МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра «Автоматизации и управления»

Онгаров Жахонгир Ринатович

Разработка систем автоматизации подачи топлива в ТЭЦ

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 5В070200 – Автоматизация и управление

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра «Автоматизации и управления»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**
Заведующий кафедрой АиУ
кандидат физ-мат наук
ассоциированный профессор
________ Алдияров Н.У.
«___» ___________2022 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Разработка систем автоматизации подачи топлива в ТЭЦ»

По специальности: 5В070200 - Автоматизация и управление

Выполнил Онгаров Ж.Р.

Рецензент
PhD, руководитель ЦКиТТвОАиМ
________ Порубов Д.А.
«___» ___________2022 г.

Научный руководитель
PhD, сениор-лектор
________ Кулакова Е.А.
«___» ___________2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра «Автоматизации и управления

**УТВЕРЖДАЮ**
Заведующий кафедрой АиУ
кандидат физ-мат наук
ассоциированный профессор
_______Алдияров Н.У.
«___»____________2022 г.

**ЗАДАНИЕ**
**на выполнение дипломной работы**

Обучающийся Онгаров Жахонгир Ринатович
Тема «Разработка систем автоматизации подачи топлива в ТЭЦ».
Утвержден приказом Ректора Университета №489-П/Ө от «24» декабря 2021г.
Срок сдачи законченного работы: «20» мая 2022 г.
Перечень подлежащих разработке в дипломной работе вопросов или краткое содержание дипломной работы: а) описать анализ существующих схем автоматического регулирования шаровых барабанных мельниц; б) разработать функциональную схему автоматизации подачи топлива в ТЭЦ; в) произвести обзор и выбор технических средств автоматики для регулирования процессами подачи топлива; г) разработать программу в программном обеспечении TIA Portal.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): технологическая схема автоматизации; структурная схема, функциональные схемы.
Рекомендуемая основная литература:

[1] Тепловые и атомные электростанции: Справочник/ Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2003.- 645 с.
[2] Автоматизация крупных тепловых электростанций. Под ред. М.П. Шальмана. М, Энергия, 2005.- 240с.

**ГРАФИК**

подготовки дипломной работы

| Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления научному руководителю и консультантам | Примечание |
|---|---|---|
| Технологический раздел | 18 января 2022 г | |
| Специальный раздел | 21 апреля 2022 г | |

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

| Наименования разделов | Научный руководитель, консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание) | Дата подписания | Подпись |
|---|---|---|---|
| Технологический раздел | Кулакова Е.А. PhD, сениор-лектор | | |
| Программный раздел | Кулакова Е.А. PhD, сениор-лектор | | |
| Нормоконтролер | Сарсенбаев Н.С. ассистент профессор | 12.05.2022 | |

Научный руководитель ______________________________Кулакова Е.А.

Задание принял к исполнению обучающийся______________ Онгаров Ж.Р.

Дата "27" декабря 2022 г

**АҢДАТПА**

Дипломдық жұмыстың тақырыбы: «ЖЭО-да отынмен қамтамасыз етуді автоматтандыру жүйелерін жасау».

Дипломдық жұмыстың міндеті – ЖЭО-ға отын беруді автоматты басқару жүйесін жасау. Бұл технологиялық процесте отын ретінде шикі көмір қолданылады.

Жұмыс барысында технологиялық процестің схемасы әзірленді, кейіннен басқару объектісінің функционалдық диаграммасын әзірлеу үшін пайдаланылды. Функционалдық диаграммада көмір өңдеу станциясында қолданылатын негізгі жабдықтар және олардың параметрлері көрсетілген.

Функционалдық диаграммада автоматтандыру құралдары мен олардың технологиялық режимдері бар, олар станциядағы жабдықтардың жұмысын оңтайландыру үшін қолданылады. Функционалдық диаграммадағы барлық сенсорлар анықталды, спецификация әзірленді. Бақылау объектісі ретінде өңделмеген көмірді шаң-ауа қоспасына айналдыруға жауап беретін, кейіннен жану арқылы энергияға айналатын SHBM жүйесі таңдалды. TIA Portal STEP 7 PRO бағдарламалық құралында бункерлік қондырғыдан шарикті барабанды диірменге шикі көмірді жеткізуге арналған конвейерлік қондырғыны басқару бағдарламасы әзірленді. Сондай-ақ жұмыс осы процестің экономикалық тиімділігін есептеді.

# АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы: «Разработка систем автоматизации подачи топлива в ТЭЦ».

Задачей дипломной работы является разработка системы автоматического управления подачи топливо в ТЭЦ. В качестве топлива в данном технологическом процессе используется сырой уголь.

В ходе выполнения работы была разработана технологическая схема процесса, в последующем используемая для разработки функциональной схемы объекта управления. В функциональной схеме представлены основные оборудования используемые на станции обработки угля и их параметры.

В функциональной схеме присутствуют средства автоматизации и их технологические режимы, которые используются для оптимизации работы оборудований на станции. Определены все датчики на функциональной схеме, разработана спецификация. В качестве объекта управления выбрана система ШБМ, отвечающая за превращение сырого не обработанного угля в пылевоздушную смесь, в дальнейшем путём сгорания превращающуюся в энергию. В программном обеспечении TIA Portal STEP 7 PRO разработана программа управления конвейерной установкой подачи сырого угля из бункерной установки в шаровую барабанную мельницу. Также в работе рассчитана экономическая эффективность данного процесса.

## ANNOTATION

The topic of the graduate work: "Development of systemic fuel reversibility in CHP".

The task of the thesis is to develop an automatic control system for fuel supply to the CHP. Raw coal is used as fuel in this technological process.

In the course of the work, a process flow diagram was developed, subsequently used to develop a functional diagram of the control object. The functional diagram shows the main equipment used at the coal processing station and their parameters.

The functional diagram contains automation tools and their technological modes, which are used to optimize the operation of equipment at the station. All sensors on the functional diagram are defined, the specification is developed. The SHBM system was chosen as the object of control, which is responsible for the transformation of raw untreated coal into a dust-air mixture, which is subsequently converted into energy by combustion. In the TIA Portal STEP 7 PRO software, a program has been developed to control a conveyor plant for supplying raw coal from a bunker unit to a ball drum mill. The paper also calculated the economic efficiency of this process.

# СОДЕРЖАНИЕ


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 9 |
| 1 | Технологическая часть | 10 |
| 1.1 | Описание технологического процесса подачи топлива в ТЭЦ | 10 |
| 1.2 | Система автоматического регулирования шаровой барабанной мельницы | 11 |
| 1.3 | Системы управления отделения подачи топлива на ТЭЦ | 14 |
| 1.4 | Постановка задачи | 17 |
| 2 | Разработка модернизированной системы подачи топлива в ТЭЦ | 18 |
| 2.1 | Точки контроля и регулирования технологических параметров и регулирующих воздействий | 18 |
| 2.2 | Определение структуры АСУТП | 20 |
| 2.3 | Выбор технических средств измерения и автоматизации | 21 |
| 2.3.1 | Датчики температур | 21 |
| 2.3.2 | Измерение уровня | 25 |
| 2.3.3 | Измерение давления | 25 |
| 2.3.4 | Измерение перепада давления | 26 |
| 2.3.5 | Измерение вибрации | 27 |
| 2.3.6 | Заштымбовщик (Контроль потока материала) | 28 |
| 2.3.7 | Реле электромагнитные промежуточные РП-21-003 | 28 |
| 2.3.8 | Выбор исполнительных механизмов | 29 |
| 2.3.9 | Выбор вычислительного устройства | 32 |
| 2.4 | Моделирование системы автоматического регулирования в среде Matlab – Simulink | 35 |
| 2.5 | Реализация проектной части процесса подачи сырого угля в ШБМ | 51 |
| | Заключение | 56 |
| | Список принятых сокращений | 57 |
| | Список литературы | 58 |
| | Приложение А | |
| | Приложение Б | |

# ВВЕДЕНИЕ

Теплоэлектроцентраль – это промышленное предприятние, предназначеннная для выроботки тепловой и электрической энергии в промышленных целях. ТЭЦ вырабатывает электрическую мощность с помощью сгорания топлива в промышленных печах и превращает её в механическую энергию вращения вала электрогенератора. Общий объём вырабатываеммой энергии ТЭЦ в мире составляет около 60% [1].

В основном топливом которое подаётся в ТЭЦ является сырой уголь, который доставляется на станцию железнодорожным составом. Вагоны, загруженные тоннами угля, разгружаются с помощью вагонных опрокидывателей на склад, далее с помощью бульдозеров и скреперов попадает в бункерный отдел. Для транспортировки угля по станции из разгрузочного отдела в главные корпуса используют конвейерные установки и промышленные трубопроводы. Топливо по системе узлов и галерей пересыпки транспортируется в ШБМ. Одновременно по средству регулировки в ШБМ подаются холодный и горячий воздух по трубопроводам.  В ШБМ уголь в ходе вращательного движения шаров вокруг своей оси размалывается до пылевого состояния ударным способом. Далее полученный материал, доведённый до нужного состояния попадает на сепараторную установку, где он распределяется либо дальше в циклон, либо определяется обратно в ШБМ для повторного измельчения угля. Барабан шаровой мельницы заполняется измельчаемым топливом и мелющими телами до осевой линии для эффективности процесса. Коэффициент заполнения угля составляет 0.35 – 0.4 [2].

Основными разделами проектной работы являются разработка технологической и функциональной схемы производственного процесса. Функциональная схема включает в себя исследовательскую работу по выбору средств автоматизации. Кроме этого, работа включает в себя раздел программирования датчиков и средств автоматизации в программном обеспечении TIA Portal. Также был произведён расчёт показателей экономической эффективности АС [1].

**Цель работы.** Разработка и модернизация систем автоматизации подачи топлива в ТЭЦ.

**Актуальность.** Разработка и внедрение АС подачи топлива в ТЭЦ позволит повысить стабильность и надёжность работы, КПД ШБМ возрастёт в несколько раз, что не мало важно повысится уровень условия труда технологического и обслуживающего персонала. Это также окажет большое положительное влияние на экономический фактор.

**Задачи на выполнение.** Автоматизированная система управления ШБМ предназначена для решения следующих задач:

Регулировка технологических параметров;

Улучшение точности измерения;

Улучшение оперативной работы технологического персонала;

Улучшение надёжности работы СУ.

# 1 Технологическая часть

## 1.1 Описание технологического процесса

Для того чтобы получить необходимую консистенцию топлива для их дальнейшего сгорания в пылеугольных котлах, сырой уголь нужно подготовить необходимым уровнем [1].

Первоначальным этапом является разгрузка угля на склад. Уголь поступает с помощью железнодорожного состава, затем вагоны по очереди разгружают на зону выгрузки, которая называется «склад», вагоны переворачивают с помощью разгрузочных установок. Попадая на склад уголь распределяется и утрамбовывается с помощью бульдозеров, они же в свою очередь транспортируют сырой уголь на дробильную установку, а дальше он попадает в бункерную установку сырого угля. Далее какая-то часть топлива из бункера попадает на ленточный транспортёр, который доставляет её в шаровую барабанную мельницу. Основной процесс происходит в ШБМ установке [3].

Превращаясь в пылеугольную смесь топливо поступает через сепаратор и циклон в бункер угольной пыли, затем к горелкам с помощью питателей.

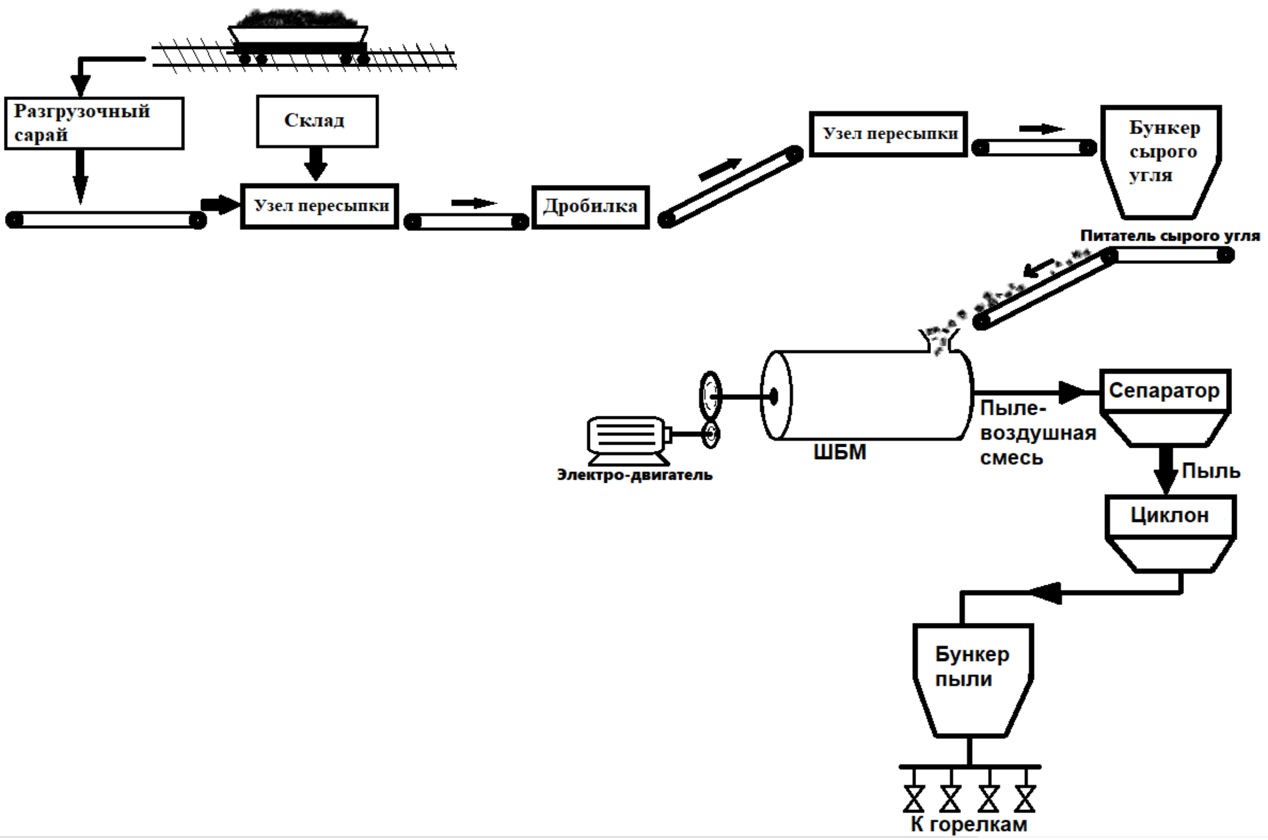



Рисунок 1.1 – Технологическая схема подачи топлива в ТЭЦ

## 1.2 Шаровая барабанная мельница

ШБМ была взята как объект управления, так как она одна из основных установок по подготовке угля и в дальнейшем превращения её в энергию. Основой данной конструкции является цилиндрический барабан. Этот барабан вращается вокруг своей горизонтальной оси, а приводит её в движение двигатель (асинхронный). Барабан закрыт торцевыми крышками и заполнен мелющими телами (металлические шары диаметром 35-65 мм). Наполнение шарами производится до 1/3 объёма всего цилиндра. Диаметр самого барабана 3-5 метров, а в длину 4-5 метров. С внутренней стороны стенки барабана обтекаются латными плитами, а сверху барабан уплотняется теплостойким и звукоизоляционным материалом. Вес всей конструкции составляет 100-400 тонн. В сам барабан через трубы поступает холодный и горячий воздух, это предназначено для сушки угля. Электродвигатель приводит в движение барабан через редуктор и ведущую шестерню [4].

Необходимое количество витков для более эффективной работы ШБМ:

$$n_б = \left(\frac{0.77}{0.85}\right) * n_{кр}. \quad (1.1)$$

В свою очередь критическое количество витков мельницы $n_{кр}$ :

$$n_{кр} = \left(\frac{42.3}{\sqrt{D_б}}\right), \text{об/мин}, \quad (1.2)$$

оно отвечает условию, когда происходит прилипание угля и шаров за счёт центробежной силы к стенкам ШБМ. $D_б$ диаметр барабана мельницы, м.

После того как будет рассчитано оптимальное количество витков ШБМ, шары, находящиеся в барабане в ходе его вращения, поднимаются вверх по стенкам и падая ударяются по углям, в результате происходит размельчение угля до состояния пыли. Эти стальные шары быстро изнашиваются, что даёт необходимость их регулярной замены и заполнением мельницы новыми шарами через горловину барабана. На функциональной схеме отображена подача воздуха в систему, это нужно для того, чтобы избежать большого процента измельченного угля, тем самым уголь периодически очищается с помощью воздуха [7].

По специальной формуле (1.3) можно определить расход воздуха на общее количество угля, находящегося в барабане:

$$V_{в.а} = 1.2 * V_б * \left(1000 + \sqrt[3]{kл.о.} + 36 * R_9\sqrt{kл.о.} * \sqrt[3]{ф_б}\right), \ \frac{м^3}{ч}, \quad (1.3)$$

где $V_б$ – объём внутри ШБМ, $м^3$;

$ф_б$ – степень заполнения ШБМ металлическими шарами.

Степень заполнения ШБМ металлическими шарами рассчитывается по формуле:

$$ф_б = \frac{G_ш}{4.9 * V_б}, \quad (1.4)$$

где $G_ш$ – загрузка металлическими шарами ШБМ, т.

В сепаратор попадает пылевоздушная смесь, в этой установке уголь рассоединяется и недостаточно молотый уголь циркулирует обратно в мельницу.

Часто мощность которая нужна чтобы вращать барабан шаровой мельницы, $N_м$, никак не зависит от массы заполненного сырого угля в нём, по причине больших масс шаров и самого барабана. Исходя из этого можно сделать вывод, с уменьшением объёма угля $В_м$ потребление энергии на процесс измельчения увеличивается. Целесообразно использовать мельницу с максимальной нагрузочной способностью, а именно с наибольшей возможной загрузкой сырого угля [8].

$$Э_р = \frac{N_M}{B_M}, кВт * ч/кг. \quad (1.5)$$

Уголь в мельнице входит в окружность ротора тангенциально, а тёплый воздух вдоль вала ротора, то есть через торцевые стенки корпуса самой мельницы. В роторе мельницы имеются диски, на которые прицепляются билодержатели, которые содержат била. Била отвечают за размол угля, сделанные из марганцевой стали. Его вес составляет 5-8 килограмм [7].

Ротор мельницы вращается по горизонтальной оси от электродвигателя. Помол угля напрямую зависит от скорости вращения била.

$$\vartheta_{бил} = \frac{pi * D_{бил} * n_м}{60}, м/с, \quad (1.6)$$

где $D_{бил}$ – диаметр диска, на которой фиксируются била, м;

$n_м$ – частота вращения ШБМ.

$$n_м = \frac{733}{984} = 0.745, об/мин. \quad (1.7)$$

Эффективность мельницы непосредственно зависит от увеличения частоты вращения. В следствии этого могут возникнуть неустойчивая перегрузка от дисбаланса и динамическая перегрузка на ротор [5].

Наибольшая удельная нагрузка на сечение ротора рассчитывается по формуле:

$$N_{уд} = \frac{35}{55} = 0.63, кВт/м^2. \quad (1.8)$$

При максимальной загрузки угля в мельницу производительность рассчитывается по формуле:

$$N_{м} = N_{уд} * F_{р}, \text{кВт}, \quad (1.9)$$

где $F_{р}$ – сечение ротора.

$$F_{р} = L_p * D_p, \quad (1.10)$$

где $L_p$ – активная длина ротора с дисками,
$D_p$ – диаметр ротора.

После размола угля мельницей образуется пылевоздушная смесь, крупицы которой имеют размер 350-600 мкм, а при помоле бурых углей до 2.5 мм. Плотность смеси 250-400 $^{кг}/_{м^3}$. После оседания пыли её плотность становится 650-800 $^{кг}/_{м^3}$. Таким образом осуществляется процесс, происходящий в ШБМ.

Система автоматического регулирования ШБМ обеспечивает:

– возникновение ограничений по вентиляционной, осушительной и размольной пылеобразующей системы, наличия предаварийной ситуации, сигнализация минимальной и максимальной подачи измельчённого материала в ШВМ;

– удобная визуализация значений температуры аэросмеси после мельницы, загрузки мельницы и перепад давления в барабане мельницы в операторной форме;

– беспрерывное определение вентиляционной, размольной и осушительной способов пылеобразующей системы, в случаи достижения критического значения;

– переход в режим оптимальной степени загрузки сырого угля из выхолощенного состояния и режима ограничительных способностей в процессе измельчения;

– расчёт и измерение действительных значений основных технологических параметров, а именно температуры аэросмесей на выходе из мельницы, степени загрузки ШБМ и изменение давления на барабанной установке;

– плавный перевод с ручного управления в автоматический режим;

– создание сигналов управления в случаи аварийных ситуаций для контроля безопасности пылеобразующей системы;

– уменьшение расхода электроэнергии;

– осуществление диагностических работ ШБМ;

– предотвращение завала ШБМ сырым углём;

– безопасная работа пылеобразующей системы в автоматическом режиме;

– передача информации о работе системы на ПК через RS-232 (RS-485).

Необходимыми климатическими условиями являются температура 25℃, влажность воздуха – 80%, атмосферное давление 85-107 кПа (600-800 мм рт.ст.).

Шаровая барабанная мельница как объект регулирования. ШБМ работает в замкнутом цикле, непрерывного действия с воздушным сепаратором, характеризуется входными и выходными параметрами. К входным относятся: G (масса загрузки шаров), n (скорость вращения мельницы), $Q_{\text{вх}}$ (уровень заполнения барабана мельницы сырым углём), $C_{x1}$ (размер частиц исходного материала). К выходным параметрам: $Q_{\text{вых}}$ (производительность ШБМ), N (мощность необходимая на измельчение угля), $C_{x2}$ (гранулометрический состав).

В таких системах автоматизации применяют одну или несколько выходных величин ШБМ в качестве параметров управления. В том случаи если произошло отклонение от заданного значения, регулятор Р формирует компенсирующее воздействие обратной связи на изменение производительности барабана мельницы [10].

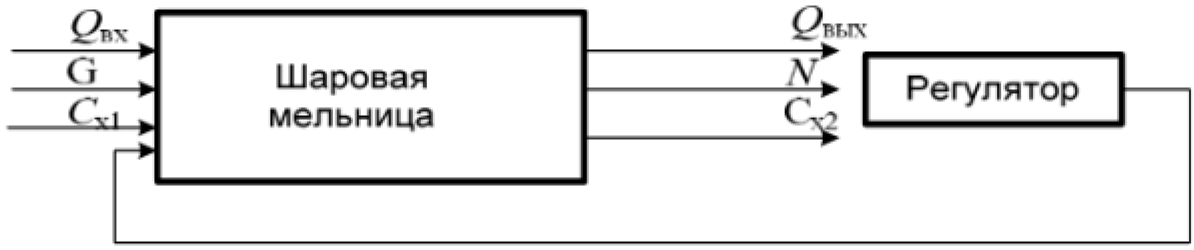



Рисунок 1.2 – ШБМ как объект регулирования

Регулятор выполняет функцию автоматического настройщика системы на происходящие в процессе изменения. Например, когда достигается должное значение загрузки барабана мельницы, при этом достигается максимальный уровень производительности пылеобразующей системы.

Главным критерием обеспечивающий нормальное условие протекания технологического процесса помола барабаном мельницы является производительная работа питателя сырого угля, она должна превышать размол мельницы в 1.5 – 2 раза [6].

Если имеется малая производительность ПСУ регулятор Р работает в нестандартном режиме, это характеризуется малой степенью загрузки барабана мельницы. Что в свою очередь приведёт к неэффективной работе пылеобразующей системы.

На достижение максимально возможной производительности мельницы оказывают влияние такие факторы как вентиляционная и сушильная возможности мельницы. В случаи возникновения таких ограничений в работе мельницы, её производительность возможна лишь на интервале указанных ограничений [7].

### 1.3 Системы управления отделения подачи топлива на ТЭЦ

Для создания надёжной и качественной СУ процессом подачи сырого угля в ТЭЦ нужно определить режимы работ оборудований для того чтобы обеспечивать оптимальную работу технологического процесса, параметры управления, контроля и сигнализации [11].

САУ должна обеспечить бесперебойную работу ручного и автоматического режимов. Режимы работы ШБМ:

- Основной;
- Ограничительный 1;
- Ограничительный 2;
- Предаварийный.

В основной режим работы ШБМ относится обеспечение подачи такого количества угля в барабан мельницы, при котором достигается максимальный уровень производительности мельницы, при чём все параметры находятся в допустимых пределах. Этот режим определяется относительной степенью загрузки мельницы. Если загрузка мельницы менее 40%, подача угля осуществляется с максимально возможной производительностью питателя [12].

В противном случаи, подача топлива в мельницу происходит по специально созданному алгоритму, работающий до достижения оптимального значения степени загрузки углём.

При достижении оптимального значения загрузки оборудования, производительность пылеобразующей системы достигла максимального уровня, система поддерживает установившееся значение до тех пор, пока не поменяются условия протекания технологического процесса [13].

Ограничительный режим 1 – режим, ограничивающий осушительную возможность мельницы.

Ограничительный режим 2 – режим, ограничивающий вентиляционную способность мельницы.

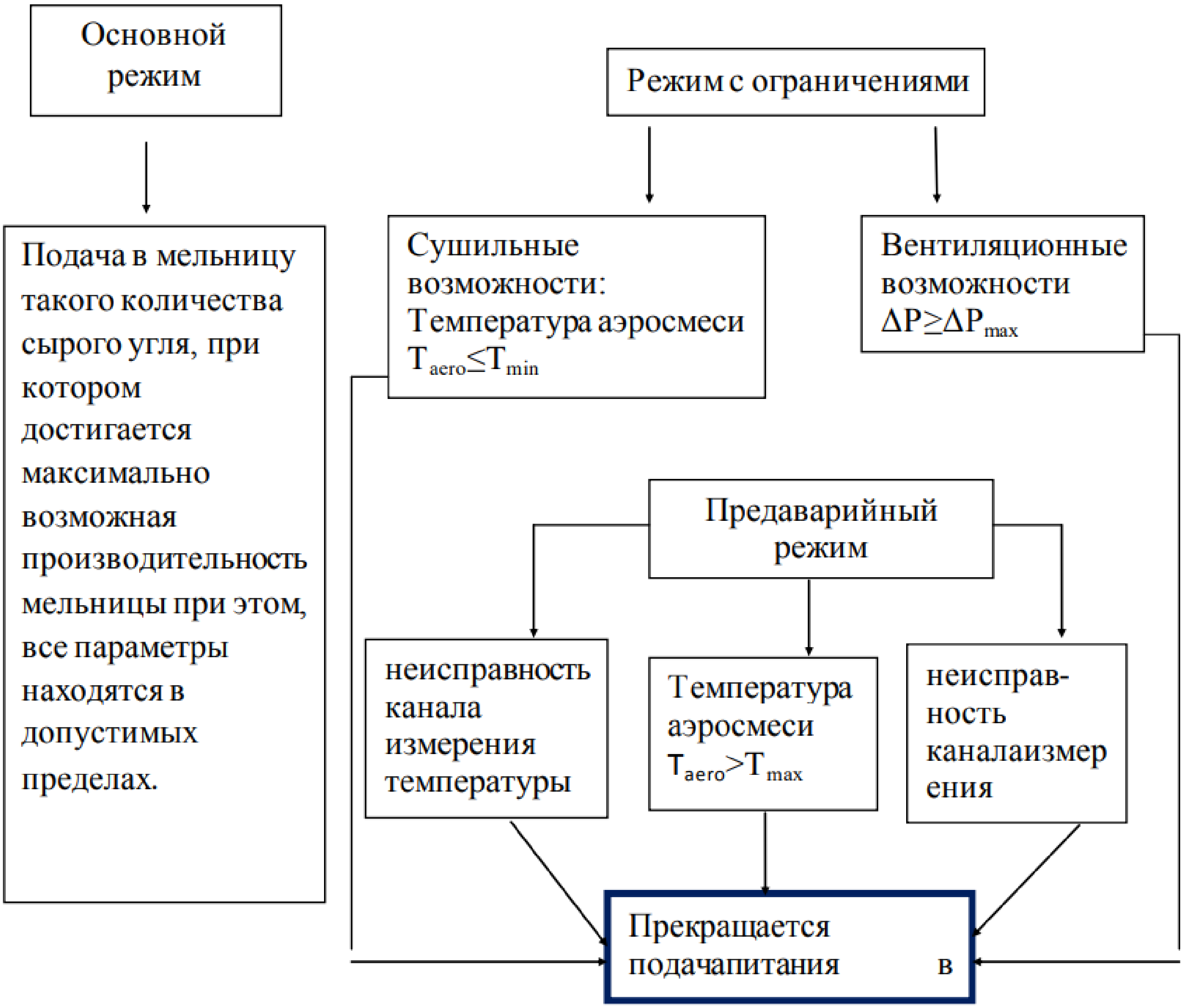



Рисунок 1.3 – Режимы работы САУ ШБМ

Режим 1 протекает при пониженной температуре меньше минимально допустимого значения ($T > T_{max}$). САУ должна закрыть подачу сырого угля в мельницу.

Режим 2 протекает при превышении максимально допустимого значения перепада давления в барабане мельницы ($\Delta P > \Delta P_{max}$), при этом температура аэросмеси после мельницы имеет значение в пределах допустимого значения ($T_{min} > T < T_{max}$). В этом режиме САУ также перекрывает подачу топлива в мельницу.

При неисправности измерительных каналов и при возникновении высокой температуры аэросмеси на выходе из барабана мельницы в условиях большой степени загрузки мельницы $L > 80\%$, $T > T_{max}$(℃) включается аварийный режим. В этих условиях СА также перекрывает подачу топлива в мельницу. После того как будут решены все неисправности, будет возобновлена работа по подачи сырого угля в мельницу и будет отключён аварийный режим [13].

## 1.4. Постановка задачи

В этом дипломном проекте должна быть разработана и модернизирована система подачи сырого угля в ТЭЦ. ШБМ будет взята как объект управления. Она является основным технологическим оборудованием по переработке и получения топлива. Также необходимо разработать проектную часть в программном обеспечении TIA Portal, показывающая логику всей системы подачи топлива в ТЭЦ [15].

Необходимо проработать такие задачи как:

– Осуществить регистрацию и контроль всех параметров в системе и разработать меры по защите технологической части процесса;

– Получить максимальный уровень по производительной работе мельницы отталкиваясь от получаемых характеристик пыле-системы и угля;

– Обеспечить регулирование температуры аэросмеси в автоматическом режиме в ШБМ;

– Минимизировать затраты ШБМ в соответствии с переменными на входе системы в автоматическом режиме;

– Осуществить безопасность всего оборудования при возникновении каких-либо аварийных ситуаций в системе, путём остановки всего процесса подачи топлива.

# 2 Разработка модернизированной системы подачи топлива в ТЭЦ

## 2.1 Точки контроля и регулирования технологических параметров и регулирующих воздействий

Точки контроля технологических параметров используются при проектировании АСУТП по требуемым проектным решениям и поставленным задачам. Технологические параметры имеют определённые диапазоны значений, в пределах этих значений САУ выполняет контроль всего процесса.

Таблица 2.1 – Контролируемые параметры

| Точка контроля | Наименование параметра | Диапазон значений |
|---|---|---|
| Бункер сырого угля | уровень угля | 0 – 9.5 м |
| | забив материалом | 0 или 1 |
| Питатель | скорость вращения электропривода | 46.51 об/с |
| | сила тока в цепи электропривода | 160 А |
| Трубопровод горячего воздуха | давление | 3.09 кПа |
| Трубопровод | температура воздуха на ШБМ | 120°С |
| Шаровая барабанная мельница | температура обмотки статора электропривода | 80°С |
| | температура сердечника статора | 80°С |
| | сила тока | 4-50 |
| | температура подшипников качения | 60°С |
| | вибрация | 85 дБ |
| | перепад давления в барабане мельницы | 100-230 Па |
| | температура пыле-воздушной смеси | 120°С |
| Бункер пыли | уровень пыли | 5 м |
| | температура пыли | 120°С |

Система также должна включать себя регулирование следующих параметров.

Таблица 2.2 – Регулирование

| Параметр | Управляемый элемент | Диапазон |
|---|---|---|
| Вибрация мельницы | ПЧ питателя | 0 – 50 Гц |
| Регулирование разрежения перед мельницей | Заслонка подвода горячего воздуха | 0 – 100 % |
| Регулирование температуры воздушной смеси за мельницей | Заслонки установленные на линиях слабо подогретого и горячего воздуха | 0 – 100 % |

На переднем подшипнике мельницы устанавливается пьезометрический акселерометр. Он служит для измерения вибрационного ускорения подшипника мельницы, также связанное с загрузкой мельницы сырым углём. Датчик сигнализирующий перепад давления перед мельницей служит для регулирования разрежения, является входным сигналом. Этот регулятор оказывает непосредственное воздействие на заслонку линии подвода горячего воздуха приходящая в мельницу.

За мельницей датчики температуры стабилизируют в определённых пределах воздействие на расход смеси холодного и горячего воздуха. Через исполнительный механизм заслонки перемещаются в нужном направлении, непосредственно от сигнала датчика температуры получаемой системой, которые устанавливаются на линиях холодного и горячего воздуха. Совместная работа исполнительного механизма со спаренными заслонками необходима для того, чтобы регулировать общий расход воздуха через мельницу, когда при открытии одного клапана, второй закрывался и наоборот, расход воздуха должен оставаться неизменным.

САУ должна иметь предупредительную сигнализацию если обнаружится превышение технологических параметров. Когда температура опускается ниже минимального значения независимо от уровня загрузки барабана мельницы система автоматически блокирует подачу сырого угля в мельницу. Система также блокирует подачу сырого угля в мельницу в случаи обнаружения перепада давления в барабане мельницы. Все эти меры необходимы для того, чтобы предотвратить аварийные ситуации на ТЭЦ, и избежать перегрева или выхода из строя шаровой барабанной мельницы.

Таблица 2.3 – Сигнализация

| Технологическое оборудование | Наименование параметра | Диапазон значений |
|---|---|---|
| Бункер сырого угля | Уровень угля – низкий L | 2 |
| | Уровень угля – низкий H | 9.0 |
| ШБМ | Температура за мельницей (низкая) | 100℃ |
| | Температура аэросмеси | 120℃ |
| | Перепад давления на барабане мельницы | 1 кПа |

**2.2 Определение структуры АСУТП**

Для данного технологического процесса целесообразно будет использование АСУТП централизованного типа.

Они используются в локальных системах технологического процесса. Преимуществом является простой алгоритм работы с удобным расположением оборудования. Не мало важным является простота создания программного обеспечения и в случаи чего упорядочить ввод или вывод информации. Если учитывать экономический фактор, то АСУТП централизованного типа намного дешевле в обеспечении аппаратными средствами, чем АСУТП распределённого типа.

Датчики собирают всю информацию о параметрах системы и преобразовывая их в сигнал тока от 4 до 20 мА (унифицированный). В современных системах всё чаще используются датчики подающую питания и приём сигнала через один кабель. Тем самым затраты в среднем на кабельную продукцию уменьшается почти в 2 раза. Для тоо чтобы уменьшить число щитов и панелей используют датчики с преобразователями.

В целях обеспечения нормальной работы всей системы целесообразным будет использование следующих типов датчиков:

– ENDERSS + Hausserdeltabar FMD71 преобразователь перепада давления с керамическими датчиками – контроль перепада давления;

– IAC – CM – I от компании Micromega (емкостной акселерометр) – контролирует вибрации;

– измерительный преобразователь давления ENDERSS + HausserCerabar TPMP 311 – контроль давления аэросмеси.

Сигнал на выходе у данных типов приборов являются унифицированными.

Для контролирования всего процесса необходимо выбрать ядро системы. Выбор пал на контроллер Simatic S7-300 от немецкой компании Siemens. Данный контроллер применяется в промышленных целях, основным преимуществом является устойчивость от относительной влажности воздуха и резких перепад температур.

Также данный тип контроллера отлично взаимодействует с панелями операторов, для мониторинга и оперативного устранения неполадок в управлении оборудованиями на производстве. В основном используется операторская панель Simatic MIC Comfort. У контроллера есть функция дублирования всей информации о системе непосредственно на ПК. С помощью данного ПК также может быть выполнен контроль и управление за оборудованием на производстве. Можно также создать локальную передачу данных с помощью сетей Ethernet. Информация таким образом будет передаваться и на другие устройства подсоединённых в данную локальную сеть.

### 2.3 Выбор технических средств измерения и автоматизации

При выборе средств измерения нужно учитывать следующие факторы:

– выбранные средства измерения должны обеспечить необходимую точность измерения давлений и температур;

– иметь долгосрочные и надежные эксплуатационные способности.

Кроме этого учитываются характер выходного сигнала, следует выбирать датчики с токовым выходным унифицированным сигналом, если система везде находится в равных условиях. Нужно также учесть тот факт, что напряжённость магнитных полей может превышать $40 \, {}^{\mathrm{А}}\!/_{\mathrm{м}}$, это требует использования дополнительных мер, для повышения помехоустойчивости каналов связи и средств измерения. Поэтому рекомендуется использование унифицированного токового сигнала, так как он является помехоустойчивым и удобным для ввода информации в контроллер. Датчики выбраны по следующим критериям:

– погрешность измерения;
– выходной сигнал;
– наличие необходимых диапазонов измерения;
– проверочный сигнал;
– функциональные возможности.

#### 2.3.1 Датчики температур

Основными датчиками температур были выбраны медные термопреобразователи сопротивления.

Термопреобразователи нужны для беспрерывного измерения и показания температуры горячего, холодного воздуха и образованной в результате помола сырого угля пылевоздушной смеси. Данный датчик основан на зависимости температуры от свойства электрического сопротивления металлов. Их структура состоит из тонкой медной катушки или проволоки из платины на каркасе, сделанный из изоляционного материала, помещённый в защитную гильзу.

Характеристика данного термопреобразователя основывается следующих параметрах: отношение свойства сопротивляемости датчика при $100℃$ к сопротивлению при $0℃$. В данном случаи модель класса ТС 044 – 50М. В3. 35/3.

Из этого следует, что конструктивное исполнение датчика (модель) с кабельным выводом имеет следующие параметры (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Характеристика теплопреобразователя

| | |
|---|---|
| Номинальная статическая характеристика (НСХ) | 50 Ом, медный |
| Класс допуска | В |
| Схема внутренних соединений проводников | Трёхпроводная (стандарт) |
| Длина погружаемой части L | 35 мм |
| Длина кабельного вывода I | 3 м |
| Рабочий диапазон измеряемых температур | $+50 - +150℃$ |
| Допускаемые отклонения | $\pm 0.25℃ + 0.0035T$ |
| Условное давление | 10 МПа |
| Величина рабочего тока | Не более 5 мА |
| Показатель тёплой инерции | Не более 30 с |
| Материал защитной арматуры | Сталь 12Х18Н10Т (мод. 054-194) |

Был выбран акселерометр АВС, так как он максимально подходит под технические данные системы, например, диапазон частот (1-10 кГц) (таблица 2.5).

Рисунок 2.1 – Акселерометр 355B03

Таблица 2.5 – Технические характеристики акселерометра АВС

| Технические данные акселерометра АВС | |
|---|---|
| Рабочий диапазон частот, Гц | 1-30 000 |
| Чувствительность при нагрузке ёмкостью 2500 пФ в амплитудном значении, $мВс^2/м$ | $0.05 \pm 0.02$ |
| Масса, кг | <0.1 |
| Среднее время наработки на отказ, не менее, ч | 25 000 |
| Технические данные преобразователя БП-6, А | 2 |
| Входное сопротивление, не менее, Мом | $1.5 \pm 0.15$ |
| Полоса пропускания, кГц | $(\frac{0.1}{30}) \pm 1$ |
| Напряжение питания, В | $9 \pm 0.2$ |
| Габариты, мм | <175x50x150 |
| Масса, кг | <0.5 |
| Среднее время наработки на отказ, не менее чем, ч | 25 000 |

Таблица 2.6 – Технические характеристики регулятора МРЗ-3002

| Технические данные регулятора МРЗ-3002 | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Количество входных дискретных каналов | 8 |
| Количество входных аналоговых каналов | 4 (8) |
| Количество выходных дискретных каналов | 8 |
| Количество выходных аналоговых каналов | 1 (8) |
| Выходной сигнал аналогового выходы – ток, мА | 4-20 (0-5) |
| Напряжение постоянного тока дискретных выходных каналов, В | $24 \pm 3.6$ |
| Максимально допустимый ток дискретных выходных каналов, А | 0.3 |
| Входное сопротивление аналогового канала, не более, Ом | $24 \pm 0.2$ |
| Порт коммуникационный | RS-232 (485) |

*Продолжение таблицы 2.6.*

| 1 | 2 |
|---|---|
| Среднее время наработки на отказ, не меньше чем, ч | 50 000 |
| Напряжение питания от сети переменного тока, В | 187-242 |
| Частота питающей сети, Гц | 50±1 |
| Габариты, мм: исполнение А<br>исполнение В<br>исполнение С | 400x150x80<br>310x215x160<br>144x144x280 |
| Масса, кг | <5 |
| Потребляемая мощность, не более, Вт | 20 |

В дипломной работе был произведён анализ сравнения российской и зарубежных типов датчиков. Главными критериями при выборе технических средств выступали цена и качества прибора.

Таблица 2.7 – Датчики температуры

| Критерий/Производитель | ТР 01 («Теплоприбор») | SITRANS T (Siemens) |
|---|---|---|
| Диапазон измерение | 0 - +150℃ | 0 - +200℃ |
| Выходной сигнал | 4 – 20 мА | 4 – 20 мА |
| Чувствительный элемент | Pt 100 | Pt 100 |
| Функциональные возможности | Подходят как решения к проектным работам | Подходят как решения к проектным работам |
| Погрешность измерения | Class B | Class B |
| Меж поверочный интервал | 3 года | 3 года |
| Цена | 110 000 тг | 210 000 тг |

Исходя из таблицы 2.7, оба датчика двух производителей максимально схожи, разница между ними лишь в стоимости. Так как в нашей технологической системе имеются несколько таких датчиков, целесообразно будет выбрать датчики российского производителя, отталкиваясь от ценовой политики.

### 2.3.2 Измерение уровня

Произведён сравнительный анализ характеристики датчиков уровня (уровнемеры) производителей Rosemount 5600 и SITRANS JS300 Siemens (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Датчики уровня (уровнемеры)

| Критерий/Производитель | Rosemount 5600 | SITRANS JS300 Siemens |
|---|---|---|
| Диапазон измерения | 80 | 30 |
| Принцип измерения | радарный | радарный |
| Выходной сигнал | 4 – 20 мА | 4 – 20 мА |
| Погрешность измерения | 0.55% | 0.45% |
| Функциональные возможности | Подходят как решения к проектным работам | Подходят как решения к проектным работам |
| Меж поверочный интервал | 3 года | 4 года |
| Цена | 490 000 тг | 650 000 тг |

Есть некоторые особенности в выборе датчика SITRANS JS300 Siemens:

– это радарный датчик уровня, применяемый в измерении сыпучих материалов, в данном случаи пылевоздушной смеси, отлично подходит для бункерных объектов и барабанных мельниц;

– имеется программа быстрого запуска Plug & Play автоматической конфигурации;

– идеально подходит по критерию цена-качество;

– шумы, пыль заполнения, слои газа и температуры никак не оказывают влияния на свойство точности измерения;

– температура рабочего состояния 40 - 450°C.

### 2.3.3 Измерение давления

Произведён сравнительный анализ характеристики датчиков уровня (уровнемеры) производителей Метран-100-ДИВ и SITRANS P 500 Siemens (таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Датчики давления

| Критерий/Производитель | Метран-100-ДИВ | SITRANS P 500 Siemens |
|---|---|---|
| Диапазон измерения | 0 – 50 бар | Настраиваемый |
| Диапазон температур измеряемы сред | -25 - +70℃ | -25 - +80℃ |
| Выходной сигнал | 4 – 20 мА | 4 – 20 мА |
| Погрешность измерения | 0.55% | 0.15% |
| Функциональные возможности | Подходят как решения к проектным работам | Подходят как решения к проектным работам |
| Меж поверочный интервал | 3 года | 3 года |
| Цена | 105 000 тг | 250 000 тг |

Исходя из таблицы 2.8 по техническим возможностям и функционалу подходят оба датчика, но выбор российского производителя обуславливается большей экономичностью, представляющий собой тензорезистивный чувствительный элемент с измерительной диафрагмой сделанный из металлического материала.

### 2.3.4 Измерение перепада давления

Произведён сравнительный анализ характеристики датчиков уровня (уровнемеры) производителей Rosemount 3051S и SITRANS P 500 Siemens.

Таблица 2.10 – Измерение перепада давления

| Критерий/Производитель | Rosemount 3051S | SITRANS P 500 Siemens |
|---|---|---|
| Диапазон измерения | 5мбар – 40 бар | Настраиваемый |
| Диапазон температур измеряемы сред | -40 - +150℃ | -25 - +80℃ |
| Выходной сигнал | 4 – 20 мА | 4 – 20 мА |
| Погрешность измерения | 0.065% | 0.15% |
| Функциональные возможности | Подходят как решения к проектным работам | Подходят как решения к проектным работам |
| Меж поверочный интервал | 3 года | 3 года |
| Цена | 350 000 тг | 410 000 тг |

Исходя из таблицы 2.9 по критерию ценовой политики, был выбран датчик Rosemount 3051S. Данный датчик служит дифференциальным преобразователем давления с металлической мембраной, он применяется в промышленных отраслях для беспрерывного измерения газов, жидкостей и пара. Он имеет удобный интерфейс, обеспечивающий пуско-наладку системы, простую и долгосрочную эксплуатацию. За параметрами прибора и процесса отвечает модуль данных Histro Rom, встроенный в датчик. Используется в системах с уровнем безопасности SIL2/3, разработанный по стандарту IEC 61606.

### 2.3.5 Измерение вибрации

Во избежание каких-либо пробелов между акселерометрами используют акселерометр ёмкостного типа IAC-CM-1 (таблица 2.10). К плюсам данного акселерометра можно отнести: низкую цену, предотвращают повреждение хрупких и дорогих лабораторных акселерометров. К минус: низкий уровень точности и шумность. Они используются в промышленных целях для различного рода конструкций и мониторинга оборудований.

Таблица 2.11 – Технические характеристики акселерометра типа IAC-CM1

| | |
|---|---|
| Диапазон ускорения | 980 $^{\text{м}}/_{\text{с}^2}$ |
| Частота | 0 – 10 000 Гц |
| Применение | Прямое подключение к ПЛК и щитовым счётчикам |
| Система обработки сигнала (встроенная) | 4 – 20 мА |
| Степень защиты | IP67 |
| Функциональность | Защита от ложной поляризации |
| Внешние характеристики | Компактная и прочная конструкция |

### 2.3.6 Заштымбовщик (Контроль потока материала)

Часто сырой уголь может содержать влагу, во избежание затора бункера топливом (контроль затора перегрузочных течек конвейеров) используется датчик серии ДЗИ (таблица 2.11).

Таблица 2.12 – Технические характеристики датчика ДЗИ

| | |
|---|---|
| Напряжение питания | 20 – 250 AC<br>20 – 320 DC |
| Угол срабатывания | 20 градусов |
| Диапазон рабочих токов | 5 -500 мА |
| Импульсный ток | 3 А |
| Частота | 1 Гц |
| Диапазон рабочих температур | - 15 - +150℃ |
| Степень защиты | IP68 |
| Материал корпуса | Сталь 45, покрыт антикоррозийный слой покрытия – цинкование с хроматированием |
| Габариты | 37х220 мм |

### 2.3.7 Реле электромагнитные промежуточные РП-21-003

Передаёт сигнал от модулей (ввода или вывода) контроллера по электрическим цепям, переключающие контакты. Также применяется в управлении электроприводов переменного тока, с действующим напряжением до 380 В (таблица 2.12).

Таблица 2.13 – Технические характеристики реле РП-21-003

| | |
|---|---|
| Частота переменного тока | 50 – 60 ГЦ |
| Напряжение | 12 – 220 В |
| Номинальная нагрузка по току | 0.01 – 5 А |
| Мощность (коммутируемая) | До 3 Вт |
| Напряжение катушки постоянного тока | 12 В, 24 В, 48 В, 60 В и 110 В |
| Напряжение катушки переменного тока | 12 В, 24 В, 36 В, 110 В, 127 В, 220 В |
| Номинальное напряжение | 24 В |
| Количество групп переключающих контактов | 3 |
| Ток включающей катушки | Постоянный |
| Габариты | 34x29x54 |
| Номинальная нагрузка по току | 0.025 – 5 А |
| Коммутируемая мощность | 2 Вт |
| Степень защиты | IP40 |

### 2.3.8 Выбор исполнительных механизмов

Применяются для пуска запорно-регулирующих арматур и регулирующих органов в АСУТП, управляющих и регулирующих устройств по командным сигналам. Часто используются в инженерных системах и сетях. Для данной системы был выбран однобортный электрический исполнительный механизм МЭО-250/25-0,63У-92КБ.

Таблица 2.14 – Технические характеристики исполнительного механизма МЭО-250/25-0,63У-92КБ

| | |
|---|---|
| Наименование | МЭО-250/25-0,63У-92КБ |
| Крутящий момент | 250 N*m |
| Время полного хода выходного вала | 25 с |
| Полный ход выходного вала | 0.63 r |
| Потребляемая мощность | 220 В |
| Масса | 74 кг |

Микропроцессорным устройством является блок БД в аналоговых регулирующих органах. Он выполняет функции:

– контроля и диагностики исправной работы датчиков, наличие и исправной работы батареи резервного питания, испраной работы БД;

– индикация, производимая четырёхразрядным цифровым индикатором;

– датчик положения зависит от значения текущего положения органа регулирования;

– кодов состояния датчика, кодов неисправности;

– наличие аварийного состояния, батареи резервного питания, основного питания, текущее положение выходного вала;

– связь по цифровой сети с верхним устройством уровня;

– преобразование положения выходного механизма вала;

– протокол ModBus RTU (блок БД с опцией С);

– передача цифрового сигнала через UTP кабель;

– выбор диапазона сигнала с выходным унифицированным аналоговым сигналом положения (от 0 до 5 мА), (от 0 до 20 мА), (от 4 до 20 мА).

Выбор преобразователя частоты. Для того чтобы регулировать работу по подаче сырого угля в мельницу применяют преобразователь частоты, вместе с этим происходит оптимальная загрузка ШБМ.

Данное устройство необходимо для переключения напряжения с одной частоты в напряжение другой частоты. В связи с этим частота на выходе в преобразователе меняется в интервале ниже или выше частоты сети питания.

В преобразователе имеются две части схемы – управляющая и силовая. Работа силовой части происходит в режиме электронных ключей с помощью транзисторов и тиристоров. В свою очередь управляющая часть контролирует силовые электронные ключи, выполняет защиту и диагностику с помощью цифровых микропроцессоров.


Рисунок 2.1 – ПЧ в системе автоматизации

Преобразователи частот выбирают по следующим критериям:

– питающая сеть должна быть трёхфазной с напряжением 220/380В и частотой 50 Гц;

– параметры на выходе преобразователя частоты. Максимальное линейное напряжение 380В. Максимальная частота на выходе преобразователя рассчитывается по формуле (2.1):

$$f_{n\,max} > 50 * \frac{\omega_{\text{эп макс}}}{\omega_0 * (1 - s_{\text{к}})}, \quad (2.1)$$

где $\omega_{\text{эп макс}}$ и $\omega_0$ инженерно-электрические расчёты.

$$f_{n\,max} > 50 * \frac{\omega_{\text{эп макс}}}{\omega_0 * (1 - s_{\text{к}})} = 50 * \frac{198.95}{157 * (1 - 0.191)} = 78.32 \text{ Гц}. \quad (2.2)$$

Минимальная частота преобразователя на выходе (2.3):

$$f_{n\,min} > 50 * \frac{\omega_{\text{эп }min}}{\omega_0} = 50 * \frac{52.3}{157} = 16.6 \text{ Гц}. \quad (2.3)$$

Был произведён расчёт часовой производительности питателя.

Исходя из технических требований был выбран преобразователь частоты Simovert MasterDrives Vector Control от фирмы Siemens. В исполнительном блоке мощность ПЧ от 2.1 до 2500 кВт. В комплект исполнительного блока входит воздушное охлаждение со степенью защиты IP20, в который можно разместить – IP00. Есть ещё один тип ПЧ имеющий систему водяного охлаждения, они выпускаются со степенью защиты IP65. В свою очередь исполнение шкафа имеет стандарт защиты IP20. Основные технические характеристики данного ПЧ (таблица 2.15).

Таблица 2.15 – Технические характеристики ПЧ

| | |
|---|---|
| Типоразмер | 7025 |
| Максимальная мощность двигателя, кВт | 19 |
| Номинальный выходной ток, А | 38.5 |
| Базовый ток нагрузки, А | 34.5 |
| Ток перегрузки, А | 51.4 |
| Номинальный ток звена постоянного тока, А | 45.6 |
| Ток потребления, А | 42.3 |
| Потеря мощности при частоте 2.5 Гц | 0.5 |
| Вес, кг | 35 |

### 2.3.9 Выбор вычислительного устройства

Для данной АСУТП был выбран контроллер Simatic S7-300 производимый компанией Siemens. Контроллер создаёт сигналы управления, обрабатывает получаемые данные, а также работает выполняя операции ввода и вывода сигналов. Состоит из простого охлаждения, конструкция программируемая, модульная. Преимущество в удобность интерфейсе для пользователя, хороший пример цены и качества работы в промышленных целях [5]. Его можно использовать с несколькими типами центральных процессоров с различными уровнями производительности. Имеется большой выбор ввода аналоговых и дискретных сигналов от датчиков, модули функционала и процессора коммуникации.

Таблица 2.16 – Технические характеристики контроллера Simatic S7-300

| Характеристика | Значение |
|---|---|
| Степень защиты | IP 54 |
| Диапазон температуры эксплуатации:<br>Горизонтальный монтаж<br>Вертикальный монтаж | От 0-100℃<br><br>От 0-60℃<br>От 0-40℃ |
| Диапазон относительной влажности | От 5-95% |
| Атмосферное давление | 800-1200 Гпа |
| Электромагнитная совместимость | German EMC Legislation |
| Устойчивость к шумам | По EN 50082-2, испытания по IEC 801-2, ENV 50140, IEC 801, ENV 50141, IEC 801-5 |
| Наводки | По EN 50081-2, испытания по EN 55011, класс А, группа 1 |
| Механические воздействия:<br>Вибрация, ГЦ<br><br><br>Ударные нагрузки | <br>IEC 68, часть 2-6: 10-58 амплитуда постоянная 0.075 мм; 58-150 ускорение постоянное 1g.<br>IEC 68, часть 2-27: полусинусоидаьные ударные воздействия с ускорением 15g (пиковое значение) длительностью до 11 мс. |

Центральный процессор. В контроллере Simatic S7-300 используется центральный процессор CPU 315-2DP. Он состоит из интерфейса MPI/ProfiBus DP Pro, Profinet.

CPU 315-2DP имеет следующий функционал для решения задач:

– регулирование автоматическим способом с помощью модуля STEP 7, а также таких пакетов как Modular PID Control и Standard;

– осуществляет управление движением с помощью Easy Motion Control.

– память контроллера, используемая для загрузки секций программ и обработки и хранения оперативных данных 256 Кбайт. Микрокарта имеет объём памяти 10 Мбайт. Он используется как архив данных проекта и управляет рецептами.

– интерфейс Ethernet;

– количество входных сигналов – 16;

– количество выходных сигналов – 16.

Модули ввода аналоговых сигналов SM 331. Эти модули предназначены для преобразования аналоговых сигналов в сигнал, который принимает контроллер, то есть в цифровой [6]. Модули отлично взаимодействуют с датчиками, имеющими электрические выходные сигналы, обычно это различные унифицированные датчики температур.

Таблица 2.17 – Характеристики модуля SM 331

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---|---|
| Количество входных каналов | 8 |
| Потребляемая мощность, Вт | 5 |
| Размеры | 40х125ч117 |
| Соединитель фронтальный | Количество полюсов 40 |
| Масса, г | 250 |

Модули вывода аналоговых сигналов SM 332**.** В данном процессе используется 3 аналоговых выходных сигналов, эти сигналы берут своё начало от клапанов управления воздухом в трубопроводе. Этот модуль работает для трансформации цифровых сигналов внутри контроллера в аналоговые сигналы на выходе.

Таблица 2.18 – Характеристики модуля вывода аналоговых сигналов SM 332

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Общее количество выходов | 4 |
| Напряжение питания, В | 24 |

*Продолжение таблицы 2.18*

| 1 | 2 |
|---|---|
| Максимальная индуктивность нагрузки, мГн | 1 |
| Защита от короткого замыкания | Имеется |
| Время преобразования на канал, мс | 0.8 |
| Диагностические прерывания | Имеется |
| Длина кабеля, м | 200 |
| Потребляемая мощность, Вт | 3 |
| Испытательное напряжение изоляции, В | 500 |
| Фронтальный соединитель | Количество полюсов 20 |
| Габариты | 40x125x120 |
| Масса, кг | 0.22 |
| Параметры сигналов на выходе:<br>напряжение, В<br><br>сопротивление нагрузки, кОм<br><br>силы тока, мА<br><br>сопротивление нагрузки, кОм | <br>0 – 10;<br><br>±10;<br><br>4 – 20;<br><br>±20; |
| Базисная погрешность преобразования:<br>для каналов напряжения, %<br>для каналов силы тока,% | <br>±0.5<br>±0.6 |
| Рабочая погрешность преобразования:<br>для каналов напряжения, %<br>для каналов силы тока,% | <br>±0.2<br>±0.3 |
| Время установления выходного сигнала:<br>при активной нагрузке, мс<br>при емкостной нагрузке, мс<br>при индуктивной нагрузке, мс | <br>0.1<br>3.3<br>0.5 |

Помимо этого, применяются модули для вывода и получения дискретных сигналов к контроллеру, для этого нужны лишь получить дискретные сигналы от каналов центрального процессора.

### 2.4 Моделирование системы автоматического регулирования в среде Matlab – Simulink подачи топлива в ТЭЦ

По известным ранее передаточным функциям была построена САР измельчения угля в Simulink.

$$W_{\text{датчика}} = 1, \tag{2.4}$$

$$W_{\text{рабочего органа}} = \frac{20}{(0.01*p+1)}, \tag{2.5}$$

$$W_{\text{исполнительного механизма}} = \frac{5}{(2*p+1)}, \tag{2.6}$$

$$W_{\text{объекта управления}} = \frac{0.1}{0.05*p^2+1}. \tag{2.7}$$

где $W_{\text{исп.мех.}}(\text{p})$ – передаточная функция исполнительного механизма (открывание-закрывания бункера сырого угля);

$W_{\text{раб.орг.}}(\text{p})$ – передаточная функция рабочего органа (пневматический клапан);

$W_{\text{об.упр.}}(\text{p})$ – передаточная функция объекта управления (ШБМ);

$W_{\text{датчика}}(\text{p})$ – передаточная функция датчика (термопара);

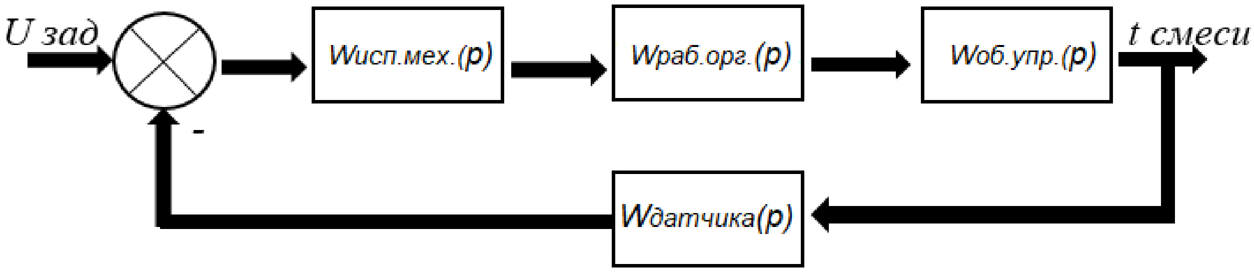



Рисунок 2.1 – Функциональная схема САР измельчения сырого угля в ШБМ

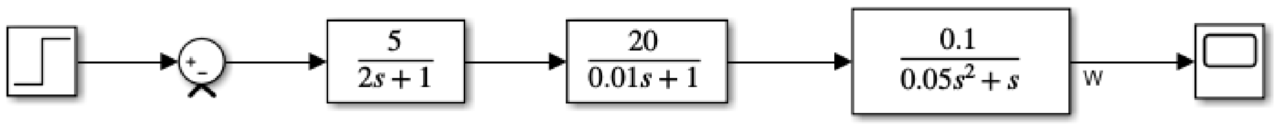



Рисунок 2.2 – Структурная схема разомкнутой системы в Simulink

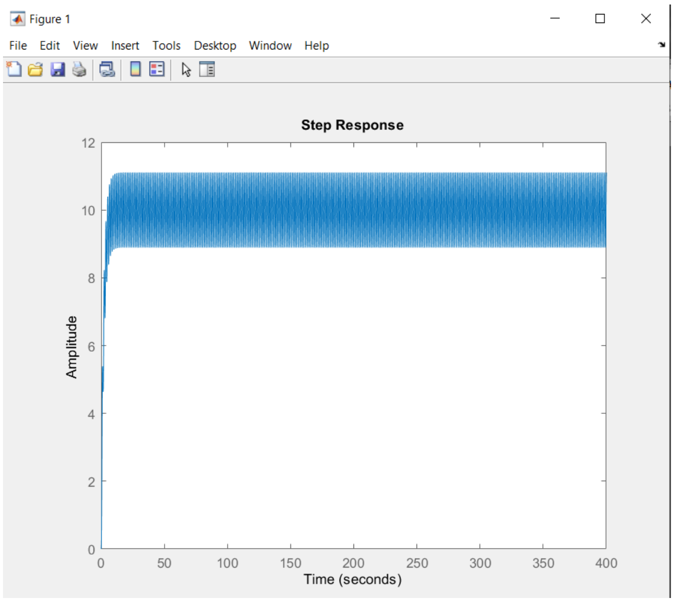



Рисунок 2.3 – Результаты моделирования разомкнутой системы

Необходимо проверить систему в командной строке. Для этого вводится формула нахождения передаточной функции разомкнутой цепи. Выводим её полюса. Устойчивой системе соответствует условие того, что все полюса будут отрицательными, неустойчивости системы соответствует содержание хотя бы одного положительного полюса. В данном случае система находится на границе устойчивости, так как имеются мнимые полюса равных нулю.

```
Command Window
>> A=tf([5],[2 1]);
>> B=tf([20],[0.01 1]);
>> C=tf([0.1],[0.05 0 1]);
>> W=A*B*C

W =

                        10
  ----------------------------------------------
  0.001 s^4 + 0.1005 s^3 + 0.07 s^2 + 2.01 s + 1

Continuous-time transfer function.

>> pole(W)

ans =

   1.0e+02 *

  -1.0000 + 0.0000i
   0.0000 + 0.0447i
   0.0000 - 0.0447i
  -0.0050 + 0.0000i

>> step(W)
```

Рисунок 2.4 – Исследование устойчивости системы в командной строке Matlab

Исходя из рисунка 2.4, по прямой связи система находится на границе устойчивости. Все полюса получились мнимые, РСАР является консервативным звеном исходя из графика системы.

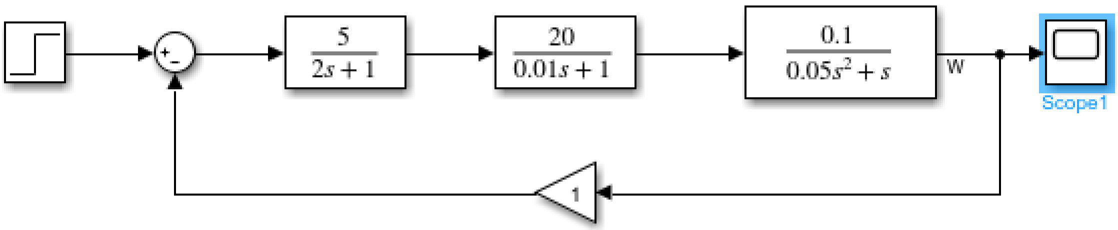



Рисунок 2.5 – Структурная схема замкнутой системы в Simulink

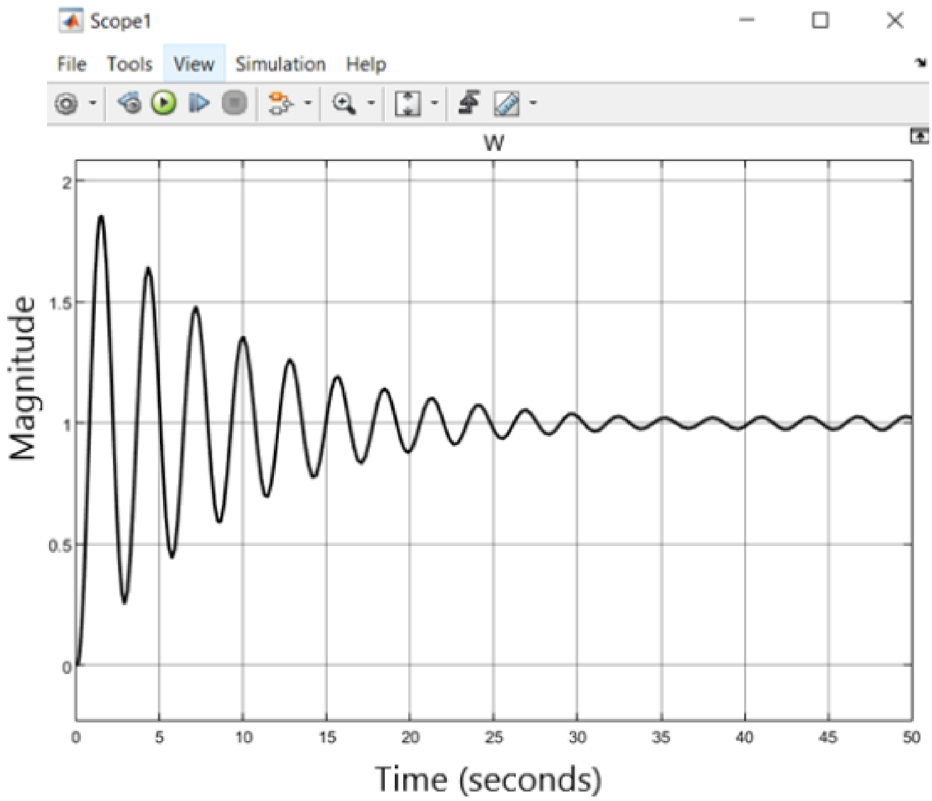



Рисунок 2.6 – Результаты моделирования замкнутой системы

По результату моделирования можно наблюдать, что замкнутая цепь находится в устойчивом состоянии, которое приходит к 1.

Нужно проверить её в командной строке. Для этого вводится формула нахождения передаточной функции замкнутой цепи, используя передаточную функцию прямой цепи. Выводим её полюса.

```
Command Window
>> g=tf([10],[0.001 0.1205 2.06 1 10])

g =

                      10
  ------------------------------------------
  0.001 s^4 + 0.1205 s^3 + 2.06 s^2 + s + 10

Continuous-time transfer function.

>> pole(g)

ans =

 -99.9874 + 0.0000i
 -20.3118 + 0.0000i
  -0.1004 + 2.2167i
  -0.1004 - 2.2167i
```

Рисунок 2.7 – Моделирование разомкнутой САР в Матлабе

Все полюса получились отрицательными мнимыми, значит замкнутая цепь принимает устойчивое состояние (по первому Методу Ляпунова) [7]. Можно проверить с помощью графика step.

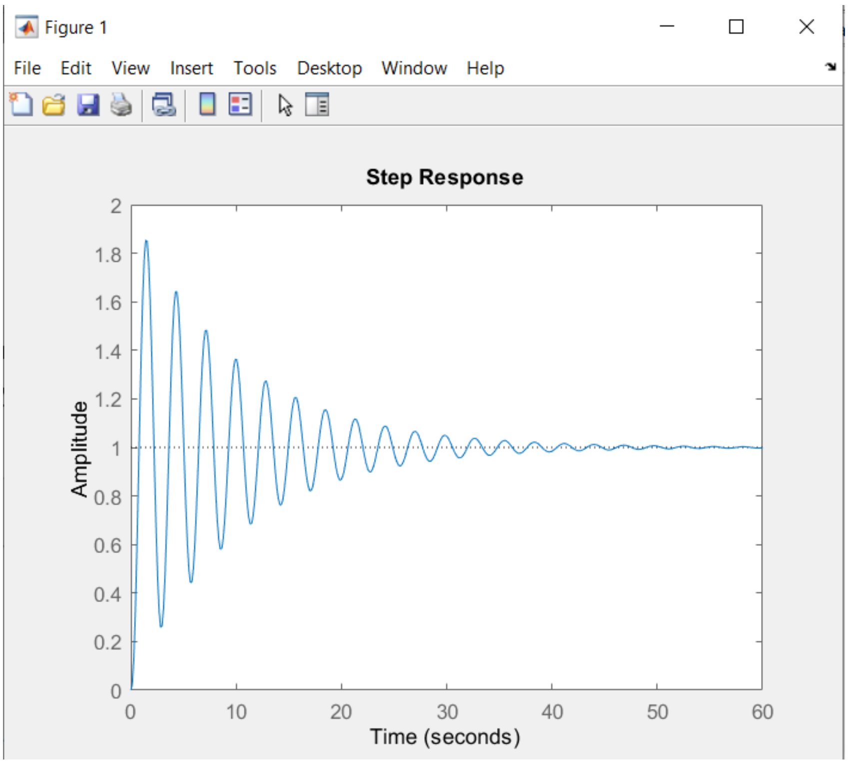



Рисунок 2.8 – Результат моделирование замкнутой системы в командной строке Matlab

Исходя из рисунка 2.8, график приходит к установившемуся состоянию в точке 2, графики, полученные путём функциональных блоков Simulink и в командной строке Матлаб идентичны, следовательно, исследование произведено успешно. Система устойчива.

Исследование устойчивости замкнутой САР критерием Михайлова.

$$G(s) = \frac{10}{0{,}001*s^4 0{,}1205*s^3+2{,}06*s^2+s+10}.$$

Определить характеристическое уравнение:

$$D(s) = 0{,}001 * s^4 + 0{,}1205 * s^3 + 2{,}06 * s^2 + s + 10 = 0.$$

Заменить s → jω => s= jω.

$$D(\mathrm{j\omega}) = 0{,}001 * (\mathrm{j\omega})^4 + 0{,}1205 * (jw)^3 + 2{,}06 * (jw)^2 + jw + 10.$$

Частотный характеристический полином – годограф Михайлова:

$$D(\mathrm{j\omega}) = (0{,}001 * (\omega)^4 - 2.06 * w_2^2 + 10) + j * (-0.1205 * w_3^3 + w_1^1) = 0;$$

$$D(\mathrm{j\omega}) = Re(\omega) + jIm(\omega) = X(\omega) + jY(\omega); \qquad (2.8)$$

$$X(\omega) = 0{,}001 * (\omega)^4 - 2.06 * w_2^2 + 10 = 0;$$

$$\begin{cases} w_1 = -45.3 \\ w_2 = +45.3 \\ w_3 = -2.2 \\ w_4 = +2.2 \end{cases};$$

$$Y(\omega) = -0.1205 * w_3^3 + w_1^1 = 0;$$

$$\begin{cases} -2.88 \\ 0 \\ +2.88 \end{cases};$$

Построить годограф Михайлова на Матлабе (рисунок 2.9).

```
Command Window
>> w=0:1:50;
>> D=(0.001*w.^4 - 2.06*w.^2 + 10)-i*(0.1205*w.^3 - w);
>> plot(real(D), imag(D))
>> grid on
>>
```

Рисунок 2.9 – Моделирование устойчивости разомкнутой САР критерием Михайлова

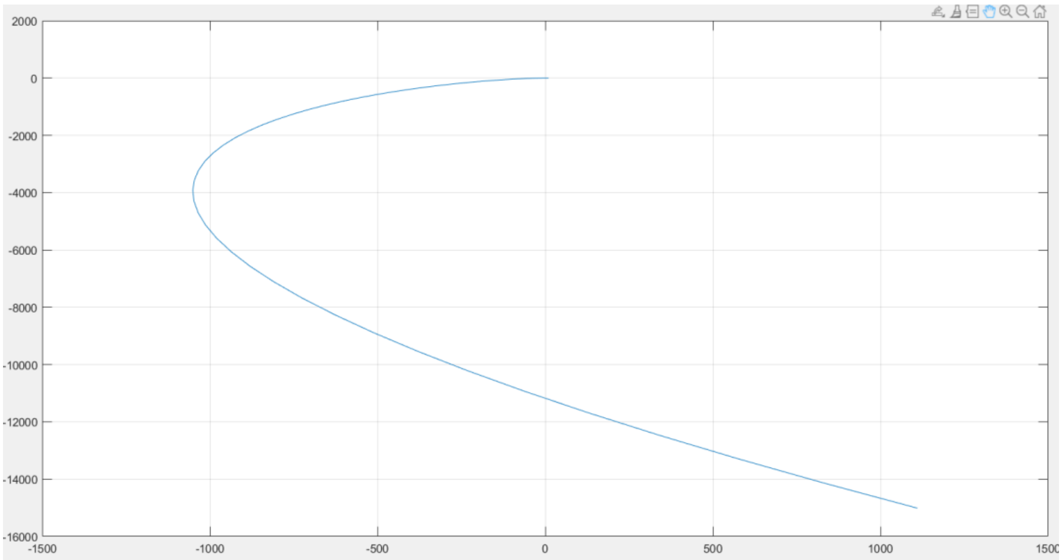



Рисунок 2.10 – Результат моделирования устойчивости разомкнутой САР критерием Михайлова

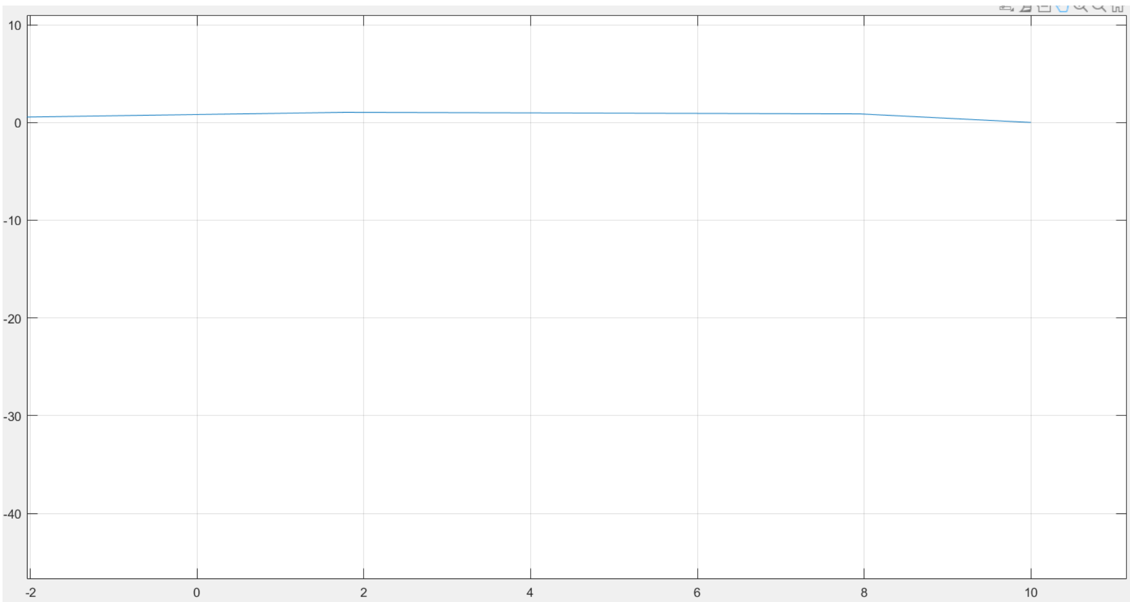



Рисунок 2.11 – Годограф Михайлова

Исходя из рисунка 2.11, график проходит против часовой стрелки пересекая сразу четыре квадранта, соответствуя устойчивой системе четвёртого порядка. Годограф Михайлова начинается с вещественной положительной полуоси, в четвёртом квадранте уходит в бесконечность и не пересекает начало координат, следовательно, ЗСАР устойчива по критерию Михайлова [8].

Исследовать устойчивость замкнутой САР критерием Найквиста. Исследование замкнутой системы по амплитудно-фазовой частоте разомкнутой системы.

Следующим шагом определить количество неустойчивых полюсов G(s). В данной системе как таковых неустойчивых полюсов нет.

```
>> nyquist(g)
```

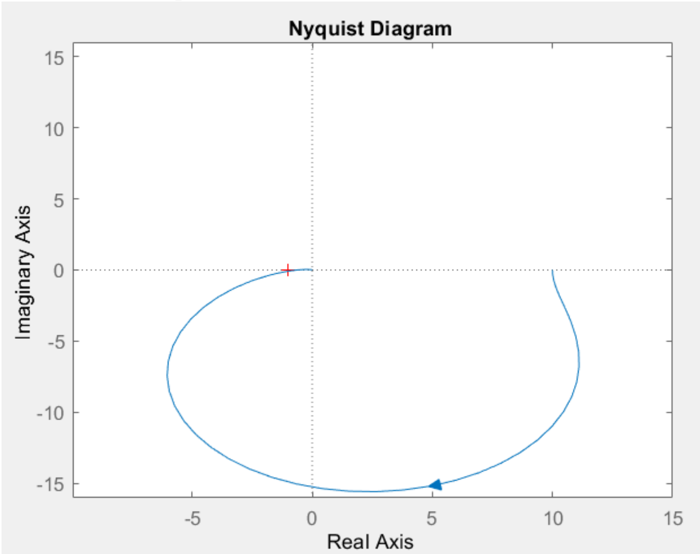



Рисунок 2.12 – Результат моделирования ЗСАР критерием Найквиста

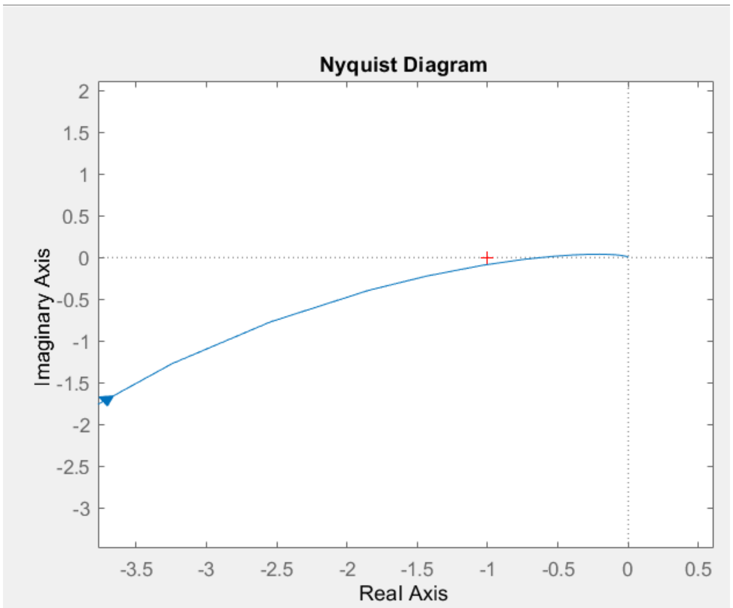



Рисунок 2.13 – Результат моделирования ЗСАР критерием Найквиста

Определение запаса устойчивости по логарифмической частотной характеристике. Для получения запаса устойчивости по фазе и амплитуде, необходимо вывести ЛЧХ разомкнутой системы [9].

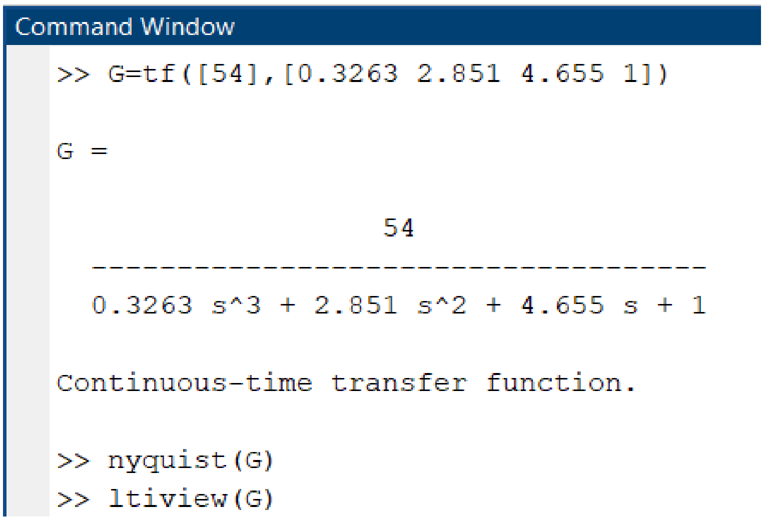



Рисунок 2.14 – Программа получения ЛЧХ разомкнутой системы в командной строке Матлаба

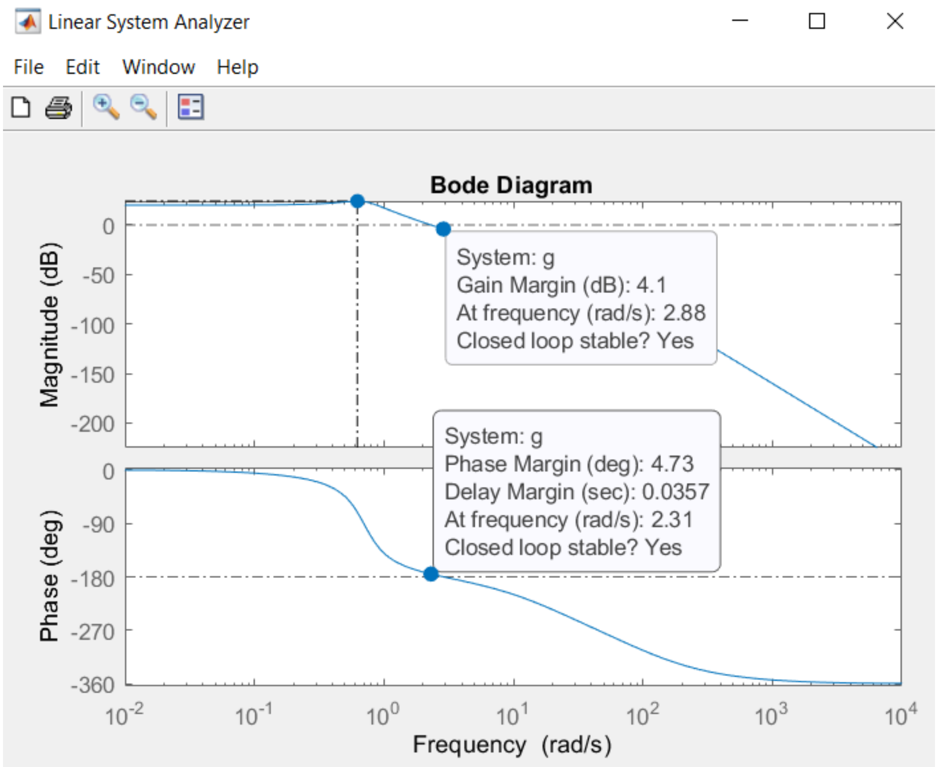



Рисунок 2.15 – ЛАХ и ЛФХ САР измельчения сырого угля в барабане шаровой мельнице

Исходя из полученных данных (рисунок 2.15) ЛАХ и ЛФХ можно увидеть:

– запас по амплитуде – (4.1) дБ;

– запас по фазе – (4.73) градусов.

Исследование замкнутой САР с подключением регулятора. Объекты управления бывают различных типов и свойств, следовательно их регулирование также выбирается от линейных настроек и функций [9]. В основном линейные регуляторы используются в промышленности.

Так регуляторы типа P используются при произвольном значении времени запаздыания и инерции. Данный регулятор включает в себя статический и астатический регулирующий орган.

В свою очередь I регулятор имеет только статический орган регулирования, при условии, что будет малое время запаздывания и изменения возмущений будет протекать медленно [10].

Когда как PI регулятор работает при любом значении времени запаздывания и инерции.

Ещё один тип регулятора это PID. Он работает при любом значении времени запаздывания, но при малых колебательных условиях начальных процессов.

Из этого краткого изложения можно сделать вывод, что рационально и целесообразно будет использование P – регулятора, так как его характеристики идеально подойдут под нашу САР.

Исследование прямых оценок качеств ЗСАР подачи топлива в ТЭЦ без регулятора.

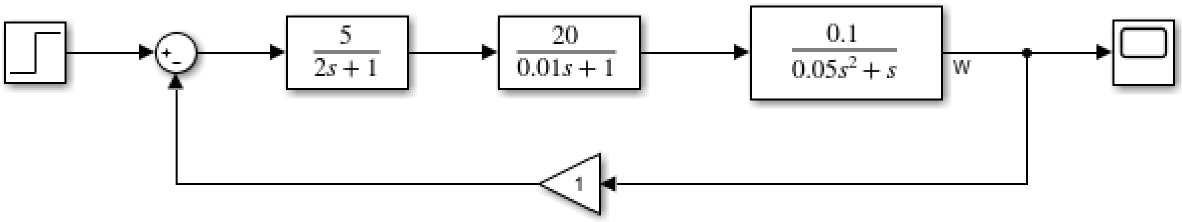



Рисунок 2.16 – Замкнутая система автоматического регулирования без регулятора

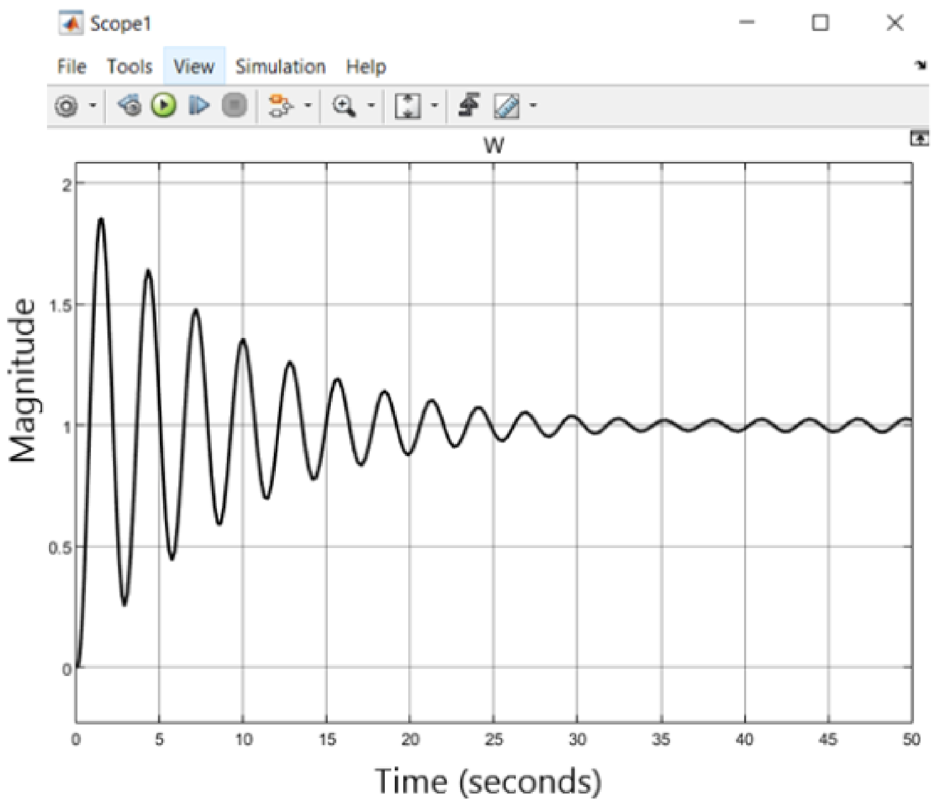



Рисунок 2.17 – График ЗСАР без регулятора

Исследование прямых оценок качеств ЗСАР подачи топлива в ТЭЦ без регулятора.

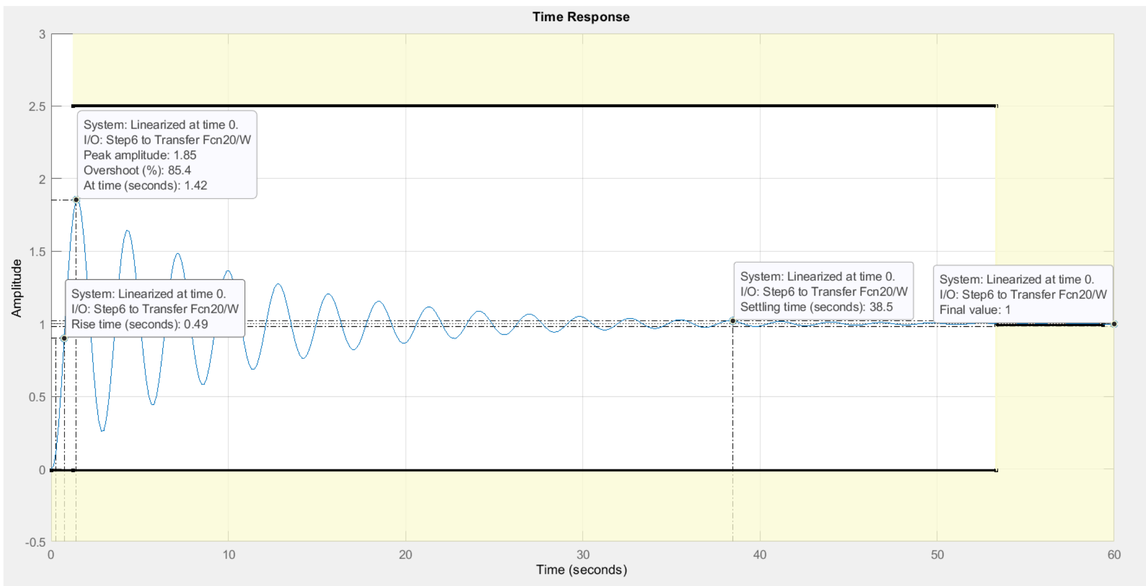



Рисунок 2.18 – График ЗСАР без регулятора с прямыми оценками качества

Таблица 2.18 – Характеристики прямых оценкок качеств ЗСАР

| | | | |
|---|---|---|---|
| Основные | 1 | Время регулирования (setting time) | 38.5 |
| | 2 | Перегулирования (overshoot) % | 85.4 |
| | 3 | Время достижения первого максимума (peaktime) | 1.85 |
| | 4 | Время нарастания (rise time) | 0.49 |
| | 5 | Установившееся значение (final value) | 1 |

Исследование прямых оценок качеств ЗСАР подачи топлива в ТЭЦ с Р – регулятором.

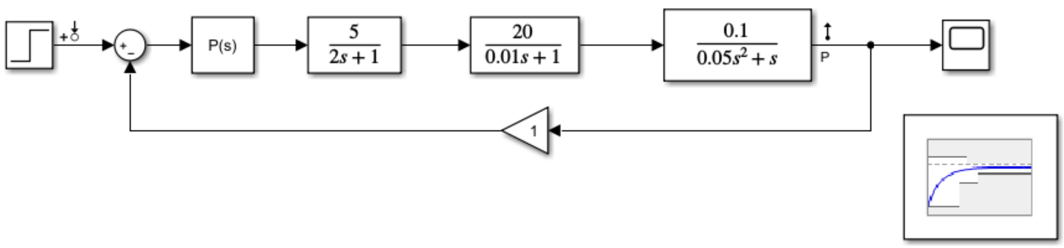



Рисунок 2.19 – Замкнутая система автоматического регулирования с Р – регулятором

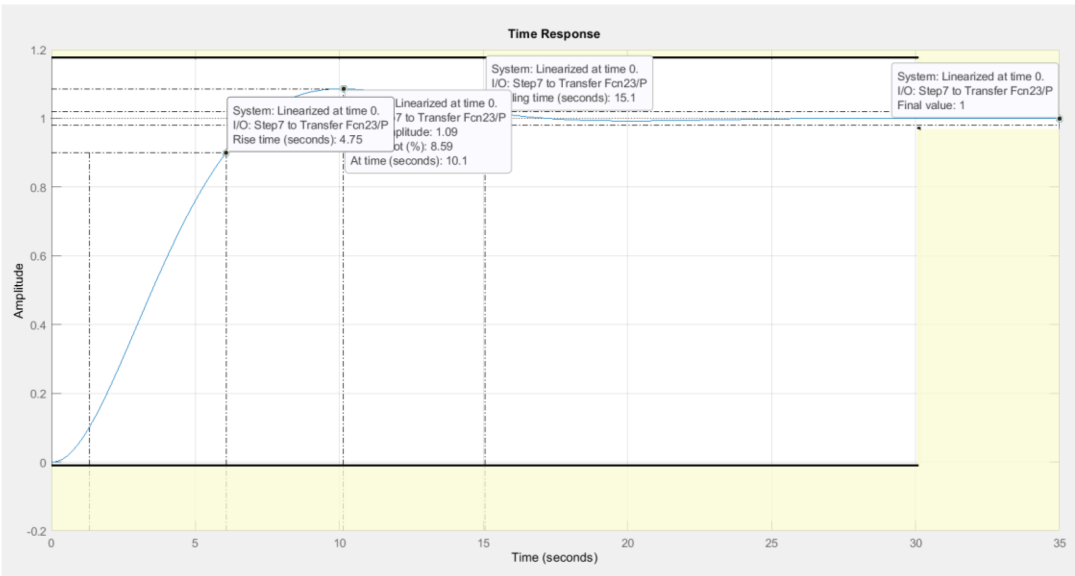



Рисунок 2.20 – График ЗСАР с Р – регулятором с прямыми оценками качества

Таблица 2.19 – Характеристики прямых оценок качеств ЗСАР с Р – регулятором

| | | | |
|---|---|---|---|
| Основные | 1 | Время регулирования (setting time) | 15.1 |
| | 2 | Перегулирования (overshoot) % | 8.59 |
| | 3 | Время достижения первого максимума (peaktime) | 1.09 |
| | 4 | Время нарастания (rise time) | 4.75 |
| | 5 | Установившееся значение (final value) | 1 |

Исследование прямых оценок качеств ЗСАР подачи топлива в ТЭЦ с PD – регулятором.

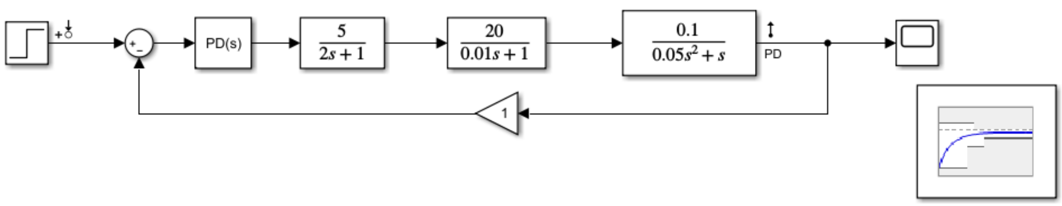



Рисунок 2.21 – Замкнутая система автоматического регулирования с PD – регулятором

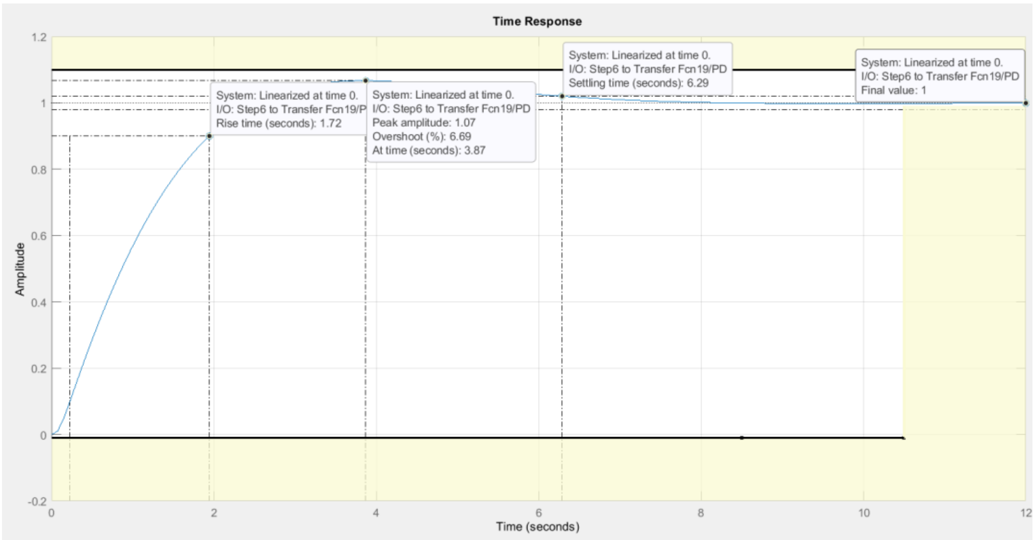



Рисунок 2.22 – График ЗСАР с PD – регулятором с прямыми оценками качества

Таблица 2.21 – Характеристики прямых оценок качеств ЗСАР с PD – регулятором

| | | | |
|---|---|---|---|
| Основные | 1 | Время регулирования (setting time) | 6.29 |
| | 2 | Перегулирования (overshoot) % | 6.69 |
| | 3 | Время достижения первого максимума (peaktime) | 1.07 |
| | 4 | Время нарастания (rise time) | 1.72 |
| | 5 | Установившееся значение (final value) | 1 |

Исследование прямых оценок качеств ЗСАР подачи топлива в ТЭЦ с PI – регулятором.

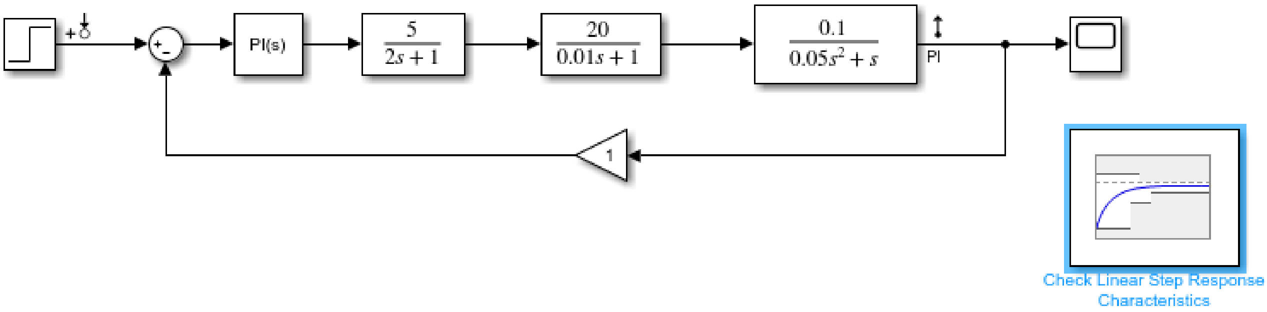



Рисунок 2.23 – Замкнутая система автоматического регулирования с PI – регулятором

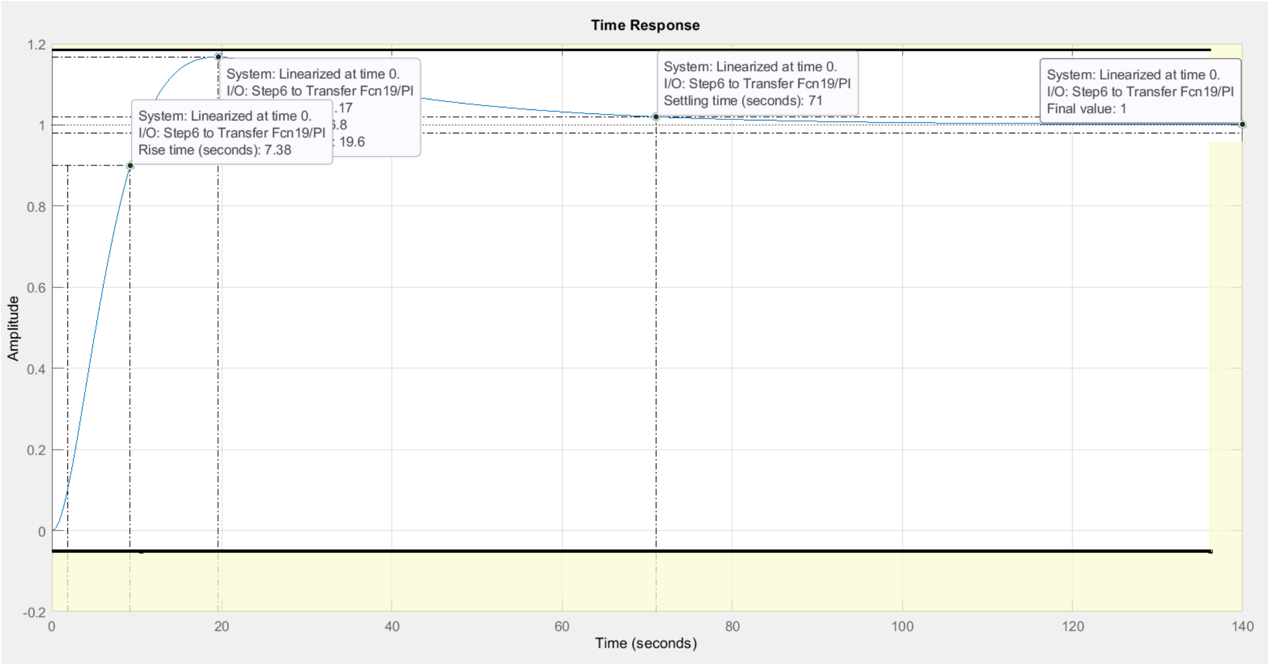



Рисунок 2.24 – График ЗСАР с PI – регулятором с прямыми оценками качества

Таблица 2.22 – Характеристики прямых оценок качеств ЗСАР с PI – регулятором

| | | | |
|---|---|---|---|
| Основные | 1 | Время регулирования (setting time) | 71 |
| | 2 | Перегулирования (overshoot) % | 16.8 |
| | 3 | Время достижения первого максимума (peaktime) | 1.17 |
| | 4 | Время нарастания (rise time) | 7.38 |
| | 5 | Установившееся значение (final value) | 1 |

Исследование прямых оценок качеств ЗСАР подаи топлива в ТЭЦ с PID – регулятором.

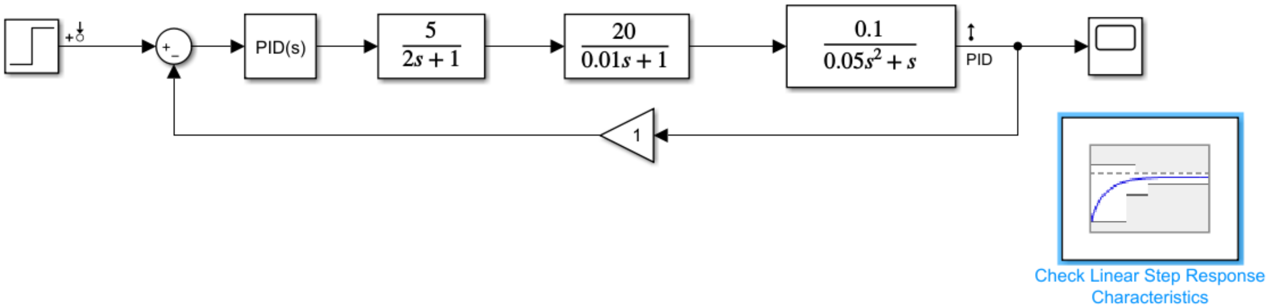



Рисунок 2.25 – Замкнутая система автоматического регулирования с PID – регулятором

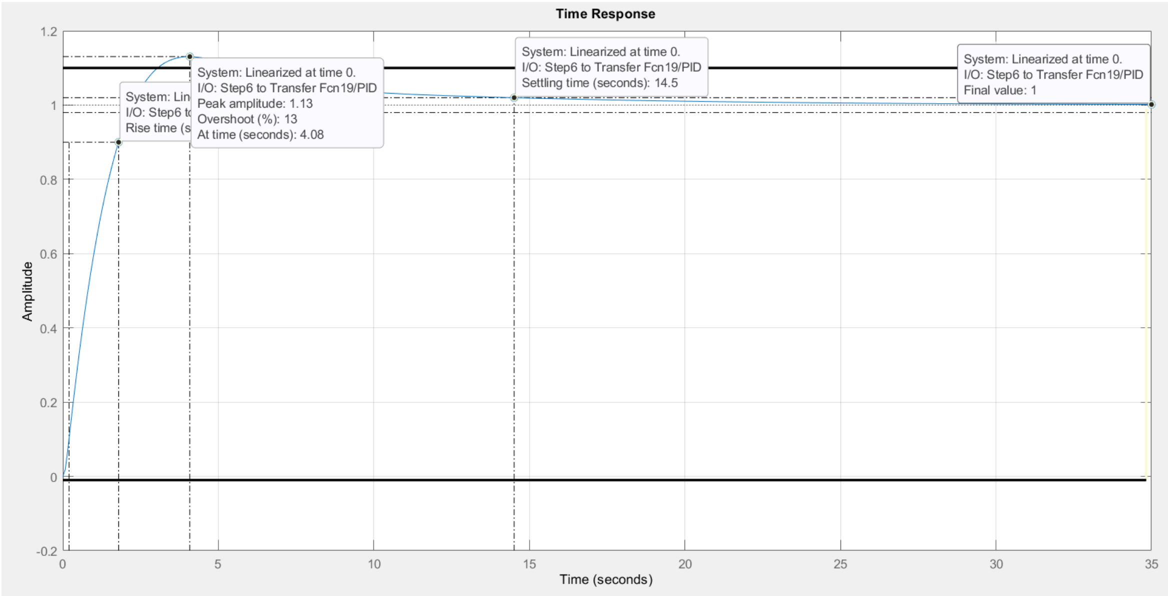



Рисунок 2.26 – График ЗСАР с PID – регулятором с прямыми оценками качества

Таблица 2.23 – Характеристики прямых оценкок качеств ЗСАР с PID – регулятором

| | | | |
|---|---|---|---|
| Основные | 1 | Время регулирования (setting time) | 14.5 |
| | 2 | Перегулирования (overshoot) % | 13 |
| | 3 | Время достижения первого максимума (peaktime) | 1.13 |
| | 4 | Время нарастания (rise time) | 1.6 |
| | 5 | Установившееся значение (final value) | 1 |

Исследование прямых оценок качеств ЗСАР подачи топлива в ТЭЦ с PID – регулятором.

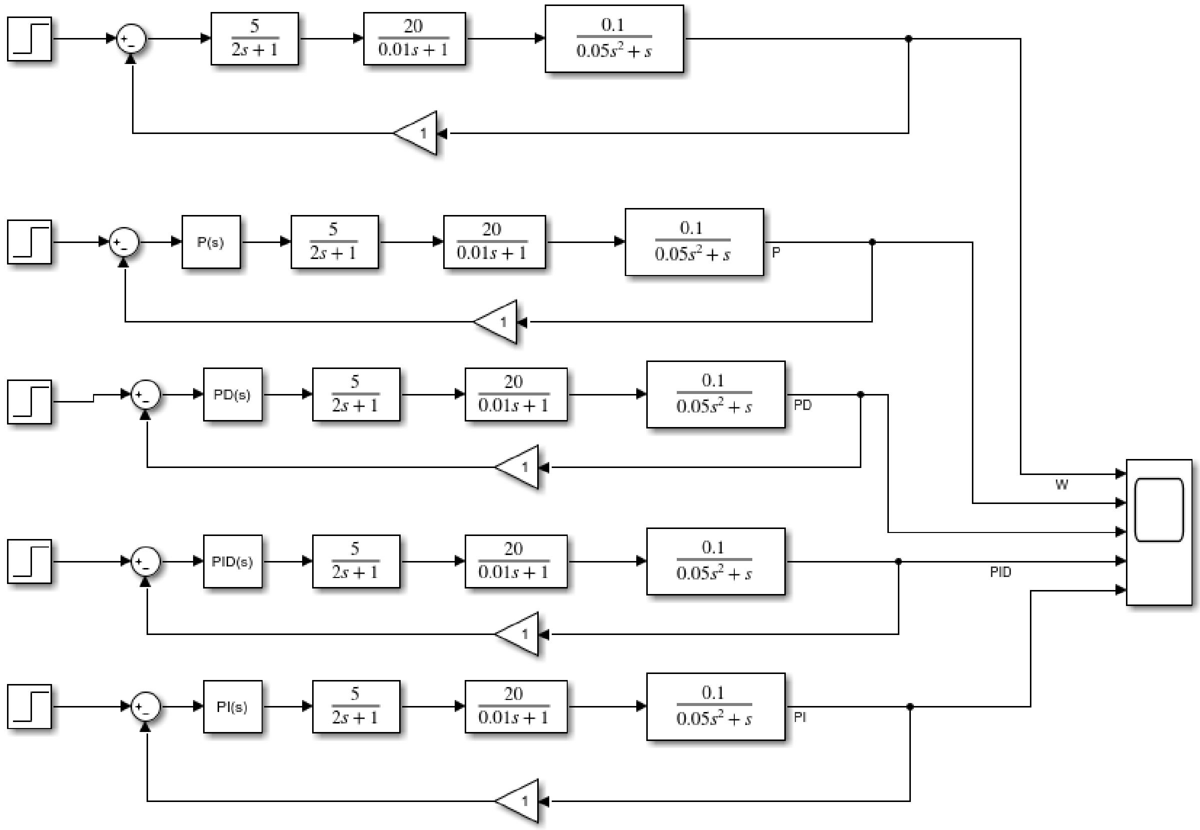



Рисунок 2.27 – Общая схема ЗСАР подачи топлива в ТЭЦ без регулятора и с регуляторами в Simulink

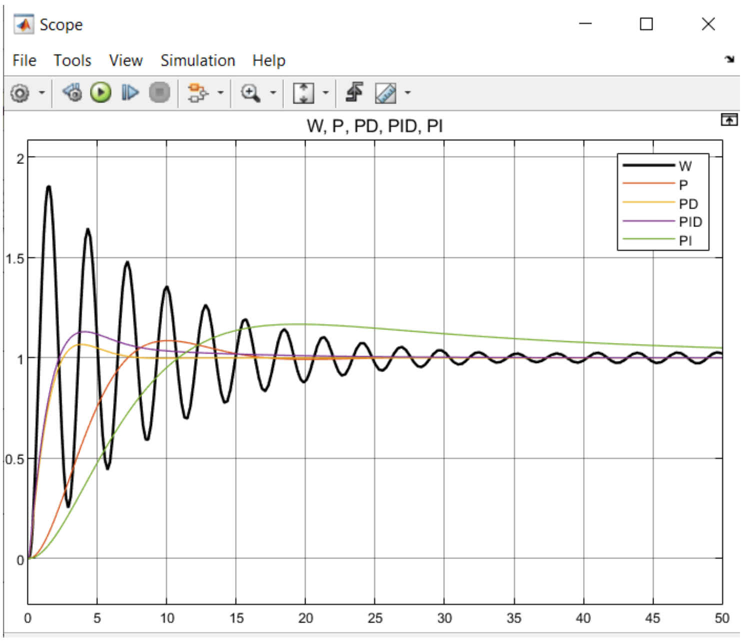



Рисунок 2.28 – Графики сравнения ЗСАР подачи топлива в ТЭЦ без регулятора и с регуляторами в Simulink

Исходя из рисунка 2.28 для данной системы подачи топлива в ТЭЦ наиболее целесообразным будет выбор PD регулятора. У данного типа регулятора, время регулирования 6.29, перерегулирование достигает наименьшего значения равным 6.69, время достижения первого максимума 1.07, а также быстрее всех достигает нарастания, оно принимает значение 1.72, по сравнению с остальными регуляторами.

## 2.5 Реализация проектной части процесса подачи сырого угля в ШБМ

TIA Portal — это совершенно новый программных продукт с совершенно новым подходом к разработке проектов автоматизации, который несомненно поможет проектировщикам и программистам сэкономить время, деньги и усилия на всех этапах работы с компонентами автоматизации SIMATIC фирмы SIEMENS.

Программное обеспечение TIA Portal предназначено для решения задач комплексной автоматизации на базе контроллеров SIMATIC S7-1200/-300/-400/WinAC (включая failsafe-приложения). Поддерживается оборудование последнего и предпоследнего поколения. Для программирования этих контроллеров в TIA Portal присутствуют следующие языки: LAD, FBD, STL, SCL, GRAPH (для S7-1200 только LAD, FBD и SCL).

Первым шагом в проектной области выбраем тип контролера PLC. Для данного технологического процесса оптимальным будет выбор CPU 1214C AC/DC Rly 6ES7 214-1BG40-0XB0.

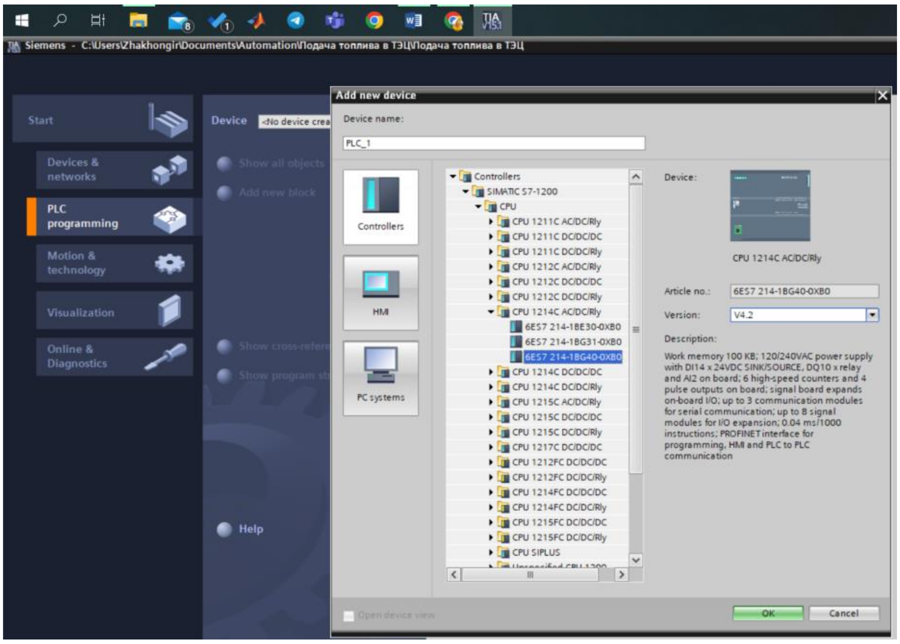



Рисунок 2.29 – Выбор PLC контроллера

Далее идёт непосредственно настройка контроллера. Одним из основных параметров которого является настройка цикла времени. Также настраивается битовая характеристика.

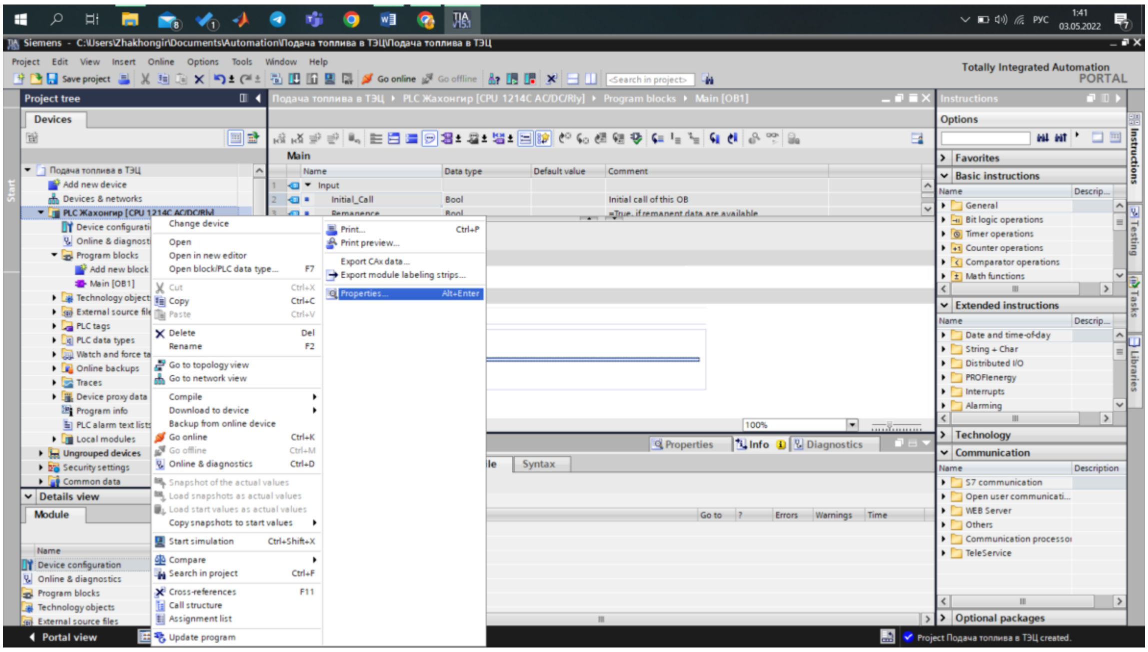



Рисунок 2.30 – Окно параметров контроллера

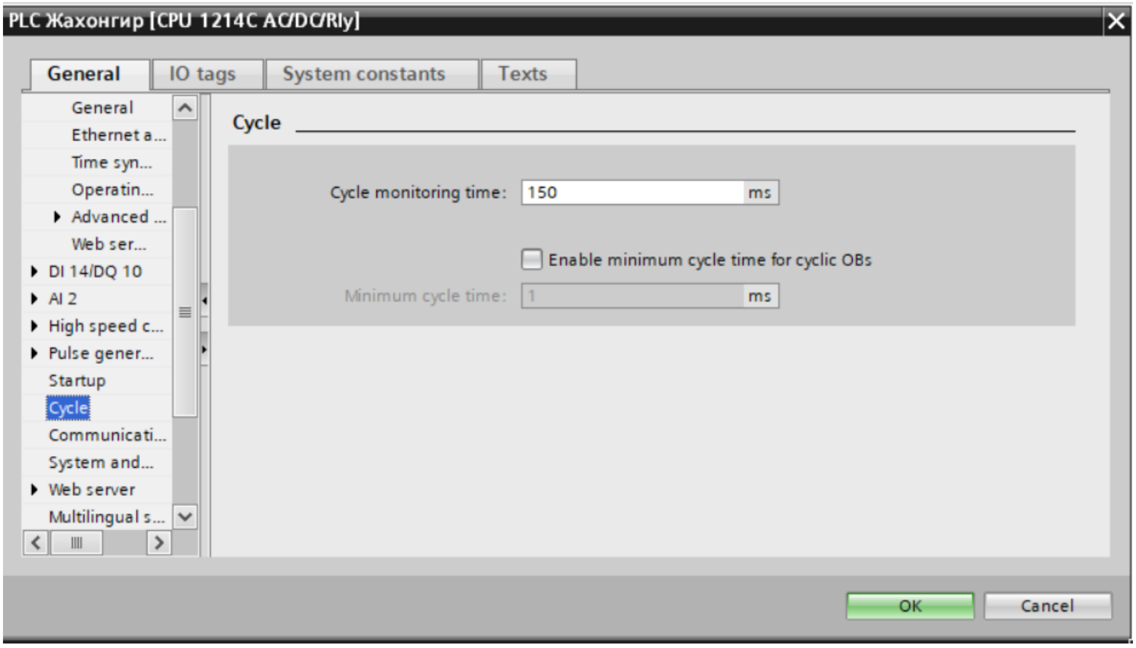



Рисунок 2.31 – Настройка цикла времени

Следующим шагом идёт построение программы по разработке подачи топлива в ТЭЦ. Она описана на языке LAD.

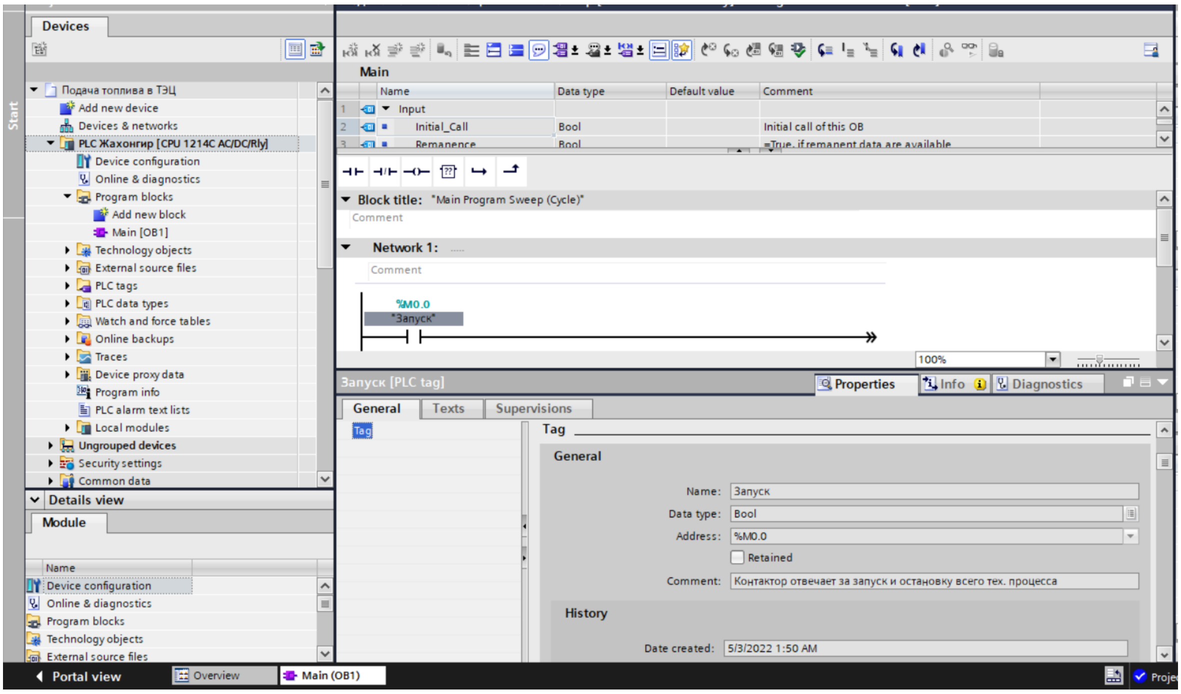



Рисунок 2.32 – Построение программы на языке программирования LAD

На рисунке 2.32 и 2.33 показаны примеры построения блоков алгоритма программы. Первый логический элемент Start отвечает за пуск всего процесса. Далее осуществляется конфигурация логического блока клапана и внесение её в таблицу визуализации.

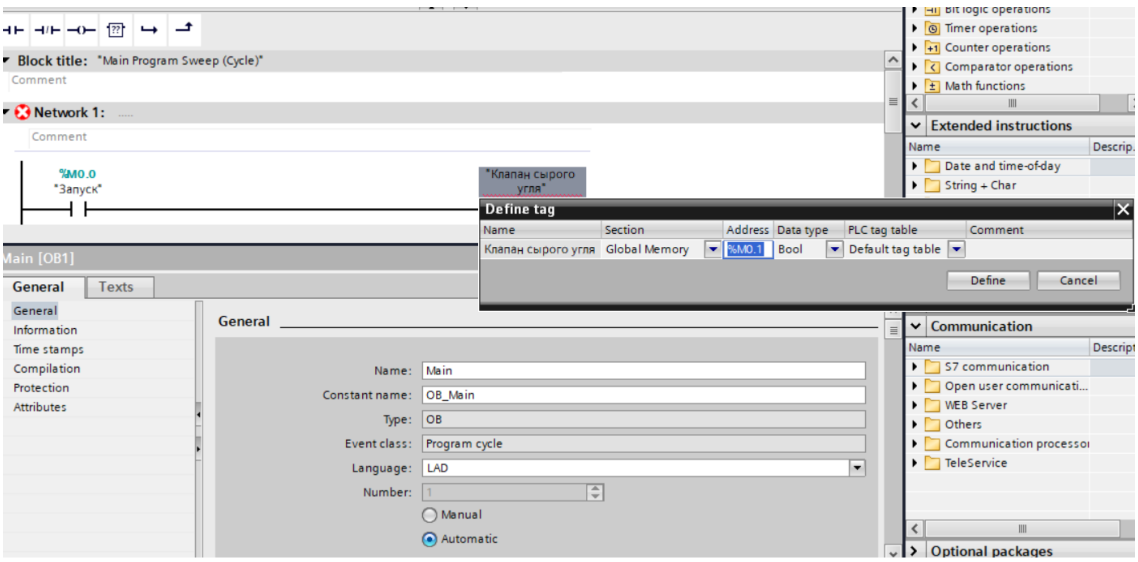



Рисунок 2.32 – Идентификация и прописание логических блоков в таблицу визуализации

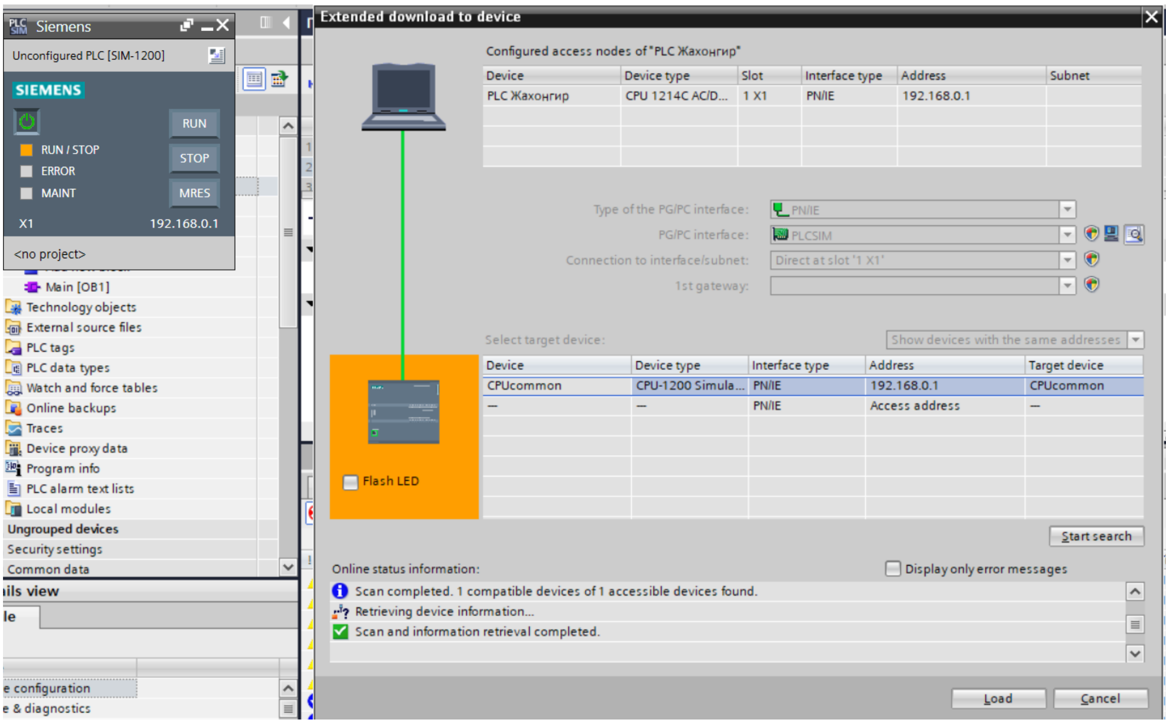



Рисунок 2.33 – Загрузка программы симуляции контроллера путём построения сети между ПК и контроллером

После того как все логические блоки программы будут внесены в цепи, созданный проект загружается в контроллер и производится визуальная симуляция процесса путём связи контроллера PLC с ПК.

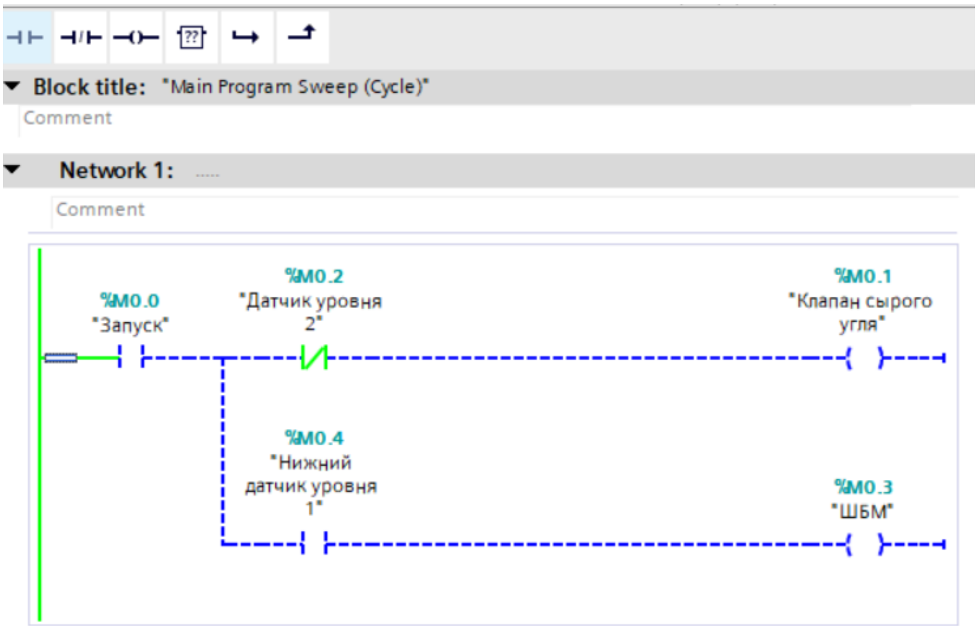
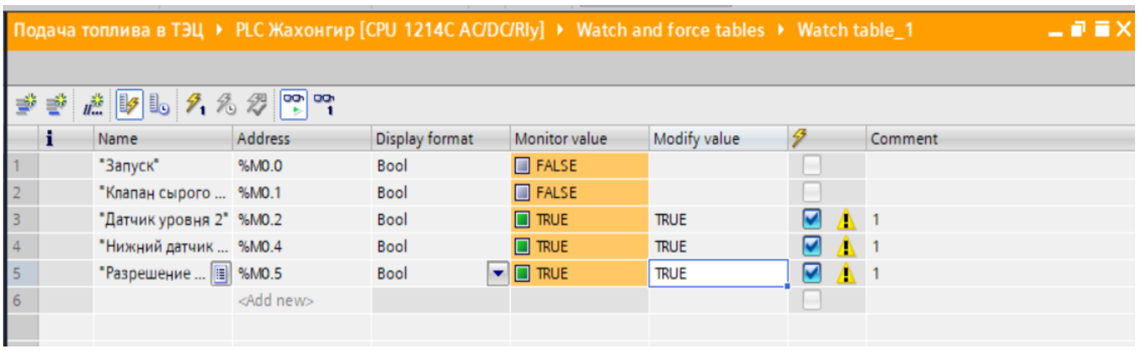



Рисунок 2.34 – Цепь №1 по пуску сырого топлива в ШБМ


Рисунок 2.35 – Цепь №2 по пуску сырого топлива в ШБМ

Работу всего процесса по запуску и работе основных лементов можно увидеть через онлайн мониторинг.




| | i | Name | Address | Display format | Monitor value | Modify value | | Comment |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | "Запуск" | %M0.0 | Bool | FALSE | | | |
| 2 | | "Клапан сыроро ... | %M0.1 | Bool | FALSE | | | |
| 3 | | "Датчик уровня 2" | %M0.2 | Bool | TRUE | TRUE | | 1 |
| 4 | | "Нижний датчик ... | %M0.4 | Bool | TRUE | TRUE | | 1 |
| 5 | | "Разрешение ... | %M0.5 | Bool | TRUE | TRUE | | 1 |
| 6 | | | <Add new> | | | | | |

Рисунок 2.36 – Таблица мониторинга процесса подачи топлива в ТЭЦ

Программа создана на основе битовой логики 1-0, где 1 (True), а 0 (False).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была разработана и модернизирована система автоматизации подачи топлива в ТЭЦ.

Первым шагом была разработана технологическая часть процесса. Затем была разработана система автоматического регулирования шаровой барабанной мельницы.

Были выбраны точки контроля и регулирования технологических параметров и регулирующих воздействий, а также был произведён выбор технических средств измерения и автоматизации. Присутствуют таблицы сравнений различных датчиков перепада температуры и давления с оборудованиями от немецкой компании Siemens. В результате анализа были учтены их характеристики работ и выгодность использования в экономическом плане.

Следующей частью проекта было моделирование системы автоматического регулирования в среде Matlab – Simulink. В качестве объекта управления взята шаровая барабанная мельница, с максимальной производительностью помола сырого топлива. Была показана устойчивость системы с помощью различных критериев, такие как первый метод Ляпунова, Михайлова и Найквиста. Выведены частотные характеристики системы. Произведены прямые оценки качества.

В последствии с помощью функционала PID – tuning система промоделирована с использованием регуляторов различного типа. Выведены их прямые оценки качества и занесены в таблицу. Сравнив все полученные данные, выбор типа регулятора пал на PD – регулятор, так как у данного регулятора максимально оптимальные характеристики для данного технологического процесса.

Были решены такие задачи как:

– осуществление регистрации и контроль всех параметров в системе и разработать меры по защите технологической части процесса;

– получение максимального уровня по производительной работе мельницы отталкиваясь от получаемых характеристик пыле-системы и угля;

– обеспечение регулирования температуры аэросмеси в автоматическом режиме в ШБМ;

– минимизация затрат ШБМ в соответствии с переменными на входе системы в автоматическом режиме;

– осуществление безопасность всего оборудования при возникновении каких-либо аварийных ситуаций в системе, путём остановки всего процесса подачи топлива.

В заключительной части дипломной работы была создана проектная база по пуску и подаче сырого угля на установку шаровой барабанной мельницы. Где был использован контроллер Simatic S7-1200. Была произведена работа по симуляции работы клапана, бункерной установки, в последствии транспортировки сырого топлива в барабан мельницы.

## СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

| | | |
|---|---|---|
| ТЭЦ | – | теплоэнерго станция |
| ШБМ | – | Шаровая барабанная мельница |
| АСУ | – | автоматизированная система управления |
| САР | – | система автоматического регулирования |
| РСАР | – | разомкнутая система автоматического регулирования |
| ГОСТ | – | государственный стандарт |
| АСУТП | – | автоматизированная система управления технологическим процессом |

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 "О Концепции перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007-2024 годы".

2 Тепловые и атомные электростанции: Справочник/ Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2003.- 645 с.

3 Автоматизация крупных тепловых электростанций. Под ред. М.П. Шальмана. М, Энергия, 2005.- 240с.

4 Пистун Е., Заграй В., Николин Г. Автоматизация шаровых барабанных мельниц для ТЭС//СТА.-2017.-№3.-С.50-54.

5 Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоиздат, 1981.- 368 с.

6 Голоднов Ю.М. Собственные нужды тепловых электростанций. – М.: Энергоатомиздат, 2011.–270с.

7 ГОСТ 21-404.85 ЕСКД Автоматизация технологических процессов.

8 Андык В.С. Применение микропроцессорных контроллеров в управлении теплоэнергетическими процессами : учебное пособие / Томск : Изд-во ТПУ, 2018.

9 Картошкин М.Д. Топливоподача тепловых электростанций. –М.: Госэнергоатомиздат, 1991.–208с

10 Хан С.Г. Технические средства измерений. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ для студентов всех форм обучения специальности 050702 – Автоматизация и управление. – Алматы: АИЭС, 2010. – 22 с.

11 Петров А.В., Татаринцев Н.И. Применение частотно-регулируемых приводов на питателях сырого угля // Автоматизация и современные технологии. – 2015. – №6.

12 Каталог оборудования ЗАО «Промышленная группа «Теплоприбор» г. Челябинск, 2018 г.

13 Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы.-СПб.: Питер, 205.-336 с.: ил.

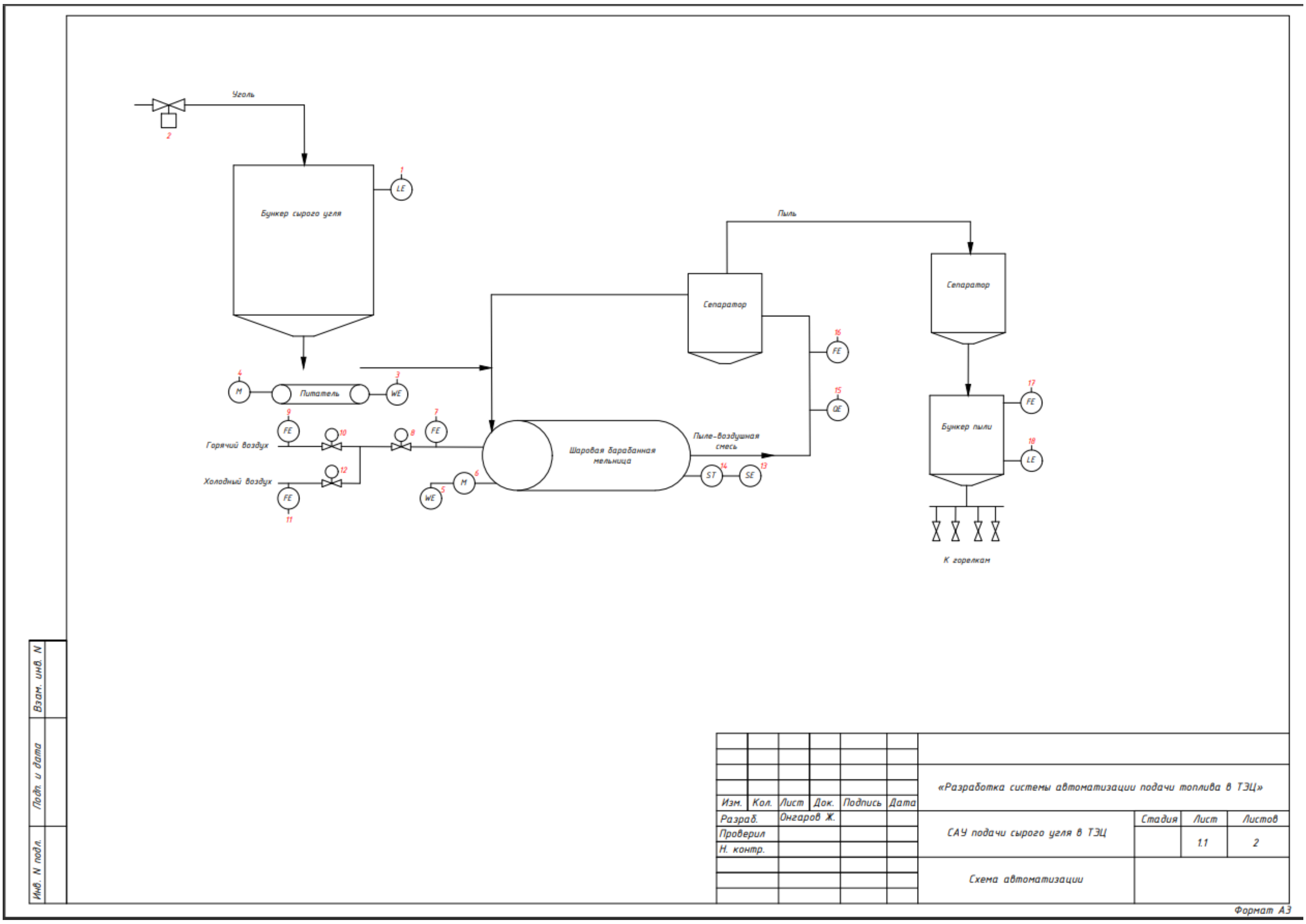
14 Ширяева О.И. Проектирование систем автоматики. Для студентов специальности 6М070200 - Автоматизация п управление, Алматы: КАЗНТУ, 2012. - 118с.

15 https://www.mathworks.com/help/control/control-design.html

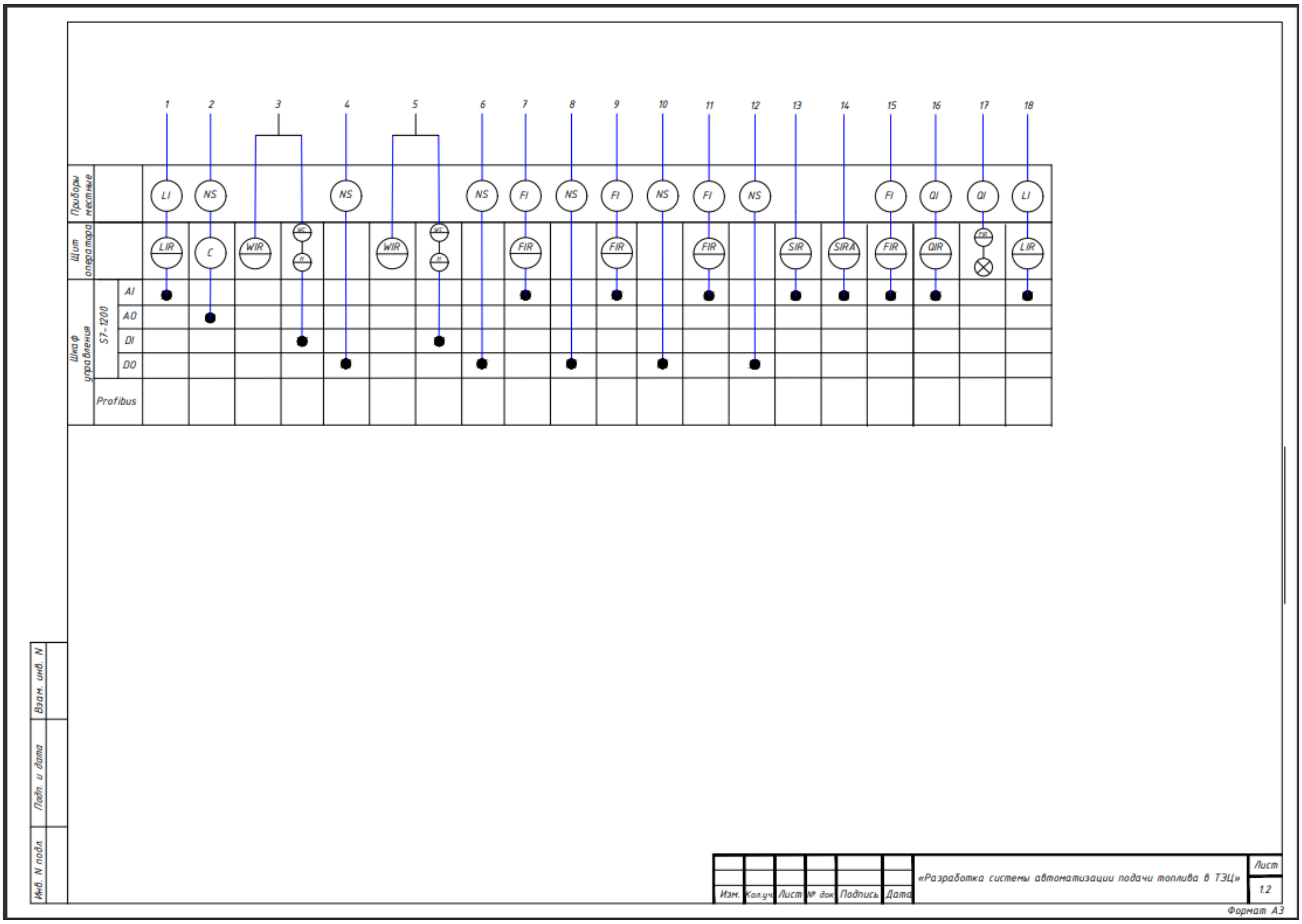
16 Прянишников В.А., Петров Е.А., Осипов Ю.М. Электротехника иТОЭ в примерах и задачах.- Санкт-Петербург: Корона-Век, 2007 - 336 с.

17 Бессонов Л.А., Демидова И.Г., Заруди М.Е. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1988. — 543 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А



# ПРИЛОЖЕНИЕ Б



**Протокол**

**о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)**

**Автор:** Онгаров Жахонгир

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Разработка систем автоматизации подачи топлива в ТЭЦ

**Научный руководитель:** Нурлан Сарсенбаев

**Коэффициент Подобия 1:** 3

**Коэффициент Подобия 2:** 1.1

**Микропробелы:** 8

**Знаки из здругих алфавитов:** 13

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

*Дата*

*проверяющий эксперт*

**Протокол**

**о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)**

**Автор:** Онгаров Жахонгир

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Разработка систем автоматизации подачи топлива в ТЭЦ

**Научный руководитель:** Нурлан Сарсенбаев

**Коэффициент Подобия 1:** 3

**Коэффициент Подобия 2:** 1.1

**Микропробелы:** 8

**Знаки из здругих алфавитов:** 13

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

*Дата* *Заведующий кафедрой*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И. САТПАЕВА

# ОТЗЫВ
# НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломный проект
Онгаров Жахонгира Ринатовича
5В070200 – Автоматизация и управление

На тему: Разработка систем автоматизации подачи топлива в ТЭЦ

Дипломантом рассмотрена актуальная задача разработки системы автоматизации подачи сырого угля в ТЭЦ.

В первой части данного дипломного проекта был описан технологический процесс работы предприятия, приведено описание технологического процесса подачи топлива в ТЭЦ, разработана система автоматического регулирования шаровой барабанной мельницы, исследованы системы управления отделения подачи топлива на ТЭЦ, и т.д.

Во второй части произвелась разработка модернизированной системы подачи топлива в ТЭЦ, найдены точки контроля и регулирования технологических параметров и регулирующих воздействий, определены структуры АСУТП, выбраны технические средства измерения и автоматизации (основные виды и типы датчиков), выбраны исполнительные механизмы и вычислительные устройства, промоделированы системы автоматического регулирования в среде Matlab – Simulink, в конечном итоге реализовалась проектная часть процесса подачи сырого угля в ШБМ.

В процессе работы над дипломным проектом автор работы показал себя дисциплинированным, исполнительным и трудолюбивым студентом, с высоким уровнем теоретической подготовки.

Заключение: Считаю, что дипломант справился с поставленной задачей, дипломная работа соответствует требованиям, предъявляемым к дипломным работам по специальности 5В070200 – Автоматизация и управление. На основании характеристики выполненных исследований, уровня и качества выполненных результатов студент Онгаров Ж.Р. допускается к защите.

**Научный руководитель**
PhD, сениор-лектор
_____________Кулакова Е.А.
(подпись)
«6» мая 2022 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И. САТПАЕВА

# РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект
Онгаров Жахонгира Ринатовича
5В070200 – Автоматизация и управление

На тему: Разработка систем автоматизации подачи топлива в ТЭЦ

Выполнено: пояснительная записка на 60 страницах

В рецензируемом дипломном проекте рассматривается актуальная задача разработки системы автоматизации подачи сырого угля в ТЭЦ.

В первой части данного дипломного проекта был описан технологический процесс работы предприятия, приведено описание технологического процесса подачи топлива в ТЭЦ, разработана система автоматического регулирования шаровой барабанной мельницы, исследованы системы управления отделения подачи топлива на ТЭЦ, и т.д.

Во второй части произвелась разработка модернизированной системы подачи топлива в ТЭЦ, найдены точки контроля и регулирования технологических параметров и регулирующих воздействий, определены структуры АСУТП, выбраны технические средства измерения и автоматизации (основные виды и типы датчиков), выбраны исполнительные механизмы и вычислительные устройства, промоделированы системы автоматического регулирования в среде Matlab – Simulink, в конечном итоге реализовалась проектная часть процесса подачи сырого угля в ШБМ.

В качестве замечаний следует указать, что не приведено описание потенциальной SCADA-системы.

Графический и текстовый материал оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к оформлению работ.

**Оценка работы**

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «хорошо», а студент Онгаров Ж.Р. присвоения академической степени бакалавр по специальности 5В070200 – Автоматизация и управление.

**Рецензент**
руководитель центра компетенций и трансфера технологий в области автоматизации и мехатроники ВКТУ им. Серикбаева
доктор PhD

Порубов Д.А.

«5» мая 2022г.