


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего образования

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВПО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических
процессов и производств
Профиль Автоматизация технологических процессов в энергетике

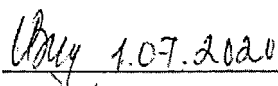


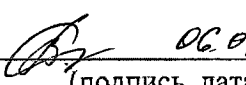
ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко
« 08 » июня 2020г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Система автоматического управления ПЭН на БТЭЦ

Исполнитель студент группы 64106	 1.07.2020 (подпись, дата)	В.А. Цуканов
Руководитель доцент, канд. техн.наук	 01.07.2020 (подпись, дата)	Д.А. Теличенко
Консультант по безопасности и экологичности доцент, канд. физ.-мат.наук	 02.07.2020 (подпись, дата)	В.Н. Аверьянов
Нормоконтроль профессор, д-р техн.наук	 06.07.2020 (подпись, дата)	О.В. Скрипко

Благовещенск 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего образования

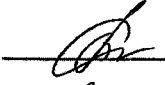
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВПО «АмГУ»)**

Факультет Энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электроники

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующего кафедрой

 О.В. Скрипко

« 08 » июля 2020г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента 641гр. Цуканова Вячеслава Андреевича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Система автоматического управления ПЭН на БТЭЦ

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы: 1 июля 2020 года.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

1) ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств; 2) Данные преддипломной практики; 3) Техническая документация.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

- 1) Постановка задачи;
- 2) Аппаратная реализация системы;
- 3) Программное обеспечение;
- 4) Разработка систем управления.

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.):

Приложение А – Техническое задание на создание автоматизированной системы;

Приложение Б – Технологическая схема;

Приложение В – Функциональная схема;

Приложение Г – Электрическая принципиальная схема;

Приложение Д – Щит управления;

Приложение Е – Спецификация щита управления;

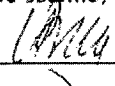
Приложение Ж – Листинг программы в CoDeSys.

6. Дата выдачи задания 10.03.2020г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Теличенко Денис Алексеевич, доцент кафедры АПП и Э, кандидат технических наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 10.03.2020г.


(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 121 с., 104 рисунка, таблицы 8, формул 9, источников 19.

ПЛК, MATLAB, CODESYS, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА, ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ, ЩИТ УПРАВЛЕНИЯ.

В работе исследована задача разработки АСУТП для управления процессами регулирования питательным электронасосом.

Цель работы – разработка автоматизированной системы регулирования процессами для питательного электронасоса на Благовещенской ТЭЦ.

Основу методологии разработки составляют теоретическая база знаний, полученная в процессе обучения, а также практические навыки, необходимые для реализации проекта.

В ходе разработки проекта был выполнен выбор оборудования, разработаны техническая, электрическая принципиальная, функциональная схемы и щит управления. Также осуществлена программная реализация системы управления питательным электронасосом.

Область применения данного проекта технологическое совершенство и улучшение системы управления агрегатами Благовещенской ТЭЦ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1. Описание объекта автоматизации	11
1.1 Общие сведения о питательных электронасосах	11
1.2 Описание работы ПЭ-580-185-2 на предприятии	17
1.3 Типовые характеристики ПЭ-580-185-2	23
1.4 Описание технологического процесса на предприятии	29
1.4.1 Регулирование питательным электрическим насосом	31
2. Аппаратная реализация	33
2.1 Техническое задание на разработку автоматизированной системы	33
2.2 Функциональная схема	34
2.3 Технические средства автоматизации	36
2.3.1 ОВЕН ПЛК154-220.А-М45	37
2.3.2 Термопара ОВЕН ДТПК045-0111-120	42
2.3.3 Преобразователь частоты векторный ОВЕН ПЧВ3	42
2.3.4 Исполнительный механизм МЭОФ-250/63-0,25 У-99	45
2.3.5 Расходомер ПРТП-489-АПЛ	46
2.3.6 Промежуточное реле КИРРИВОР серии RS	47
2.3.7 Блок питания ОВЕН БП15Б-Д2-24	47
2.4 Электрическая принципиальная схема	49
3. Программная реализация	58
3.1 Создание панели оператора в программном комплексе CoDeSys	58
3.2 Создание программы управления в CoDeSys	61
3.3 Создание Simulink-модели в Matlab	64
3.3.1 Подходы к регулированию	67
3.3.1.1 Классическая система регулирования для температуры	67
3.3.1.2 Структура модели широтно-импульсной модуляции (ШИМ)	75

3.3.1.3 Адаптивная система регулирования с компенсацией запаздывания	76
3.3.1.4 Нечеткая система регулирования	83
3.3.1.5 Нечеткая система регулирования с фаззи-регулятором	85
3.4 Демонстрация работы системы	101
4 Компоновка щита управления	105
4.1 Подбор устройств управления и индикации	105
4.2 Эскиз щита управления	107
5. Безопасность жизнедеятельности	109
5.1 ЧС, связанные с эксплуатацией и отказом питательного электрического насоса	109
5.2 Должностная инструкция начальника турбинного цеха	112
Заключение	119
Библиографический список	120
Приложение А Техническое задание на создание автоматизированной системы	122
Приложение Б Технологическая схема	133
Приложение В Функциональная схема	134
Приложение Г Электрическая принципиальная схема	135
Приложение Д Щит управления	136
Приложение Е Спецификация щита управления	137
Приложение Ж Листинг программы в CoDeSys	138

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ 24.302-80 Общие требования к выполнению схем;

ГОСТ 34.602-89 Техническое задание на создание автоматизированной системы;

ГОСТ 24.104-85 Автоматизированные системы управления. Общие требования;

ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы;

ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам;

ГОСТ 2.111-68 Единая система конструкторской документации. Нормоконтроль;

ГОСТ 2.201-80 Единая система конструкторской документации. Обозначение изделий и конструкторских документов;

СТО СМК 4.2.3.01-2010 Стандарт организации. Требование к структуре и оформлению стандартов;

РД 34.41.301-89 Методические указания по контролю вибрации центробежных питательных насосов тепловых станций;

МУ 34.70.008-82 Методические указания по испытанию питательных электронасосов и турбонасосов.

ГОСТ 2.701-84 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

ГОСТ 21.404-85 Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.

ГОСТ 2.721-74 Обозначения условные графические в схемах.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- АСУ – автоматизированная система управления;
- ПЛК – программируемый логический контроллер;
- ПО – программное обеспечение;
- ТП – технологический процесс;
- ПЭН – питательный электронасос;
- ПД – предвключенные насосы;
- ПРПН – пускорезервный питательные насосы;
- ПЭ – питательные электронасосы;
- ПТН – питательные турбонасосы;
- КЭС – конденсационная электростанция;
- ПВД – подогреватель высокого давления;
- АПЭ – автоматизация питательного электронасоса.

ВВЕДЕНИЕ

Питательные насосы относятся к числу более ответственных вспомогательных машин ТЭЦ, их проверяют на расход питательной воды при пиковой нагрузке ТЭЦ с запасом не менее пяти процентов. На блоках с давлением 13 МПа мощностью до 210 МВт используются питательные электронасосы: устанавливая один рабочий, и один зарезервированный (в припасе на складе) с продуктивностью каждого, равной сто процентов от полного расхода воды, или два по пятьдесят процентов без резерва. На конденсационных блоках мощностью 30 МВт и теплофикационных мощностью 250 МВт с давлением пара 4 МПа устанавливают по одному рабочему питательному насосу продуктивностью, равной требуемому расходу воды, с приводом от паровой турбины с противодавлением и один пускорезервный электронасос с гидромуфтой на пятьдесят процентов от полного расхода питательной воды [3].

Для крупных блоков (500, 800 и 1200 МВт) с целью разгрузки выхлопных частей основных турбин устанавливают питательные насосы с приводом от конденсационных паровых турбин по два на пятьдесят процентов от полного расхода с резервированием подвода пара к приводной турбине. Бустерные насосы на старых блоках имеют самостоятельный электропривод на пониженных частотах вращения для всех новых блоков у насосов общий привод с основным питательным насосом, через понижающий редуктор. Насосы устанавливаются перед главными питательными насосами, имеют напор 1,5–2 МПа и созданы для предохранения основных питательных насосов от кавитации [2].

В реальных условиях успешное конкурентно-способное развитие энергетической, как и иной другой отрасли, возможно лишь методом улучшения качества продукции, а также путем увеличения качества

надежности и экономичности производства.

К тепловой энергетике можно применить целый ряд мероприятий, направленных на: использование в качестве конструкционных более коррозионно-прочных материалов, применение современных фильтрующих материалов, также автоматизация некоторых процессов производства.

За недавний период времени на большинстве ТЭЦ России уделяется внимание автоматизации производства, а конкретнее питательного электронасоса. Передовые средства контроля, которые выпускаются отечественными и зарубежными производителями, позволяют организовать надежные измерения некоторых главных характеристик как давление воды и пара, температура, удельный вес для предвключенного насоса, а также частоту вращения [2].

1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1 Общие сведения о питательных электронасосах

Питательные насосы представляют особую группу энергетических насосов, которые предназначены для повышения давления химически очищенной воды после ее деаэрации. Давление на выходе из насоса может достигать 40МПа, что требует большой прочности его корпуса (корпусов) и значительной мощности привода. Температура воды перед насосом, как правило, значительно превышает 100°С, что требует использования материалов для их производства с высокими коррозионными характеристиками. По выполняемым функциям в тепловой схеме современной электрической станции они относятся к главному энергетическому оборудованию [2].

Питательные насосы в зависимости от начальных параметров пара и компоновки тепловой схемы станции осуществляют подачу питательной воды по одной из схем:

- напрямую в котел,
- через подогреватели высокого давления в котел,
- в коллектор питательной воды.

С учетом выполняемой функции в тепловой схеме питательные насосы принято разделять на четыре группы:

- предвключенные насосы – ПД,
- пускорезервный питательные насосы – ПРПН,
- питательные электронасосы – ПЭ,
- питательные турбонасосы – ПТН.

Питательные насосы с электрическим двигателем в качестве привода производятся в соответствии с ГОСТ 22337-77. Питательные турбонасосы с приводом от паровой режы газовой турбины имеют ряд специфических

характеристик и конструктивных особенностей, что выделяет их в отдельную самостоятельную группу насосов.

При эксплуатации на ТЭЦ и АЭС для повышения надежности и эффективности применения к питательным насосам предъявляется ряд специфических условий:

- конструкция насоса обязана иметь внешнюю и внутреннюю герметичность и плотность;

- конструкция насоса обязана допускать температурное расширение при переменной температуре перекачиваемой воды;

- насос обязан быть динамически устойчивым во всем спектре рабочих режимов;

- насосы обязаны работать надежно и продолжительно (не менее 10000 часов) без приметного понижения характеристик и подмены главных деталей и узлов;

- для устойчивой работы в системе, в особенности при параллельном включении в систему, насосы обязаны иметь стабильную форму напорной характеристики в интервале подач от 30% до номинальной с крутизной не более 30%;

- для недопущения обратного вращения и неприемлемого нагрева воды при небольших подачах насосы обязаны снабжаться обратными клапанами.

Основные технические характеристики питательных электронасосов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики питательных электронасосов

Модель насоса	Q, м ³ /ч	H, м	РН, МПа	РВХ, МПа	H ^{доп} ВС, м	η, %	N, кВт	M, кг
ПЭ-65-40	65	440	3,9	0,68	4	66	106	1090
ПЭ-65-45	65	440	3,9	0,68	4	66	108	1090
ПЭ-65-53	65	580	5,2	0,68	4	66	143	1150
ПЭ-100-53	100	580	5,2	0,68	4	68	210	1310
ПЭ-150-53	150	580	5,2	0,68	5	71	305	2047
ПЭ-150-63	150	700	6,2	0,68	5	71	370	2140
ПЭ-150-145	150	1580	14,2	0,68	8	71	825	4256
ПЭ-250-45	250	450	4,4	0,68	9	75	410	2180
ПЭ-250-180	250	1975	17,6	0,68	11	75	1625	6340
ПЭ-270-150	270	1650	14,7	0,78	11	76	1445	6734
ПЭ-380-185	380	2030	18,1	0,98	12	77	2475	10920

Продолжение таблицы 1

Модель насоса	Q, м ³ /ч	H, м	РН, МПа	РВХ, МПа	H ^{доп} ВС, м	η, %	N, кВт	M, кг
ПЭ-380-200	380	2190	19,6	0,98	12	77	2670	11000
ПЭ-500-180	500	1975	17,6	0,98	15	78	3125	10850
ПЭ-580-185	580	2030	18,1	0,98	9	81	3590	10850
ПЭ-580-200	580	2150	19,1	0,98	9	81	3800	10930
ПЭ-600-300	600	3220	29,4	2,35	15	77	6360	12080
ПЭН-600-320	600	3520	31,4	2,40	15	78	6740	12080
ПЭ-720-185	720	2030	18,1	0,98	15	82	4400	10930
ПЭ-780-185	780	2030	18,1	0,98	15	80	4890	16380
ПЭ-780-210	780	2330	20,6	0,98	15	80	5615	16600
ПЭ-900-185	900	2030	18,1	0,98	15	82	5500	16490

1. Характеристики насосов с РН $\geq 17,6$ МПа указаны без отбора от промежуточной ступени насоса.

2. Приемлемый кавитационный запас отнесен к оси насоса, он не зависит от температуры перекачиваемой воды.

3. Напор, обозначенный дробью, к примеру, 185/210 - соответствует насосам с числом рабочих колес 10 и 11.

4. Масса указана для насоса без электродвигателя.

Для котлов с давлением пара до 3,9МПа применяют электронасосы следующих моделей: ПЭ-65-45, ПЭ-65-53, ПЭ-100-53, ПЭ-150-53, ПЭ-150-63. Эти насосы – центробежные, горизонтальные, однокорпусные, секционного типа, с односторонним расположением рабочих колес и гидравлической пятой.

Для котлов с давлением пара 9,8 и 13,7МПа применяют электронасосы следующих моделей: ПЭ-150-145, ПЭ-270-150 и ПЭ-250-180. Эти насосы – центробежные, горизонтальные, однокорпусные, секционного типа, с односторонним расположением рабочих колес в количестве 14, 10 и 13 и гидравлической пятой.

Для котлов с давлением пара 13,7МПа применяют питательные электронасосы следующих моделей: ПЭ-380-185/200, ПЭ-500-180, ПЭ-580-185/200, ПЭ-720-185, ПЭ-780-185/210 и ПЭ-900-185. Эти насосы – центробежные, двухкорпусные с внутренним корпусом секционного типа, горизонтальные, с односторонним расположением рабочих колес и гидравлической пятой.

При двухкорпусной конструкции усилия от присоединенных трубопроводов воспринимаются чрезвычайно твердым внешним корпусом и не передаются внутреннему корпусу, что гарантирует высокую надежность работы насоса. Наличие жидкости между корпусами приводит к значительному снижению уровня шума при работе насоса.

Рабочие части $Q(H)$ характеристик питательных электронасосов, выпускаемых в России по ГОСТ 22337-77, показаны на рисунке 1.

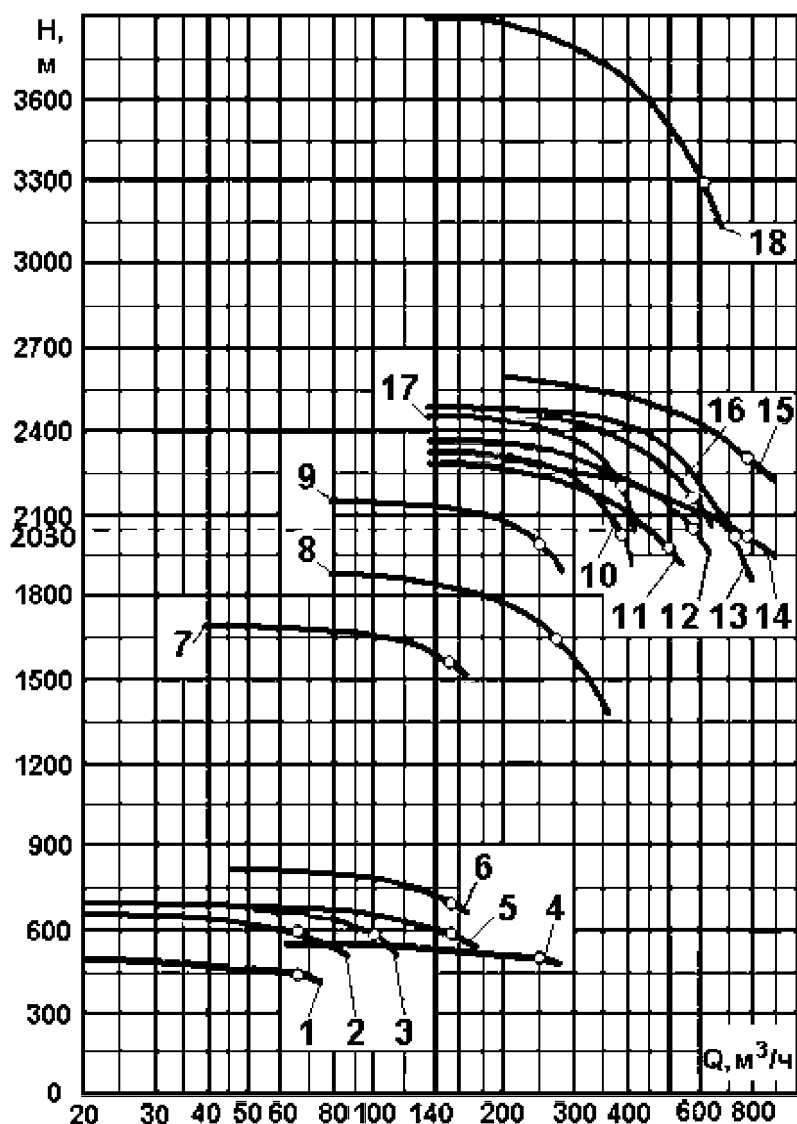


Рисунок 1 – Рабочие части $Q(H)$ характеристик питательных электронасосов по ГОСТ 22337-77

Здесь на рисунке 1 имеют место следующие обозначения: 1 – ПЭН 65-40; 2 – ПЭН 65-53; 3 – ПЭН 100-53; 4 – ПЭН 250-45; 5 – ПЭН 150-53; 6 – ПЭН 150-63; 7 – ПЭН 150-145; 8 – ПЭН 270-150; 9 – ПЭН 250-180; 10 – ПЭН 380-185; 11 – ПЭН 500-185; 12 – ПЭН 580-185; 13 – ПЭН 720-185; 14 – ПЭН 780-185; 15 – ПЭН 780-210; 16 – ПЭН 580-195; 17 – ПЭН 380-200; 18 – ПЭН 600-300.

Из документации полученной на предприятии, на БТЭЦ используется питательный электронасос ПЭ-580-185-2. В составе новой очереди был

применен большой спектр насосного оборудования, комплектным поставщиком которого выступил ЗАО «Гидромашсервис», входящим в ОАО «Группа ГМС». Компания смогла предложить сбалансированный спектр насосов различного назначения, основным из которых является питательный электронасос котельного агрегата TLD-200/9-308/GN. Данный насосный агрегат был изготовлен на предприятии Apollo Goessnitz GmbH, Германия по документации АО «СЗ Насосэнергомаш» на агрегат ПЭ 580-185-2 (на параметры $Q_{max}=550\text{м}^3/\text{час}$, $H=2150\text{м}$), подробные характеристики которого расписаны в таблице 1 и на рисунке 1 его рабочая часть $Q(H)$ обозначена под цифрой 12.

1.2 Описание работы ПЭ-580-185-2 на предприятии

В пункте 1.1 мы определили, что на БТЭЦ используется ПЭ-580-185-2 (TLD-200/9-308/GN), опишем его участие в технологическом процессе детальнее.

Питательный электронасос ПЭ-580-185-2 центробежный, двухкорпусной, 9-и ступенчатый, с односторонним расположением рабочих колес. Все колеса насоса имеют один диаметр по выходным кромкам лопаток, которые загнуты назад ($\beta_2 < 90^\circ$). Диаметр поглощающего отверстия первого колеса более чем у всех других, для роста кавитационного запаса.

С целью достижения нужного уровня безопасности использования и понижение трудозатратности монтажа насос ПЭ-580-185-2 выпускается двухкорпусным. Аналогичную конструкцию имеют питательные электронасосы ПЭ-300-180, ПЭ-500-185/200, ПЭ-720-185, ПЭ-780-185/210, ПЭ-900-185. Внешний корпус кованый владеет большой жесткостью, что обеспечивает возможность внедрения фланцевого присоединения подводящего и напорного трубопроводов. Механические усилия от внешнего корпуса внутреннему корпусу (секционного типа) фактически не передаются,

а водяная рубашка между ними значительно понижает вибрацию и уровень шума при работе насоса. Оба патрубка приварены к внешнему корпусу и направлены ввысь. С торцов внешний корпус закрыт крышками входной и напорной. Для контроля равномерности обжарки железной прокладки между крышкой и корпусом предусмотрен зазор в 1мм. Крышки напорная и подводящая крепится к внешнему корпусу шпильками. В верхней и нижней части корпуса установлены датчики контроля температуры.

Для наполнения места между корпусами питательной водой и поддержания в нем требуемого статического давления через шесть аксиальных каналов в трех первых секциях внутреннего корпуса производится отбор воды после третьей ступени. С этой целью первые три секции производятся с утолщенной внешней стенкой. Отборная вода по каналам проходит до стыковой крышки и через радиальные сверления заполняет полость между корпусами от первой до девятой ступени включительно, а оттуда по радиальному каналу во внешнем корпусе поступает в трубопровод отбора. На стыке девятой и десятой ступени на внутренней поверхности внешнего корпуса выполнен внутренний фланец, к которому через стальную прокладку крепится бездвижно внутренний корпус. Данный фланец является фиксунктом внутреннего корпуса.

Все рабочие колеса насоса установлены на вал по скользящей посадке 2-го класса точности. Между торцом ступицы рабочего колеса последней ступени и торцом удаленной втулки, которая с иной стороны упирается в разгрузочный диск гидропаты, предусмотрен зазор для возмещения температурных расширений деталей ротора. Исключение протечек воды по валу получается за счет металлического контакта торцов ступиц рабочих колес под действием осевого усилия, направленного в сторону электродвигателя. Уплотнение первого колеса однощелевое, а всех других колес – двухщелевые.

Осевое усилие, которое передается с рабочих колес на вал, принимает разгрузочный диск гидропята. Он установлен бездвижно на валу за последним рабочим колесом и удаленной втулкой. Неподвижность диска относительно вала обеспечена шпонкой и стопорной гайкой. В напорную крышку внешнего корпуса запрессована калиброванная втулка, которая с удаленной втулкой на валу образует кольцевой зазор, через который вода с давлением приблизительно 18,5Мпа, подробнее изображено на рисунке 2.

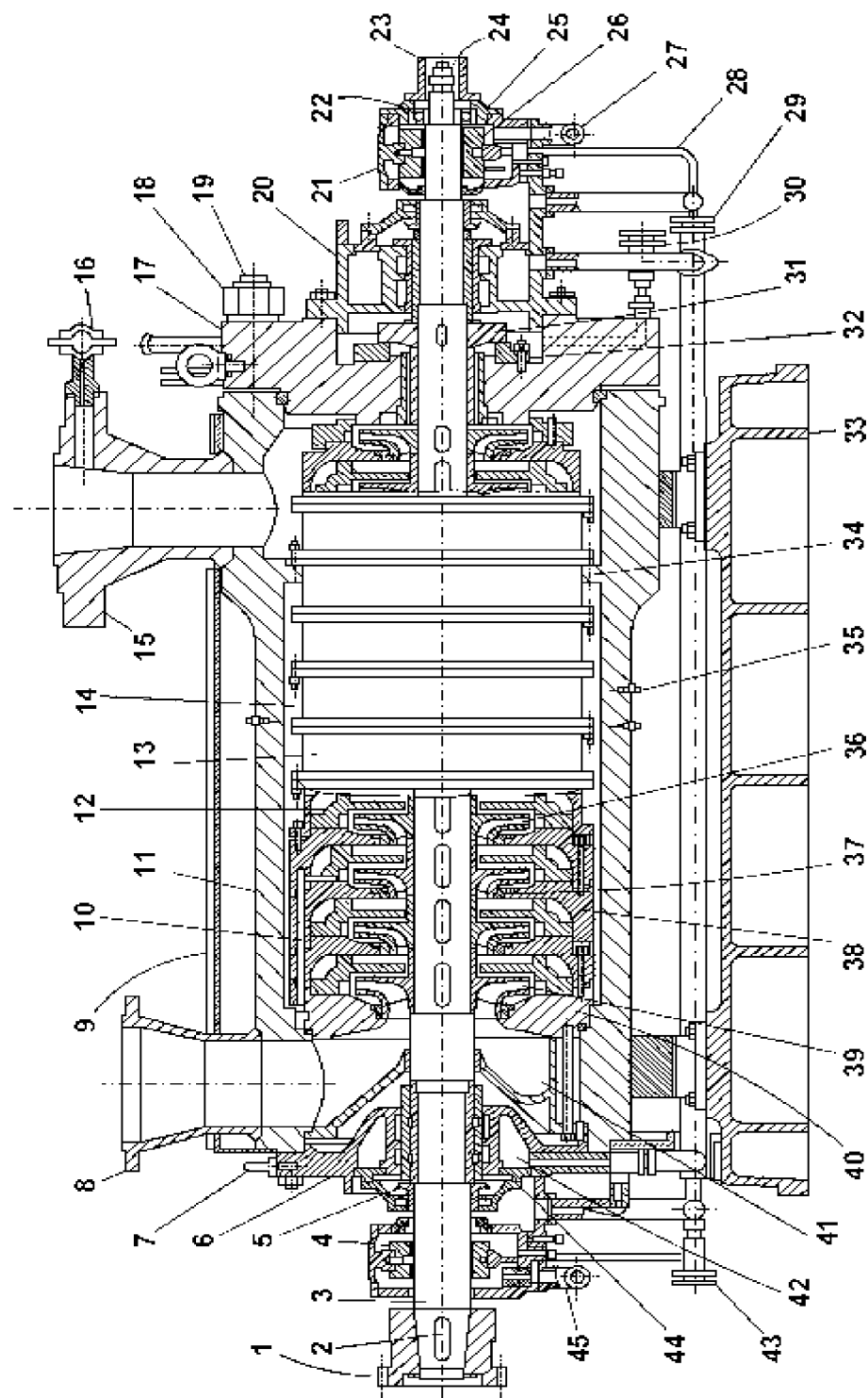


Рисунок 2 – Питательный электронасос ПЭ-580-185-2

Здесь на рисунке 2 имеют место следующие обозначения: 1 – ведомая зубчатая полумуфта; 2 – шпонка; 3 – вал; 4 и 26 – радиальные подшипники

скольжения передний и задний; 5 – водоотбойный диск; 6 и 17 – щит передний и задний; 7 – рым-болт; 8 и 15 – патрубки подводящий и напорный; 9 – кожух (термошумоограждение); 10 – канал для отвода воды в межкорпусное пространство; 11 – наружный корпус; 12 – направляющий аппарат; 13 и 38 – секции внутреннего корпуса; 14 – межкорпусное пространство; 16 – отвод на манометры; 18 – гайка, шайба плоская и пружинная; 19 – шпилька; 20 – корпус заднего концевого уплотнения; 21 – корпус задней подшипниковой опоры; 22 – упорный подшипник; 23 и 24 – ограждение и указатель осевого сдвига ротора; 25 – крышка упорного подшипника; 27 и 45 – дренаж масла; 28 – подвод масла; 29 и 43 – коллектор дренажей холодного конденсата; 30 – отвод воды от гидропята; 31 и 32 – разгрузочный диск и подушка гидропята; 33 – фундаментная плита; 34 – внутренний фланец наружного корпуса (фикс-пункт внутреннего корпуса); 35 – датчики контроля температуры; 36 – рабочее колесо 4-й ступени; 37 – уплотнение; 39 – рабочее колесо первой ступени; 40 – стыковая крышка; 41 – крышка кольцевой подводящей камеры; 42 – камера отвода конденсата; 44 – крышка концевого уплотнения поступает в рабочую полость гидропята. Воздействуя на рабочую поверхность разгрузочного диска, вода делает осевое усилие, которое было направленно в сторону вольного конца вала – в обратную сторону деяния осевого усилия на рабочие колеса насоса. Через радиальный кольцевой зазор между подушкой гидропята, разгрузочным диском и напорной крышкой вода поступает в камеру отвода дренажей, где ее давление некардинально выше атмосферного [5].

Если осевое усилие на колеса возрастает, то ротор сдвигается в сторону подводящего патрубка, зазор между подушкой и разгрузочным диском уменьшается, расход воды через камеру гидропята уменьшается, поэтому статическое давление воды на диск возрастает, из-за этого возрастает и

осевое усилие на разгрузочный диск – ротор занимает устойчивое положение.

Если осевое усилие на колеса уменьшается, то ротор смещается в сторону напорного патрубка, зазор между подушкой и разгрузочным диском возрастает, расход воды через камеру гидропята увеличивается, поэтому статическое давление воды на диск уменьшается, за счет этого уменьшается и осевое усилие на разгрузочный диск – ротор занимает устойчивое положение.

Концевые уплотнения щелевого типа выполнены с промежуточным подводом холодного и отводом отработанного конденсата. На выходе из концевых уплотнений установлены водоотбойные диски, которые исключают возможность попадания воды в подшипники при аварийном состоянии уплотнений. Корпуса уплотнений крепятся шпильками к крышкам внешнего корпуса.

Ротор насоса установлен на два радиальных подшипника скольжения с принудительной смазкой, которая подается с давлением около 50кПа персональной маслостанцией. Рабочие поверхности подшипников цилиндрической формы. К корпусу задней подшипниковой опоры прифланцована крышка с упорным шариковым подшипником, что увеличивает надежность работы насоса при плохой работе гидропята. Со стороны вольного конца вала предусмотрен упор ротора со зрительным указателем осевого сдвига.

Насос оборудуется системой для прогрева, которая состоит из коллектора с двумя вентилями высокого давления, трубопровода и дросселирующего устройства и употребляется перед пуском насоса из холодного состояния (после долговременной остановки). С этой целью в насос подается конденсат с давлением от 50 до 500кПа (0,5-5ата) и температурой менее 150°C.

Корпус насоса закрыт кожухом из мягкой листовой стали. Под кожух заранее закладывается теплоизоляционный и шумопоглощающий материал – базальтовое волокно. Это позволяет иметь на поверхности кожуха температуру менее 60-70°C, а уровень шума понизить на 10-15Дбл.

Зубчатая муфта насоса имеет личный подвод масла от маслосистемы агрегата. Муфта закрыта кожухом из двух половин, в который сливается масло из муфты. Стык кожуха выполнен фланцевым и уплотнен резиновыми маслостойкими кольцами.

Смазка из подшипников и зубчатой муфты подвергается механической чистке на фильтрах, позже охлаждается и поступает в маслобак, откуда насосом снова подается на подшипники и муфту.

1.3 Типовые характеристики

В данном пункте опишем типовую энергетическую характеристику питательного электронасоса ПЭ-580-185-2 [4].

Приведем некоторые основные характеристики насосных агрегатов в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Основные характеристики насосных агрегатов (без гидромуфты) по ТУ 26-06-899-74

Наименование	Подача, м ³ /ч	Давление на входе, кгс/см ²	Давление на выходе, кгс/см ²	Мощность на валу насоса, кВт	Расход через линию рециркуляции, м ³ /ч	КПД насоса, % не менее
ПЭ-720-185-2	720	6,7	191,7	4430	130	82

Наименование	Подача, м ³ /ч	Давление на входе, кгс/см ²	Давление на выходе, кгс/см ²	Мощность на валу насоса, кВт	Расход через линию рециркуляции, м ³ /ч	КПД насоса, % не менее
ПЭ-580-200-2	580	6,7	206,7	3900	130	81
ПЭ-580-185-2	580	6,7	191,7	3615	130	81
ПЭ-500-180-4	500	6,7	186,7	3150	130	78
ПЭ-380-200-2	380	6,4	206,4	2690	130	77
ПЭ-380-185-2	380	6,4	191,4	2500	130	77

В связи с недостаточными материалами по испытанию этих электронасосов, а также с тем, что испытания относились ко времени, когда насосы еще не были доведены до удовлетворительного по экономичности и износостойкости состояния, за основу при составлении характеристик были приняты данные ТУ 26-06-899-74. Правомерность такого решения подтверждается данными промышленного испытания насоса этой серии ПЭ-580-200/185, показавшими практическое совпадение показателей с данными технических условий, а также удовлетворительную износостойкость проточной части (испытание проводилось после 2600 и 10500 ч эксплуатации) [8].

В 1963-1964 гг. проводились длительные промышленные испытания головного образца этого типа насоса, показавшие высокую износостойкость его проточной части (в течение примерно 10000 ч эксплуатации показатели насоса практически не изменились). Однако принимать эти данные за нормативные было бы неправомерно, так как завод-изготовитель за прошедшее время провел ряд мероприятий по повышению качества насоса.

Графики типовых энергетических характеристик позволяют контролировать состояние насосов (экономичность их работы), планировать и нормировать их работу [8].

График (рис.3) позволяет при наличии средств измерения подачи воды данным насосом проконтролировать состояние насоса с точки зрения развиваемого им напора и КПД.

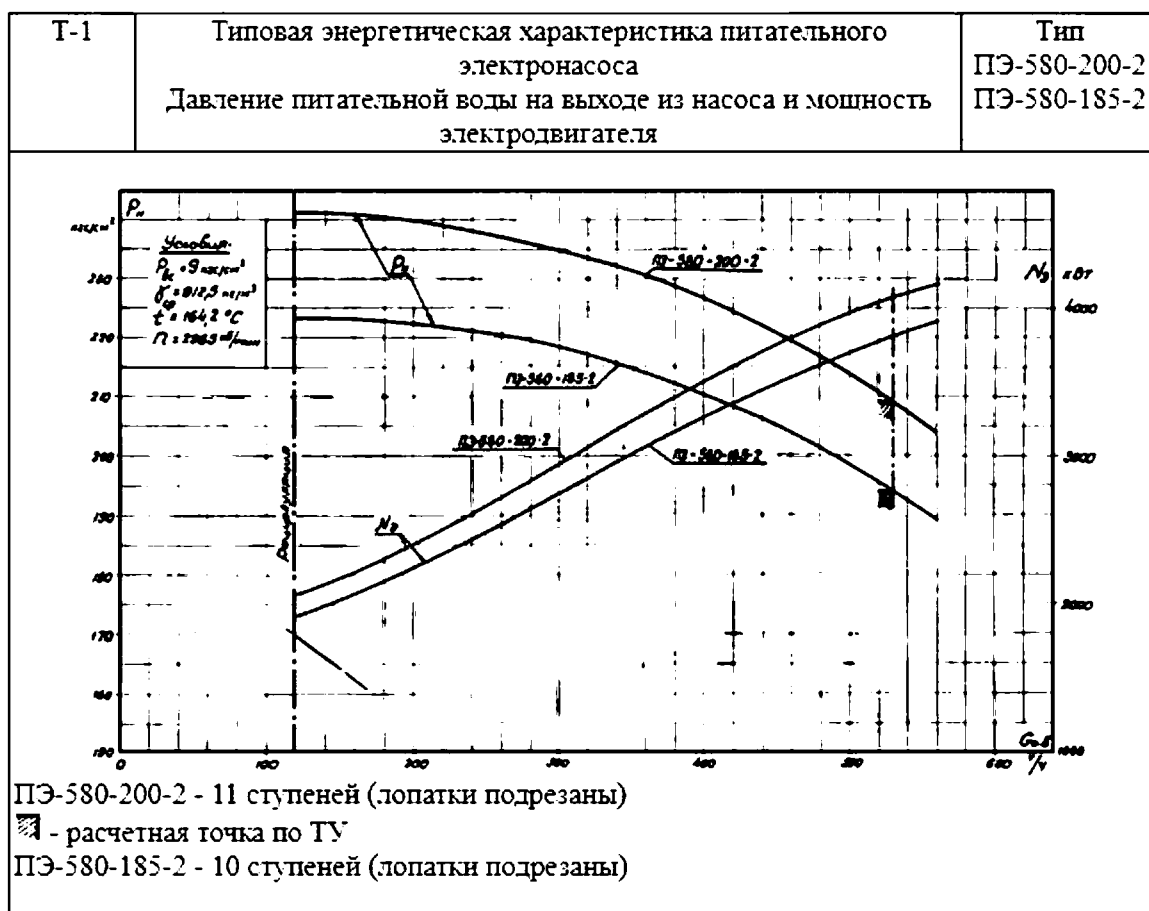


Рисунок 3 – Давление питательной воды на выходе из насоса и мощность электродвигателя

При заданном для насоса ПЭ-580-185-2 расходе воды 500 т/ч измеренное давление на выходе составило 223 кгс/см² при давлении на входе в насос 8 кгс/см²; мощность электродвигателя - 3800 кВт.

При указанном в условиях на графике (рис.3) давлении на входе 9 кгс/см² давление на выходе из насоса составит $223 - 8 + 9 = 224$ кгс/см²; по графику (рис.3) давление на выходе из насоса должно быть 226,5 кгс/см². Таким образом, установлено, снижение напора насоса на 2,5 кгс/см².

Поскольку измеренная на выводах электродвигателя мощность превышает нормативную - 3900 кВт (рис.3) - это свидетельствует о увеличении КПД насоса.

Удельный расход электроэнергии на 1 т перекачиваемой воды составит:

$$\frac{3800}{500} = 7,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}, \text{ что больше нормативного значения } 7,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$$

(рис.4).

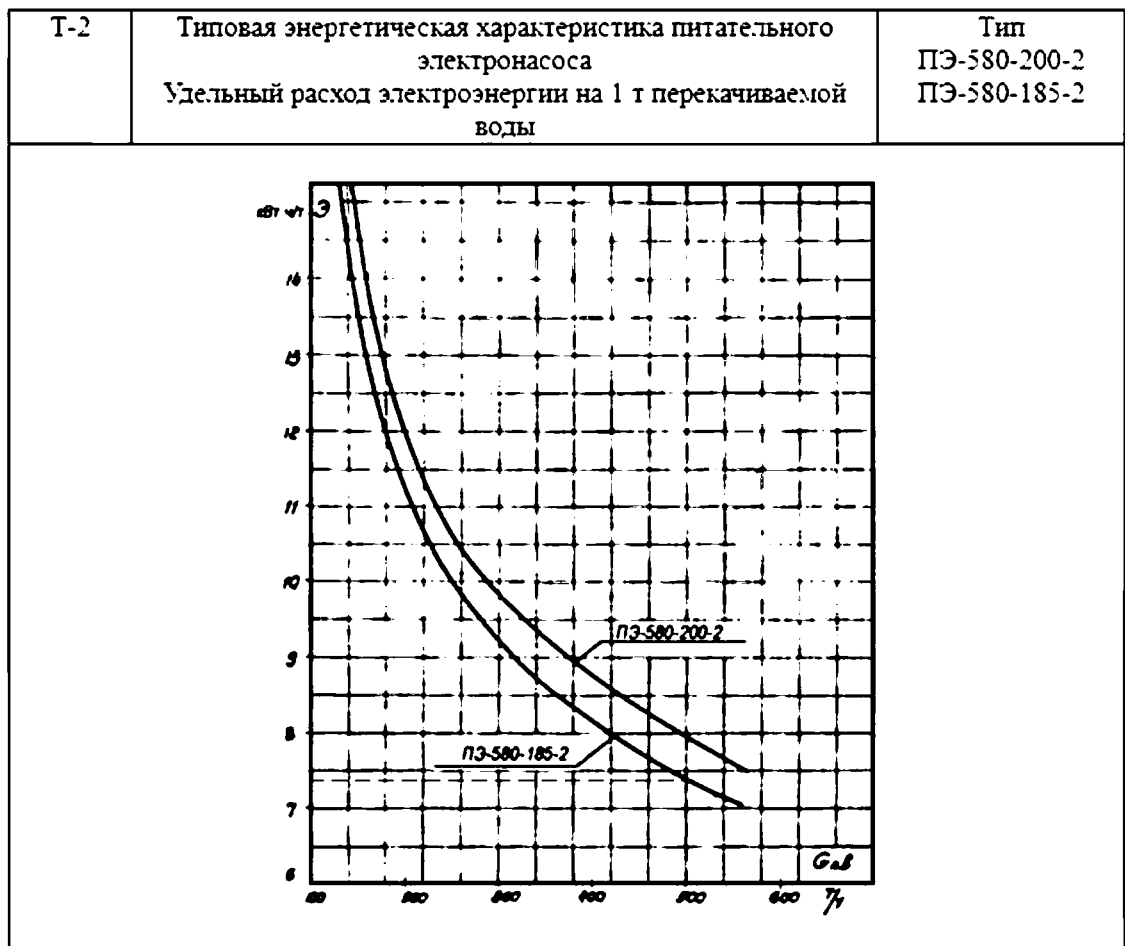


Рисунок 4 – Удельный расход электроэнергии на 1т перекачиваемой воды

По измеренным значениям расхода воды $G_{п.в}$ (т/ч), давления на выходе P_n и входе $P_{вс}$ ($\text{кгс}/\text{см}^2$) и мощности электродвигателя $N_э$ (кВт) может быть определен КПД насосного агрегата по формуле:

$$\eta_{н.а} = 27,23 \frac{G_{п.в} (P_n - P_{вс})}{\gamma N_э} \cdot 100\%;$$

В данном примере:

$$\eta_{н.а} = 27,23 \frac{500(223 - 8)}{912,5 \cdot 3800} \cdot 100\% = 84,4\%; \quad (1)$$

Нормативное значение $\eta_{н.а}$ по графику - 77,6 % (рис.5).

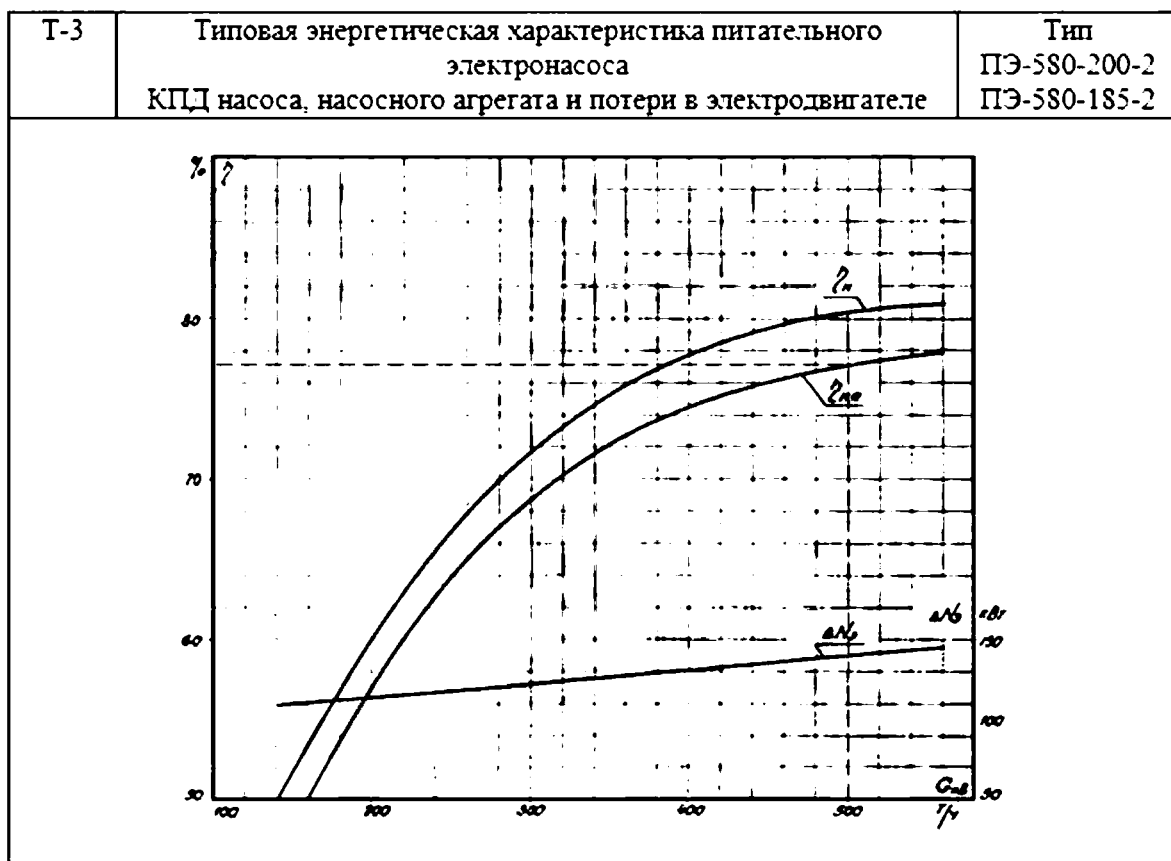


Рисунок 5 – КПД насоса, насосного агрегата и потери в электродвигателе

КПД собственно насоса определяется по формуле:

$$\eta_n = \frac{\eta_{н.а}}{1 - \Delta N_{об} / N_э}$$

В данном примере:

$$\eta_n = \frac{84,4}{1 - 164,2 / 3800} = 88,2\% \tag{2}$$

при нормативном значении 80,6% (рис.5).

Приведенный пример контроля над состоянием насоса позволяет назначать срок капитального ремонта насоса для восстановления исходных его характеристик.

График (рис.6) служит для определения действительной энтальпии воды перед первым ПВД и полезен при различных оптимизирующих расчетах тепловых схем.

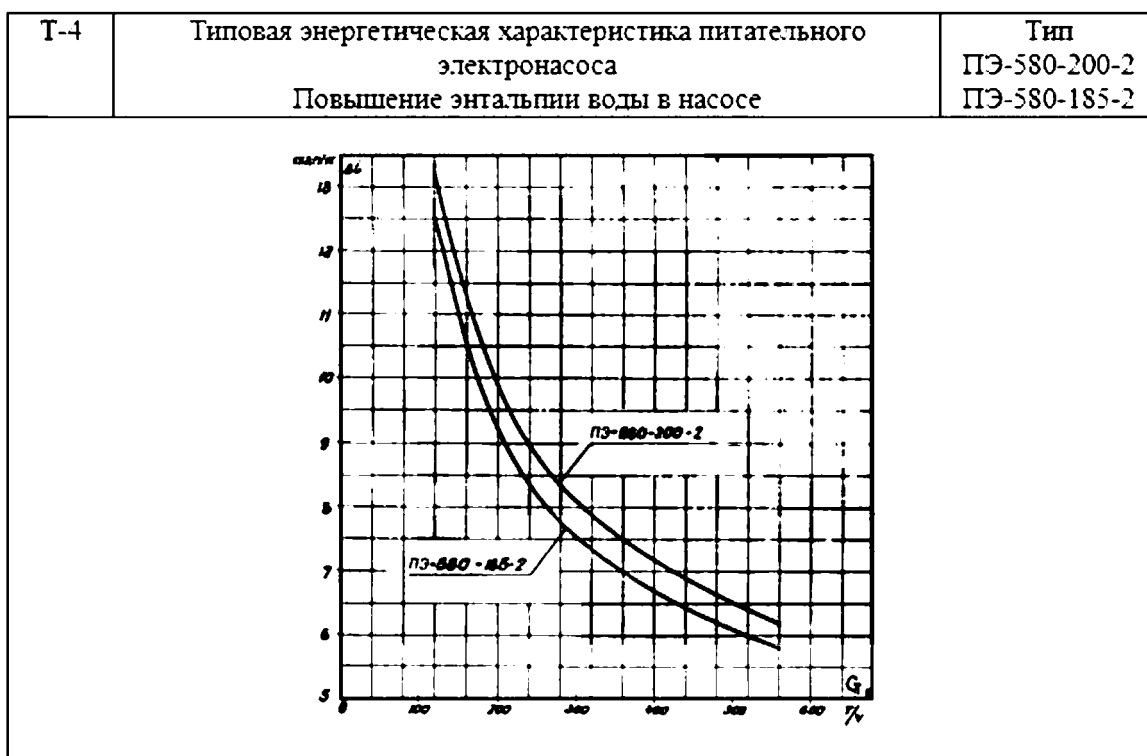


Рисунок 6 – Повышение энтальпии воды в насосе

В качестве нормативного удобно пользоваться значением удельного расхода электроэнергии на 1 т перекачиваемой воды (рис.4).

Расчетный расход конденсата подаваемого на уплотнения ПЭ-580-185-2 составляет 20 т/ч. Примерно половина этого количества поступает в деаэратор, минуя регенеративную часть низкого давления, что лишь незначительно сказывается на экономичности турбоустановки в целом. Так, на 1 т/ч конденсата, дополнительно отводимого в деаэратор, поправка к расходу тепла турбоагрегатом при номинальной нагрузке составляет всего около 0,05 Гкал/ч. При нагрузках турбоагрегата, меньших номинальной, эта поправка соответственно меньше.

1.4 Описание технологического процесса на предприятии

Главной задачей автоматизации в данном проекте будет являться создание единой системы автоматизации и управления питательным электронасосом, а также использование оборудования отечественного

производителя, насколько это возможно, в нашем случае ОВЕН, так как эта фирма подходит под все наши критерии.

Для осуществления аппаратной реализации АСУ ТП питательного электронасоса требуется рассмотреть все процессы, происходящие, в основном цикле ТЭЦ куда входит и наш насос.

Рассмотрим общую принципиальную схему технологического процесса ТЭЦ с включенным в неё питательным электрическим насосом, которая показана на рисунке 7.

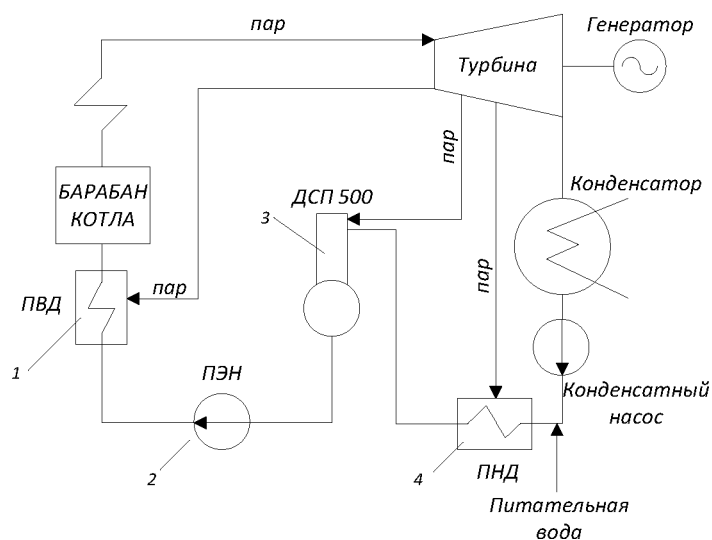


Рисунок 7 – Принципиальная технологическая схема ввода ПЭН в основной цикл ТЭЦ

Здесь на рисунке 7 имеют место следующие обозначения: 1 – подогреватель высокого давления, 2 – питательный электрический насос, 3 – деаэратор струйный повышенного давления, 4 – подогреватель низкого давления.

Принцип действия тепловой электрической централи (ТЭЦ) основан на трехкратном превращении энергии (рис. 7). Сначала химическая энергия топлива превращается в тепловую энергию топочных газов в топке парогенератора вырабатывающего водяной пар. Тепловая энергия, аккумулированная водяным паром, преобразуется в паровой турбине в

механическую энергию (пар, расширяясь в турбине, вращает ее ротор), и, наконец, механическая энергия преобразуется в электрическую в генераторе, вал которого жестко связан с валом турбины. Цикл заканчивается в конденсаторе и конденсацией отработавшего в турбине пара, откуда конденсат возвращается конденсатным насосом в питательный бак и затем подается питательным электронасосом в парогенератор.

Каждое превращение энергии связано с потерями. Так, в парогенераторе часть тепла топлива теряется из-за неполноты сгорания, другая часть — с горячими продуктами сгорания, выбрасываемыми в дымовую трубу. В турбинной установке часть тепла водяного пара теряется при нагреве циркуляционной воды, охлаждавшей конденсатор. В генераторе часть механической энергии расходуется на нагрев обмоток. Кроме того, имеются потери механической энергии в подшипниках турбины и генератора, а также потери тепла в окружающую среду от нагретых наружных поверхностей оборудования и трубопроводов. Наконец, часть выработанной электрической энергии расходуется на приведение в действие многочисленных механизмов собственных нужд электростанции.

1.4.1 Регулирование питательным электрическим насосом

Рассмотрим технологическую схему процесса управления питательным электронасосом, которая показана на рисунке 8.

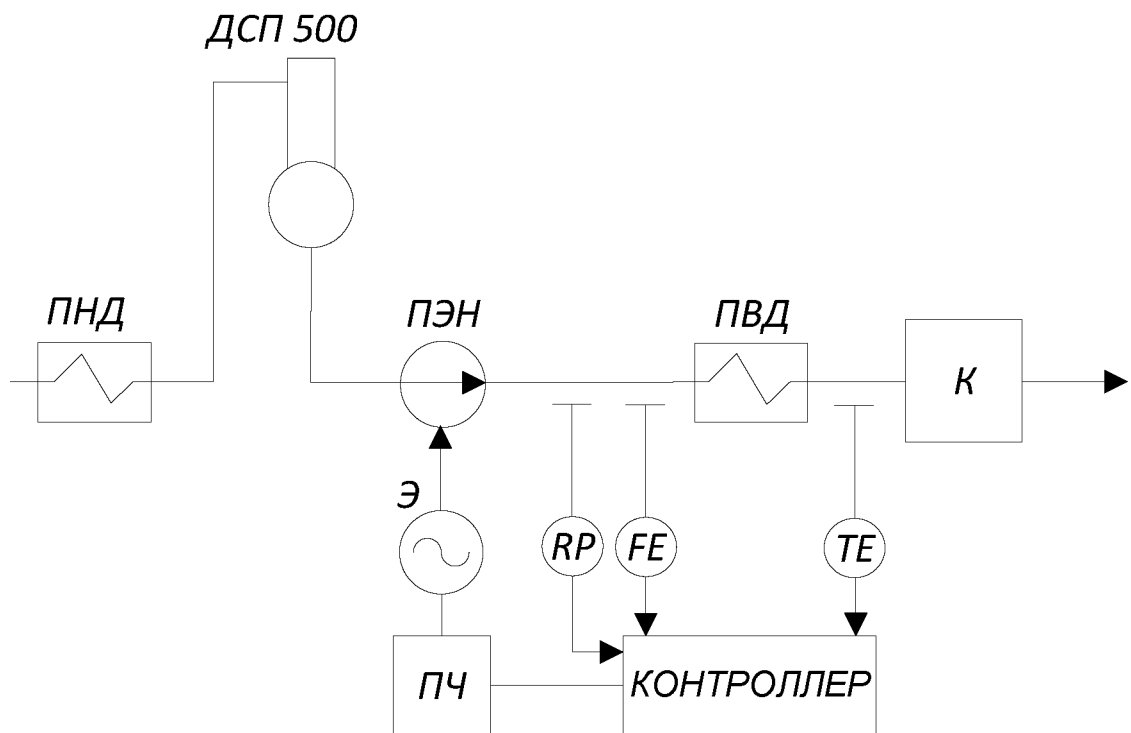


Рисунок 8 – Технологическая схема процессами управления ПЭН

Здесь на рисунке 8 имеют место следующие обозначения: Э – электродвигатель насоса, ПЧ – частотный преобразователь, ТЕ – термопара, FE – расходомер, RP – потенциометр для ПЧ.

Управление процессами регулирования в этой схеме будет осуществлять контроллер. Входные воздействия от датчиков: расходомера, термопары, потенциометра поступают на аналоговый вход контроллера, который формирует регулирующее воздействие через частотный преобразователь на исполнительный механизм насоса и тем самым автоматически или в ручную может изменять длину хода. Информация, получаемая с приборов автоматического контроля, используется в системе автоматического регулирования ПЭН.

2 АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АСУ ТП

2.1 Техническое задание на разработку автоматизированной системы

В данной выпускной работе техническое задание составляется по ГОСТ 34.602-89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы» [9]. Настоящий стандарт устанавливает порядок построения и оформления технического задания на разработку автоматизированной системы. Техническое задание на разработку приведено в приложении А.

Техническое задание содержит следующие разделы:

1. «Общие сведения» – указаны полное наименование системы и её условное обозначение, наименование предприятия разработчика и заказчика
2. «Назначения и цели создания системы» – указываются функциональное и эксплуатационное назначение системы, условное обозначение темы разработки, её видение и понимание.
3. «Характеристики объекта автоматизации» – указаны краткие сведения об объекте автоматизации и условия его эксплуатации.
4. «Требования к системе» – указаны требования к системе в целом, требования к функциям (задачам), требования к видам обеспечения.
5. «Состав и содержание работ по созданию» – указываются перечень стадий и этапов работ по созданию системы, сроки их выполнения, перечень исполнителей работ.
6. «Порядок контроля и приемки системы» – перечислены виды, состав, объём и методы испытания и её составных частей.
7. «Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации» – указаны условия, при которых будут обеспечиваться заданные характеристики.

8. «Требования к документированию» – указаны согласованный разработчиком и Заказчиком системы перечень подлежащих разработке комплексов и видов документов.

9. «Источники разработки – перечислены документы и информационные материалы, на основании которых разрабатывалось ТЗ и которые должны быть использованы при создании системы см. приложение А.

2.2 Функциональная схема автоматизации

Функциональные схемы автоматизации являются основным проектным документом, определяющим структуру и уровень автоматизации технологического процесса проектируемого объекта и оснащение его приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами вычислительной техники). На функциональной схеме показаны все приборы автоматики, используемые в работе и места их расположения [1]. Приборы и средства автоматизации, которые расположены вне щитов и конструктивно не связаны непосредственно с технологическим оборудованием и коммуникациями, условно показывают в прямоугольнике «Приборы местные».

Буквенные позиционные обозначения электроаппаратуры, изображенной на схеме (ГОСТ 21.404-85 Обозначения условные в графических схемах):

FE – первичный измерительный преобразователь (расходомер), установленный по месту;

TE – чувствительный элемент измерения температур;

G – генератор;

GL – прибор световой индикации положения задвижки «открыто»;

GH – прибор световой индикации положения задвижки «закрыто»;

RP – потенциометр для преобразователя частоты;

М – электродвигатель;

NS – пусковая аппаратура для управления электродвигателем (включение, выключение насоса; открытие, закрытие задвижки и т.д);

HS – переключатель электрических цепей измерения (управления);

Н – аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления (включение, выключение двигателя; открытие, закрытие запорного органа, изменение задания регулятору), установленная на щите;

S – пускатель (ручной, механический, термический).

Рассмотрим функциональную схему на рисунке 9.

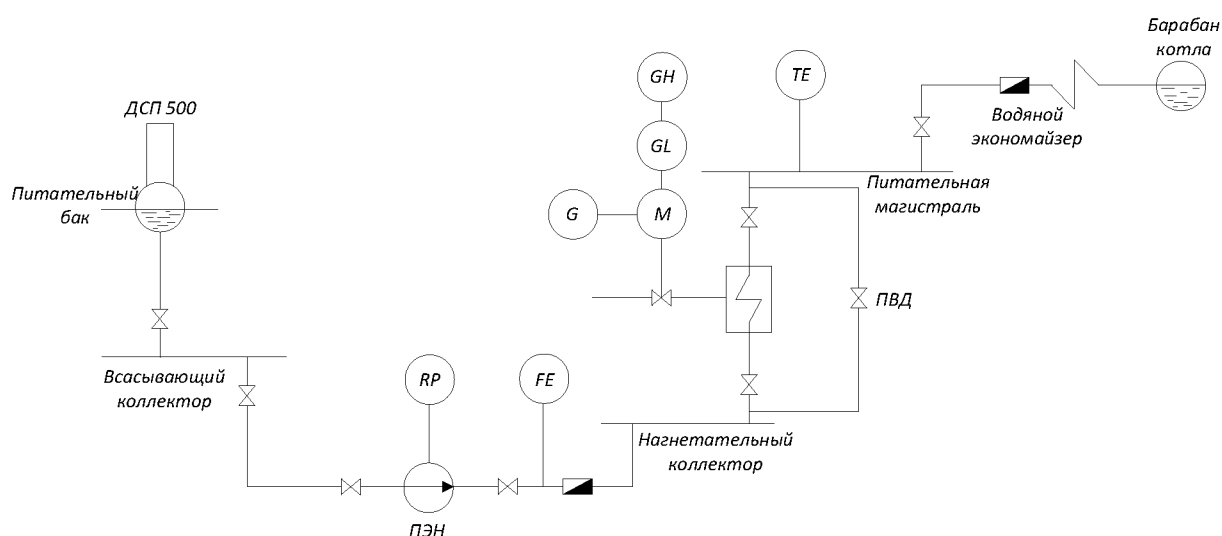


Рисунок 9 – Функциональная схема

Здесь на рисунке 9 имеют место быть следующие обозначения: ДСП 500 – деаэратор струйный высокого давления, ПЭН – питательный электронасос, ПВД – подогреватель высокого давления.

Острый пар с котлов подводится к турбине. Пройдя турбину пар за исключением пара отводимого в отборы, конденсируется в конденсаторах турбин, куда весь пар после отправляется на производство. После пар с турбины подается на подогреватель низкого давления. Как на ПНД поступил пар, то далее питательная вода подогревается до 158 °С и конденсат направляется на деаэратор струйный повышенного давления, где удаляются растворимые газы. Из деаэратора питательным электронасосом через ПВД

подается химочищенная вода уже смесь очищенного производственного конденсата и умягченной воды и обессоленной, далее подогревается в ПВД до 215 °С и подается обратно на водяной экономайзер котла.. Питательный электронасос ПЭ-580-185-2 (TLD-200/9-308/GN) описан ранее.

Полная функциональная схема представлена см. ПРИЛОЖЕНИЕ В.

И так, рассмотрев все контура регулирования можно сделать вывод, что понадобится очень много необходимого оборудования и стоит преступить к выбору этого оборудования.

2.3 Технические средства автоматизации

Так как проектирование АСУ ТП будет осуществляться на основе цифровых технологий, то тогда понадобится все оборудование с поддержкой цифрового интерфейса, а так же определиться с протоколом цифровой сети, по которому будет происходить все процессы по получению информации и управлению оборудованием.

Поэтому предлагается выбрать промышленный протокол, к такому виду относятся протоколы под названием Modbus и Profibus. Выбор все-таки остановим на Modbus потому что основным его преимуществом является отсутствие в необходимости специальных интерфейсных контроллерах в свою очередь Profibus для реализации необходимы заказные микросхемы. Так же Modbus обладает простотой программной реализации. Еще одна причина, по которой был выбран такой протокол это его распространенность в России. Объясняется это, прежде всего, совместимостью с большим количеством оборудования, которое поддерживает протокол Modbus. Кроме того еще имеет высокую достоверность передачи данных, связанную с применением надежного метода контроля ошибок.

По функциональной схеме, представленной, на рисунке 9 сделаем полную электрическую схему. Но для начала рассмотрим схемы подключения и выберем тип используемого оборудования.

2.3.1 ОВЕН ПЛК154-220.А-М

После разработки функциональной схемы автоматизации, было выявлено, что для реализации системы необходим программируемый логический контроллер (ПЛК), у которого минимум 4 аналоговых входа/выходов. Под эти требования подходит контроллер от производителя «ВОЛМАГ» – МК-500-12 [7], который и установлен на Благовещенской ТЭЦ, но наша задача - это модернизация оборудования и переход на единый контроллерный уровень. Поэтому предложим альтернативу и выберем ПЛК154-220.А-М фирмы ОВЕН, этим мы устраним проблемы не обслуживаемости текущей реализации системы и обеспечим единство систем с имеющимися на БТЭЦ решениями.

В качестве регулирующей аппаратуры будем использовать контроллер ПЛК154-220.А-М фирмы ОВЕН. На рисунке 10 представлен внешний вид ПЛК.

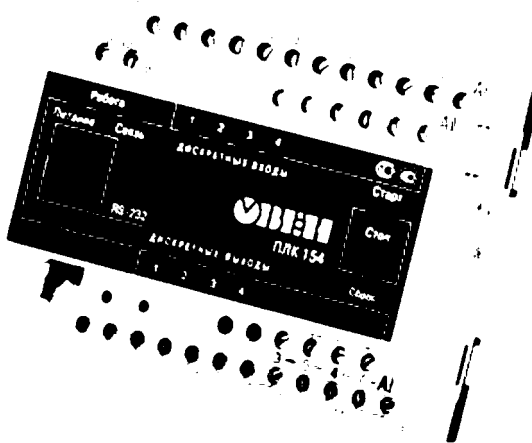


Рисунок 10 – Внешний вид ОВЕН ПЛК154-220.А-М

Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 154 предназначен для создания систем управления малыми и средними объектами, построения системы управления и диспетчеризации. В нашем случае, к контроллеру подключаются модули ввода/вывода, и через них получает информацию от датчиков и управляет исполнительными механизмами.

Построение системы управления и диспетчеризации на базе ОВЕН ПЛК возможно как с помощью проводных средств – используя встроенные интерфейсы Ethernet, RS-232, RS-485, так и с помощью беспроводных средств – используя радио, GSM, ADSL модемы. Контроллеры ОВЕН ПЛК 154 позволяют организовать шлюз между приборами с протоколом ОВЕН (RS-485) и промышленными сетями с протоколами Modbus, Modbus TCP, DCON.

Контроллер выполнен в компактном DIN-реечном корпусе. Расширение количества точек ввода/вывода осуществляется путем подключения внешних модулей ввода/вывода по любому из встроенных интерфейсов [14].

В контроллере изначально заложены мощные вычислительные ресурсы при отсутствии операционной системы:

- высокопроизводительный процессор RISC архитектуры ARM9, с частотой 180МГц компании Atmel;
- большой объем оперативной памяти – 8МБ;
- большой объем постоянной памяти – Flash память, 4МБ;
- объем энергонезависимой памяти, для хранения значений переменных – до 16КБ.

Конкурентные преимущества ОВЕН ПЛК 154, то что отличает его от аналогов:

- 1) Отсутствие ОС, что повышает надежность работы контроллеров
- 2) Скорость работы дискретных входов – до 10КГц при использовании подмодулей счетчика
- 3) Большое количество интерфейсов на борту: Ethernet, 3 последовательных порта, USB Device для программирования контроллера, работающих независимо друг от друга

4) Расширенный температурный диапазон работы: от минус 20 до плюс 70 градусов Цельсия

5) Широкие возможности самодиагностики контроллера

6) Встроенные часы реального времени

7) Встроенный аккумулятор, позволяющий «пережить» пропадание питания – выполнять программу при пропадании питания, и переводить выходные элементы в «безопасное состояние»

8) Возможность создавать и сохранять архивы на Flash контроллера

9) Возможность работы по любому нестандартному протоколу по любому из портов, что позволяет подключать устройства с нестандартным протоколом (электро-, газо-, водосчетчики, считыватели штрих - кодов и т.д.)

10) Набор готовых программных модулей, предоставляемых бесплатно

Создание программ для контроллеров ОБЕН ПЛК154, и их конфигурирование может, осуществляется профессиональной системой программирования CoDeSys v.2.3.6.1 и старше. CoDeSys прекрасно подойдет для нашей программной реализации системы. Система программирования CoDeSys для покупателей контроллеров ОБЕН совершенно бесплатна, и записывается на диски, идущие в комплекте с контроллерами. Пользователь имеет возможность реализовать в среде программирования CoDeSys собственный протокол, не поддерживаемый ОБЕН ПЛК 154. В этом случае он может воспользоваться специальной библиотекой, которая открывает низкоуровневый доступ к последовательным портам ОБЕН ПЛК 154 (библиотека входит в комплект поставки контроллера) [14].

Характеристики контроллера ПЛК154-220.А-М представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие сведения ПЛК154-220.А-М

Наименование параметра	Значение
Конструктивное исполнение	Унифицированный корпус для крепления на DIN-рейку (ширина 35 мм), длина 105 мм (6U), шаг клемм 7,5 мм
Степень защиты корпуса	IP20
Напряжение питания:ПЛК154-220.А-М	90... 264 В переменного тока (номинальное напряжение 220 В) частотой 47... 63 Гц
Потребляемая мощность	6 Вт
Индикация передней панели	1 индикатор питания 6 индикаторов состояний дискретных входов 4 индикатора состояний выходов 1 индикатор наличия связи с CoDeSys 1 индикатор работы программы пользователя
Центральный процессор	32-х разрядный RISC-процессор 200 МГц на базе ядра ARM9
Объем оперативной памяти	8 МВ
Объем энергонезависимой памяти хранения ядра CoDeSys, программ и архивов	4 МВ*
Размер Retain-памяти	4 кВ**
Время выполнения цикла ПЛК	Минимальное 250 мкс (нефиксированное), типовое от 1 мс

Наименование параметра	Значение
Количество дискретных входов (DI)	4
Количество дискретных выходов (DO)	4
Количество аналоговых входов (AO)	4
Количество аналоговых выходов (AI)	4
Типы поддерживаемых датчиков	Термосопротивления: ТСМ50М, ТСП50П, ТСМ100М, ТСП100П, ТСН100Н, ТСМ500М, ТСП500П, ТСН500Н, ТСП1000П, ТСН1000Н Термопары: ТХК (L), ТЖК (J), ТНН (N), ТХА (K), ТПП (S), ТПП (R), ТПР (B), ТВР (А-1), ТВР (А-2)
Интерфейсы	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485
Протоколы	ОВЕН ModBus-RTU, ModBus-ASCII DCON ModBus-TCP GateWay (протокол CoDeSys)

Контроллер подключается к источнику постоянного тока с напряжением равным 5 Вольт. Подключения плюса осуществляется к ножке VCC, а минуса GND.

2.3.2 Термопара ОВЕН ДТПК045-0111-120

Так как в данный момент на БТЭЦ в качестве датчиков температуры используются термопары и от платиновых датчиков отказываются, то выберем тоже термопару фирмы ОВЕН типа ДТПК045-0111-120 (далее ДТПК). Это означает, что термопара «хромель-алюмель», материал защитной арматуры - сталь 10Х23Н18 с диапазоном измерения температуры от -40 до +900 °С, с изолированным рабочим спаем, диаметром термоэлектрода 0,7 мм, с металлической коммутационной головкой, длиной монтажной части 120 мм, в корпусе 045 [15]. Внешний вид термопары ДТПК представлен на рисунке 11.

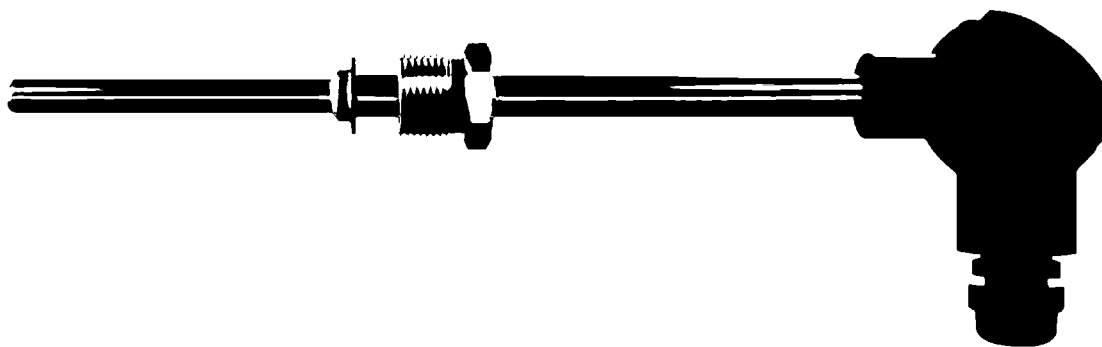


Рисунок 11 – Термопара ДТПК

2.3.3 Преобразователь частоты векторный ОВЕН ПЧВ3

Частотный преобразователь служит для преобразования сетевого трёхфазного или однофазного переменного тока частотой 50 (60) Гц в трёхфазный ток частотой до 400 Гц. Частотные преобразователи применяют для плавного пуска и регулирования скорости вращения асинхронного или синхронного двигателя за счет создания на выходе преобразователя электрического напряжения заданной частоты. Преобразователи частоты векторные ПЧВ3 предназначены для управления приводами насосов и вентиляторов в промышленности, жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве, на транспорте, а также в других областях [11]. Внешний вид прибора представлен на рисунке 12.

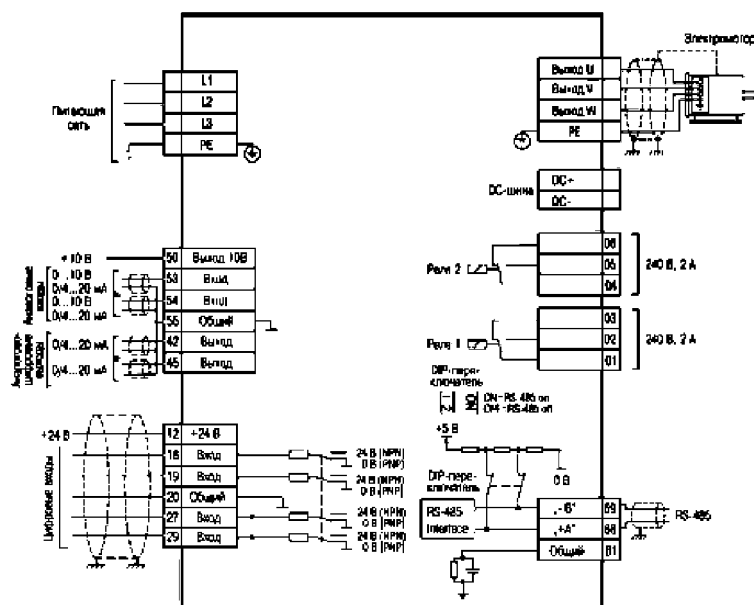


Рисунок 12 – Схема электрических соединений клемм ОВЕН ПЧВЗ

Прибор предназначен для работы со всеми стандартными трехфазными асинхронными, а так же синхронными с постоянными магнитами, электродвигателями общепромышленного назначения. В таблице 4 представлены некоторые функциональные возможности ПЧВЗ.

Таблица 4 – Функциональные возможности ПЧВЗ

№	Наименование функции	Краткое описание, назначение
1	Алгоритм двигателем управления	Скалярный (U/f) или векторный (V)
2	Оптимизация энергопотребления	Снижение энергопотребления и акустического шума двигателя при длительной работе на заданной уставке
3	Автоматическая адаптация (ААД)	Определение основных электрических параметров двигателя по его паспортным данным с помощью специального алгоритма без вращения
4	Защитное отключение по питанию, току, температуре и ошибке	Сигнализация «Предупр/Авария» Сообщения для оператора двигателя

№	Наименование функции	Краткое описание, назначение
5	Управление группой двигателей	Работа группы АД по единому алгоритму
6	Работа с двумя наборами	Два различных режима, алгоритма или АД
7	Выбор источника управления	Аналоговые, дискретные входы и RS-485
8	«Пуск/Ручн/Дист»	Местное/дистанционное управление (ручной режим для проверки привода на работоспособность, корректность подключения фаз и т.п. Дистанционный - для выполнения программы управления, заложенной в ПЧВ)
9	Управление RS-485	Программирование, удаленное управление
10	Встроенный ПЛК	Интеллектуальное управление приводом
11	Предустановленные задания	Цифровой ввод уставок (до восьми)

В системах с большой статической составляющей применение каскадного регулирования, т.е. подключение и отключение необходимого количества насосов позволяет осуществлять регулирование режима работы насосов с высокой эффективностью. Преобразователь частоты в системе управления насосными установками, позволяет не только эффективно экономить потребляемую электроэнергию, но и решать множество технологических задач [11].

2.3.4 Исполнительный механизм МЭОФ-250/63-0,25 У-99

Исполнительные механизмы однооборотные фланцевые (далее МЭОФ) используют для перемещения регулирующих органов в АСР технологическими процессами в зависимости от командных сигналов, поступающими от регулирующих и управляющих устройств. Для управления регулируемыми органами был подобран привод типа МЭОФ-250/63-0,25 У-99 [17]. Внешний вид представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Внешний вид МЭОФ-250/63-0,25 У-99

Исполнительный механизм МЭОФ, используемый на предприятии данного технологического процесса, будет иметь технические характеристики, которые представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики МЭОФ-250/63-0,25 У-99

Наименование параметра	Значение
Номинальный крутящий момент на выходном валу, Н м	250
Номинальное время полного хода выходного вала, с	63
Номинальное значение полного хода выходного вала, об	0,25
Потребляемая мощность, В А	240
Масса, кг	32

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, В	220
Частота питания, Гц	50
Степень защиты	0
Блок сигнализации положения	токовый
Режим работы механизма – S4	частота включений до 630 в час при повторном включении до 25%
Максимальная частота включения	до 1200 в час при повторном включении до 25%

2.3.5 Расходомер ПРТП-489-АПЛ

Расходомер ПРТП-489-АПЛ предназначен для измерения расхода питательной воды и формирование выходных сигналов в виде напряжения постоянного тока в диапазоне (0-минус 10В) пропорциональных измеряемому расходу по трем независимым измерительным каналам [16].

Расходомер ПРТП, используемый на предприятии, будет иметь следующие технические характеристики, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики расходомера ПРТП-489-АПЛ

Наименование параметра	Пределы, значения, данные
Измеряемая среда	вода высокой чистоты
Диапазон измерения расхода от верхнего предела измерения, %	от 10 до 100
Параметры измеряемой среды: -давление, МПа	20
Питание расходомера осуществляется от сети переменного тока	220 В, 50 Гц

2.3.6 Промежуточное реле KIPPRIBOR серии RS

Промежуточное реле KIPPRIBOR серии RS (2-контактное), предназначено для коммутации, как силовых цепей, так и цепей управления [11].

Промежуточные реле KIPPRIBOR серии RS имеют следующие преимущества:

- Прозрачный корпус, позволяющий легко визуализировать состояние контактов.
- Абсолютная совместимость с аналогами реле других производителей.
- Цветная яркая светодиодная индикация состояния реле.
- Мощные силовые контакты.

Представим некоторые технические характеристики промежуточного реле KIPPRIBOR серии RS в виде таблицы 7.

Таблица 8 – Технические характеристики ОВЕН БП15

Характеристика	Значение
Диапазон рабочих температур	-55...+70 °С
Номинальное напряжение питания Уном	24 В*
Мощность	2,4 Вт
Номинальные ток и напряжение	Постоянный ток (DC) - 10 А при 38 В Переменный ток (AC) - 10 А при 250 В

2.3.7 Блок питания ОВЕН БП15Б-Д2-24

Для всей выбранной аппаратуры выше питание необходимо. Из выше описанных требований к питанию оборудования необходимо питание в 24В, поэтому выберем одноканальный блок питания БП15Б-Д2-24 (БП15). Данный блок питания предназначен для преобразования сетевого

напряжения 220В в стабилизированное напряжение 24В [11]. Внешний вид блока питания показан на рисунке 14.

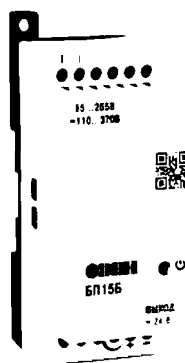


Рисунок 14– Внешний вид ОВЕН БП15

Блоки питания БП15 являются импульсными по принципу действия и выполнены по схеме однотактного обратноходового преобразователя напряжения, имеют фильтр радиопомех на входе, гальваническую развязку между входом и выходом. Выходное напряжение стабилизируется с помощью отрицательной обратной связи. В таблице 8 приведены основные технические сведения.

Таблица 8 – Технические характеристики ОВЕН БП15

Характеристика	Значение
Рабочая температура	-20°C ~ +50°C
Мощность, Вт	15 Вт
Выходное напряжение (U вых.), В	24 В

Основные функции БП15:

- Преобразование переменного (постоянного) напряжения в постоянное стабилизированное в двух или четырех независимых каналах.
- Ограничение пускового тока.
- Защита от перенапряжения и импульсных помех на входе.
- Защита от перегрузки, короткого замыкания и перегрева.

- Регулировка выходного напряжения с помощью внутреннего подстроечного резистора в диапазоне $\pm 8\%$ от номинального выходного напряжения с сохранением мощности.

- Индикация о наличии напряжения на выходе каждого канала

Полная разработанная электрическая схема приведена см. ПРИЛОЖЕНИЕ Г, в ней представлено всё выбранное оборудование.

2.4 Электрическая принципиальная схема

Рассмотрим электрическую принципиальную схему со стороны подключения приборов и устройств из пункта 2.3. Общий вид электрической принципиальной схемы представлен на рисунке 15 и в приложении Г.

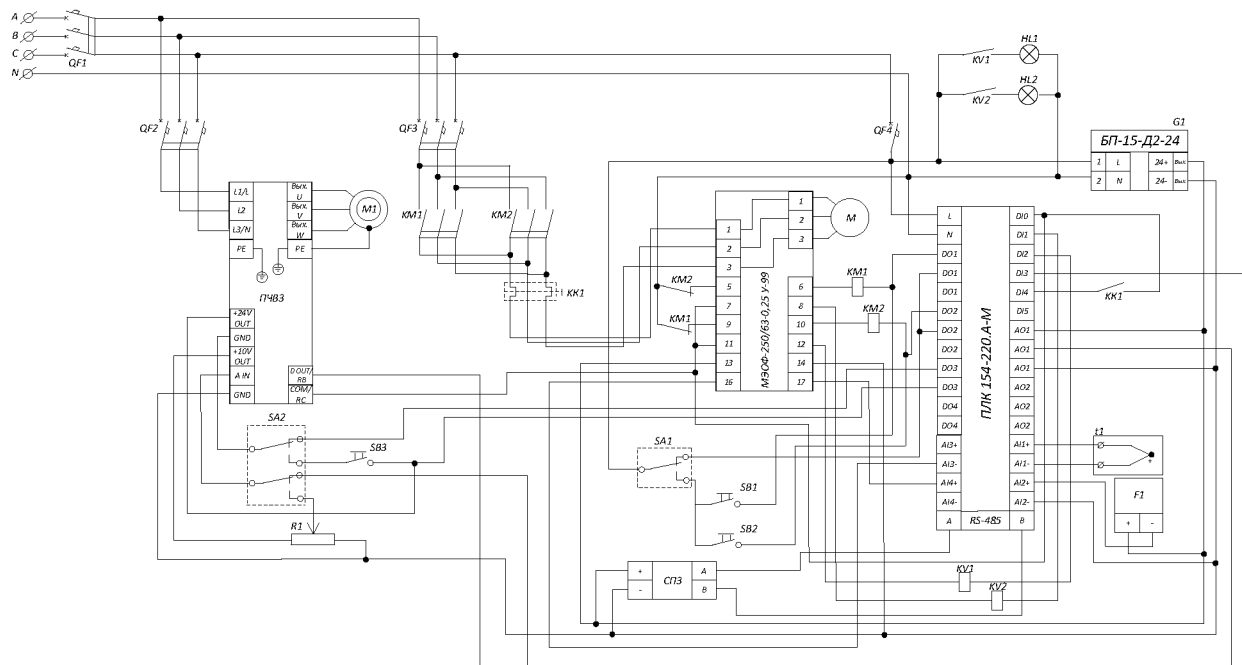


Рисунок 15 – Общий вид электрической принципиальной схемы

Опишем подробнее некоторые участки автоматизации по нашей схеме.

Питательный электронасос подключен через преобразователь частоты ПЧВЗ (рис. 16).

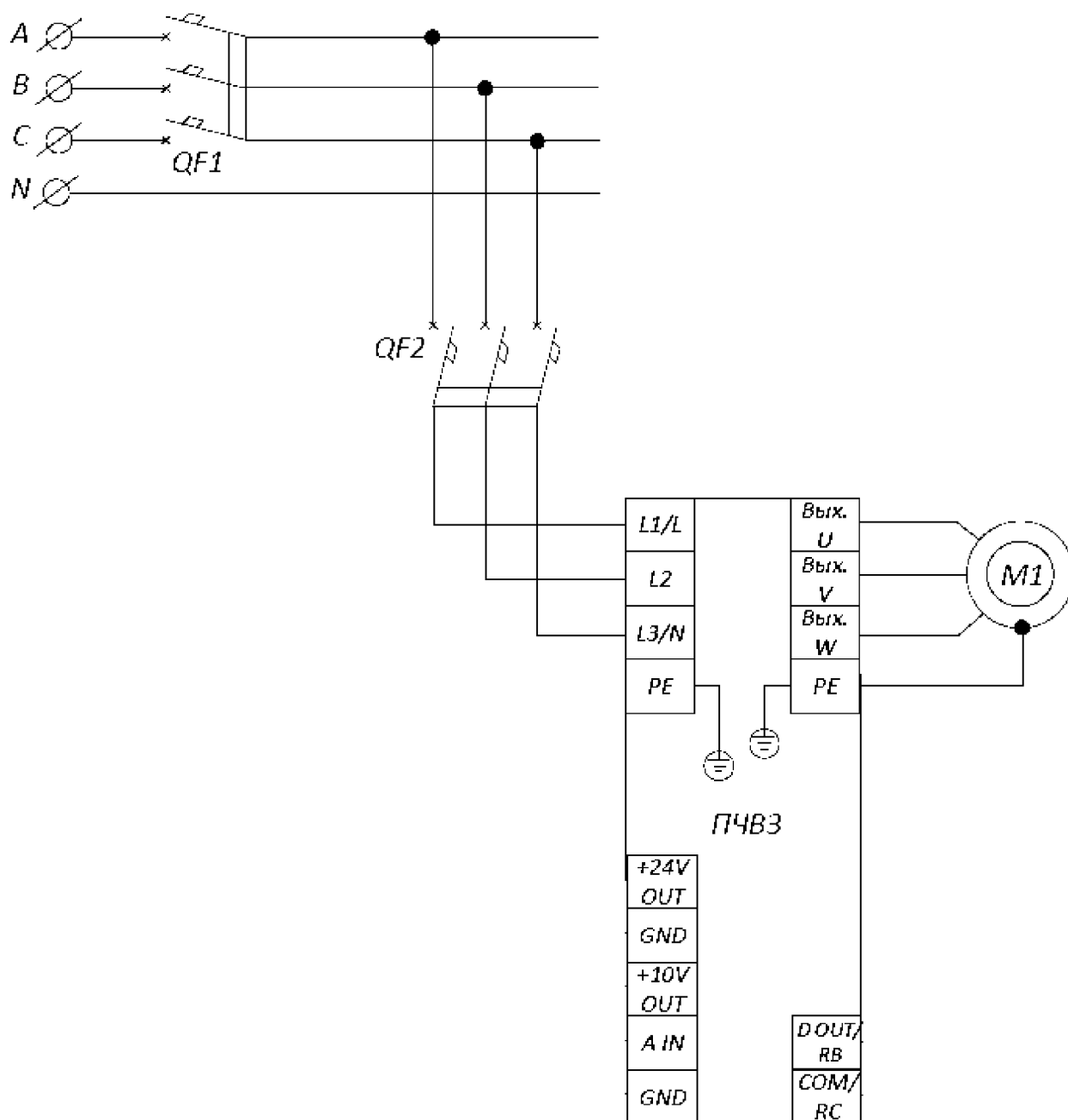


Рисунок 16 – Схема подключения питательного электронасоса с ПЧВ

На преобразователь частоты подается трехфазное питание через автоматический выключатель QF2. Управление насосом происходит по удалённому режиму.

Переключатель SA2 служит для переключение режима управления преобразователем частоты с автоматического на ручное. Пуск ПЧ происходит при помощи замыкание контакта X и GND в ручном режиме через кнопку с фиксацией SB3, а в автоматическом дискретным выходом

контроллера DO3. Задача частоты реализуется внешним потенциометром R1 (MT22 R10) в ручном режиме, крайние ножки потенциометра подключены к внутреннему источнику питания 10В ПЧ, а средний контакт, с которого снимается регулировочное напряжение 0-10В через контакт переключателя SA2 подается на аналоговый вход ПЧ (рис.17).

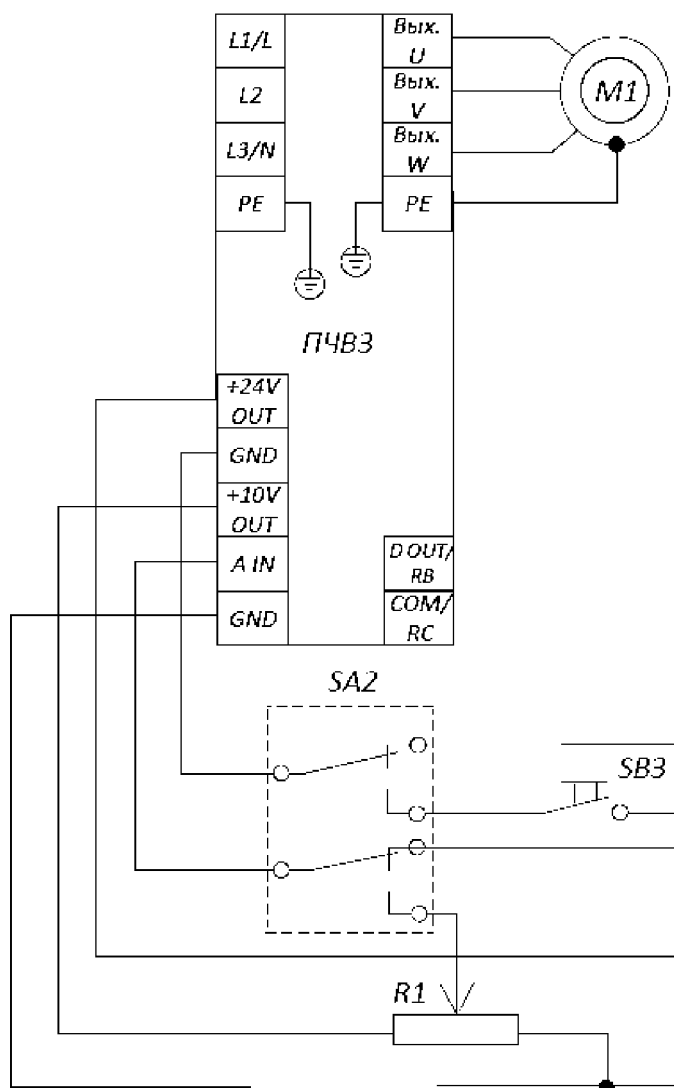


Рисунок 17 – Схема подключения переключателя SA, кнопки с фиксацией SB3, потенциометра R1 с ПЧВ

В автоматическом режиме управление частотой происходит при помощи аналогового выхода контроллера АО1. На аналоговый выход контроллера подается питание 24В с блока питания, с среднего управляющего контакта аналогового выхода контроллера снимается сигнал

0-10В и через переключатель SA2 передается на аналоговый вход ПЧ. Управляющее напряжение 0-10В снимается относительно минуса, поэтому у потенциометра и блока питания общий минус.

МЭОФ запускается в прямом и реверсивном порядке, для этого применены два пускателя на одну последовательность фаз витая, что создает реверс. Запуск МЭОФ показан на рисунке 18.

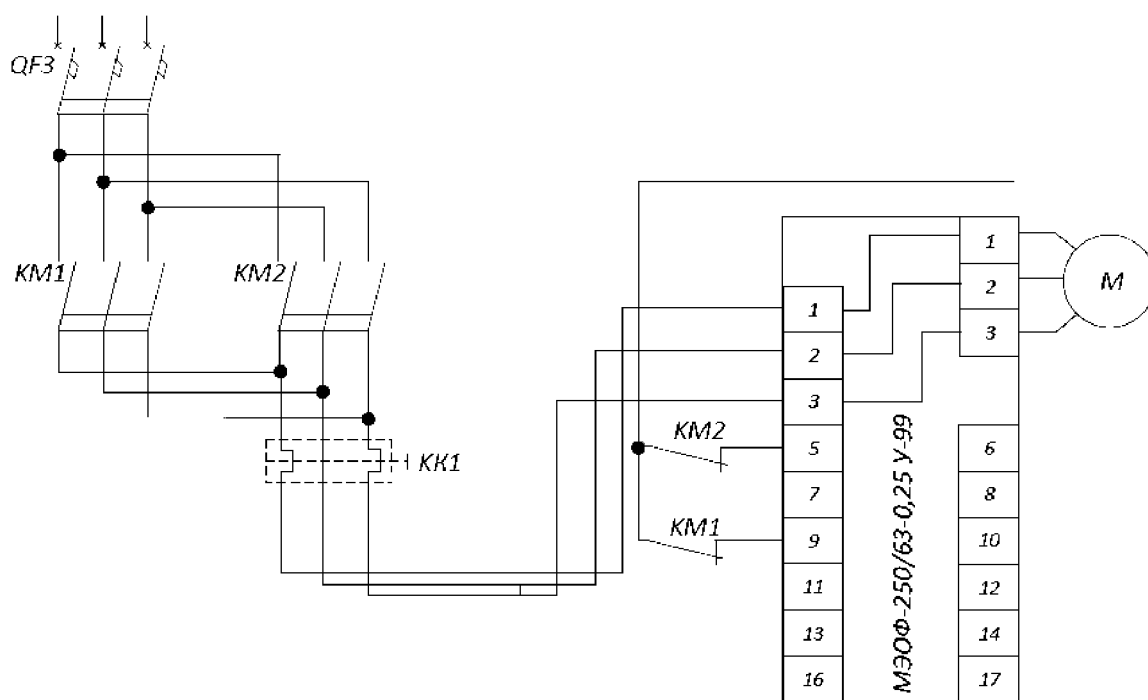


Рисунок 18 – Схема запуска МЭОФ

Управление МЭОФ выполняется в автоматическом и ручном режиме, для этого фаза проходит через переключатель режима SA1, где делится на две схемы, ручная коммутируется при помощи кнопок без фиксации SB1 и SB2, автоматическая при помощи дискретных выходов контроллера DO1 и DO2. Тепловое реле KK1, если сработает, то ПЛК об этом узнает и управление разомкнется и будет остановка.

Рассмотрим схему прямого включения в автоматическом режиме. Фаза проходит через переключатель SA1 на контакт дискретного выхода контроллера DO1, далее выходит со второго контакта и проходит катушку пускателя KM1 тем самым активировав его, далее проходит замкнутый

концевой выключатель «открыт» и через закрытый контакт пускателя КМ2. в случае если концевой выключатель «открыт» сработал или включен реверс пускатель КМ2, то схема будет в разрыве и включение пускателя КМ1 не произойдет (рис.19).

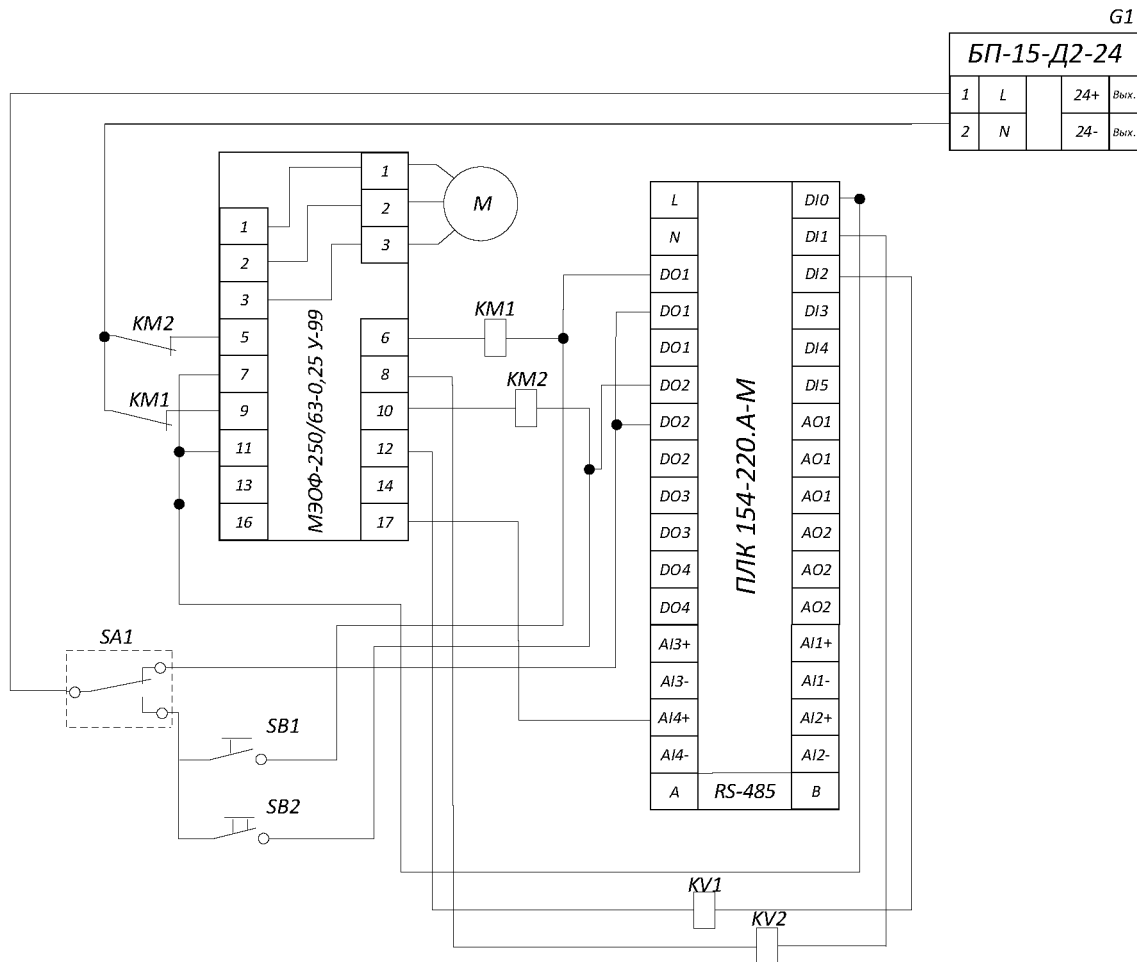


Рисунок 19 – Схема подключения МЭОФ, переключателя SA и контроллера

Это сделано для того что бы в крайнем положение не подавалась питание на двигатель так как он может заклинить и сгореть, а так же блокировка от одновременного включения прямого хода и реверса.

Так же с общего контакта дискретного входа контроллера подается сигнал на открытые концевые выключатели МЭОФ, и сигнал с каждого выключателя возвращается на первый DI1 и второй DI2 дискретный вход контроллера проходя через катушку промежуточного реле (рис.20).

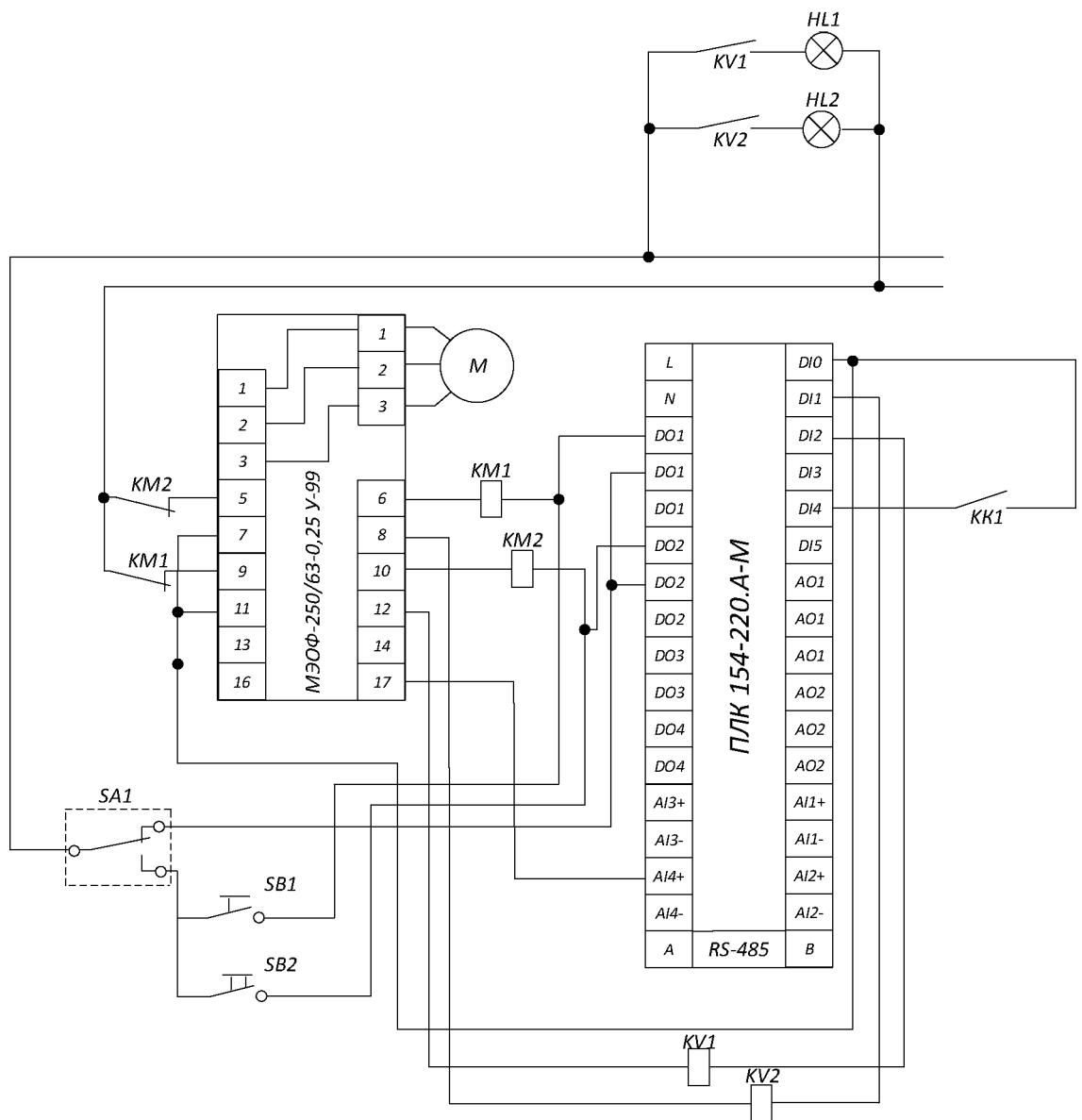


Рисунок 20 – Промежуточное и тепловое реле в схеме

Это необходимо для того что бы в программе было известно крайнее положение привода. Промежуточное реле необходимо, что бы вывести сигнал положения привода на лампы 220 В. При срабатывании выключателя KV1 или KV2 он замкнется, питание попадет на катушку реле и на вход контроллера. Когда работает реле оно своим внешним контактом с коммутирует цепь с лампой. Здесь KK1 показывает срабатывание теплового реле.

Термопара подключена в аналоговому входу контроллера по двухпроводной схеме, где сигнальный и минусовой провод соединены в один (рис.21).

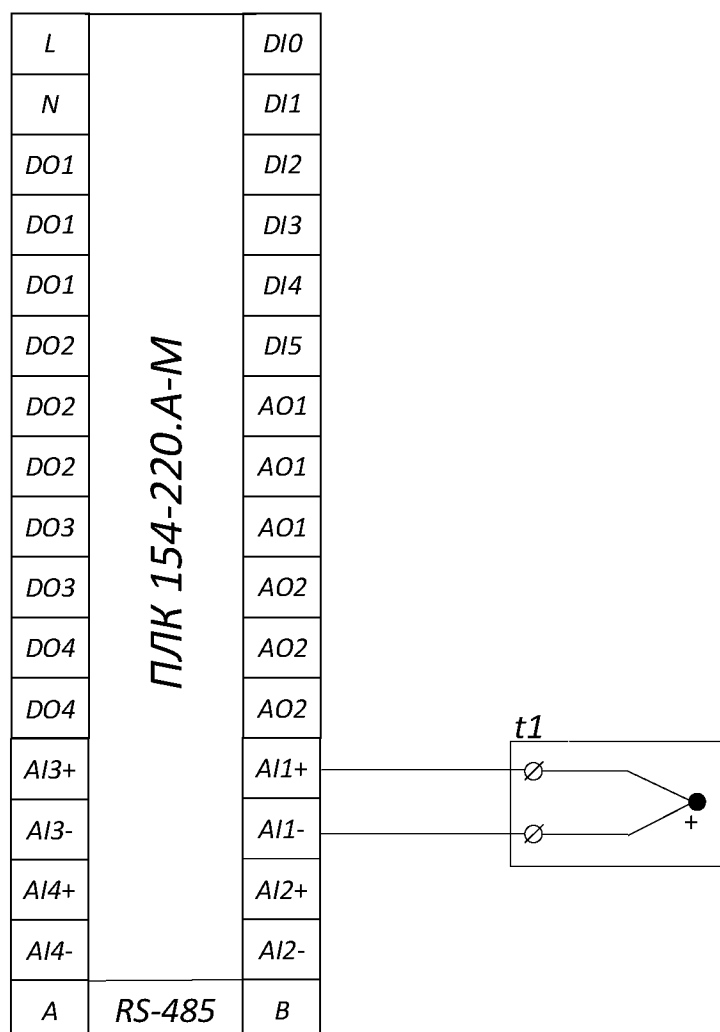


Рисунок 21 –Схема подключения термопары

Расходомер ПРТП имеет выходной сигнал 4-20мА. на расходомер подается +24 В на "+" контакт с контакта "-" снимается сигнал 4-20мА и подается на "+" контакт аналогового входа контроллера, а минус с входа контроллера соединяется с минусом блока питания (рис.22).

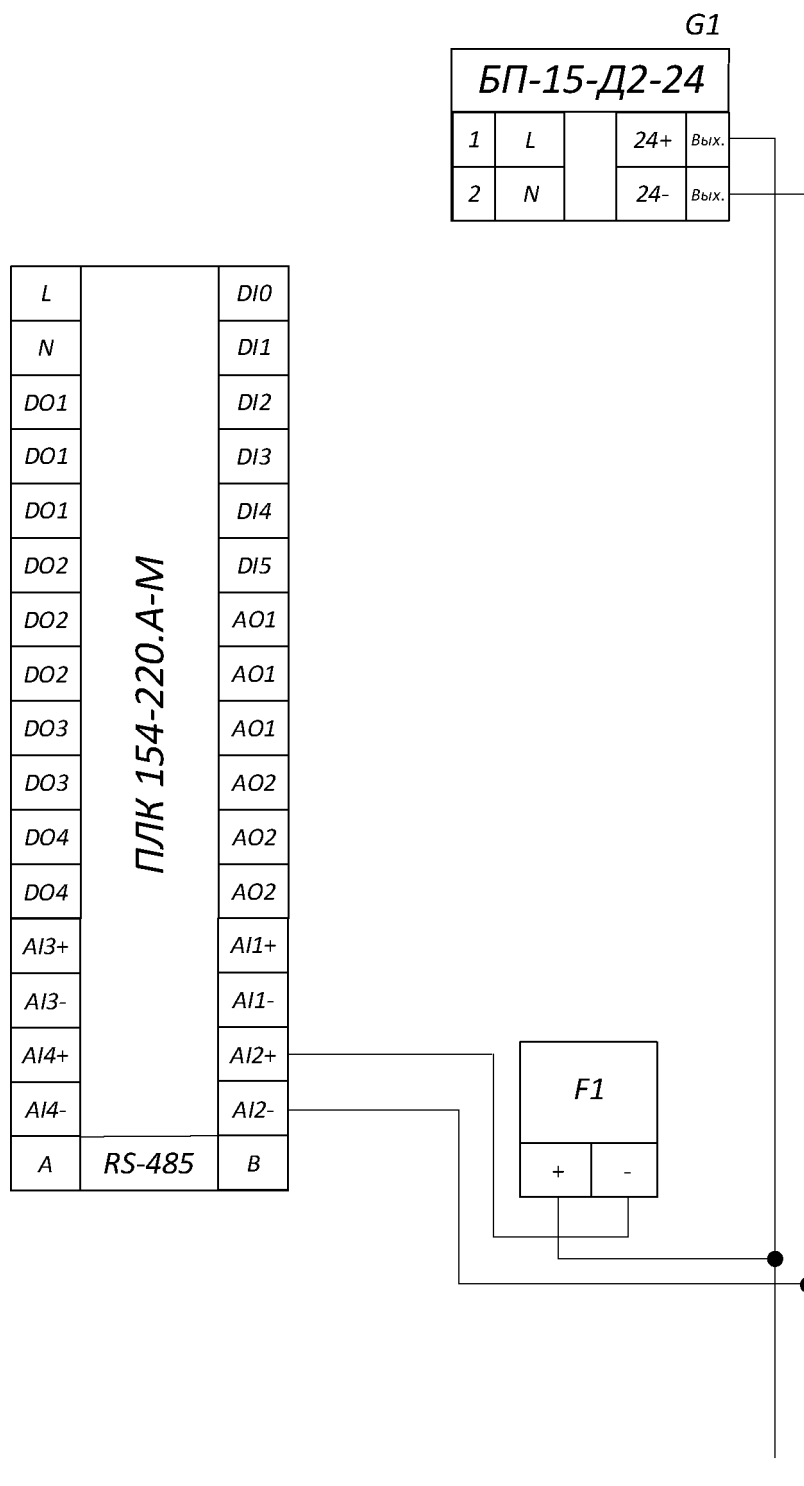


Рисунок 22 –Схема подключения расходомера

Панель оператора подключается к контроллеру по интерфейсу RS-485, имея возможность обмена данными с контроллером по протоколу ModBus, и ОВЕН будет организована панель управления системой, а так же отображение измеряемых параметров (рис.23).

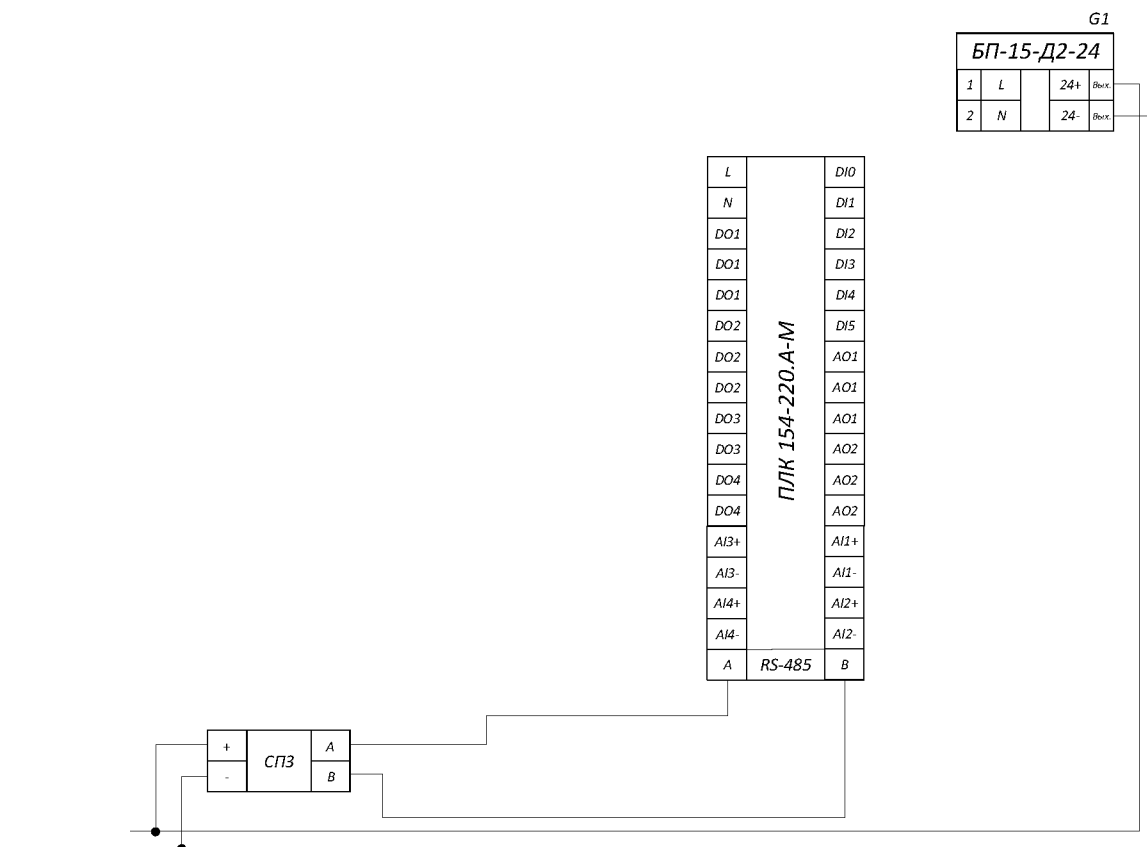


Рисунок 23 –Схема подключения панели оператора

3 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Для создания программного обеспечения в проекте применяются следующие программные комплексы: CoDeSys (OPCserver) и Matlab (Simulink).

3.1 Создание панели оператора в программном комплексе CoDeSys

Для управления различными технологическими процессами в современной автоматизации используют средства человеко-машинного интерфейса – панели оператора.

Панель оператора предназначена для:

- обмена информацией между человеком и оборудованием;
- визуализации технологического процесса - отображения данных, получаемых с приборов контроля;
- управления исполнительными устройствами.

Удобство панели оператора состоит в том, что это устройство может быть запрограммировано под различные задачи, а также имеет систему навигации, которая удовлетворяет требованиям производства различного типа.

Программирование панели оператора представляет собой разработку интерфейса, который может состоять из нескольких экранов, отображающих информацию о работе различного оборудования в технологическом процессе.

Программное обеспечение для панели оператора предоставляет возможность:

Разрабатывать различные виды экранов, на которых могут быть отражены структурные схемы, мнемосхемы технологического процесса, графические изображения применяемого оборудования. На схемах также

отображаются основные параметры изображаемого процесса, состояние исполнительных механизмов, алгоритма работы установки и др.

Использовать стандартные библиотеки с элементами интерфейса: изображения привычных оператору кнопок, переключателей, индикаторов, которые отрисованы на экране и воспринимают команды человека при простом касании. Также предоставляется возможность создавать индивидуальные пользовательские библиотеки с необходимыми графическими изображениями.

Запрограммировать панель оператора таким образом, чтобы осуществлять ввод данных (уставок) для автоматических алгоритмов управления, отображать цифровые значения физических величин, получаемых от устройств контроля и по этим значениям строить графики, вести журнал архивных данных и др.

При возникновении аварийных ситуаций, возможно, организовывать всплывающие окна различного вида, в которых указывается дата, время, тип, причина аварии, а также возможные действия оператора для ее устранения. Для статистики аварийных ситуаций, осуществляется ведение журнала аварийных событий, после анализа которого, могут быть скорректированы исходные данные (уставки) алгоритмов управления.

На панели оператора может быть организован доступ по паролю к Программирование панелей оператора - аварийным функциям интерфейса: для оператора, диспетчера, наладчика, администратора и т.д. В зависимости от введенного пароля предоставляется доступ только к определенному набору функций. Администратор имеет возможность полного доступа, а также возможность к перепрошивке программы панели.

Использование панели оператора снижает количество органов управления, приборов, индикаторов, а значит и электрических соединений.

Таким образом, использование панели оператора имеет ряд отличительных преимуществ:

- облегчает управление исполнительными механизмами;
- позволяет проводить мониторинг технологических параметров;
- своевременно осуществляет оповещение об аварийных ситуациях;
- снижает трудоемкость работы оператора;
- уменьшает значимость человеческого фактора, а значит, увеличивает надежность системы управления [10].

Рассмотрим наш внешний вид панели оператора исключительно для управления питательным электрическим насосом. Внешний вид панели оператора, разработанный в программном комплексе CoDeSys, представлен на рисунке 24.

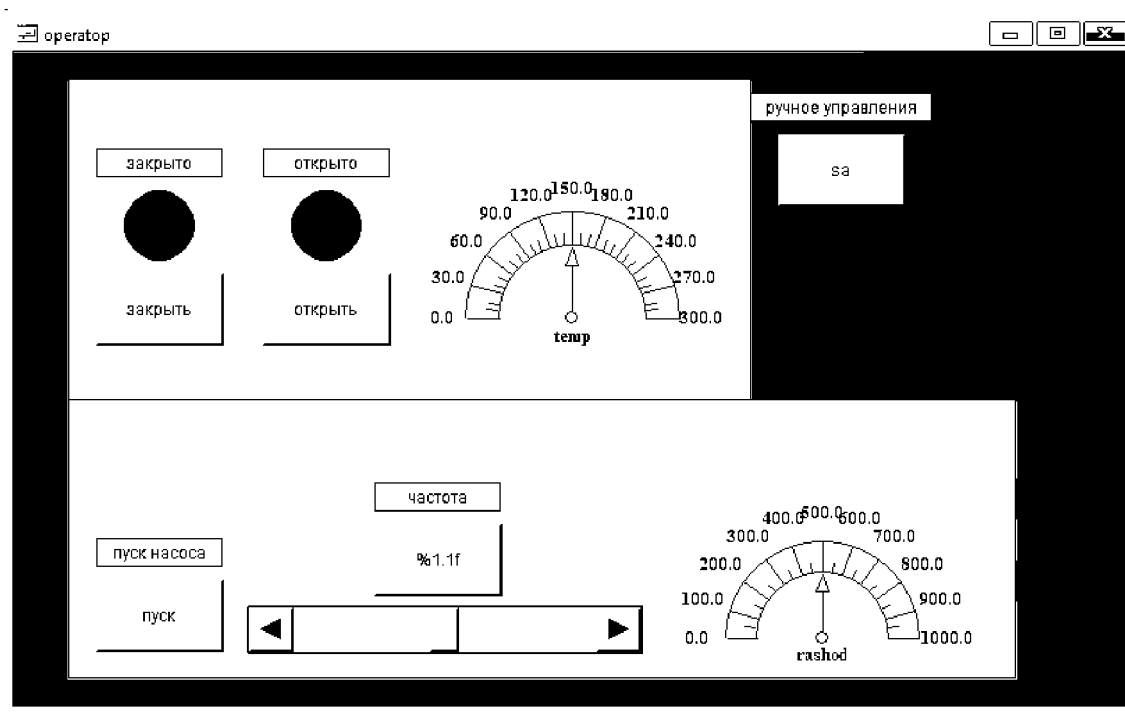


Рисунок 24 –Внешний вид панели оператора

Здесь на рисунке 24 имеют место следующие обозначения: sa – ручное управление, кнопка пуска насоса, задание частоты с помощью ползунка, индикаторы и кнопки положения открыть/закрыть для положения привода, а также стрелочные дуговые индикаторы показателей температуры и расхода

питательной воды. Данная панель оператора позволит пользователю следить за показателями расхода и температуры и в случае, какой либо аварии перейти на ручной режим управления и понизить, к примеру, частоту насоса.

3.2 Создание программы управления в CoDeSys

На сегодняшний день CoDeSys (ControllerDevelopmentSystem) - это пользующийся популярностью в мире аппаратно независимый комплекс для прикладного программирования ПЛК и встраиваемых контроллеров. На сегодня CoDeSys удачно применяется во всех без исключения областях индустрии. В мире больше 350 компаний, производят контроллеры с CoDeSys в качестве штатного инструмента программирования. Программы компилируются в машинный код и загружаются в контроллер. Любую задачу, которая имеет решение в виде программы, можно реализовать в CoDeSys. На сегодня CoDeSys удачно применяется во всех без исключения областях индустрии [19].

Программа для программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК154-220.А-М написана на языке FB-ST самом гибком языке программирования. Она показывает принцип работы питательного электронасоса и реакцию системы в аварийных ситуациях. Программа включает в себя несколько подпрограмм:

Подпрограмма manual, показывает управление кнопками и положениями, а также их отслеживание в ходе работы программы, окно подпрограммы показано на рисунке 25.

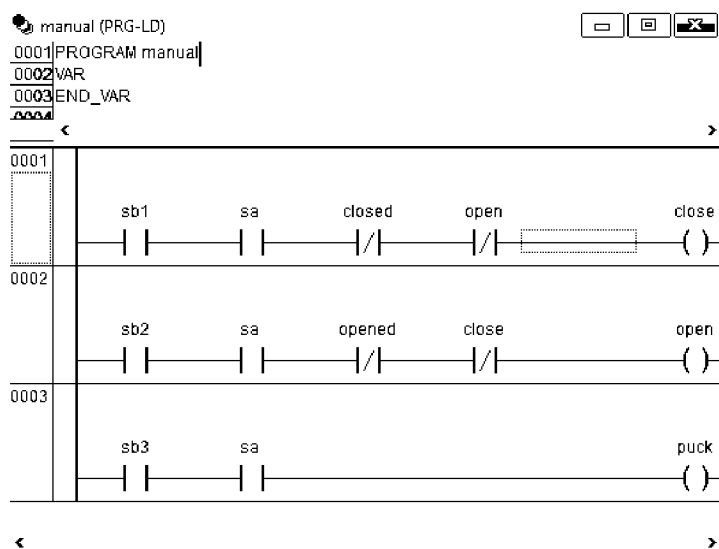


Рисунок 25 – Окно подпрограммы manual ручного управления

Главная программа PLC_PRG, выполняет формирование основных переменных и вызов подпрограмм. Рассмотрим, какие же она вызывает подпрограммы.

```

0024| IF NOT sa AND str AND NOT sto THEN
0025|   manual_ras:=FALSE;
0026|   manual_temp:=FALSE;
0027|   res:=FALSE;
0028|   puck:=TRUE;
0029|   rabota:=TRUE;
0030|   stopsignal:=FALSE;
0031|   reg_ras;
0032|   reg_temp;
0033|   alarm:=FALSE;
0034| IF alarm_pch OR alarm_meo THEN
0035|   state:=0;
0036| END_IF

```

Рисунок 26 – Окно подпрограммы запуска в автоматическом режиме

На рисунке 26 представлен код программы, отвечающий за то, если не нажат переключатель *sa* и не нажата кнопка стоп, но нажата кнопка старт, то выполняется режим работы автоматического управления.

```

0037 ELSIF NOT sa AND sto AND NOT str THEN
0038     manual_ras:=TRUE;
0039     manual_temp:=TRUE;
0040     res:=TRUE;
0041     puck:=FALSE;
0042     rabota:=FALSE;
0043     stopsignal:=TRUE;
0044     alarm:=FALSE;
0045     close:=TRUE;
0046     open:=FALSE;
0047 IF alarm_pch OR alarm_meo THEN
0048     state:=0;
0049 END_IF

```

Рисунок 27 – Окно подпрограммы остановки автоматического режима

На рисунке 27 показан фрагмент программы условие которого, если не нажат переключатель *sa* и не нажата кнопка старт, но нажата кнопка стоп, то выполняется режим остановки автоматического управления.

```

0050 ELSIF sa THEN
0051     manual_ras:=TRUE;
0052     manual_temp:=TRUE;
0053     res:=FALSE;
0054     puck:=FALSE;
0055     rabota:=FALSE;
0056     stopsignal:=FALSE;
0057     alarm:=FALSE;

```

Рисунок 28 – Окно подпрограммы запуска ручного режима

Код программы с переходом на ручной режим, если нажат переключатель *sa*, показан на рисунке 28 .

```

0058 IF alarm_pch OR alarm_meo THEN
0059     state:=0;
0060 END_IF
0061 END_IF
0062 END_CASE

```

Рисунок 29 – Окно подпрограммы аварии

Если авария преобразователя или авария МЭОФ, то происходит переход программы в состояние 0 "авария" (рис. 29).

В подпрограмме *rele* (рис. 30), представлен код программы отвечающий за срабатывание реле.

```

0001|error:=yzad-y;
0002|CASE out OF
0003|-1:
0004|   IF error > -turn_off THEN
0005|       out:=0;
0006|       OPEN:=FALSE;
0007|       CLOSE:=FALSE;
0008|   END_IF
0009|0:
0010|   IF error < -turn_on THEN
0011|       out:=-1;
0012|       OPEN:=TRUE;
0013|       CLOSE:=FALSE;
0014|   ELSIF error > turn_on THEN
0015|       CLOSE:=TRUE;
0016|       OPEN:=FALSE;
0017|       out:=1;
0018|   END_IF
0019|1:
0020|   IF error < turn_off THEN
0021|       out:=0;
0022|       CLOSE:=FALSE;
0023|       OPEN:=FALSE;
0024|   END_IF
0025|END_CASE

```

Рисунок 30 – Окно подпрограммы rele

Когда с общего контакта дискретного входа контроллера подается сигнал на открытые концевые выключатели МЭОФ, и сигнал с каждого выключателя возвращается на первый и второй дискретный вход контроллера проходит через катушку промежуточного реле. Это необходимо для того что бы в программе было известно крайнее положение привода.

Полный листинг программного кода приведен см. ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.

3.3 Создание Simulink-модели в Matlab

Simulink – среда динамического междисциплинарного моделирования трудных технических систем и главный инструмент для модельно-ориентированного проектирования. Его главным интерфейсом является графический инструмент для построения диаграмм и настраиваемый набор библиотек блоков. Он дает тесную интеграцию с остальной средой MATLAB и может либо применять MATLAB, либо создавать сценарии из него. Simulink обширно употребляется в автоматическом управлении и цифровой

обработке сигналов для многодоменного моделирования и проектирования на базе моделей [18].

Для взаимодействия с OLEforProcessControl серверами используется пакет OPC Toolbox, который позволяет читать и записывать данные с устройств совместимых со стандартами OPC. Осуществляет взаимодействие с системами распределенного управления (SCADA), диспетчерского контроля, захвата данных и с программируемыми логическими контроллерами.

OPC Toolbox позволяет MATLAB и Simulink реагировать на события OPC - сервера:

- выключение;
- ошибка;
- изменение параметров.

Для имитации системы была создана Simulink – модель (рис.31). Она состоит из блоков OPCReadCache, который считывает данные с OPC серверов во время моделирования, OPCWriteSync, который записывает данные с OPC серверов (рис. 32), OPC Configuration и блоков Parameters (рис. 33).

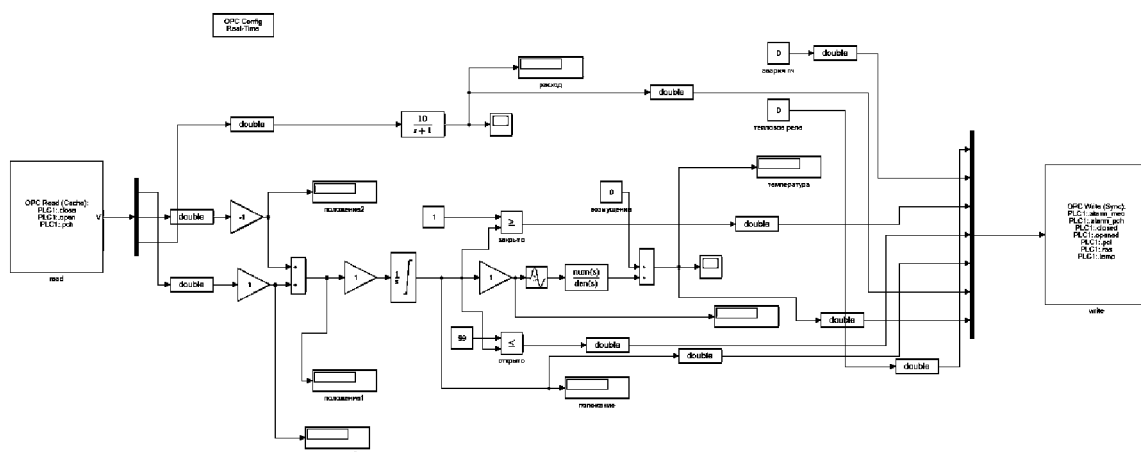


Рисунок 31 –Модель объекта

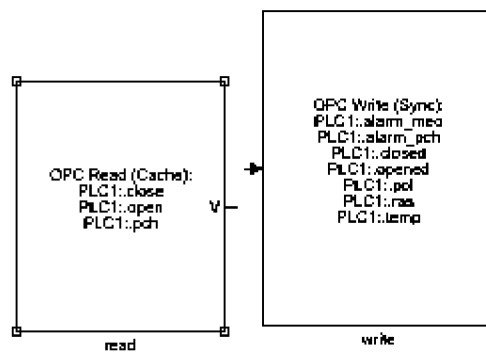


Рисунок 32 –Блоки OPCRead, OPCWrite

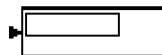


Рисунок 33 –Блок Parameters

Каждый блок Parameters выводит числовые значения считывая их из программного комплекса CoDeSys. На рисунке 34 показаны блоки Parameters и их обозначения.

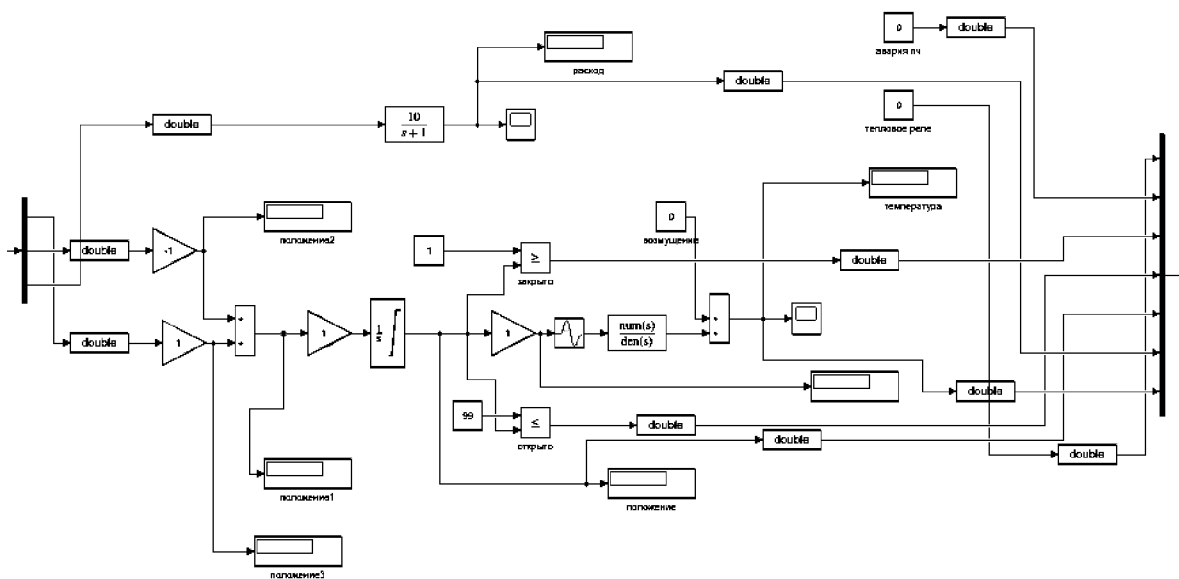


Рисунок 34 – Общая схема с блоками Parameters

Здесь на рисунке 34 имеют место следующие обозначения: блоки Parameters с положением, расходом питательной воды и температурой. Следом нам необходимо организовать обмен между представленными выше созданными объектами, через OPC - Server. OPC-сервер – программа, которая получает данные во внутреннем формате устройства либо системы и

преобразующая эти сведения в формат OPC. OPC - сервер является источником данных для OPC-клиентов. По своей сущности OPC - сервер – это некий универсальный драйвер физического оборудования, который обеспечивает взаимодействие с любым OPC-клиентом (рис. 35) [6].

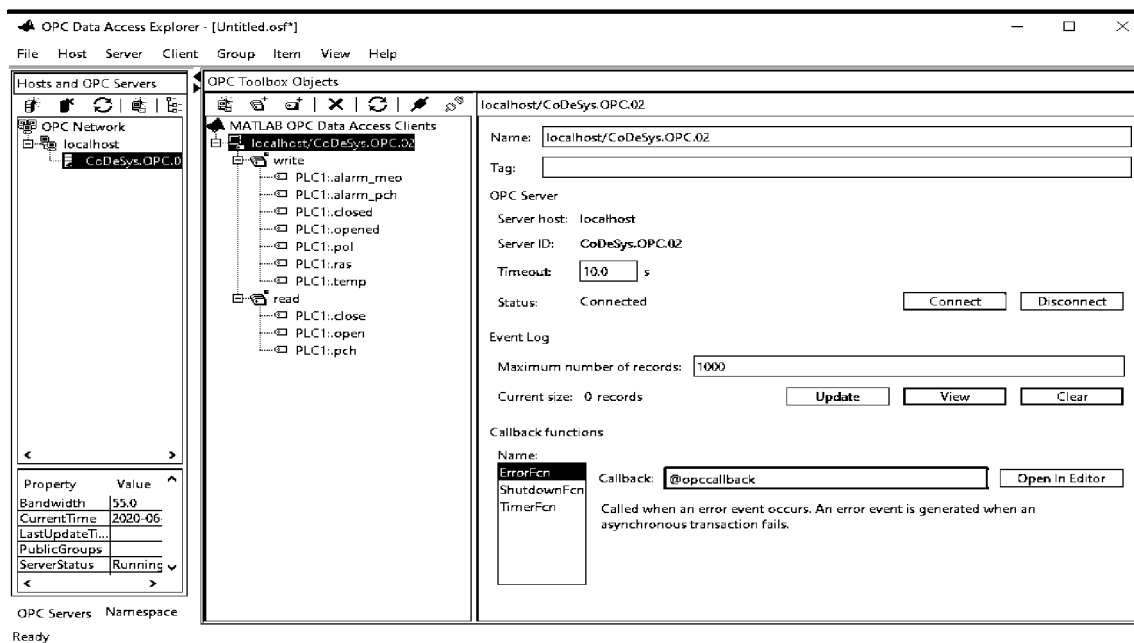


Рисунок 35 – Связь через OPCServer MATLAB и CoDeSys

В системе используется OPC-сервер CoDeSys, связанный с контроллером через «общий» шлюз типа TCP/IP. Список переменных для обмена формируется в контроллере. И записывается в OPCWrite и OPCRead [6].

Далее рассчитаем некоторые подходы к регулированию для урегулирования и выравнивания системы.

3.3.1 Подходы к регулированию

Задача заключается в рассмотрении разных подходов к регулированию для управления питательным электронасосом, чтобы система казалась устойчивой на базе классического пропорционально – интегрально – дифференциального (ПИД) регулятора с применением таковых современных технологий управления, как классическое, адаптивное и нечёткое управление. С последующим выбором оптимальной системы.

3.3.1.1 Классическая система регулирования для температуры

В современных системах управления технологическими процессами широко применяются регуляторы на основе контроллеров. Отличительной особенностью таких регуляторов является переменная структура, устанавливаемая программно. Например, в контроллерах такой фирмы как ОВЕН используется ПИД-регулятор, работающий в комплекте с исполнительным механизмом [12].

Существует достаточное количество методов расчета ПИД-регуляторов на какой-либо критерий оптимальности и чтобы система была более устойчивой. Одним из возможных вариантов является расчет системы с ПИД-регулятором и постоянным запаздыванием на заданный частотный показатель колебательности [12].

Рассмотрим один из подходов реализации ПИД-закона управления на заданный частотный показатель колебательности. Соберем структурную модель системы и исследуем её работоспособность.

Математическое описание объекта:

$$W = \frac{2.4 * e}{200 * p + 1}; \quad (3)$$

Найдём амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) системы и определим частотный показатель колебательности.

Частотный показатель колебательности Λ есть отношение максимального значения амплитудно-частотной характеристики замкнутой системы к значению этой характеристики при нулевой частоте:

$$M = \frac{A_{zam}(\omega_{rez})}{A_{zam}(0)} = 1; \quad (4)$$

где ω_{rez} - резонансная частота, при которой и наблюдается АЧХ системы (рис. 36).

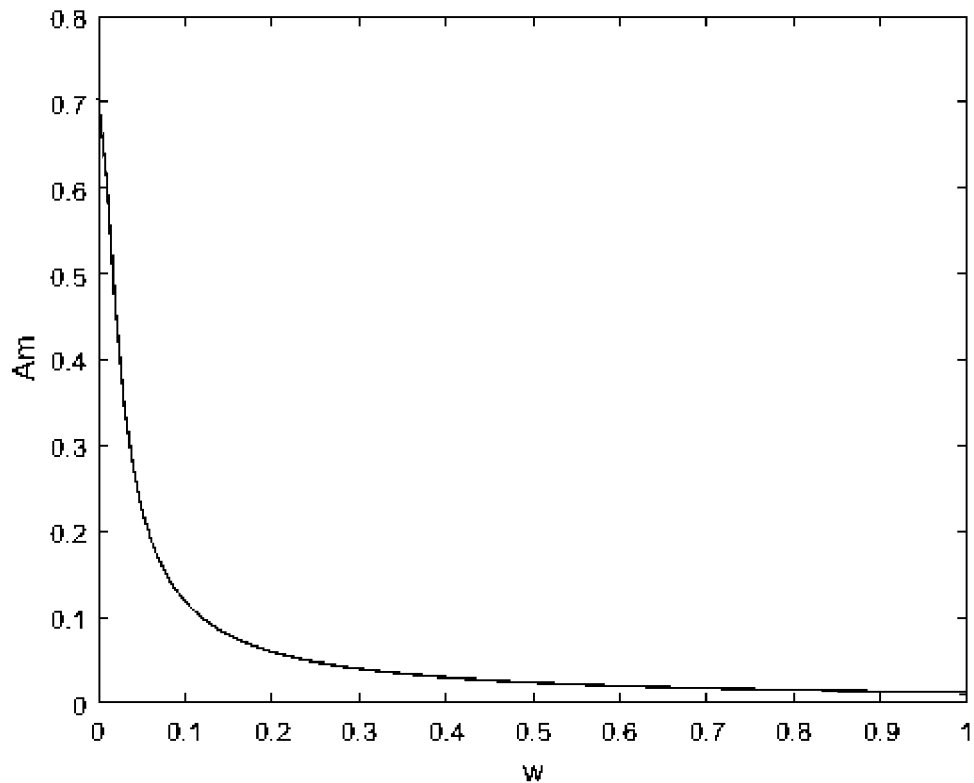


Рисунок 36 – АЧХ системы

Согласно условию череспериодная компенсация (ЧПК) лежит в диапазоне [1.1-1.5]. В последующем решении ЧПК принимаем $\omega = 1.1$

С помощью функции `fminbnd` находим коэффициенты пропорциональности K_p , при заданной постоянной времени интегрирования $T_i=0,01;0,1;1;10;100$.

Таблица 6 – Коэффициенты пропорциональности K_p

T_i	0,01	0,1	1	10	100
T_d	0,005	0,05	0,5	5	50
K_p	0,9838	0,9472	0,8135	0,1934	0,9762
K_i	98,38	9,472	0,8135	0,01934	0,009762
K_d	0,004914	0,04736	0,40675	0,967	48,81

Из данной таблицы выбираем вариант, у которого отношение коэффициента пропорциональности к постоянной времени $\frac{K_p}{T_{iz}}$ максимально.

Из АЧХ системы наблюдаем, что система является неустойчивой.

Можно сделать вывод, что максимум отношения не даёт устойчивости системы, поэтому произведем подбор коэффициентов при помощи команды PIDTOOL в Matlab и возьмем запаздывание, значение которого равно 30 (рис. 37). Вот значения коэффициентов, которые получили:

$$K_{p6}=0,039682; K_{i6}=0,00075167; K_{d6}=0,52371; T_{i6}=K_{p6}/K_{i6}.$$

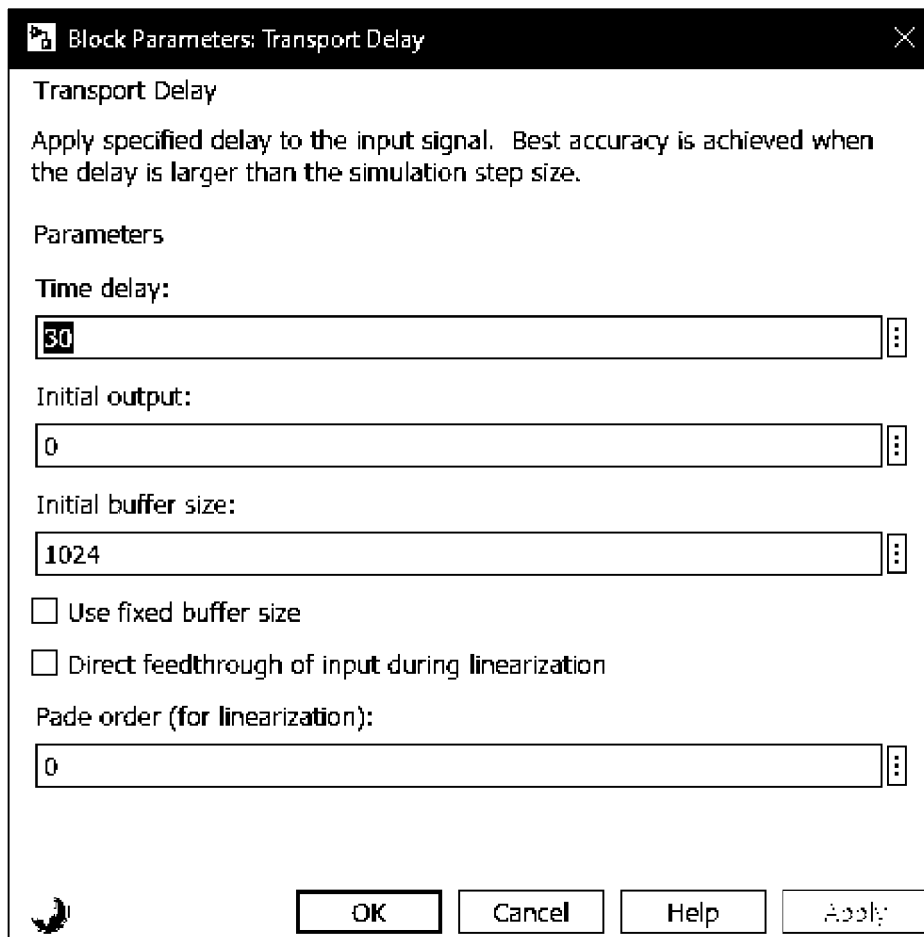


Рисунок 37 – Параметры блока запаздывания

Структурная схема регулятора (3) с применением коэффициентов PIDTOOL показана на рис. 38.

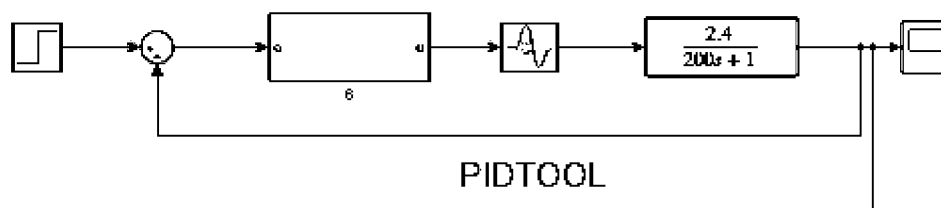


Рисунок 38 – Схема применением коэффициентов PIDTOOL

Выходной сигнал показан (рис. 39) в виде графика:

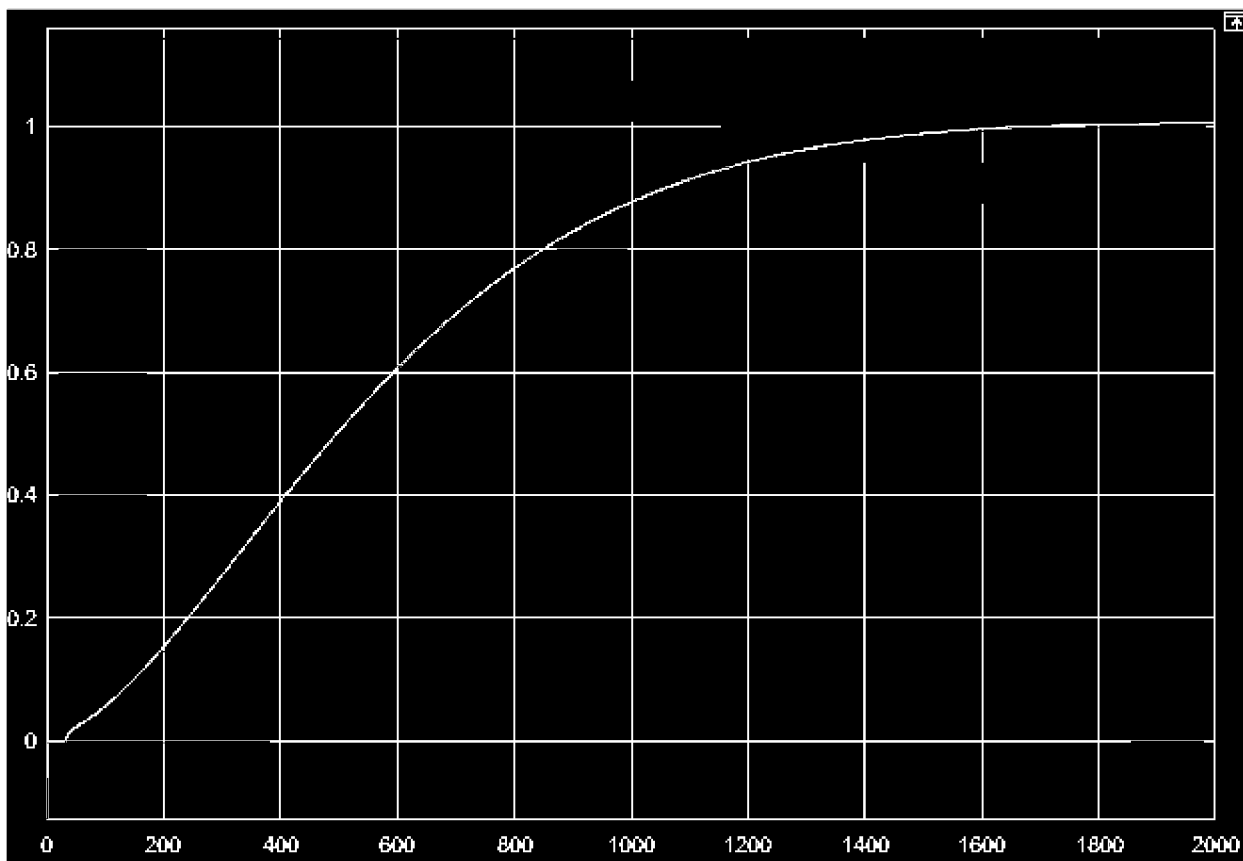


Рисунок 39 – График PIDTOOL

Далее будем использовать значения коэффициентов PIDTOOL из Matlab. Также проведём расчет ПИД-регулятора при помощи команды PIDTUNE в Matlab, соберем структурную модель системы и исследуем её на работоспособность (рис. 40).

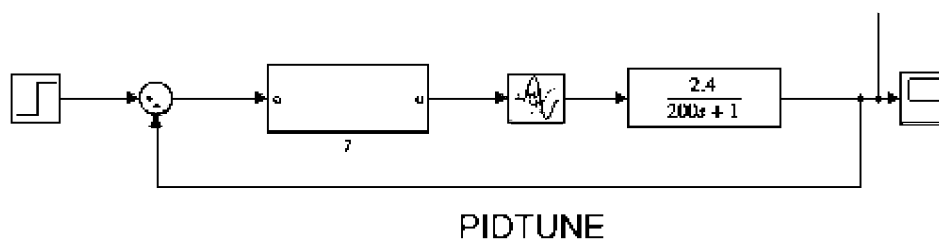


Рисунок 40 – Схема применением коэффициентов PIDTUNE

Выходной сигнал показан (рис. 41) в виде графика:

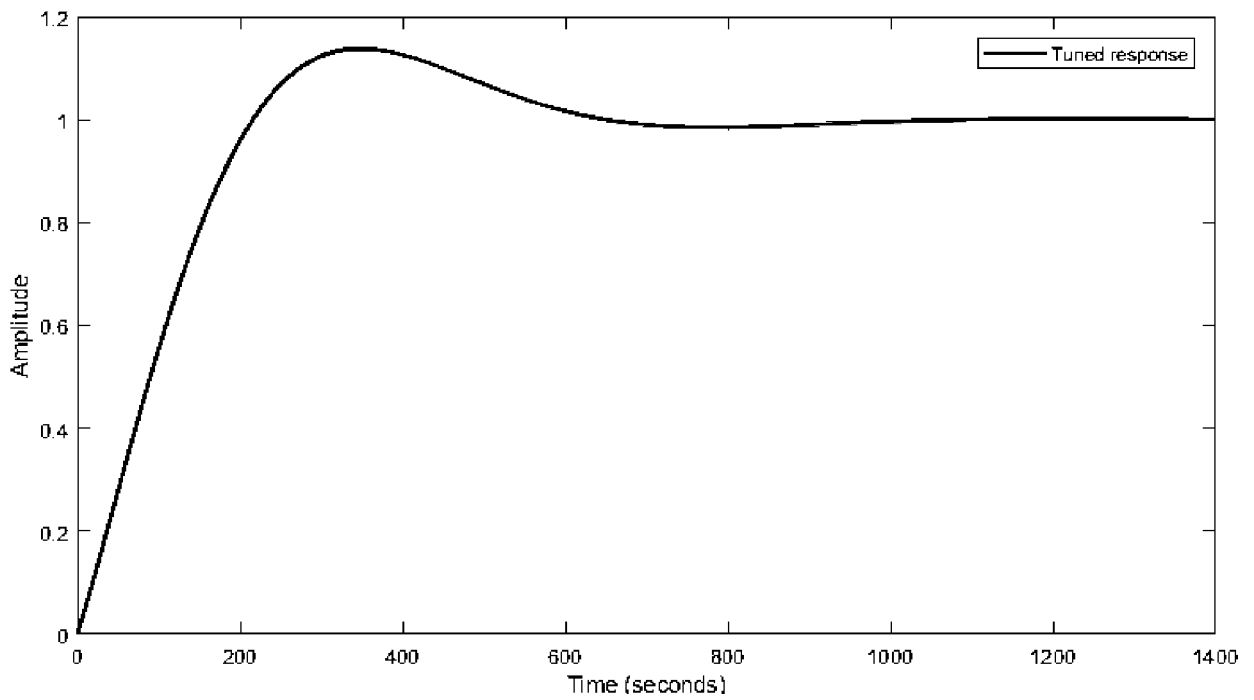


Рисунок 41 – График PIDTUNE

Таким образом, на основе графиков (рис. 39 и рис. 41) можно сделать вывод, что системы устойчивы. Теперь сравним между собой полученные данные PIDTOOL и PIDTUNE (рис. 42):

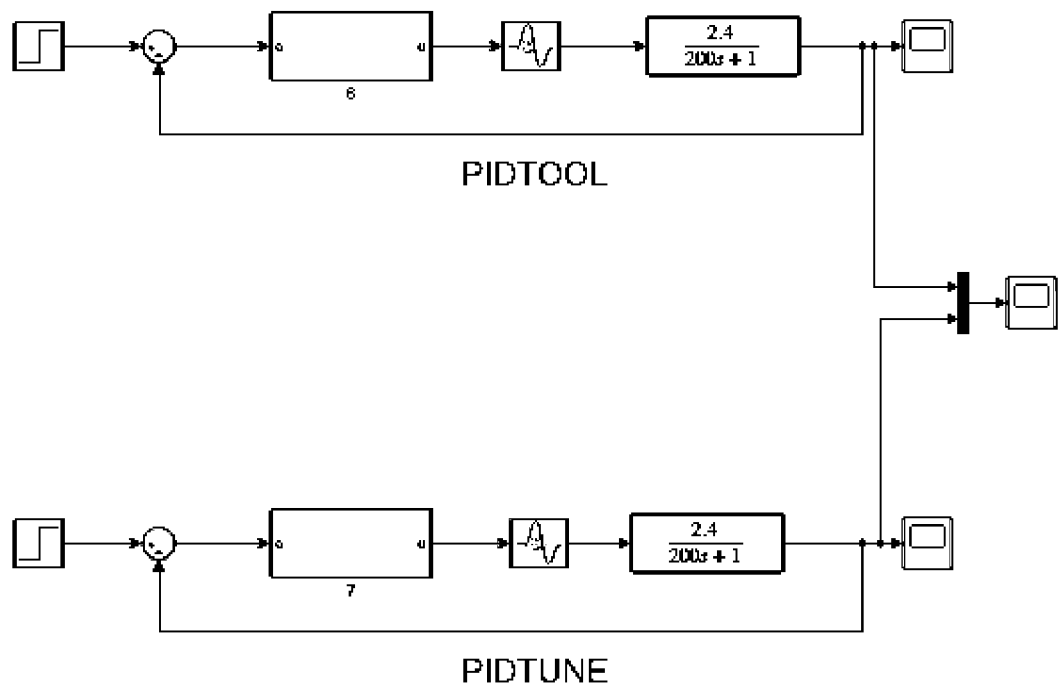


Рисунок 42 – Общая структурная схема PIDTOOL и PIDTUNE
Общий выходной сигнал показан (рис. 43) в виде графика:

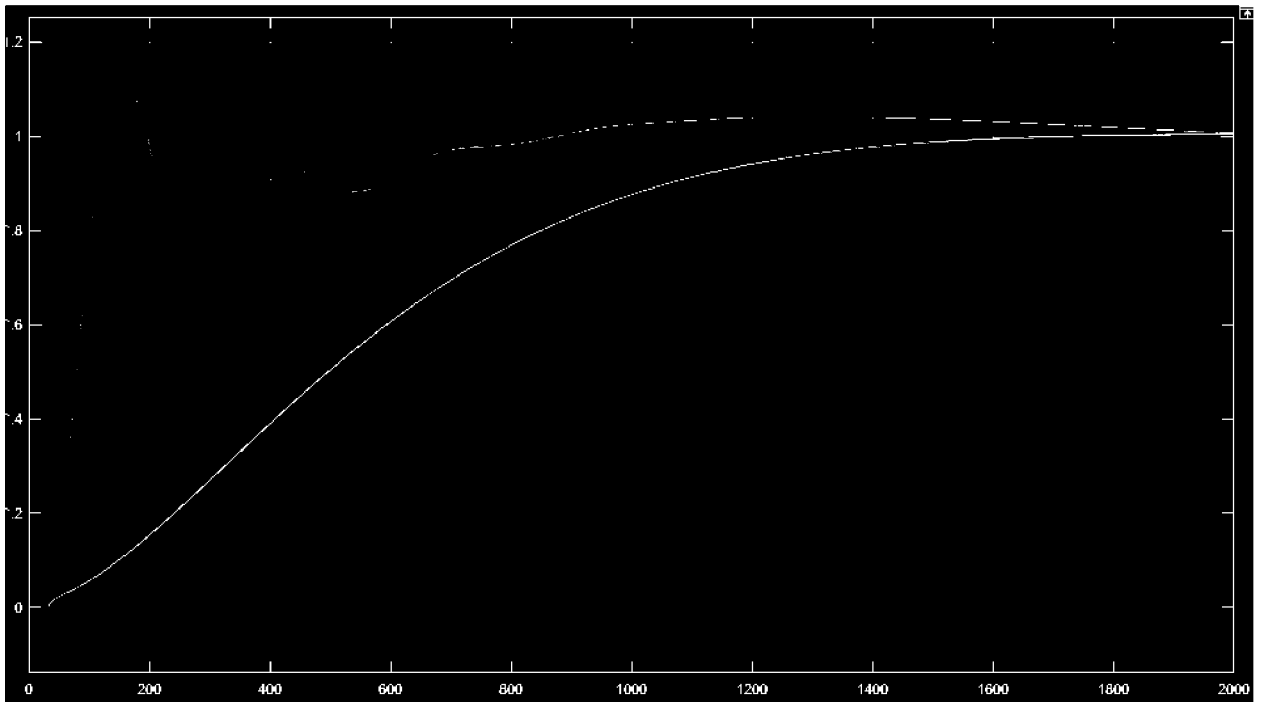


Рисунок 43 – Общий график (сравнение) PIDTOOL и PIDTUNE

Введём в структуры системы исполнительный механизм (ИМ). В случае если в структуре обобщённого объекта управления присутствует ИМ, ПИД-закон преобразуется в ПДД²-закон [13]. Поэтому далее оценим работу модификации ПДД²-регулятора (рис. 44).

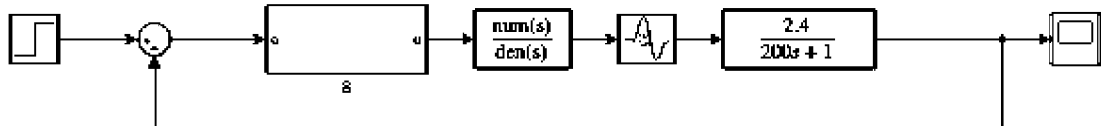


Рисунок 44 – Структурная схема с использованием ИМ в ПДД²-законе

Выходной сигнал показан (рис. 45) в виде графика:

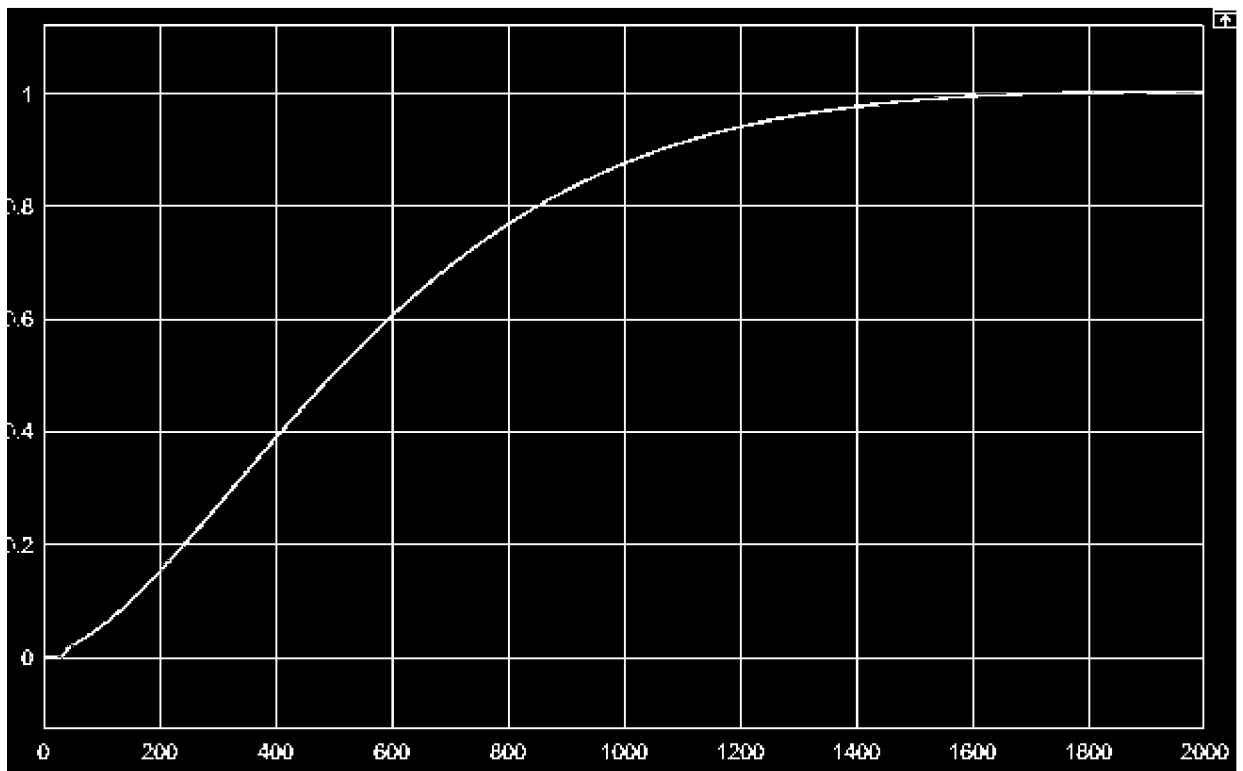


Рисунок 45 – График с ИМ

При внедрении в общую структуру системы ИМ система оказалась устойчивой. Передаточная функция, рассчитанная в Matlab:

W_ООУ =

$$\frac{2.4}{2000 s^2 + 10 s}$$

W_FID =

$$\frac{65.16 p^2 + 2.232 p + 0.03968}{182.4 p^2 + 52.79 p}$$

W_FDD =

$$\frac{26.86 p^3 + 13.91 p^2 + 0.4638 p + 0.007517}{23.89 p^3 + 25.77 p^2 + 8.912 p + 1}$$

Таким образом, имея в наличии коэффициенты ПИД-регулятора можно без труда реализовать ПДД²-закон.

3.3.1.2 Структура модели широтно-импульсной модуляции (ШИМ)

Для управления исполнительным механизмом постоянной скорости может быть использован блок широтно-импульсной модуляции, который в общем случае входит в сам контроллер. Учесть его на этапе расчета коэффициентов регулятора проблематично, однако необходимо, например, на предварительном этапе имитационного исследования системы, до практической реализации, с целью уточнения настроек регулятора [12].

Структура модели ШИМ в Matlab может быть представлена в виде, показанном на рис. 46 [13]. Такой блок может быть снабжен стандартными средствами интерфейса, как показано на рис. 47 (реализуется через Subsystem).

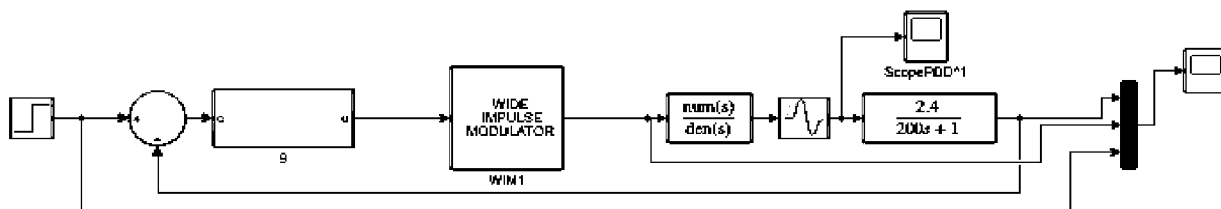


Рисунок 46 – Использование ШИМ-модуляции

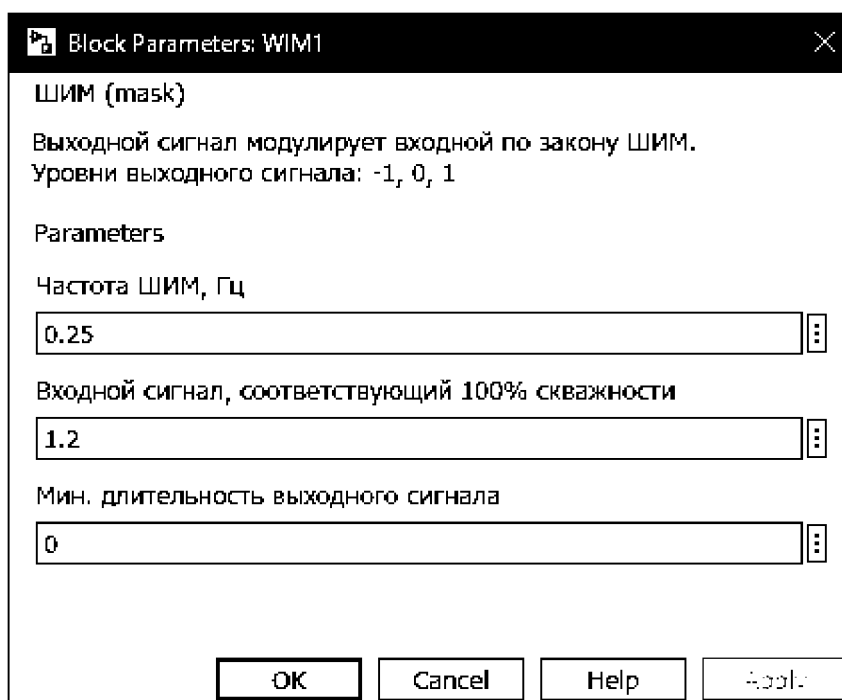


Рисунок 47 – Параметры блока широтно-импульсной модуляции

Принцип работы блока широтно-импульсной модуляции следующий. Модулятор импульсов (Impulse Modulator) с заданной частотой 0.25 и входным сигналом вырабатывает короткие тактовые импульсы единичной амплитуды.

Выходной сигнал с блоком ШИМ показан (рис. 48) в виде графика:

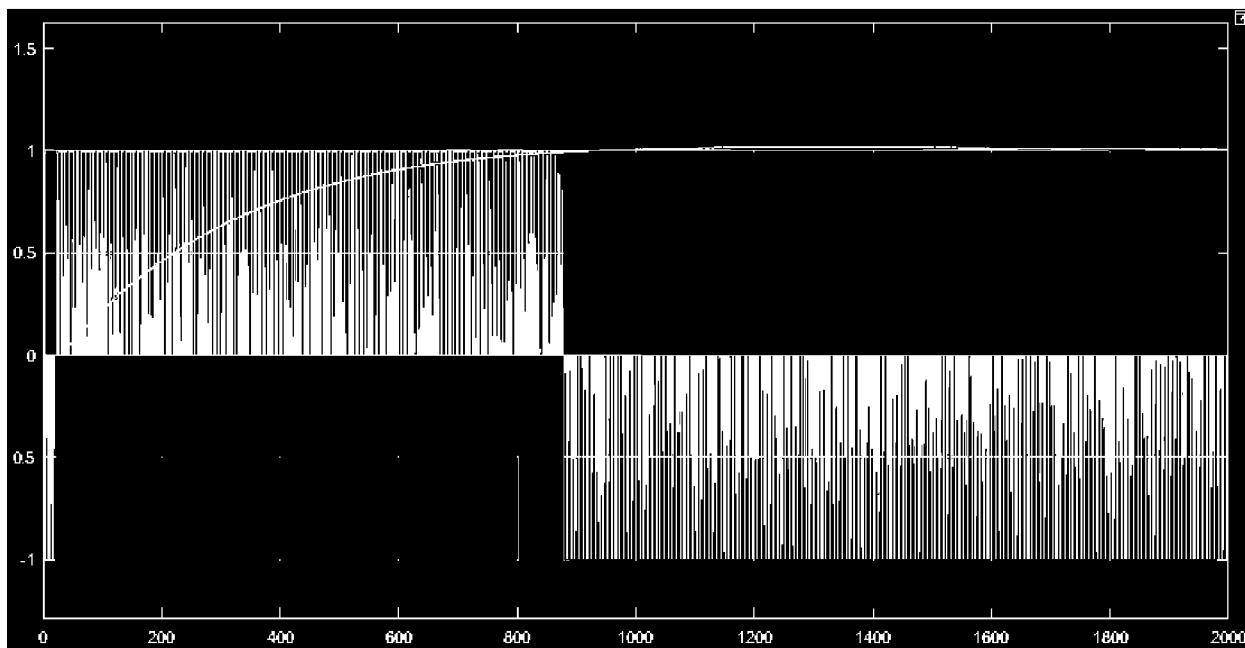


Рисунок 48 – График с ШИМ

С учетом того, что было показано в данном подпункте, была продемонстрирована работа подхода к управлению объектами с исполнительным механизмом и запаздыванием, а также расчет классического регулятора для объектов теплоэнергетики.

3.3.1.3 Адаптивная система регулирования с компенсацией запаздывания

Рассмотренный выше классический подход к управлению предполагал, что объект был известен и постоянен. В случае, когда параметры объекта изменяются, имеют нелинейный или нестационарный характер необходимо предусмотреть механизм обеспечивающий настройку или изменение структуры регулятора – применить адаптивный подход. В противном случае

настройки регулятора придется заранее загрублять, обеспечивая его удовлетворительную работу на «усредненное» поведение объекта [12].

Основой применения адаптивного подхода является принцип модального управления [12], согласно которому для любого априорно определенного объекта можно с помощью вектора обратных связей по всем переменным состояниям сформировать любую наперед заданную динамику системы управления. В случае если параметры объекта меняются можно использовать подход с эталонной моделью и самонастраивающимся регулятором.

В данном подпункте рассматривается способ, основанный на введении в структуру адаптивной системы управления дополнительного, специальным образом организованного контура. Запаздывание в управляющем воздействии встречается достаточно часто и негативно влияет не только на качество системы управления, но и на ее работоспособность. Запаздывание и передаточную функцию будем использовать такое же, как в случае и с классическим регулированием.

Рассчитаем числовые параметры контура управления при подаче на вход системы единичного ступенчатого воздействия в Matlab:

```
Wou=2,4;  
a1=200;  
Tm=8,5;  
%Регулятор  
K1=3;  
T1=1;  
%Стабилизатор  
A=2;%не изм.  
k=10;%не изм.  
T2=125;%не изм.  
T1=0;  
T=0;  
%Настройка  
x2=1;  
x1=1;
```

%шим

2,4.

Построим структурную модель системы с ИМ в Matlab используя полученные нами данные. В общем виде система управления имеет структуру (рис. 49) состоящую из следующих блоков: объект управления, адаптивный регулятор, параметрической настройки, сигнальной настройки, задающий сигнал, запаздывание.

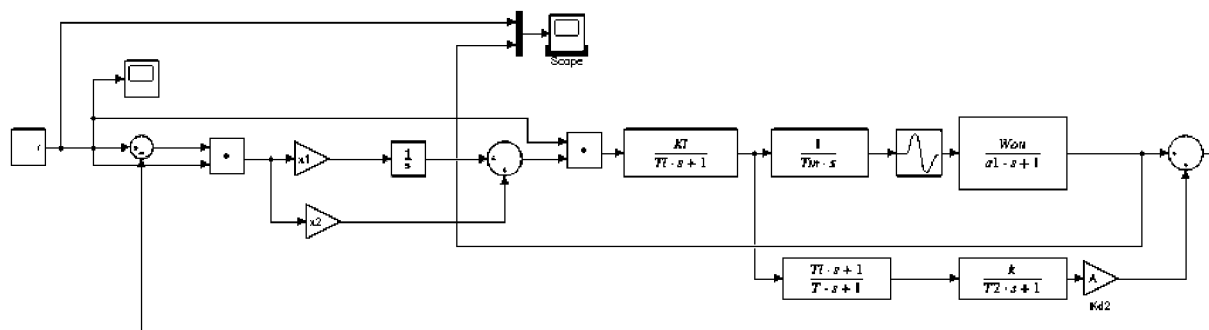


Рисунок 49 – Структурная модель адаптивной системы со стабилизатором А

Выходной сигнал показан (рис. 50) в виде графика:

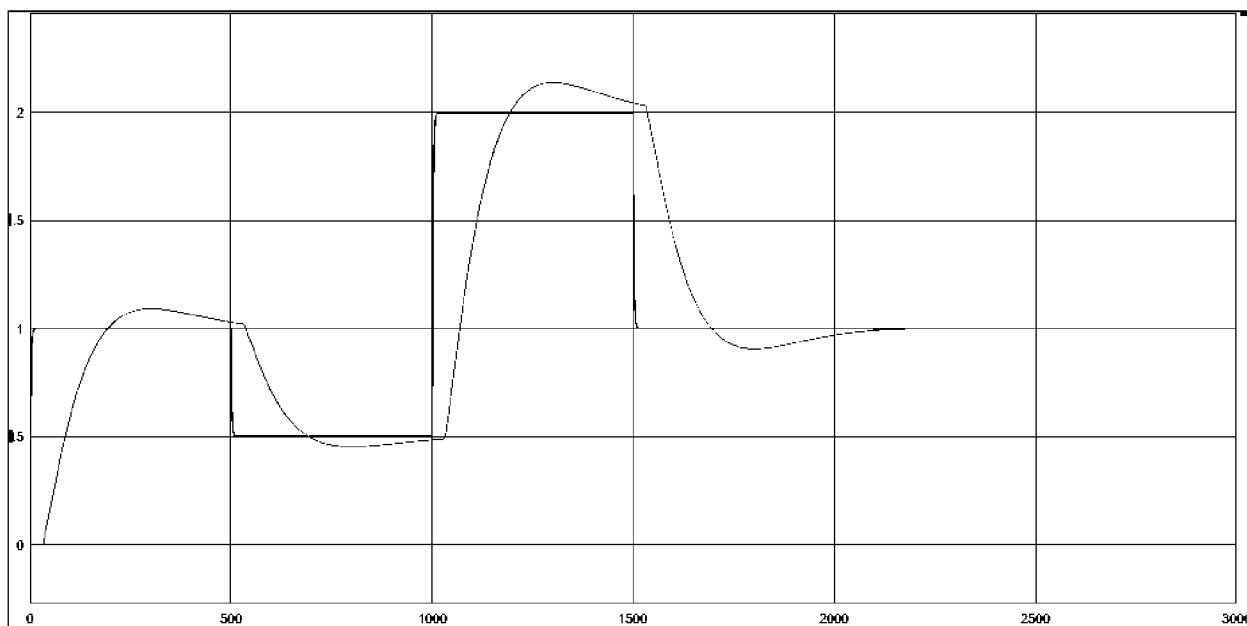


Рисунок 50 – Переходный процесс (ПП) системы при подаче на вход системы единичного ступенчатого воздействия

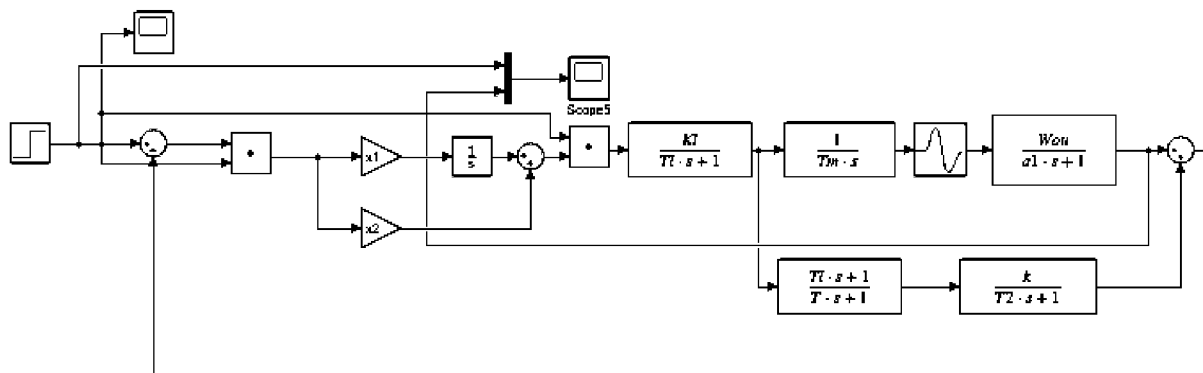


Рисунок 51 – Структурная модель адаптивной системы без стабилизатора А

Выходной сигнал показан (рис. 52) в виде графика:

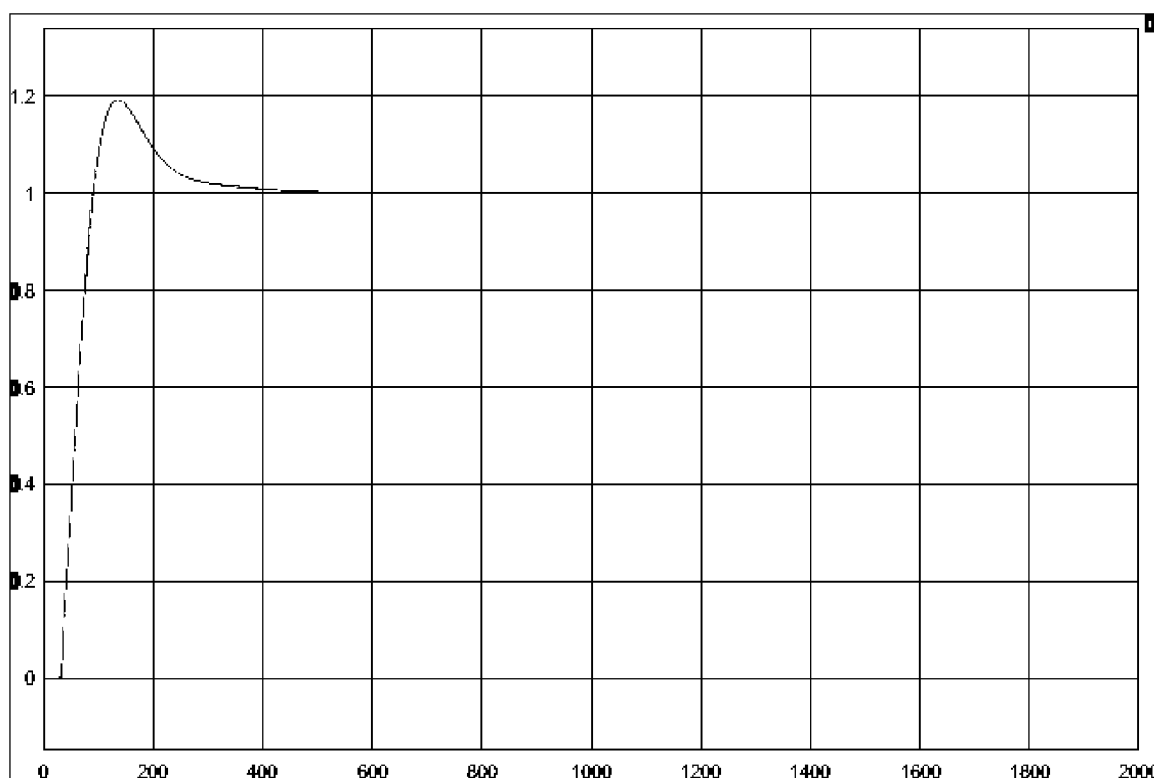


Рисунок 52 – Переходный процесс системы без стабилизатора А

Функционирование объекта проходит в условиях априорной неопределенности, уровень которой задан в виде:

$$\begin{aligned}
 a_i &= a_i(\xi), b_j = b_j(\xi), \tau = \tau(\xi), \\
 i &= \overline{0, n-1}, j = \overline{0, m}, \xi \in \Xi.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Где ξ – набор неизвестных параметров, принадлежащих известному множеству Ξ (т.е. заданы границы измерения параметров).

Диапазон априорной неопределенности объекта оценим крайними значениями:

$$k_{oy}^- \leq k_{oy} \leq k_{oy}^+, \tau^- \leq \tau \leq \tau^+, \quad (4)$$

$$a_1^- \leq a_1 \leq a_1^+, a_2^- \leq a_2 \leq a_2^+, a_3^- \leq a_3 \leq a_3^+.$$

Получим диапазон априорной неопределенности объекта:

$$0,144 \leq W_{ou} \leq 28,8; \quad (5)$$

$$12 \leq a_1 \leq 2400; \quad (6)$$

При $W_{ou}=0,144$ и $a_1=12$ получим результат в виде графика, показан на рисунке 53.

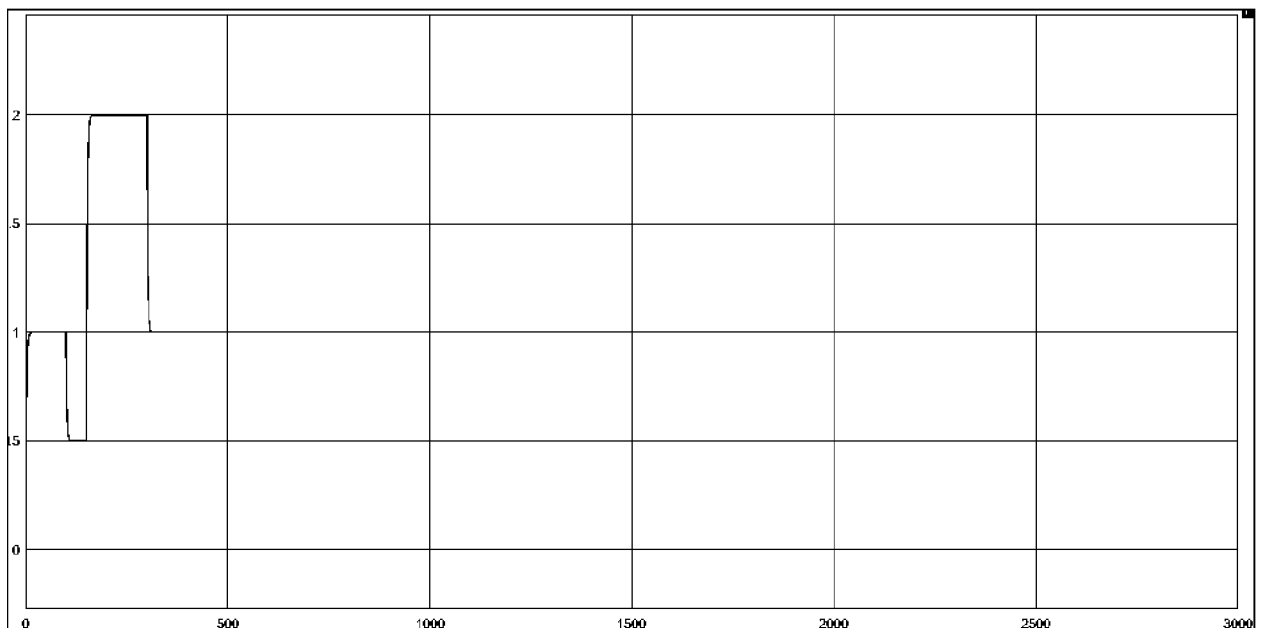


Рисунок 53 – ПП при $W_{ou}=0,144$

При $K_{ou}=28,8$ и $a_1=2400$ получим результат в виде графика, показан на рисунке 54.

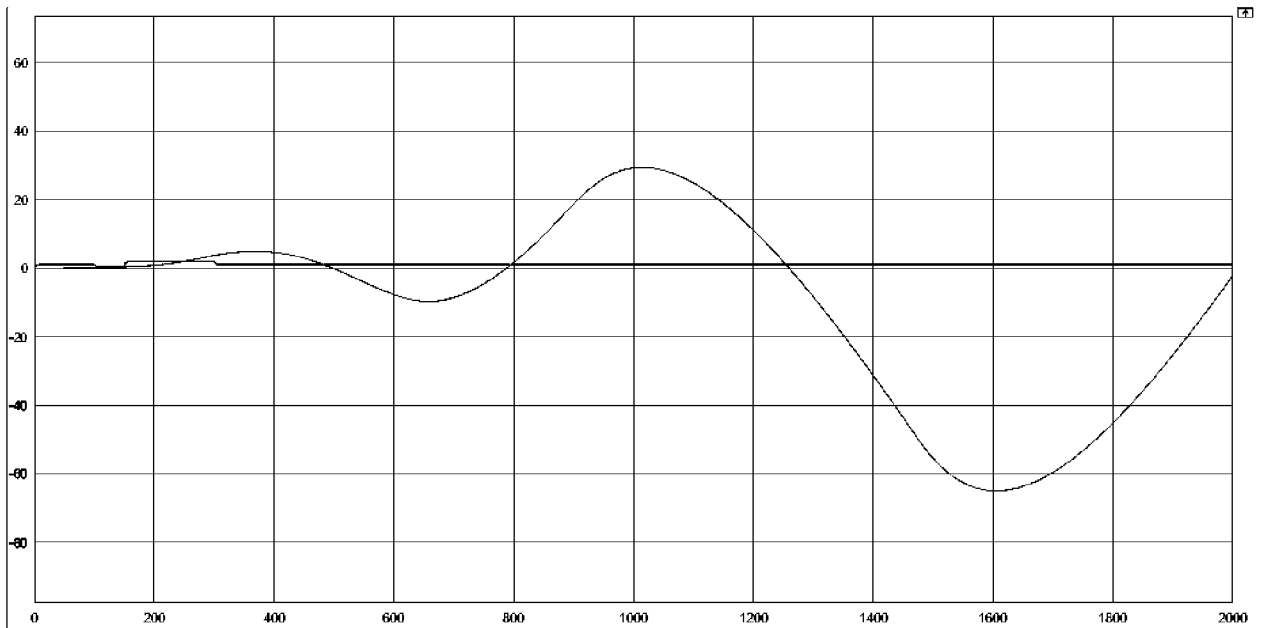


Рисунок 54 – ГП при $K_{ou}=28,8$

Подытожим, видно, что при подстановке максимальных значений коэффициентов система становится не устойчивой. А при минимальных значениях результат положительный.

Далее проанализируем работу системы при использовании кусочно-постоянного воздействия, например:

$$r(t) = 0.143 \exp(-0.143 \cdot t) + H_1 + H_2 + H_3,$$

$$H_1 = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq 0; \\ 1 & \text{при } t > 0, \end{cases} \quad H_2 = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq 100; \\ -0.5 & \text{при } t > 100, \end{cases} \quad H_3 = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq 200; \\ 1 & \text{при } t > 200, \end{cases}$$

изменяя в случае необходимости длительность интервалов времени H_1 , H_2 , H_3 , если переходный процесс не успевает установиться [13].

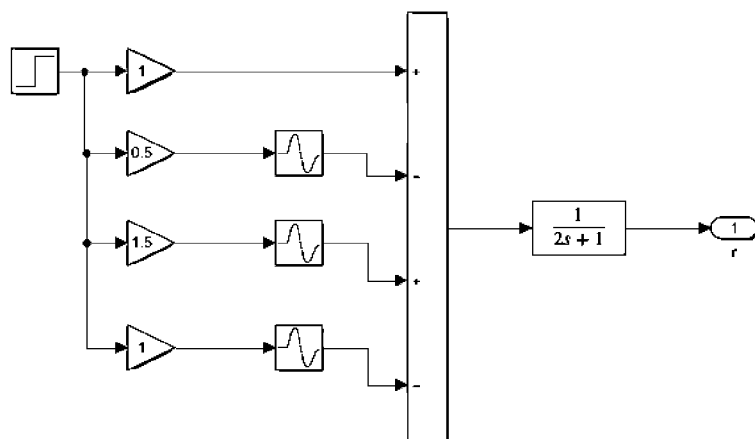


Рисунок 55 – Кусочно-постоянное воздействие

По аналогии, как и было, продемонстрировано в классическом методе добавим в систему ШИМ (рис. 56) и оценим работу системы.

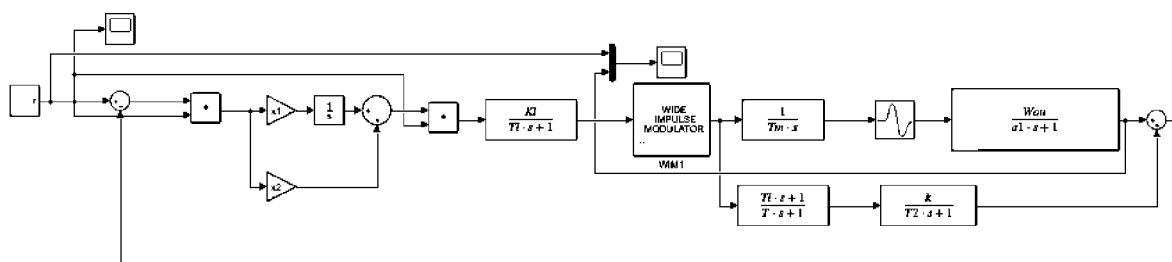


Рисунок 56 – Адаптивная система с ШИМ

Выходной сигнал с ШИМ показан (рис. 57) в виде графика:

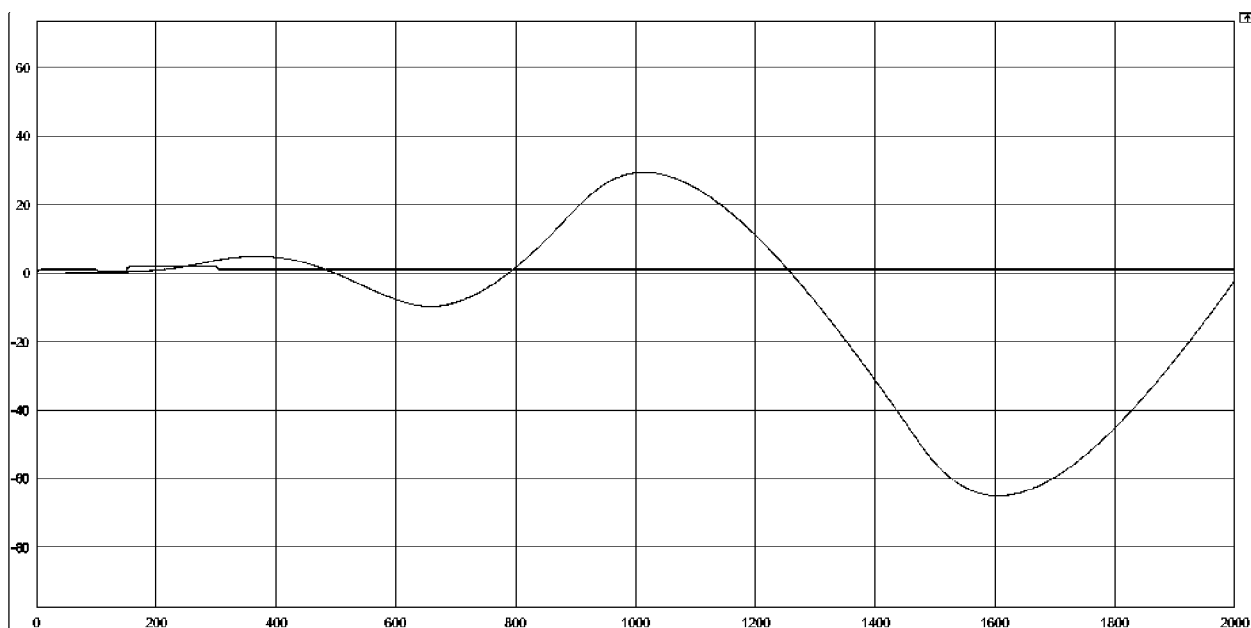


Рисунок 57 – ПП системы с ШИМ

Вывод по подпункту: ШИМ нам нужен для управления постоянной скоростью исполнительного механизма и применив его к нашей системе, он критически повлиял на неё.

3.3.1.4 Нечеткая система регулирования

Нечеткое управление позволяет получить особый класс систем, отличный от ранее рассмотренных случаев, при этом в некоторых обстоятельствах существенно улучшить функционирование системы регулирования [12]. Само нечеткое управление перспективно использовать тогда, когда информации об объекте недостаточно, либо когда адекватное математическое описание получить проблематично, но имеется достаточно большой опыт управления самим объектом.

Применение нечеткого управления в системах регулирования осуществляется по двум направлениям: конструкция самого регулятора и использование методов для подстройки коэффициентов ПИД-регулятора и его модификаций.

Возьмем ПФ которую и использовали для описания классической и адаптивной системы регулирования:

$$W = \frac{2.4 * e}{200 * p + 1}$$

Построим модель системы для объекта с нечетким ПД-регулятором и исполнительным механизмом, без ШИМ. Определим коэффициенты ПД-регулятора для системы с помощью функции PIDTOOL в Matlab (рис.58).

Коэффициенты ПД-регулятора:

$$K_p = 0,034;$$

$$K_d = 2,917.$$

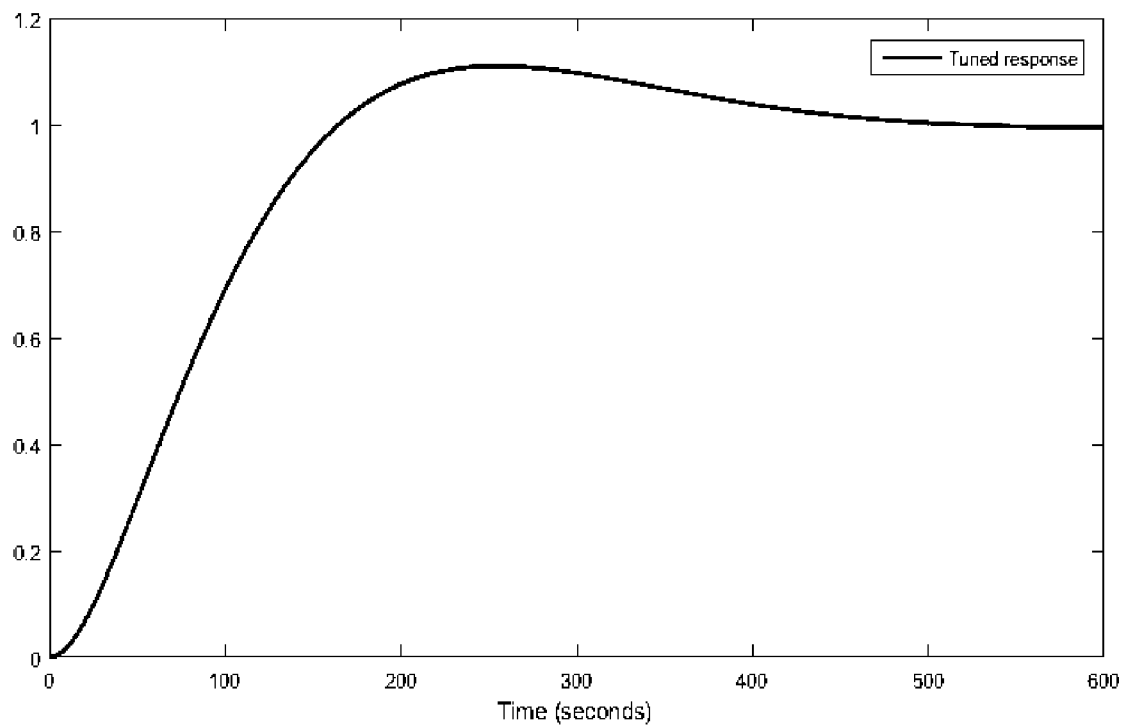


Рисунок 59 – Функция PIDTOOL в Matlab

Соберем структурную схему с объектом, исполнительным механизмом и ПД-регулятором в Matlab (рис.60).

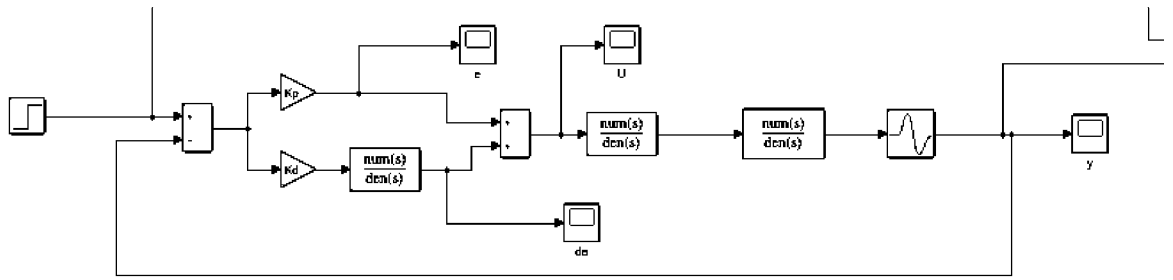


Рисунок 60 – Структурная схема с ИМ и ПД-регулятором

Переходный процесс схемы (рис. 60) показан в виде графика (рис. 61):

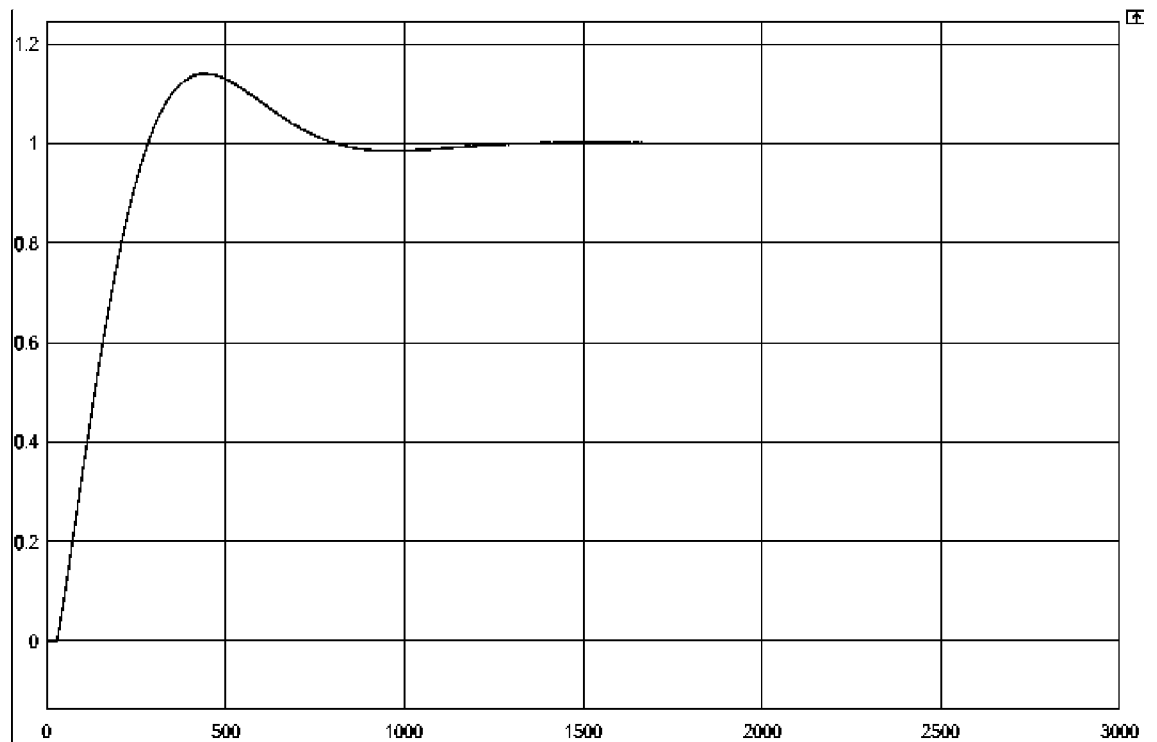


Рисунок 61 – Переходной процесс полученной системы

3.3.1.5 Нечеткая система регулирования с фаззи-регулятором

В случае наличия в системе запаздывания и исполнительного механизма (который сам по себе является интегратором) можно воспользоваться нечетким фаззи-регулятором с ПД-правилами (которые формируются наиболее наглядно). В других случаях без усложнения структуры системы можно использовать ПД-нечеткий регулятор с интегратором, включенным в обход [12].

Рассмотрим алгоритм работы системы с нечетким ПД-регулятором. На вход регулятора поступает ошибка e и ее производная de , на выходе формируется управление u . Система функционирует в соответствии с алгоритмом Мамдани [13].

Используя пакет инструментов Matlab — FIS (вызов осуществляется командой `fuzzy`) можно осуществить задание работы нечеткого регулятора в Matlab посредством написания скрипта, в нашем случае он называется `fuzz3`(рис.61).

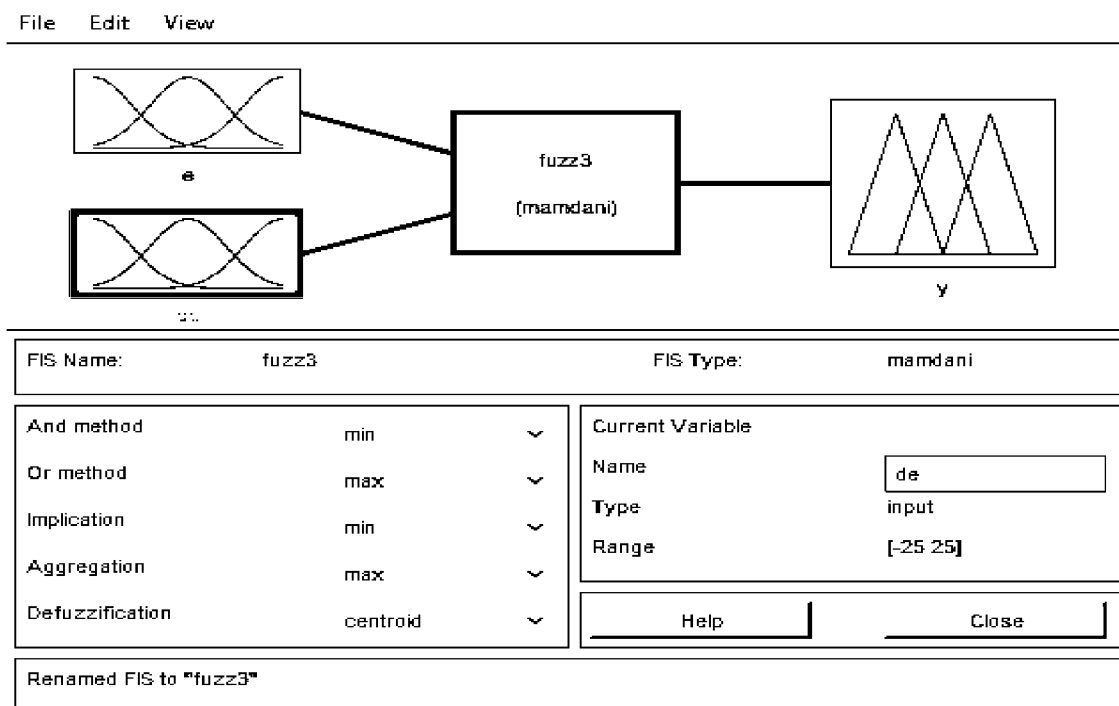


Рисунок 62 – Настройка алгоритма Мамдани

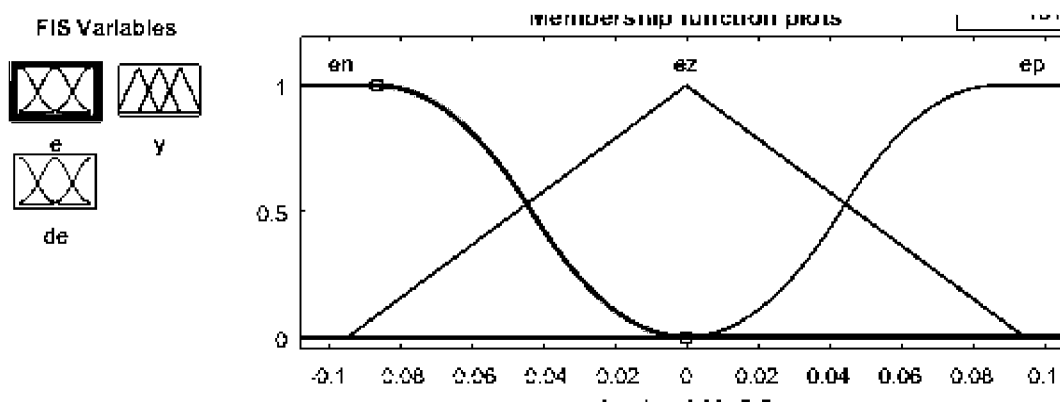


Рисунок 63 – Нечеткие множества для входов и выхода регулятора «е»

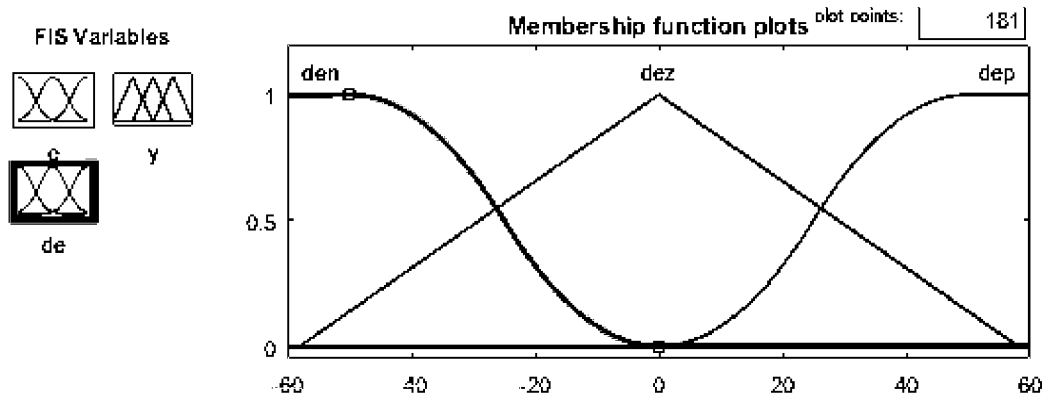


Рисунок 64 – Нечеткие множества для входов и выхода регулятора «de»

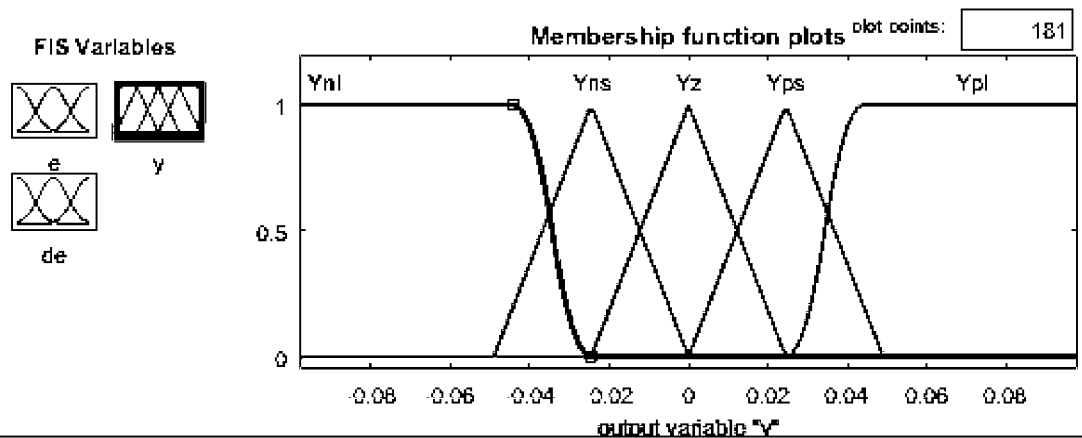


Рисунок 65 – Нечеткие множества для входов и выхода регулятора «y»

Проведем исследование системы при подаче на вход единичного ступенчатого воздействия (рис.66). При неудовлетворительном качестве работы изменим интервалы и виды функций принадлежности, масштабные и нормирующие коэффициенты.

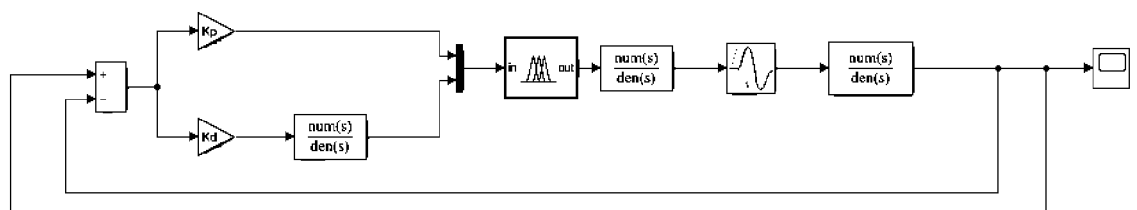


Рисунок 66 – Структурная схема системы с фуззи-регулятором
Переходный процесс схемы (рис. 66) показан в виде графика (рис. 67):

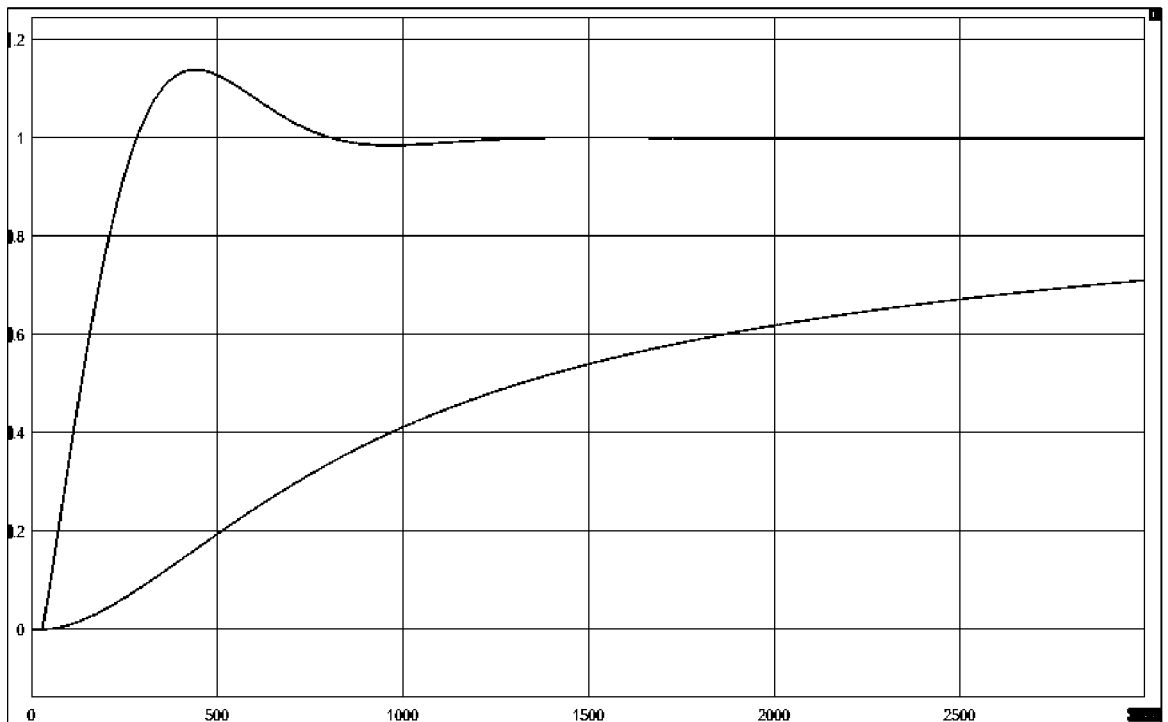


Рисунок 67 – Переходной процесс системы с фuzzi-регулятором

Из графика понимаем, что добавление фuzzi-регулятора увеличило время ПП в системе и исчезло перерегулирование. Подобрать более точные настройки нечеткого регулятора не удалось, так как отсутствуют эксперты. Попробуем, задать уровень априорной неопределенности объекта, так же задать изменение задания и возмущения и исследовать работу полученных решений в этом случае.

Диапазон априорной неопределенности объекта оценим крайними значениями:

$$k_{oy}^- \leq k_{oy} \leq k_{oy}^+, \tau^- \leq \tau \leq \tau^+, \quad (7)$$

$$a_1^- \leq a_1 \leq a_1^+, a_2^- \leq a_2 \leq a_2^+, a_3^- \leq a_3 \leq a_3^+.$$

Получим диапазон априорной неопределенности объекта:

$$16,17 \leq T_1 \leq 3234,3; \quad (8)$$

$$0.55 \leq k \leq 109.93; \quad (9)$$

Проверим работу системы при значениях $T_1=3234,3$ и $k=109.93$ (рис.68):

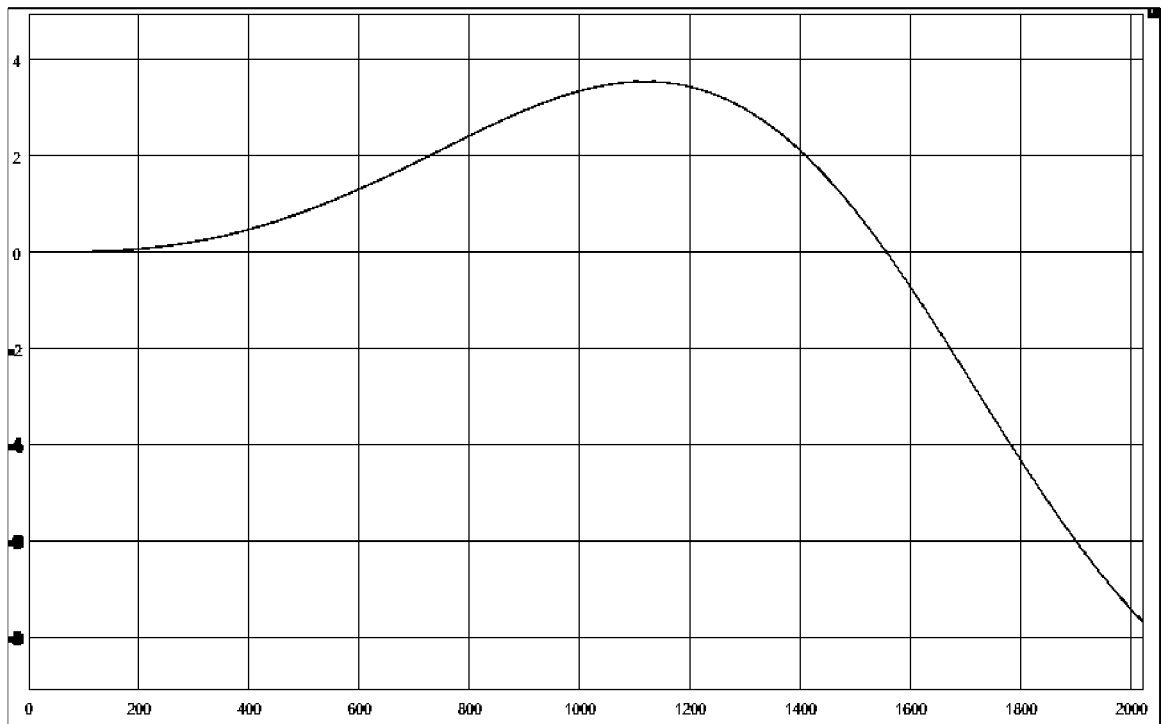


Рисунок 68 – ПП с данными T_I и k

При данных значениях коэффициентов система стала неустойчивой. Поэтому, изменим значения коэффициентов на минимальные $T_I=16,17$, $k=0,55$ (рис.69):

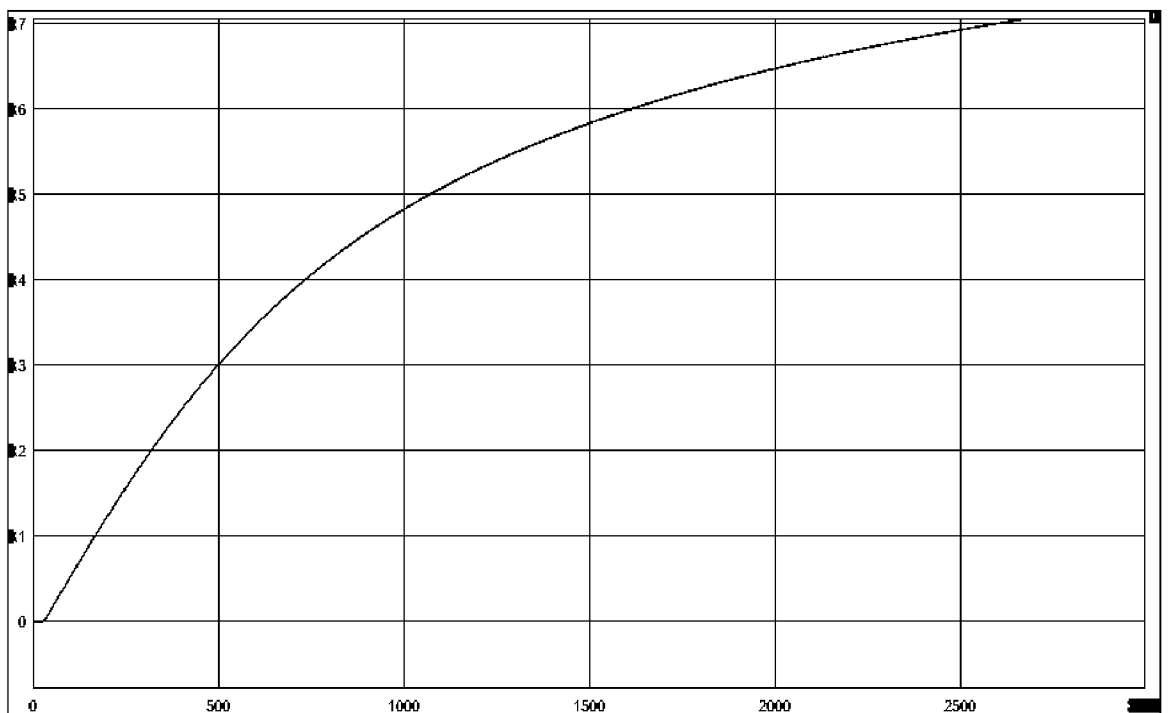


Рисунок 69 – ПП с новыми данными T_I и k

При этих значениях фаззи-регулятора время ПП значительно увеличилось. Система осталась устойчивой, что влияет на систему положительно.

Исследуем систему на кусочно-постоянном воздействии при этом вернем первоначальные значение коэффициентов (рис.70):

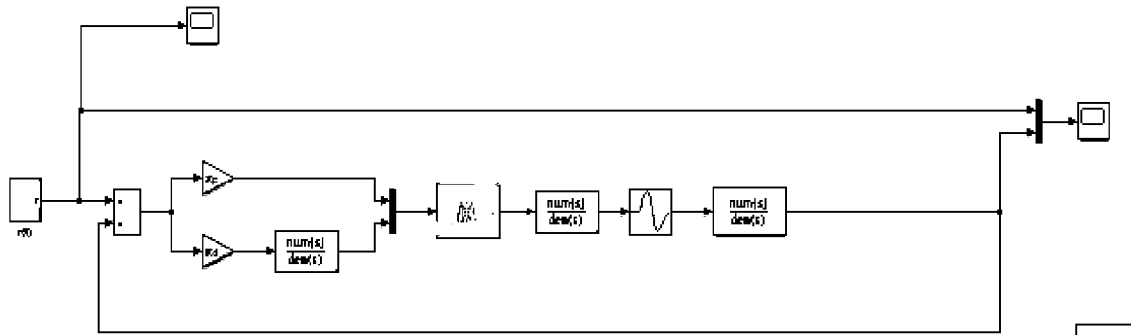


Рисунок 70 – Система с кусочно-постоянным воздействием

Переходный процесс схемы (рис. 70) показан в виде графика (рис. 71):

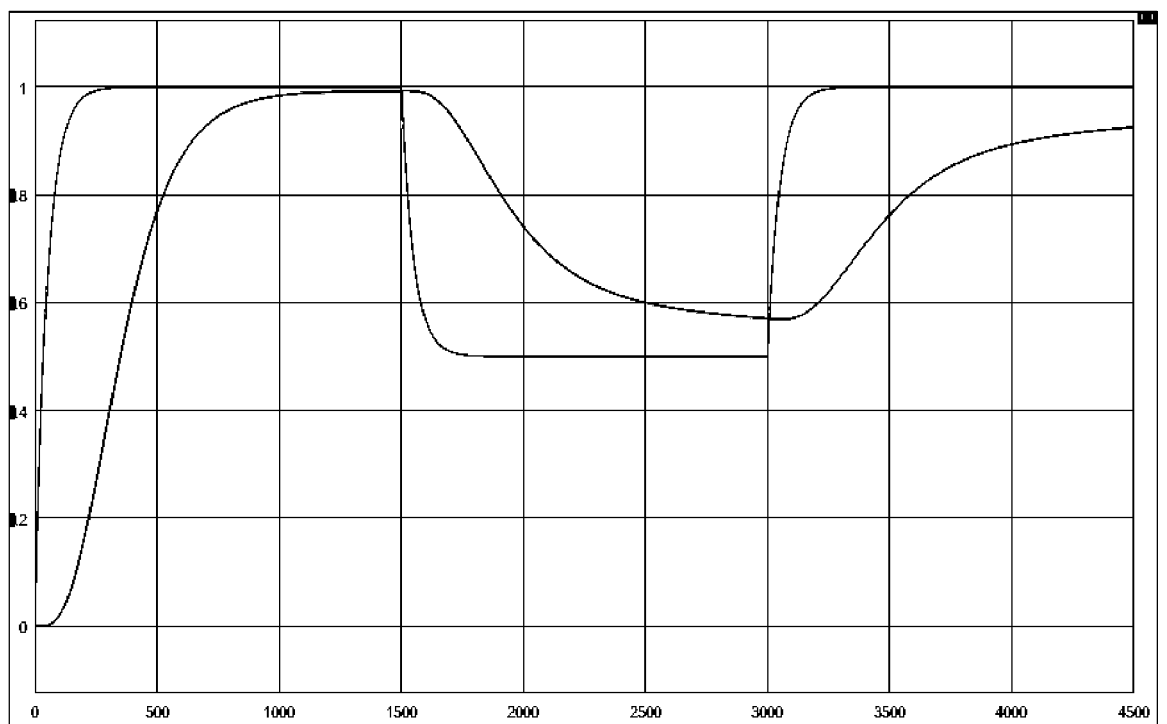


Рисунок 71 – ПП при кусочно-постоянном воздействии

Введем в структурную модель систему ШИМ и рассмотрим работу системы в этом случае (рис.72). Также оценим работу полученных решений

для случая изменения параметров объекта согласно. И сделаем вывод о работе системы.

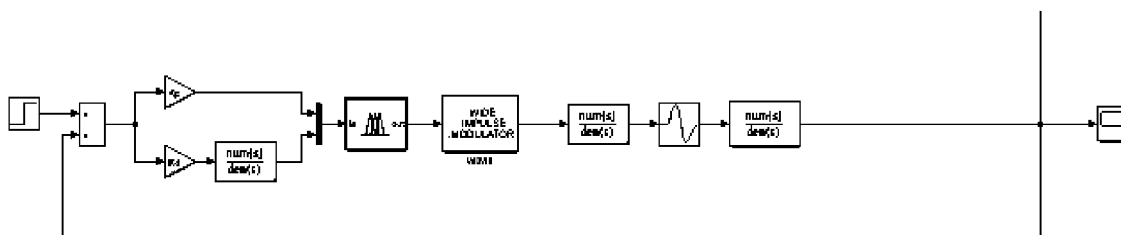


Рисунок 72 – Блок ШИМ в системе

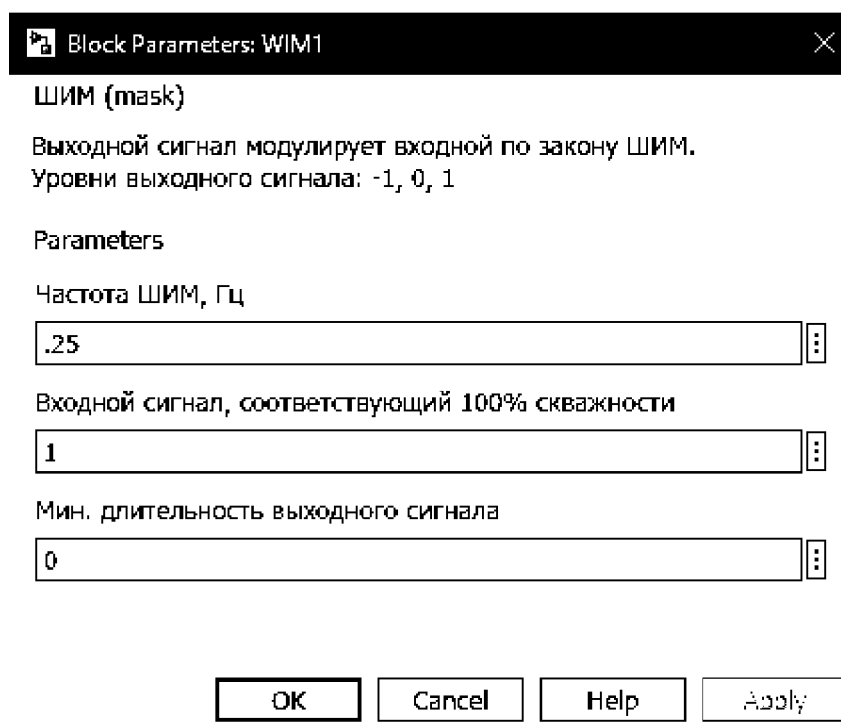


Рисунок 73 – Параметры блока ШИМ

Принцип работы блока широтно-импульсной модуляции следующий (рис.73). Модулятор импульсов (Impulse Modulator) с заданной частотой 0.25 и входным сигналом вырабатывает короткие тактовые импульсы единичной амплитуды.

Переходный процесс схемы (рис. 72) показан в виде графика (рис. 74):

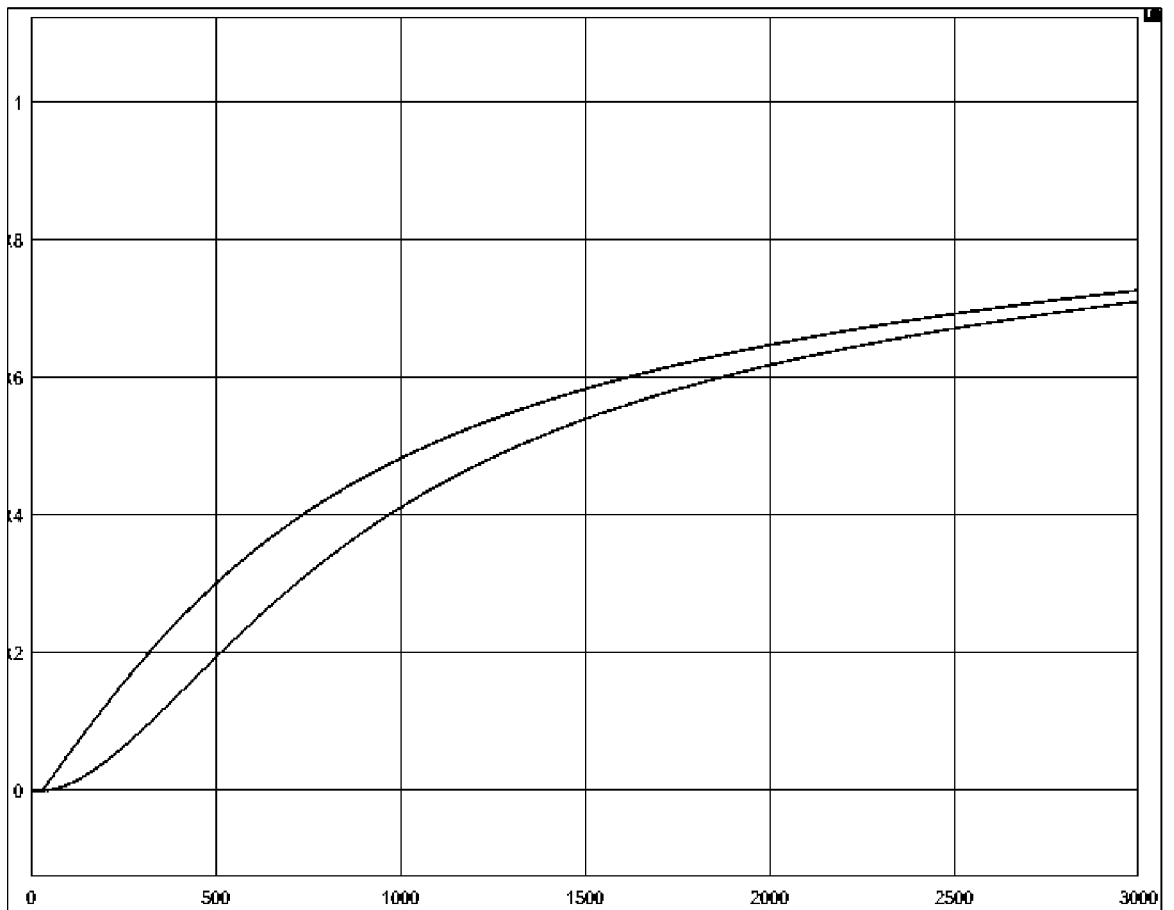


Рисунок 74 – ПП при использовании ШИМ

При использовании ШИМ в ПП вышли незначительные изменения. Попробуем изменить значения на минимальные $T_j=16,17$ и $k=0,55$ и запустить эту же схему с ШИМ, на рисунке 75 увидим ПП:

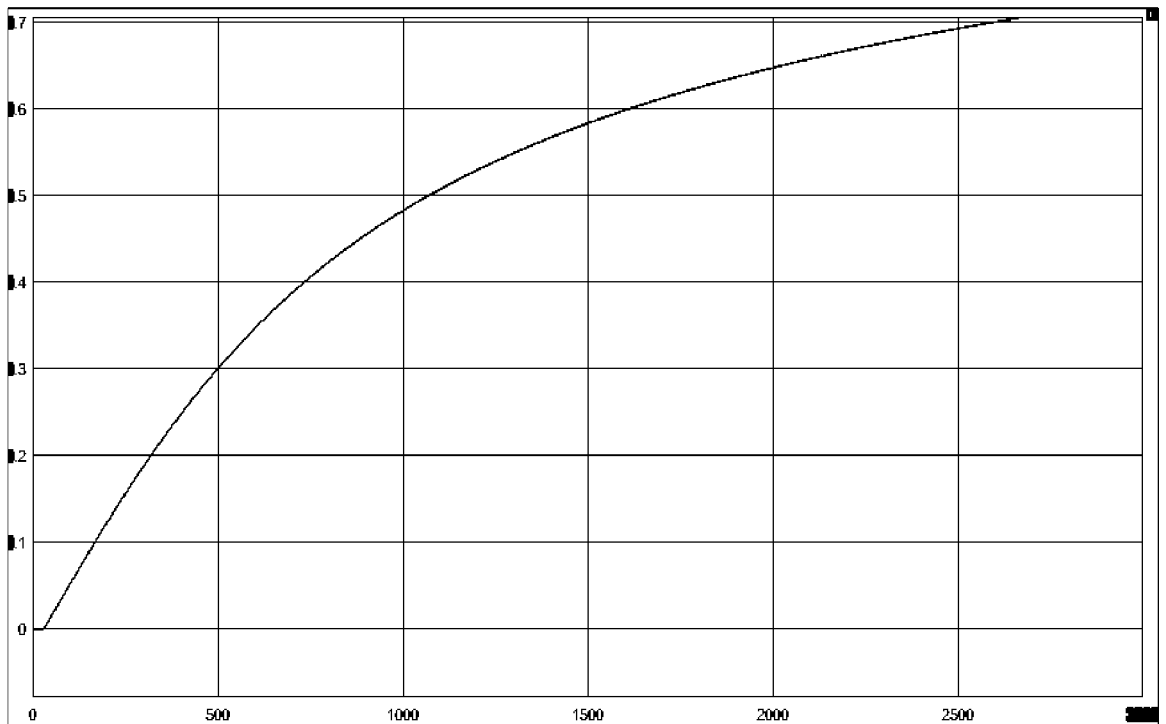


Рисунок 75 – ПП с минимальными значениями T_I и k при использовании ШИМ

Для системы с исполнительным механизмом и без него (с ШИМ и без) видоизменим структуру ПД регулятора включив «интегратор в обход», т.е. добавим параллельно нечеткому ПД-алгоритму классическую, интегральную составляющую с коэффициентом [13].

При $K_i=1$ с ШИМ и ИМ, выходной сигнал показан (рис. 76) в виде графика:

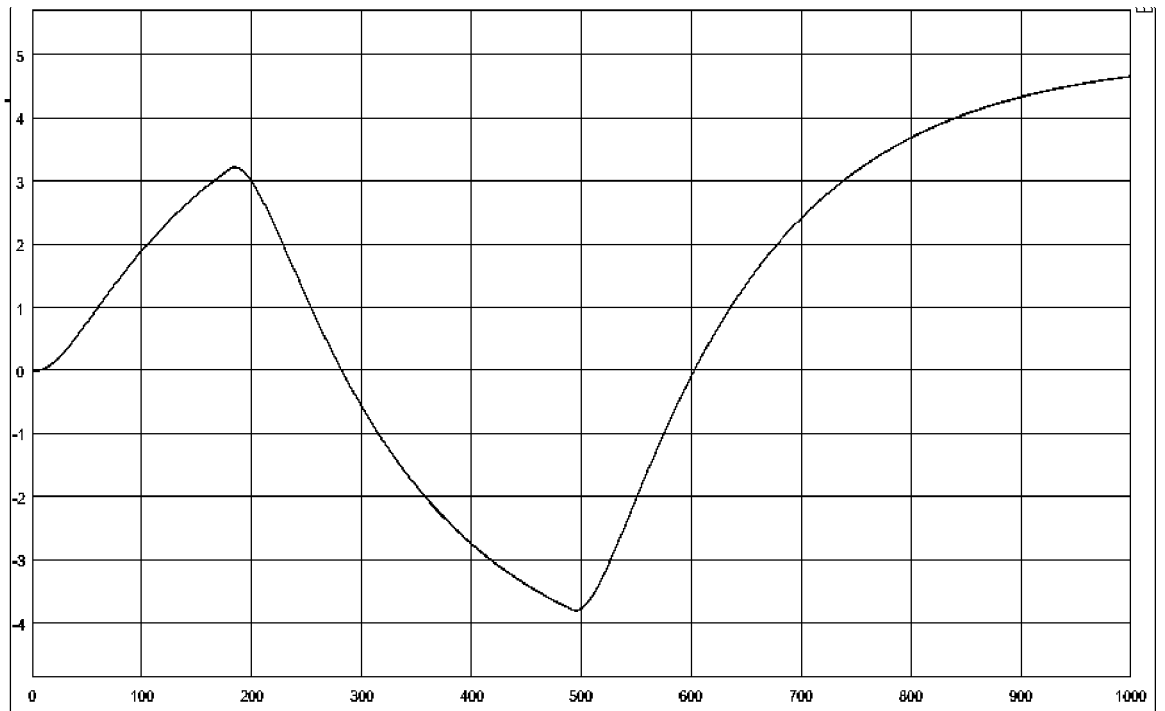


Рисунок 76 – ПП системы с ШИМ и ИМ

При $K_i=1$ с ИМ и без ШИМ, выходной сигнал показан (рис. 77) в виде графика:

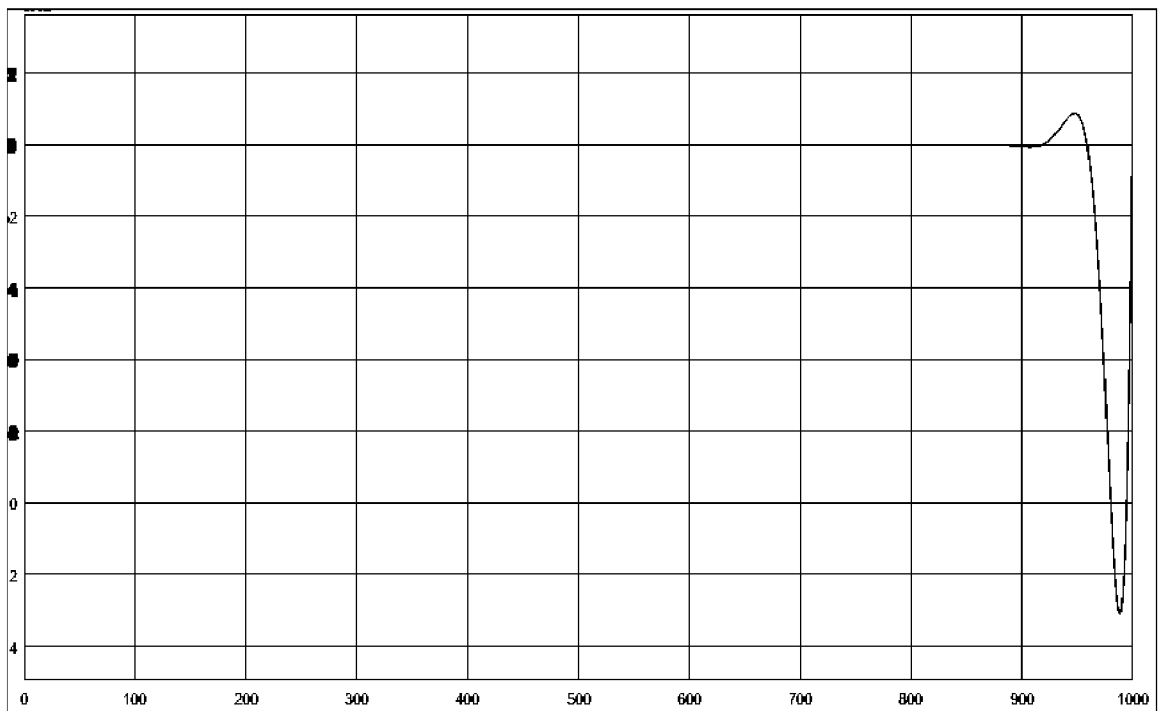


Рисунок 77 – ПП системы с ИМ и без ШИМ

При $K_i=1$ с ШИМ и без ИМ, выходной сигнал показан (рис. 78) в виде графика:

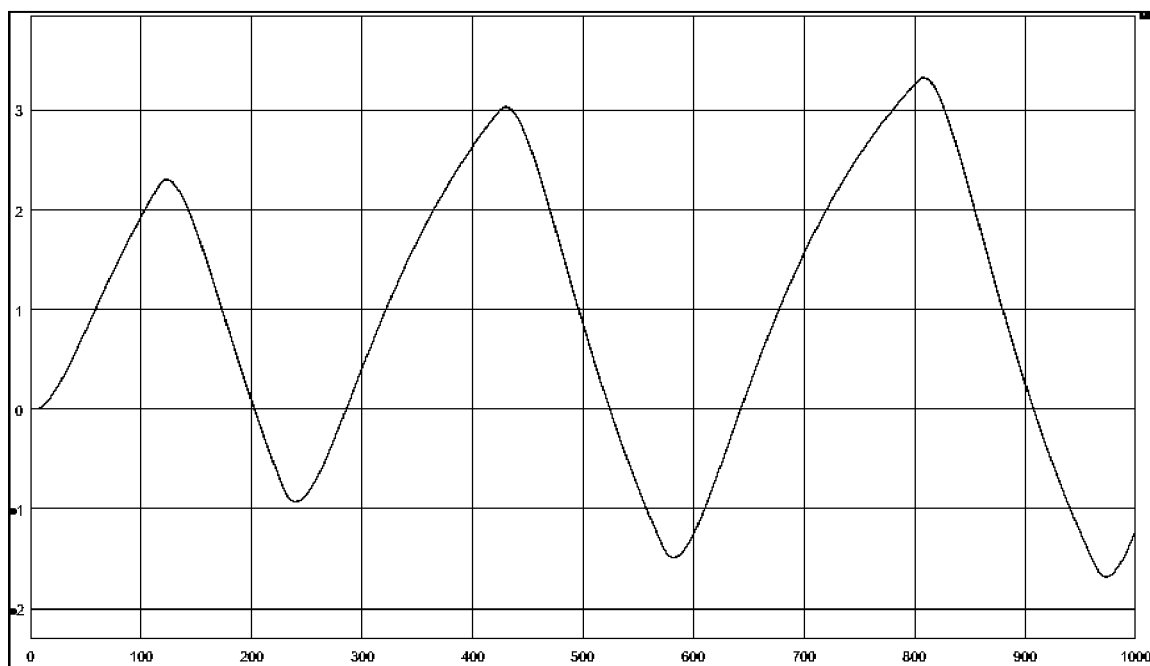


Рисунок 78 – ПП системы с ШИМ и без ИМ

При $K_i=1$ без ШИМ и ИМ, выходной сигнал показан (рис. 79) в виде графика:

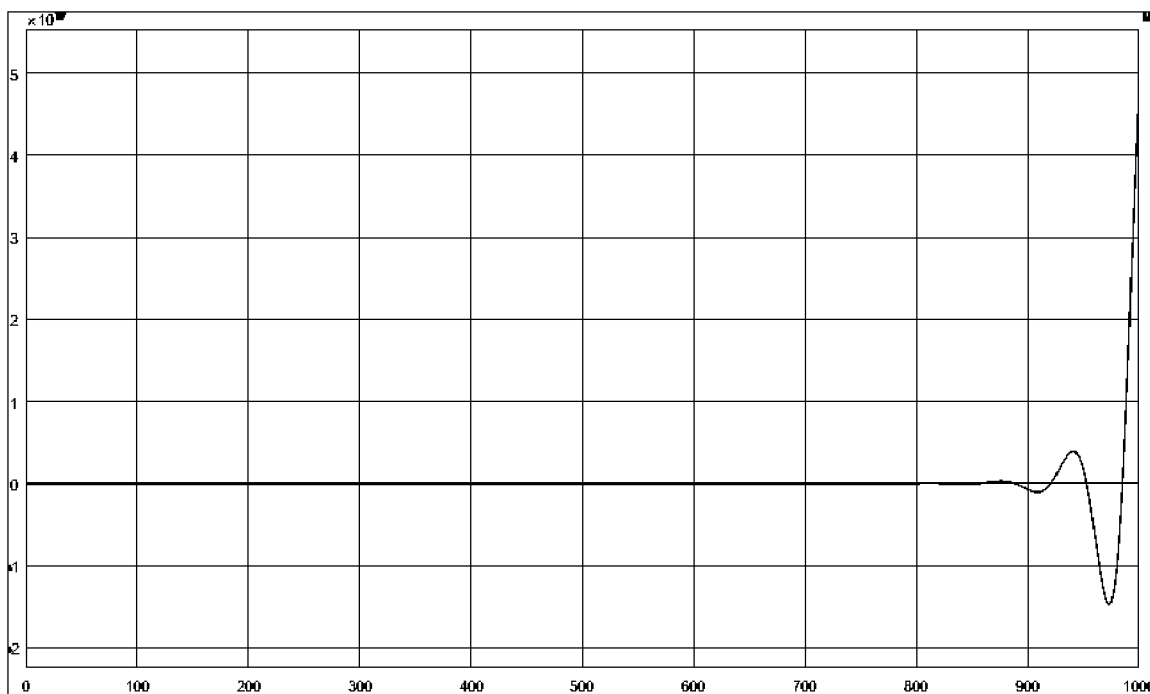


Рисунок 79 – ПП системы без ШИМ и ИМ

При $K_i=0,001$ с ШИМ и ИМ, выходной сигнал показан (рис. 80) в виде графика:

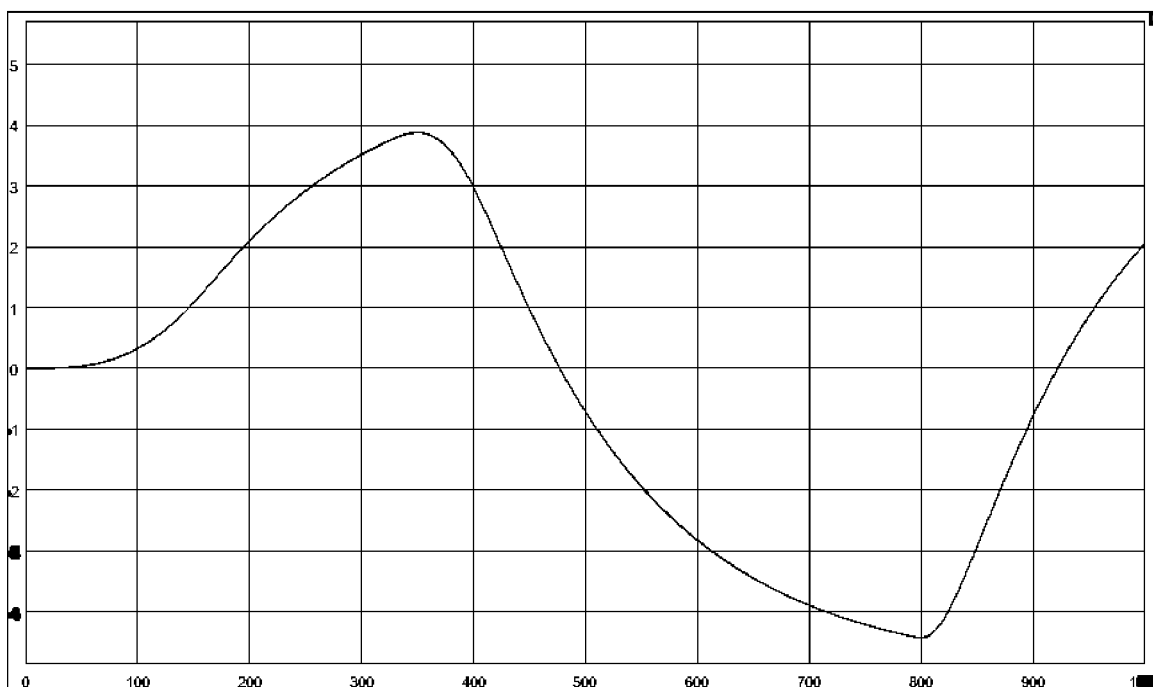


Рисунок 80 – ПП системы с ШИМ и ИМ

При $K_i=0,001$ с ИМ и без ШИМ, выходной сигнал показан (рис. 81) в виде графика:

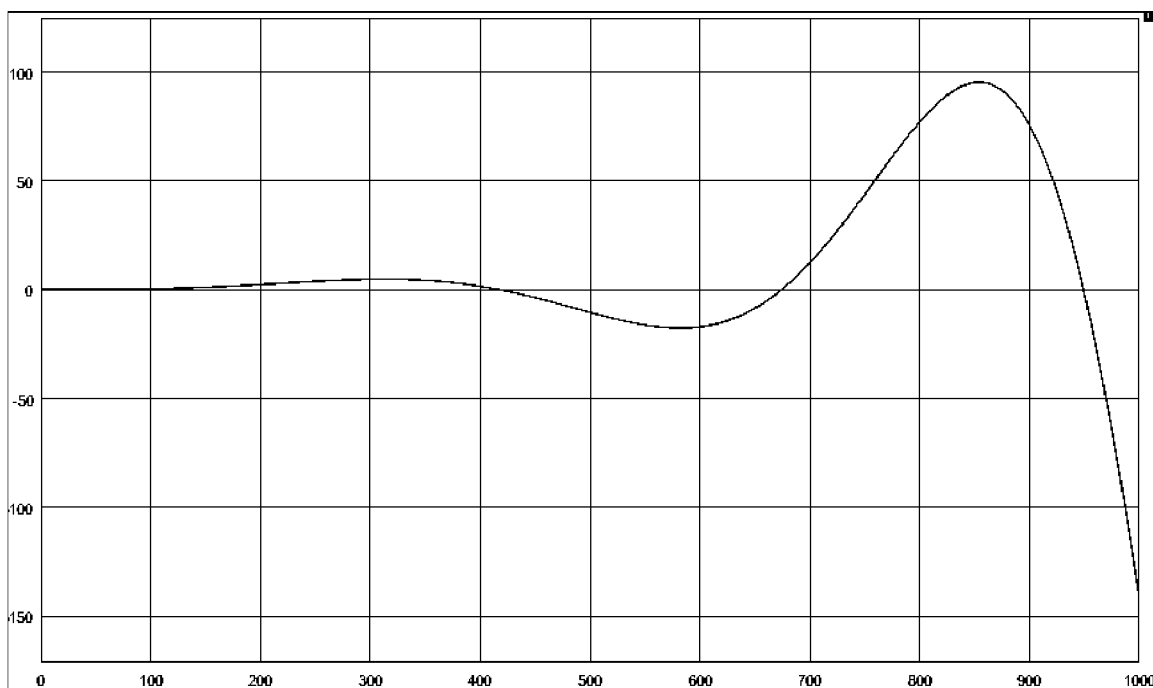


Рисунок 81 – ПП системы с ИМ и без ШИМ

При $K_i=0,001$ с ШИМ и без ИМ, выходной сигнал показан (рис. 82) в виде графика:

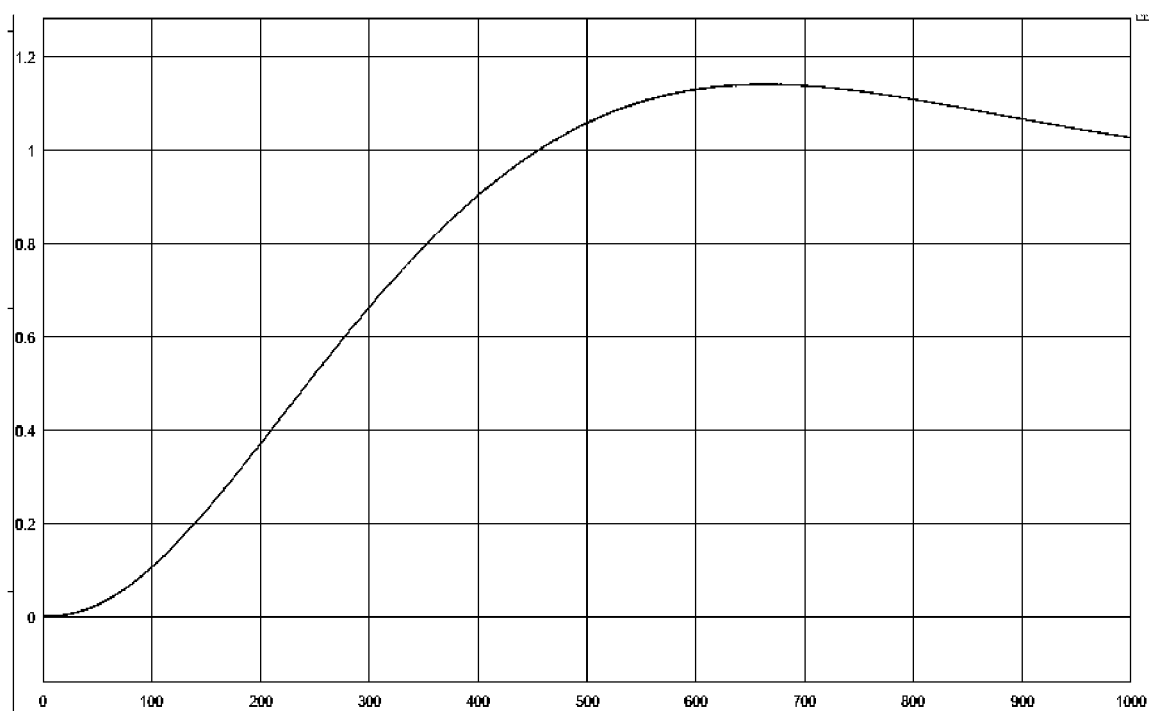


Рисунок 82 – ПП системы с ШИМ и без ИМ

При значении коэффициента $K_i=0,001$ без ШИМ и ИМ, выходной сигнал показан (рис. 83) в виде графика:

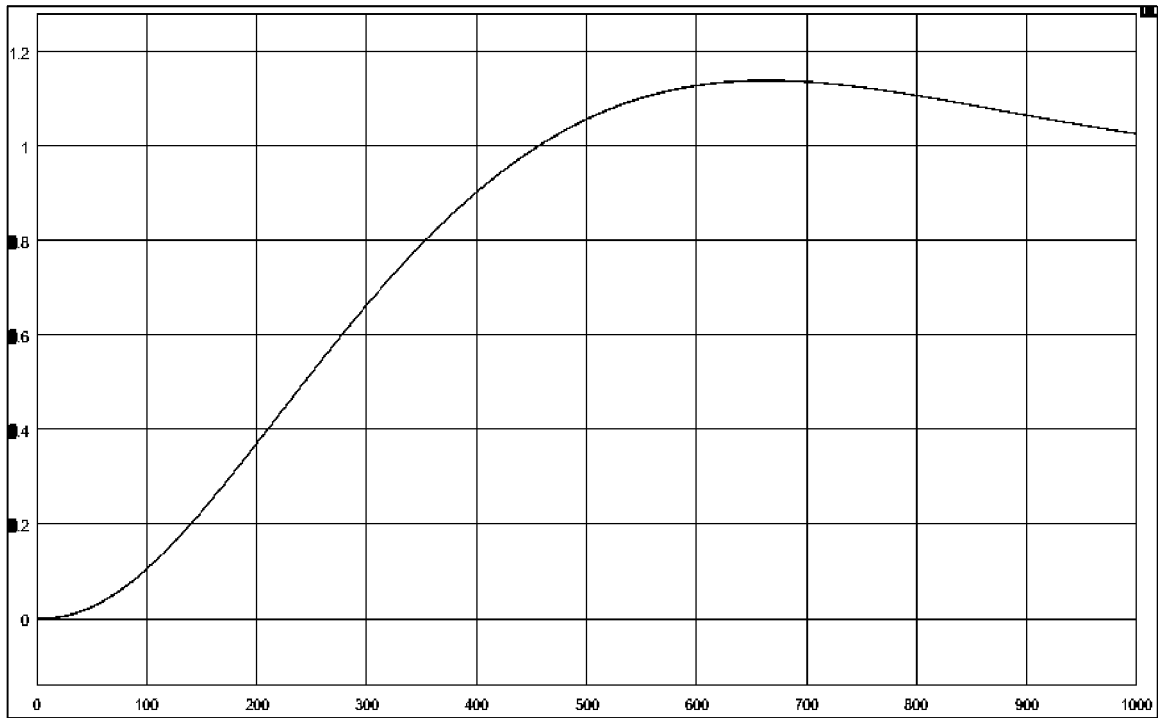


Рисунок 83 – ПИ системы без ШИМ и ИМ

При значении коэффициента $K_i=0,00001$ с ШИМ и ИМ, выходной сигнал показан (рис. 84) в виде графика:

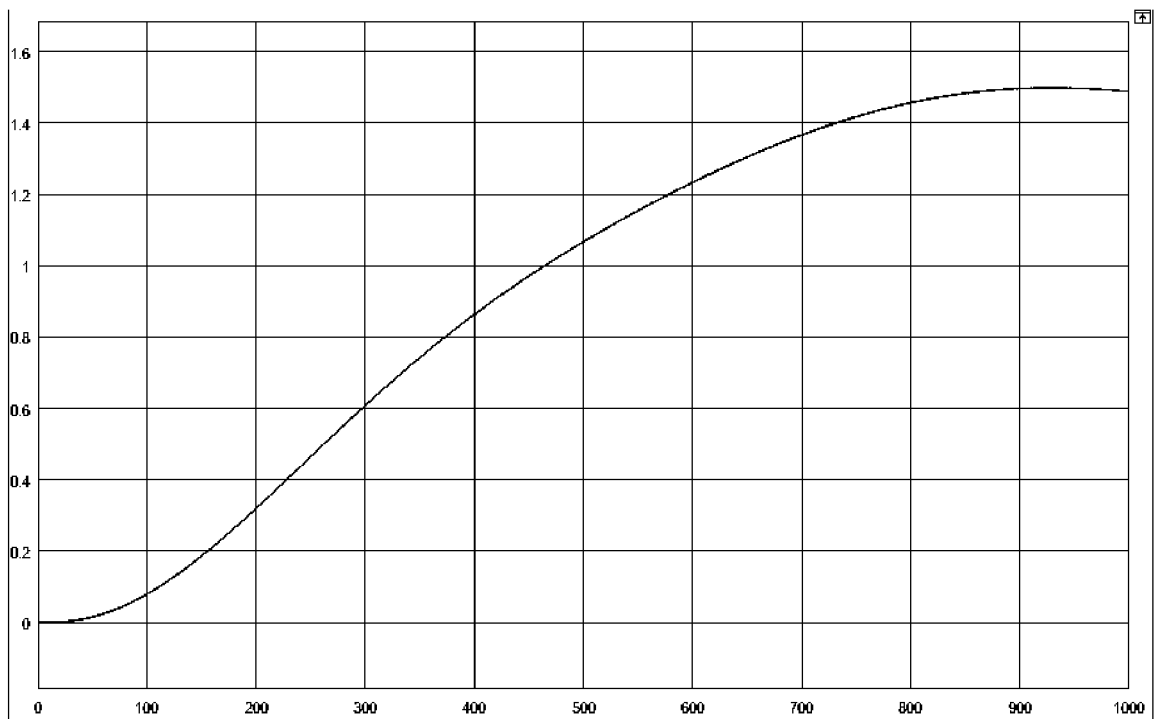


Рисунок 84 – ПИ системы с ШИМ и ИМ

При значении коэффициента $K_i=0,00001$ с ИМ и без ШИМ, выходной сигнал показан (рис. 85) в виде графика:

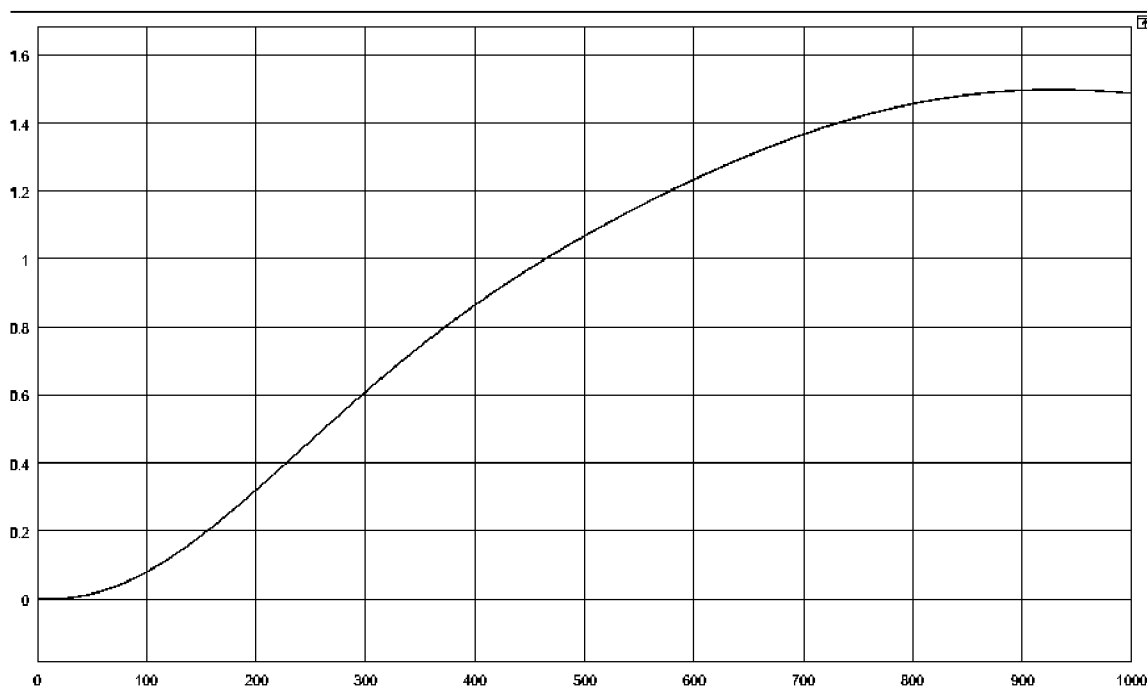


Рисунок 85 – ПП системы с ИМ и без ШИМ

При значении коэффициента $K_i=0,00001$ с ШИМ и без ИМ, выходной сигнал показан (рис. 86) в виде графика:

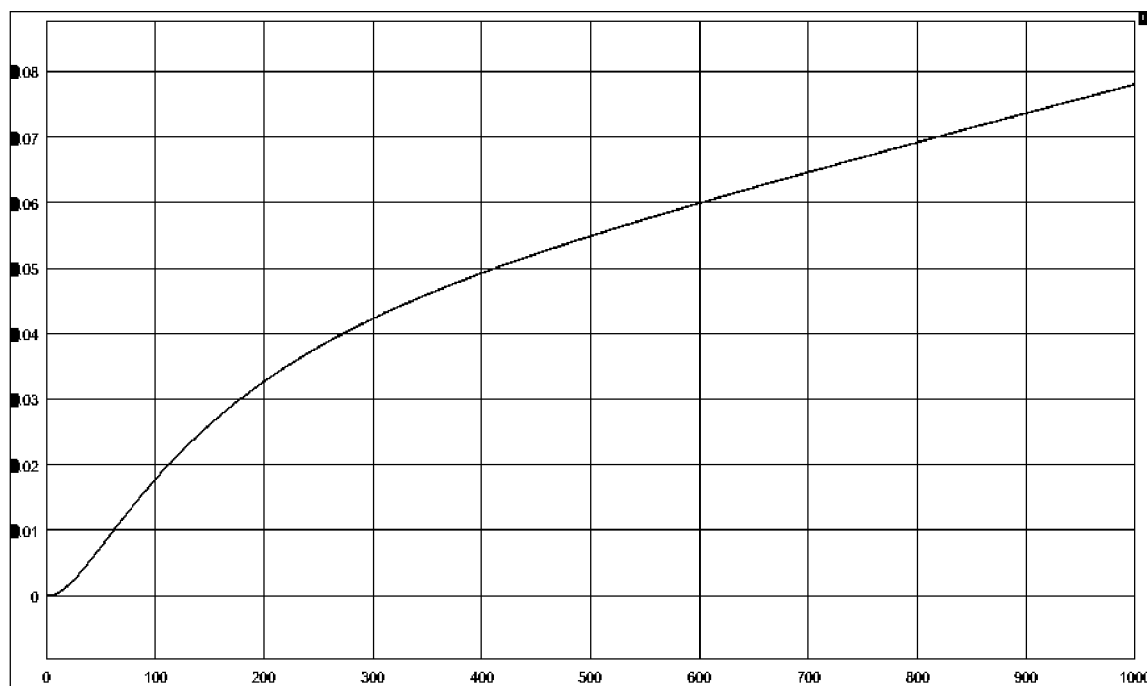


Рисунок 86 – ПП системы с ШИМ и без ИМ

При значении коэффициента $K_i=0,00001$ без ШИМ и ИМ, выходной сигнал показан (рис. 87) в виде графика:

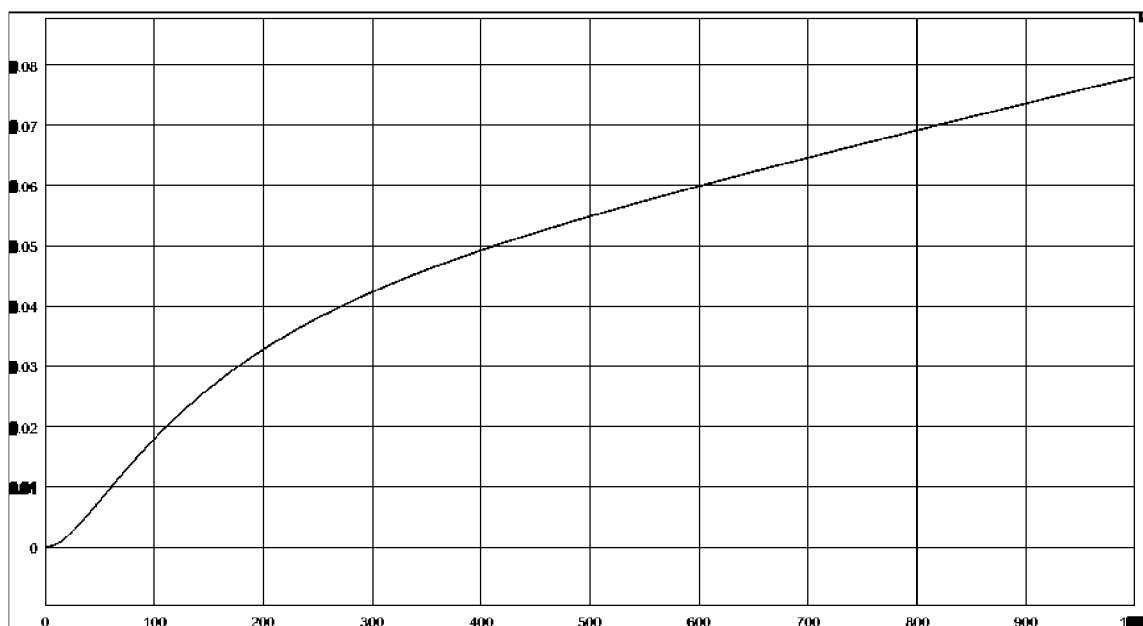


Рисунок 87 – ПИ системы без ШИМ и ИМ

Нечеткое управление позволяет получить особый класс систем, отличный от ранее рассмотренных случаев, при этом в некоторых обстоятельствах существенно улучшить функционирование системы регулирования. Само нечеткое управление перспективно использовать тогда, когда информации об объекте недостаточно, либо когда адекватное математическое описание получить проблематично, но имеется достаточно большой опыт управления самим объектом.

Сделаем обобщенный вывод по всем приведённым подходам моделирования.

Для объектов существуют множество подходов для организации управления. Отметим, что выбор того или иного подхода для объектов теплоэнергетики в настоящее время вопрос открытый. При этом нельзя не отметить, что с большинством задач регулирования весьма успешно справляется классический, адаптивный либо нечеткий ПИД-закон управления [12].

Результаты моделирования демонстрируют, что реакция адаптивного ПИД- регулятора сравнимо лучше от классического и нечеткого ПИД- регулятора. Кроме того было замечено, что с повышением порядка объекта управления, реакция ПИД-регулятора становится скуднее. Однако реакция адаптивного ПИД-регулятора является сравнимо лучше. Также мы видим, что адаптивный ПИД-регулятор дает отличные показатели для объекта управления порядка, по соотношению с другими высшими объектами управления. Данные опыты, дают основания считать, что применение адаптивного регулятора для управления питательным электрическим насосом приведет к положительным результатам.

3.4 Демонстрация работы системы


Сохраним проект и нажмем кнопку  Login. После запуска программы проверим правильность её работы. Зайдем во вкладку визуализации и будем управлять процессами и создавать разные условия работы (рис.88).



Рисунок 88 – Вкладка визуализации

Выберем во вкладке визуализации панель оператора и введем в пуск наш насос при заданной частоте (рис.89).

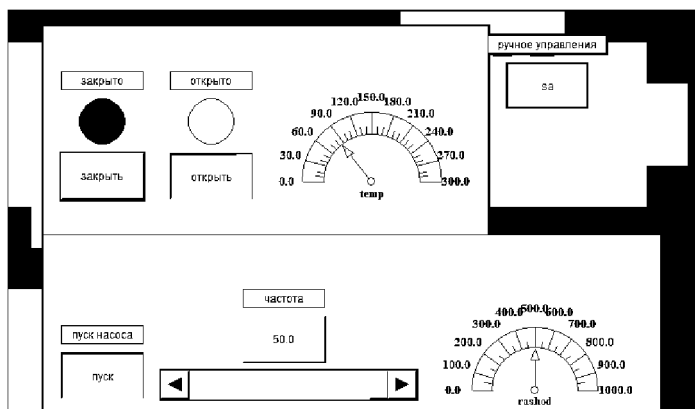


Рисунок 89 – Окно визуализации operator

На рисунке 90 представлена работа системы управления питательным электронасосом и его характеристиками при заданных параметрах в панели оператора и на viz (уставка температуры 100°С и расхода 150).

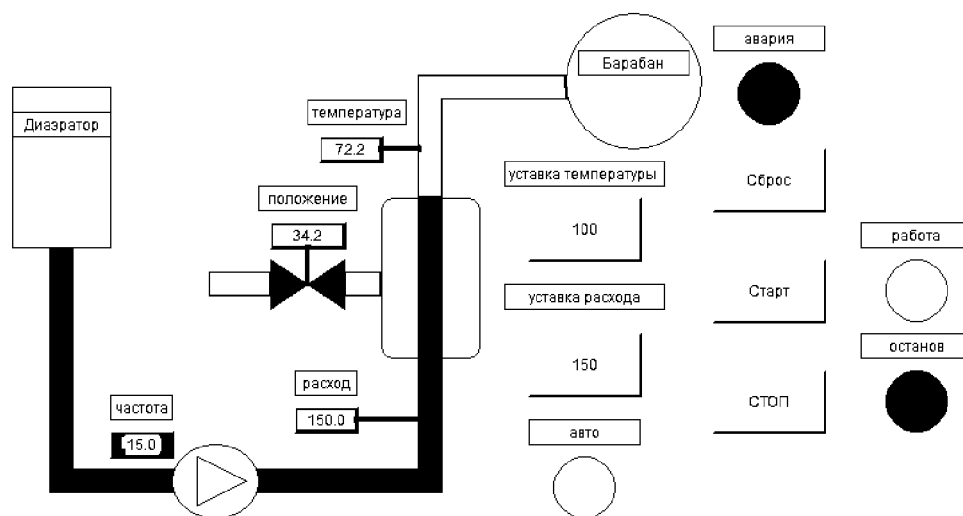


Рисунок 90 – Окно визуализации viz при пуске

Попробуем создать искусственную аварийную ситуацию, например, путем повышения температуры выше нормы, допустим в 240°С и будем наблюдать, сработает ли авария и последующая остановка (рис.91).

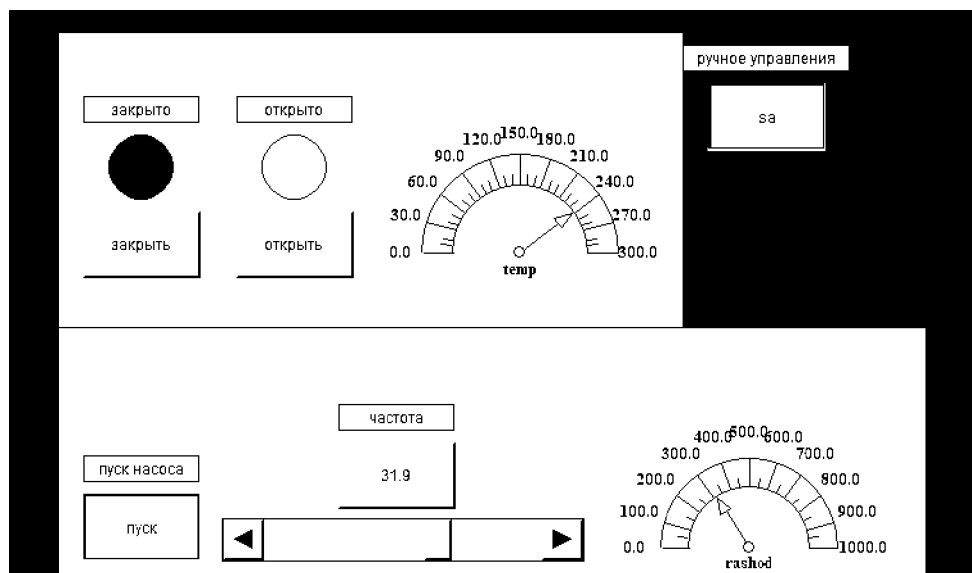


Рисунок 91 – Окно визуализации оператор с температурой 240°С

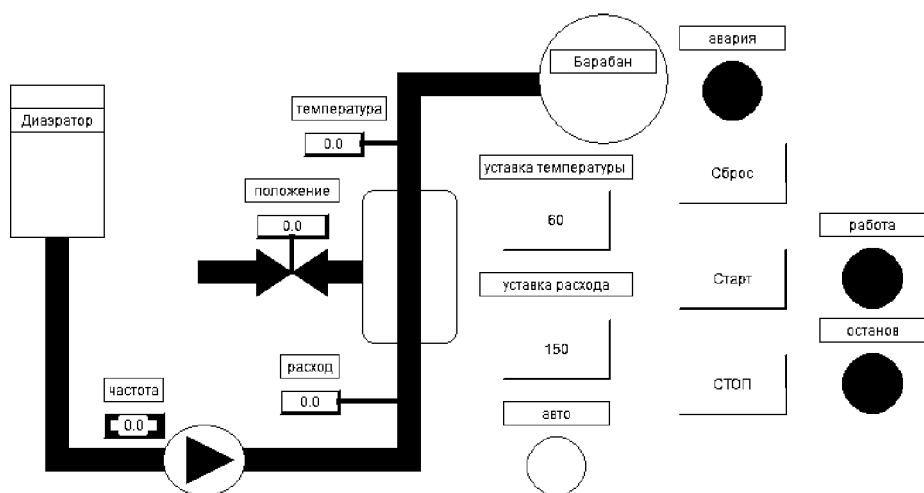


Рисунок 92 – Окно визуализации viz при аварии

В окне viz видим (рис.92), что авария сработала и питательный электронасос выключен.

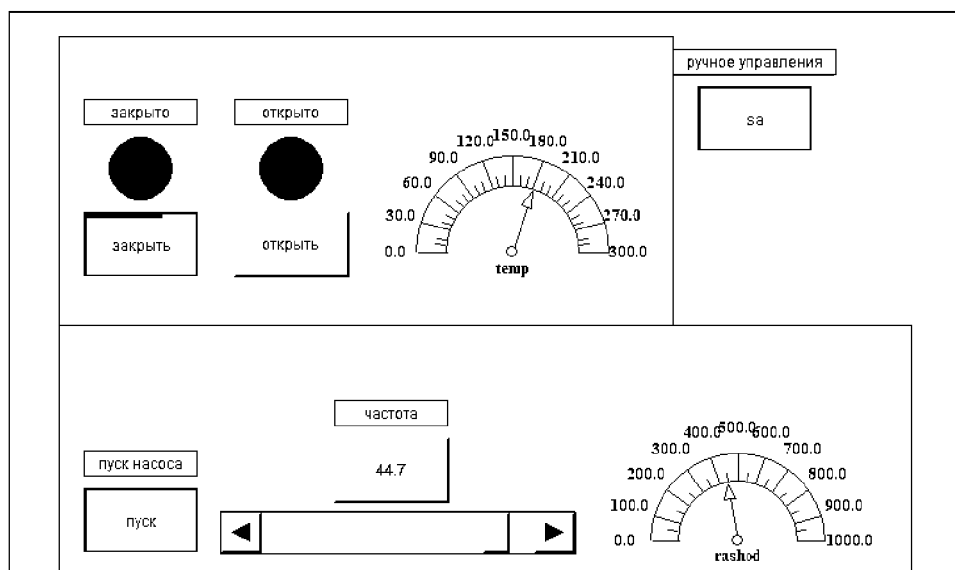


Рисунок 93 – Окно визуализации operator при аварии

Как мы наблюдаем, на рисунке 93 условие последующей остановки сработало. Работа остановлена.

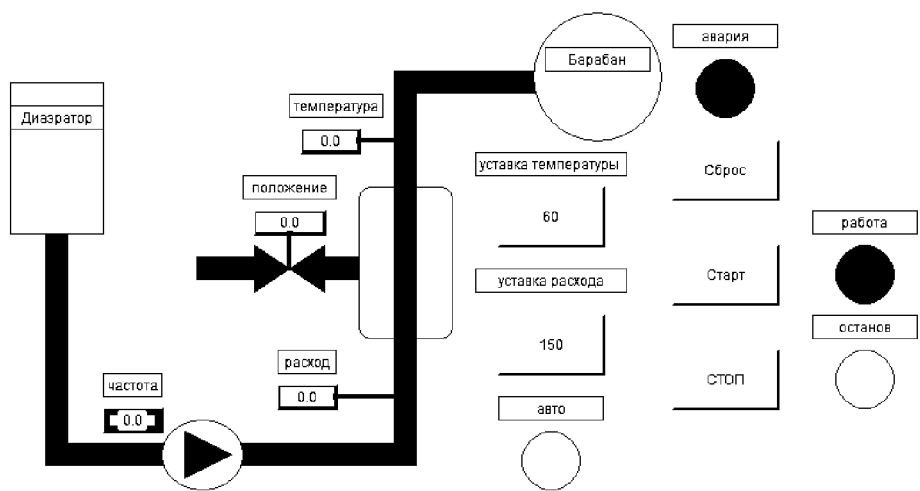


Рисунок 94 – Окно визуализации viz при остановке

4 КОМПОНОВКА ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ

4.1 Подбор устройств управления и индикации

Для щита управления были выбраны следующие устройства коммутации и индикации:

- светодиодный индикатор зеленый XB7EV03MP (рис.95), применяются в пультах управления и шкафах автоматики для сигнализации режимов работы оборудования и состояния технологических процессов. В нашем случае служит для информирования о положении привода «открыто». Матрица, диаметр 22 мм, напряжение 230 В, тип напряжения (АС) переменное, цена: 215 руб.;

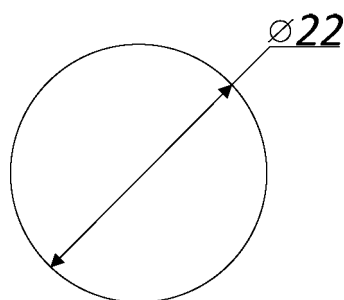


Рисунок 95 – Светодиодный индикатор XB7EV03MP

- светодиодный индикатор красный TELXB7EV04MP (рис.96), служит для информирования о положении привода «закрыто». Матрица, диаметр 22 мм, напряжение 230 В, тип напряжения (АС) переменное, цена: 215 руб.;

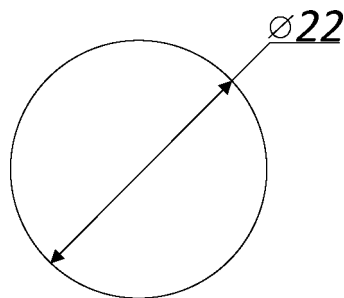


Рисунок 96 – Светодиодный индикатор TELXB7EV04MP

- переключатели режима управления 2 шт. (рис.97), ручной, выключено, автоматический (ON)-OFF-(ON), NP2-BJ53, 3 положения с возвратом, защита IP40, цена: 361 руб.;

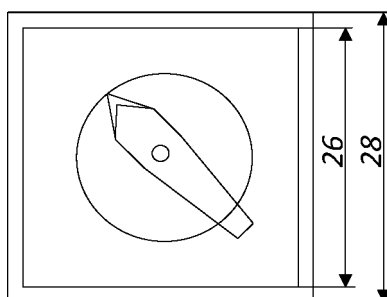


Рисунок 97 – Переключатель режима управления NP2-BJ53

- кнопка без фиксации PBS-11B green (рис.98), предназначена для управления электромагнитными контакторами, пускателями, реле и другими вторичными цепями OFF-(ON) (1A 250VAC), зеленая, цена: 39 руб.;

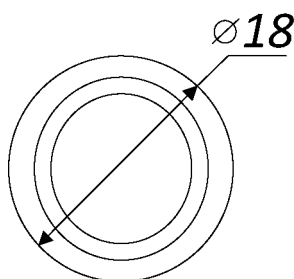


Рисунок 98 – Кнопка без фиксации PBS-11B green

- кнопка без фиксации PBS-11B red (рис.99), OFF-(ON) (1A 250VAC), красная, цена: 39 руб., с помощью неё происходит управление МЭОФ в ручном режиме;

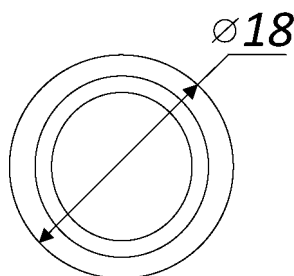


Рисунок 99 – Кнопка без фиксации PBS-11B red

- кнопка с фиксацией PBS-15A red (SPA-110A1) (PSW9B) (рис.100), ON-OFF (1A 250VAC), красная, цена: 56 руб., служит для пуска ПЧ в ручном режиме;

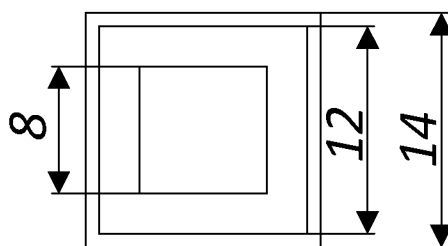


Рисунок 100 – Кнопка с фиксацией PBS-15A

- потенциометр для преобразователя частоты MT22 R10 (рис.101), диаметр 22 мм, сопротивление 10кОм, макс. мощность: 0.5Вт, степень защиты: IP65, цена: 882 руб;

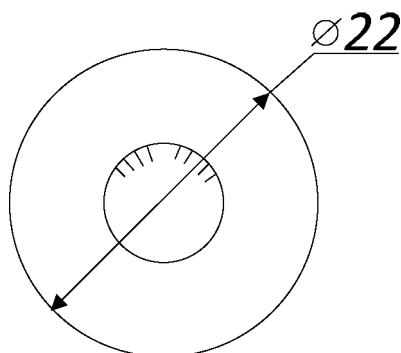


Рисунок 102 – Потенциометр для преобразователя частоты MT22 R10

4.2 Эскиз щита управления

Выбор конструкции щита управления зависит от количества встраиваемых в него аппаратов управления, их типов и характеристик, компоновки и удобства использования на определенном объекте. На рисунке 103 показан эскиз щита управления.

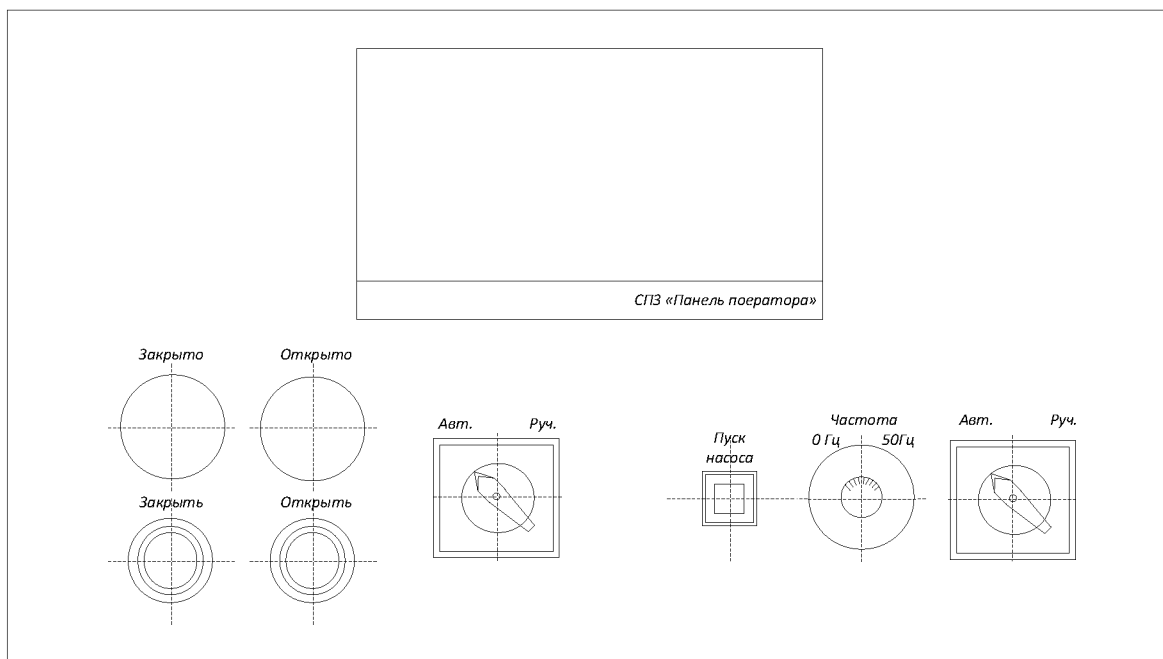


Рисунок 103 – Эскиз щита управления

Полный эскиз щита управления см. ПРИЛОЖЕНИЕ Д. И спецификацию к щиту управления см. ПРИЛОЖЕНИЕ Е.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 ЧС, связанные с эксплуатацией и отказом питательного электрического насоса

Повреждение корпусов подогревателей высокого давления.

На некоторых электрических станциях с энергоблоками 200 и 300 МВт были тяжелые повреждения оборудования турбин из-за отрыва корпусов ПВД, которые были поставлены под давление, в результате превышения ограничения прочности фланцевых соединений. При всём этом, давлением питательной воды корпус ПВД выталкивался на высоту в несколько десятков метров, разрушая фермы и перекрытие машзала, а при падении - оборудование машзала, вызывая пожары.

Главными основаниями таких аварий являются: неприемлемый износ и утонение входных (выходных) участков змеевиков ПВД; несрабатывание защиты ПВД при увеличении уровня конденсата греющего пара до I и II ограничения; ошибочные действия оперативного персонала.

Для недопущения разрушения корпусов ПВД: проверяется в соответствии с графиком работы защиты ПВД, расследуется каждый случай ее несрабатывания, осуществляются действия по ликвидации дефектов; проверяется исправность сигнализации при увеличении уровня в ПВД до I и II предела, производится сигнализация обесточивания схемы электропитания приводов импульсных клапанов защиты ПВД, производится в период капитальных и средних ремонтов ультразвуковой контроль толщины стенок змеевиков и перепускных трубопроводов с их отбраковкой и подменой, указывается в инструкциях организации перегрузка, при которой делается включение (отключение) ПВД по пару и воде при пуске (останове) энергоблока. Операции по включению (отключению) ПВД выполняются одновременно, то есть одним и этим же лицом без перерыва и отвлечения

его на реализацию остальных операций, под контролем лица из числа старшего оперативного персонала.

При появлении аварийного положения, который связан с переполнением ПВД и несрабатыванием защиты ПВД I предела, производятся все операции по отключению ПВД, предусмотренные действием защиты ПВД I предела, и выясняются предпосылки переполнения ПВД и несрабатывания защиты. Если показатели опрессовки по воде укажут на течь трубной системы, ПВД выводится в ремонт.

Нужно подразумевать, что если ПВД переполнился и защита I предела не сработала, может не сработать и защита II предела, в связи с тем, что по схеме действия последняя работает после переполнения ПВД до II предела по факту срабатывания защиты I предела.

Поэтому вместе с реализацией операций по отключению ПВД устанавливается непрерывный контроль за уровнями в ПВД по устройствам и водомерным колонкам, и при предстоящем увеличении уровня до II предела выводится АВР питательных электронасосов, отключаются питательные насосы и останавливается энергоблок.

Повреждение турбопроводов питательной воды.

Аварии, которые связаны с повреждениями трубопроводов питательной воды (свищи, пробой прокладок, трещины, разрывы), относятся к уровню более тяжелых аварий на электрических станциях. Они могут привести к повреждениям главного и вспомогательного оборудования струей воды, поверхностей нагрева котла из-за окончания либо понижения расхода воды на котел, также сделать серьезную угрозу безопасности эксплуатационного персонала. Поэтому при устранении аварий на трубопроводах питательной воды эксплуатационный персонал проявляет необыкновенную оперативность и осторожность.

Повреждения трубопроводов питательной воды могут случиться в итоге: эрозионного износа, гидравлических ударов в трубопроводах, недостаточной компенсации тепловых расширений при заземлении на опоре, неисправности подвижных опор, некачественной сварки трубопроводов или дефектной технологии обработки стыков.

Более соответствующими признаками повреждения трубопроводов питательной воды являются: неожиданное возникновение мощного шума и удара в зоне расположения трубопроводов; уменьшение общего расхода питательной воды и расхода воды по потокам; понижение давления питательной воды перед котлом до регулирующего питательного клапана и после него; понижение уровня воды в барабане; перегрузка питательных насосов; расхождение в показаниях водомеров и парометров; понижение давления до интегрированных задвижек и увеличение температуры пара по тракту прямооточного котла; наполнение паром помещения.

При возникновении обозначенных признаков повреждения трубопроводов питательной воды оперативный персонал прежде всего обеспечивает безопасность людей, сохранность оборудования, узнаёт предпосылки аварии и принимает конструктивные меры к ее устранению.

При возникновении свищей в сварных соединениях трубопроводов, пробое прокладки во фланцевых соединениях арматуры, сильном парении через фланцы либо сварные соединения в целях недопущения предстоящего развития аварии оперативный персонал незамедлительно удаляет людей из зоны аварийного участка, отключает поврежденный участок трубопровода, принимает конструктивные меры по защите оборудования от попадания на него воды (особенно на электродвигатели, маслобаки, маслопроводы), закрывает проходы в опасную зону и вывешивает предупреждающие плакаты.

В случае предстоящего развития повреждения и невозможности отключения поврежденного участка соответственное оборудование (питательный насос, котел, турбина) останавливается.

При разрыве трубопроводов питательной воды на энергетическом блоке: останавливается котел; отключаются турбина и генератор; останавливаются питательные и бустерные насосы, выводятся люди из помещения, где произошел разрыв, осуществляются действия для обеспечения безопасности персонала и защиты оборудования от попадания на него струй воды, понижается давление в котле до нуля.

На электрических станциях с поперечными связями при повреждении общестанционных коллекторов питательной воды задвижками отключается поврежденный участок и производятся нужные схемные переключения в целях удержания в работе котлов и турбин. Если поврежденный участок трубопровода отключить нет возможности, то аварийно останавливается часть котельного и турбинного оборудования.

5.2 Должностная инструкция начальника турбинного цеха

Турбинный цех (далее ТЦ) входит в состав структурного подразделения «Благовещенская ТЭЦ» (далее СП БТЭЦ) филиала «Амурская генерация» АО «ДГК».

Структура и численность, профессиональный, должностной и квалификационный состав цеха устанавливаются в соответствии со штатным расписанием, утвержденным директором филиала «Амурская генерация». Согласно штатному расписанию в состав турбинного цеха входят:

- 1- цеховой персонал;
- 2 - эксплуатационный персонал;
- 3- ремонтный персонал.

Общая структура турбинного цеха приведена на рисунке 64.



Рисунок 104 – Общая структура ТЦ

Руководство цехом осуществляет начальник на основе единоначалия, с привлечением для решения поставленных задач коллектива цеха. Начальник цеха относится к категории руководителей, назначается и освобождается от должности директором СП БТЭЦ по представлению главного инженера СП БТЭЦ, согласно Трудовому кодексу РФ. В соответствии с требованиями «квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и других служащих организаций электроэнергетики» к лицу, назначенному на должность начальника цеха, предъявляются следующие квалификационные требования: высшее профессиональное (техническое) образование и стаж работы на постах специалистов и управляющих в организациях электроэнергетики либо в организациях отраслей, которые соответствуют профилю работе цеха, более 5 лет. Начальник ТЦ в производственном отношении подчиняется главному инженеру СП БТЭЦ, а в административном – выполняет все распоряжения директора СП БТЭЦ.

Функции начальника турбинного цеха (НТЦ).

- Производит организационное и техническое управление цехом по использованию или обеспечению условий для нормальной эксплуатации энергетического оборудования, зданий и строений.
- Организует оперативное обслуживание, обеспечивает выполнение ремонта, технического обслуживания, наладки, испытаний и остальных работ

по поддержанию в эксплуатационной готовности и диагностике состояния закрепленного за цехом оборудования.

- Обеспечивает выполнение заявок на ремонтное и транспортно-механизированное обслуживание, выполнение анализов, наладки и испытаний, установки и настройки устройств, оптимизацию режимов использования и иные виды сервисного обслуживания энергетического производства.

- Подготавливает проекты текущих и многообещающих планов работы цеха, графиков реализации некоторых работ (мероприятий), согласовывает условия и сроки их выполнения с заинтересованными лицами организации, также с заказчиками, доводит утверждённые плановые задания до подчинённого персонала.

- Организует разработку и распространение организационно-технических мероприятий, которые были направлены на улучшение охраны труда, увеличение надежности и экономичности, улучшение экологических характеристик работы оборудования и строений, сокращение простоев в ремонте оборудования, механизацию и автоматизацию промышленных действий, обеспечение готовности оборудования, зданий и строений к сезонным условиям работы.

- Обеспечивает актуальную и доброкачественную подготовку оборудования и рабочих мест к реализации ремонтных работ, наладочных и остальных работ, организует технический контроль качества выполнения ремонтных и монтажных работ на оборудовании, в зданиях и сооружениях цеха, их соответствия проектной, технической, нормативной документации.

- Принимает участие в приёме из ремонта и монтажа, проведении осмотров, опробования, эксплуатационных и пусковых испытаниях оборудования и строений цеха.

- Обеспечивает актуальное рассмотрение технических проектов и подготовку заключений по ним.

- Принимает участие в работе комиссий по изучению всех обстоятельств аварий и остальных технологических нарушений в работе оборудования, несчастных случаев, проверке познаний, аттестации персонала, проведению аттестации и подготовке к сертификации оборудования и рабочих мест на соответствие требованиям технической эксплуатации и охраны труда, также в проводимых рейдах, комплексных проверках, промышленных заседаниях.

- Подготавливает предложения к бизнес-планам производства и инвестиционной деятельности организации, принимает участие в подготовке обосновывающих материалов для бизнес-планов.

- Организует работу с персоналом цеха в целях поддержания его готовности к реализации своих профессиональных функций.

- Производит управление проведением цеховых занятий, принимает участие в проведении станционных тренировок, занятий по гражданской обороне и отработке действий подчинённого персонала при чрезвычайных ситуациях.

- Обеспечивает участие персонала цеха в смотрах, конкурсах профессионального мастерства и остальных проводимых в организации мероприятиях.

- Способствует рационализаторской работе в цехе, исследованию и обобщению передового опыта, организует распространение новой техники и технологии в производстве.

- Обеспечивает здоровые и безопасные условия труда в цехе, организует ведение неизменного контроля факторов производственной среды, состояния охраны труда, технической эксплуатации и пожарной безопасности в помещениях и на рабочих местах персонала.

- Организует разработку и пересмотр должностных и промышленных инструкций и остальных законодательных документов для подчинённого персонала, обеспечивает комплектование рабочих мест нормативной, методической, проектной и иной документацией в согласовании с утверждёнными перечнями.

- Принимает участие в разработке программ подготовки и увеличения квалификации подчинённого персонала, держит под контролем своевременность их пересмотра.

- Обеспечивает актуальное представление в соответствующие подразделения заявок на оборудование, материалы, инструмент, запасные части, транспорт, спецмеханизмы и защитные средства и иные материальные ресурсы, нужные для проведения намеченных объёмов работ. Контролирует реализацию заявок, правильное использование, хранение и списание материальных ценностей.

- Обеспечивает выполнение подчиненным персоналом условий правил, требований, инструкций по технической эксплуатации, охране труда, пожарной безопасности, трудовой и производственной дисциплины.

- Держит под контролем своевременность прохождения подчиненным персоналом проверки познаний, врачебных осмотров, обучения в специализированных организациях в согласовании с утверждёнными планами и графиками.

- Организует ведение технических паспортов оборудования, зданий и строений цеха, учёта и изучения их работы и технического состояния.

- Обеспечивает составление отчётности.

- Производит расстановку подчинённого персонала по участкам, бригадам, сменам, которые обслуживают объекты, направлениям деятельности. Подготавливает и передаёт исполнителям текущие задания и

обеспечивает условия для их реализации, организует работу подразделений цеха.

- Ведёт работу по подбору претендентов для подготовки резерва руководящего, оперативного и другого персонала.

- Руководит работниками цеха.

- Принимает меры по недопущению к работе и отстранению от работы лиц, находящихся на рабочих местах в болезненном состоянии, в состоянии алкогольного, наркотического или иного токсического опьянения.

- Поддерживает порядок на своём рабочем месте, в производственных, служебных и бытовых помещениях цеха и предприятия.

- Выполняет по распоряжению вышестоящего руководства разовые работы, не связанные с прямыми обязанностями по занимаемой должности, в рамках функций, возложенных на подразделение:

- Для реализации функций и должностных обязанностей НТЦ необходимо постоянно повышать свою квалификацию (систематическое самообразование, участие в производственно-экономических семинарах, периодическое обучение и другое).

В области осуществления пожарной безопасности начальнику цеха определены следующие функции и обязанности:

- Обеспечение пожарной безопасности объекта защиты (цеха).

- Сообщение о появлении возгорания в пожарную охрану и оповещение (осведомление) управляющих и дежурных служб объекта.

- Окончание всех работ в помещении (если это приемлемо по технологическому процессу производства), не считая работ, которые связаны с мероприятиями по устранению возгорания.

- Обеспечение выполнения условий безопасности работниками, которые принимают участие в борьбе с огнем.

- Организация одновременно с тушением возгорания, эвакуации и защиты материальных ценностей.

- После прибытия пожарного отделения, осведомление руководителя борьбы с возгоранием о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строений и сооружений, о числе и огнеопасных свойствах хранимых и используемых на объекте веществ, материалов, изделий и сообщение других сведений, нужных для удачного устранения пожара.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы были закреплены и углублены знания, полученные в течение обучения.

При выполнении данной выпускной работы было сформулировано техническое задание, разработана техническая принципиальная схема устройства, были найдены пути решения по аппаратной части. Произведен обоснованный выбор контроллера, построена принципиальная функциональная и электрическая схемы устройства, а также создан эскиз щита управления.

Программное обеспечение позволит персоналу наблюдать за изменениями показателей питательного электронасоса на экране панели оператора.

Были проведены проверка и тестирование системы, в ходе которых было выявлено, что система работает правильно и соответствует требованиям, указанным в задании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теличенко Д. А. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта для специальности «Автоматизация технологических процессов и производств»; Благовещенск; © 2019;
2. Ломакин А. А. Центробежные и осевые насосы. – Москва: Машиностроение, © 1966. - 364 с.;
3. Копылов А. С, Лавыгин В. М, Очков В. Ф. Водоподготовка в энергетике. – Москва: Издательский дом МЭИ, © 2006. - 309 с.;
4. Михайлов А. К, Малюшенко В. В. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование. - Москва: Машиностроение, © 1977. – 288 с.;
5. Чиняев И. А. Поршневые насосы. - Москва: Машиностроение, © 1966. – 188 с.;
6. Data sheet. Руководство пользователя. Использование OPC-сервера 3S-Software для подключения контроллеров системы CoDeSys к компьютеру;
7. Баранов В. Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», © 2004 - 288 с.: ил. (серия «Мировая электроника»);
8. Прохорович А. А. Питательные электронасосы ТЭЦ и АЭС: инструкция по изучению конструкций узлов, элементов и приемов эксплуатации для студентов всех форм обучения специальности «Тепловые двигатели и нагнетатели» [Электронный ресурс]: / А. П. Абрамов. – Электрон. дан. – Кемерово: ГУ КузГТУ, © 2012;
9. ГОСТ 34.602-89 Техническое задание на создание автоматизированной системы;
10. Data sheet. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys v.2.3. © 2020;
11. ОВЕН [Электронный ресурс] : © 2020 Режим доступа:

<http://www.owen.ru/> (Дата обращения 5.06.2020);

12. Теличенко Д. А. Современные системы управления. Сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» © 2016 – 112с.;

13. Рыбалев А. Н, Теличенко Д. А, Косицын В. Ю. Современные системы управления. Пособие к выполнению лабораторных работ, курсовому и дипломному проектированию © 2010 – 101с.;

14. Data sheet. Руководство по эксплуатации РРС 00-051553. Контроллер программируемый логический ПЛК154-220 © 2013 – 50с.;

15. Data sheet. Руководство по эксплуатации КУВФ.405220.004 РЭ. ОВЕН ДТП. Преобразователи термоэлектрические © 2013 – 56с.;

16. Data sheet. Руководство по эксплуатации № 51929-12. Расходомер питательной воды ПРТП © 2013 – 2с.;

17. Data sheet. Руководство по эксплуатации. Механизмы исполнительные электрические однооборотные МЭО 100, МЭО 250, МЭОФ 100, МЭОФ 250. Издательский дом ООО «ПКП «ЧЕБОКСАРЫЭЛЕКТРОПРИВОД» © 2019 – 16с.;

18. Matlab.Exponenta [Электронный ресурс] : © 2020 Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/> (Дата обращения - 7.06.2020);

19. Data sheet. Руководство пользователя. Конфигурирование области ввода/вывода ПЛК100/ПЛК150/ПЛК154 © 2016.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Техническое задание на разработку

Составлено в соответствии с ГОСТ 19.201-78 «Техническое задание. Требование к содержанию и оформлению».

1. Введение

1.1 Наименование системы

Полное наименование: Система автоматического управления ПЭН на БТЭЦ.

1.2 Наименование организаций – Заказчика и Разработчика

Заказчик: СП «Благовещенская ТЭЦ»;

Адрес фактический: г. Благовещенск, Загородная 177;

Телефон: +7(4162)39-87-59;

Разработчик: ФГБОУ ВО «АмГУ»;

Адрес фактический: г. Благовещенск, Игнатъевское шоссе 21;

Телефон: +7(4162)234-500.

2 Основание для разработки

Система разрабатывается в рамках дипломного проектирования на основании документов:

- ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04 АТПиП;
- Учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04

Автоматизации технологических процессов и производств.

2.1 Разработчик

Цуканов Вячеслав Андреевич, студент 4 курса энергетического факультета, кафедры Автоматизации производственных процессов и электротехники, АмГУ.

2.2 Плановые сроки начала и окончания работы

Начало работы – 13 января 2020 г;

Завершить проект необходимо до 10.07.2020 г.

2.3 Порядок оформления и предъявления заказчику результатов работ

Работы по созданию системы АПЭ сдаются Разработчиком поэтапно в соответствии с календарным планом Проекта. По окончании каждого из этапов работ Разработчик сдает Заказчику соответствующие отчетные документы этапа.

3. Назначение и цели создания системы

3.1 Назначение системы

Система предназначена для автоматизации процессов регулирования питательного электронасоса ТЭЦ.

3.2 Цели создания системы АПЭ, создается с целью:

- повышения качества;
- практически точного наблюдения за технологическим процессом;
- увеличение надежности системы;
- разработка программного обеспечения.

3.3 Характеристика объектов автоматизации

Объектом автоматизации являются процессы автоматизации и контроля над питательным электронасосом и все что с ним связано на Благовещенской ТЭЦ.

3.3.1 Краткая характеристика объектов автоматизации

Объекты автоматизации, перечисленные в пункте 3.1.2, характеризуются:

- широким перечнем оборудования;
- наличием определенной программно-аппаратной инфраструктуры;
- наличием персонала, ответственного за обеспечение функционирования информационных систем.

3.4 Сведения об условиях эксплуатации объектов автоматизации и характеристиках окружающей среды

4. Требования к системе

4.1 Требования к системе в целом

4.1.1 Требования к структуре и функционированию системы

Задачи регулирования и управления делятся на задачи верхнего и нижнего уровней. Будет осуществляться контроль состояния оборудования, переключение, расчет управляющих воздействий, отображение текущих значений параметров состояния, диагностика и т.п. Система строится таким образом, что можно вести регулирование как в разомкнутой схеме (в контроллер подается сигнал только от датчика), так и в замкнутом контуре.

Определяются требования к режимам функционирования системы.

Система должна поддерживать следующие режимы функционирования:

- Основной режим, в котором подсистемы выполняют все свои основные функции;
- Профилактический режим, в котором одна или все подсистемы не выполняют своих функций.

В основном режиме функционирования система должна обеспечивать:

- работу в режиме –24 часов в день, 7 дней в неделю (24x7);
- выполнение своих функций – дозирование, измерения, сравнения.

В профилактическом режиме система должна обеспечивать возможность проведения следующих работ:

- техническое обслуживание;
- модернизацию аппаратно-программного комплекса;
- устранение аварийных ситуаций.

Продолжение приложения А

Общее время проведения профилактических работ не должно превышать 10% от общего времени работы системы в основном режиме.

Для обеспечения высокой надежности функционирования Системы как системы в целом, так и её отдельных компонентов должно обеспечиваться выполнение требований по диагностированию ее состояния.

Для всех технических компонентов необходимо обеспечить регулярный и постоянный контроль состояния и техническое обслуживание.

4.1.2 Требования к персоналу

Пользователи системы должны разделяться на две группы:

1) Администратор – специалист, осуществляющий обслуживание и настройку разрабатываемой системы, обеспечивающий её работоспособность.

2) Пользователь – специалист, непосредственно работающий с системой.

Администратор системы должен обладает правами доступа ко всем данным системы. Контролировать правильное функционирование всей ИС, обеспечивать ее работоспособность, устранять возникшие неполадки в системе.

Пользователь должен иметь возможность просматривать всю поступающую в систему информацию о ремонтных работах оборудования, редактировать её, удалять, получать оповещения о запланированных мероприятиях.

4.1.3 Требования к надежности

Чтобы обеспечить защиту от несанкционированного доступа каждый пользователь должен иметь свой индивидуальный пароль и код уровня для входа в систему, что дает возможность контролировать пользователей, осуществляющих модификацию данных.

Продолжение приложения А

4.1.4 Требование к безопасности

При внедрении, эксплуатации и обслуживании технических средств системы должны выполняться меры электробезопасности в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Система должна соответствовать требованиям пожарной безопасности в производственных помещениях по ГОСТ 12.1.004-91. «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».

Должно быть обеспечено соблюдение общих требований безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91. «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» при обслуживании системы в процессе эксплуатации.

Разрабатываемая система должна отвечать всем требованиям, предъявляемым инструкциями по технике безопасности на предприятии. Для всего компьютерного оборудования должен быть предусмотрен заземляющий контур, все силовые и коммутационные провода должны быть с неповрежденной изоляцией, рабочие станции и другое сетевое оборудование не должно превышать допустимый уровень шума, все мониторы должны удовлетворять нормам (на электромагнитное излучение, частоту развертки, разрешение).

4.1.5 Требования к эргономике и технической эстетике

Подсистема визуализации должна обеспечивать удобный для конечного пользователя интерфейс, отвечающий следующим требованиям.

В части внешнего оформления:

- интерфейсы подсистем должен быть типизированы;

4.1.6 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов системы

Продолжение приложения А

Условия эксплуатации, а также виды и периодичность обслуживания технических средств Системы должны соответствовать требованиям по эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению, изложенным в документации завода-изготовителя (производителя) на них.

Технические средства Системы и персонал должны размещаться в существующих помещениях ТЭЦ, которые по климатическим условиям должны соответствовать ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. Размещение технических средств и организация автоматизированных рабочих мест должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 21958-76 «Система "Человек-машина". Зал и кабины операторов. Взаимное расположение рабочих мест. Общие эргономические требования».

Для электропитания технических средств должна быть предусмотрена трехфазная четырехпроводная сеть с глухо заземленной нейтралью 380/220 В (+10-15)% частотой 50 Гц (+1-1) Гц. Для обеспечения выполнения требований по надежности должен быть создан комплект запасных изделий и приборов (ЗИП).

Состав, место и условия хранения ЗИП определяются на этапе технического проектирования.

4.2 Требования к видам обеспечения

Требования не предъявляются.

5. Состав и содержание работ по созданию системы

Раздел «Состав и содержание работ по созданию (развитию) системы» должен содержать перечень стадий и этапов работ по созданию системы в соответствии с ГОСТ 24.601, сроки их выполнения, перечень организаций –

Продолжение приложения А

исполнителей работ, ссылки на документы, подтверждающие согласие этих организаций на участие в создании системы, или запись, определяющую ответственного (заказчик или разработчик) за проведение этих работ.

В данном разделе также приводят:

- 1) перечень документов, по ГОСТ 34.201-89, предъявляемых по окончании соответствующих стадий и этапов работ;
- 2) вид и порядок проведения экспертизы технической документации (стадия, этап, объем проверяемой документации, организация-эксперт);
- 3) программу работ, направленных на обеспечение требуемого уровня надежности разрабатываемой системы (при необходимости);
- 4) перечень работ по метрологическому обеспечению на всех стадиях создания системы с указанием их сроков выполнения и организаций-исполнителей (при необходимости).

Этап	Содержание работ	Результаты работ
1	Разработка технического обеспечения	Создание чертежа общего вида, принципиальной и функциональной схем
2	Разработка ПО	Описание программного обеспечения, написание руководства пользователя, составление перечня входных сигналов и данных
3	Определение потребностей в материалах и оборудовании	Составление ведомости оборудования и материалов

Продолжение приложения А

6. Порядок контроля и приёмки системы

Стадия испытаний	Участники испытаний	Место и срок проведения	Порядок согласования документации	Статус Приемочной комиссии
Предварительная проверка	Заказчик, Разработчик	АмГУ	Проведение предварительной проверки. Выявление недочетов. Устранение выявленных недочетов. Проверка устранения выявленных недочетов.	Научный руководитель
Предварительная защита	Разработчик, заказчик, экспертная группа	АмГУ	Демонстрация законченного проекта. Проведение проверки. Фиксирование выявленных ошибок. Устранение выявленных ошибок. Проверка устранения выявленных ошибок. Принятие решения о готовности АИС к приемочным испытаниям.	Экспертная группа

Продолжение приложения А

Защита	Разработчик, заказчик, комиссия	АмГУ	Проведение приемочных испытаний. Фиксирование выявленных ошибок. Принятие решения о возможности передачи АИС в промышленную эксплуатацию.	Приемочная комиссия
--------	---------------------------------	------	---	---------------------

6.1. Виды и объем испытаний системы

Система подвергается испытаниям следующих видов:

1. Предварительная проверка;
2. Предварительная защита;
3. Защита.

Состав, объем и методы предварительных испытаний системы определяются документом «Программа и методика испытаний АС», разрабатываемым на стадии «Рабочая документация».

Состав, объем и методы опытной эксплуатации системы определяются документом «Программа опытной эксплуатации», разрабатываемым на стадии «Ввод в действие».

Состав, объем и методы приемочных испытаний системы определяются документом «Программа и методика испытаний», разрабатываемым на стадии «Ввод в действие» с учетом результатов проведения предварительных испытаний.

7. Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие

7.1 Технические мероприятия

Продолжение приложения А

Силами Заказчика в срок до начала этапа «Разработка рабочей документации. Адаптация программ» должны быть выполнены следующие работы:

- осуществлена подготовка помещения для размещения системы в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем техническом задании;

- осуществлена закупка и установка;

- организовано необходимое сетевое взаимодействие.

8. Требования к документированию

Проект содержит перечень документов по следующим частям:

Техническая часть:

- чертеж общего вида;

- технологическая схема;

- функциональная схема;

- электрическая принципиальная схема;

Программная часть:

- перечень входных сигналов и данных;

- описание алгоритма;

- описание программного обеспечения;

- руководство пользователя.

Вся документация должна быть подготовлена и передана как в печатном, так и в электронном виде (в формате MicrosoftWord).

9. Источники разработки

Настоящее Техническое Задание разработано на основе следующих документов и информационных материалов:

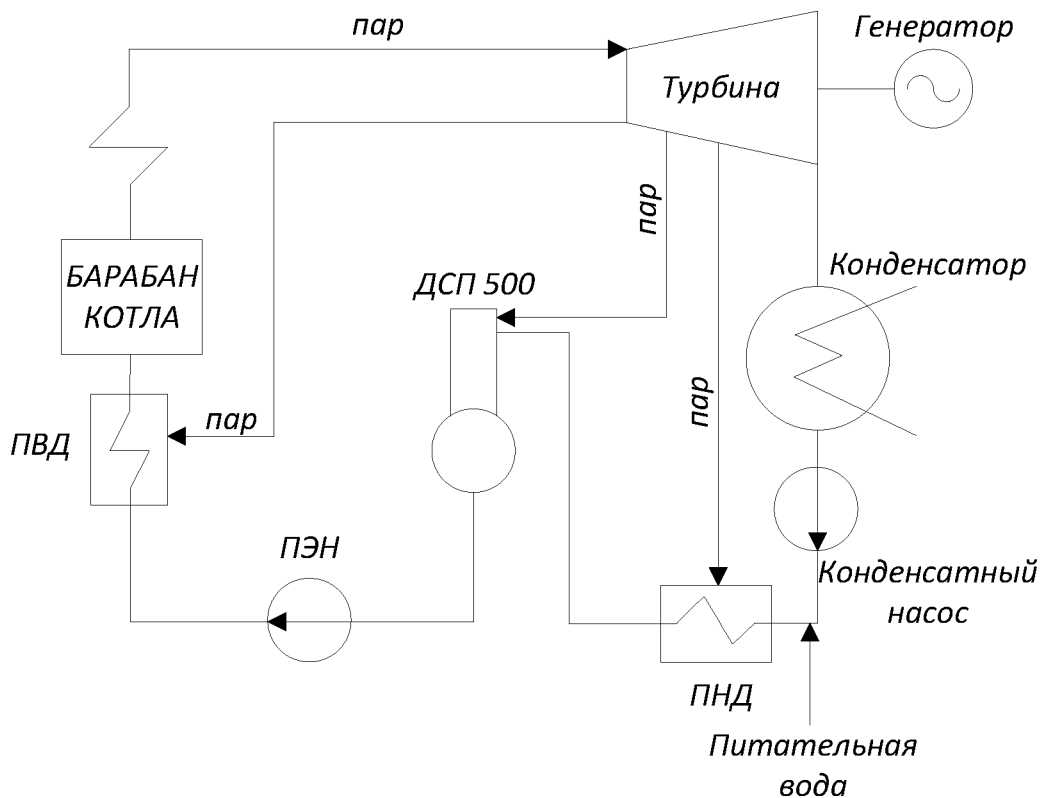
- ГОСТ 34.602-89 Техническое задание на создание автоматизированной системы.

Продолжение приложения А

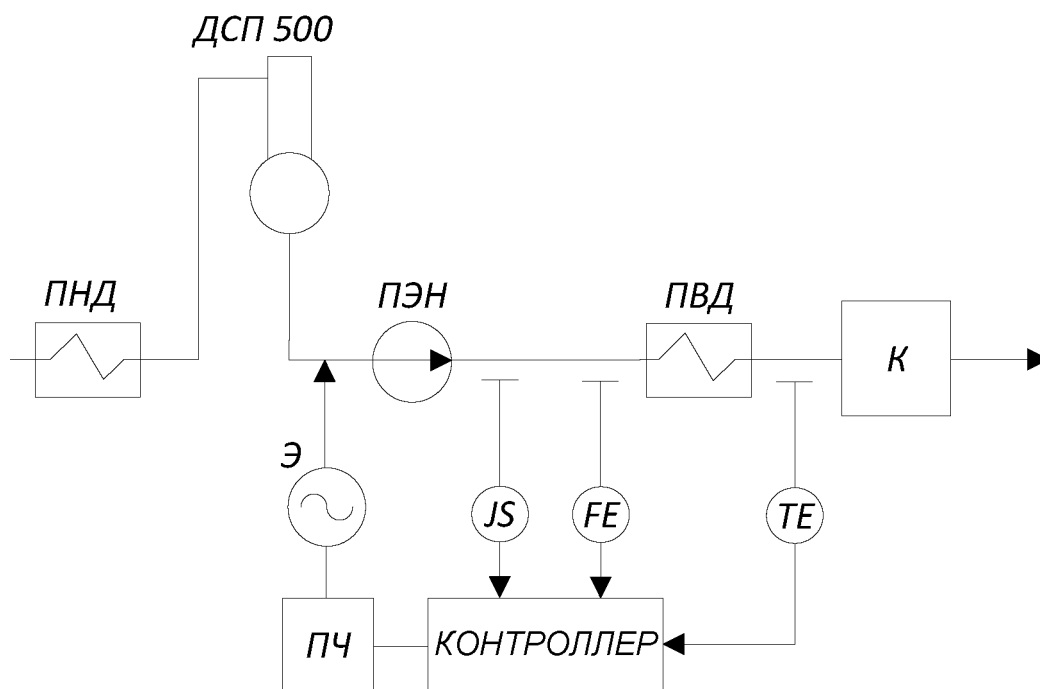
- ГОСТ 24.601-86 единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы. Стадии создания.
- ГОСТ 24.701-86 «Надежность автоматизированных систем управления».
- ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды».

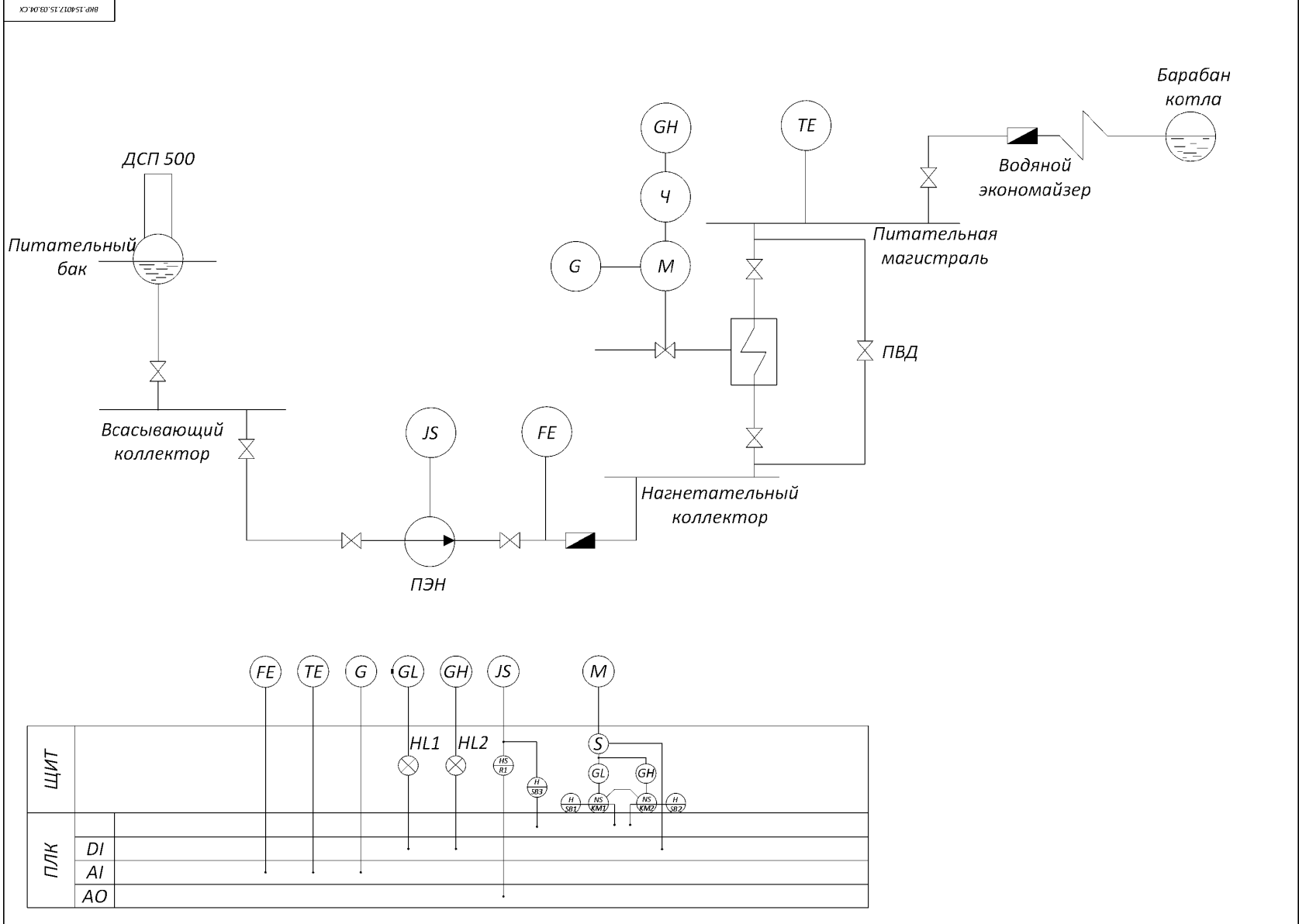
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Принципиальная технологическая схема ввода ПЭН в основной цикл ТЭЦ



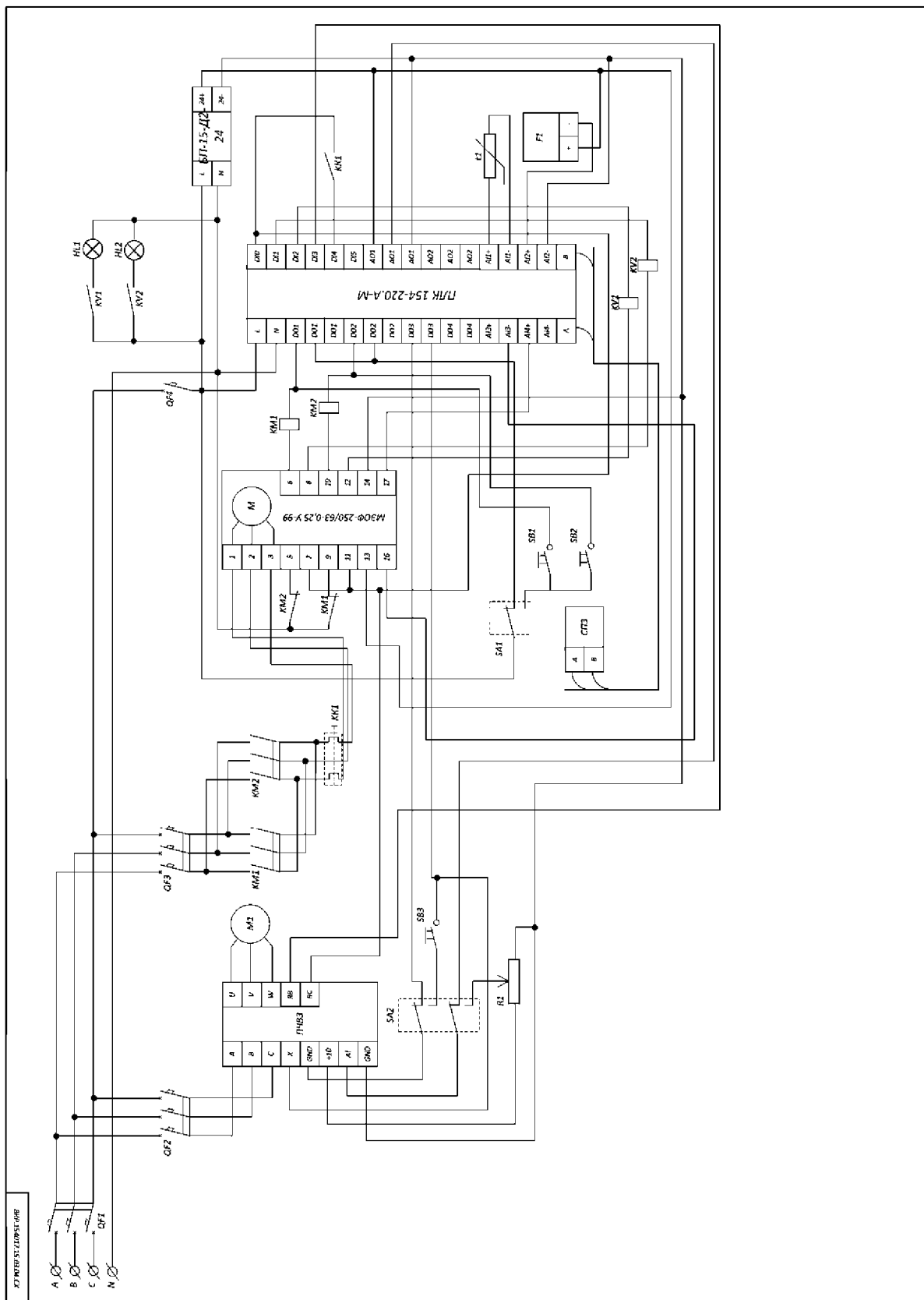
Технологическая схема управления процессами ПЭН

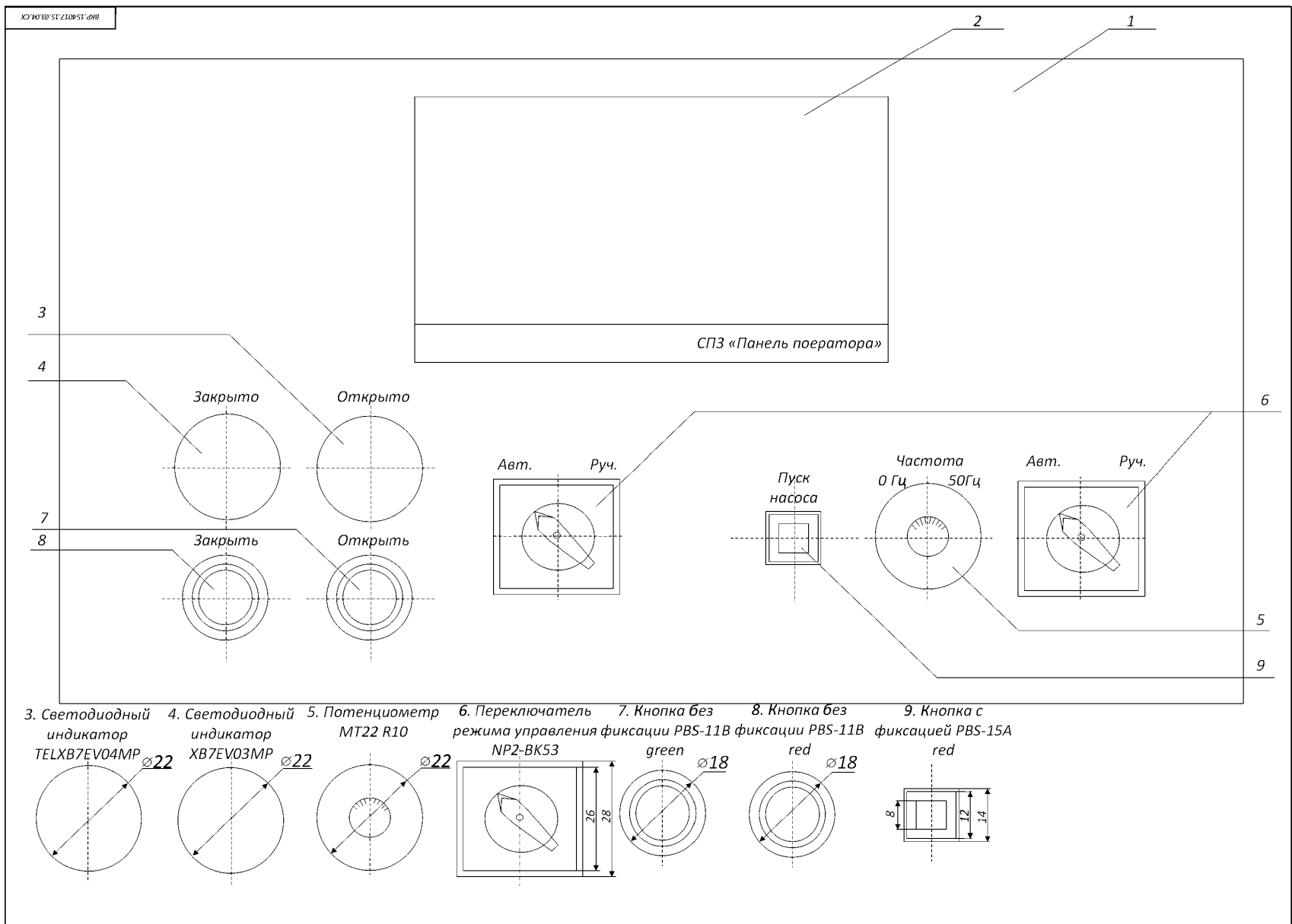




ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Электрическая схема





ПРИЛОЖЕНИЕ Д
 Щит управления

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Листинг программы в CoDeSys

```
PROGRAM PLC_PRG
VAR
    a:BOOL;
    RSstart:RS;
    RSstop:RS;
    str,sto:BOOL;
    state:INT;
END_VAR
manual;
RSstart(SET:=start,RESET1:=stop);
RSstop(SET:=stop,RESET1:=start);
str:=RSstart.Q1;
sto:=RSstop.Q1;
CASE state OF
0:
    manual_ras:=TRUE;
    manual_temp:=TRUE;
    res:=FALSE;
    puck:=FALSE;
    rabota:=FALSE;
    stopsignal:=FALSE;
    alarm:=TRUE;
    close:=TRUE;
    open:=FALSE;
```

Продолжение приложения Ж

```
IF closed THEN
    close:=FALSE;
END_IF
IF reset THEN
    state:=1;
END_IF
1:
IF NOT sa AND str AND NOT sto THEN
    manual_ras:=FALSE;
    manual_temp:=FALSE;
    res:=FALSE;
    puck:=TRUE;
    rabota:=TRUE;
    stopsignal:=FALSE;
    reg_ras;
    reg_temp;
    alarm:=FALSE;
IF alarm_pch OR alarm_meo THEN
    state:=0;
END_IF
ELSIF NOT sa AND sto AND NOT str THEN
    manual_ras:=TRUE;
    manual_temp:=TRUE;
```

Продолжение приложения Ж

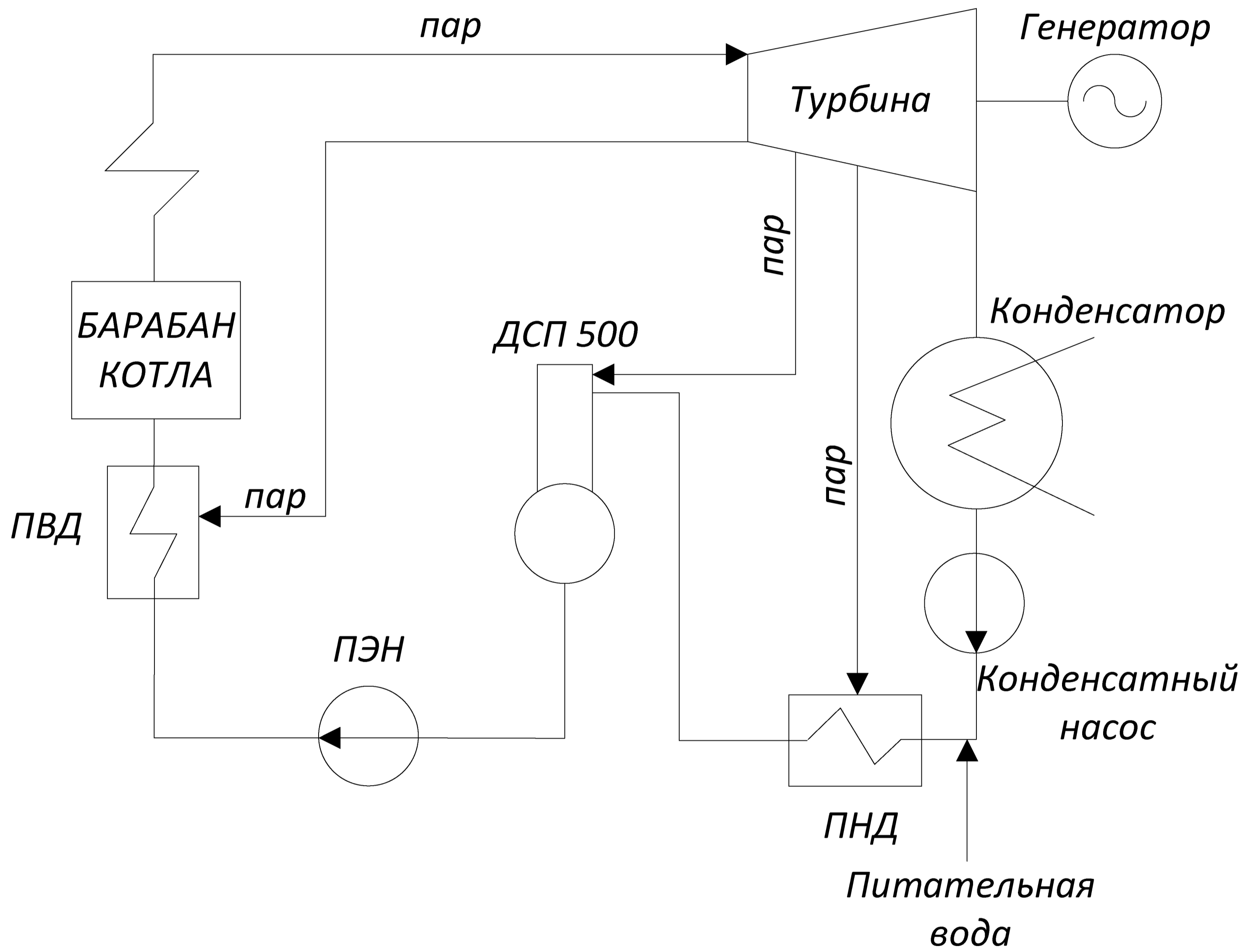
```
res:=TRUE;
puck:=FALSE;
rabota:=FALSE;
stopsignal:=TRUE;
alarm:=FALSE;
close:=TRUE;
open:=FALSE;
IF alarm_pch OR alarm_meo THEN
    state:=0;
END_IF
ELSIF sa THEN
    manual_ras:=TRUE;
    manual_temp:=TRUE;
    res:=FALSE;
    puck:=FALSE;
    rabota:=FALSE;
    stopsignal:=FALSE;
    alarm:=FALSE;
IF alarm_pch OR alarm_meo THEN
    state:=0;
END_IF
END_IF
END_CASE
```

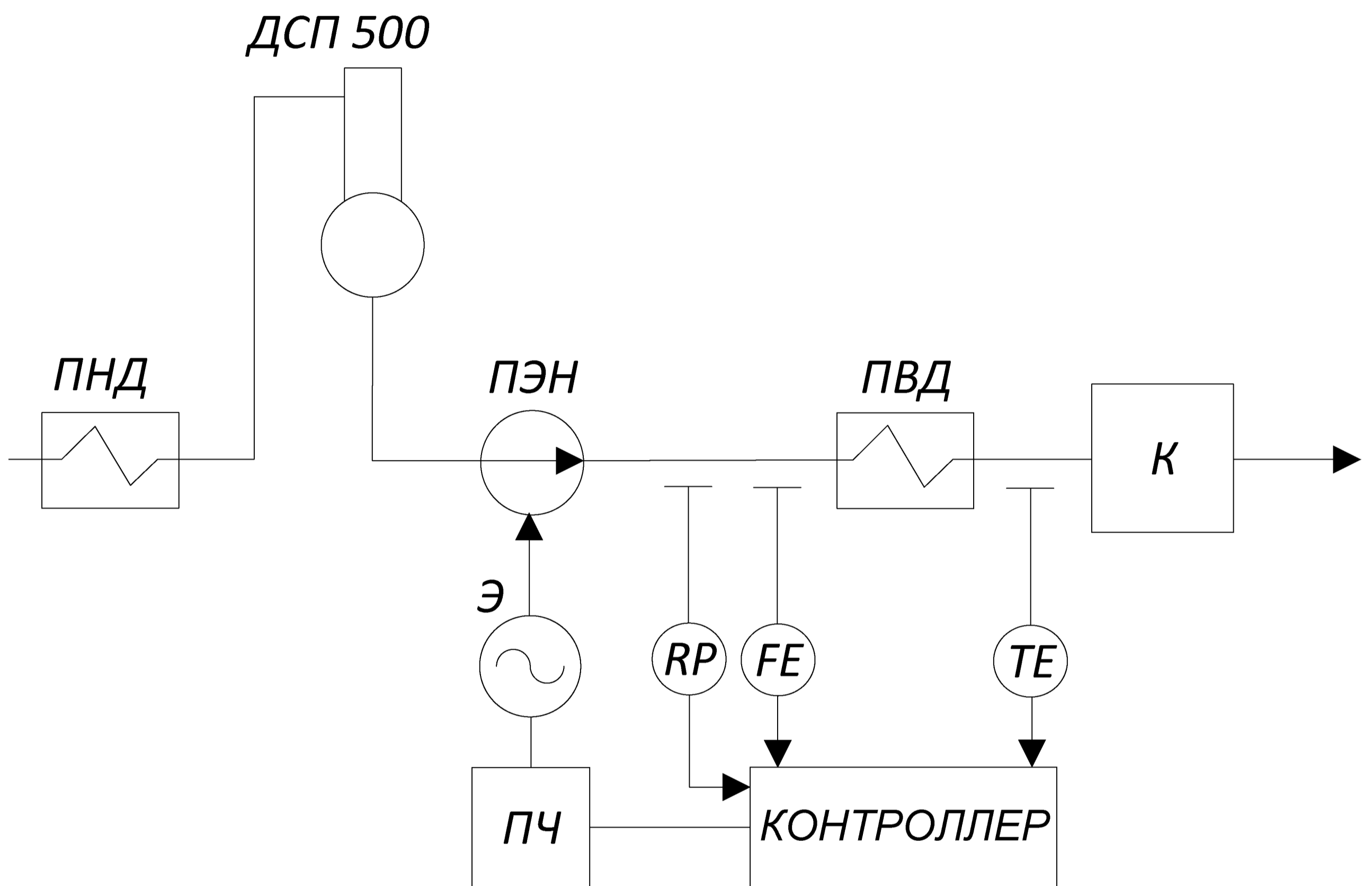
Продолжение приложения Ж

```
FUNCTION_BLOCK rele
VAR_INPUT
    yzad,y,turn_off,turn_on:REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    OPEN:BOOL:=FALSE;
    CLOSE:BOOL:=FALSE;
END_VAR
VAR
    out:INT:=0;
    error:REAL;
END_VAR
error:=yzad-y;
CASE out OF
-1:
    IF error > -turn_off THEN
        out:=0;
        OPEN:=FALSE;
        CLOSE:=FALSE;
    END_IF
0:
    IF error < -turn_on THEN
        out:=-1;
```

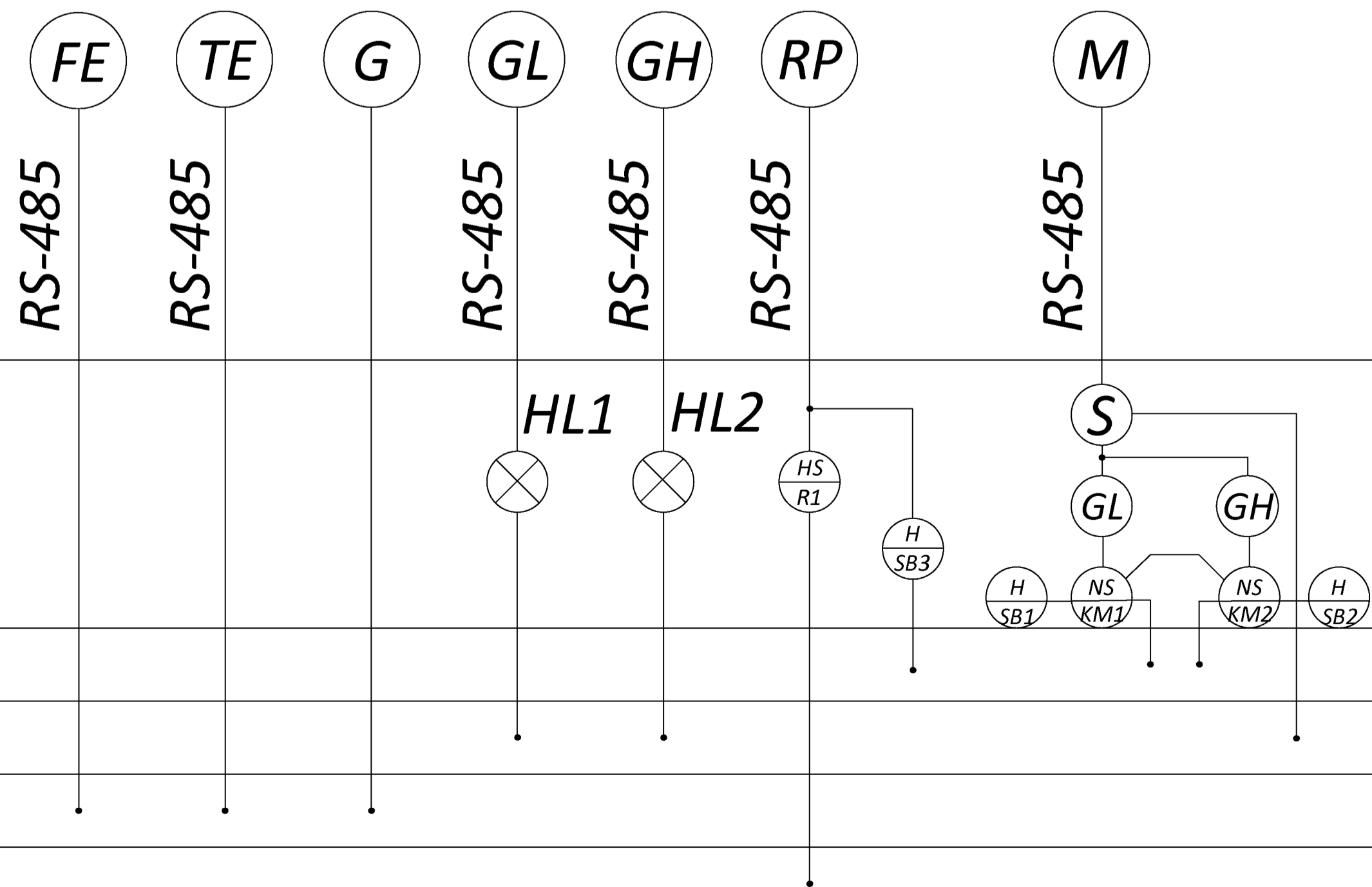
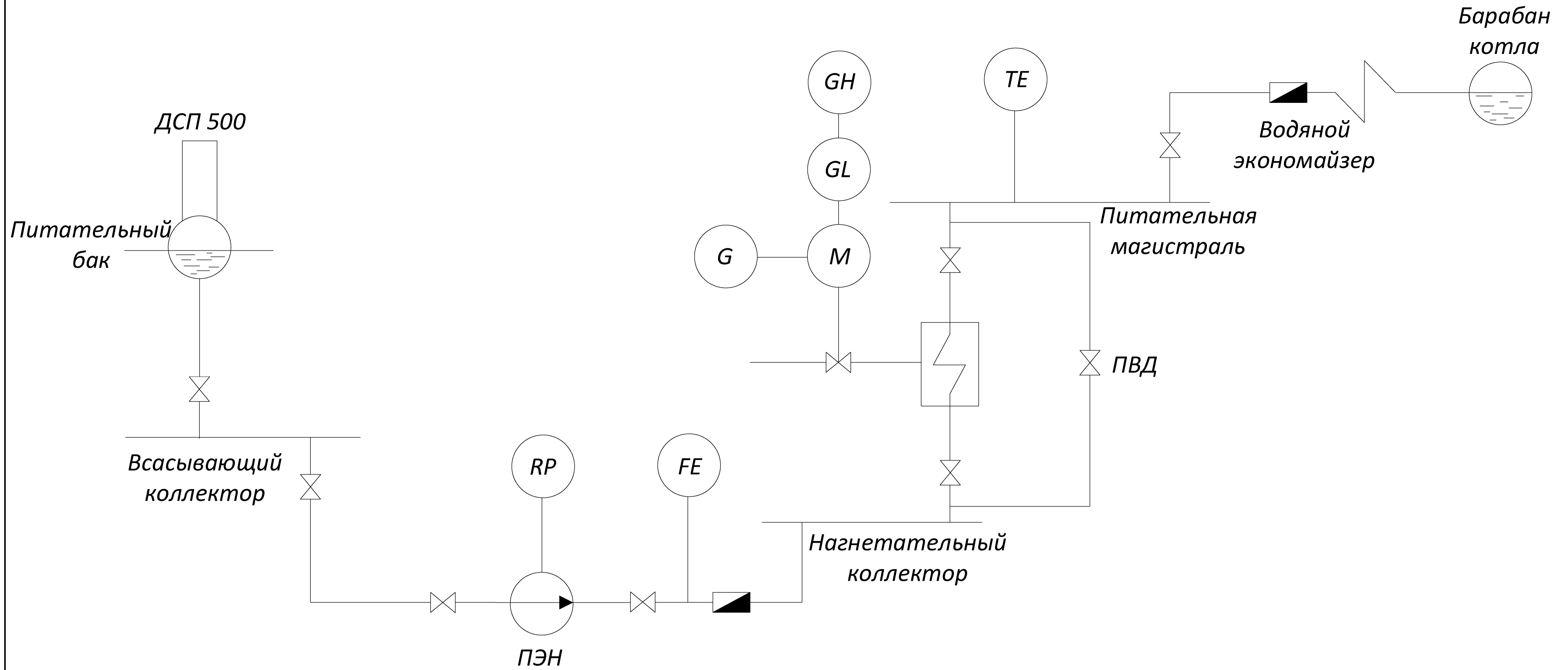
Продолжение приложения Ж

```
OPEN:=TRUE;
CLOSE:=FALSE;
ELSIF error > turn_on THEN
    CLOSE:=TRUE;
    OPEN:=FALSE;
    out:=1;
END_IF
1:
    IF error < turn_off THEN
        out:=0;
        CLOSE:=FALSE;
        OPEN:=FALSE;
    END_IF
END_CASE
```





№	Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание				
1	ПЭН	Питательный электрический насос	1					
2	ПВД	Подогреватель высокого давления	1					
3	ПНД	Подогреватель низкого давления	1					
4	ДСП 500	Деаэратор струйный повышенного давления	1					
5	ПЧ	Преобразователь частоты	1					
6	Э	Электродвигатель насоса	1					
7	ТЕ	Чувствительный элемент измерения температур	1					
8	FE	Расходомер	1					
9	РР	Потенциометр для ПЧ	1					
ВКР.164024.15.03.04.СХ								
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Технологическая схема управления процессами ПЭН	Литера	Масса	Масшт.
Разраб.	Цуканов В.А.					у		1:1
Провер.	Теличенко Д.А.				Лист 1 Листов 6			
Т.Контр	Теличенко Д.А.				Система автоматического управления ПЭН на БТЭЦ			
Н.Контр	Скрипко О.В.				АмГУ, гр.641			
Утв.	Скрипко О.В.							

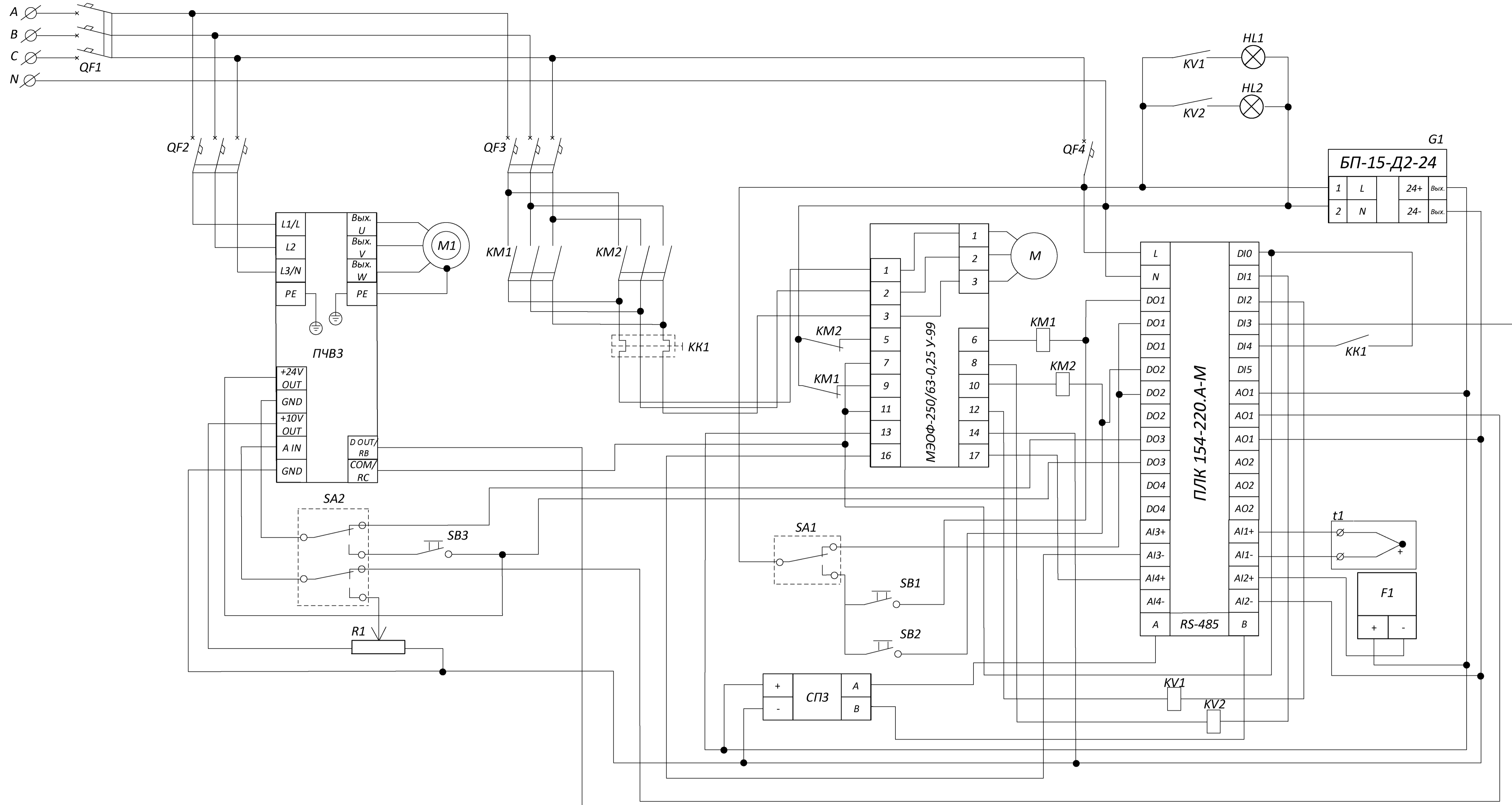


ПЛК	DO	
	DI	
	AI	
	AO	

№	Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
1	ДСП 500	Деаэратор струйный повышенного давления	1	
2	ПЭН	Питательный электрический насос	1	
3	ПВД	Подогреватель высокого давления	1	

ВКР.16402415.03.04.СХ					
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	
Разраб.	Цуканов В.А.				
Провер.	Теличенко Д.А.				
Т.Контр.	Теличенко Д.А.				
Н.Контр.	Скрипко О.В.				
Утв.	Скрипко О.В.				

Функциональная схема			Литера	Масштаб
			У	1:1
Система автоматического управления ПЭН на БТЭЦ			Лист 2	Листов 6
			АМГУ, гр.641	

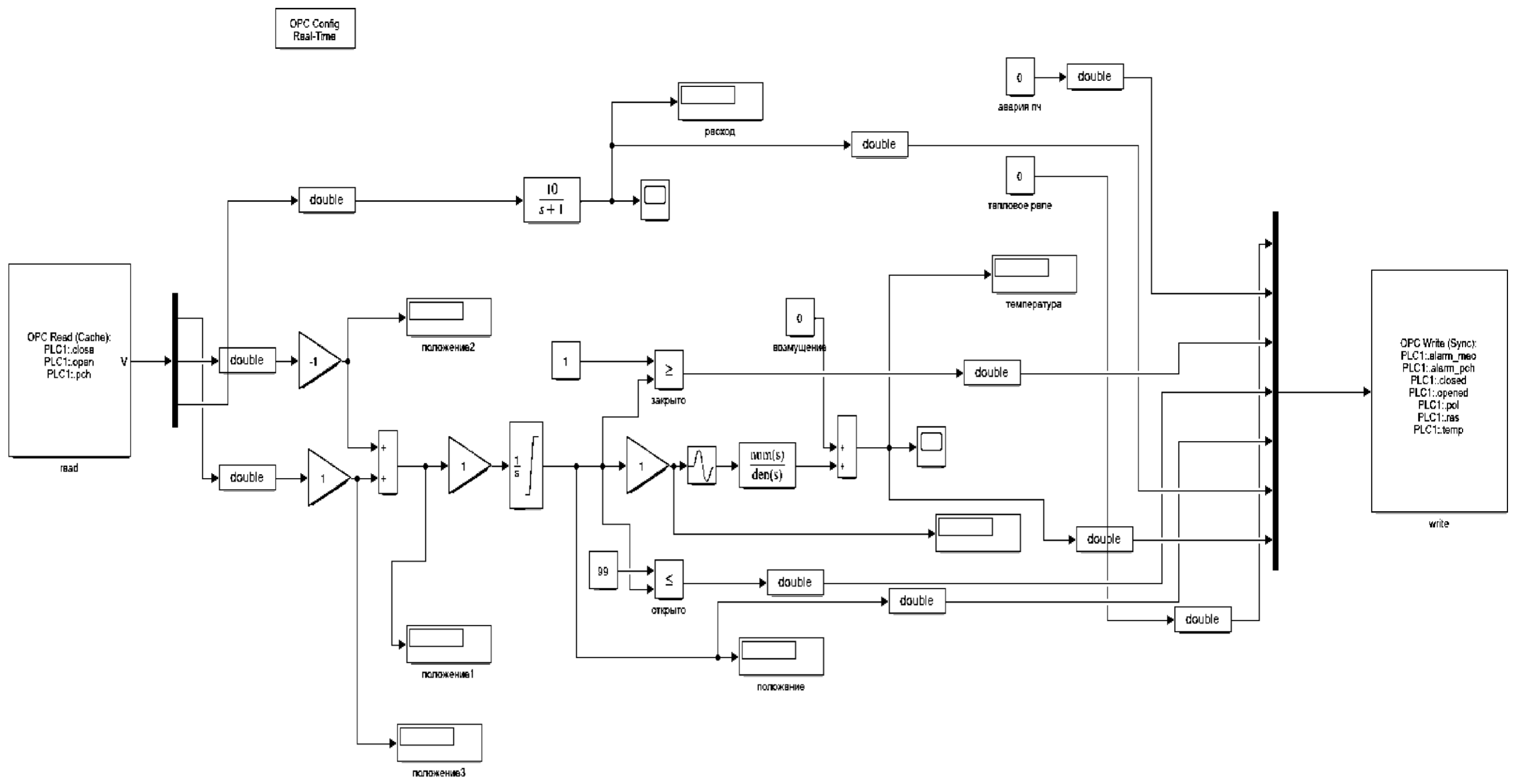


№	Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
1	ПЧВЗ	Преобразователь частоты волновой	1	
2	G1	Блок питания 24В	1	
3	t1	Термопара ДТПК045-0111-120	1	
4	F1	Расходомер ПРТП-489-АПЛ	1	
5	SA1, SA2	Переключатели автомат/ручное NP2-BJ53	1	
6	SB1	Кнопки без фиксации PBS-11B green	1	
7	SB2	Кнопки без фиксации PBS-11B red	1	
8	SB3	Кнопка с фиксацией PBS-15A red	1	
9	HL1	Светодиодный индикатор XB7EVO3MP, green	1	
10	HL2	Светодиодный индикатор TELXB7EVO4MP, red	1	
11	R1	Потенциометр для преобразователя частоты MT22 R10	1	
12	СПЗ	Панель оператора	1	
13	M1	Электродвигатель насоса	1	

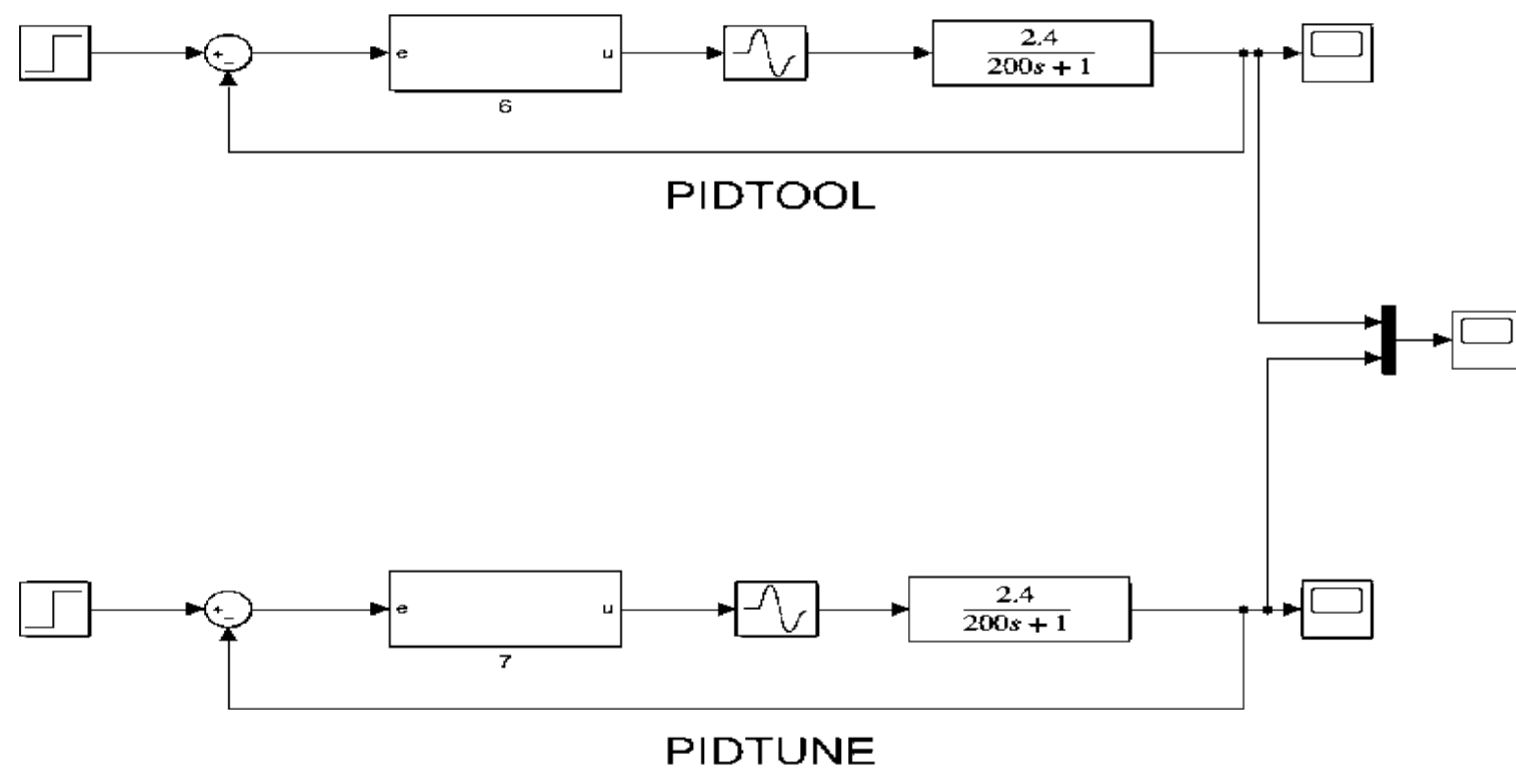
ВКР.164024.15.03.04.СХ

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Схема электрическая принципиальная узла управления	Литера	Масштаб
Разраб.	У	Цуканов В.А.				1:1	
Провер.		Телчиенко Д.А.					
Т.Контр.		Телчиенко Д.А.					
Лист 3						Листов 6	
Система автоматического управления ПЭН на БТЭЦ						АмГУ, зр.641	

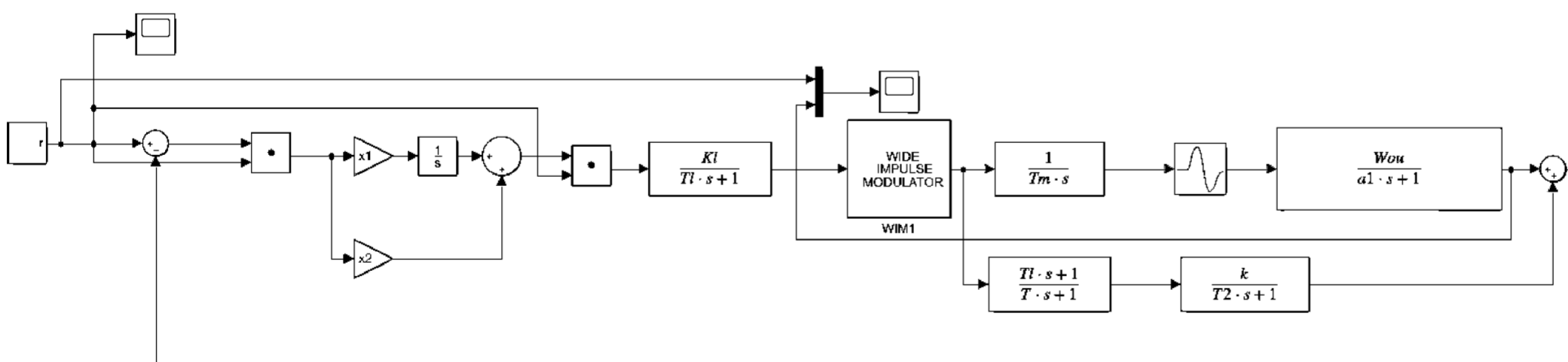
Simulink – Модель объекта



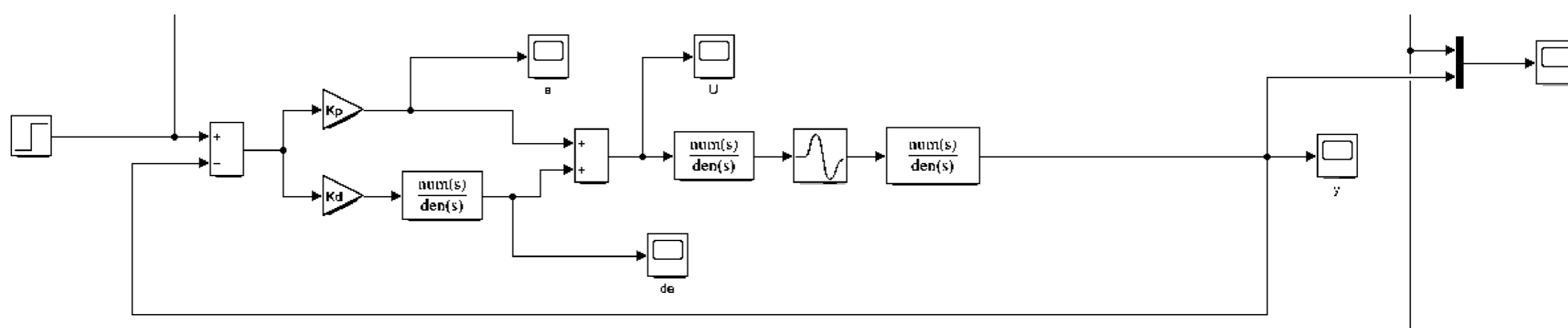
Общая структурная схема системы классического метода регулирования с помощью коэффициентов PIDTOOL И PIDTUNE из MATLAB



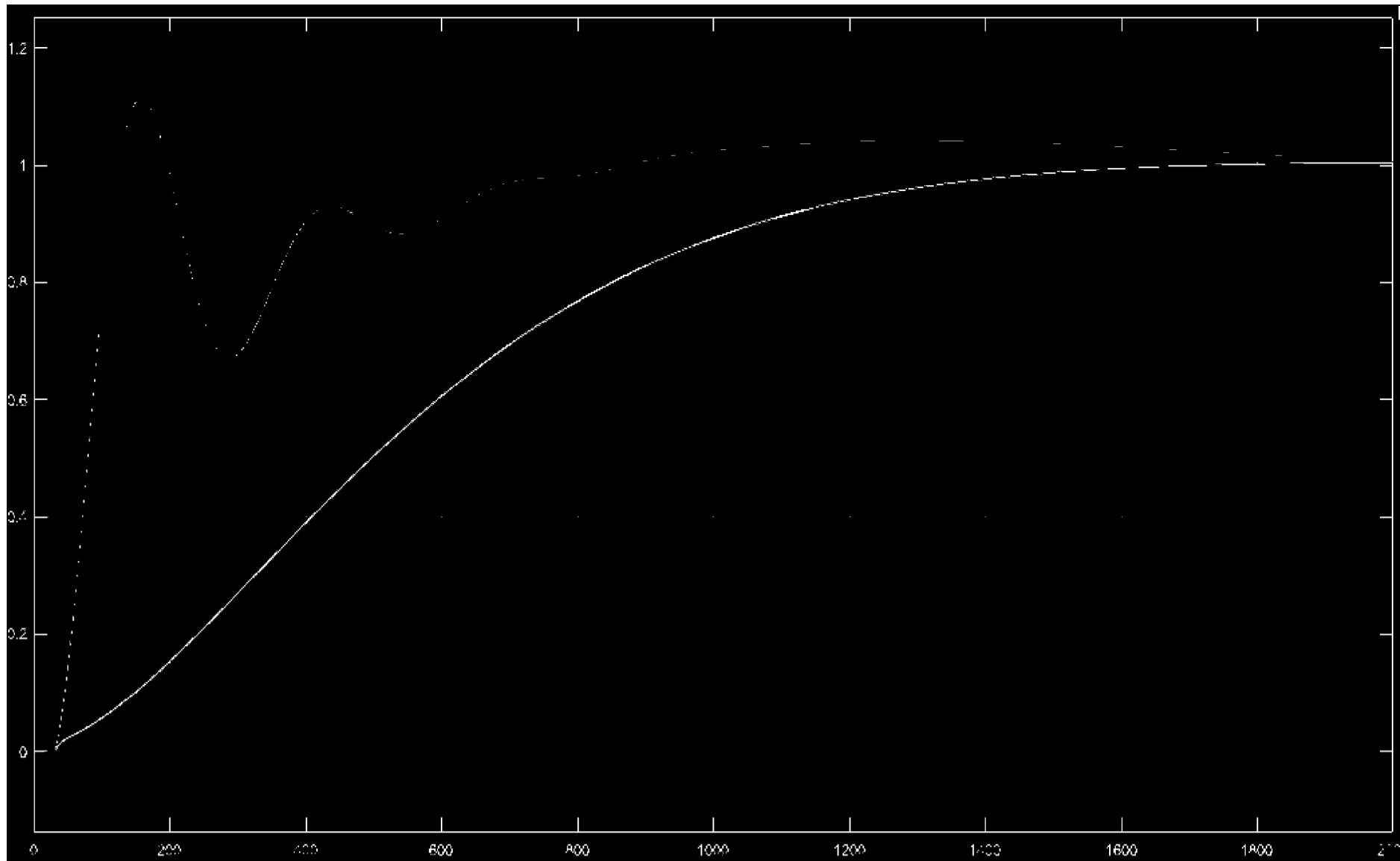
Структурная схема системы адаптивного регулирования



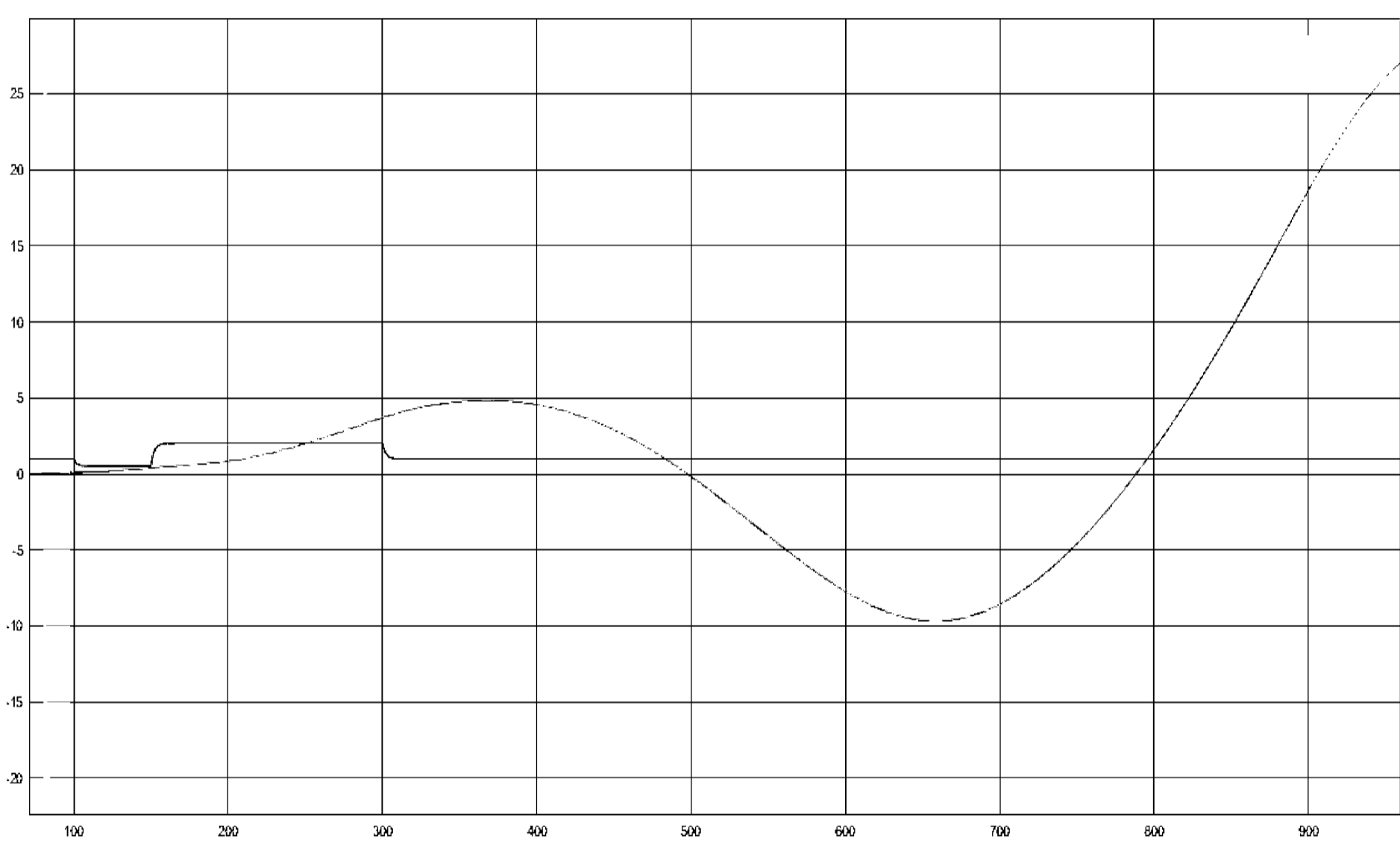
Структурная схема нечёткой системы регулирования



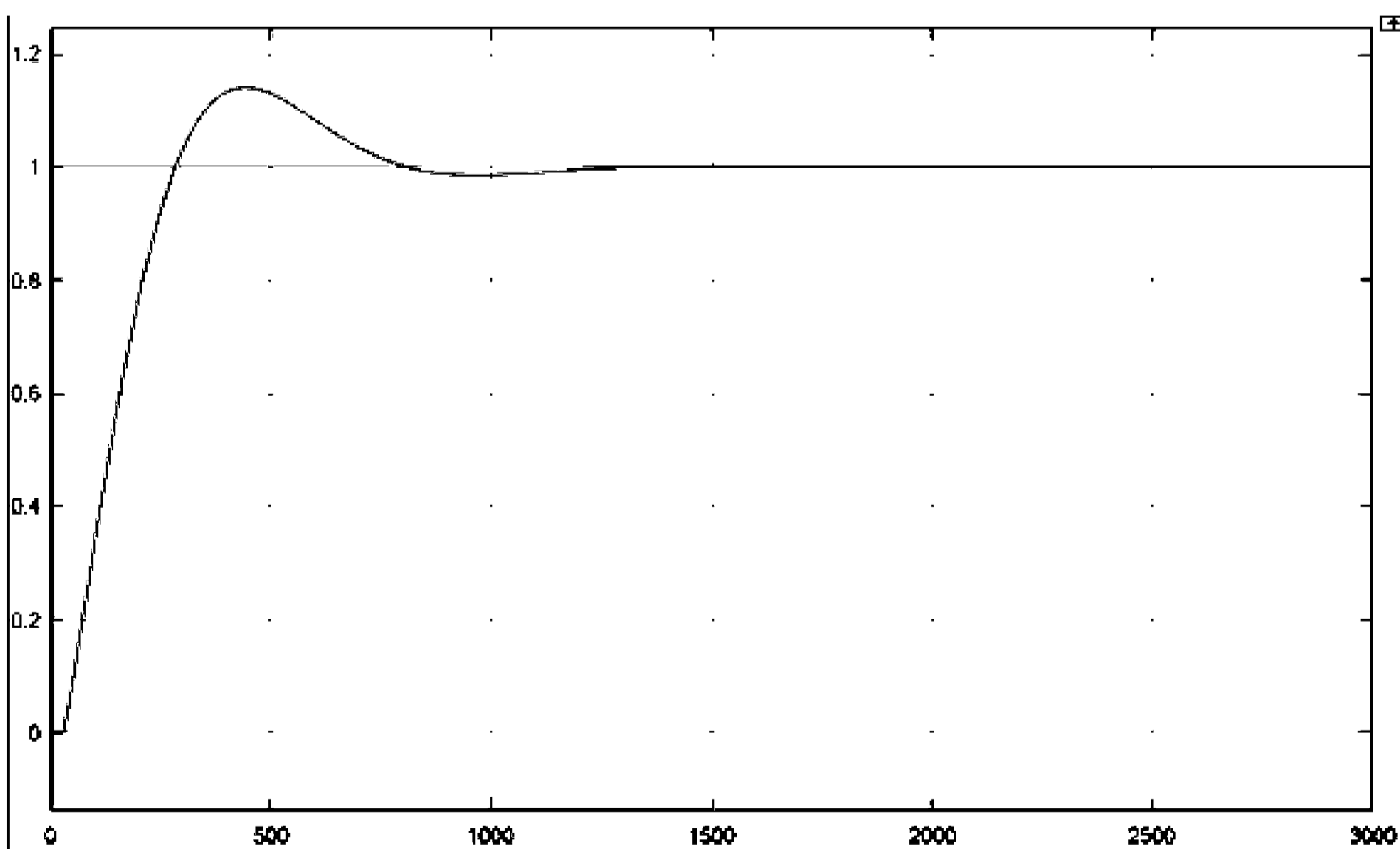
Переходный процесс системы классического метода



Переходный процесс системы адаптивного метода

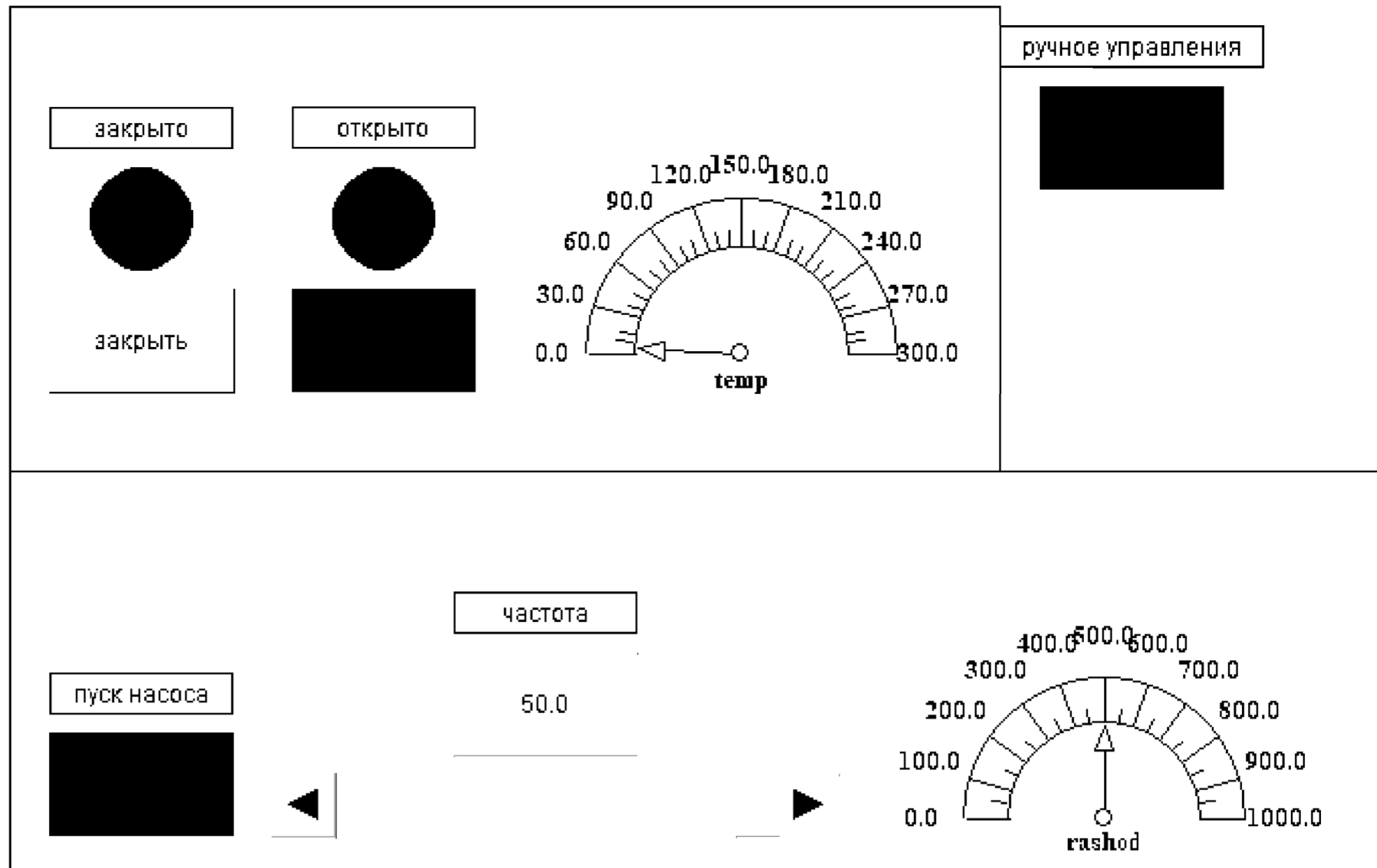


Переходный процесс системы нечеткого метода

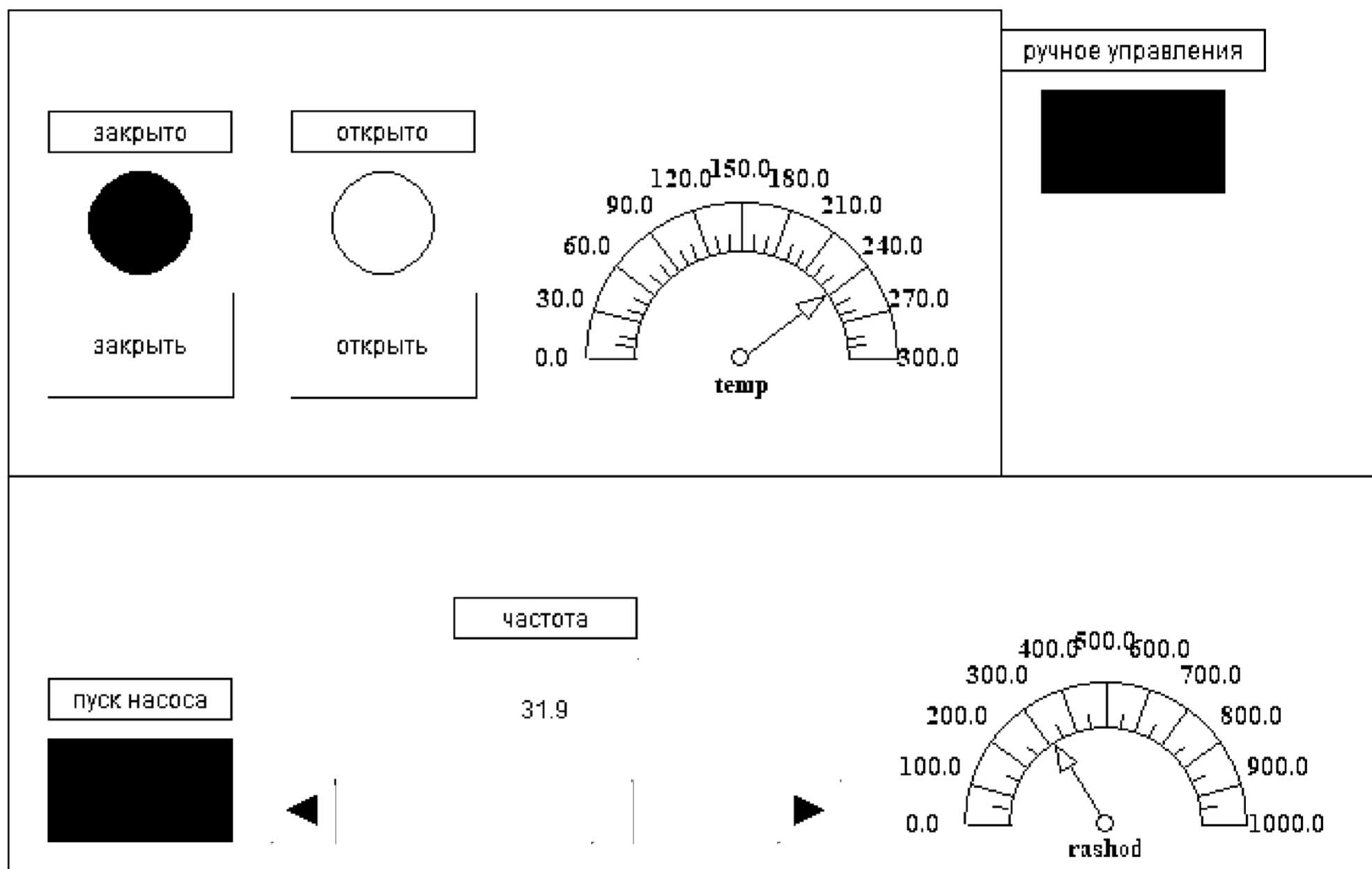


				ВКР.164024.15.03.04.СХ		
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Подключение математической модели к CoDeSys и подходы регулирования	
		Цуканов В.А.				
		Теличенко Д.А.				
		Теличенко Д.А.				
Н.Контр		Скрипко О.В.			Система автоматического управления ПЭН на БТЭЦ	
Утв.		Скрипко О.В.				
					Литера	Масштаб
					у	1:1
					Лист 4	Листов 6
					АмГУ, гр.641	

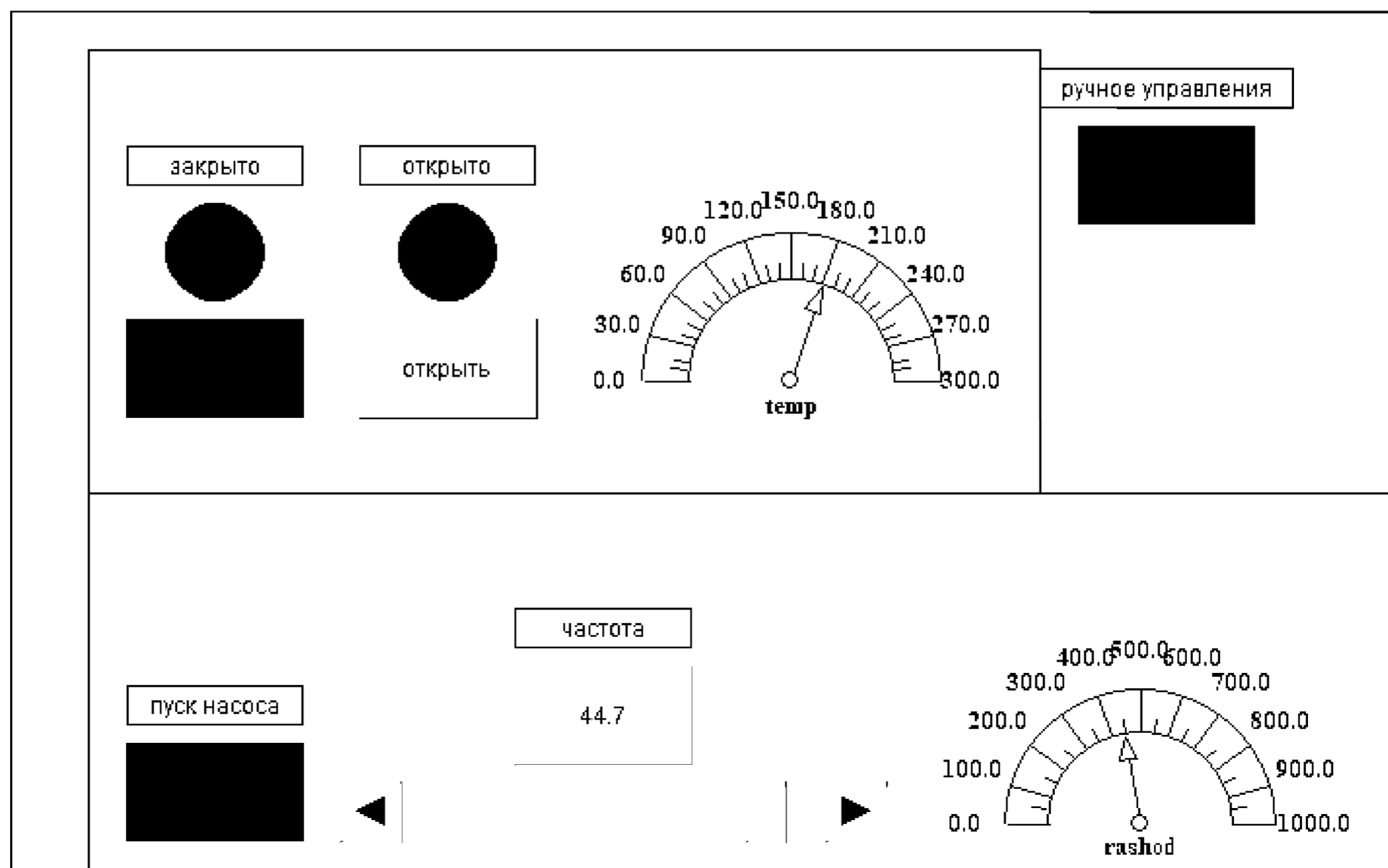
Главный экран панели оператора



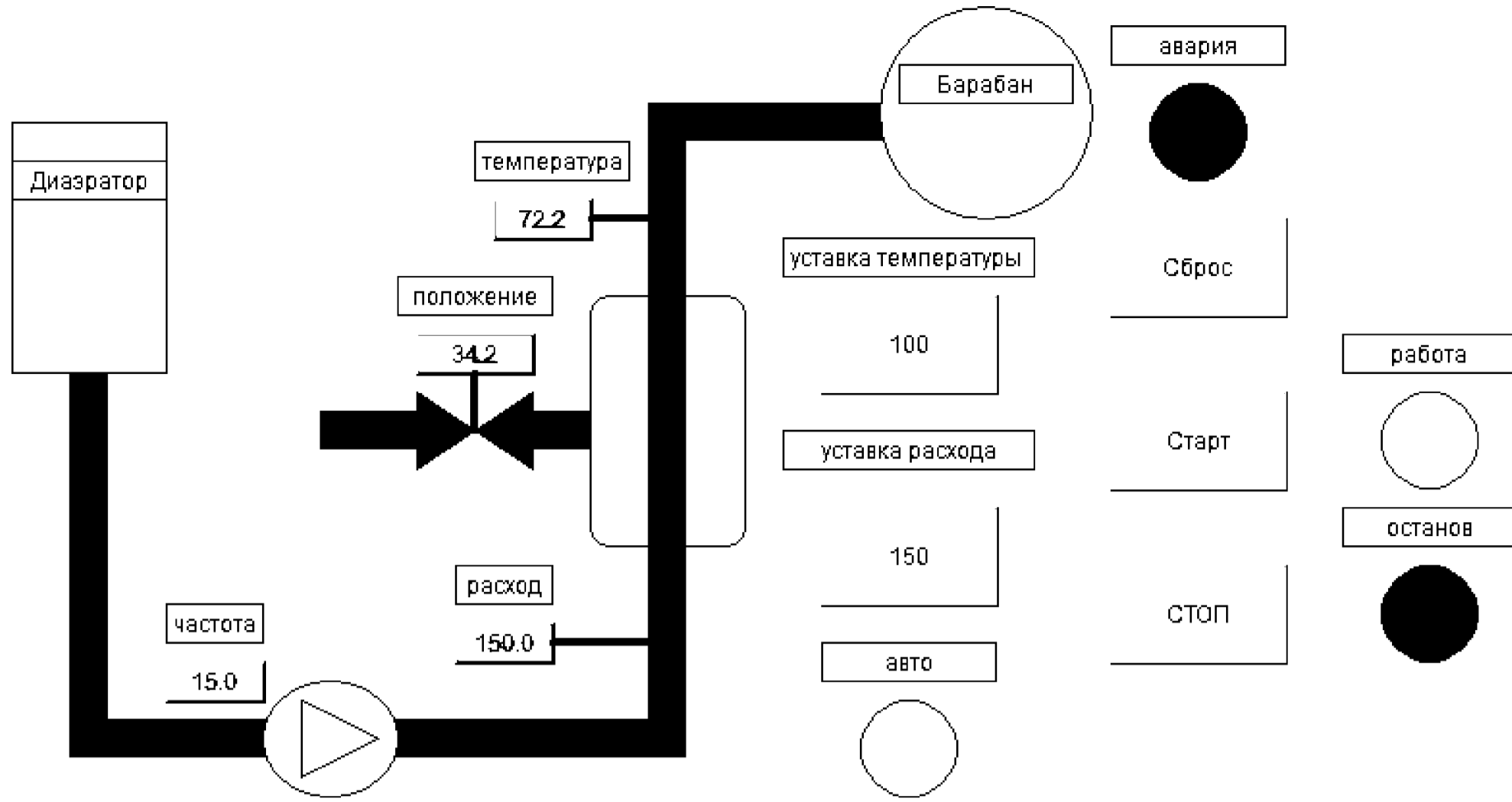
Экран панели оператора с настройкой искусственной аварии (задание высокой температуры)



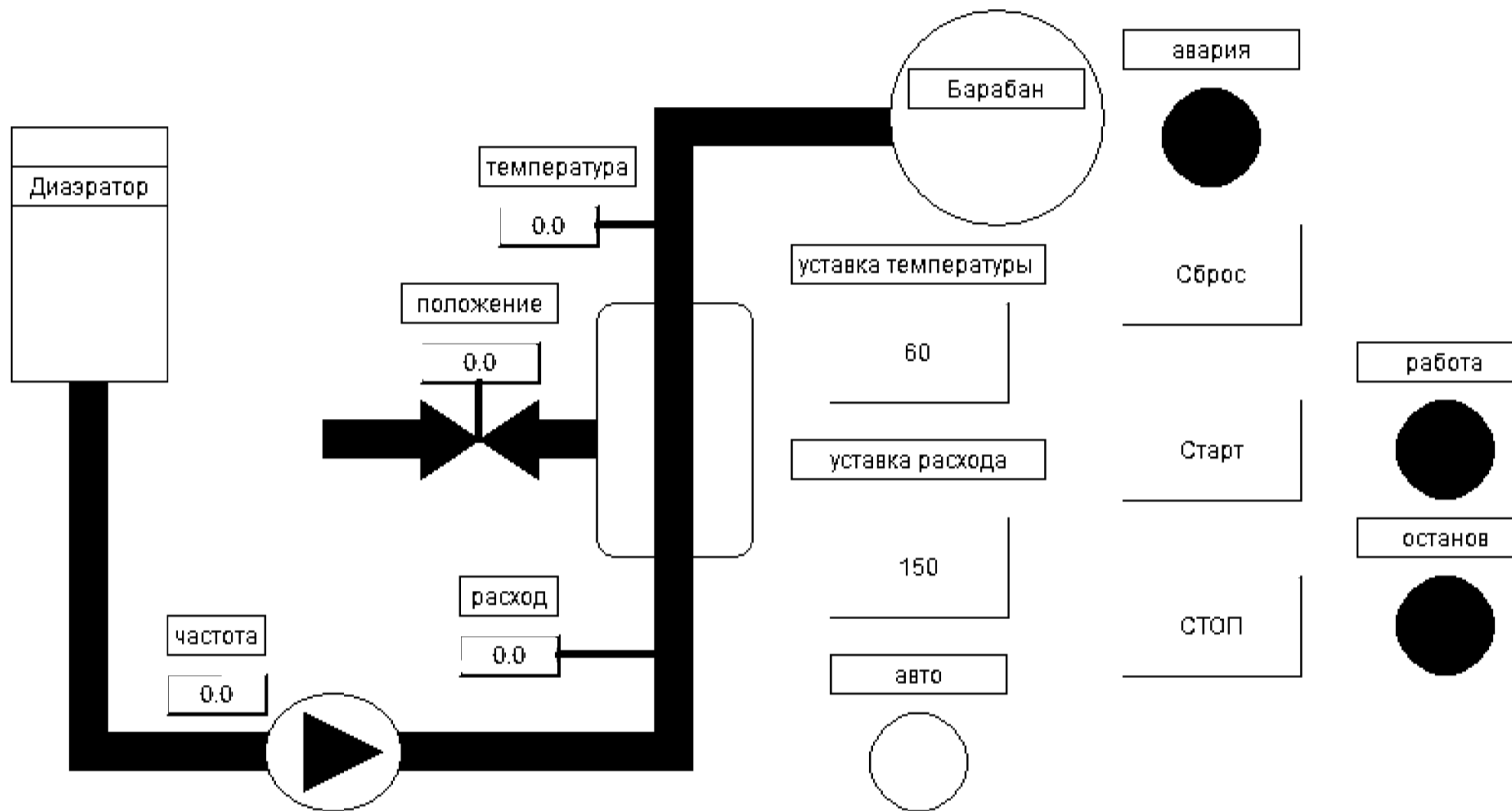
Экран панели оператора во время остановки



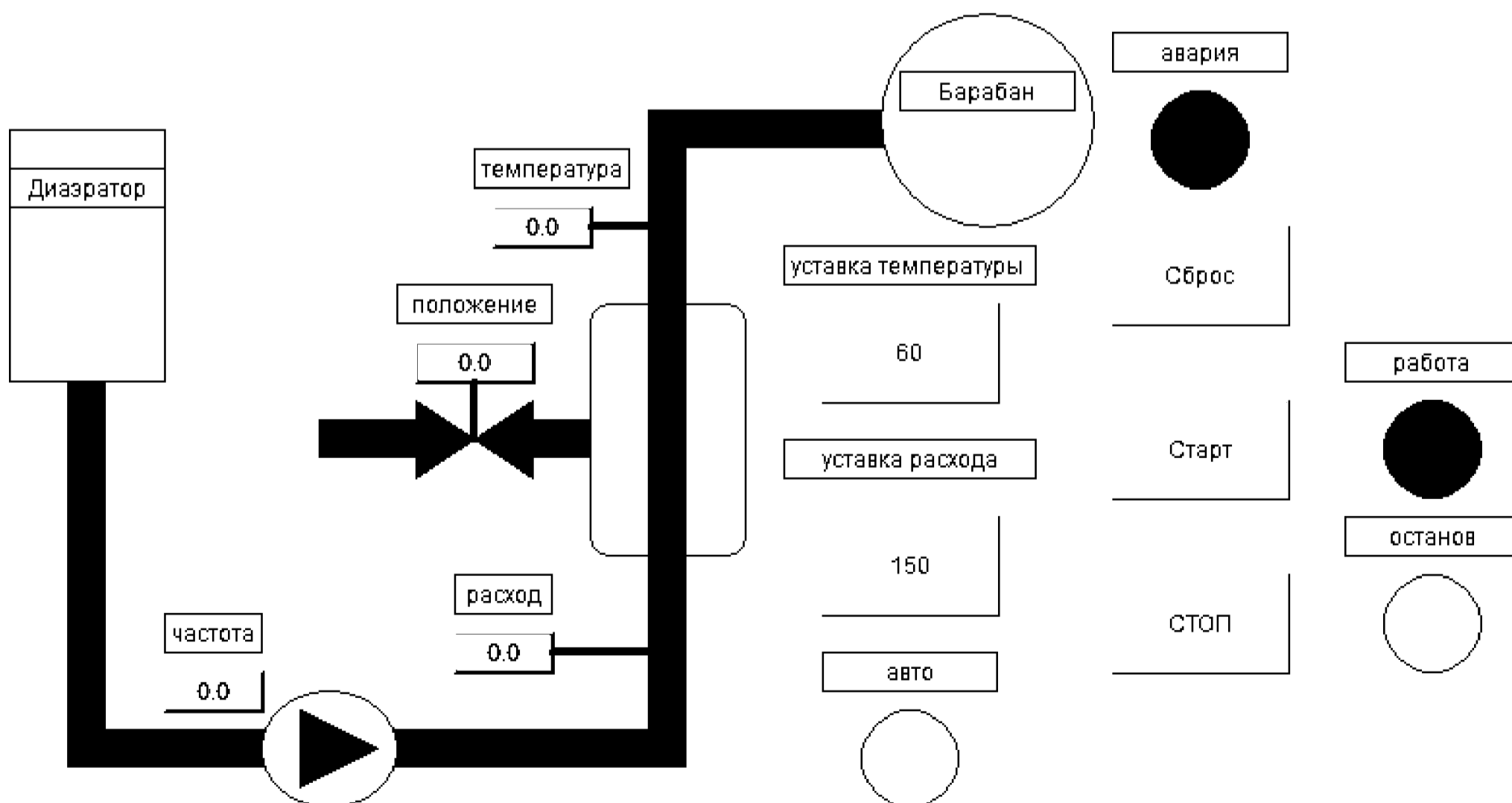
Визуализация пуска в работу питательного электронасоса



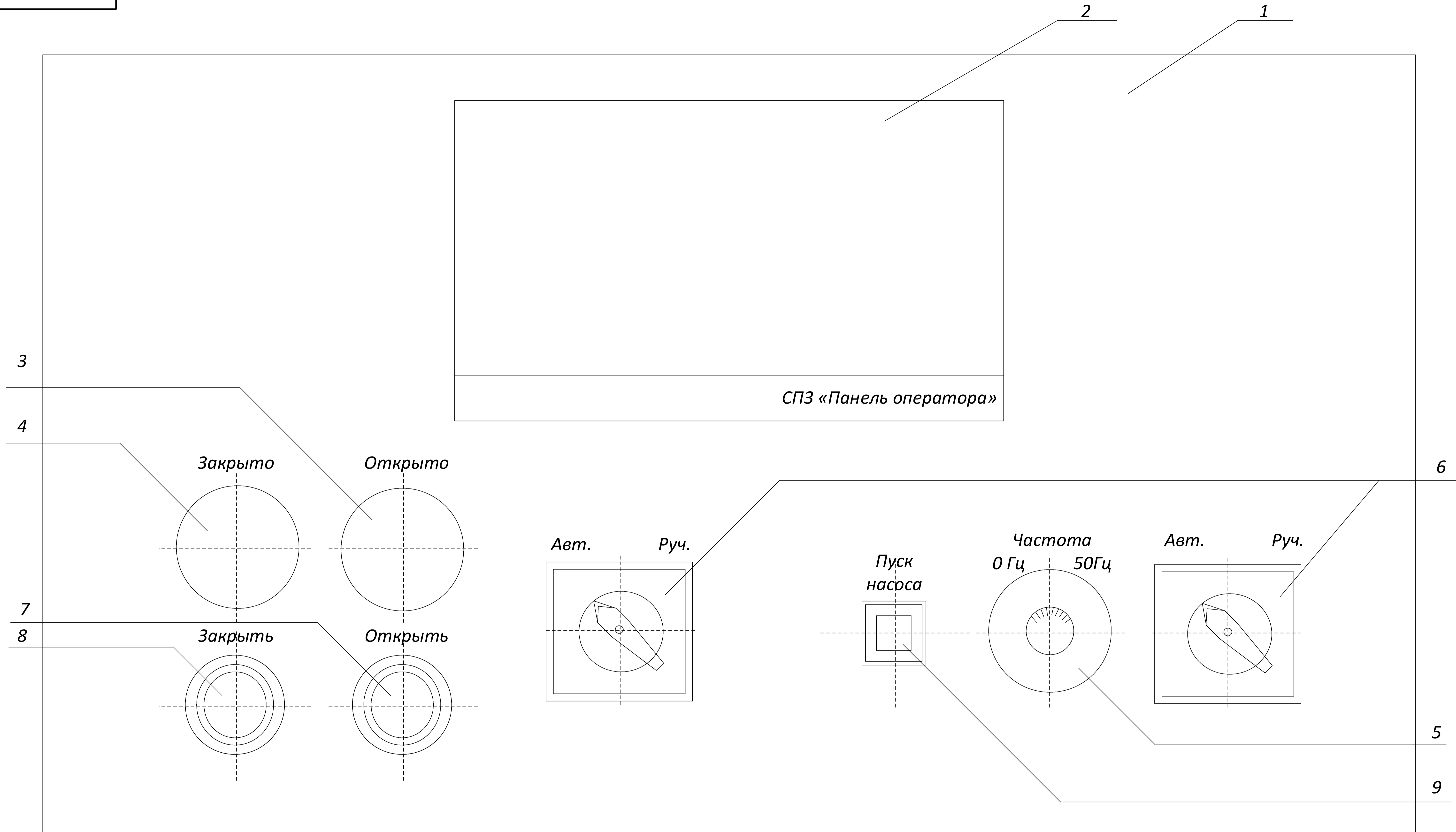
Визуализация срабатывания аварии



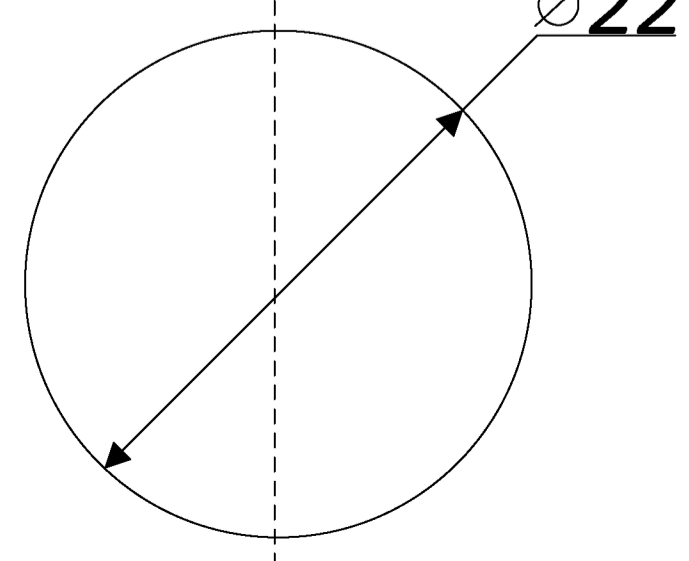
Визуализация срабатывания остановки



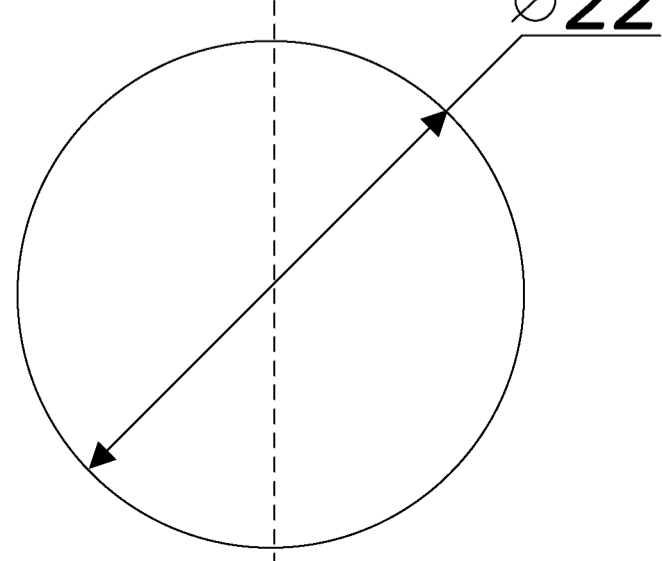
				ВКР.164024.15.03.04.СХ				
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Общий вид экранов визуализации в CoDeSys	Литера	Масса	Масшт.
						у		1:1
Разраб.		Цуканов В.А.				Лист 5	Листов 6	
Провер.		Теличенко Д.А.						
Т.Контр		Теличенко Д.А.			Система автоматического управления ПЭН на БТЭЦ			АмГУ, гр.641
Н.Контр		Скрипко О.В.						
Утв.		Скрипко О.В.						



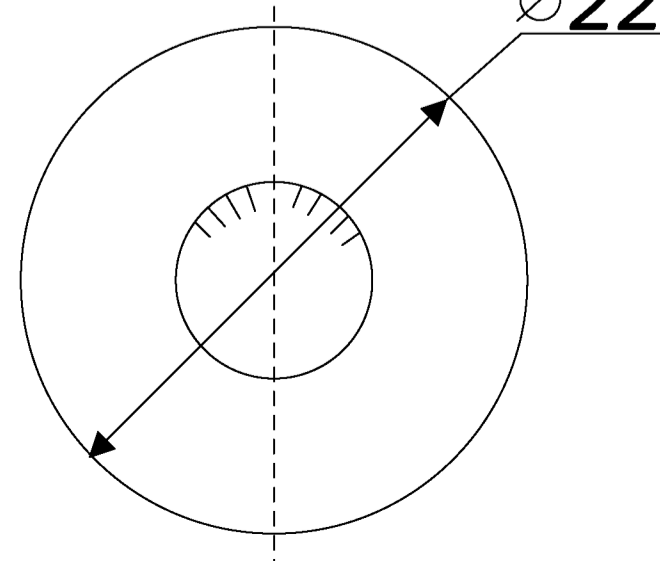
3. Светодиодный индикатор TELXB7EV04MP $\varnothing 22$



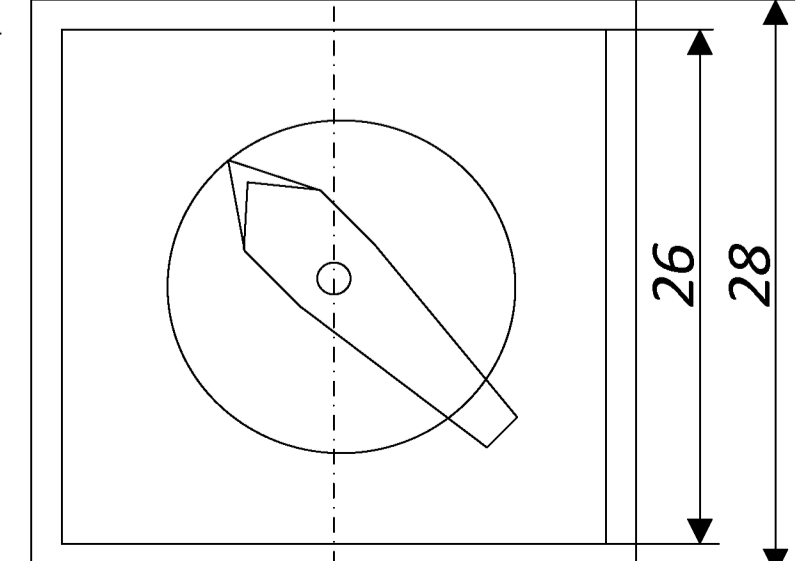
4. Светодиодный индикатор XB7EV03MP $\varnothing 22$



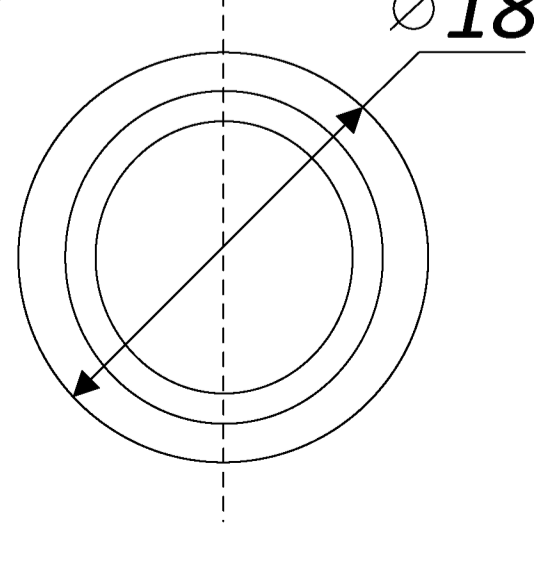
5. Потенциометр MT22 R10 $\varnothing 22$



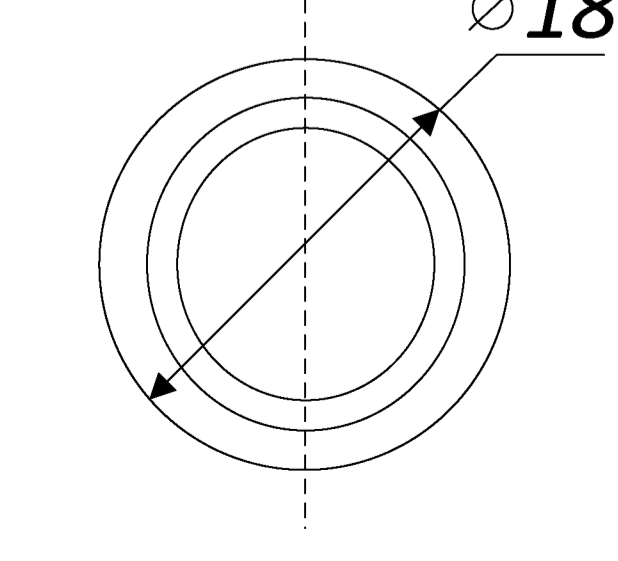
6. Переключатель режима управления фиксации PBS-11В NP2-BK53



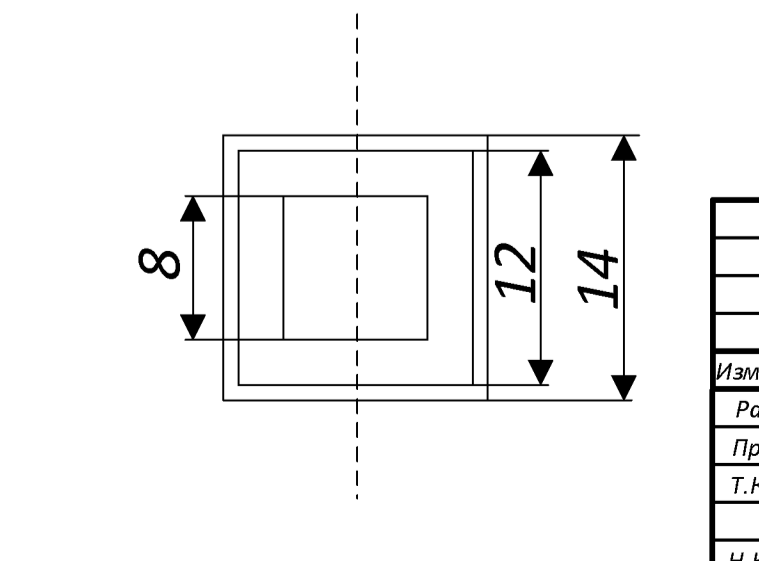
7. Кнопка без фиксации PBS-11В green $\varnothing 18$



8. Кнопка без фиксации PBS-11В red $\varnothing 18$



9. Кнопка с фиксацией PBS-15A red



ВКР.164024.15.03.04.СХ				Литера	Масштаб
Изм/Лист	№ документа	Подпись	Дата	У	1:1
Разраб.	Цуканов В.А.			Лист 6	Листов 6
Провер.	Теличенко Д.А.				
Т.Контр.	Теличенко Д.А.				
Н.Контр.	Скрипко О.В.			Система автоматического управления ПЭН на БТЭЦ	
Утв.	Скрипко О.В.			АМГУ, зр.641	