

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

На правах рукописи

УДК 681.532.63

ЯКАР ХАНДЕ НУР

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
РЕГУЛЯТОРА РУС02 ДАВЛЕНИЯ В РАСШИРИТЕЛЕ ПРОДУВКИ
ПАРОГЕНЕРАТОРА ВВЭР-1000 НА БАЗЕ ПТК ТПТС

Выпускная квалификационная работа специалиста

Специальность 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

Выпускная квалификационная работа
защищена «___» _____ 2021г.

Оценка _____

Секретарь ГЭК _____

г. Москва

2021

Студент-дипломник _____ **Якар Ханде Нур**
(подпись) (ФИО)

*Руководитель ВКР к.т.н., доцент _____ **Кулло И.Г.**
(должность) (подпись) (ФИО)

М.П.

Консультант _____
(должность) (подпись) (ФИО)

*Рецензент Нач. бюро СУЗ и КИП _____ **Бондарь П.С.**
(должность) (подпись) (ФИО)

М.П.

Зав. кафедрой, д.т.н. _____ **Кишкин В.Л.**
(подпись) (ФИО)

Подписи руководителя и рецензента заверяются отделом кадров соответствующего предприятия.

РЕФЕРАТ

Объём пояснительной записки 81 страниц, рисунков 39, таблиц. 1, источников 11.

MATLAB, MWBRIDGE, АЛГО ВУ, DISPLAY

Цель работы: разработать структурные математические модели объекта управления, регулирующего органа и системы управления. Назначение: выполнение заданной программы регулирования давления в расширителе продувки парогенератора ВВЭР-1000. Регулируемый параметр – давления в расширителе продувки парогенератора. В основу работы положен сравнительный анализ динамических свойств различных схем АСР. По результатам этого анализа были сделаны выводы о преимуществах и недостатках тех или иных вариантов построения АСР и выбрана наиболее эффективная схема.

Смоделирована система управления давления в расширителе продувки парогенератора в MATLAB, где объект управления реализован в программе MWBridge и MATLAB в виде разностных уравнений. Регулятор реализован по ПИ закону, и смоделирован в Алго Ву. Разработаны и реализованы схемы управления оборудованием системы регулирования и построен человеко-машинный интерфейс через Display. Выстроена связь между MWBridge и человеко-машинным интерфейсом. Проверены алгоритмы оборудованием системы управления и человеко-машинного интерфейса.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	6
ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1.....	10
1.1 Контура АЭС и принципиальная схема.....	10
1.2 Типы регуляторов на АЭС	14
1.3 Автоматизация системы продувки ПГ и регулирования давления и уровня в расширителях продувки ПГ	21
1.3.1 Назначение и принцип работы системы продувки парогенераторов 21	
1.3.2 Принцип автоматизации системы продувки ПГ на базе программно-технических средств.....	23
1.3.3 Структурная схема автоматизации продувки ПГ и технические характеристики системы автоматизации продувки ПГ	26
1.3.4 Алгоритмы и основные режимы работы системы продувки ПГ .	29
1.3.5 Расширители Продувки RY10B01 и RY10B02	32
1.3.6 Алгоритмы работы регулятора давления в расширителе продувки ПГ RYC02 и регулятора уровня в расширителе продувки ПГ RYC01 ...	34
1.4 Постановка задачи	35
Глава 2.....	36
2.1 Программно-технические средства ТПТС- ЕМ.....	36
2.2 Приборные стойки	40
2.2.1 Виды функциональных модулей.....	44
2.2.2 Устройство функциональных модулей	45
2.3 Служебные модули.....	49
2.4 Стойки питания.....	50
2.5 Стойки сопряжения	52

2.6 Средства Коммуникации.....	55
2.6.1 Шина EN.....	55
2.6.2 Интерфейсные модули	57
2.6.3 Коммутаторы.....	58
Глава 3.....	59
3.1 Контуры автоматического регулирования систем	59
3.2 Описание Объекта Управления.....	60
3.3 Представление объекта управления в виде разностных уравнений	62
3.4 Программа MikBASIC базы данных реального времени MWBridge ..	63
3.5 Результаты моделирования объекта управления в среде реального времени	65
Глава 4.....	68
4.1 Реализация регулятора на Алго Ву	68
4.2 Графики ПИ регулятора	69
4.3 Реализация регулятора на MATLAB	77
4.4 Человеко-машинный интерфейс	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АЗ	–	аварийная защита
АРМР	–	автоматический регулятор мощности реактора
АСУ ТП	–	автоматизированная система управления технологическими процессами
АЭС	–	атомная электростанция
БН	–	реактор на быстрых нейтронах
БРУ-А	–	быстродействующие редуцирующие установки
ВВЭР	–	водо-водяной энергетический реактор
ГПК	–	главный предохранительный клапан
ГЦК	–	главный циркуляционный контур
ГЦН	–	главный циркуляционный насос
ГЦТ	–	главный циркуляционный трубопровод
ИМ	–	исполнительный механизм
ИПУ	–	импульсно-предохранительные устройства
КД	–	компенсатор давления
ОУ	–	объект управления
ПГ	–	парогенератор
ПТК	–	программно-технический комплекс
РБМК	–	реактор большой мощности канальный
РУ	–	реакторная установка
САПР	–	система автоматизированного проектирования
СВБУ	–	система верхнего блочного уровня
СКУ НЭ	–	система контроля и управления нормальной эксплуатации
СКУ РО	–	система контроля и управления реакторного отделения
ТП	–	технологический процесс
ТПТС	–	технологические программно-технические средства
ТЭН	–	термоэлектрические нагреватели
УСБ	–	управляющая система блокировки

ВВЕДЕНИЕ

С ростом спроса на электроэнергию в мире растет и потребность в новых предприятиях по производству электроэнергии. В настоящее время атомные электростанции вырабатывают значительное количество энергии в глобальном масштабе, поэтому они являются выходом из положения. Эти электростанции обеспечивают непрерывное производство энергии по доступным ценам, не приводя к выбросам парниковых газов, как в случае с ископаемым топливом. Несмотря на свои преимущества, ядерная энергетика волнует общественность, которая обеспокоена загрязнением окружающей среды и проблемами ядерной безопасности, хотя по сравнению с большинством других источников энергии она в меньшей степени воздействует на климат и окружающую среду.

Для некоторых стран, которые имеют мало ископаемого топлива или решили использовать его в качестве сырья для нефтехимической промышленности, ядерная энергетика считается предпочтительным источником для производства электроэнергии. Кроме того, возросшая в последнее время чувствительность к выбросам оксида азота и двуокиси углерода вызывает обеспокоенность по поводу продолжающегося использования ископаемого топлива в качестве источника энергии. Киотский протокол, принятый в 1997 году, требует сокращения выбросов ниже нынешнего уровня. Все больше и больше стран, которые обеспокоены изменением климата и пытаются повысить стабильность своего энергоснабжения, в настоящее время рассматривают возможность включения ядерной энергии в свой национальный энергетический баланс или для ее дальнейшего использования.

Атомный реактор — это устройство для осуществления управляемой цепной реакции деления. Как правило, реакторы классифицируют по уровню энергии нейтронов, участвующих в реакции деления, по принципу размещения топлива и замедлителя, целевому назначению, виду замедлителя и теплоносителя и их физическому состоянию.

Самые популярные реакторы российского дизайна—РБМК (Реактор Большой Мощности Канальный) и ВВЭР (Водо -Водяной Энергетический Реактор).

Реактор РБМК представляет собой систему, в которой в качестве теплоносителя используется легкая вода, в качестве топлива— двуокись урана. Реактор РБМК-1000— гетерогенный, уранграфитовый, кипящего типа, на тепловых нейтронах предназначен для выработки насыщенного пара давлением 70 кг/см^2 . Теплоноситель —кипящая вода.

ВВЭР – корпусной реактор, давление в нем держится корпусом реактора, теплоносителем и замедлителем является одна и та же вода. Этот тип реакторов напоминает *PWR* (Реактор с водой под давлением) западного дизайна. Однако эти реакторы имеют ряд особенностей, существенно отличающихся от тех, которые используются в США и других западных странах.

Реактор ВВЭР-1000 является водо-водяным энергетическим реактором корпусного типа и представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд с эллиптическим днищем, с двухрядным расположением патрубков, внутренняя часть и части фланца и крышки покрыты антикоррозионной наплавкой. Корпус реактора сверху закрыт крышкой с установленными на ней приводами механизмов СУЗ. По принципу работы ВВЭР-1000 является гетерогенным ядерным энергетическим реактором корпусного типа на тепловых нейтронах. Теплоносителем и замедлителем в реакторе является химически обессоленная вода с борной кислотой, концентрация которой изменяется в процессе эксплуатации.[1] Главное преимущество реакторов ВВЭР перед РБМК состоит в их большей безопасности.

Реакторное отделение блока ВВЭР-1000 представляет собой сложный комплекс элементов, устройств, оборудования и для успешного функционирования АЭС необходимо большое число разнообразных технологических систем.

Важной составляющей АЭС с реакторами с водой под давлением (ВВЭР) считаются парогенераторы (ПГ), выдающие пар на турбогенератор для выработки электроэнергии.

Назначение парогенератора - передача энергии, произведенной в активной зоне реактора, во второй контур. Передача энергии от первого контура к второму производится по поверхности нагрева парогенератора через генерацию рабочего пара в воде второго контура, который затем используется для производства электроэнергии на турбогенераторе. Парогенератор, это наряду с реактором и главным циркуляционным насосом, относится к основному оборудованию АЭС. [2]

Парогенератор ПГВ-1000 в составе энергоблока АЭС с водоводяным энергетическим реактором типа ВВЭР-1000 обеспечивает выработку насыщенного пара температурой 280 °С, давлением 52...67 кгс/см² с влажностью 0.2% при температуре питательной воды 220 °С и считается составной частью циркуляционного контура.

Для атомных электростанций во всем мире надежная работа парогенераторов является важнейшей задачей. Требуемый уровень безопасности, экономической целесообразности и надежности производства электроэнергии на энергоблоке АЭС может быть достигнут только при безупречной работе парогенератора в пределах проектных допусков.

Для сохранения водно-химического режима теплоносителя 2-го контура в парогенераторах необходима продувка, т. е. удаление определенного количества котловой воды из корпуса парогенератора и замена ее добавочной, специально подготовленной водой. Применительно к ПГ АЭС с ВВЭР введена специальная система организации продувки ПГ и обработки продувочной воды. Вода, выведенная из парогенератора, поступает в специальную очистную установку с ионообменными фильтрами (СВО-5 на АЭС с унифицированным ВВЭР-1000) для очистки, и после очистки возвращается во второй контур теплоносителя. Оборудование системы продувки парогенератора согласно проекту обозначено латинскими буквами RY.

Глава 1

1.1 Контура АЭС и принципиальная схема

Атомные станции отличаются не только типом реакторов, охлаждающими материалами, но и по строению тепловых контуров.

Функция теплоносителя заключается в отводе тепла, выделившегося при высвобождении внутриядерной энергии в реакторе. Для устранения любых отложений на тепловыделяющих элементах необходима очень высокая чистота теплоносителя, следовательно для него замкнутый контур необходим. Еще один предлог замкнутости контура – вследствие прохода через реактор теплоноситель активизируется и его протечки могут создать серьезную радиационную опасность. Следовательно, основная систематизация АЭС зависит от числа контуров в ней. [3]

АЭС различаются одноконтурные, двухконтурные, не полностью двухконтурные и трехконтурные. Если контуры теплоносителя и рабочего тела совпадают, то такая АЭС называется одноконтурной. Схема одноконтурной АЭС представлена на рисунке 1.1.

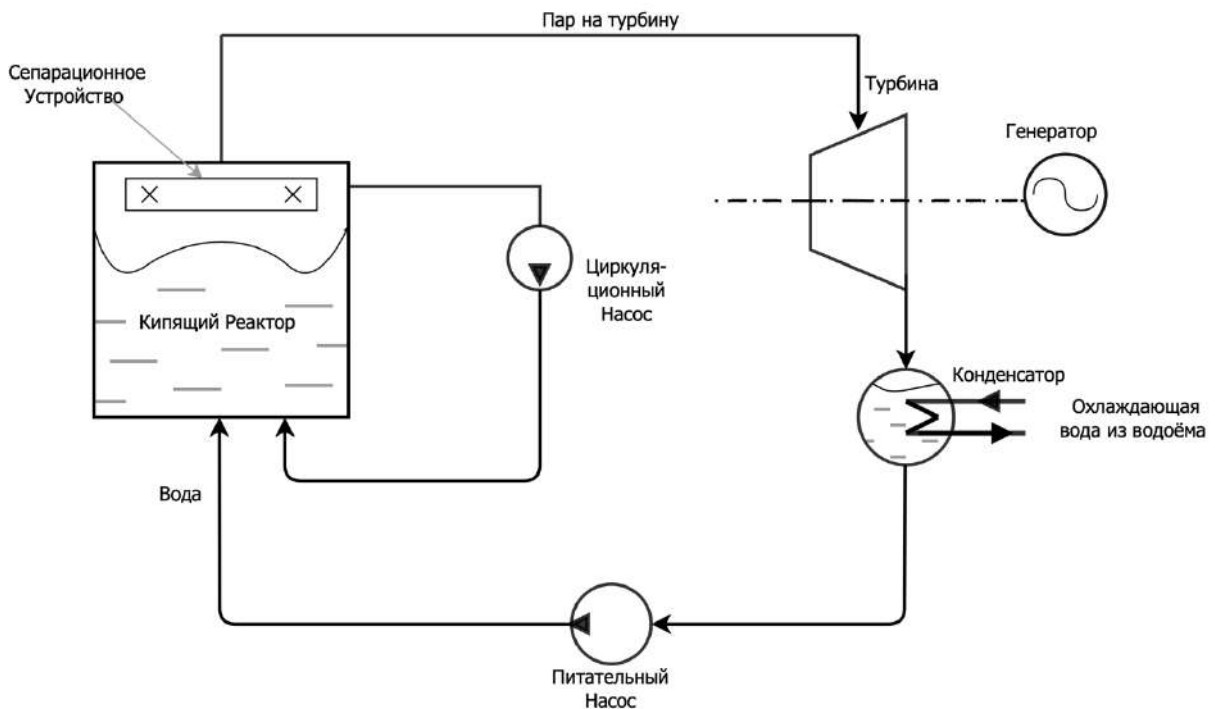


Рис.1.1 Схема одноконтурной АЭС

Парообразование происходит в реакторе, пар поступает в турбину, где, расширяясь, производит работу, превращаемую в генераторе в электроэнергию. После того, как весь пар конденсируется в конденсаторе, конденсат перекачивается обратно в реактор. Следовательно, контур рабочего тела является одновременно контуром теплоносителя, а иногда и замедлителем, и замкнутым контуром. Реактор может работать как с естественной, так и с принудительной циркуляцией теплоносителя по дополнительному внутреннему контуру реактора, на котором расположен соответствующий насос.

В одноконтурных схемах все оборудование работает в радиоактивных условиях, что затрудняет эксплуатацию. Огромное преимущество таких схем – простота и большая экономичность. Параметры пара перед турбиной и в реакторе различаются только величиной потерь в паропроводах.

Если контуры теплоносителя и рабочего тела (пара) разделены, то такая АЭС называется двухконтурной.

Принципиальная схема двухконтурной АЭС представлена на рисунке 1.2.

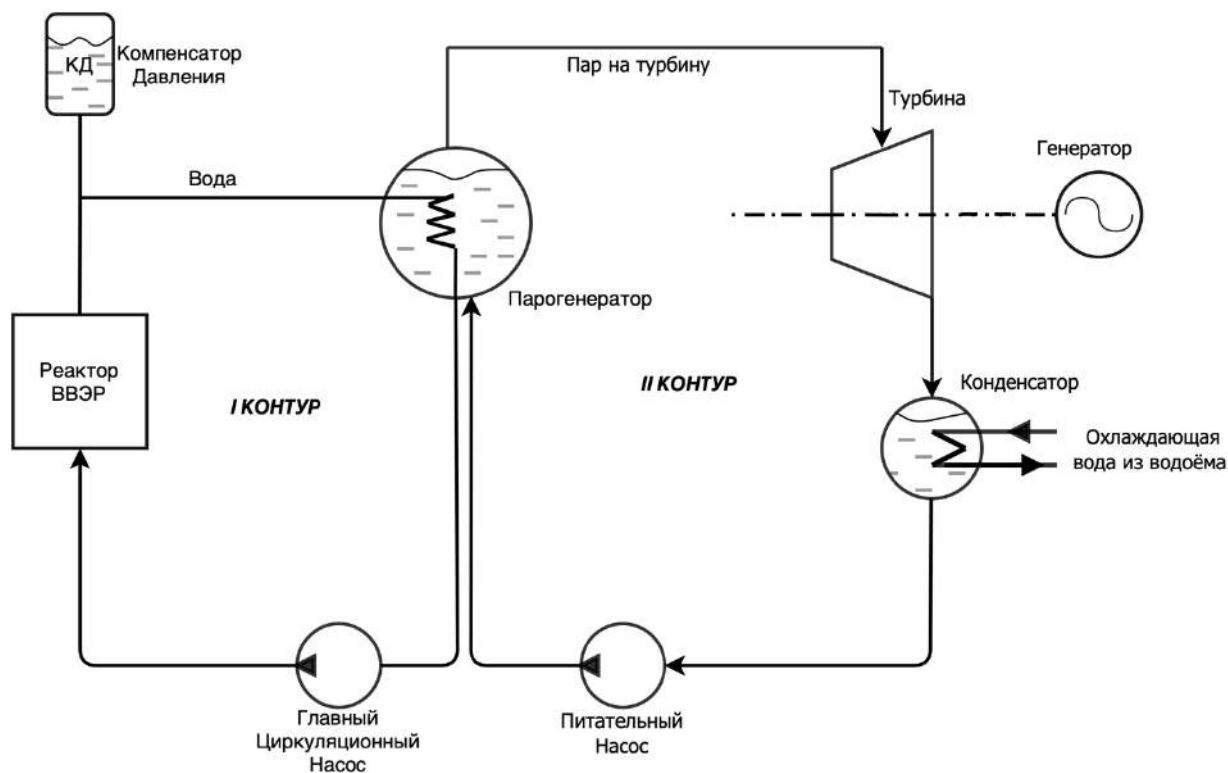


Рис.1.2 Схема двухконтурной АЭС

Соответственно контур теплоносителя называют первым, а контур рабочего тела — вторым. В таких схемах реактор охлаждается теплоносителем, прокачиваемым через него и парогенератор главным циркуляционным насосом. [4] Образованный таким образом контур теплоносителя радиоактивен, он охватывает не все оборудование станции, а только его часть. Система первого контура включает в себя компенсатор объема, поскольку объем теплоносителя изменяется в зависимости от температуры. Пар из парогенератора двухконтурной АЭС поступает в турбину, затем в конденсатор, а конденсат из него перекачивается обратно в парогенератор. Таким образом, в сформированный вторичный контур входит оборудование, работающее в условиях отсутствия радиационной активности, что упрощает работу станции. Двухконтурная станция требует парогенератора - элемента, разделяющего оба контура, поэтому он одинаково относится как к первому, так и ко второму. Передача теплоты через поверхность нагрева требует разницы температур между теплоносителем и кипящей водой в парогенераторе. Для водного теплоносителя это означает поддержание более высокого давления в первичном контуре, чем давление пара, подаваемого в турбину. Стремление предотвратить закипание теплоносителя в активной зоне реактора приводит к необходимости иметь давление в первом контуре, которое значительно выше давления во втором контуре.

Каждый из двух описанных типов АЭС с водяным теплоносителем имеет свои преимущества и недостатки, поэтому разрабатываются АЭС обоих типов. У них есть ряд общих черт, в частности, работа турбины и насыщенный пар среднего давления. С другой стороны, тепловая экономичность двухконтурной станции всегда меньше, чем у одноконтурной станции с таким же давлением в реакторе. Однако в реальности экономичность циклов практически одинакова, что обусловлено необходимостью принятия в одноконтурной схеме специальных мер против удаления продуктов коррозии сталей из воды, поступающей на турбину.

Атомная электростанция может работать не полностью двухконтурной. В таком случае имеется как первый независимый контур теплоносителя, так и совмещенный контур теплоносителя с собственно вторым контуром. Пар, образующийся в реакторе, осушится в барабане сепаратора, поступает в парогенератор, конденсируется в нем и смешивается с реальной водой. Циркуляционный насос возвращает теплоноситель в реактор. Насыщенный пар, образующийся в парогенераторе, поступает в реактор для перегрева и поэтому является не только рабочим телом, но и теплоносителем. Затем пар проходит по всему второму контуру, который, таким образом, оказывается совмещенным с первым, но только в его паровой, наименее радиоактивной части.

Существуют теплоносители, интенсивно взаимодействующие с паром и водой. Это может создать опасность выброса радиоактивных веществ в обслуживаемые помещения. Таким теплоносителем является, например, жидкий натрий. Поэтому создают дополнительный, промежуточный контур для того, чтобы даже в аварийных ситуациях можно было избежать контакта радиоактивного натрия с водой или водяным паром. Такие АЭС называют трехконтурными. [4] Принципиальная схема трехконтурной АЭС представлена на рисунке 1.3.

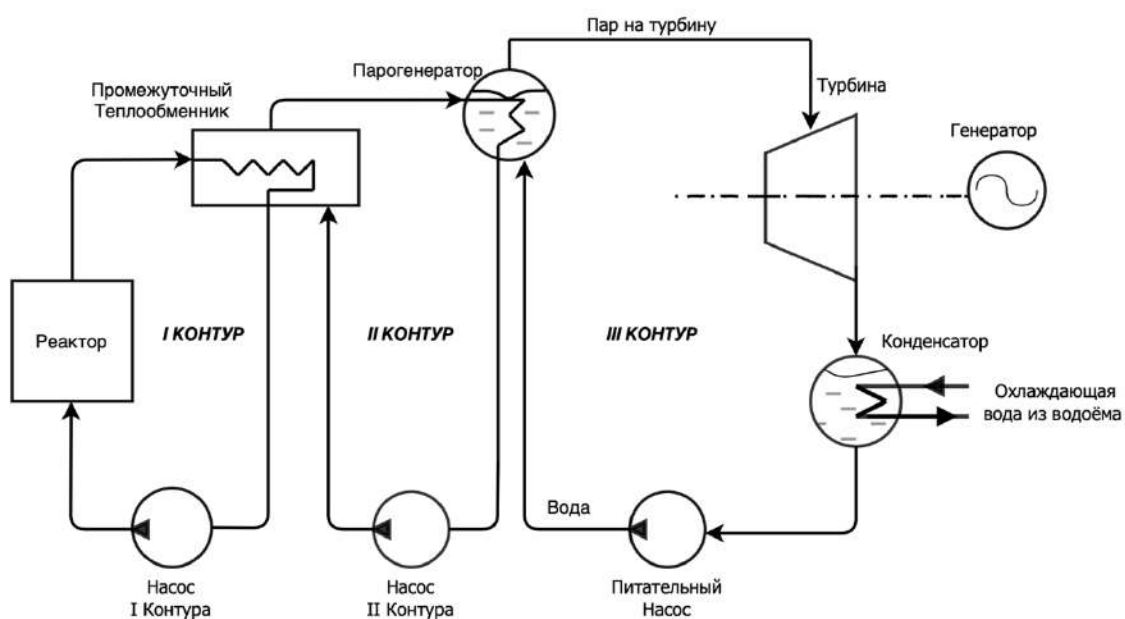


Рис.1.3 Схема трехконтурной АЭС

1.2 Типы регуляторов на АЭС

Основными регулирующими органами станции являются регуляторы, которые оказывают непосредственное влияние на производство энергии на атомных электростанциях.

Регуляторы в основном реализуются на основе фондов ТПТС.

❖ Регулирование давления в первом контуре

Регулятор спроектирован таким образом, что он выполняет установленную программу регулирования давления в контуре I. Закон регулирования регулятора давления пропорционален. Исполнительный орган - клапан управления впрыском.

Входные сигналы:

- давление на выходе из реактора;
- уровень открытия регулирующего клапана впрыска.

При повышении давления более 16,5 МПа при работе на мощности в КД регулирующий клапан на линии впрыска теплоносителя открывается (полное открытие клапана – 16,7 МПа, полное закрытие – 16,5 МПа).

❖ Регулирование уровня теплоносителя в компенсаторе давления

Регулятор предназначен для поддержания заданного уровня в КД в зависимости от средней температуры теплоносителя первого контура. Регулируемым параметром является уровень теплоносителя в КД. Закон регулирования регулятора - пропорционально-интегральный. Исполнительные органы - регулирующие клапаны на линии подпитки первого контура. Регулирование уровня теплоносителя в КД обеспечивают следующие регуляторы:

- при работе на мощности – штатным регулятором уровня;
- в режимах пуска и останова – пуско-остановочным регулятором;

На вход штатного регулятора уровня поступают следующие аналоговые сигналы:

- уровень в КД;
- средняя температура теплоносителя горячих и холодных петель I контура;

- расходы продувки и подпитки I контура.

На вход пуско-остановочного регулятора уровня поступают аналоговые сигналы:

- уровень в КД;

- расходы подпитки и продувки первого контура.[5]

Сигнал средней температуры генерируется сигналами термопары на горячих и холодных нитках петель первичного контура. Значение задания штатному регулятору уровня в КД является функцией средней температуры теплоносителя первого контура. Значение задания для регулятора начального уровня в КД определяется выбранной оператором уставкой.

❖ Регулирование уровня в парогенераторе

Регулятор уровня воды в парогенераторе служит для поддержания номинального уровня воды в ПГ при расходах питательной воды от 15–20 до 100 % от номинального значения, при расходах питательной воды менее 15–20 % – пуско-остановочный регулятор.

Закон регулирования основного и пуско-остановочного регуляторов - пропорционально-интегральный.

Закон регулирования пуско-остановочного регулятора уровня обуславливается введением обратной связи по положению пуско-остановочного клапана через реально-дифференцирующее звено.

Регулируемый параметр: уровень воды в ПГ.

Входные сигналы для основного регулятора уровня:

- уровень воды в ПГ;

- расход питательной воды;

- заданный уровень воды в ПГ;

- расход пара из ПГ;

Входные сигналы для пуско-остановочного регулятора уровня:

- уровень воды в ПГ;

- заданный уровень воды в степень открытия пуско-остановочного регулирующего клапана.

Исполнительными органами являются: основной регулирующий клапан и пуско-остановочный регулирующий клапан на байпасе основного клапана. Включение основных регуляторов на поддержание уровня в парогенераторах производится по факту увеличения расхода питательной воды выше 20 % от номинального, включение пуско-остановочных регуляторов – по факту снижения расхода питательной воды ниже 15 % от номинального.

❖ Регулирование давления пара во втором контуре

При сбросах и набросах нагрузки отклонения давления во втором контуре в допустимых пределах должны ограничиваться:

- автоматическим регулятором мощности реактора АРМР;
- при значительном повышении давления – путем сброса пара из парогенератора через БРУ-К, БРУ-А, САР ПГ;
- при понижении давления – работой ЭЧСР.

Регулятор давления пара БРУ-К предназначен для регулирования давления в ГПК за счет сброса свежего пара в конденсатор турбины.

давление пара в ГПК является регулируемым параметром.

Исполнительный орган: регулирующий клапан БРУ-К.

Входные сигналы:

- давление пара в ГПК;
- заданное давление пара;
- величина ступенчатой разгрузки турбины;
- положение регулирующего клапана.

БРУ-К должна осуществлять:

- сброс пара из ГПК в конденсатор турбины с целью ограничения давления в ГПК или снижения скорости роста давления (в пределах пропускной способности БРУ-К) с последующим поддержанием заданного давления в режимах энергоблока без запрета на сброс пара в конденсатор турбины (стерегущий режим работы БРУ-К);

- сброс пара в конденсатор турбины в режимах пуска и расхолаживания энергоблока с целью поддержания заданного давления в ГПК (режим авторегулирования).

Выбор режима работы БРУ-К осуществляется оператором. В стерегущем режиме при полностью закрытых в течение 20 с клапанах БРУ-К, вводится запрет открытия клапанов, который снимается в следующих случаях:

- при повышении давления пара в ГПК до 7,3 МПа;
- по сигналу «Сброс нагрузки». Если величина разгрузки менее 20 %, то сигнал «Сброс нагрузки» не формируется.

Закон регулирования: пропорциональный за счёт введения отрицательной обратной связи по положению регулирующего органа. При давлении выше заданного на 0,4 МПа и более степень открытия по статической характеристике составляет 100 %. Давлению, равному заданному и менее заданного соответствует полное закрытие клапана по статической характеристике. При поступлении сигнала «Сброс нагрузки» к сигналу разбаланса по давлению добавляется дополнительная составляющая ΔN , пропорциональная величине сброса нагрузки, что приводит к дополнительному открытию клапанов БРУ-К. Регулирование расхолаживания компенсатора давления

Регулятор расхолаживания КД предназначен для поддержания заданной разности температур теплоносителя в КД и в горячих нитках петель в режимах разогрева-расхолаживания РУ. Заданное (номинальное) значение разности температур -55 °С. Заданная точность регулирования – ± 3 °С. Входными сигналами для регулятора расхолаживания КД являются:

- максимальная температура горячих ниток петель;
- температура теплоносителя в КД;
- заданное значение разности температур. Исполнительным механизмом является регулирующей клапан «тонкого» впрыска в КД.

Управление и контроль исполнительными механизмами регуляторов может осуществляться с дисплея и дистанционно с панели управления СИУР.

В СКУ РО имеются следующие регуляторы:

– Регулятор разности температур между теплоносителем в горячих нитках петель и в компенсаторе давления в режиме планового расхолаживания УР04.

– Регулятор давления в I контуре (над активной зоной) УРС05;

– Регулятор давления в I контуре (над активной зоной) УРС01;

Назначение: поддержание заданного давления над активной зоной во всех эксплуатационных режимах с помощью АР УРС01, УРС05 и разности температур теплоносителя в КД и в горячих нитках петель в режимах разогрева и расхолаживания с помощью АР УРС04.

– Регулятор уровня в компенсаторе давления, штатный УРС02;

Штатный регулятор УРС02 поддерживает уровень в КД в зависимости от средней максимальной температуры теплоносителя в циркуляционных петлях I контура, а также от материального баланса теплоносителя I контура.

– Регулятор уровня в компенсаторе давления, пусковой УРС03;

Пусковой регулятор УРС03 поддерживает заданное значение уровня в КД в режимах пуска и расхолаживания.

– Регулятор расхода продувочной воды на фильтры СВО низкого давления ТКС01 и регулятор давления перед клапанами продувки (гидравлика) ТКС02;

Поддерживает заданный расход продувочной воды из I контура на СВО-2 во всех эксплуатационных режимах и заданного давления перед клапанами продувки в режиме гидравлики.

– Регулятор уровня в деаэраторе подпитки в нормальном режиме ТКС13;

Поддерживает заданное значение уровня в нормальном режиме работы реактора.

– Регулятор уровня в деаэраторе подпитки в режиме заполнения ТКС14;

Поддерживает заданное значение уровня в режиме заполнения I контура при пуске реактора.

– Регулятор уровня в деаэраторе подпитки в режиме борного регулирования ТКС20;

Поддерживает заданное значение уровня в деаэраторе подпитки в режиме борного регулирования.

– Регулятор давления в деаэраторе подпитки ТКС10 и ТКС12. Регулятор давления в деаэраторе борного регулирования ТКС70;

Регуляторы ТКС10 и ТКС12 поддерживают заданное значение давления пара в деаэраторе подпитки. Регулятор ТКС70 поддерживает заданное значение давления пара в деаэраторе борного регулирования.

– Регулятор уровня в деаэраторе борного регулирования ТКС71;

Поддерживает заданное значение уровня в деаэраторе борного регулирования во всех режимах работы реактора.

– Регулятор перепада давления между напорным трубопроводом подпиточных насосов и давлением в I контуре ТКС21 (ТКС22, ТКС23). Регулятор расхода подпиточного насоса ТКС24 (ТКС25, ТКС26);

Поддержание заданного перепада давлений между трубопроводом подпиточных насосов и давлением в I контуре во всех режимах работы реактора и расхода подпиточной воды в напорном трубопроводе подпиточного насоса.

– Регулятор перепада давления на уплотнения ГЦН YDC11 (YDC12, YDC13, YDC14);

Поддержание заданного перепада давлений на уплотнения ГЦН.

– Регулятор уровня в расширителе продувки парогенераторов RYC01;

– Регулятор давления в расширителе продувки парогенераторов RYC02;

- Регулятор дозирования аммиака ТВС01;
- Регулятор щелочности теплоносителя ТВС02;
- Регулятор давления за фильтрами установки ТЕС20 (ТЕС10);
- Регулятор концентрации кислорода перед контактным аппаратом TS10C01;
- Регулятор давления газа на всасе газодувки TS21C01 (TS22C01, TS23C01);
- Регулятор уровня в приемке организованных протечек ТУС01 (ТУС02, ТУС03);
- Регулятор температуры приточного воздуха системы UV06 UV06C01 (UV06C03).

1.3 Автоматизация системы продувки ПГ и регулирования давления и уровня в расширителях продувки ПГ

1.3.1 Назначение и принцип работы системы продувки парогенераторов

Система продувки парогенераторов RY предназначена для вывода коррозионно-активных примесей с помощью периодической и непрерывной продувки, поддержания норм водно-химического режима котловой воды в парогенераторах и поддержания заданных значений уровня и давления в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 во всех режимах работы ПГ.

Во всех режимах работы система обеспечивает:

- непрерывную продувку всех 4-х парогенераторов с расходом 7,5-16 м³/ч от каждого ПГ;
- периодическую продувку одного парогенератора с расходом 20-30 м³/ч и непрерывную продувку всех 4-х парогенераторов. В этом случае суммарный расход всех 4-х продуваемых ПГ не должен превышать 50-80 м³/ч;
- дренажный режим для каждой ПГ с расходом не менее 30 м³/ч.
- поддержать заданных значений уровня и давления в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 во всех режимах работы ПГ.

Непрерывная продувка осуществляется из «солевого» отсека ПГ с расходом 7,5 - 16 т/ч. Запорно-регулирующие клапана (ЗРК) на линиях непрерывной продувки YB10(20,30,40)W01 имеют обозначение RY11(12,13,14)S12 и диапазон регулирования расхода составляет от 0 до 30т/ч. Расходомеры RY11(12,13,14)F01 используются для контроля расхода непрерывной продувки. На рисунке 1.4 приведена схема продувки парогенераторов.

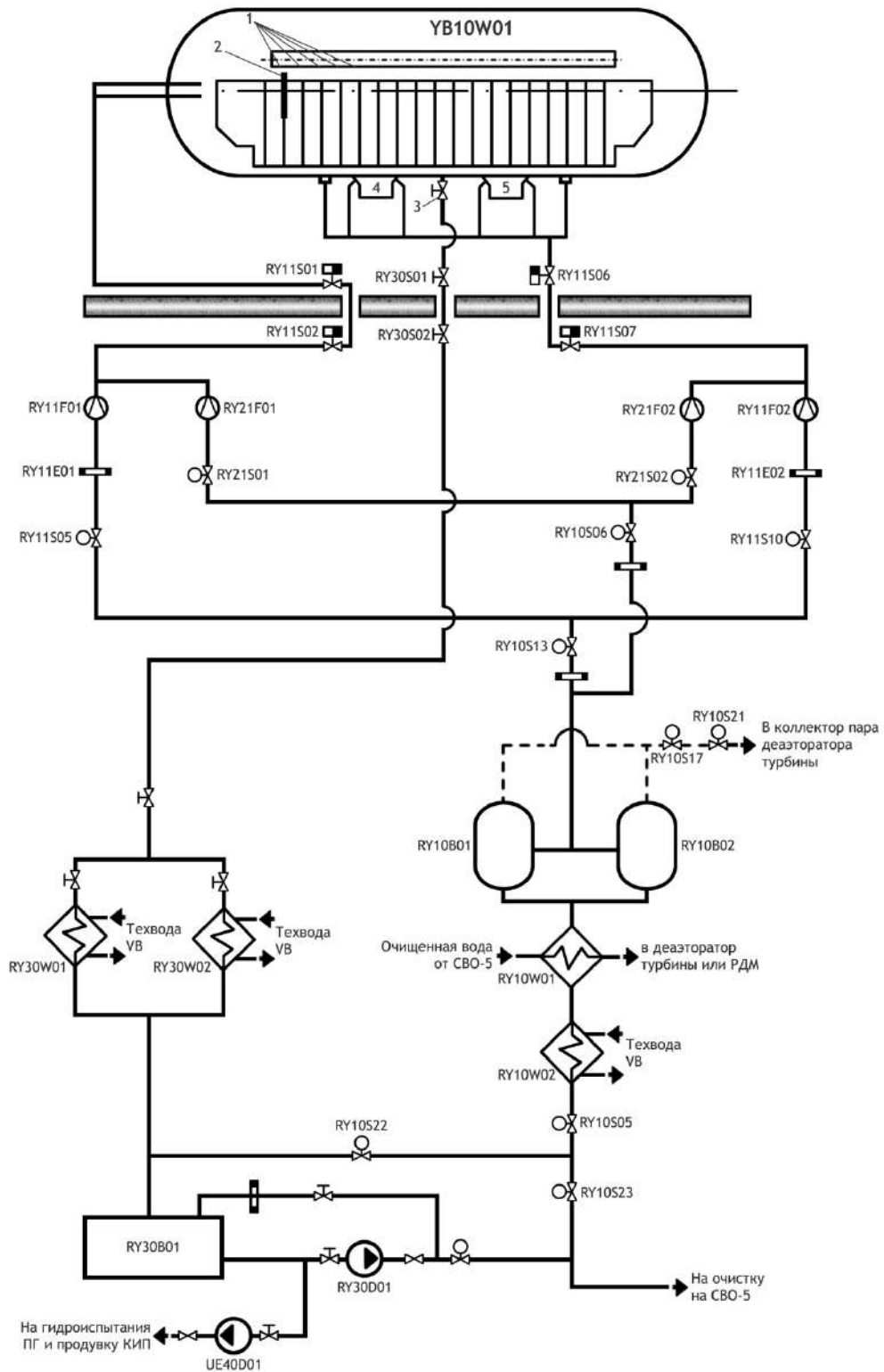


Рис.1.4 Схема продувки парогенераторов.

1 - отглушенные раздающие коллекторы питательной воды 2 - перегородка "солевого" отсека 3 - дренаж парогенератора 4 - "холодный" коллектор 1 контура 5 - "горячий" коллектор 1 контура

Периодическая продувка осуществляется из карманов коллекторов, днища и дренажного патрубка ПГ. Запорно-регулирующие клапана на линиях периодической продувки обозначены RY11 (12,13,14) S13; RY21S03. ЗРК RY21S03 используется для регулировки общего расхода периодической продувки от 0 до 40 т / ч. Расходомеры RY21 (22,23,24) F01 осуществляют периодическое регулирование расхода продувки. Для прогрева продувочных трубопроводов и регулировки расхода от 0 до 10 т /ч используется ЗРК RY11(12,13,14) S13. Кроме того, Расходомеры RY11 (12,13,14) F02 предназначены для проверки затрат на обогрев трубопроводов периодической продувки.

1.3.2 Принцип автоматизации системы продувки ПГ на базе программно-технических средств

Системы продувки парогенератора и регулирование параметров среды в расширителях продувки— эта система нормальной эксплуатации, важными с точки зрения безопасности. В соответствии с утвержденными правилами, продувка производится. При периодической продувке коллекторных карманов, днища и дренажных труб ПГ необходимо проводить большое количество переключений. ЗРК RY11,12,13,14S12 и RY21S03 работают локально в ручном режиме. Время периодической продувки карманов, днища, дренажа парогенераторов строго контролируется.

Система контроля уровня и давления в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 (регулятор RYC02, регулирующий клапан RY10S17) реализованы на базе устаревшего и исчерпавшего свой ресурс оборудования «Каскад-2».

В связи с этим большое значение приобретают задачи автоматизации продувки ПГ, повышения качества регулирования, снижения вероятности отказов САР, повышения безопасности и эффективности работы энергоблока.

Предлагается автоматизация системы продувки парогенератора и систем регулирования уровня и давления в расширителях продувки RY10B01 & RY10B02 с использованием программно-технических средств (ПТС).

Построенные на основе универсальных контроллеров программно-технические средства (ПТС) используются для решения задач управления и регулирования, требующих высокой надежности и точности, а также для разрешения реализации систем локального контроля и регулирования технологических процессов на атомных станциях. В то же время используется принцип “адаптивной” модернизации, которая предполагает максимальную адаптацию внедренных средств к существующим системам, кабельным соединениям, датчикам и исполнительным механизмам. Представлена возможность сопряжения внедряемой системы с существующими автоматизированными системами и информационно-вычислительной сетью. В каждом из контроллеров программная поддержка предусматривает создание базы данных для передачи в информационно-вычислительную систему (ИВС) через интерфейс в соответствии с заданным протоколом обмена. Стандартная конфигурация контроллера показана на рисунке 1.5.



Рис.1.5 Типовая конфигурация контроллера.

Набор стандартных модулей состоит из следующих модулей: процессора, расширения, дискретного ввода-вывода, аналогового ввода-вывода. Модули дискретно-аналогового ввода-вывода разрешают обрабатывать любые виды дискретно-аналоговых сигналов, обеспечивая при этом высокую помехоустойчивость. Значение решаемой задачи определяет необходимость резервирования узлов структуры (процессорный модуль, модули ввода-вывода, источники питания).

Для реализации любой схемы был построен ряд стандартных программных модулей, включая самый сложный регулятор. Набор стандартных программных модулей подходит как для реализации простых регуляторов, так и для построения сложных систем управления. Кроме того, с помощью набора можно реализовать системы регулирования с последовательным управлением РК, с пошаговой синхронизацией РК и вводом РК в диапазон регулирования.

Программное и информационное обеспечение ПТС основаны на едином наборе программных средств, имеют единую структуру и организацию базы данных, и снабжены встроенным программным средствам информационно-справочной поддержки персонала и соответствующей программной документацией. Программное обеспечение позволяет реализовать необходимую информационную и управляющую задачу, обеспечивая при этом реализацию открытости и доступности ее фрагментов при модернизации алгоритмов управления. Все органы местного управления и регуляторы энергоблока могут быть объединены в информационную сеть, сохраняя при этом автономность с точки зрения функций управления. Помимо инструментальных компьютеров, к информационной сети могут быть подключены распределенные АРМ.

Функциональное программное обеспечение (ФПО) задач управления и регулирования построено с максимальным использованием типовых алгоритмических модулей: открытия / закрытия исполнительного механизма; режима слежения; модуля динамического звена; логики подключения РК;

переключение первого регулятора; создание обратной связи, корректировка настроек, закона регулирования; управление РК. Кроме того, ФПО имеет средства для диагностики, мониторинга, самопроверки и защиты от несанкционированных действий персонала. При необходимости возможна разработка средств моделирования оборудования на программном уровне. Особое значение при изучении нарушений в работе автоматизированной системы управления имеют такие средства, которые сопровождаются регистрацией в реальном времени потока событий.

1.3.3 Структурная схема автоматизации продувки ПГ и технические характеристики системы автоматизации продувки ПГ

Предлагаемая структурная схема автоматизации продувки ПГ представлена на рисунке 1.6.

Схема включает:

- автоматизированное рабочее место оператора (АРМ);
- пульт управления и индикации (ПУИ);
- аппаратура логического управления арматурой (ПТК);
- внешние кабельные связи с другими системами, задействованными в продувке.

АРМ управления продувкой оборудовано для активного (двустороннего) обмена информацией с оборудованием логического управления. АРМ должен выполнять следующие основные функции:

- предоставление оператору актуальной информации о состоянии системы продувки в виде видеокадров (таблиц и мнемосхем);
- изменение настроек и параметров настройки системы автоматической продувки; регистрация работы параметров системы продувки.

Включение и выключение автоматической продувки ПГ осуществляется с пульта управления, расположенного на АРМ инженера управления реактором.

Для управления циклом продувки ПГ, пульт управления должна иметь следующие элементы управления:

- кнопка выбора парогенераторов, включенных в цикл периодической продувки;
- кнопка остановки работы алгоритма продувки;
- кнопка возврата арматуры в состояние соответствующее режиму постоянной продувки;
- кнопка пропуска одного шага в цикле продувки;
- кнопка выбора длительности цикла продувки парогенераторов.

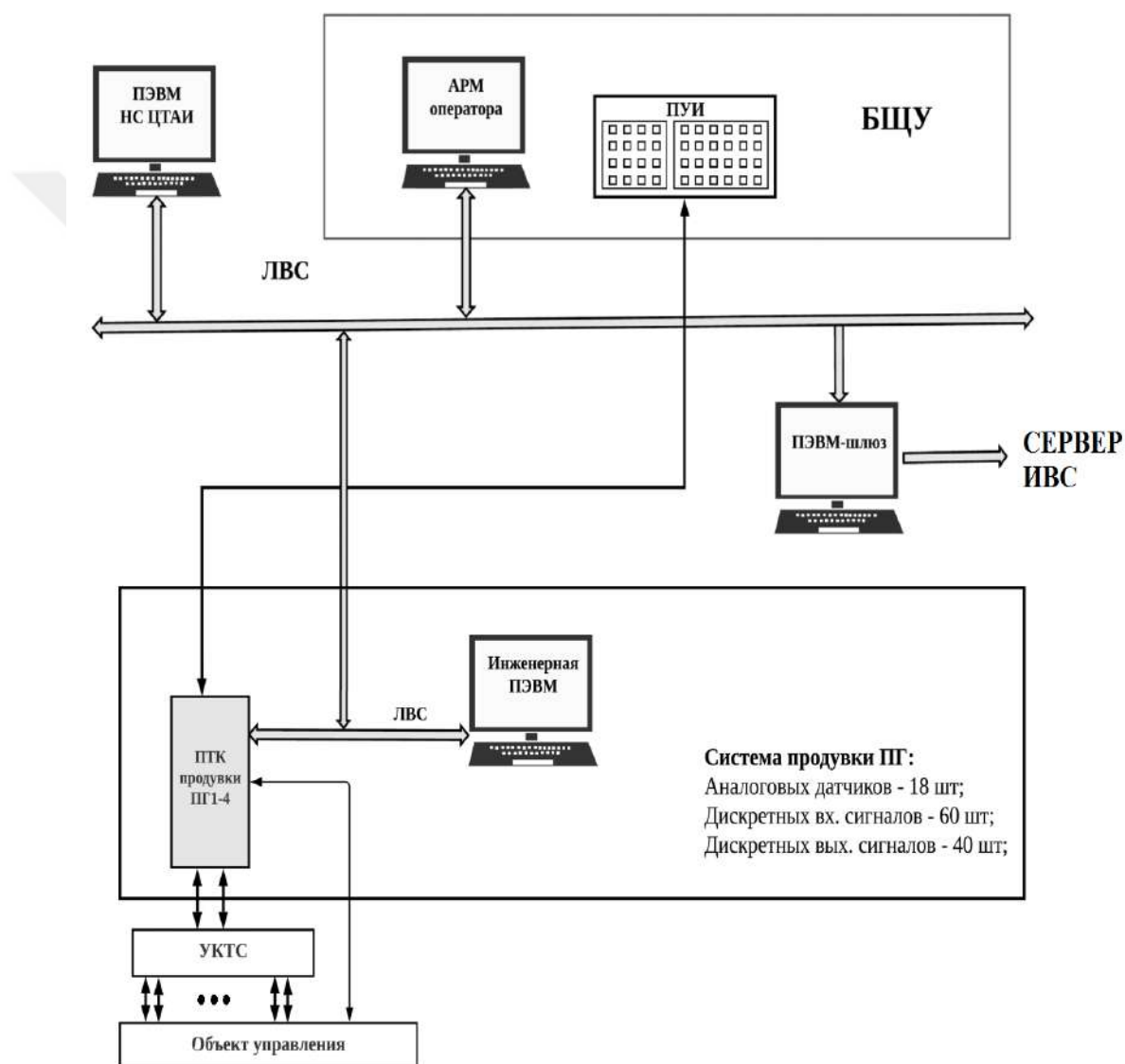


Рис.1.6 Структурная схема автоматизации продувки ПГ

В случаях, когда цикл продувки отключен или прерван, система автоматического управления должна удалить выходные команды, которые влияют на исполнительные механизмы.

На панель управления предоставляется звуковой сигнал различных тонов, который информирует о начале следующего этапа продувки или о нарушении в работе цикла автоматической продувки.

В случае неисправности автоматической периодической продувки алгоритм должен обеспечивать блокировку работы автоматизированной системы по инициативе оператора или автоматически при появлении признака неисправности управляемой арматуры. Функциональность клапана определяется наличием информации от конечных выключателей положения и временем его хода закрытия / открытия.

Чтобы гарантировать отсутствие ударности, перехода алгоритма продувки к следующему этапу, управление исполнительными механизмами осуществляется импульсными командами, с возможностью задания длительности команды и паузы. Более того, расход общего количества продувочной воды отслеживается в течение всего цикла продувки. Алгоритм продувки блокируется, если расход превышает установленное значение. Эта функция помогает оператору выяснить причину нарушения и устранить ее, а затем запустить алгоритм продувки с достигнутого шага. Когда клапаны постоянной продувки возвращаются в исходное состояние, соответствующее значению открытия в момент включения алгоритма продувки, цикла автоматической продувки для всех ПГ заканчивается.

Оператору предоставляется текущая информация о состоянии продувки в виде видеокадров на АРМ автоматизированной системы продувки. На видеокадре мнемосхемы продувки отображаются диагностические сообщения о неисправностях датчиков и арматуры (клапаны) в виде изменения подсветки неисправной позиции на желтый цвет. Выделение их позиций красным цветом показывает запитанное состояние клапанов и отклонение расхода продувочной воды за установленные максимальные и минимальные значения.

Информация о нарушениях в работе автоматической продувки дублируется путем подачи звукового сигнала на контрольную панель.

Изменение параметров настройки и блокировки ввода / вывода должно производиться на отдельном видеокadre, обеспечивающем защиту от несанкционированного вмешательства в работу автоматической системы продувки.

1.3.4 Алгоритмы и основные режимы работы системы продувки ПГ

Непрерывная продувка осуществляется непрерывно и одновременно на всех четырех парогенераторах. Периодическая продувка включается один раз в сутки, в зависимости от состояния водно-химических параметров, на время, выбираемое оператором. Расход непрерывной продувки снижается, чтобы производить периодическую продувку. После этого производится периодическая продувка, отдельно для каждого парогенератора последовательно.

Последовательная периодическая продувка от первого до четвертого парогенератора является логическим контролем системы продувки. Алгоритм цикла продувки разделен на этапы, причем каждый этап соответствует определенному парогенератору. Этап продувки парогенератора разделен на четыре шага. Продувка парогенератора производится последовательно: ПГ1—ПГ2—ПГ3—ПГ4, за исключением тех парогенераторов, которые были удалены оператором из цикла продувки. В одном парогенераторе цикл продувки состоит из 4-х равных по времени шагов:

- 1- открытие задвижки RY21(22, 23, 24)S02 соответственно для ПГ1(ПГ2, ПГ3, ПГ4) и продувка карманов коллекторов;
- 2- открытие задвижки RY31(32, 33, 34)S04 и продувка карманов коллекторов совместно с дренажными патрубками;
- 3- закрытие задвижки RY31(32, 33, 34)S04, с последующим открытием задвижки RY11(12, 13, 14)S11 и продувкой карманов коллекторов совместно с днищем ПГ;
- 4- закрытие задвижки RY11(12, 13, 14)S11 и продувка карманов коллекторов.

Для автоматической системы продувки должно быть 2 основных режима работы:

—Режим «Расход»: работа системы с контролем расхода продувочной воды и заданием по расходу котловой воды через ЗРК;

—Режим «Положение»: работа системы с заданием по степени открытия ЗРК (по УП RY11÷14S12).

Перед включением системы автоматической продувки арматура, задействованная в управлении, должна быть запитана и переведена в соответствие с начальными условиями.

До включения автоматической продувки в работу, выбор режима производится на cadre настроечных параметров ПЭВМ САП ПГ. Проверяет соответствие начальным условиям после включения алгоритма логического управления продувкой: состав парогенератора, включенных в автоматическом цикле продувки, длительность цикла продувки, состояние арматуры, степень открытия ЗРК RY11÷14S12 (по УП или по расходу воды в зависимости от выбранного режима). Если начальные условия не совпадают с заданными или отсутствует информация о выбранном парогенераторе и времени цикла продувки, формируется знак «Несоответствие». В этих случаях алгоритм продувки блокируется и переходит в состояние «Стоп»). Степень открытия ЗРК RY11÷14S12 запоминается и является задачей подпрограммы «Исходное». Кроме того, выполняется последовательное импульсное прикрытие ЗРК RY11(12, 13, 14) S12 до уставки, соответствующей режиму периодической продувки. Кроме того, выполняется последовательное импульсное прикрытие ЗРК RY11(12, 13, 14)S12 до уставки, которая соответствует режиму периодической продувки. После этого активируется счетчик времени цикла продувки и реализуется первый этап цикла автоматической продувки (с уставкой по времени выбранной оператором до включения автоматической продувки).

После завершения продувки всех включенных парогенераторов происходит переход в подпрограмму «Исходное», которая поочередно переводит ЗРК RY11÷14S12 импульсными командами в исходное состояние, соответствующее уставкам по расходу или по УП, сформировавшимся в момент включения алгоритма периодической продувки.

В случае нарушения алгоритма управления продувкой, цикл продувки должно быть предусмотрено блокирование на время, которое позволяет оператору решить, остановить или продолжить продувку парогенератора. Блокировка продувки должно производиться по команде оператора или автоматически в случаях возникновения несоответствия регулируемого клапана (участвующих в продувке) требуемому положению, неисправности датчиков или увеличения общего расхода котловой воды более установленного значения. В случае таких ситуаций, при снятии выходных команд на арматуры и блокированием счетчика времени продувки алгоритм управления продувкой переходит в состояние «Стоп».

Приостановка алгоритма сопровождается выдачей индикации с миганием и звуковой сигнализацией на панель управления.

После выявления причины вызвавшей блокирование алгоритма, разблокирование остановки автоматической продувки выполняется только оператором, одним из следующих методов:

а- повторным нажатием кнопки «Стоп», если причина нарушения устранена. Алгоритм продувки выполняется с места возникновения сбоя;

б- нажатием кнопки «Продолжить». В этом случае система переходит к следующему шагу алгоритма продувки (достигнутый шаг пропускается);

в- нажатием кнопки «Исходное». В этом случае арматура переводится в состояние постоянной продувки.

В программу продувки должен быть включен алгоритм работы «Исходное», для завершения работы автоматической продувки парогенераторов из состояния «Стоп» и возврата арматуры в состояние, соответствующее режиму постоянной продувки. Состояние устанавливается

по инициативе оператора (нажатием кнопки «Исходное»), либо автоматически (после завершения последнего шага цикла продувки всех парогенераторов). Состояние «Стоп» выключается по алгоритму «Исходное» и затем последовательно импульсными командами закрывается арматура периодической продувки (RY11÷14S11, RY21÷24S02, RY31÷34S04), после чего последовательно открываются системы ЗРК импульсными командами на линиях непрерывной продувки RY11 ÷ 14S12 (на значение, соответствующую уставкам по расходу или по положению УП в зависимости от избранного режима).

1.3.5 Расширители Продувки RY10B01 и RY10B02

Расширители продувки RY10B01,02 предназначены для разделения продувочной воды на пар и воду, которая подается через патрубки, расположенные тангенциально. Продувочная вода разделяется на пар и воду за счет расширения, а также центробежного эффекта. Отсепарированный пар по трубопроводу Ду250 направляется в паровую магистраль деаэраторов турбинного отделения. Отсепарированная продувочная вода поступает из расширителей продувки (РППГ) в теплообменник регенеративной продувки парогенераторов.

Давление в РППГ поддерживается регулирующим клапаном RY10S17, установленном на трубопроводе отвода пара к деаэраторам турбинного отделения на уровне 8 кгс/см^2 . Один предохранительный клапан типа СППК-4Р-16 Ду200 Ру16, настроенный на работу при давлении $8,8 \text{ кгс/см}^2$, защищает каждый расширитель продувки РППГ от избыточного давления. Конструкция расширителя продувки (типа СП-1,5У) приведена на рисунок 1.7. Техническая характеристика расширителя продувки RY10B01(02) представлена в таблице 1.

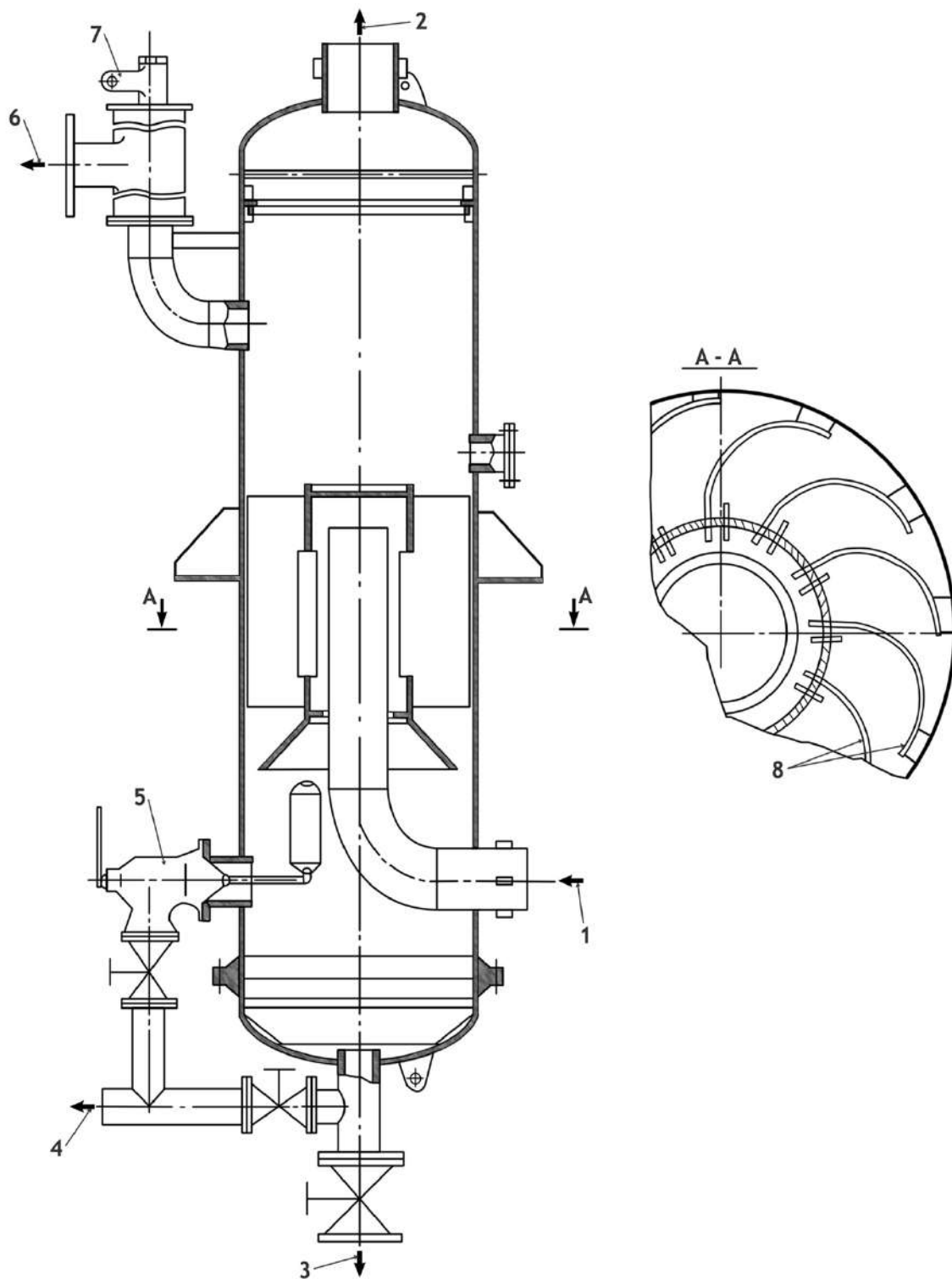


Рис.1.7 Конструкция расширителя продувки (типа СП-1,5У)

- 1 – вход пароводяной смеси Ду200 2 – выход отсепарированного пара Ду200
 3 – отвод отсепарированной воды Ду150 4 - отвод отсепарированной воды Ду80
 5 – встроенный поплавковый регулятор уровня 6 – в атмосферу Ду200
 7 – предохранительный клапан 8 – сепарирующие лопатки

Таблица 1 - Техническая характеристика расширителя продувки RY10B01(02)

Техническая характеристика расширителя продувки RY10B01(02)	
Рабочие давление, кгс/см ²	8
Давление гидроиспитаний, кгс/см ²	11
Температура среды, °С	170
Полный объем корпуса, м ³	1,5

1.3.6 Алгоритмы работы регулятора давления в расширителе продувки ПГ RYC02 и регулятора уровня в расширителе продувки ПГ RYC01

Регулятор RYC02 предназначен для поддержания заданного давления в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 во всех режимах работы ПГ. Регулятор давления в расширителе продувки включается в работу переводом переключателя БРУ-32 в положение автоматического управления. Информация о работе регулятора выводится на пульт управления (табло «RYC02 в РПД») и на видео кадры ПЭВМ САП ПГ. При включении регулятор безударно включается на текущее значение давления в расширителе, после чего с установленным темпом приводит регулируемый параметр в соответствие с заданным: $7,8 \pm 0,2$ кгс/см². Регулятор реализует ПИ закон регулирования с обратной связью по давлению в расширительном баке RY10P01B1 и по положению клапана RY10S17.

Регулятор RYC01 предназначен для поддержания заданного уровня в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 во всех режимах работы ПГ. Регулятор уровня в расширителе продувки включается в работу переводом переключателя БРУ-32 в положение автоматического управления. Информация о работе регулятора выводится на пульт управления (табло «RYC01 в РПУ») и на видео кадры ПЭВМ САП ПГ. При включении регулятор безударно включается на текущее значение уровня в расширителе, после чего, с установленным темпом, приводит уровень в соответствие с заданным: 700 ± 50 мм. Регулятор реализует ПИ закон регулирования с

обратной связью по уровню в расширительном баке RY10L01B1 и по положению клапана RY10S05.[6]

1.4 Постановка задачи

В данной работе для проведения исследования модели регулятора давления в расширителе продувки парогенератора ВВЭР-1000 необходимо изучить свойства объекта управления, свойства и характеристики исполняющего механизма, а также структуру и характеристики регулятора давления в расширителе продувки парогенератора ВВЭР-1000. Для этого следует построить структурную математическую модель регулятора, исполнительного механизма и объекта управления. Провести моделирование контура регулирования в среде Simulink пакета Matlab. Затем перейти от структурно-математической модели исполняющего механизма и объекта управления к разностным уравнениям и реализовать их в MWBridge.

Полученные разностные уравнения исполняющего механизма и объекта управления протестировать в среде реального времени и сравнить с результатами моделирования, полученными в среде Matlab. Регулятор реализовать по ПИ закону и смоделировать на Алго Ву. Через Display рисовать человеко-машинный интерфейс. Выстроить связь между MWBridge и человеко-машинным интерфейсом. Проверить алгоритмы оборудованием системы управления и человеко-машинного интерфейса.

Глава 2

2.1 Программно-технические средства ТПТС- ЕМ

Программно – технические средства ТПТС – ЕМ (типовые программно-технические средства типа ЕМ) предназначены для автоматизации технологических процессов в составе автоматизированной системы по управлению технологическими процессами.

Оборудование типовых программно-технические средств типа ЕМ применяется на энергоблоке чтобы выполнить задачи, которые возложены на низовую автоматику, и объединяется по технологическим и компоновочным признакам в программно – технические комплексы:

– типовые программно-технические средства типа ЕМ разрешают выстраивать программно – технические комплексы автоматизированных систем по управлению, как стандартной эксплуатации, так и систем безопасности.

– типовые программно-технические средства типа ЕМ выполняют функции низовой автоматики:

1) сбор и обработку сигналов от датчиков технологических показателей, измерение технологических показателей, реализацию нужных вычислений;

2) прием и реализацию дистанционных команд оператора;

3) реализацию заданных алгоритмов прикладного характера технологических защит и блокировок, автоматического регулирования, автоматического ввода резерва, по функционально – групповому управлению, алгоритмов индивидуального дистанционного и по автоматическому управлению.

4) выдачу данных в системе верхнего *блочного* уровня для архивирования.

К типовым программно-техническим средствам типа ЕМ относится:

а) основное оборудование шкафного исполнения (шкафы двухстороннего обслуживания):

- приборные стойки, оснащенные процессорными модулями и коммутационным оборудованием;
- стойки питания, осуществляющие подачу необходимого напряжения питания на приборные стойки;
- стойки сопряжения, осуществляющие связь программно – технических средств, с датчиками и исполнительными механизмами и другими периферийными устройствами в тех случаях, когда нужен переход с одного типа кабеля на другой или перестройка вида сигнала.

Для решения специфических задач по контролю и по управлению могут применяться специализированные стойки, например, стойки, содержащие в себе функциональные модули, коммуникационные и коммутационные устройства.

б) средства коммуникации, содержащие в себе оборудование коммуникационной системы – шины EN:

- коммутаторы OSM/ESM (в составе программно – технических средств) для коалиции абонентов в единую систему;
- трансиверы (в составе программно – технических средств) для подключения удаленных абонентов к шине EN;
- интерфейсные модули для подключения абонентов к шине EN;
- оптоволоконные кабели и промышленные витые пары для передачи данных;
- оптические кроссы для сопряжения оптических кабелей разнообразных диаметров;

в) средства конфигурирования, использующиеся для конфигурирования, наладки и проверки типовых программно-технических средств типа EM:

- инженерная станция ТПТС54.3403 (ИС), представляющая собой основное устройство конфигурирования программно – технических комплексов и документирования конфигурации;

– программатор ТПТС54.3403 (ИС), представляющий собой подсобное средство конфигурирования модулей функционального характера, которое применяется при налаживании программно – технических комплексов, в основном, для проверки и настройки отдельных показателей, к примеру, показателей регуляторов. Программатор может применяться для имитации сигналов на выходах, а также входах модулей, для загрузки кодов, развитых на инженерной станции, в модули типовых программно-технических средств типа ЕМ. Использование программатора для изменения конфигурации программно – технических комплексов запрещается, поскольку в этом случае изменения не будут отражены в документации. Для этого должна применяться только инженерная станция.

г) сервисные устройства:

– имитаторы ТПТС54.330Х (И), позволяющие в результате тестирования и наладки программно – технических комплексов имитировать аппаратные как входные, так и выходные дискретные сигналы, и исполнительные механизмы разнообразных типов, включая возможные их поломки.

– тестер модулей функционального характера ТПТС54.3500, применяемый при тестировании и налаживанию программно – технических комплексов, когда необходимо обследовать настройки модулей или работоспособность исполнительного механизма без применения средств по оперативно – диспетчерскому управлению.

Аппаратура типовых программно-технических средств типа ЕМ связана с датчиками, механизмами (исполнительными), методами по оперативно – диспетчерскому управлению и другими системами энергоблока при помощи проводных связей. Кроме того, предусмотрены подключения по шине RS – 485 к интеллектуальным периферийным устройствам и подсистемам сторонних производителей.

Для информационного обмена между отдельными программно – техническими комплексами стандартной эксплуатации, а также между

программно – техническими комплексами и системе верхнего блочного уровня, применяется коммуникационная система – оптоволоконная шина EN, обладающая кольцевой структурой.

Все программно – технических комплексы на базе типовых программно-технических средств типа ЕМ имеют общую типовую систему питания, заземления и экранирования.

Аппаратура типовых программно-технических средств типа ЕМ построена по модульному принципу, что дает возможность создавать, в зависимости от запросов, разнообразные по степени избыточности структуры путем резервирования модулей и устройств передачи данных. Распределенная обработка данных дает возможность легко наращивать объем оборудования по управлению системой.

В типовых программно-технических средствах типа ЕМ осуществляется непрерывный самоконтроль действующих компонентов, позволяющий выявлять дефекты в момент их возникновения и заменять отказавшие узлы, не выводя аппаратуру из работы.

Все программно – технических комплексы на базе типовых программно-технических средств типа ЕМ имеют общую типовую систему питания, заземления и экранирования.

Аппаратура типовых программно-технических средств типа ЕМ построена по модульному принципу, что дает возможность создавать, в зависимости от запросов, разнообразные по степени избыточности структуры путем резервирования модулей и устройств передачи данных. Распределенная обработка данных дает возможность легко наращивать объем оборудования по управлению системой.

В типовых программно-технических средствах типа ЕМ осуществляется непрерывный самоконтроль действующих компонентов, позволяющий выявлять дефекты в момент их возникновения и заменять отказавшие узлы, не выводя аппаратуру ТПТС-ЕМ из работы.

2.2 Приборные стойки

Приборные стойки считаются важнейшими функциональными составляющими программно – технических комплексов. В приборных стойках реализуются заданные алгоритмы по контролю и управлению технологическим оборудованием энергоблока.

Функциональные возможности определенных приборных стоек можно определить видами модулей функционального характера, которые входят ее состав.

Функции назначения приборных стоек выполняют:

- сбор и первичную обработку входных дискретных сигналов;
- измерение технологических показателей;
- реализацию нужных вычислений;
- автоматическое и дистанционное управление механизмами, которые являются исполнительными таких видов: запорная арматура (задвижка), электродвигатель (насос, вентилятор и т.д.), регулирующая арматура, соленоидный клапан, выключатель;
- осуществление технологических защит и блокировок;
- регулирование в автоматическом режиме;
- групповое и подгрупповое управление;
- выдачу аналоговых и дискретных сигналов на инструменты по оперативно – диспетчерскому управлению или в другие системы по управлению энергоблоком;
- прием команд по управлению дистанционного характера и обмен информацией с системы верхнего блочного уровня.

Состав, устройство и конструктивные характеристики приборных стоек.

«Интеллектуальной» основой приборных стоек считаются модули функционального характера. Помимо них, в приборных стойках устанавливаются:

- а) инструменты коммуникации:

– центральный коммуникационный модуль ЦМ – Е в приборных стойках при стандартной эксплуатации) или ЦМ – СБ в приборных стойках канала системы безопасности (приборные стойки, укомплектованные модулем ЦМ – Е или ЦМ – СБ, считаются «важнейшими приборными стойками», а приборные стойки без указанных модулей считаются расширениями);

– блоки шлюзов сопряжения;

– коммутаторы и оптические кроссы;

б) служебные модули

в) инструменты подключения кабелей (клеммники, соединители).

Функциональные модули подключены к шине вывода или ввода, которая организована внутри шкафа и находится под управлением модуля ЦМ – Е (или ЦМ – СБ).

По шине вывода или ввода выполняется:

– обмен показателями между функциональными модулями;

– передача дистанционных команд оператора от системы верхнего блочного уровня (блочный управленческий пункт, резервный управленческий пункт) в функциональные модули через модуль ЦМ – Е (ЦМ – СБ);

– передача данных из модулей функционального характера в системе верхнего блочного уровня (или блочный управленческий пункт, резервный управленческий пункт) с помощью сообщений, формируемых модулем ЦМ – Е (ЦМ – СБ).

Структурная схема приборной стойки канала системы безопасности изображена на рисунке 2.1.

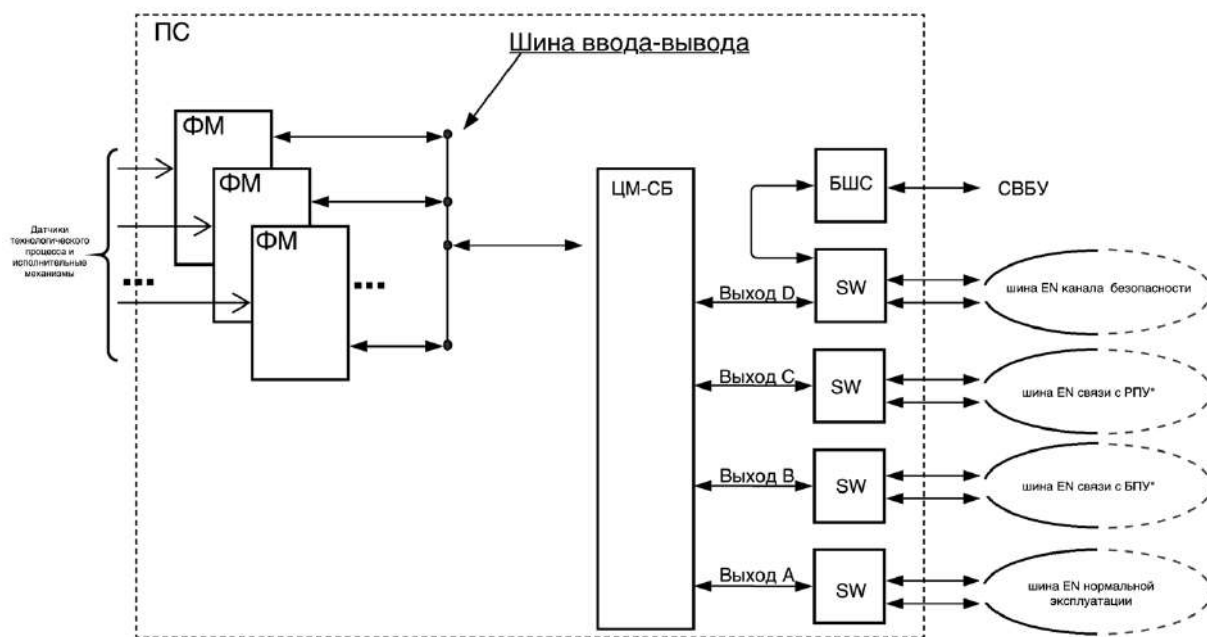


Рис.2.1 - структурная схема приборной стойки канала системы безопасности.

Функциональные модули устанавливают в крейты, в приборных стойках их четыре. Самое большое число модулей функционального характера в приборных стойках – 52 в основных приборных стойках и 56 в приборных стойках – расширениях. При разработке проекта нужно устанавливать до сорока модулей функционального характера в приборных стойках. Остальные свободные места предназначаются для потенциального расширения функций в результате проектирования и в результате эксплуатации.

Модуль ЦМ-Е (или ЦМ-СБ), выполняющий функцию связи, занимает два слота и всегда находится в крайнем правом крейте. Резервный модуль ЦМ-Е (или ЦМ-СБ) находится справа во втором крейте сверху.

Наличие в ПС коммутатора или блока шлюза сопряжения (БШС) и оптического кросса не является обязательным и определяется схемой шинной системы.

Для подключения технологических кабелей к приборным стойкам имеется клеммная колодка (соединитель SAE), которая состоит из 32-контактных клеммных колодок и предлагает возможность подключения

проводов сечением 0,5 мм² по технологии Maxi – Termi – Point (внешний монтаж) подключения. Внутренний монтаж проводов к этой клеммной панели выполняется накруткой.

Самая большая мощность, потребляемая приборной стойкой, составляет триста пятьдесят ватт.

Размеры (длина x ширина x высота): 1020 x 500 x 2285 мм (с боковыми панелями, дверьми и сигнальными лампами шкафа).

Масса - не больше трехсот пятидесяти килограммов.

Приборная стойка типовых программно-технических средств типа ЕМ № 51 изображена на рисунке 2.2.

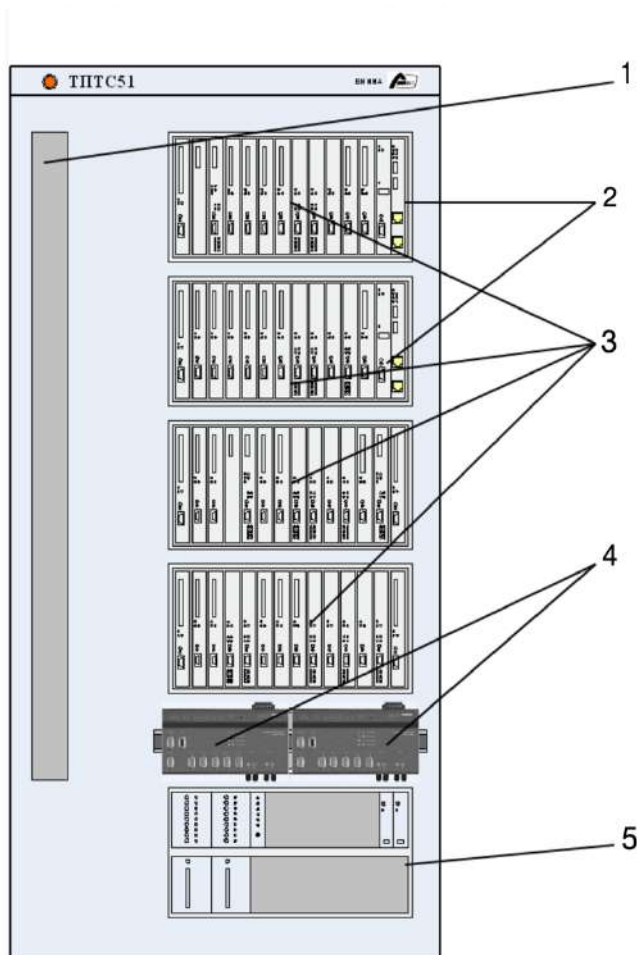


Рис.2.2 Приборная стойка ТПТС51

1 – Клеммная панель для подключения кабелей процесса 2 – Центральный коммуникационный модуль ЦМ-Е (или ЦМ-СБ) 3 – Функциональные модули 4 - Коммутаторы шинной системы или блок шлюза сопряжения (не показан)

5 – Блок питания

2.2.1 Виды функциональных модулей

В состав приборных стоек могут входить такие функциональные модули:

- ТПТС51-2.1411 - модуль S-регулятора;
- ТПТС51-2.1412- модуль K-регулятора;
- ТПТС51-2.1413 - модуль управления нагрузкой турбины;
- ТПТС51-2.1414 - модуль противоаварийной автоматики;
- ТПТС51-2.1716- модуль индивидуального управления (приоритета);
- ТПТС51-2.1719 - модуль расширения двоичных сигналов (для модуля ТПТС51-2.1717);
- ТПТС51-2.1722 - модуль обработки аналоговых сигналов;
- ТПТС51-2.1723 - модуль обработки двоичных сигналов;
- ТПТС51-2.1724 - модуль счета импульсов;
- ТПТС51-2.1726 - модуль подгруппового управления;
- ТПТС51-2.1728 - модуль преобразования частоты;
- ТПТС51-2.1725 - модуль группового управления;
- ТПТС51-2.1732 модуль аналогового ввода (приема и обработки сигналов от термоэлектрических преобразователей и термопреобразователей сопротивления с гальваническим разделением до 1000 В);
- ТПТС51-2.1703 - модуль расширения аналогового ввода для модулей ТПТС51-2.1731;
- ТПТС51-2.1704 - модуль расширения аналогового ввода для модулей ТПТС51-2.1732;

Для приема и по обработке сигналов от интеллектуальных устройств технологического процесса применяются модули базовые коммуникационные ТПТС52.1333, которые также обмениваются показателями с другими пользователями шины EN (так как в их состав входят интерфейсные модули).

2.2.2 Устройство функциональных модулей

Функциональные модули реализованы на печатных платах формата 6U, ширина лицевой панели тридцать миллиметров. На лицевых панелях размещены светодиоды индикации положения и неисправностей, плавкие предохранители и соединитель последовательного интерфейса. Некоторые функциональные модули имеют на своих лицевых панелях дополнительные соединители и контрольные гнезда. На тыльной части печатных плат функциональные модули размещены базовые соединители X1 и X2.

Функциональные модули имеют такие интерфейсы:

- интерфейс шины вывода либо ввода (базовый соединитель X₁);
- аппаратный интерфейс для связи с периферийными устройствами (базовый соединитель X₂);
- последовательный интерфейс «токовая петля» (соединитель на передней панели модулей).

Интерфейс шины вывода либо ввода представляет собой параллельную шину, которая состоит из восьми – разрядной шины данных, двенадцати – разрядной адресной шины и по управлению шинами. Интерфейс служит для обмена показателями между функциональными модулями в границах программно – технических средств через модуль ЦМ – Е (или ЦМ – СБ). Обмен показателями по шине вывода либо ввода выполняется с помощью надлежащего драйвера в модуле ЦМ – Е (или ЦМ – СБ) через передающую оперативную память функциональных модулей, доступ для чтения и записи к которой имеют как процессор самого функционального модуля, так и процессор модуля ЦМ – Е (или ЦМ – СБ).

Через аппаратный интерфейс к функциональным модулям подсоединяются кабели от датчиков и исполнительных механизмов, а также от распределительных щитов и управления панелями (напрямую или через монтажные шкафы или промежуточные релейные шкафы).

Интерфейс «токовая петля» предназначен для подключения:

- тестер функционального модуля

– конфигурация устройств (программатор).

Электропитание функциональных модулей выполняется от источника питания напряжением +24 Вольт (L+). Каждый функциональный модуль имеет личный встроенный блок питания, который вырабатывает из напряжения питания L+ все необходимые для функциональных модулей и электрически развязанные номиналы напряжений (+5 Вольт и т.д.). Внутреннее строение модуля функционального изображена на рисунке 2.3.



Рис.2.3 – Внутренняя структура функционального модуля

Работа функциональных модулей может быть определена содержимым 3 видов процессорной памяти

Набор функций базового характера (встраиваемых подпрограмм) определяет предопределение и тип модуля. Они «зашиваются» в постоянную «флэш – память» (FEPROM) на заводе – изготовителе и недоступны для изменения создателю алгоритмов прикладного характера и эксплуатирующему персоналу. Базовые функции встроены и верифицированы создателем модуля функционального, считаются неотъемлемым свойством модуля данного типа и гарантируются изготовителем в рамках гарантии модуля функционального. Базовые функции остаются в модуле в течение

всего срока службы во всех оговоренных в документации условиях хранения и эксплуатации.

Алгоритмы прикладного характера расположены в постоянной электрически перепрограммируемой памяти (EEPROM). Алгоритмы прикладного характера изображены в модуле в виде таблицы, устанавливающей связи между функциями базовыми. Такая таблица создается методами конфигурирования и помещается в EEPROM модуля на последнем этапе проектирования алгоритмов прикладного характера. Возможна корректировка алгоритмов прикладного характера в период наладки и эксплуатации программно – технических комплексов на объекте.

Всё адресное пространство модуля выделено жестко. Распределение динамической памяти не применяется. Все настраиваемые параметры объединены в массивы и для них выделяется отдельная область памяти. То есть, адрес любого параметра может быть определен на этапе создания программной составляющей модуля. Некоторые из ячеек памяти жестко привязана к конкретной базовой функции (это функции вывода или ввода и др.), часть применяется произвольно с функциями, не имеющими фиксированных ячеек памяти (арифметические, логические функции и др.).

Базовые функции можем разделить на:

- алгоритмические, которые обеспечивают реализацию заданных алгоритмов работы;
- служебные, необходимые для организации работы модулей в системе автоматизации.

В состав алгоритмических функций базового характера входят функции общего назначения, которые присутствуют в каждом функциональном модуле. К ним можем отнести:

- вычислительные функции (сложение, вычитание, деление, умножение, максимум, минимум, квадратный корень, логарифм, экспонента и т.п.);

- вычислительные функции, зависящие от времени (инерционное звено, интегрирующее звено, дифференцирующее звено и т.п.);
- логические функции (И, ИЛИ, ИЛИ – НЕ, И – НЕ, исключающее ИЛИ, эквивалентность и т.д.);
- запоминающие элементы (триггеры с различными входами и приоритетами);
- функции создания импульсов и задержек;
- функции выбора и замещения;
- функции интерполяции;
- интерфейсные функции и др.

Существует набор специализированных, «технологических» функций, которые считаются характерными для тех областей применения, в которых применяется приборные стойки прибора для типовых программно-технических средств типа ЕМ. К ним можем отнести:

- функции по управлению отдельными механизмами (исполнительными);
- функции регулирования;
- функции переключения агрегатов;
- функции по отбору сигналов, которые поступают от нескольких резервированных аналоговых и дискретных датчиков;
- функции создания уставок;
- функции расчета коррекции измерения уровня и расхода;
- функции создания сигнализации на инструменты по оперативно – диспетчерскому управлению др.

К служебным базовым функциям можем отнести: функция инициализации, функция обновления данных, функция резервирования, функция обмена показателями, функция организации работы циклов модуля, функция самоконтроля и т.д.

В модулях постоянно осуществляется всесторонний самоконтроль аппаратных средств, памяти, функций базового характера и прикладных конфигураций. При обнаружении поломки сигнал об этой поломке немедленно направляется оператору с указанием места возникновения. Помимо этого, образовавшаяся неисправность индицируется аппаратными методами индикации, которая имеется на передней панели модуля, а также передается на орудия индикации программно – технических средств.

2.3 Служебные модули

В состав программно – технических средств вносятся служебные модули, которые осуществляют вспомогательные функции:

- модуль контрольный ТПТС52.1932;
- модуль питания ТПТС52.1014;
- модуль диодный ТПТС52.1004;
- модуль усилителя мощности ТПТС52.1941;
- модуль питания усилителя мощности ТПТС52.1032;

Модуль контрольный прибора для ТПТС52.1932 ставят в блоке питания и выполняет следующие функции:

- отображение сигналов о неисправностях;
- вывод аварийных сигналов;
- контроль автоматов блока защиты в блоке питания шкафа;
- формирование, контроль и синхронизация «мигающего» напряжения;
- контроль наличия стыковки модулей с соединителями блока питания шкафа;
- обработку сигналов поломки, которые поступают от центрального модуля и других устройств шкафа;
- управление сигнальными лампами шкафа и лампой шкафа групповой.

Модуль питания прибора для технологических программно-технических средства 52.1014 ставят в блоке питания и выполняет перестройка напряжения 24 Вольт в напряжение 5 Вольт для питания интерфейсов шины ввода/ вывода модулей функционального характера;

Модуль диодный прибора для технологических программно-технических средства 52.1004 ставят в блоке питания, и снабжает объединение внешних источников питания приборной стойки при резервированной схеме питания напряжением 24 Вольт постоянного тока.

Модуль усилителя мощности прибора для технологических программно-технических средства 52.1941 реализует усиление управляющего сигнала, формируемого в модуле ПАА (ТПТС51.2.1412). Модуль преобразует сигнал тока с ПАА в диапазоне от 0 до 20 миллиампер в выходной сигнал в диапазоне от 0 до 1 А на нагрузке 24 Вольт. При работе в резервном режиме вместе с модулями 42.1941 должен применяться модуль подгрузочных резисторов (ТПТС52.1941.010), который обеспечивает эквивалент нагрузки для усилителя мощности, который находится в состоянии «резервный».

Модуль питания усилителя мощности прибора для ТПТС52.1032 гарантирует перестройку напряжения постоянного тока двадцать четыре вольт в стабилизированное напряжение постоянного тока тридцать два вольта.

2.4 Стойки питания

Стойки питания предназначены для превращения внешнего напряжения двести двадцать вольт постоянного или переменного тока в напряжение 24 Вольт постоянного тока, которое применяется для питания программно – технических средств, а также панелей и пультов технических средств по оперативно - диспетчерскому управлению блочного и по резервному пункту управления.

Стойки питания имеют 2 модификации в зависимости от вида внешнего напряжения:

– ТПТС52.2300 для превращения внешнего переменного напряжения ~ двести двадцать вольт;

– ТПТС52.2301 для превращения постоянного напряжения двести двадцать вольт.

Внешнее электропитание стойки питания выполняется от двух автономных сетей электропитания:

а) для стойки питания прибора для ТПТС52.2300 – переменного однофазного тока с параметрами каждой сети:

– напряжение от 176 до 242 Вольт со значением (номинальным) двести двадцать вольт;

– возможный перерыв питания не больше 20 миллисекунд и с периодом следования перерывов не менее 2 секунд или с уменьшением напряжения до пятидесяти процентов от номинального значения на время не больше ста миллисекунд;

б) для стойки питания прибора для ТПТС52.2300 – постоянного тока с параметрами каждой сети:

– напряжение от 176 до 242 вольт со значением (номинальным) двести двадцать вольт;

– перерыв питания, который допускается, не больше 20 миллисекунд, с периодом следования перерывов не менее 2 секунд.

Важнейшим функциональным устройством стойки питания является модуль питания, который обеспечивает перестройку напряжения питающих сетей двести двадцать вольт в напряжение постоянного тока 24 вольт с максимальным током 20 ампер. Модуль питания имеет защиту от резкого увеличения тока нагрузки и выходного напряжения.

В стойки питания могут быть установлены до двенадцати модулей питания.

В стойки питания модули питания делятся на 4 группы. Каждая группа, имеет около трех модулей питания, образует канал питания, в котором допускается параллельная работа модулей питания путем союза их выходов. При этом нагрузочная способность любого канала питания кратна численности модулей питания в канале.

В стойки питания имеется вероятность изменения выходного напряжения в каждом канале питания на - 5 процентов и +12 процентов от номинального значения 24 вольт при помощи тумблеров на модуле выдачи команд.

Внешнее напряжение подается через автоматические двухполюсные выключатели. Один сетевой выключатель подает питание на 1 канал питания. Выходное напряжение 24 вольт с модулей питания подается на выходные клеммы – по две на каждый модуль питания («+» и «-»).

Для того, чтобы иметь нормальный тепловой режим работы, в шкафу стойки питания ставят 3 блока вентиляторов (по три вентилятора в каждом блоке).

Чтобы защитить модули питания от электрических влияний в сетях наружного питания, а также с целью уменьшения эмиссии помех в сеть питания применяются блоки подавления помех.

Наблюдающийся в стойке питания узел диагностики дает возможность издавать звук в таких ситуациях:

- когда пропадает или снижается внешнее напряжение ниже дозволённого;
- когда происходит отказ, или увеличение тока потребления, увеличение выходного напряжения или перегрев модуля питания;
- когда открываются двери шкафа;
- когда уменьшается число оборотов крыльчаток вентиляторов ниже допустимого;

во всех перечисленных вышеситуациях (обобщенный сигнал).

2.5 Стойки сопряжения

Стойки сопряжения ТПТС52.2110-XX.XX применяются при построении программно – технических комплексов в тех случаях, когда необходимо осуществить:

а) переход с одного типа кабеля (внешнего) на другой (внутренний, который применяется в аппаратуре и подключаемый методом «Maxi – Termi – Point»).

б) гальваническое разделение цепей программно – технических средств и цепей периферийного устройства;

в) токовая подгрузка «сухих» контактов внешних устройств, для которых нужна увеличенная токовая нагрузка;

в) перестройка входного сигнала с напряжением двести двадцать вольт в дискретный сигнал в виде коммутации «сухих контактов» цепи с низким напряжением 24 (48) вольт;

г) перестройка выходного потенциального сигнала 24 вольт в дискретный сигнал в виде коммутации «сухих контактов» цепи с напряжением двести двадцать вольт;

д) перестройка выходного аналогового сигнала программно – технических средств [0(4) – 20 миллиампер; 0 (2) – 10 Вольт] в аналоговый сигнал другого уровня;

Чтобы выполнить этих функций в стойках сопряжения присутствуют соответственные соединительные и клеммные элементы, модули подгрузки а также релейные модули.

Стойки сопряжения применяются для сопряжения сигнальных цепей программно – технических средств с внешними кабелями и проводами, передающими:

а) входные аналоговые и дискретные сигналы таких видов:

– унифицированный потенциальный сигнал с диапазоном от 0 (2) до 10 Вольт,

– унифицированный сигнал тока с диапазоном от 0 (4) до 20 миллиампер,

– сигнал от термоэлектрического преобразователя (термопары), имеющего номинальную статическую характеристику превращения по ГОСТ Р 8.585 – 2001;

- сигналы от термопреобразователя сопротивления по ГОСТ Р 8.625 – 2006 с автоматической компенсацией сопротивления соединительных проводов;

- потенциальный сигнал 24 (48) Вольт;

- коммутация «сухих контактов», питаемых напряжением 24 (48) вольт от программно – технических средств прибора для типовых программно-технических средств типа ЕМ;

в) выходные сигналы к периферийным устройствам – приемникам выходных сигналов программно – технических средств прибора для типовых программно-технических средств типа ЕМ

Для подключения кабелей, которые идут от программно – технических средств, в стойке сопряжения применяются клеммные блоки (тридцати двух контактные), которые обеспечивают вероятность подключения проводов сечением 0,5 мм² по технологии присоединения накруткой (внутренний монтаж) и по технологии Maxi – Termi – Point (внешний монтаж).

Для подключения кабелей, которые идут от периферийных устройств, применяются клеммные колодки UDMTK 5 – P/P, 727 – 222/022 – 000, 727 – 220/021 – 000.

Колодка клеммная UDMTK 5 – P/P обеспечивает возможность подключения проводов от периферии сечением от 0,2 до 1,5 мм². К одному контакту клеммной колодки может быть присоединено два провода одинакового сечения в указанном диапазоне. Клеммные колодки имеют размыкатели, предназначаемые для коммутации подключаемых цепей, и контрольные гнезда, предназначаемые для того чтобы подключать измерительные приборы к цепям.

Колодки клеммные 727 – 222/022 – 000, 727 – 220/021 – 000 дают возможность подключить провод у которого сечение от 0,2 до 1,5 мм². К 1 контакту клеммной колодки присоединяется два провода указанного сечения.

При потребности сопряжения аппаратуры ТПТС-ЕМ с контактами внешних устройств, для которых нужна увеличенная токовая нагрузка, в

стойках сопряжения предусмотрена вероятность установки модулей подгрузки, что дает возможность обеспечивать дополнительную токовую нагрузку подключаемых цепей до таких величин токов: 5 миллиампер, 10 миллиампер, 20 миллиампер, 50 миллиампер, 100 миллиампер. Для подключения заземляющих цепей от модулей токовой подгрузки применяются колодки клеммные UK 10 N, к которым можно подключать провода сечением от 0,5 до 10 мм².

Для сопряжения входных и выходных цепей программно – технических средств с периферийными устройствами в стойках сопряжения могут быть установлены модули сопряжения, преобразующие вид электрического сигнала.

2.6 Средства Коммуникации

2.6.1 Шина EN

Шина EN применяется для того, чтобы обмениваться цифровыми показателями между определенными устройствами системы контроля и по управлению. Это высокоскоростная шина (100 Мбит/с), для которой транспортное время практически не зависит от удаленности абонентов и их количества.

Шина EN позволяет получить:

- информационную связь между программно – техническими средствами;
- обмен информацией между программно – техническими средствами и системе верхнего блочного уровня;
- вероятность подключения устройств конфигурирования для ввода и корректировки алгоритмов прикладного характера модулей функционального характера;
- вероятность синхронизации периода всех подсоединенных абонентов.

Шина EN имеет кольцевую отказоустойчивую структуру. Передающая среда реализуется на оптоволокне, что дает возможность для идеальной потенциальной развязке всех абонентов шины.

Отводы от кольца к абонентам реализованы с помощью витой пары. Скорость передачи в отводах составляет 10 Мбит/ секунду. Уменьшение скорости передачи в отводах обеспечивает запас по полосе пропускания для каждого абонента отдельно и реализует важнейшую особенность шины EN, заключающуюся в том, что ни один одного абонента (включая нерегламентированную передачу информации на максимальной скорости) не приводит к блокировке шины. В этом случае теряется только десять процентов ее производительности. Шина EN изображена на рисунке 2.4.

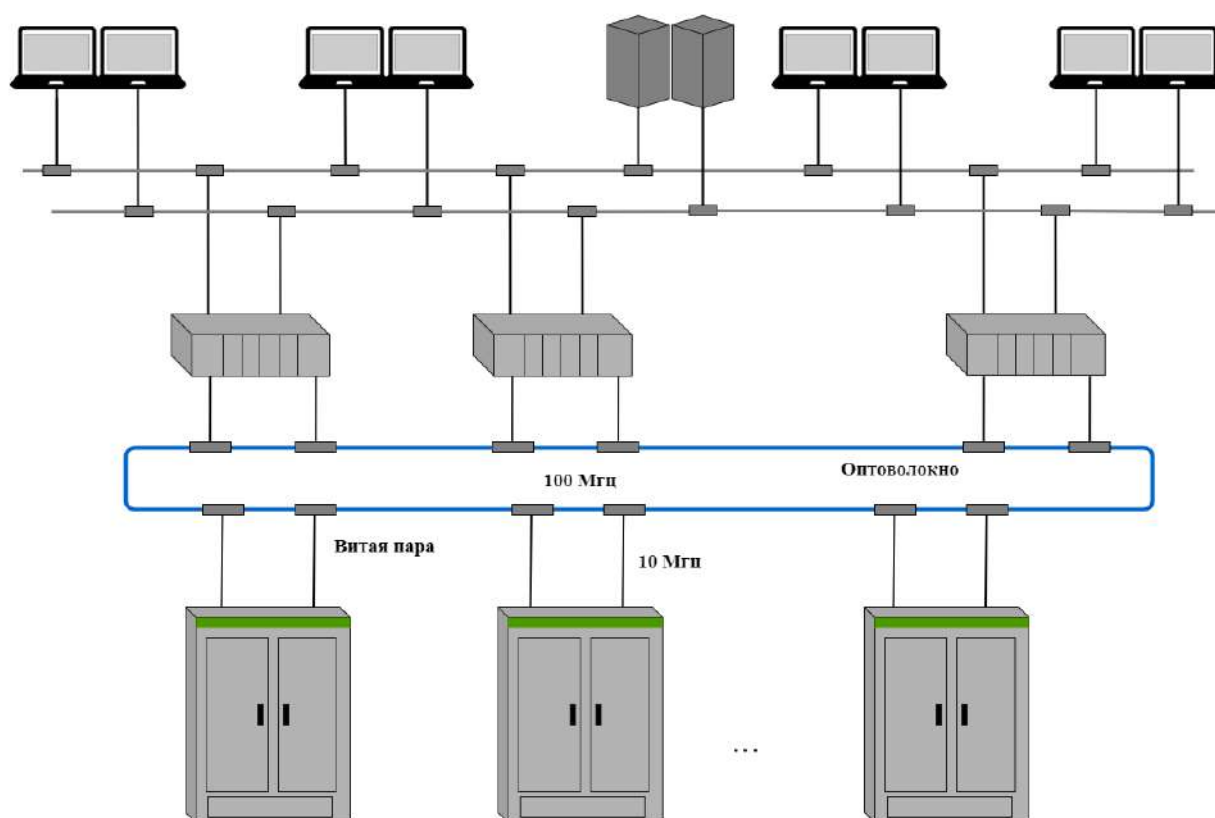


Рис.2.4 –Шина EN

2.6.2 Интерфейсные модули

Интерфейсные модули применяются для подключения отдельных абонентов к шине EN. Имеются такие виды интерфейсных модулей, которые отвечают разным подключаемым устройствам:

а) модуль EN – ЦМ (в составе модуля ЦМ – Е ТПТС52.1335) используется в программно – технических комплексах стандартной эксплуатации и предназначен для подключения программно – технических средств к шине EN стандартной эксплуатации по одному резервированному каналу (А и В);

б) EN – СБ (в составе модуля ЦМ – СБ ТПТС52.1336) используется в программно – технических комплексах системы безопасности и предназначен для подключения программно – технических средств по четырем независимым нерезервированным каналам к четырем отдельным шинам EN:

- канал А – к шине EN стандартной эксплуатации;
- канал В – к шине EN для внутрисистемного обмена в границах системы безопасности;
- канал С – к шине EN блочного управленческого пункта;
- канал D – к шине EN резервного управленческого пункта;

в) EN – сPCI (прибор для технологических программно-технических средства 52.1227) – компактный сетевой адаптер для подключения блока шлюза сопряжения.

г) EN – PCI (прибор для технологических программно-технических средства 52.1226) – сетевой адаптер Ethernet, который служит для подключения к шине EN персонального компьютера.

д) базовый коммуникационный модуль прибора для технологических программно-технических средства 52.1333 – используется для связи с интеллектуальными датчиками по шине 485RS. Прибор для технологических программно-технических средства 52.1333 осуществляет по обработке принятой от датчиков информации и реализовывает связь с шиной EN.

2.6.3 Коммутаторы

Коммутаторы предназначены для коалиции абонентов шины в единую систему. Коммутаторы имеют в своем составе два типа портов – «абонентские» и «магистральные». Через «абонентские» порты выполняется подключение модулей интерфейса. Через «магистральные» порты выполняется объединение коммутаторов в единое магистральное кольцо.

Коммутатор, получив данные, прежде чем передавать их дальше, выполняет их проверку (контрольная сумма, размер и т.д.). Ошибочные данные дальше не передаются, что уменьшает нагрузку на коммуникационную систему.

Задержка передачи информации от порта к порту в коммутаторе не превышает нескольких микросекунд.

Коммутатор, назначенный менеджером резервирования, следит за целостностью связи. Когда оборудование магистрали исправно, он держит одну из связей в кольце разомкнутой, а при нарушении связи в магистрали замыкает эту резервную связь, восстанавливая целостность шины.

Имеется вероятность осуществлять настройку коммутаторов под требуемые задачи с любого места, а также удаленно собирать статистические данные о работе коммутаторов.

Глава 3

3.1 Контуры автоматического регулирования систем

Система автоматического регулирования (САР) — это совокупность объекта управления и автоматического регулятора, взаимодействующих между собой в соответствии с алгоритмом управления. Одна из основных задач автоматических регуляторов — поддержание технологических параметров в соответствии с данными значениями. Структурная схема системы автоматического регулирования представлена на рис.3.1.

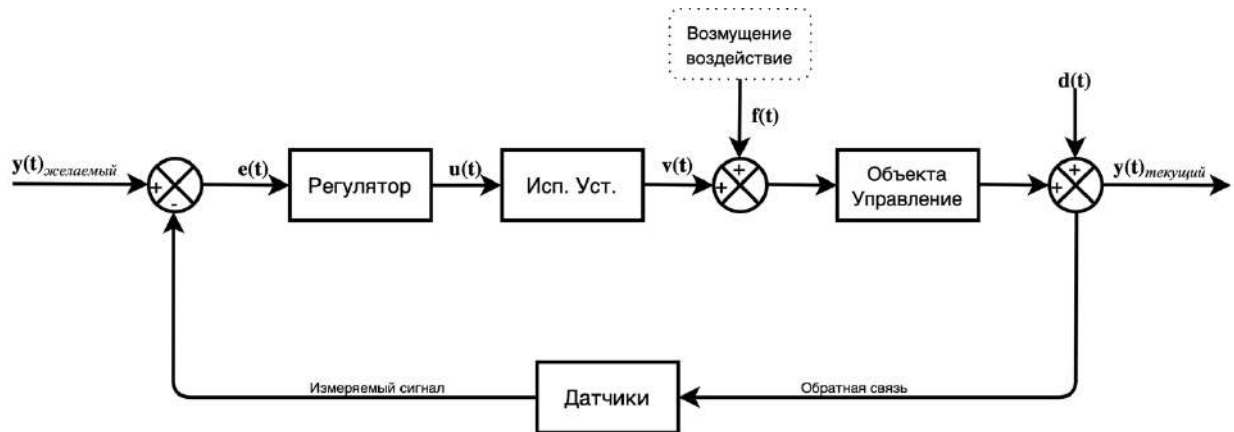


Рис.3.1 - Структурная схема системы автоматического регулирования

$y(t)_{\text{желаемое}}$ — входной сигнал, сравнивается с текущим значением регулируемого параметра $y(t)_{\text{текущий}}$. Итогом сравнения образуется сигнал рассогласования $e(t)$, который поступает в регулятор. Регулятор формирует управляющий сигнал $u(t)$ и подает его на исполнительное устройство. На вход объекта попадает управляющее воздействие $v(t)$ от исполнительного устройства. Помимо управляющего воздействия $v(t)$ на поведение объекта влияет возмущение $f(t)$. Функция регулятора — обеспечить изменение $y(t)_{\text{текущий}}$ в соответствии с заданием входного сигнала $y(t)_{\text{желаемое}}$ в условиях возмущений воздействия $f(t)$ и погрешностей измерения выходного сигнала $d(t)$.

Регулятор может формировать управляющий сигнал по различным алгоритмам. В зависимости от алгоритма выделяют следующие типы регуляторов:

- Релейные регуляторы (двух- или трехпозиционные);

- Типовые промышленные регуляторы непрерывного действия (П-, И-, ПИ-, ПД-, ПИД-регуляторы);
- Типовые регуляторы с выходом на импульсный исполнительный механизм (с амплитудной, широтной, частотной или фазовой модуляцией выходной последовательности импульсов);
- Регуляторы состояния динамической системы (в непрерывном и дискретном вариантах);
- Регуляторы на основе нечеткой логики (fuzzy logic);
- Регуляторы на основе искусственных нейронных сетей.

3.2 Описание Объекта Управления



Рис.3.2 - Структурная схема системы управления, отвечающая за повышение/понижение давления в расширителях продувки ПГ

Объект управления представлен на рисунке 3.2. В данной работе объект управления будет рассматриваться как объект с самовыравниванием первого порядка. Это решение обусловлено тем, что контур давления обладает свойствами самовыравнивания.

Временная диаграмма САУ с использованием объекта управления первого порядка представлена на рисунке 3.3.

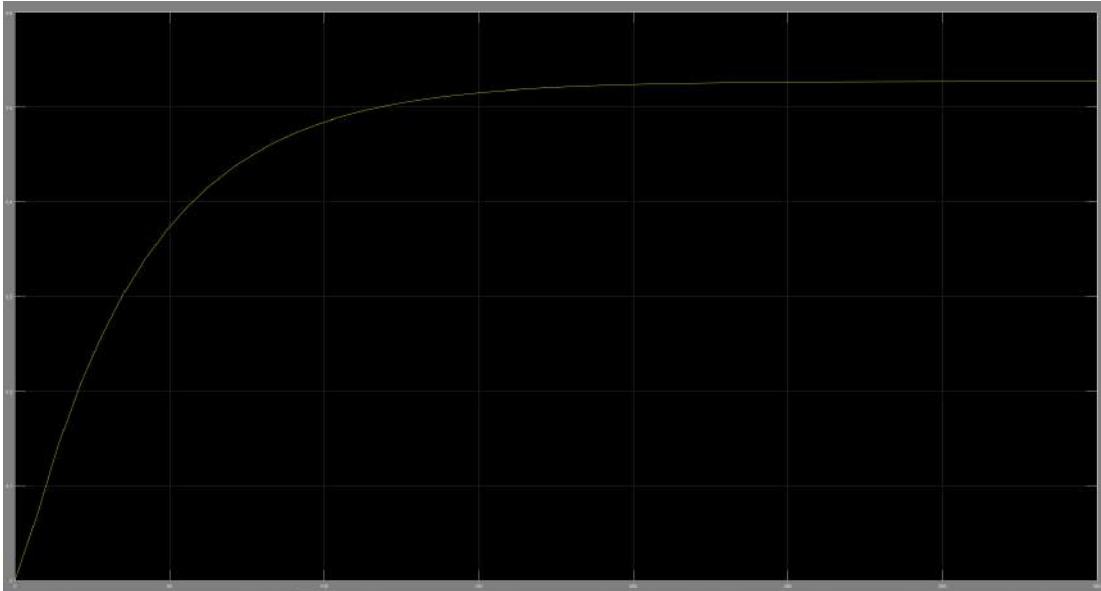


Рис.3.3 - Временная диаграмма с использованием объекта управления первого порядка.

Объект обладает самовыравниванием в том случае, если нагрузка объекта (приток или сток, или оба вместе) зависит от регулируемой величины. Такие объекты называются статическими. Они могут быть представлены в виде апериодического звена.

Объекты, не имеющие самовыравнивания, называются астатическими или нейтральными. Их динамические свойства могут быть представлены интегрирующим звеном.

Объекты могут обладать большей или меньшей способностью к самовыравниванию, поэтому вводится понятие «степень самовыравнивания» (коэффициент самовыравнивания):

$$\rho = \frac{Y_B}{\Delta X_{\text{вых}}} = K_c \frac{\text{вел. возмущ. возд. \%}}{\text{откл. регулир. велич. \%}}$$

Степень самовыравнивания – это отношение величины возмущения к отклонению регулируемой величины, вызванное этим возмущением.

Чем больше ρ , тем меньше отклонение регулируемой величины, больше способность к самовыравниванию. Большим самовыравниванием обладают объекты регулирования давления и расхода газа в газопроводе.

Для проведения исследований в практической части выпускной квалификационной работы возьмем апериодические объекты первого порядка.

3.3 Представление объекта управления в виде разностных уравнений

Для создания модели объекта управления будем использовать разностные уравнения модели, которые составляются с помощью передаточных функций.

Так как исследуемый объект управления обладает свойством самовыравнивания, то для создания разностных уравнений рассмотрим апериодического звено первого порядка.

$$W(s) = \frac{L[X_{\text{ВЫХ}}(t)]}{L[X_{\text{ВХ}}(t)]}, \text{ при нулевых начальных условиях}$$

$$W(s) = \frac{K}{TS+1} = \frac{X_{\text{ВЫХ}}(S)}{X_{\text{ВХ}}(S)};$$

$$K \cdot X_{\text{ВХ}}(S) = X_{\text{ВЫХ}}(S) \cdot (TS + 1);$$

$$T \cdot S \cdot X_{\text{ВЫХ}}(S) + X_{\text{ВЫХ}}(S) = K \cdot X_{\text{ВХ}}(S);$$

$$\text{При } S \rightarrow \frac{d}{dt};$$

$$T \frac{d}{dt} X_{\text{ВЫХ}}(t) + X_{\text{ВЫХ}}(t) = K \cdot X_{\text{ВХ}}(t);$$

$$X' = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{X_{\text{ВЫХ}}(t+\Delta t) - X_{\text{ВЫХ}}(t)}{\Delta t};$$

$$T \left(\frac{X_{\text{ВЫХ}}(t+\Delta t) - X_{\text{ВЫХ}}(t)}{\Delta t} \right) + X_{\text{ВЫХ}}(t) = K \cdot X_{\text{ВХ}}(t);$$

$$X_{\text{ВЫХ}}(t + \Delta t) - X_{\text{ВЫХ}}(t) = \frac{\Delta t}{T} (K \cdot X_{\text{ВХ}}(t) - X_{\text{ВЫХ}});$$

$$X_{\text{ВЫХ}}(t + \Delta t) = \frac{\Delta t}{T} (K \cdot X_{\text{ВХ}}(t) - X_{\text{ВЫХ}}) + X_{\text{ВЫХ}}(t).$$

Аналогично, для создания разностных уравнений для объекта управления в виде апериодического звена второго порядка, можно использовать два последовательно соединенных апериодических звена первого порядка

3.4 Программа MikBASIC базы данных реального времени MWBridge

Ядро реального времени поддерживает несколько типов технологического программирования:

- алгоблочное программирование (средний и верхний уровни);
- модуль вычислений;
- MikBasic.

Наиболее удобный тип технологического программирования, которым можно описать объект управления с помощью разностных уравнений является инструмент MikBasic. [7]

Для получения теоретических данных о переходных процессах, протекающих в регуляторе, производится моделирование в программной среде MWBridge. С помощью инструмента MikBasic в MWBridge запишем систему разностных уравнений, которые включают объект управления в виде аperiodического звена первого порядков, а также зададим входное воздействие по давлению и пронаблюдаем переходные процессы, происходящие на выходе объекта управления. Окно программы MikBASIC представлено на рисунке 3.4. Для построения разностных уравнений описывающих объект управления необходимо знать значения переменных реального времени на текущем и предыдущем такте работы системы, в которой реализуется модель управления. Такую возможность предоставляет интерпритатор MikBasic ядра реального времени MWBridge. При чтении параметра с предыдущего шага необходимо воспользоваться командой $A[i].VALUEOLD$, где i – номер переменной в базе данных реального времени, а при чтении параметра с текущего шага необходимо воспользоваться командой $A[i].VALUE$. В переменной $A[22].VALUE$ осуществляется расчет выходной переменной модели первого порядка, а в переменную $A[32].VALUE$ осуществляется расчет выходной переменной модели второго порядка. В переменные $A[64].VALUE - A[71].VALUE$ осуществляется запись параметров моделей объектов управления и нормировочные коэффициенты

исполнительного механизма, который считается с некоторыми допущениями безынерционным звеном.

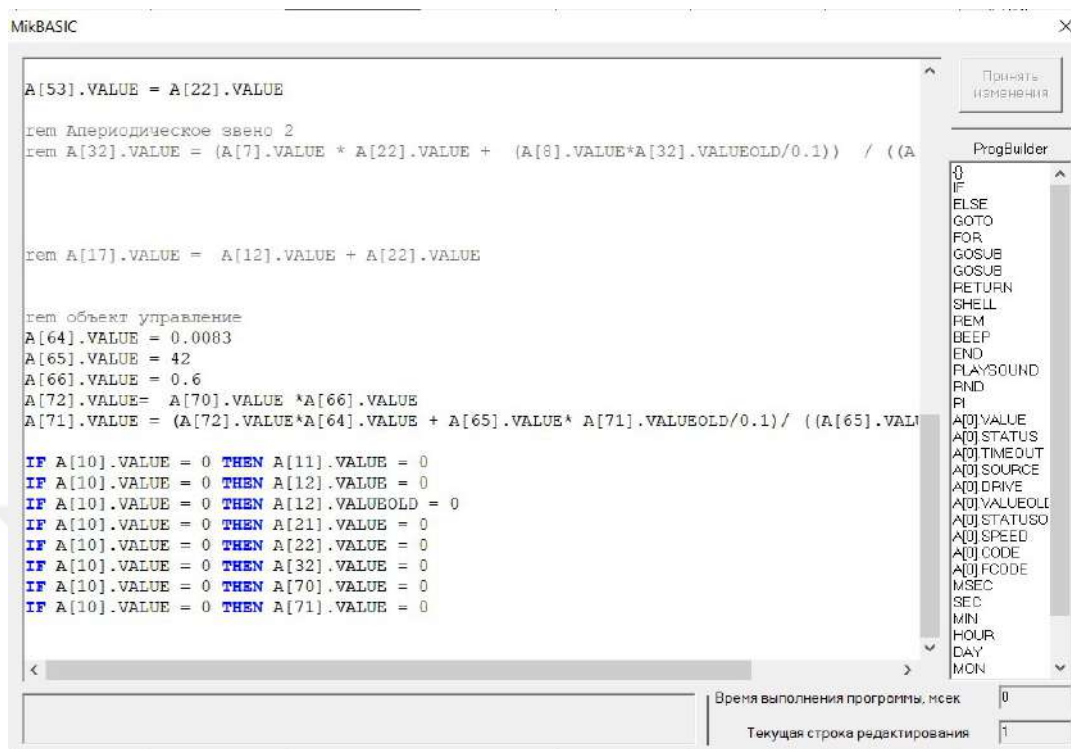


Рис.3.4 – Окно программы MikBasic с записанными разностными уравнениями

На рисунке 3.5 представлена база данных, в которую записаны расчетные параметры модели объектов управления первого и второго порядков, а также входные и выходные величины модели объекта управления.

Проект: [C:\TEST2\]. Лицензия: [ГТЕС]. Пользователь: []

УСО Сеть Алго Алго ВУ ТЭП Мнемосхемы Документы Просмотр трендов

Пользовательские пр Настройки Основны Сеть/УСС Тренды WEB Такт БД:ме: 111|приём: 0|передачо: 0|память:к: 220100 [23:50:30]

Номер	Название	Описание	Посл.значение	Статус	Время обновл.	Источник	Таймаут
A36			###	###	###		60000
A37			###	###	###		60000
A38			###	###	###		60000
A39			###	###	###		60000
A40			###	###	###		60000
A41	К_вход_объекта...	Входная физиче...	###	38	19:59:05.126		60000
A42	К_выход_объект...	Выходная физичи...	2	0	23:50:30.405		60000
A43			###	###	###		60000
A44			###	###	###		60000
A45	К+интегратор	W= K + K/S	2.78001	0	23:50:30.405		60000
A46			###	###	###		60000
A47			###	###	###		60000
A48			###	###	###		60000
A49			###	###	###		60000
A50			###	###	###		60000
A51	Уставка	Уставка регулят...	0.78	0	00:49:16.297		0
A52	Выход	Выход регулято...	93.9714	0	23:50:30.405	ALGO: P01A0002	0
A53	Рег_величина	Регулируемая в...	0.780053	0	23:50:30.405		0
A54			###	###	###		60000
A55			###	###	###		60000
A56	К	Коэффициент п...	15	0	00:48:32.088		0
A57	Ти	Интегральный	0.05	0	00:30:05.571		0
A58	Td	Дифференциал...	0	0	22:44:15.241		0
A59			###	###	###		60000
A60			0	0	16:30:01.387		0
A61			###	###	###		60000
A62			###	###	###		60000
A63			###	###	###		60000
A64	К	К для ОУ	0.0083	0	23:50:30.405		0

Группы: Тренды, Объект управления, Аперiodика, Аперiodика 2 порядка, К+К1/S, Регулятор, ОУ, asas

Навигация: << < > >> Номер: A000, -1 -10 -100, +1 +10 +100, A999

Редактирование: Копир Встав С, Выбр: От По, Поиск, Замена, Искать в отмеченном, Искать

Рис.3.5 – База данных программы MWBridge.

3.5 Результаты моделирования объекта управления в среде реального времени

С помощью Response Optimization Simulink сформированы коэффициенты объекта управления. Объект управления сформулирован в виде аперiodического звена. А исполнительный механизм сформулирован в виде пропорциональности. Исполнительный механизм и объект управления поставлены в MWBridge и реализованы в MikBasic.

Для получения переходных характеристик системы задается уставка 0.78 Мпа по давлению. В качестве объекта управления выбрано аперiodическое звено 1 порядка. В результате получим зависимость степени открытия клапана и изменения давления в расширителе продувки ПГ во

времени. Вид переходной характеристики представлен на рисунке 3.6, где видно, что при полном открытии клапана, давление достигает 0,5 МПа.

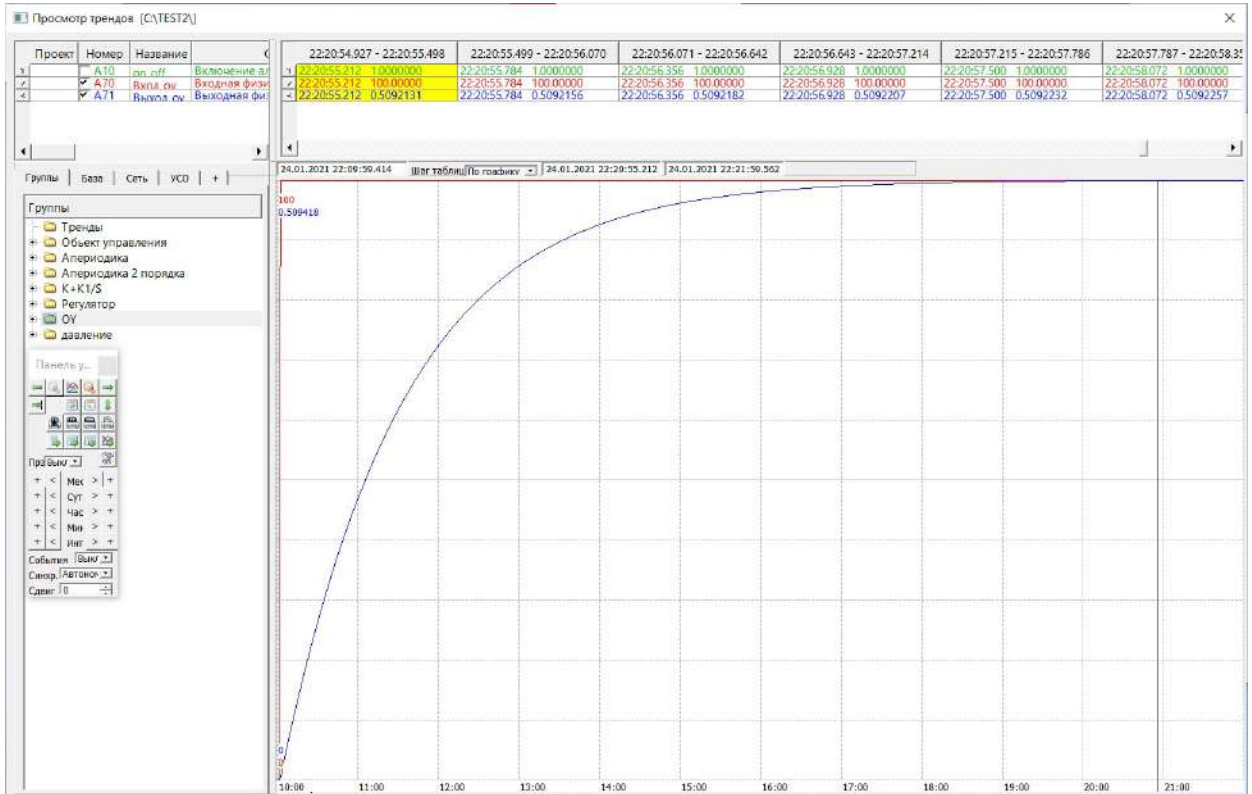


Рис.3.6 – Переходные характеристики давления в расширителе и степени открытия клапана на 100% для объекта управления, представленного в виде апериодического звена 1 порядка.

На рисунке 3.7 и 3.8 представлена переходная характеристика при степени открытия клапана подает из полного открытия на 50%, давление при этом уменьшается на 0.25 МПа.

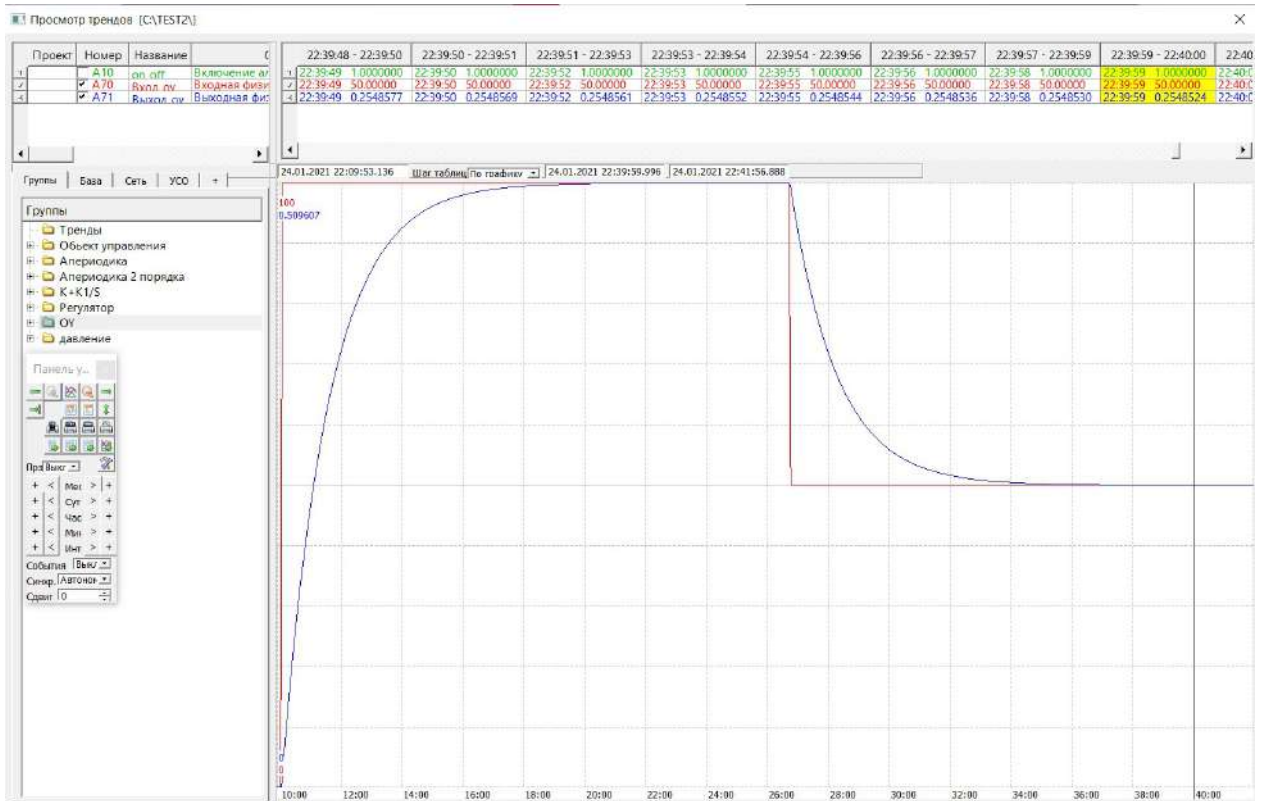


Рис.3.7 –Переходная характеристика при степени открытия клапана подает из полного открытия на 50% давление при этом уменьшается на 0.25 МПа.

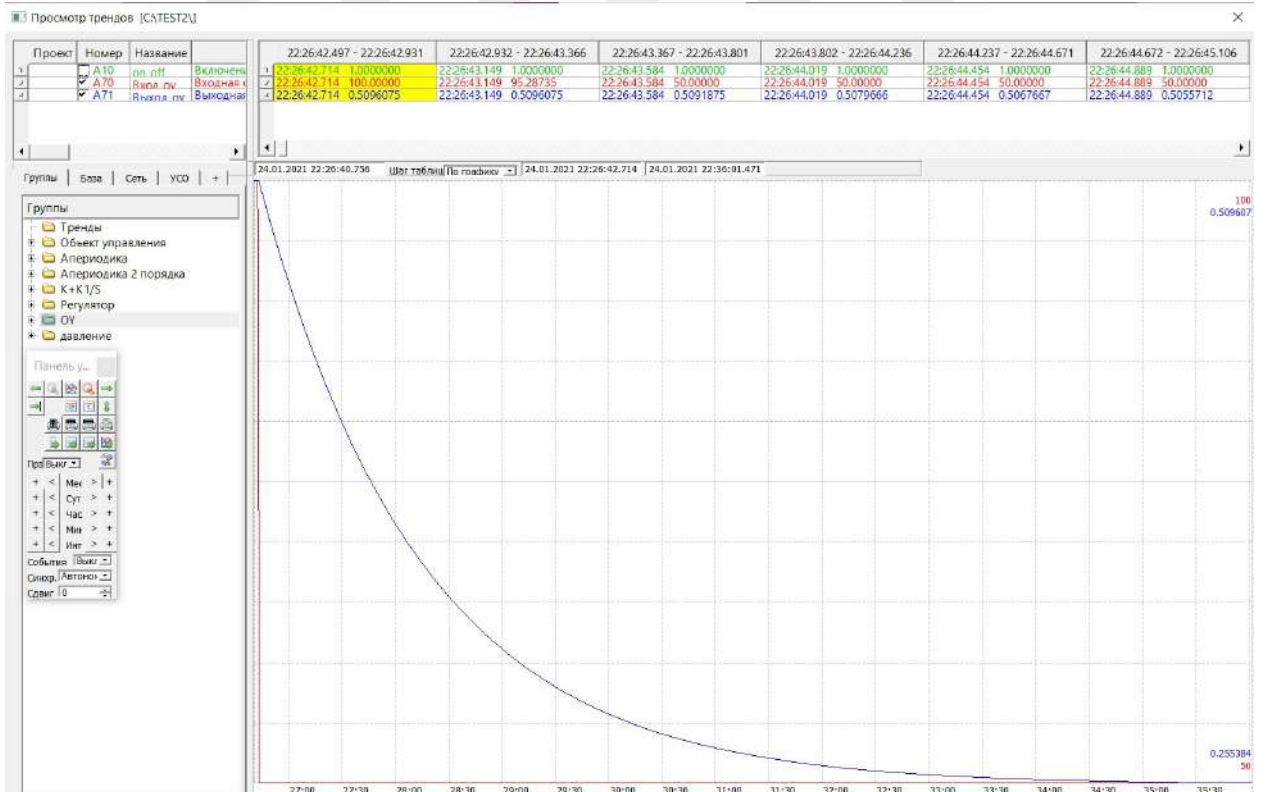


Рис.3.8 –Переходная характеристика при степени открытия клапана подает из полного открытия на 50% давление при этом уменьшается на 0.25 МПа.

Глава 4

4.1 Реализация регулятора на Алго Ву

Регулятор давления в расширителе продувки парогенераторов реализован по ПИ закону. Этот регулятор смоделирован в Алго Ву и в системе поставлен перед исполнительным механизмом. А выход датчика давления расширителя поставлен перед входом регулятора.

The image displays two windows from the AlgorWu software interface. The top window, titled 'Rsprog: [C:\TEST2\] #3', shows a ladder logic program for a PI controller. It includes several logic steps: 'Уставка' (Setpoint) with a value of 51, 'Регулируемая величина' (Controlled variable) with a value of 53, and 'Регуляторы' (Controllers) with a value of 10. The bottom window, titled 'Rsprog: [C:\TEST2\] #1', shows the 'Система программирования' (System Programming) interface. It features a table of calculated procedures and control buttons for starting, stopping, and continuing the process.

№	Описание	Алг
1		10
2		0
3		0
4		0
5		0
6		0
7		0

Рис.3.9 –Интерфейс Алго Ву

4.2 Графики ПИ регулятора

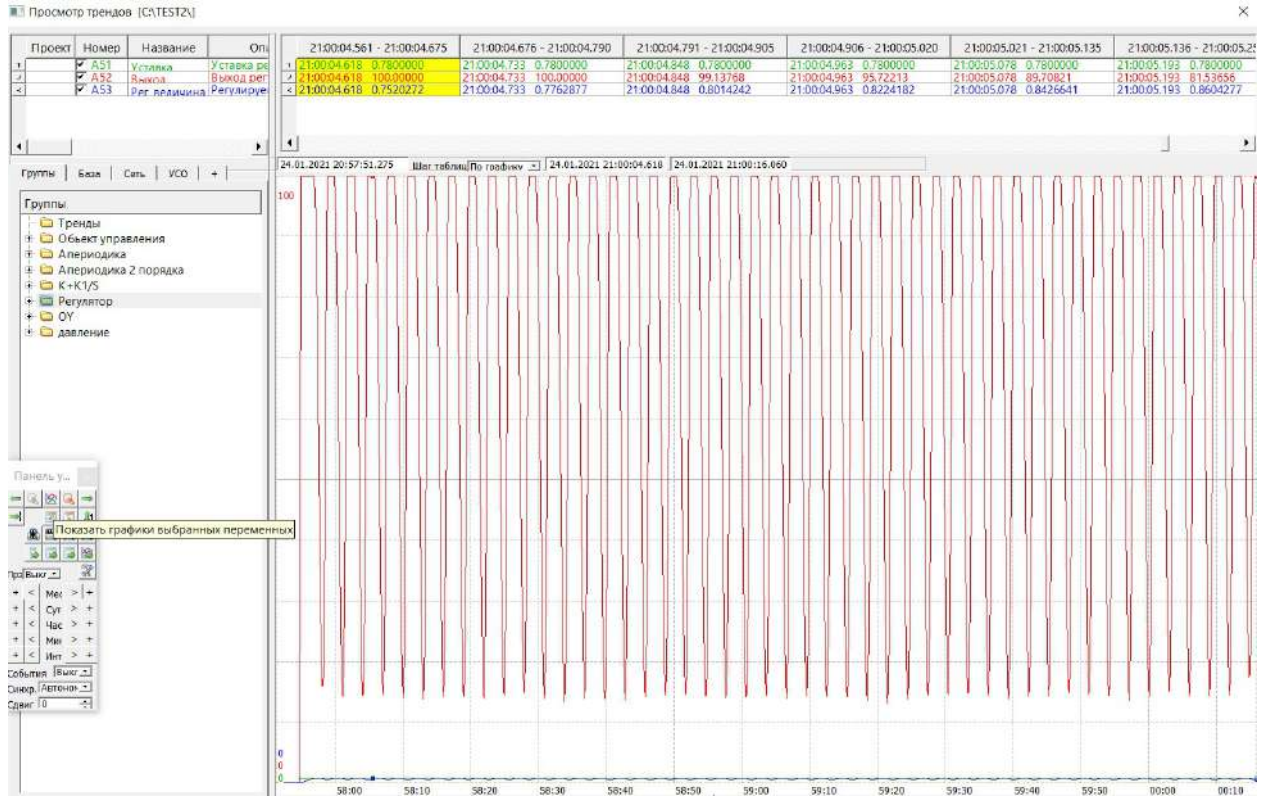


Рис.3.10 – При $K_n=50$ и $T=0.05$

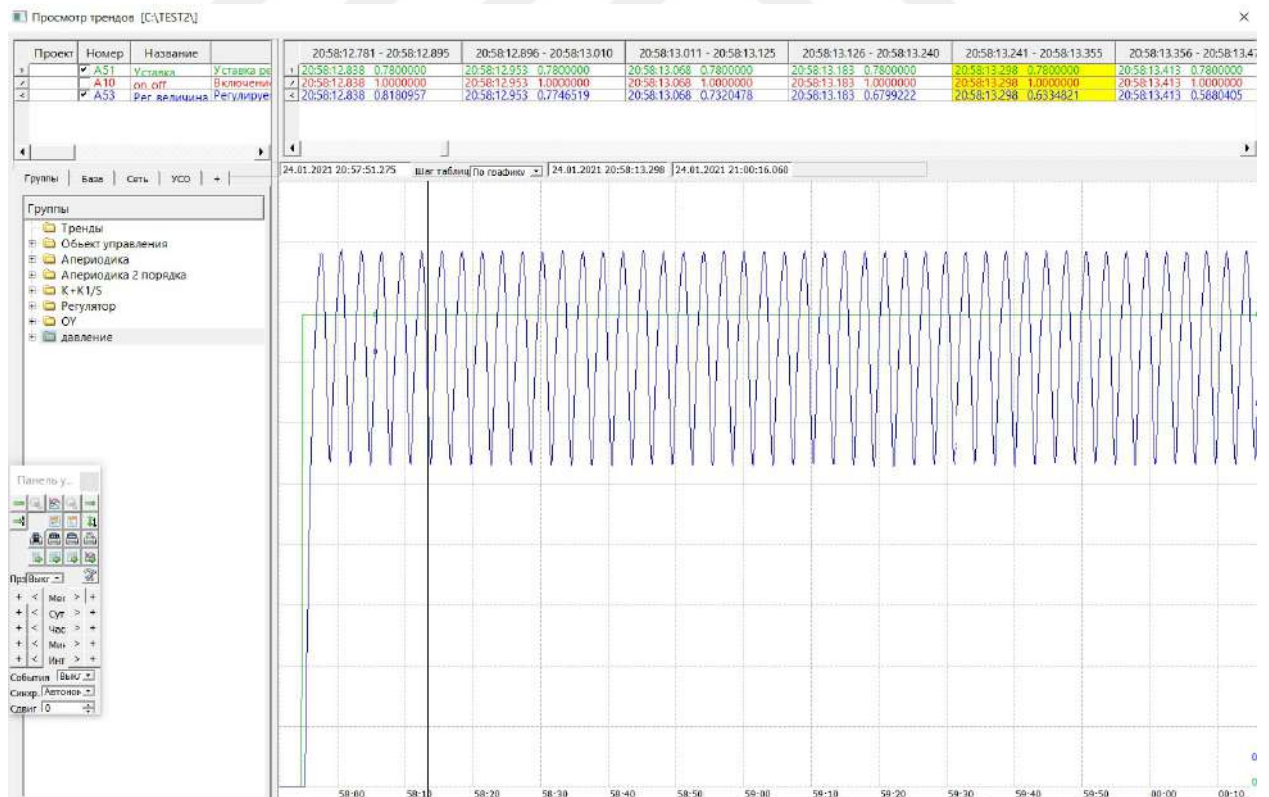


Рис.3.11 – При $K_n=50$ и $T=0.05$

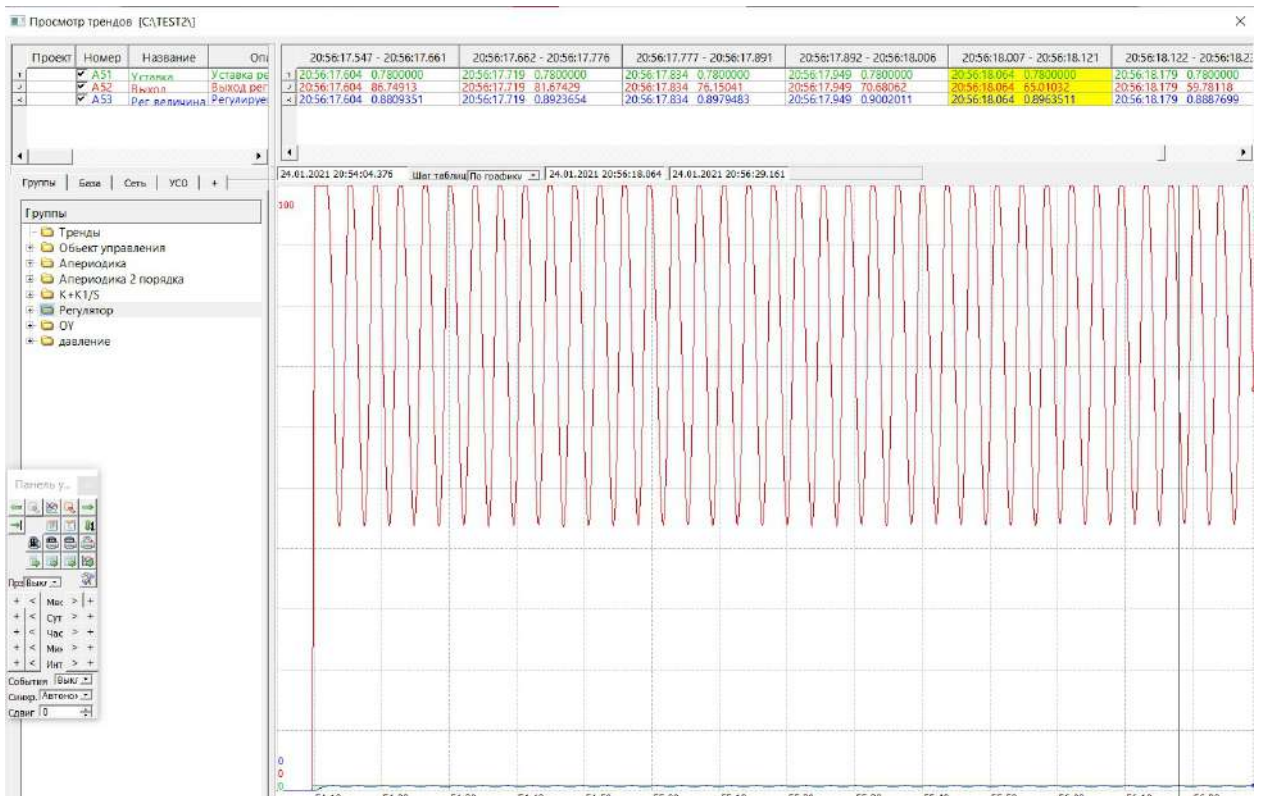


Рис.3.12– При $K_n=20$ и $T=0.05$

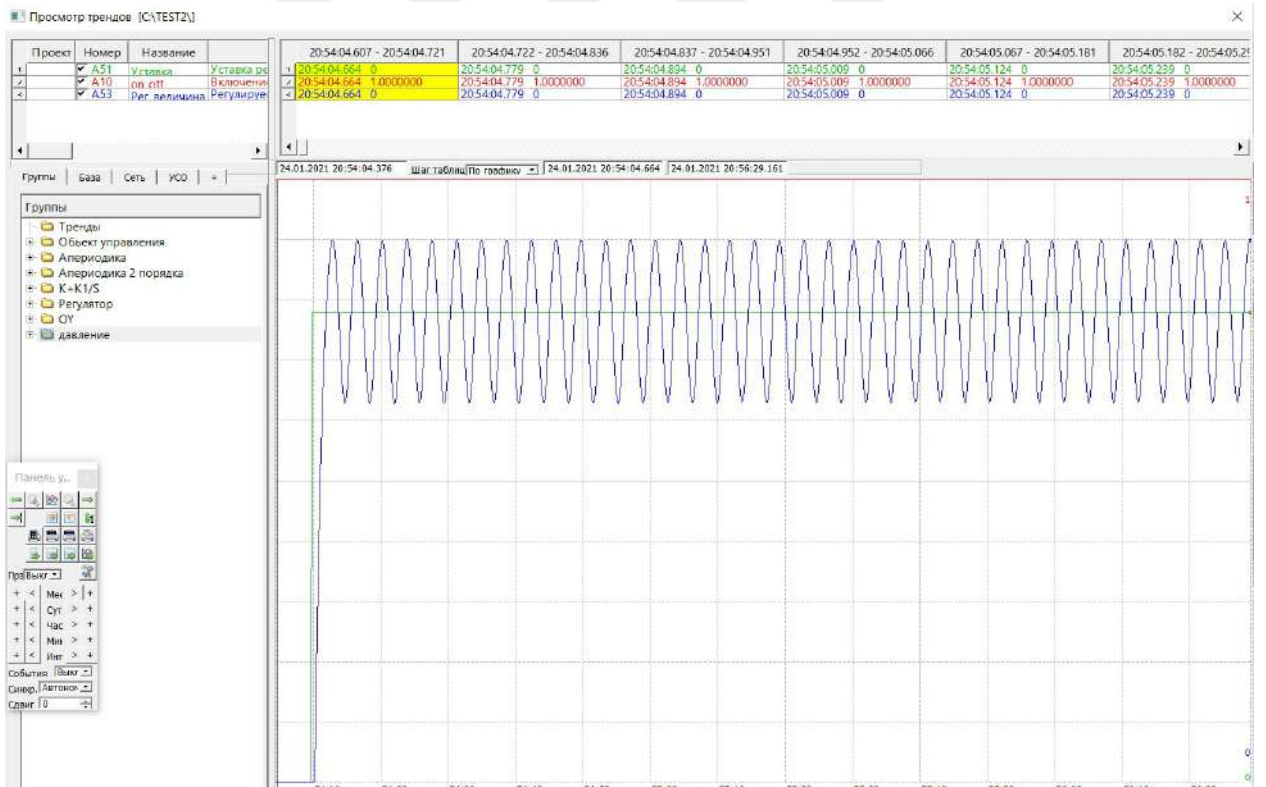


Рис.3.13 – При $K_n=20$ и $T=0.05$

При $K_n=50$ $T=0.05$ и $K_n=20$ $T=0.05$ выходные значения регулятора колеблются. Поэтому такие коэффициенты невозможно принять для работы.

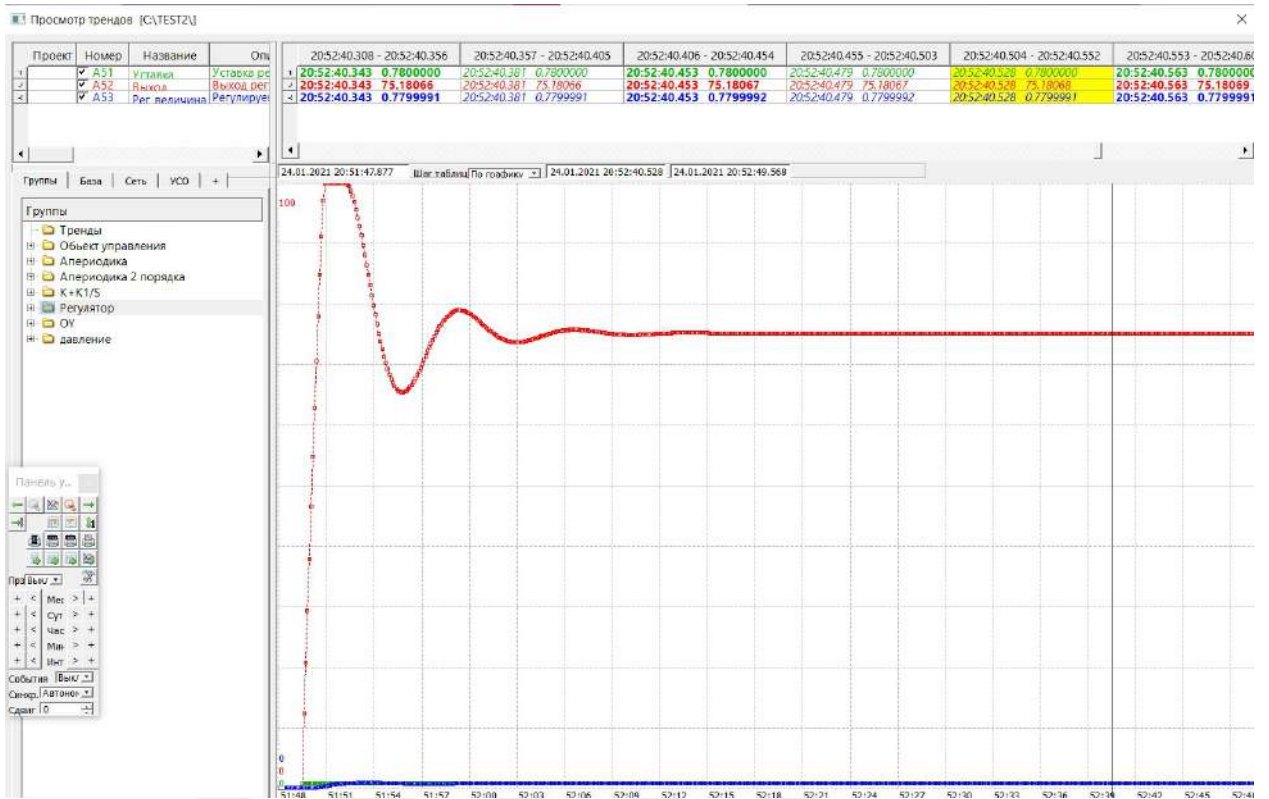


Рис.3.14 – При $K_n=5$ и $T=0.05$

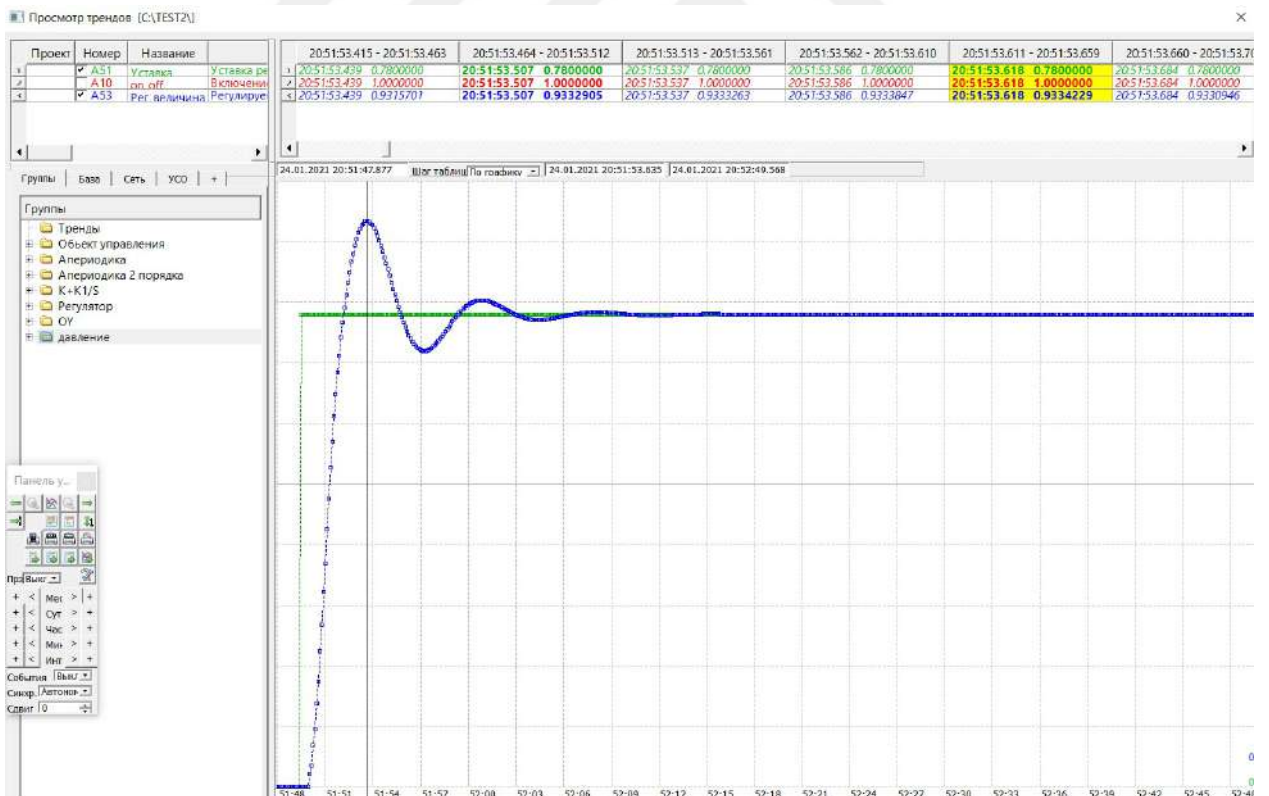


Рис.3.15 – При $K_n=5$ и $T=0.05$

Система имеет перерегулирования с $U_{\max}=0.93$ и время регулирования 20с.

$$\sigma_{\max} = \frac{|0.93 - 0.78|}{0.78} \times 100 = 19\%$$

С $\sigma_{\text{макс}} = 19\% > 5\%$ и время регулирования $T_{\text{рег}}=20\text{с}$. Такие коэффициенты $K_n=5$ и $T=0.05$ невозможно принять для работы регулятора (RUC02).

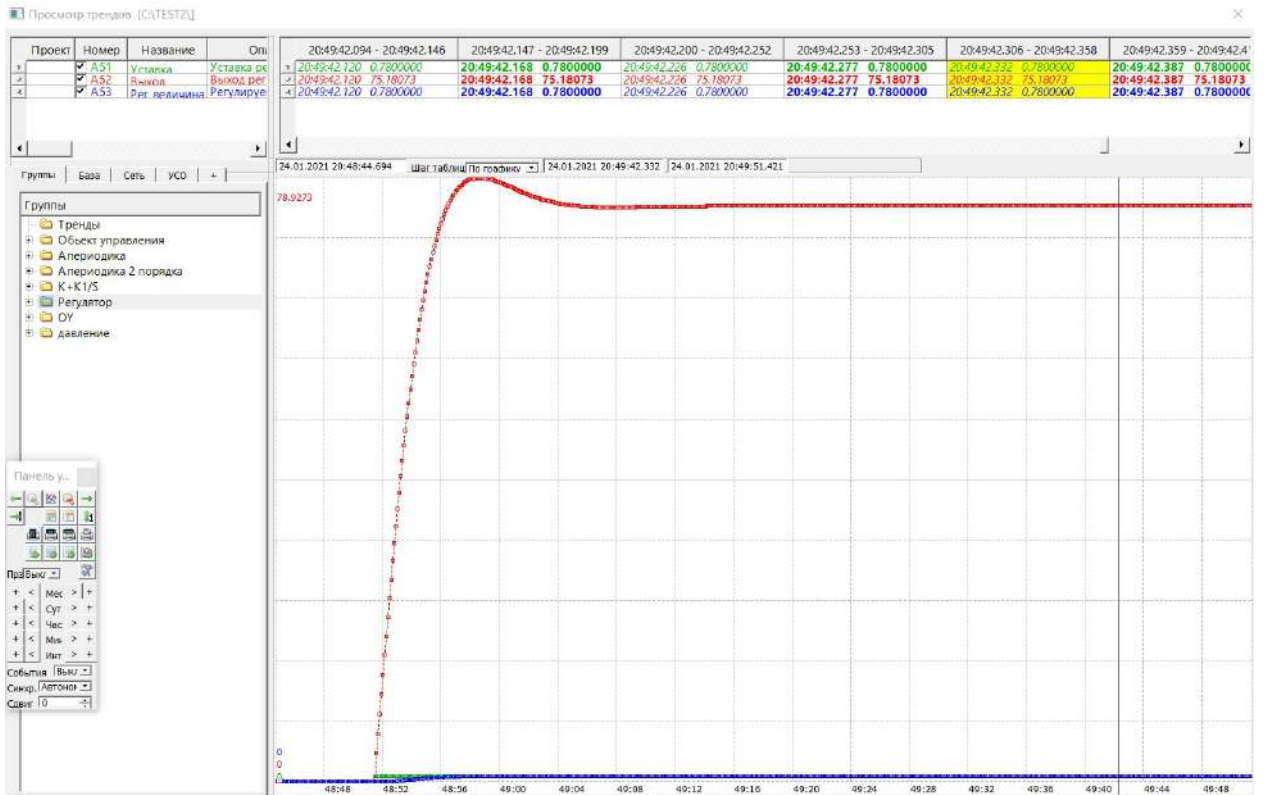


Рис.3.16 – При $K_n=1.5$ и $T=0.05$

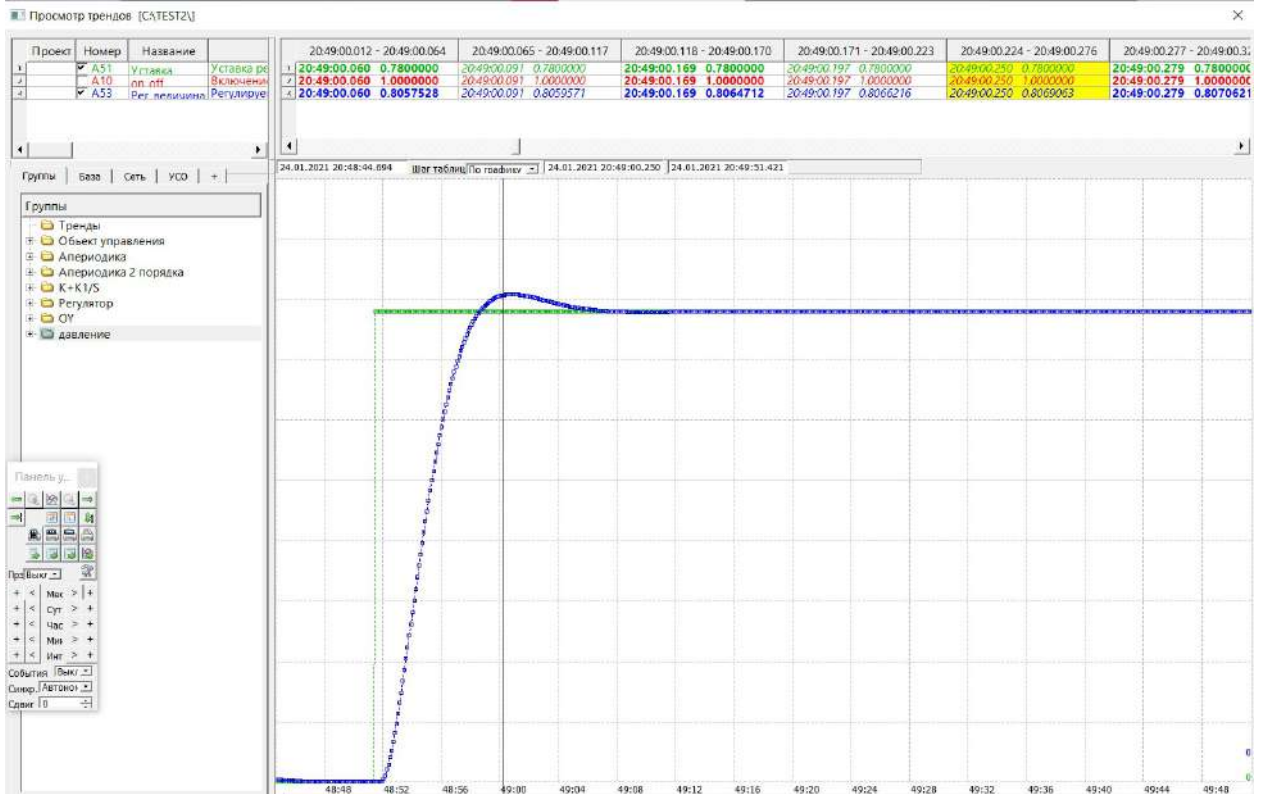


Рис.3.17 – При $K_n=1.5$ и $T=0.05$

При $K_n=1.5$ и $T=0.05$ система имеет перерегулирования с $U_{\max}=0,80$ и время регулирования 16с.

$$\sigma_{\max} = \frac{|0.80 - 0.78|}{0.78} \times 100 = 2.6\%$$

С $\sigma_{\max} = 2.6\% < 5\%$ и время регулирования $T_{\text{рег}}=16\text{с}$. Такие коэффициенты $K_n=1.5$ и $T=0.05$ можно принять для работы регулятора (RUC02).

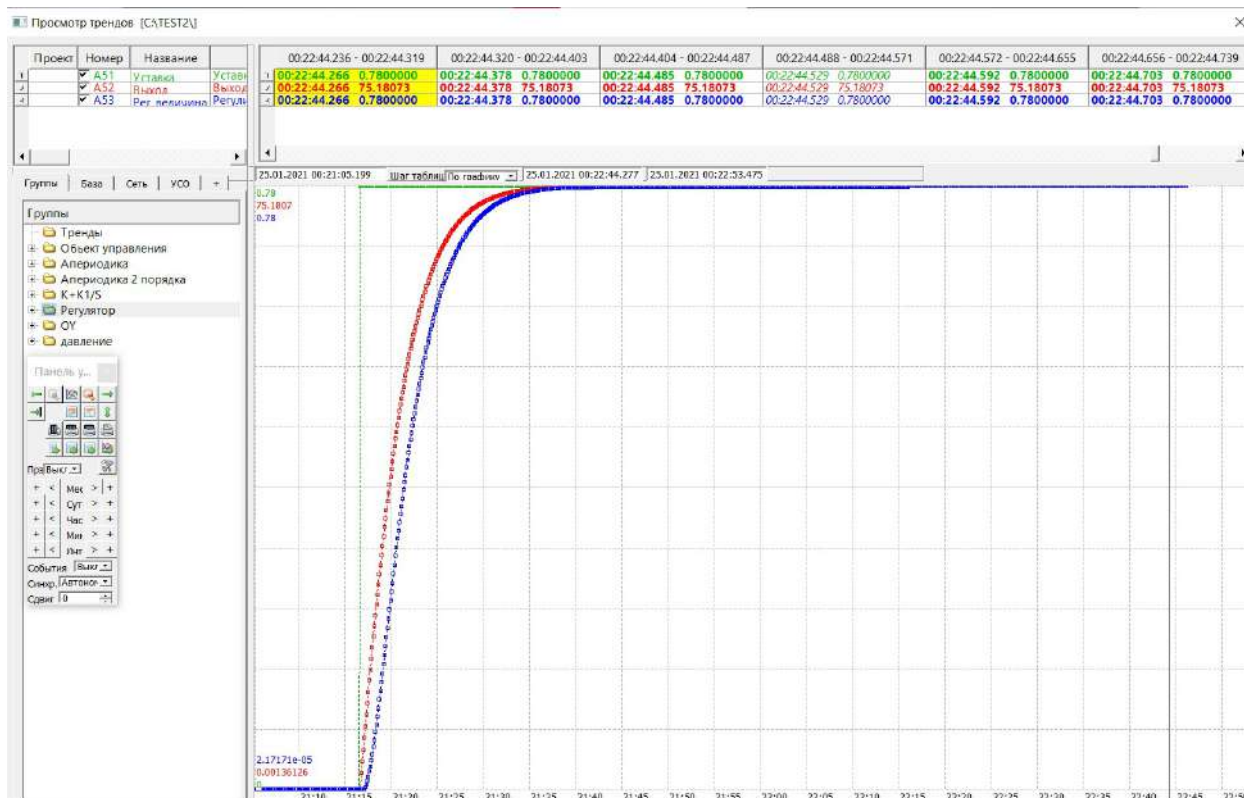


Рис.3.18 – При $K_n=0.85$ и $T=0.05$

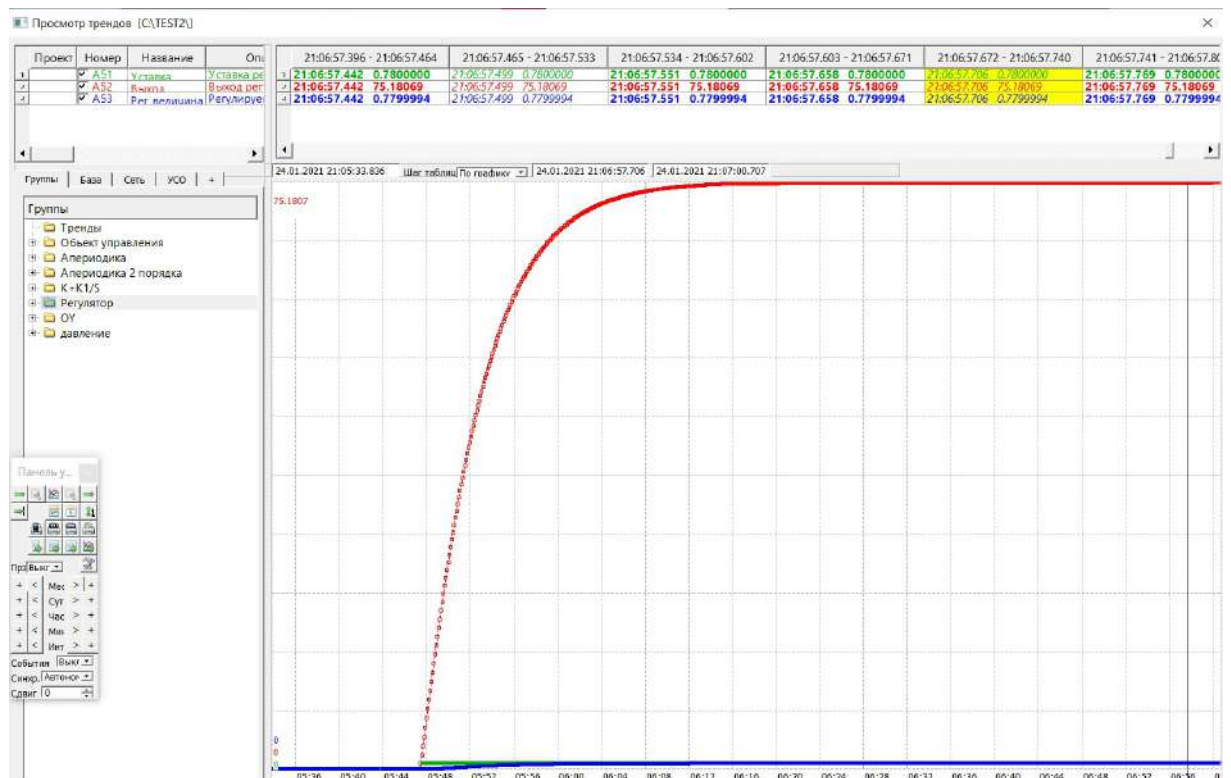


Рис.3.21 – При $K_n=0.7$ и $T=0.05$

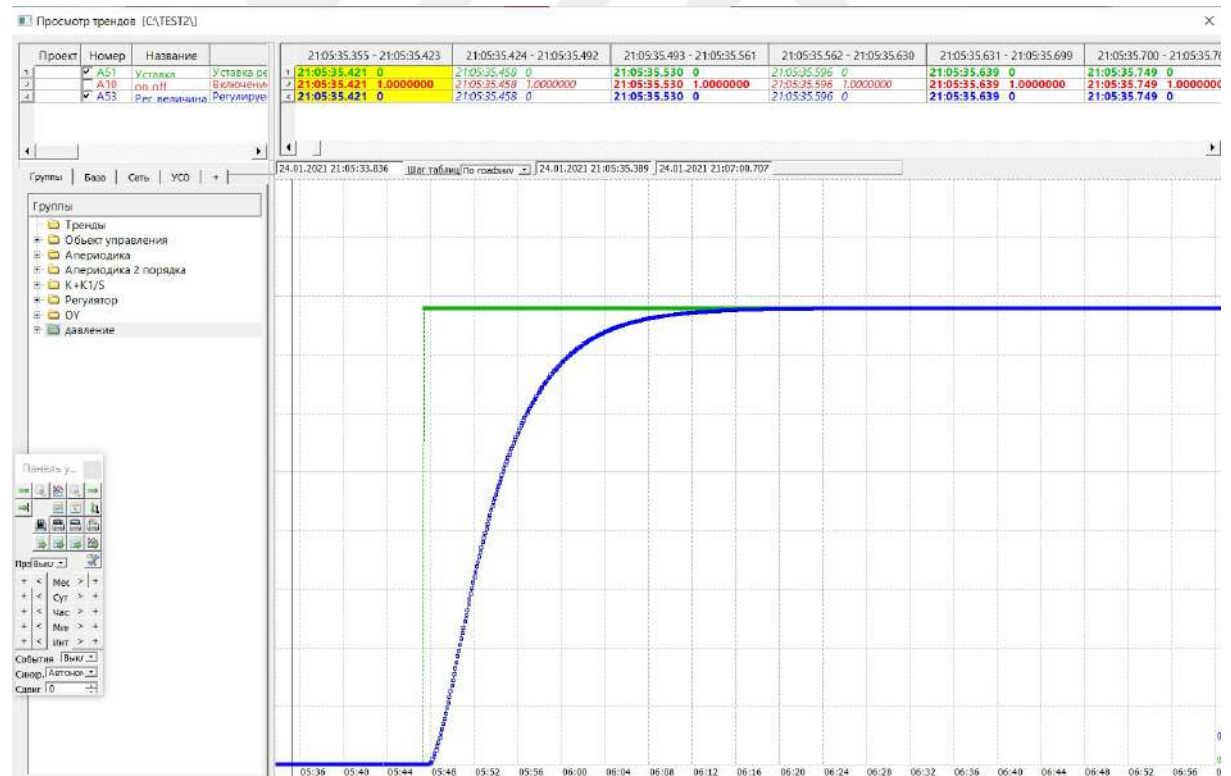


Рис.3.22 – При $K_n=0.7$ и $T=0.05$

При $K_n=0.85$ $T=0.05$ и $K_n=0.7$ $T=0.05$ система становилась устойчивой, поэтому такие коэффициенты можно принять для работы, но при $K_n=0.85$ регулятор работает быстрее чем регулятор при $K_n=0.7$.

Изменив значение T , рассмотрели его влияние на график и привели пример ниже (рис.3.23-3.24)



Рис.3.23 – При $K_n=0.85$ и $T=0.01$

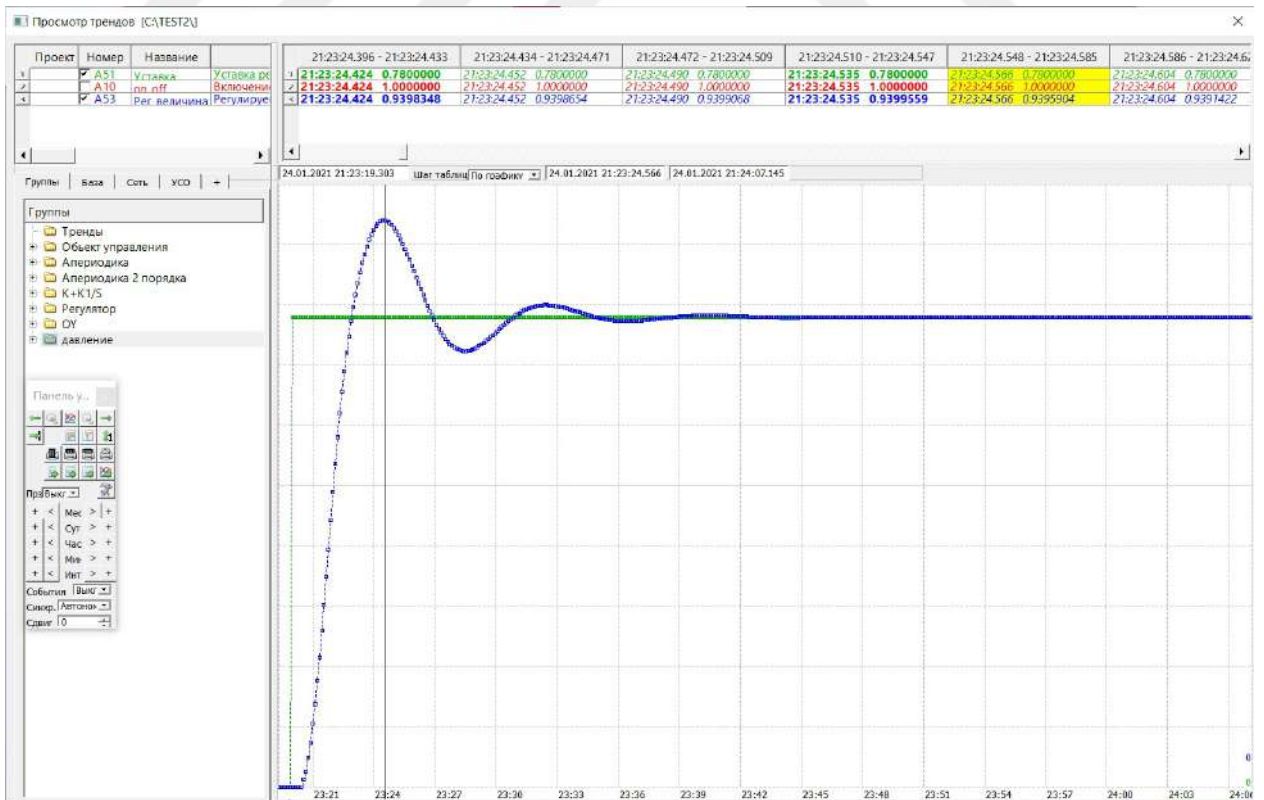


Рис.3.24 – При $K_n=0.85$ и $T=0.01$

При $K_{II}=0.85$ и $T=0.01$ система имеет перерегулирования с $U_{\max}=0.94$ и время регулирования 19с.

$$\sigma_{\max} = \frac{|0.94 - 0.78|}{0.78} \times 100 = 20\%$$

С $\sigma_{\max} = 20\% > 5\%$ и время регулирования $T_{\text{рег}}=19\text{с}$. Такие коэффициенты $K_{II}=0.85$ и $T=0.01$ невозможно принять для работы регулятора (RYS02).

4.3 Реализация регулятора на MATLAB

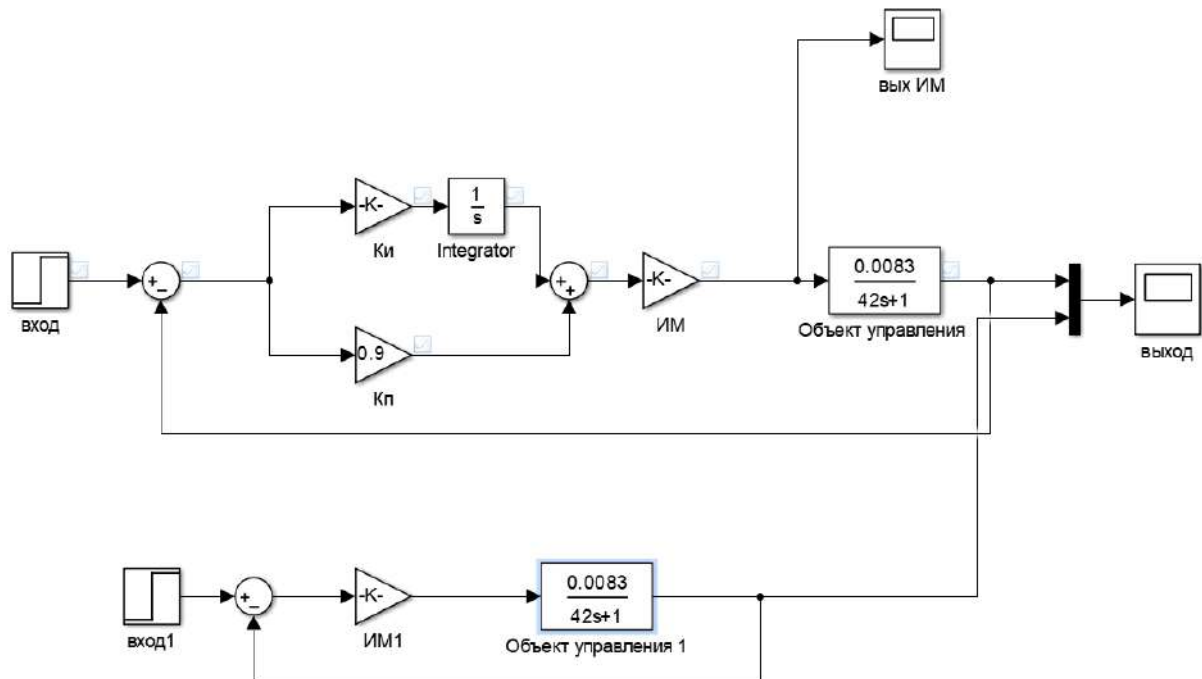


Рис.3.25 – Структурная схема объекта управления с ПИ регулятором и без регулятора

На рисунке представлена структурная схема объекта управления с ПИ регулятором и без регулятора. Смоделирован ПИ регулятор и получены коэффициенты регулятора.

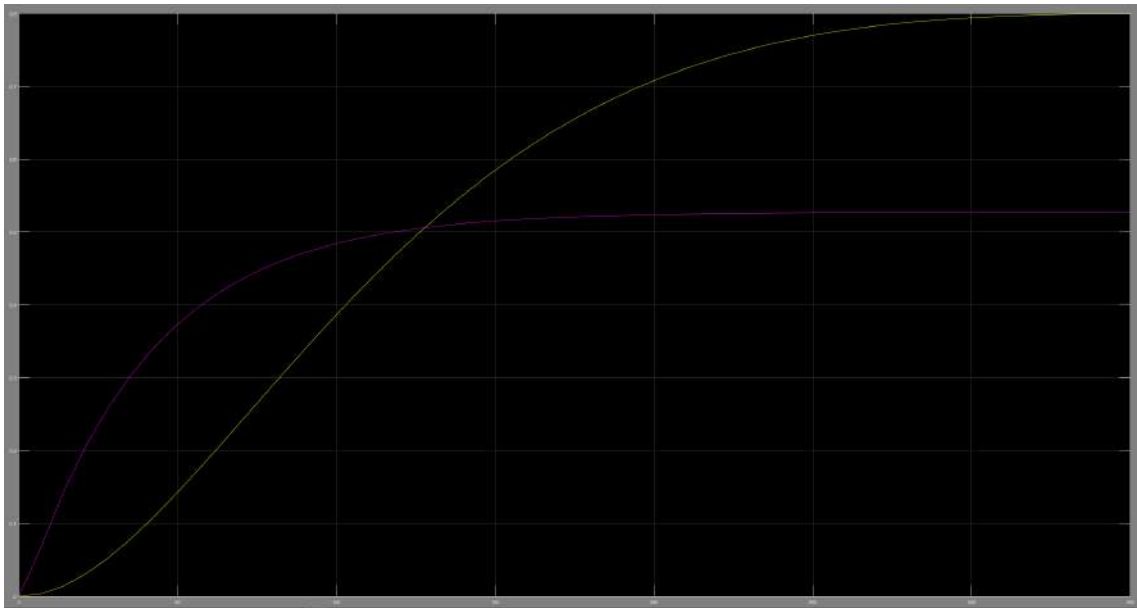


Рис.3.26– Выход объекта управления с регулятором показан жёлтым цветом, а выход объекта управления без регулятора показан фиолетовым цветом

На рисунке 3.26 представлены выход объект управления с регулятором показан жёлтым цветом и выход объект управления без регулятора показан фиолетовым цветом. Без регулятора не достигаем на значение уставки, а с регулятором достигаем на значение уставки.

4.4 Человеко-машинный интерфейс

С помощью Display нарисован человеко-машинный интерфейс. Построена связь между MWBridge и человеко-машинным интерфейсом. Выход регулятора, уставка, регулирующая величина представлены на графике, который построен на человеко-машинном интерфейсе. Этот интерфейс дает возможность оператору поменять уставку и коэффициенты регулятора.

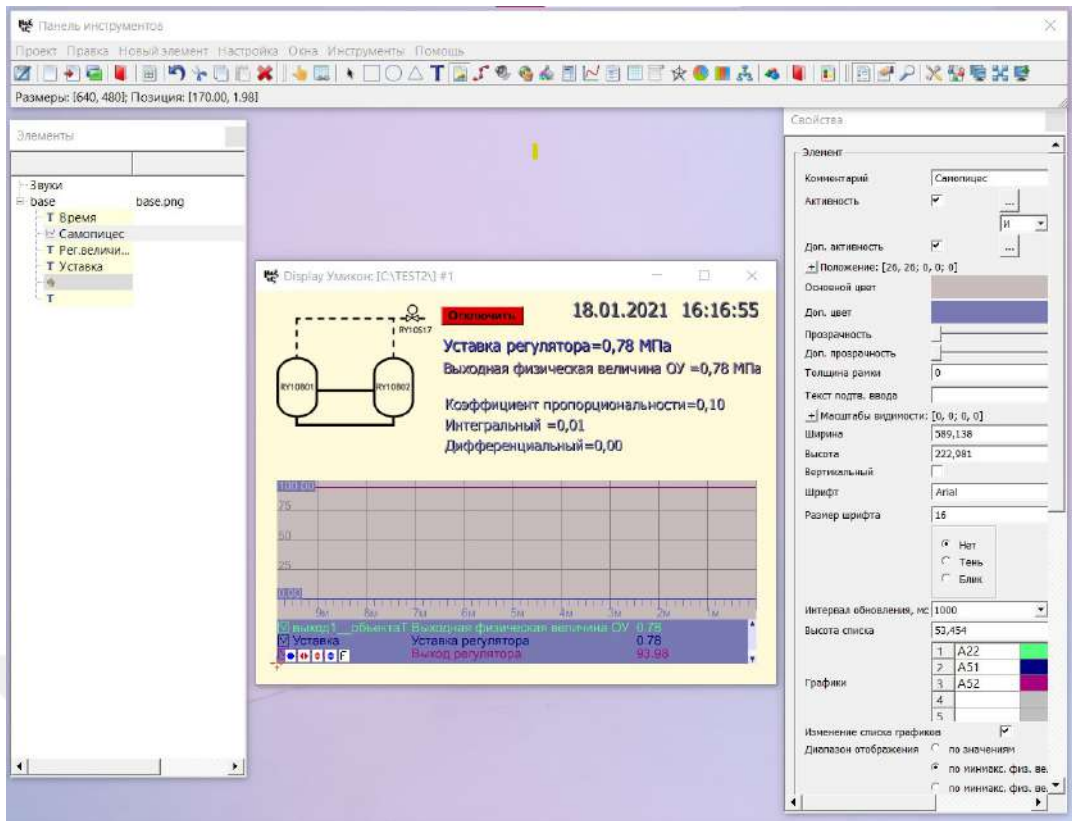


Рис.3.27– Разработка построения человеко-машинного интерфейса



Рис.3.28– Человеко-машинный интерфейс

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для исследования и моделирования системы управления давлением в расширителе продувки парогенератора ВВЭР-1000 была изучена техническая документация на систему, подобраны коэффициенты модели, необходимые для построения системы разностных уравнений. Разработаны и реализованы алгоритмы функционирования модели объекта управления в системе Matlab и системе реального времени, изучена документация оборудования (программного комплекса MWBridge, Matlab). С помощью Matlab коэффициенты для объекта управления получены.

Смоделирована система управления давлением в расширителе продувки парогенератора в MATLAB, где объект управления реализован в программе MWBridge и MATLAB в виде разностных уравнений. Регулятор реализован по ПИ закону, который смоделирован на Алго Бу. Разработаны и реализованы управления оборудованием системы регулирования и построен человеко-машинный интерфейс через Display. Выстроена связь между MWBridge и человеко-машинным интерфейсом. Проверены алгоритмы оборудованием системы управления и человеко-машинного интерфейса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Лескин С.Т., Шелегов А.С. Учебное пособие по курсу «Ядерные энергетические реакторы», - Обнинск: ИАТЭ, 2008, - 200 с.
- 2) АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрущечко, А.М. Афров, Б.Ю. Васильев, В.Н. Генералов, К.Б. Косоуров, Ю.М. Семченков, В.Ф. Украинцев. -М.:Логос, 2010.-604 с. + цв. вклейки.
- 3) Теплообмен в ядерных энергетических установках / Б. С. Петухов [и др.]. – Москва: Издательство МЭИ, 2003. – 548 с.
- 4) Маргулова Т. Х. Атомные электрические станции: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп.—М.: Высш. шк., 1984.—304 с., ил.
- 5) Система контроля, управления и диагностики реакторной установки для ВВЭР-1000 / М. Н. Голованов [и др.]. // Ядерные измерительно-информационные технологии. – 2002. – №2. – С. 20-35.
- 6) Автоматизация системы продувки ПГ и регулирования давления и уровня в расширителях продувки ПГ/ Ю.Н.Бондаренко Филиал концерна “Росэнергоатом” – “Волгодонская АЭС”.
- 7) MWBRIDGE / MLB. Руководство пользователя. – Москва: Умикон. – 246 с.
- 8) Зверков В.В. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ АСУТП АЭС. Функциональные и структурные решения: Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2018. – 132 с.
- 9) Ядерная энергия – энергия будущего / Михаил Чудаков – : БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ – сентябрь 2016. – с17.
- 10) ТРУНОВ, Н. Б., et al. Прошлое и будущее горизонтальных парогенераторов. Вопросы атомной науки и техники. Серия" Обеспечение безопасности АЭС, 2007, 17-С: 15-34.
- 11) Lamarsh, J. R., & Baratta, A. J. (2001). Introduction to nuclear engineering (Vol. 3, p. 783). Upper Saddle River, NJ: Prentice hall.