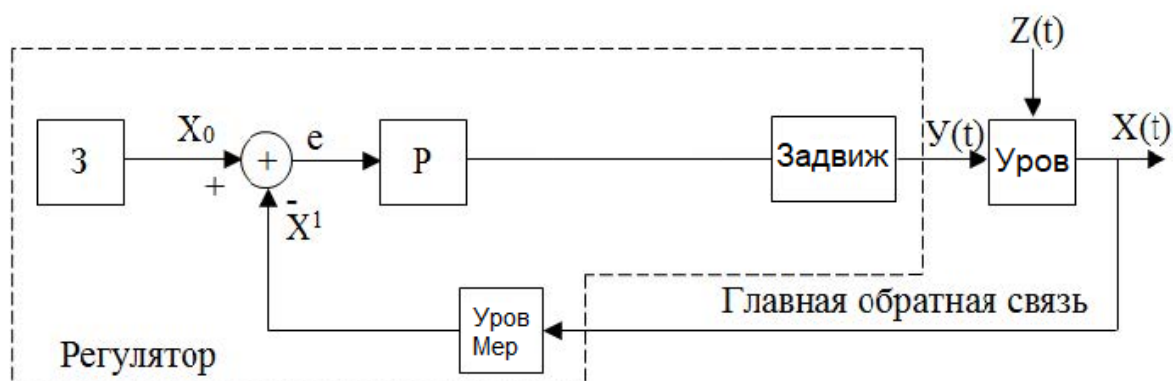


Рисунок 38 – схема подключения устройств

При решении задачи поддержания уровня, мы пользовались методом Зинглера-Никольса, задачей являлось поддержание уровня заполнения ёмкости не выше 50% с помощью открытия сливной задвижки.

Для этого систему привили к постоянным колебаниям (Рисунок 39).

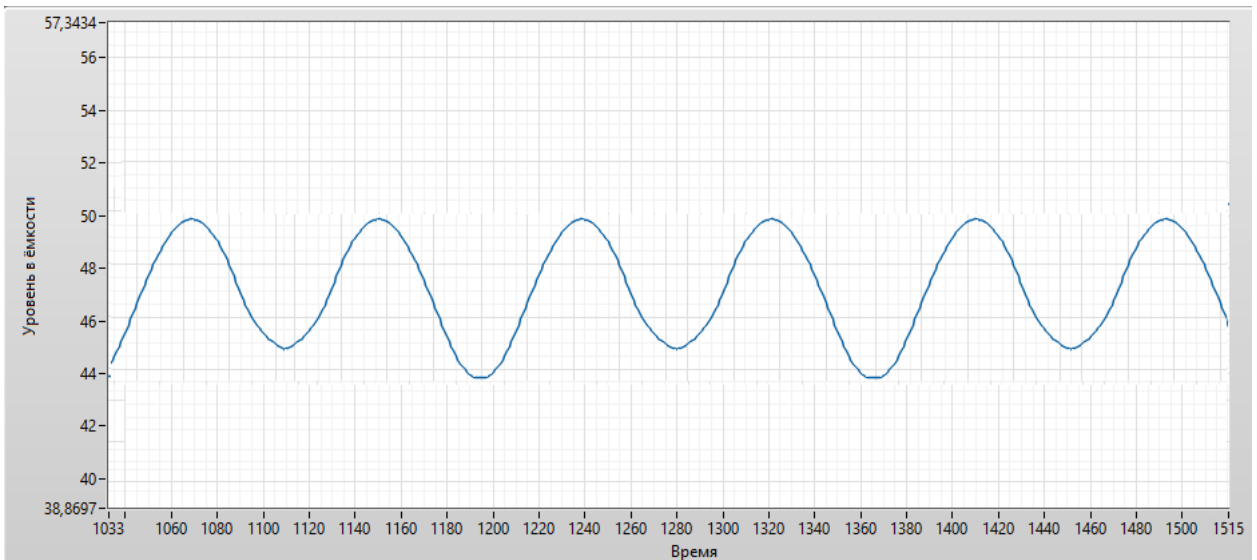


Рисунок 39 – Калибровочный прогон

После этого мы воспользовались методом Зинглера-Никольсона.

1. Выставляем все коэффициенты (K_p , K_i , K_d) в 0.
2. Начинаем постепенно увеличивать значение K_p и следим за реакцией системы. Нам нужно добиться, чтобы в системе начались устойчивые колебания (вызванные перерегулированием). Увеличиваем K_p , пока колебания системы не стабилизируются (перестанут затухать).
3. Запоминаем текущее значение K_p (обозначим его K_u) и замеряем период колебаний системы (T_u).

Теперь используем полученные значения K_u и T_u для расчета всех параметров ПИД регулятора по формулам:

$$K_p = 0.6 * K_u$$

$$K_i = 2 * K_p / T_u$$

$$K_d = K_p * T_u / 8$$

В моем случае $K_u=23$, $T_u=80,3$.

$$K_p = 0.6 * 23 = 13,8$$

$$K_i = 2 * 13,8 / 80,3 = 0,04$$

$$K_d = 13,8 * 80,3 / 8 = 18,00$$

Так как данные параметры посчитаны в секундах, мы должны перевести их в минуты, в соответствии с параметрами ПИД регулятора LABview.

$$K_p = 13,8$$

$$K_i = 0,005$$

$$K_d = 2,3$$

Задачей его было удерживать уровень жидкости бака не выше 50% путем открывания задвижки на выходе (Рисунок 40).

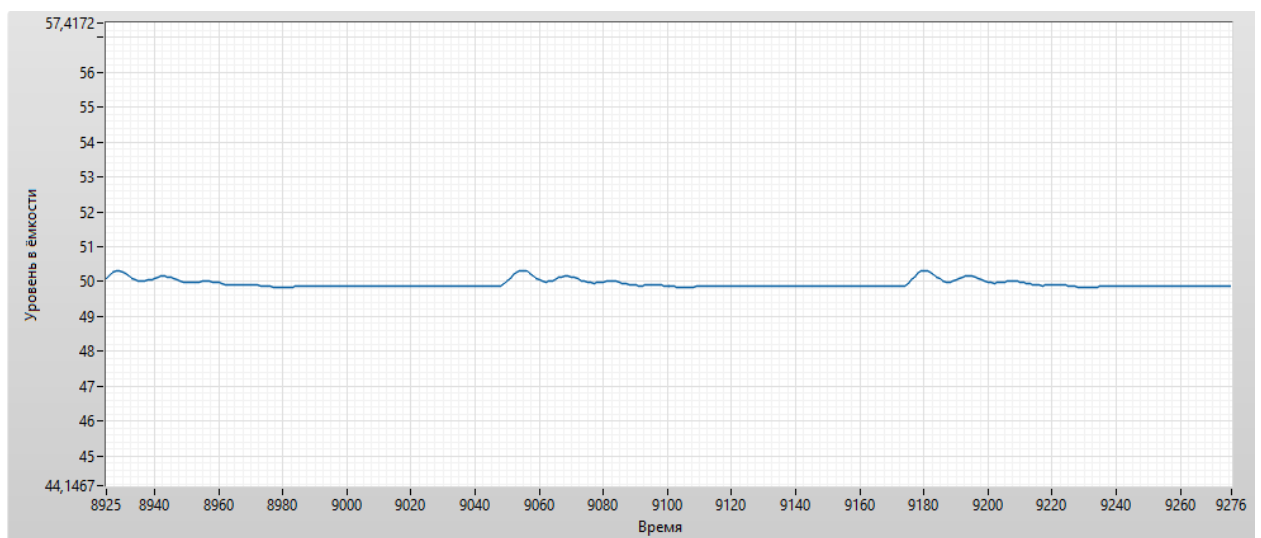


Рисунок 40 – Пример работы ПИД на участке сепаратора

Заключение

По итогу проделанной работы был изучен стенд НИС а так же оборудование и программное обеспечение используемое на нем. Была получена информация об применении и описании работы и составляющих ПИД регулятора.

Были изучены элементы участвующие в решении задачи такие как насос, расходомер, задвижка, уровнемер, а также найдена информацию об их характеристиках.

Была создана схема САР для узлов стенда для которых создавались и настраивались ПИД регуляторы.

Было выбрано оборудования, на котором проводилась работа.

Были собраны узлы.

Была сделана система предотвращения перелива.

Создана возможность сохранения настроенных ПИД параметров расходов.

Список литературы

1. <http://www.hms-neftemash.ru/press/novosti/novyuy-ispytatelnyy-stend-ao-gms-neftemash-attestov/>
2. <https://www.utmn.ru/presse/novosti/nauka-segodnya/110454/>
3. Сайт форум программистов : <http://www.cyberforum.ru>
4. <http://www.labview.ru>
5. <http://www.ni.com/ru-ru/support/model.pxie-8135.html>
6. <https://www.utmn.ru/presse/novosti/nauka-i-innovatsii>
7. <http://www.automationlabs.ru/index.php/ww>
8. <http://easyelectronics.ru/znakomimsya-s-labview.html>
9. <http://rosemount.ru>
10. <http://www.studfiles.ru/preview/3821009/page:2/>
11. https://electric-220.ru/news/chto_takoe_pid_reguljator/2018-03-24-1477
12. http://www.maxplant.ru/article/process_controller.php
13. http://www.picad.com.ua/3403/pdf/26_30.pdf
14. <https://metrcons.ru/info/gosudarstvennye-poverochnye-skhemy/>
15. <http://www.adastra.ru>
16. <https://micromotion.nt-rt.ru>
17. <https://www.auma.com/ru/>

