

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект
Дүзбай Нұрдәулет Булатұлы
6B07103 – Автоматизация и роботизация

На тему: «Разработка автоматизированной системы управления участка обогащения хромовой руды тонких и мелких классов с применением ПЛК Siemens S7»

В рецензируемом дипломном проекте рассматривается актуальная задача разработки автоматизированной системы управления участка обогащения хромовой руды тонких и мелких классов с применением ПЛК.

В первой части работы рассматриваются теоретические сведения о процессе гравитационного обогащения. Дается описание и принцип работы насоса для наполнения бака, выбранного в качестве объекта управления. Во второй части представлена структура системы автоматизации. Третья часть посвящена функциональной схеме, выбору оборудования, датчиков и т.д. Четвертая часть - исследование регулирования уровня воды в баке, анализ САР и оценки качества. В пятой части реализовано создание логики программы управления в Simatic Step 7.

В качестве замечания можно указать, не указаны все блокировки конвейера.

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

Оценка работы

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «хорошо», а бакалавру Дүзбай Нұрдәулет Булатұлы, присвоения академической степени бакалавр по специальности 6B07103 – Автоматизация и роботизация.

Рецензент

руководитель Центра компетенций и трансфера технологий в области автоматизации и мехатронике
ВКГТУ им. Д. Серикбаева,
доктор PhD



Порубов Д.А.

**Протокол анализа Отчета подобия
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения заявляет, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Дүзбай Нұрдәулет Булатұлы

Название: Разработка автоматизированной системы управления участка обогащения хромовой руды тонких и мелких классов с применением ПЛК

Координатор: Кулакова Е.А.

Коэффициент подобия 1: 11.00%

Коэффициент подобия 2: 3.05%

Замена букв: 7

Интервалы: 0

Микропробелы: 0


Белые знаки: 15

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем не допускаю работу к защите.

Обоснование: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 11.00% и Коэффициент подобия 2: 3.05%. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.


«2» июня 2023 г.
Дата



Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:
Дипломный проект допускается к защите.

«2» июня 2023 г.
Дата



Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Дүзбай Нұрдаулет Булатұлы

Название: Разработка автоматизированной системы управления участка обогащения хромовой руды тонких и мелких классов с применением ПЛК

Координатор: Кулакова Е.А.

Коэффициент подобия 1: 11.00%

Коэффициент подобия 2: 3.05%

Замена букв: 7

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 15


После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 11.00% и Коэффициент подобия 2: 3.05%. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«02» июня 2022 г.

Дата

 *Е. А. Кулакова*
Подпись Научного руководителя

ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на дипломный проект
Дүзбай Нұрдәулет Булатұлы

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Тема: «Разработка автоматизированной системы управления участка обогащения хромовой руды тонких и мелких классов с применением ПЛК»

Перед дипломантом рассматривается актуальная задача разработки автоматизированной системы управления участка обогащения хромовой руды тонких и мелких классов с применением ПЛК.

В первой части данного дипломного проекта был описан технологический процесс обогащения хрома.

Во второй части произвелась разработка структуры системы автоматизации, найдены точки контроля и управления технологических параметров, а также была определена структура АСУ ТП.

В третьей части произвелась разработка функциональной схемы автоматизации, выбор аппаратной базы.

В четвертой части в среде Matlab были получены результаты моделирования САР без регулирования, далее произведен синтез регуляторов с нахождением наилучших параметров для контура регулирования уровня пульпы в технологической емкости.

В пятой части описана логика алгоритма управления уровнем воды в программной среде Simatic Step 7.

В процессе работы автор проекта показал себя дисциплинированным, исполнительным и трудолюбивым, с высоким уровнем теоретической подготовки и практическими навыками выбора средств автоматизации и программирования ПЛК.

Заключение: считаю, что дипломант справился с поставленной задачей, дипломный проект соответствует требованиям, предъявляемым к дипломным проектам по специальности 6B07103 – Автоматизация и роботизация. На основании характеристики выполненных исследований, уровня и качества выполненных результатов студент Дүзбай Нұрдәулет Булатұлы допускается к защите.

Научный руководитель

PhD, старший преподаватель

(должность, уч. степень, звание)

 Кулакова Е.А.

(подпись)

«05» июня 2023 г.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизации и управление

Дүзбай Нұрдәулет Булатұлы

Разработка автоматизированной системы управления участка обогащения хромовой руды
тонких и мелких классов с применением ПЛК

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6B07103– Автоматизация и роботизация

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН


Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой АиУ
канд. физ-мат. наук

 Алдияров Н. У.
« 05 » 06 2023 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка автоматизированной системы управления участка обогащения хромовой
руды тонких и мелких классов с применением ПЛК»

6B07103 – Автоматизация и роботизация

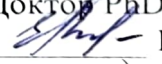
Выполнил

Дүзбай Н.Б.

Рецензент
Доктор PhD

 Порубов Д. А.
(подпись) _____ 2023 г.

Научный руководитель
Доктор PhD

 Кулакова Е.А.
(подпись) _____ 2023 г.



Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

6B07103– Автоматизация и роботизация

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой АиУ
канд. физ-мат. наук

 Алдияров Н.У.

«25» 01 2023г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Дүзбай Нұрдәулет Булатұлы

Тема: Разработка автоматизированной системы управления участка обогащения хромовой руды тонких и мелких классов с применением ПЛК

Утверждена приказом Жаутикова Б. №408-П/Ө от «23»11 2022г.

Срок сдачи законченной работы

«17»мая 2023г.

Исходные данные к дипломному проекту: Технология системы управления гравитационного обогащения

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) Описание технологического процесса гравитационного обогащения
- б) Разработка автоматизированной системы, функциональную схему автоматизации, выбор аппаратной базы
- в) Анализ и синтез системы регулирования уровня воды в гравитационном аппарате.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

технологическая схема, ФСА, структурная схема





Рекомендуемая основная литература:

- 1 Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления : учебник для среднего профессионального образования / И. Ф. Бородин, С. А. Андреев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 20XX. — 386 с.
- 2 Схиртладзе, А.Г. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, С.В. Бочкарев, А.Н. Лыков. - Ст. Оскол: ТНТ, 20XX. - 524 с.


ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологическая часть	Февраль 2023г.	
Анализ и синтез САУ	Март 2023г.	
Теоритическая часть	Март 2023г.	

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технологическая часть	Е.А.Кулакова Старший преподаватель	17.02.23	
Анализ и синтез САУ	Е.А.Кулакова Старший преподаватель	15.04.23	
Теоритическая часть	Е.А.Кулакова Старший преподаватель	10.05.23	
Нормоконтролер	Жеңіс А.Б., ассистент	31.05.2023	

Научный руководитель


Кулакова Е.А.

Задание принял к исполнению обучающийся


Дүзбай Н.Б.

Дата

«25» 01 2023г.

АҢДАТПА

PLC көмегімен шағын және жұқа класты хром кенін байыту үшін автоматтандырылған басқару жүйесі жасалды. Зерттеудің мақсаты-басқаруды автоматтандыру және оңтайландыру арқылы байыту процесінің тиімділігі мен сенімділігін жақсарту. Процесті талдау басқару жүйесінің проблемалары мен талаптарын анықтады. PLC, сенсорлар мен жетектерді таңдау арқылы жүйенің архитектурасы жасалды. Жүйенің өнімділігі мен автоматтандырудың артықшылықтарын растайтын тестілеу жүргізілді: өнімділікті арттыру, шығындарды азайту және қателерді азайту. Табысты басқару жүйесі енгізілді, бұл Кенді байыту процесінің тиімділігі мен сенімділігінің артуына әкелді.

АННОТАЦИЯ

Разработана автоматизированная система управления для обогащения хромовой руды мелких и тонких классов с использованием ПЛК. Цель исследования - улучшение эффективности и надежности процесса обогащения через автоматизацию и оптимизацию управления. Анализ процесса выявил проблемы и требования к системе управления. Разработана архитектура системы с выбором ПЛК, датчиков и исполнительных механизмов. Проведено тестирование, подтвердившее работоспособность системы и преимущества автоматизации: повышение производительности, снижение затрат и минимизация ошибок. Внедрена успешная система управления, что привело к повышению эффективности и надежности процесса обогащения руды.

ANNOTATION

An automated control system has been developed for the enrichment of chromium ore of small and fine grades using PLC. The purpose of the study is to improve the efficiency and reliability of the enrichment process through automation and optimization of management. The analysis of the process revealed problems and requirements for the management system. The architecture of the system with a choice of PLC, sensors and actuators has been developed. Testing was carried out, which confirmed the operability of the system and the advantages of automation: increased productivity, reduced costs and minimized errors. A successful management system has been implemented, which has led to an increase in the efficiency and reliability of the ore dressing process.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Хром и его свойства	8
1.3 Процесс обогащения хрома	9
1.4 Виды обогащения хрома	10
1.5 Грохот	12
1.6 Simatic Step 7	15
2 Разработка структуры АСУ ТП	17
2.1 Разработка структурной схемы системы регулирования	17
3 Процесс разработки функциональной схемы автоматизации (ФСА) для процесса обогащения хрома	19
3.1 Построение функциональной схемы	19
3.2 Выбор необходимого оборудования	20
3.2.1 Выбор контроллера	20
3.2.2 Выбор уровнемера	20
3.2.3 Выбор датчика положения	21
3.2.4 Выбор датчика веса	22
3.2.5 Датчик вибрации	22
3.2.6 Магнитный концевой выключатель D4N	22
3.2.7 Датчик уровня(дискретный)	23
4 Построение математических моделей элементов	24
4.1 Расчеты передаточной функции датчиков	24
4.2 Анализ системы	27
4.2.1 Расчет системы на устойчивость	27
4.2.2 Построение ЛАЧХ и ФЧХ	28
4.2.3 Построение переходного процесса системы	29
4.3 Синтез системы	29
5 Работа в Simatic Step 7	31
Заключение	40
Список литературы	41
Приложение А	

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире производство металлов и сплавов является одной из важнейших отраслей промышленности. Хром является одним из наиболее востребованных металлов, который используется в различных отраслях, включая производство нержавеющей стали, химическую промышленность, автомобильное производство и многие другие. Однако, производство хрома связано с многими технологическими сложностями, включая обогащение хромовых тонких и мелких классов. Это связано с тем, что такие классы хромовых руд содержат ценные минералы, которые нужно извлечь для дальнейшего использования.

Для решения этой проблемы многие предприятия используют ручные методы обогащения, что может приводить к низкой производительности и качеству продукции, а также увеличению времени производственного цикла. Разработка автоматизированной системы обогащения хромовых тонких и мелких классов может значительно улучшить производительность и качество продукции, а также снизить затраты на производство. Такая система может использовать различные технологии, включая сенсоры и алгоритмы машинного обучения, для автоматического выделения ценных минералов и удаления отходов. Введение автоматизированной системы обогащения хромовых тонких и мелких классов может привести к значительному улучшению производительности и эффективности производства, что является важным шагом в развитии промышленности и снижении воздействия на окружающую среду.

Обогащение хрома мелких и тонких классов является важным этапом в процессе производства хрома. Оно позволяет улучшить качество конечного продукта и повысить его стоимость. Один из основных причин обогащения хрома мелких и тонких классов заключается в том, что они содержат значительное количество ценных минералов, таких как платина, палладий и другие металлы редкоземельных элементов. Эти минералы являются важными компонентами во многих промышленных процессах, включая производство электроники, катализаторов, магнитов и других изделий. Кроме того, обогащение хрома мелких и тонких классов позволяет уменьшить объем отходов и снизить воздействие производственного процесса на окружающую среду. Это связано с тем, что при обогащении удаляются меньшее количество отходов, что позволяет уменьшить затраты на их утилизацию и снизить экологические риски.

1 Технологическая часть

1.1 Хром и его свойства

Хром (Cr) - это химический элемент с атомным номером 24 в периодической таблице. Он относится к переходным металлам и имеет серебристо-серый металлический блеск. Хром является твердым, хрупким и относительно тяжелым металлом.

Хром имеет множество применений в различных отраслях промышленности. Одним из основных применений хрома является производство нержавеющей стали, которая широко используется в строительстве, производстве автомобилей, энергетике, медицине и других отраслях. Хром также применяется в производстве сплавов, таких как феррохром, используемых в производстве стали и других металлических сплавов.

Кроме того, хром используется в производстве химических соединений. Например, хроматы и дихроматы используются как пигменты в производстве красок, керамики и стекла. Хром также используется в производстве катализаторов, средств защиты от коррозии, металлизированных пленок, а также в производстве электродов, батарей и других электронных устройств.

Однако, следует отметить, что неконтролируемое использование хрома и его соединений может вызывать негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека, так как некоторые хромовые соединения являются токсичными и канцерогенными. Поэтому, в производстве и использовании хрома необходимо соблюдать соответствующие экологические и технические меры безопасности.

Производство хрома в Казахстане является важной отраслью металлургической промышленности страны. Хромовые руды добываются в нескольких регионах Казахстана, таких как Западный Казахстан, Костанайская область и Южно-Казахстанская область. Процесс производства хрома включает несколько этапов, включая добычу руды, ее обогащение и переработку.

Добыча хромовых руд в Казахстане осуществляется несколькими крупными компаниями, такими как "Еркин Азат", "ТНС Казхром", "КазЦветМет", "Алтыналмас", "ВОГАЙ" и другими. Эти компании осуществляют горно-обогатительный комплекс, включающий в себя добычу руды, ее транспортировку и обогащение на специализированных обогатительных фабриках.

Обогащение хромовых руд в Казахстане включает применение различных методов, таких как флотация, гравитационное обогащение, магнитное сепарирование и другие. Целью обогащения является увеличение содержания хрома в руде и получение высококачественного конечного продукта.

Переработка хромовых руд в Казахстане осуществляется на специализированных металлургических предприятиях. Одним из крупнейших предприятий по переработке хрома в Казахстане является "Текелийский феррохромовый завод" в городе Актобе, который производит феррохром - сплав хрома с железом, используемый в производстве нержавеющей стали и других металлургических процессах.

Производство хрома в Казахстане является важным фактором для экономики страны, создавая рабочие места, способствуя развитию инфраструктуры и экспорту готовой продукции. Казахстан является одним из крупнейших производителей хрома в мире и продолжает развивать свою хромовую промышленность.

1.2 История обогащения

История обогащения хромовых руд началась в середине XIX века, когда были обнаружены первые месторождения хрома в Европе. Первоначально хромовые руды использовались для получения красителей и красок, но позже они стали использоваться в производстве стали и других металлических сплавов.

Первые методы обогащения хромовых руд были достаточно примитивными и включали в себя ручное отборочное сортирование. Однако с развитием технологий и промышленности появились более эффективные методы обогащения руд, такие как флотация, гравитационное обогащение и магнитное сепарирование.

В 1890-х годах в США началось массовое производство хрома, когда компания "DuPont" разработала новый метод получения красителя на основе хрома. Это привело к быстрому росту спроса на хромовые руды, что в свою очередь стимулировало развитие методов обогащения и добычи хромовых руд.

В середине XX века США стал крупнейшим производителем хрома в мире, однако в последующие годы этот рынок стал более конкурентоспособным, и другие страны, такие как ЮАР, Зимбабве, Китай и Казахстан, начали активно развивать добычу и обогащение хромовых руд.

Сегодня процесс обогащения хромовых руд стал более автоматизированным и основан на использовании новейших технологий. Однако важность хрома в различных отраслях промышленности сохраняется до сих пор, и спрос на этот металл продолжает расти.

Казахстан является одним из крупнейших производителей хрома в мире. В Казахстане хромовые руды добываются в Западном Казахстане, Костанайской области и Южно-Казахстанской области.

1.3 Процесс обогащения хрома

Процесс обогащения хромовых руд в Казахстане основан на использовании различных методов, таких как флотация, гравитационное обогащение и магнитное сепарирование. Каждый метод используется в зависимости от типа и качества руды, а также от требований заказчика.

Одним из крупнейших производителей хромовых руд в Казахстане является компания "Еркин Азат", которая расположена в городе Актобе. Она специализируется на добыче, обогащении и переработке хромовых руд. Компания имеет собственную лабораторию, которая контролирует качество продукции на каждом этапе производства.

Помимо этого, Казахстан активно развивает экспорт хрома. Крупнейшими потребителями хромовых руд из Казахстана являются Южная Корея, Китай, Россия и Турция. В целом, добыча и обогащение хромовых руд являются важным фактором для экономики Казахстана.

1.4 Виды обогащения хрома

Обогащение хромовой руды - это процесс получения концентрата хрома из природных хромосодержащих руд, которые могут содержать различные химические соединения хрома, такие как хромит, магнезитохромит, феррохромит и др. Обогащение хромовой руды проводится с целью повышения содержания хрома и удаления нежелательных примесей, таких как силикаты, оксиды железа и другие минералы, чтобы получить концентрат, который может быть использован в дальнейшем в производстве хромосодержащих сплавов, стали, нержавеющей стали и других продуктов.

Процесс обогащения хромовой руды может включать различные методы в зависимости от состава и свойств руды, а также требований к качеству конечного продукта. Некоторые из распространенных методов обогащения хромовой руды включают:

Флотация: Этот метод используется для обогащения хромосодержащих руд, содержащих сульфиды или другие минералы, которые могут быть флотированы с использованием специальных реагентов, создающих пенообразующие свойства. Флотация может быть применена для извлечения хрома из руд, таких как хромит.

Гравитационные методы: Эти методы основаны на различии в плотности различных компонентов руды и могут включать использование центрифуг, шейкеров, спиралей и других устройств для разделения руды на более легкие и более тяжелые фракции. Гравитационные методы могут быть эффективными для обогащения хромосодержащих руд, содержащих оксиды и гидроксиды хрома.

Магнитное обогащение: Этот метод используется для обогащения хромосодержащих руд, содержащих магнетит или другие магнетические минералы. Магнитные сепараторы могут быть использованы для извлечения магнетита и других магнитных минералов из руды, что позволяет обогатить содержание хрома.

Гравитационный метод обогащения хромовой руды основан на разделении руды на более легкие и более тяжелые фракции на основе их различий в плотности. Этот метод особенно эффективен для обогащения хромосодержащих руд, содержащих оксиды и гидроксиды хрома.

Одним из распространенных гравитационных методов является использование спиралей, которые представляют собой специальные устройства в форме спирали или винта. Руда подается на верхнюю часть спирали, и в результате вращения спирали, более тяжелые минералы, такие как хромит, смещаются к внешней стороне спирали, тогда как более легкие минералы и примеси смещаются к внутренней стороне спирали. Затем фракции руды собираются и отделяются друг от друга.

Еще одним методом гравитационного обогащения хромовой руды является использование центрифуг, которые создают центробежные силы, разделяющие руду на фракции в зависимости от их плотности. Более тяжелые минералы, такие как хромит, смещаются к наружному радиусу центрифуги, тогда как более легкие минералы и примеси смещаются к внутреннему радиусу. Затем фракции руды собираются и отделяются друг от друга.

Гравитационные методы обогащения хромовой руды могут быть эффективными, особенно при обработке руд с высоким содержанием хрома и низким содержанием других ценных минералов. Однако, эффективность этих методов может зависеть от свойств конкретной руды и требований к качеству конечного продукта, и они могут использоваться в сочетании с другими методами обогащения для достижения оптимальных результатов.

Рассмотрим мокрые процессы гравитационного обогащения, так как в данной работе мы будем работать с этим видом процесса.

Существуют различные виды мокрого гравитационного обогащения, которые можно классифицировать следующим образом:

- обогащение в неподвижной водной среде или растворе, перемещающемся горизонтально;
- обогащение в среде с промежуточной плотностью по сравнению с разделяемыми частицами. Сюда входят обогащение в тяжелых средах, магнитогидродинамическая и магнитогидростатическая сепарация;
- обогащение в тяжелой среде, движущейся по круговой или винтовой траектории. Например, центробежные сепараторы;
- обогащение в потоке, текущем по наклонной плоскости. Это может быть осуществлено с помощью желобов, шлюзов или конусных концентраторов;

– обогащение в потоке, текущем по нисходящей винтовой площадке или желобу. Примеры таких устройств включают винтовые сепараторы и винтовые шлюзы.

1.5 Грохот

Грохот – это технологическое оборудование, используемое для разделения хромовых руд на фракции различного размера. Он может использоваться в различных этапах обработки, таких как дробление, сортировка и классификация, чтобы получить материалы, соответствующие требованиям конкретного процесса.

Обычно грохоты в хромовой обработке имеют множество различных размеров и форм сеток, которые используются для разделения материалов на фракции. Они работают путем подачи сырья на грохот, где материалы разделены на фракции различного размера, а затем отсортированные фракции могут быть направлены на следующий этап обработки.

Грохоты в хромовой обработке используются для обработки больших объемов материалов и могут иметь высокую производительность, что позволяет получать большие количества конечной продукции.

Бункер-дозатор для обогащения хрома может использоваться для дозирования и подачи сырья в процесс обогащения, например, для дозирования хромитовой руды или других материалов, используемых в процессе обогащения. Обычно такие бункеры-дозаторы выполнены из материалов, устойчивых к коррозии и абразивным воздействиям, таких как сталь или сплавы на ее основе.

Дозирование может происходить с помощью винтовых, лопастных или других типов дозаторов, которые обеспечивают точность и стабильность подачи материала в процесс обогащения. Бункер-дозаторы для обогащения хрома, как и любое техническое оборудование, требуют тщательного проектирования, установки и технического обслуживания, чтобы обеспечить безопасность процесса и достижение требуемой производительности и качества продукции.

Конвейеры широко применяются в процессе обогащения хрома для перемещения материалов внутри производственной линии. Например, они могут использоваться для транспортировки хромитовой руды от бункера-дозатора до дробильного узла или для транспортировки обогащенного хромового концентрата от сепараторов до складов или дальнейшей обработки. Конвейеры в обогащении хрома могут иметь различные конфигурации, включая прямые и криволинейные участки, углы поворота, различные скорости движения ленты и т.д.

Они также могут быть укомплектованы специальными элементами, такими как направляющие, отбойники, металлодетекторы и другие.

Эффективное использование конвейеров в процессе обогащения хрома имеет важное значение для достижения высокой производительности и экономической эффективности производства. Правильное проектирование, установка и техническое обслуживание конвейеров являются ключевыми факторами для обеспечения безопасной и стабильной работы оборудования и достижения требуемых показателей производительности.

Клапан всаса – это устройство, которое устанавливается на всасывающем патрубке насоса или компрессора и предназначено для регулирования потока жидкости или газа, поступающего в устройство. Клапан всаса обеспечивает стабильность и равномерность подачи среды, а также защищает насос или компрессор от нежелательных условий, таких как кавитация или перегрузки. Клапаны всаса используются в различных отраслях промышленности, таких как нефтяная, газовая, химическая, пищевая, фармацевтическая и другие, где важно обеспечить надежную и эффективную работу насосов и компрессоров. Они могут иметь различные типы конструкции, включая шаровые, дисковые, затворные, пружинные и другие. Выбор правильного типа клапана всаса зависит от многих факторов, таких как тип и свойства транспортируемой среды, рабочее давление и температура, требования по производительности и другие. Правильно выбранный и установленный клапан всаса может улучшить производительность и надежность насосов и компрессоров, а также увеличить их срок службы.

Клапан нагнетания – это устройство, которое устанавливается на нагнетательном патрубке насоса или компрессора и предназначено для регулирования и ограничения потока жидкости или газа, выходящего из устройства. Клапан нагнетания обеспечивает стабильность и равномерность выхода среды, а также защищает насос или компрессор от нежелательных условий, таких как перегрузки и повреждения.

Пневмоуправление клапанами – это система управления, которая использует сжатый воздух для передачи сигналов управления и управления отдельными клапанами в процессе автоматического контроля технологических процессов. Пневмоуправление клапанами находит применение в различных отраслях промышленности, таких как нефтегазовая, химическая, пищевая, фармацевтическая и другие, где необходима автоматическая регулировка технологических процессов. Основным преимуществом пневмоуправления является возможность удаленного управления и контроля за клапанами с использованием центральной системы управления.

Пневмоуправление обеспечивает высокую точность и надежность работы клапанов, повышает эффективность производственных процессов и снижает затраты на эксплуатацию. Система пневмоуправления клапанами состоит из компрессора, фильтров, регуляторов давления, клапанов и других устройств. Сигнал управления передается посредством сжатого воздуха, который поступает

в клапан и передает команду на открытие или закрытие клапана. Одним из главных преимуществ пневмоуправления является высокая скорость реакции системы на изменения процессов, что позволяет максимально точно и быстро регулировать технологические процессы.

Ножевой клапан – это устройство для регулирования потока жидкости или газа, состоящее из ножевого диска, который перемещается внутри корпуса. Ножевой клапан обеспечивает полное открытие или закрытие потока, и может быть также использован для регулирования потока при частичном открытии. Ножевые клапаны находят применение в различных отраслях промышленности, таких как нефтегазовая, химическая, пищевая, фармацевтическая и другие, где требуется точное и эффективное управление потоком среды.

Они часто используются в системах с высоким содержанием твердых частиц, токсичных и агрессивных средах, где другие типы клапанов могут испытывать проблемы с износом и коррозией. Одним из главных преимуществ ножевых клапанов является высокая производительность и эффективность работы в условиях высокого давления и больших объемов потока. Также они могут быть оборудованы системой автоматического управления и контроля, что позволяет дистанционно управлять клапаном и мониторить процесс. Однако, ножевые клапаны могут быть менее точными, чем другие типы клапанов, когда они используются для регулирования потока при частичном открытии. Также они могут потребовать больше места для установки и обслуживания, чем другие типы клапанов.

Пережимной клапан - это устройство для регулирования давления в системе. Он используется для снижения избыточного давления в трубопроводах и оборудовании до определенного уровня. Пережимной клапан обычно устанавливается после насоса или компрессора, чтобы предотвратить повреждение оборудования и трубопроводов из-за избыточного давления. Когда давление в системе достигает заданного уровня, пережимной клапан открывается и позволяет избыточному давлению выйти из системы. Когда давление в системе снижается до заданного уровня, пережимной клапан закрывается.

Пережимные клапаны могут быть использованы в различных отраслях промышленности, таких как нефтегазовая, химическая, пищевая и другие. Они могут быть выполнены из различных материалов в зависимости от условий эксплуатации, таких как высокая температура, высокое давление и агрессивная среда. Одним из преимуществ пережимных клапанов является их эффективность и надежность в предотвращении повреждения оборудования и трубопроводов от избыточного давления.

Они также могут быть оборудованы системой автоматического управления и контроля, что позволяет дистанционно управлять клапаном и мониторить

процесс. Однако, пережимные клапаны могут быть менее точными, чем другие типы клапанов, когда регулируют давление в системе.

1.6 Simatic Step 7

Simatic Step 7 - это программное обеспечение от компании Siemens, которое предназначено для создания автоматизированных систем на основе программируемых логических контроллеров Simatic S7-300/S7-400/M7/C7 и WinAC. Программа доступна с интерфейсами на английском, немецком, французском, итальянском и испанском языках. Также имеются специальные версии, позволяющие работать на японском и китайском языках. Предшественником данного программного обеспечения является более ранняя версия Simatic Step 5, которая работает в операционных системах DOS или в окне DOS в ОС Windows.

Это программное обеспечение, разработанное компанией Siemens, используется для создания и обслуживания автоматизированных систем на основе программируемых логических контроллеров Simatic S7-300 и Simatic S7-400. Основной задачей программы является программирование контроллеров. Программируемый логический контроллер (ПЛК) - это устройство на основе микропроцессора, предназначенное для управления технологическими процессами в промышленности.

Работа ПЛК заключается в обработке данных с модулей входов (например, сигналов от датчиков) в соответствии с программой пользователя и выдаче управляющих сигналов через модули выходов и модули связи для управления исполнительными устройствами. Основой работы с ПЛК является проект, который представляет собой комплексное решение задачи автоматизации, включающее несколько взаимосвязанных контроллеров, сетей и систем человеко-машинного интерфейса, основанных на физических микроконтроллерах. Главной утилитой для работы с проектом является Simatic Manager в рамках программы Step 7. Step 7 позволяет конфигурировать программируемые логические контроллеры и сети с помощью инструментов HWConfig и NetPro.

В процессе конфигурирования определяется состав оборудования, его разбиение на модули, способы подключения и выбираются настройки для каждого модуля. Система также проверяет правильность использования и подключения каждого компонента. После завершения конфигурирования выбранная конфигурация загружается в оборудование, что фактически является его настройкой. Утилиты конфигурирования также позволяют диагностировать оборудование, обнаруживать аппаратные ошибки или неправильный монтаж.

Программирование контроллеров осуществляется с помощью редактора программ, который поддерживает три языка:

- LAD: язык релейно-контактной логики,
- FBD: язык функциональных блочных диаграмм,
- STL: язык списка инструкций.

2 Разработка структуры АСУ ТП

Техническое задание ТЗО - разработать систему автоматического регулирования уровня жидкости в емкости. Мы должны создать систему, которая автоматически будет контролировать уровень жидкости в емкости в процессе промышленного управления. Наша цель - обеспечить автоматическое регулирование уровня воды в емкости на заданном уровне. Для этого мы проведем анализ процесса, который нужно регулировать, чтобы получить необходимые данные для разработки системы. Технологическая схема объекта регулирования изображена на рисунке 1.

В системе, которая контролирует уровень жидкости в емкости, присутствуют следующие компоненты: объект регулирования 1, датчик уровня 2, микроконтроллер с датчиком 3, предварительный усилитель 4, усилитель 5 и исполнительный механизм 6. Технологические параметры объекта управления можно найти в таблице 1.

Для ручного управления процессом требуется непрерывное внимание со стороны технического персонала, что приводит к неудобству в обслуживании и занимает значительное количество времени. В связи с этим необходима система автоматического регулирования, которая будет поддерживать уровень в заданных пределах, учитывая возмущающие воздействия. Выходным параметром объекта управления является уровень воды в емкости, а управляющим воздействием является количество расхода, пропускаемого через исполнительный механизм.

2.1 Разработка структурной схемы системы регулирования

Для обеспечения работы классической системы управления с обратной связью необходимо выполнить следующие шаги: измерить регулируемый параметр, сравнить его со заданным значением, определить ошибку и ее знак, рассчитать управляющее воздействие с использованием выбранного алгоритма управления, и передать управляющее воздействие через исполнительный механизм к объекту управления.

На рисунке 2 представлена функциональная схема автоматического регулирования уровня в емкости, которая включает выбранные элементы. Все эти элементы согласованы по типу сигналов, диапазонам их изменения и мощности.

Для разрабатываемой системы автоматического регулирования необходимы следующие компоненты: датчик уровня, регулятор с датчиком, элементом сравнения и алгоритмом управления, предварительный усилитель, а

также усилитель мощности для обеспечения согласования с исполнительным механизмом.

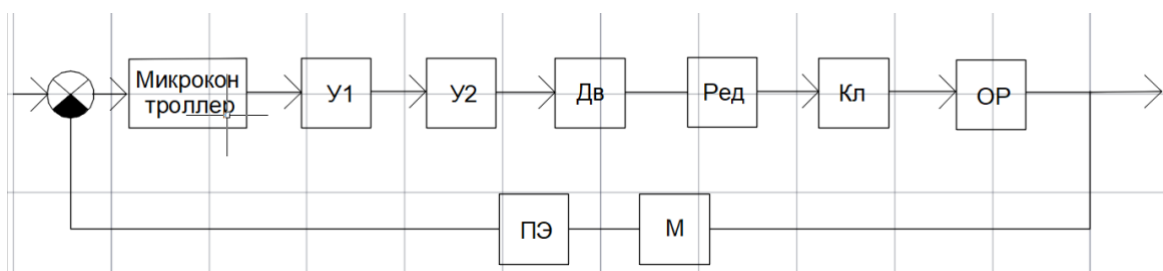


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизации

где Микроконтроллер – регулятор,
У1 – предварительный усилитель,
У2 – усилитель,
Дв – двигатель,
р – редуктор,
Кл – клапан,
ОР – объект регулирования,
Д – датчик,
М – мембрана,
ПЭ – пьезоэлемент.

Регулятор устанавливает закон изменения регулируемой величины и требуемое значение уровня. При изменении уровня в емкости, выходной сигнал датчика меняется соответственно. Регулятор сравнивает поступивший сигнал с заданным значением и вычисляет сигнал рассогласования. В зависимости от величины, направления и скорости изменения рассогласования, регулятор вычисляет значение управляющего воздействия, которое передается на усилитель мощности. Усиленный сигнал затем направляется на исполнительный механизм (МЭО), который изменяет положение клапана, что в свою очередь изменяет расход и регулирует уровень.

Для разрабатываемой системы автоматического регулирования необходимы следующие компоненты: датчик уровня, регулятор с датчиком, элементом сравнения и алгоритмом управления, предварительный усилитель, а также усилитель мощности для обеспечения согласования с исполнительным механизмом.

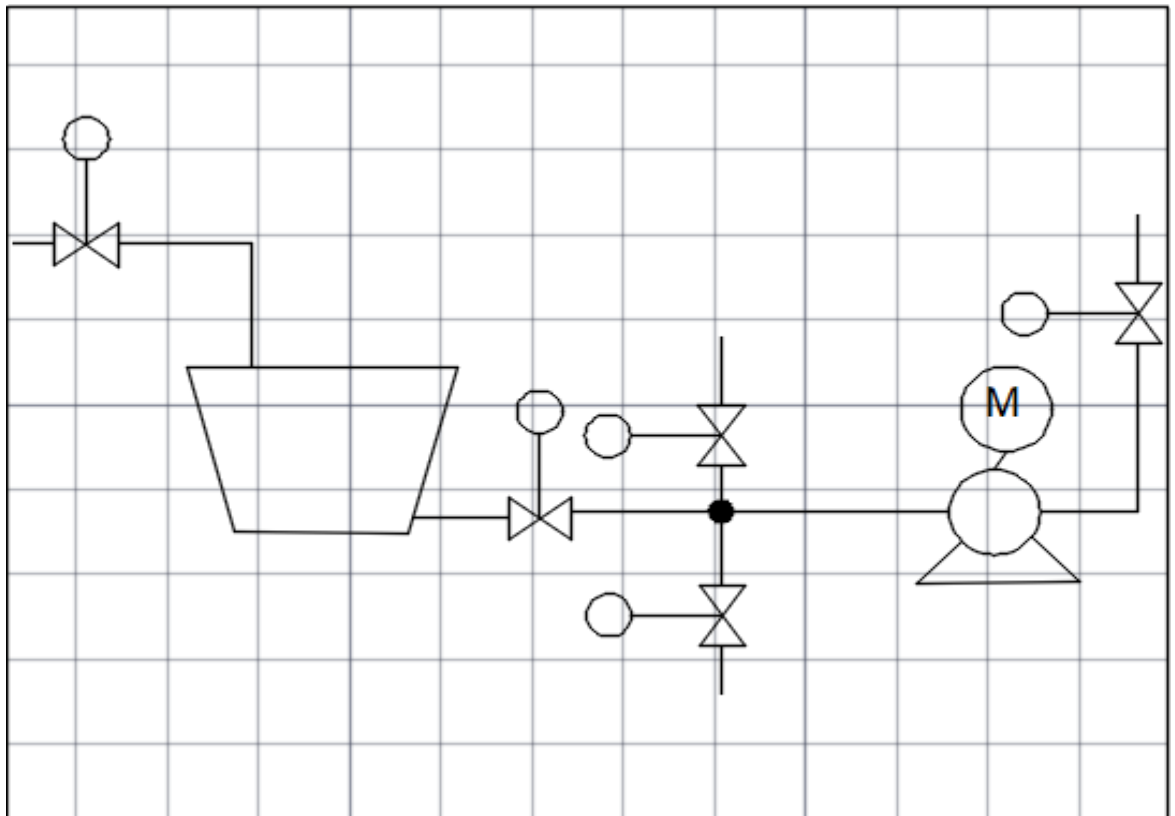


Рисунок 2 – Технологическая схема участка управления

Таблица 1 – Параметры объекта управления

Максимальный уровень в емкости	6м
Диаметр емкости	4м
Время регулирования	60с
Перерегулирование	18%

3 Процесс разработки функциональной схемы автоматизации (ФСА) для процесса обогащения хрома

3.1 Построение функциональной схемы

Функциональная схема автоматизации (приложение А) представляет собой главный проектный документ, определяющий функциональную структуру и объем автоматизации технологических установок и отдельных агрегатов промышленного объекта. На чертеже ФСА с использованием условных обозначений изображается технологическое оборудование, коммуникации, органы управления и средства автоматизации (приборы, регуляторы, вычислительные устройства), а также связи между ними и элементами автоматики.

ФСА не включает в себя вспомогательные устройства, такие как редукторы, фильтры для воздуха, источники питания, соединительные коробки и другие монтажные элементы. Обычно все системы контроля, регулирования, управления и сигнализации, относящиеся к данной технологической установке, изображаются на одном чертеже ФСА.

На основе ФСА разрабатываются остальные чертежи проекта, а также составляются ведомости и заказные спецификации для приборов и средств автоматизации.

3.2 Выбор необходимого оборудования

3.2.1 Выбор контроллера

SIMATIC S7-1200 является семейство программируемых контроллеров, предназначенных для решения различных базовых задач автоматизации. Эти контроллеры обладают модульной структурой и могут использоваться в широком спектре приложений. Они способны работать в реальном времени и могут быть применены как для создания простых локальных автоматических устройств, так и для интеграции в сложные системы автоматического управления.

SIMATIC S7-1200 поддерживает интенсивный обмен данными через различные сетевые протоколы, такие как Industrial Ethernet, PROFINET, OPC UA, PROFIBUS DP, PtP (Point-to-Point), MODBUS и GSM/GPRS. Они также могут быть использованы в системах телеуправления, обеспечивая надежные каналы связи.

3.2.2 Выбор уровнемера

Поплавковые датчики уровня ПДУ-Т505 представляют собой надежное и простое в использовании решение для измерения предельного уровня жидкостей. Они являются доступным по стоимости вариантом и становятся неотъемлемыми в случаях, когда применение других типов датчиков уровня невозможно по техническим причинам или нецелесообразно из-за высокой стоимости таких датчиков.

Поплавковые датчики уровня серии ПДУ-Т обладают следующими особенностями и преимуществами:

- Независимость от подключения источника питания – они не требуют постоянного подключения напряжения питания, что облегчает их установку и использование.

- Совместимость с химически агрессивными средами – поплавковые датчики уровня ПДУ-Т способны работать с различными химическими веществами без риска повреждения или деградации своих функций.

- Нечувствительность к пене и пузырькам – они эффективно функционируют даже в присутствии пены или пузырьков в жидкости, что гарантирует точность измерения уровня.

- Устойчивость к сильным вибрациям – поплавковые датчики уровня ПДУ Т способны работать в условиях сильной вибрации без потери точности и надежности.

- Работа в загрязненных средах и жидкостях с механическими примесями они могут использоваться в средах с высоким уровнем загрязнений или примесями, не теряя своей функциональности.

- Доступная цена – поплавковые датчики уровня ПДУ-Т предлагаются по доступной цене, что делает их привлекательным решением с экономической точки зрения.

3.2.3 Выбор датчика положения

Индуктивные бесконтактные выключатели LMF 15-3004NC предназначены для контроля положения механизма или отдельных узлов и широко применяются в различных отраслях промышленности, таких как станки, кузнечно-прессовое оборудование, литейные машины, конвейеры и другие. Они обладают рядом преимуществ, включая высокую надежность, независимость срока службы от числа срабатываний, надежную герметизацию и возможность работы в неблагоприятных условиях, быстрое действие и долговечность. Индуктивные выключатели успешно заменяют контактные путевые переключатели, повышая надежность схем управления в различных производственных процессах.

При подаче питания на выключатель в области его чувствительной поверхности создается изменяющееся магнитное поле, которое индуцирует в материале, находящемся в его зоне, вихревые токи. Эти токи влияют на амплитуду колебаний генератора, и в результате вырабатывается аналоговый выходной сигнал, значение которого изменяется в зависимости от расстояния между датчиком и контролируемым предметом. Сигнал затем преобразуется триггером в логический сигнал, устанавливая уровень переключения и величину гистерезиса.

Спецификации для данного типа выключателя:

- Дальность: 4 мм
- Контакт: NO/NC (нормально открытый/нормально закрытый)
- Тип: NPN
- Рабочее напряжение: 6-36 В

3.2.4 Выбор датчика веса

Тензодатчик ВВА

Тензодатчики WBK, используемые в ленточных конвейерах, предлагаются в нескольких вариантах:

– корпус из нержавеющей стали, обозначается как SS (Stainless Steel). Эти тензодатчики подходят для установки во влажных производственных помещениях и бункерах.

– высокотемпературные тензодатчики, помеченные как HT (High Temperature), предназначены для работы при повышенных температурах.

– шестипроводные тензодатчики используются в оборудовании Mettler Toledo и некоторых других производителей. Этот тип подключения повышает надежность и снижает погрешность при передаче данных об измерениях.

Выбор тензодатчика зависит от максимального предела измерения, который указывается в килограммах. Тензодатчики ВВА выпускаются в различных моделях с пределами измерений от 5 до 1000 кг. Они относятся к классу точности С3, что соответствует погрешности измерений на уровне 0,023%.

3.2.5 Датчик вибрации

Датчик вибрации Voxberry разработан для обнаружения колебаний устройства в различных плоскостях с высокой чувствительностью и точностью.

Этот датчик основан на сенсоре SW-420, внутри которого находится небольшой шарик. Движение шарика приводит к замыканию контактов, что сигнализирует о его перемещении в пространстве.

Измерения, полученные с помощью этого датчика, представляются в цифровом формате. Отсутствие вибрации соответствует логической единице, а наличие вибрации - логическому нулю. При возникновении вибрации светодиод, расположенный на плате, включается. Чувствительность датчика может быть настроена с помощью потенциометра, который также присутствует на плате.

3.2.6 Магнитный концевой выключатель D4N

Концевые выключатели серии D4N в пластмассовом корпусе идеально подходят любого стандартного механического определения положения, как в целях обеспечения безопасности, так и в обычных производственных целях.

- Размыкающий механизм прямого действия и одобрение уполномоченного органа;
- Прочный пластмассовый корпус с двойной изоляцией;
- Широкий ассортимент исполнительных устройств;
- Разъемы M12 или блок клемм с кабельным вводом M20.

3.2.7 Датчик уровня (дискретный)

Данный датчик предназначен для использования в жидких и сыпучих средах, где коэффициент диэлектрической проницаемости составляет не менее 1,5. Он имеет корпус из нержавеющей стали AISI 316L, включая смачиваемую часть, а измерительный сенсор изготовлен из материала PEEK Natura. Датчик имеет гигиеническую сертификацию и может быть установлен в различных местах технологических установок, включая трубопроводы. Для гигиенического соединения производитель предлагает сертифицированные аксессуары.

4 Построение математических моделей элементов

4.1 Расчеты передаточной функции датчиков

Расчет датчика обратной связи

Передаточная функция датчика:

$$W_D(p) = \frac{k}{(T_p+1)} \quad (1.1)$$

Коэффициент передачи датчика:

$$k = \frac{\Delta I}{\Delta P} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,6} = 8,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{А}}{\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}} \quad (1.2)$$

где ΔI – тах выходной токовый сигнал, ΔP – тах давление.

Постоянная времени будет определяться как постоянная времени мембраны по формуле:

$$T_M = f/c \quad (1.3)$$

где $f = 101 \cdot 10^{-8}$ – коэффициент вязкого трения,

$$c = \frac{2 \cdot E \cdot h^3 \cdot (1+\alpha)(3+\alpha)}{3 \cdot \left(1 - \frac{\mu^2}{\alpha^2}\right) \cdot R^4 \cdot \left[1 - \left(\frac{\alpha+1}{\alpha-1}\right) \cdot \rho\right]^4} \quad (1.4)$$

жесткость мембраны

$R=30$ – рабочий радиус мембраны, мм

$h=0,35$ – толщина мембраны, мм

$E=2,1 \cdot 10^{11}$ – модуль упругости материала, Па

$r=0,2$ – относительный радиус жесткого центра, мм

$\alpha=3,64$

$$c = \frac{2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,35^3 \cdot (1+3,64)(3+3,64)}{3 \cdot \left(1 - \frac{0,3^2}{3,64^2}\right) \cdot 30^4 \cdot \left[1 - \left(\frac{3,64+1}{3,64-1}\right) \cdot 0,2\right]^4} \quad (1.5)$$

Тогда получим:

$$T = 4,3 \cdot 10^{-12} \quad (1.6)$$

Передаточная функция датчика:

$$W_D(p) = \frac{k}{(Tp + 1)} = \frac{8,3 \cdot 10^{-3}}{(4,3 \cdot 10^{-12}p + 1)} \quad (1.7)$$

Электронный усилитель 1:

Описание электронного усилителя дифференциальным уравнением:

$$T_2 \frac{dU_2}{dt} + U_2 = k_2 U_1 \quad (1.8)$$

Для обеспечения согласования выходного сигнала регулятора, изменяющегося в диапазоне от 0 до 5 В, с напряжением последующего усилителя, равным 24 В, мы подбираем коэффициент усиления усилителя

$$k = \frac{24}{5} = 4,8 \quad (1.9)$$

В паспорте для усилительного элемента типа В D4825 указано время переходного процесса, равное 0,004 сек. Для звена 1-го порядка, время переходного процесса связано с постоянной времени следующей формулой:

$$t_{\text{пер}} = (3/4)T \approx 4T \quad (1.10)$$

Постоянная времени усилительного элемента:

$$T = t_{\text{пер}}/4 = 0,001\text{сек} = 0,000167\text{мин} \quad (1.11)$$

Передаточная функция ключевого элемента:

$$W_{y1} = \frac{k}{Tp+1} = \frac{4,8}{0,000167p+1} = 4,8 \quad (1.12)$$

Электронный усилитель 2:

Этот элемент усиливает сигнал 22В в 220В.

$$W_{y2} = k, \quad (1.13)$$

$$W_{y2} = 220/24 = 9,2 \quad (1.14)$$

Двигатель:

Выбираем двигатель ДАУ-25.

Таблица 2 – Характеристики двигателя ДАУ-25

Мощность двигателя	25Вт
Напряжение питания	220В
Момент нагрузки на валу	40Н*м
Число полюсов	12

Передаточная функция двигателя:

$$W_{Дв}(p) = \frac{k}{p(Tp+1)}, \quad (2.1)$$

$$k = 0,14 \frac{N_{Дв} \cdot n}{M_H} = 1,05, \quad (2.2)$$

$$T = 3,3 \frac{N_{Дв}}{n \cdot U_{II}} = 0,031 \quad (2.3)$$

Передаточное число редуктора=416,7

Передаточная функция редуктора:

$$W_p(p) = 1/416,7 = 2,4 \cdot (10)^{-3} \quad (2.4)$$

Передаточная функция клапана:

$$W_{кл}(p) = k, \quad (2.5)$$

$$k = \Delta L / \Delta \omega = 2 \quad (2.6)$$

Передаточная функция исполнительного механизма:

$$W_{им}(p) = \frac{5,04 \cdot 10^{-3}}{p(0,031p+1)} \quad (2.7)$$

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{op} = 2/((61p + 1)) \quad (2.8)$$

4.2 Анализ системы

Анализ системы регулирования обычно включает оценку ее эффективности, стабильности и способности поддерживать желаемые цели или уровни.

4.2.1 Расчет системы на устойчивость

Передаточная характеристика разомкнутой системы:

$$W_p(p) = \frac{0,445}{p \cdot (0,031p+1)(61p+1)} \quad (3.1)$$

Передаточная характеристика замкнутой системы:

$$W_3(p) = \frac{0,445 \cdot (43p+10^{13})}{(2,62 \cdot 10^3 p^3 + 6,1 \cdot 10^{14} p^2 + 10^{13} p + 3,69 \cdot 10^{12})} \quad (3.2)$$

Подставим вместо p $j\omega$:

$$W_3(p) = \frac{0,445 j \cdot (43 j\omega + 10^{13})}{(2,62 \cdot 10^3 \omega^3 + 6,1 \cdot 10^{14} j\omega^2 + 10^{13} \omega + 3,69 \cdot 10^{12} j)} \quad (3.3)$$

Найдем годограф Найквиста:

Годограф Найквиста является графическим представлением частотных характеристик системы в комплексной плоскости. Он используется для анализа устойчивости системы.

Точка $(-1, j0)$ не входит в область захвата годографа Найквиста, следовательно, система является устойчивой.

Когда говорят о том, что система является "устойчивой", это означает, что она способна сохранять свою стабильность и функционирование даже при возникновении изменений, внешних воздействий или помех.

Устойчивость является важным свойством для различных систем, поскольку она обеспечивает их способность функционировать и приспосабливаться к изменяющимся условиям.

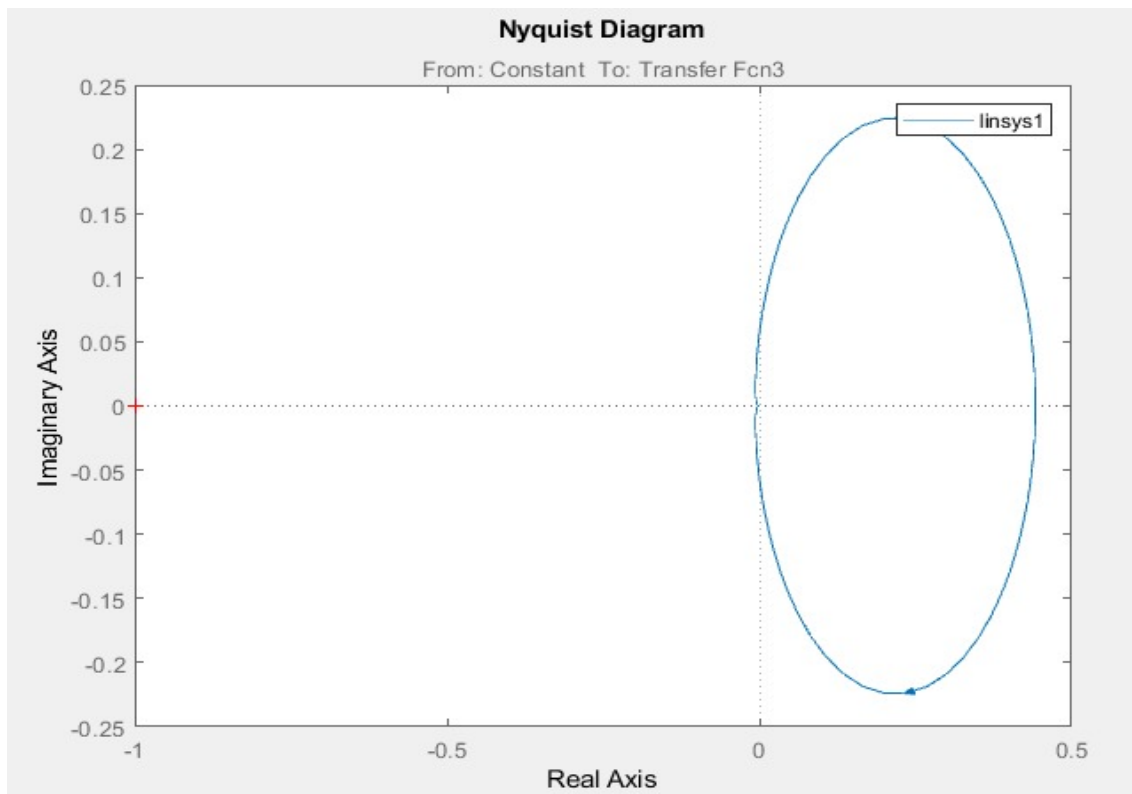


Рисунок 3 – Годограф Найквиста

4.2.2 Построение ЛАЧХ и ФЧХ

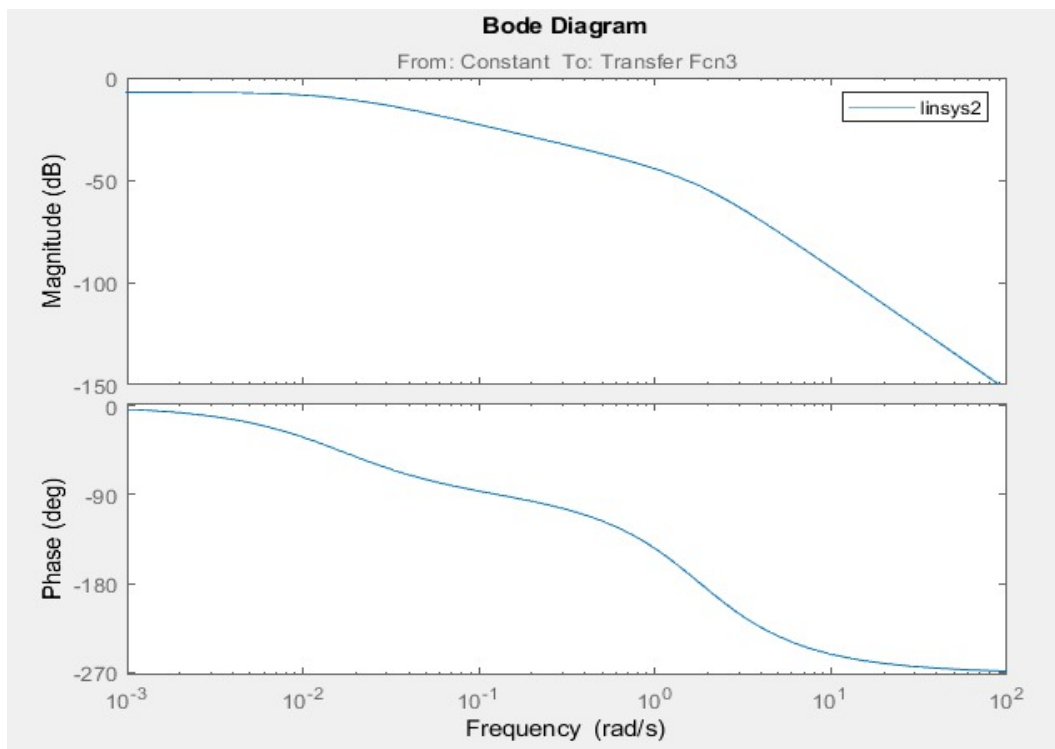


Рисунок 4 – ЛАЧХ и ФЧХ разомкнутой системы

4.2.3 Построение переходного процесса системы

Используя передаточную функцию замкнутой системы, создадим переходной процесс системы:

$$W(p) = \frac{0,445(43p + 10^{13})}{(2,62 \cdot 10^5 p^5 + 6,1 \cdot 10^{13} p + 3,69 \cdot 10^{12})} \quad (4.1)$$

По анализу переходного процесса, мы наблюдаем, что время регулирования составляет 645 секунд, а перерегулирование равно 0%. Однако, такие значения не соответствуют требованиям нашего технического задания.

4.3 Синтез системы

Расчет корректирующего устройства

Вот как будет выглядеть передаточная функция нашего корректирующего устройства

$$W_{\text{ку}}(p) = L_0 \frac{(T_1 p + 1)}{(T_2 p + 1)} = \frac{100 \cdot (61p + 1)}{(2p + 1)} \quad (4.2)$$

Следовательно, передаточная функция скорректированной разомкнутой системы будет иметь следующий вид

$$W(p) = \left[\frac{0,445}{p \cdot (61p + 1)} \right] \cdot \left[\frac{100(61p + 1)}{(2p + 1)} \right], \quad (4.3)$$

$$W(p) = \frac{44,5}{p \cdot (2p + 1)} \quad (4.4)$$

Годограф Найквиста – это инструмент, который графически отображает частотные характеристики системы в комплексной плоскости. Он применяется для определения устойчивости системы путем анализа ее поведения на различных частотах.

Точка $(-1, j0)$ не входит в годограф Найквиста полученной системы, что означает, что разомкнутая система является устойчивой.

Построение по передаточной функции переходного процесса скорректированной системы.

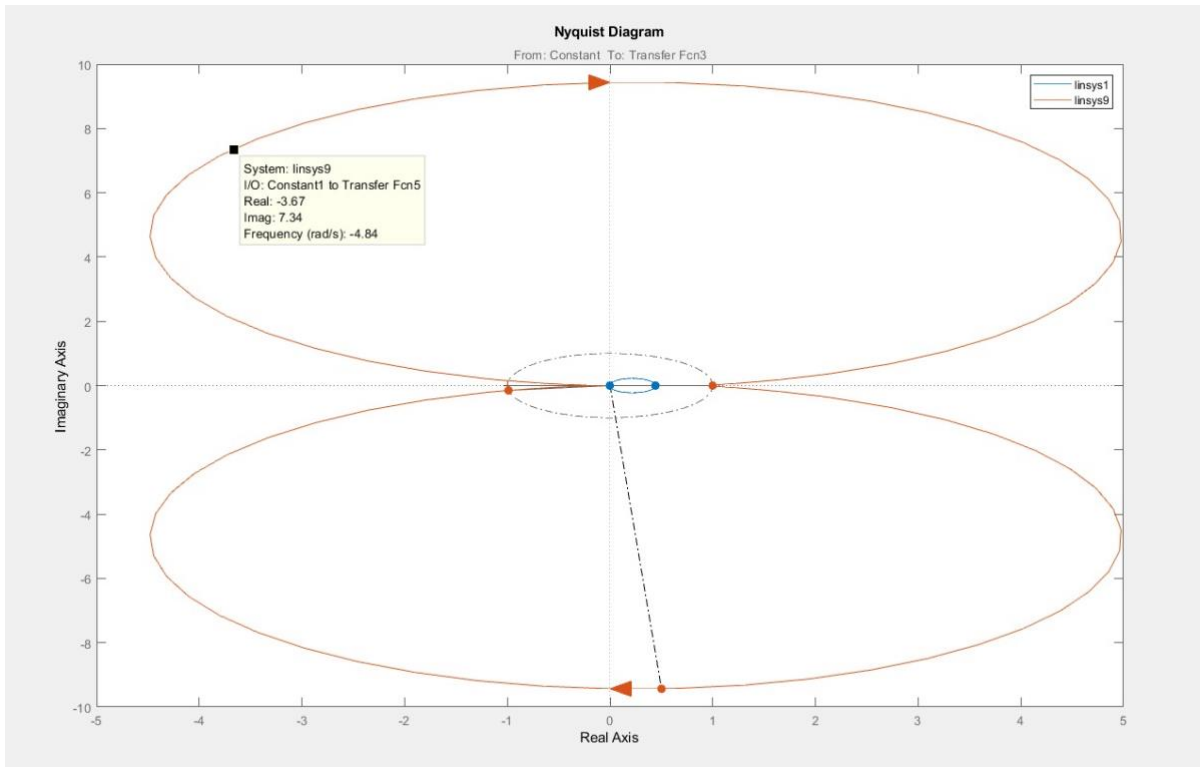


Рисунок 5 – Годограф Найквиста разомкнутой системы

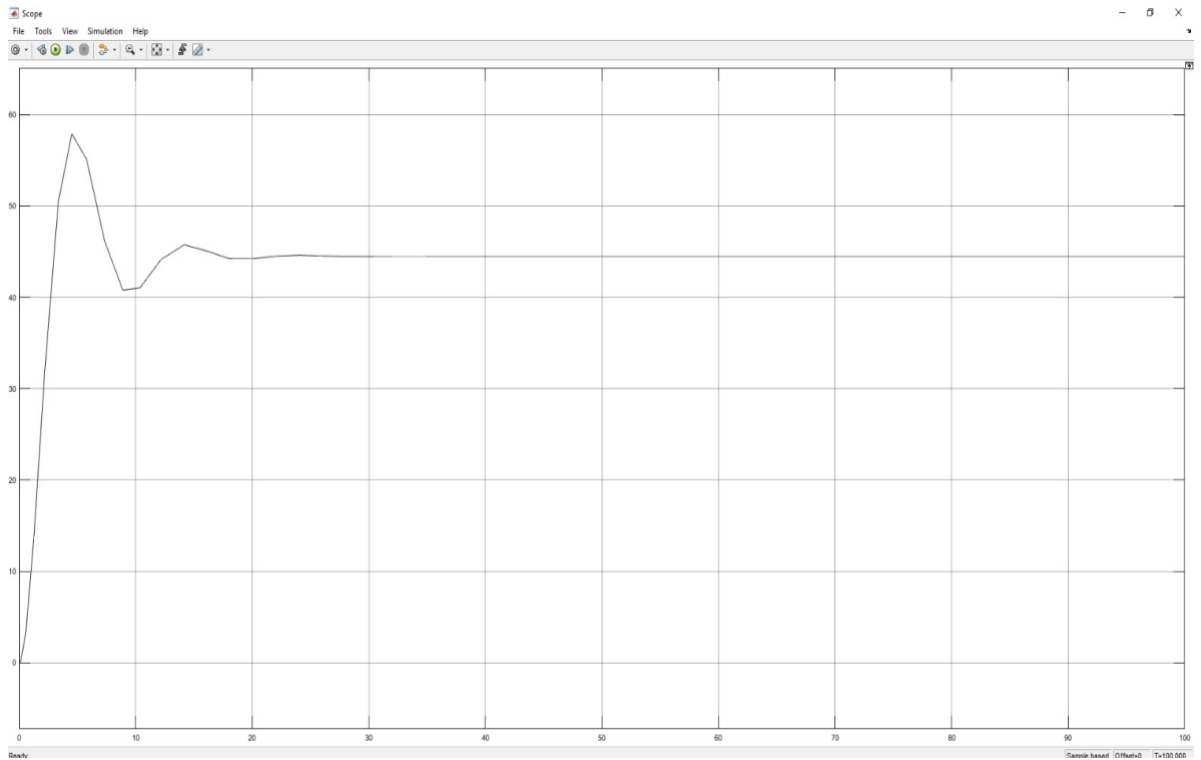


Рисунок 6 – Переходной процесс скорректированного устройства

5 Работа в Simatic Step 7

В этой работе была собрана логика часть системы гравитационного обогащения, в которую входят выпуск руды с бункера-дозатора до промывки.

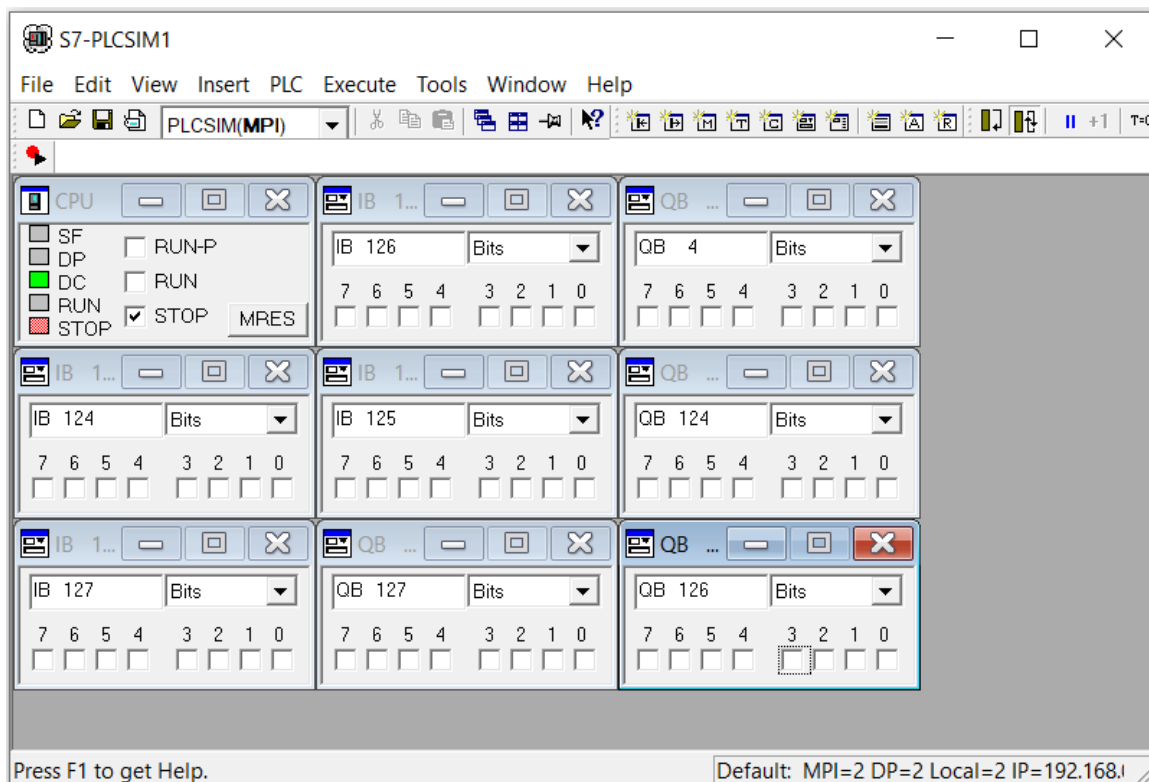


Рисунок 7 – Окно симулятора Simatic Step 7

Так выглядит окно симулятора (рисунок 7), в котором мы задаем нужные сигналы, для наших контактов. Используются входные биты со 124 по 127, которые отвечают за концевые, клапана, сигнализацию, проверка, люк и другие датчики.

Данное устройство обеспечивает возможность изменения режимов работы оборудования, отключения от электропитания отдельных компонентов системы, включения освещения и отслеживания положения определенных объектов.

Различные типы концевых выключателей также могут выполнять следующие функции:

- обнаружение объектов;
- подсчет количества предметов;
- определение зоны перемещения объекта;
- отключение оборудования для его защиты;
- контроль крайних положений при перемещении.

В случае, когда движущиеся элементы оборудования имеют ограниченный диапазон перемещения, необходимо предусмотреть отключение двигателя при

достижении крайних положений. Концевой выключатель размещается таким образом, чтобы движущийся элемент гарантированно соприкасался с его актуатором при достижении заданной точки. В этом случае концевик срабатывает, оборудование отключается, и движение останавливается.

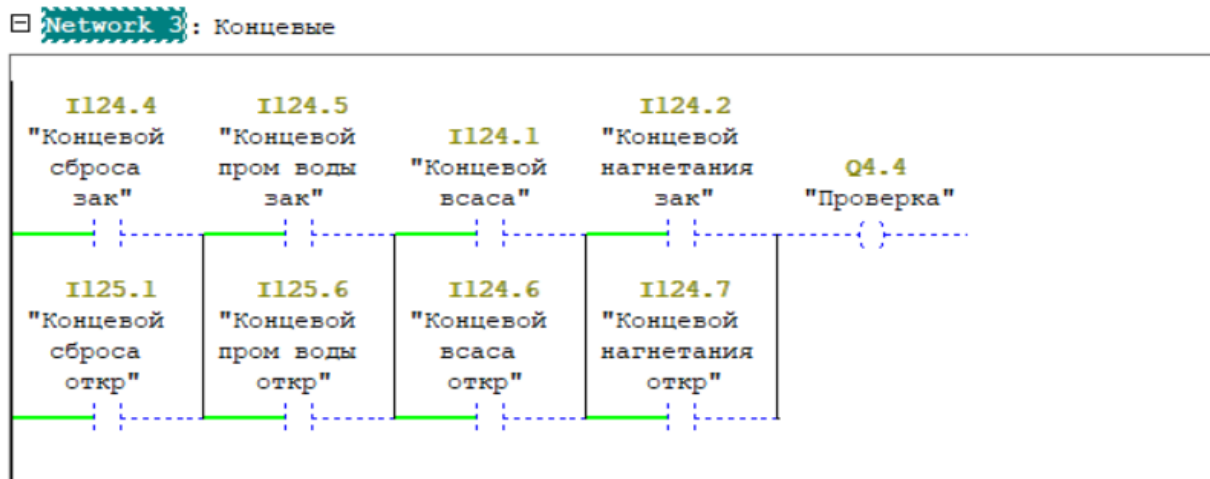


Рисунок 8 – Концевые датчики, когда сигнала нет

Для подключения концевого выключателя (рисунок 8) необходимо определить точку контакта и установить сам датчик таким образом, чтобы срабатывание происходило именно в этой точке.

Изменение положения датчика при его монтаже позволяет более точно настроить момент срабатывания путем смещения датчика через крепежные отверстия или изменение его места крепления. Также возможна регулировка точности срабатывания путем настройки самого рычага, если это предусмотрено конструкцией датчика.

По сравнению с размерами регистрируемых объектов и расстояниями, которые они проходят, точность срабатывания концевика составляет доли процента. Расстояние, которое проводящая пластина проходит от момента отсутствия контакта до его появления, составляет доли миллиметра.

Именно это расстояние определяет точность, с которой датчик может определить положение контролируемого объекта. Оно может быть равно 0,5, 0,2 мм и даже меньше. Дополнительным преимуществом концевика является возможность настройки точности срабатывания (а также характера взаимодействия при контакте) путем использования различных типов актуаторов.

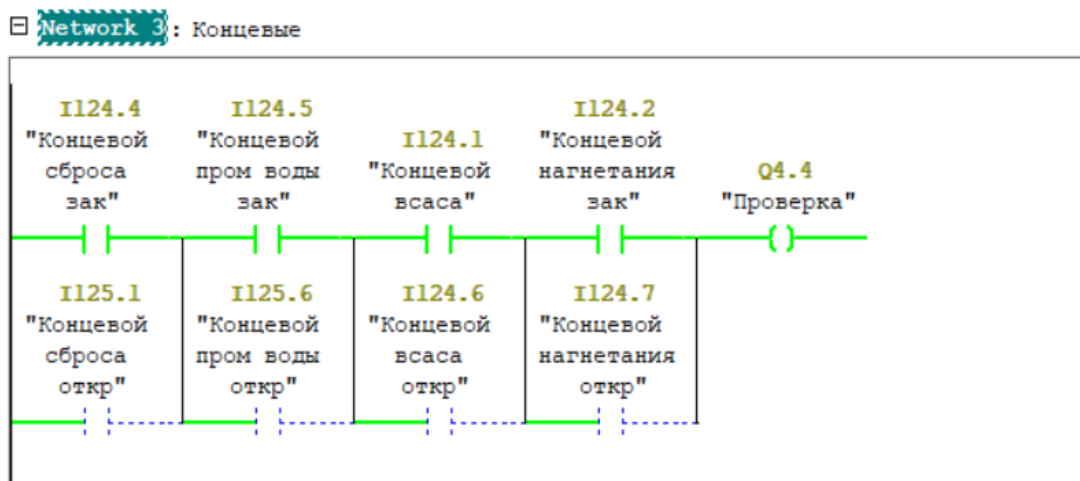


Рисунок 9 – Концевые датчики при закрытых клапанах

Прежде чем начать работу мы должны убедиться в работе клапанов, так как клапаны пропускают воду промывки и в рисунке мы убеждаемся в исправности клапанов (рисунок 9). Они проходят проверку.

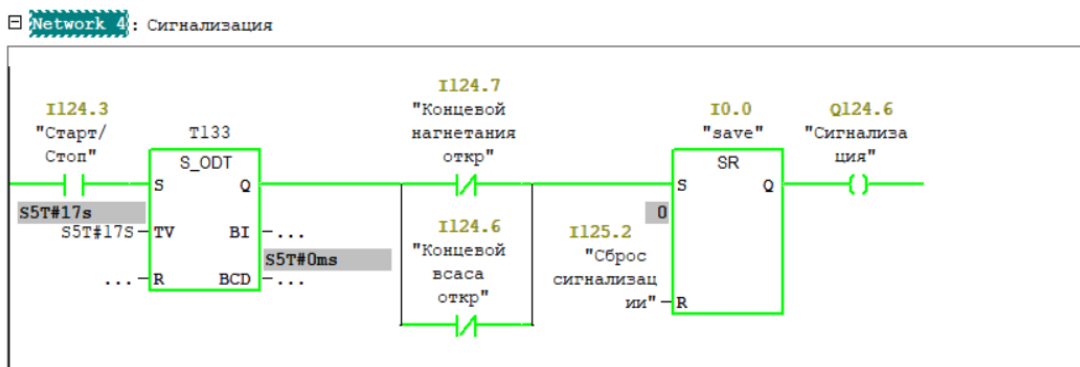


Рисунок 10 – Открытие клапанов всаса и нагнетания

Главная функция клапана всаса (рисунок 10) состоит в автоматическом открывании для создания и поддержания постоянного давления, а также автоматическом возврате в закрытое положение для предотвращения обратного потока при отключенном насосе. Кроме того, клапан выполняет дополнительную функцию, которая часто не упоминается – минимизацию потребления энергии. Важно также отметить, что клапан защищает насосную систему и трубопровод от возможных резких перепадов давления, которые могут возникнуть в результате внезапного закрытия.

Каждый проектировщик насосной станции, скорее всего, сталкивался с проблемой резкого закрытия клапана, вызванного внезапной остановкой обратного потока через обратный клапан. Чтобы предотвратить такое

неожиданное закрытие, клапан должен обеспечивать быстрое закрытие или медленное закрывание с использованием устройств, таких как масляный бачок.

Клапан сброса (рисунок 11) у нас используется для того чтобы сбрасывать использованную воду после промывки, а также это предохранительное устройство от избыточного давления которое открывается используя только энергию среды, при достижении внутренним давлением системы аксимального значения установленного для клапана (номинальное давление настройки Pnr), сбрасывая среду в отводящий трубопровод.

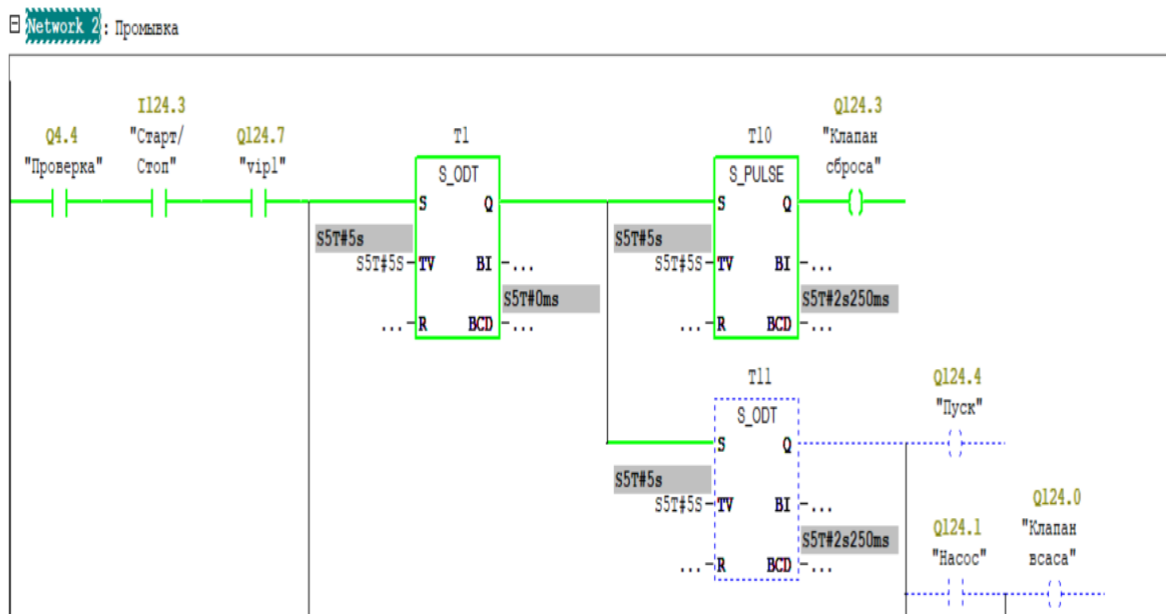


Рисунок 11 – Работа клапана сброса

Промывочный клапан (рисунок 12) выполняет функцию взмучивания осадка. Благодаря промывкам предотвращается скопление осадка на дне приемного резервуара и образование плавающей корки.

Использование промывочных клапанов не только обеспечивает более чистую среду в приемном резервуаре, но также насыщает сточные воды кислородом, что помогает снизить неприятные запахи в насосной станции.

Применение промывочных клапанов значительно сокращает расходы на обслуживание приемного резервуара.

Работа промывочного клапана полностью основана на давлении, создаваемом насосом. Он не зависит от электрических компонентов и, следовательно, не требует подключения к электропитанию или использования специализированного дополнительного оборудования.

При запуске насоса (рисунок 14) и начале перекачки, клапан находится в открытом состоянии. Вода из насоса проходит через клапан, образуя мощную

промывочную струю. Эта струя создает область пониженного давления в камере, расположенной за клапаном.

В течение следующих нескольких секунд, давление заставляет мембрану, находящуюся под клапаном, подниматься и перемещать шар вверх, приближая его к выходному отверстию. Время этого процесса может быть отрегулировано путем контроля скорости потока масла из верхней камеры в нижнюю камеру, проходящий под мембраной.

Когда шар достигает критической высоты, поток воздействует на него, прижимая его к выходному отверстию и перекрывая поток, тем самым закрывая клапан. Теперь насос начинает работать в режиме подачи насосного трубопровода. Повышение давления в клапане оказывает воздействие на мембрану, возвращая ее в исходное положение.

При остановке насоса, шар опускается в нижнюю камеру. Клапан теперь открыт и готов к следующему запуску насоса.

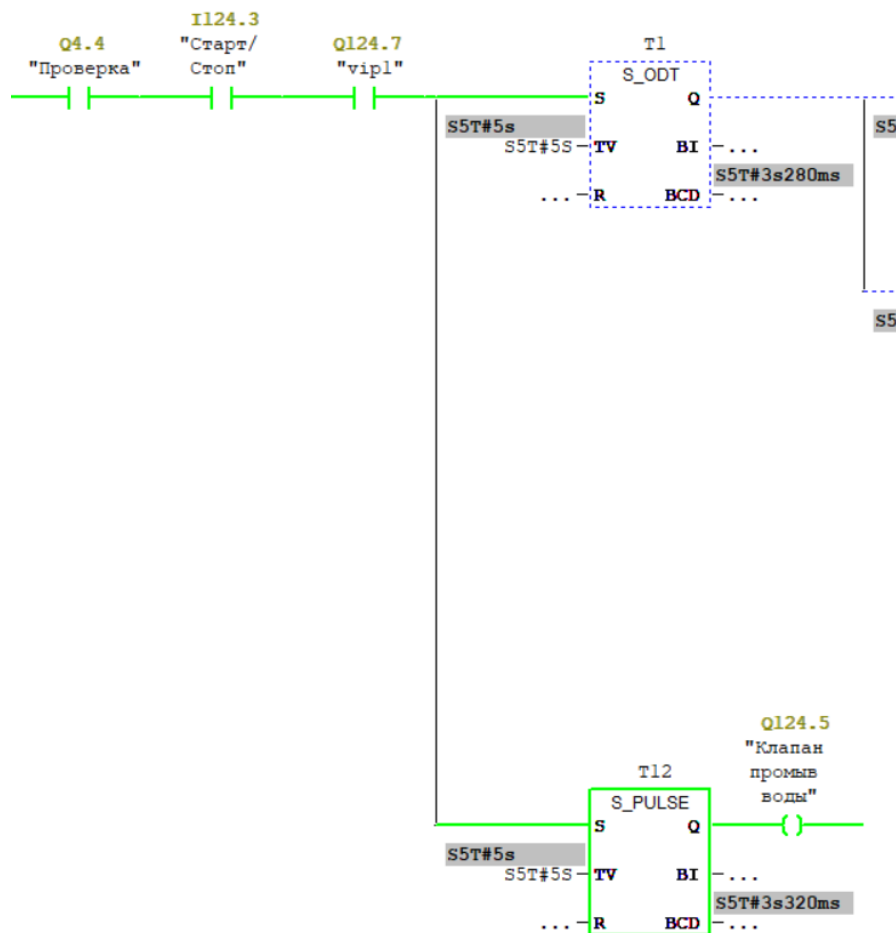


Рисунок 12 – Работа клапана промывочной воды

Network 4 : Сигнализация

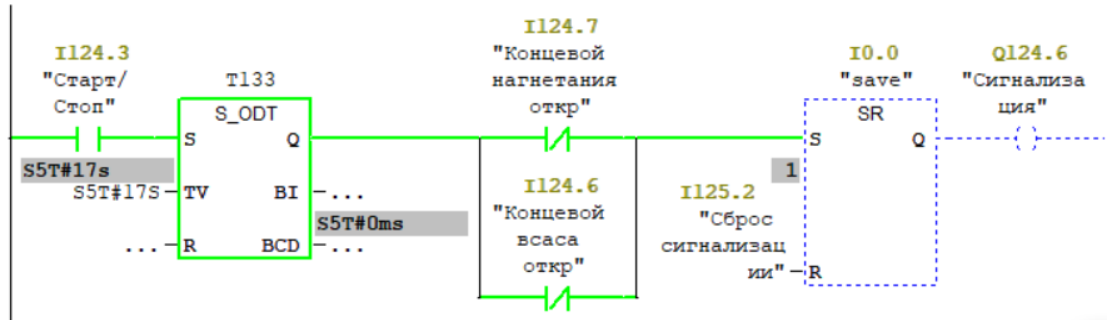


Рисунок 13 – Сброс сигнализации

Network 1 : Насос

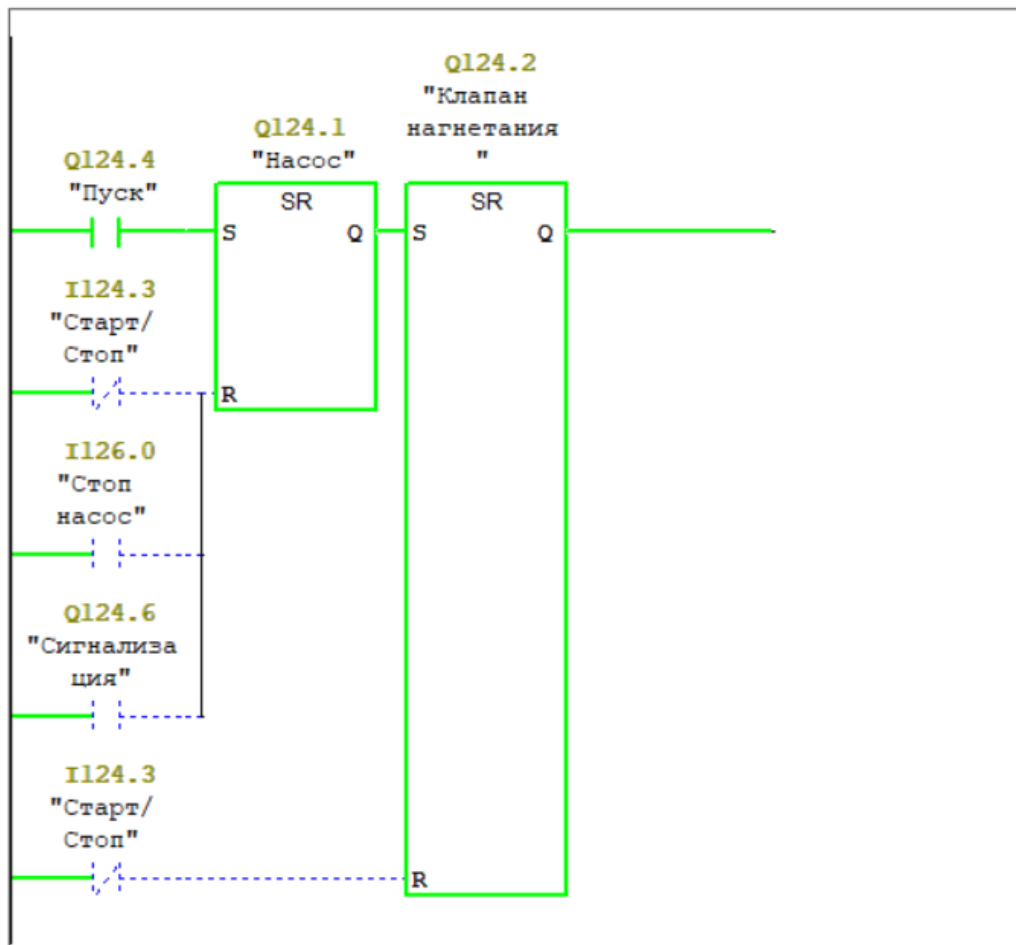


Рисунок 14 – Включение насоса

При включении насоса открываются клапаны всаса и нагнетания и по трубам идет промывочная вода.

Network 2 : Промывка

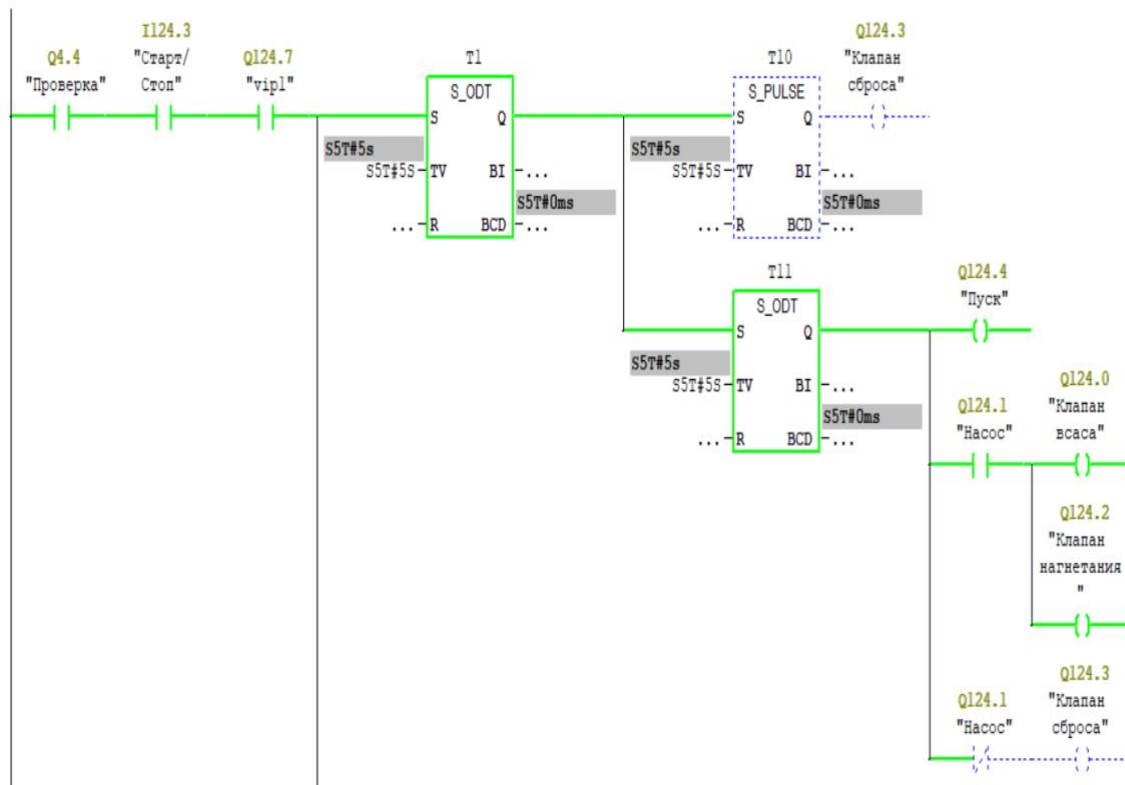


Рисунок 15 – Открытие клапанов всаса и нагнетания

Network 5 : Оценка

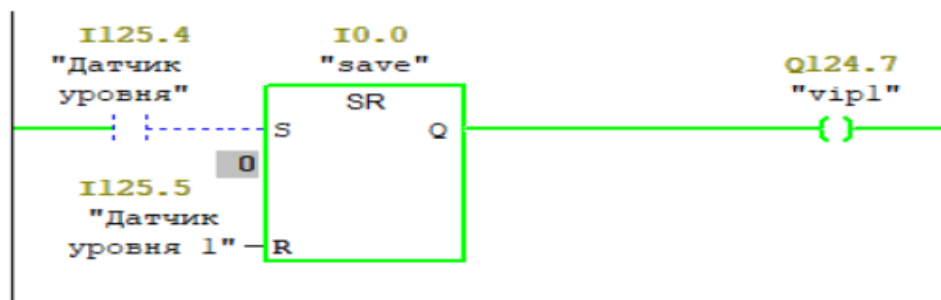


Рисунок 16 – Оценка от датчиков уровня

Работа датчика уровня (рисунок 16) основана на использовании архимедовой силы, которая действует на любую жидкость. Когда датчик помещается в емкость с жидкостью, поплавков взаимодействует с ее поверхностью. За счет архимедовой силы, поплавков поднимается и остается наружу в таком положении, которое соответствует уровню жидкости.

Network 6: грохот

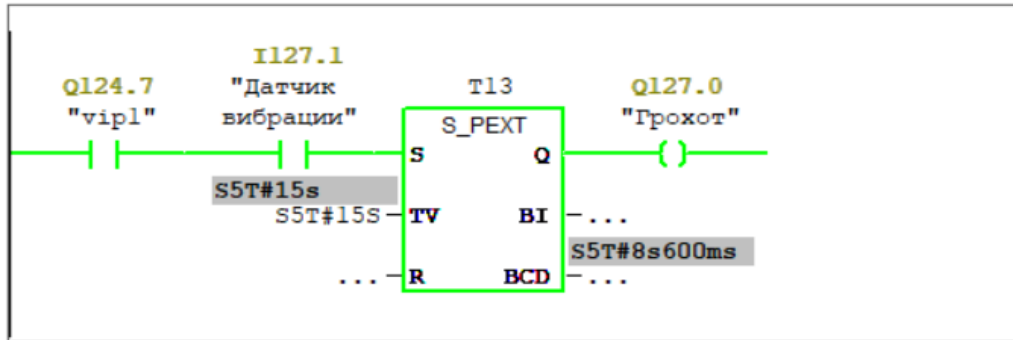


Рисунок 17 – Логика грохота

Network 7: Конвейер

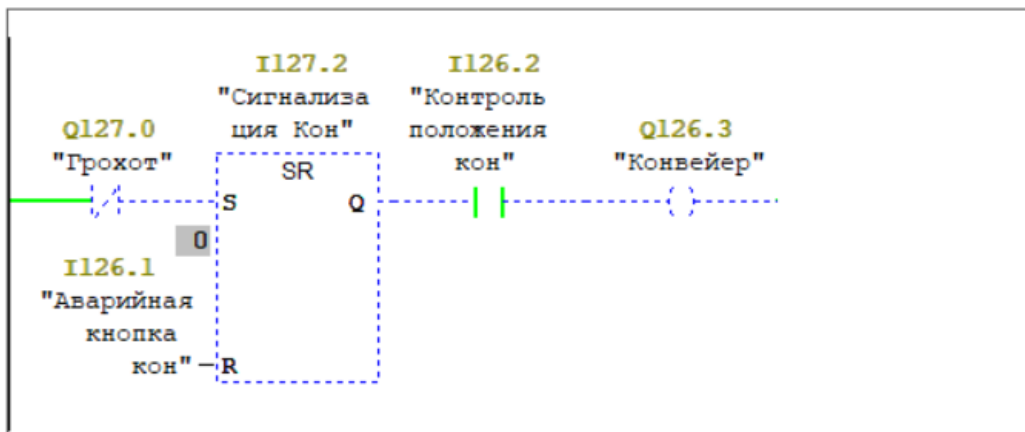


Рисунок 18 – Конвейер при выключенном состоянии

Network 7: Конвейер

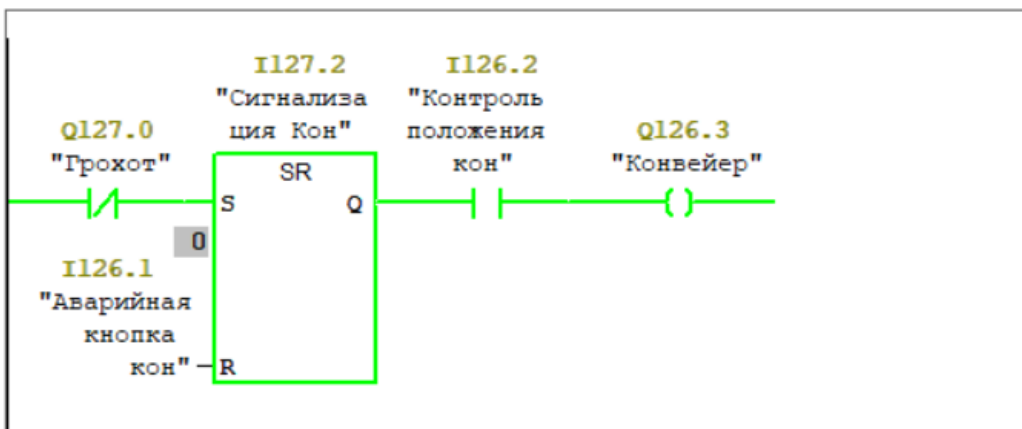


Рисунок 19 – Логика работы конвейера

Network 8: Бункер-дозатор

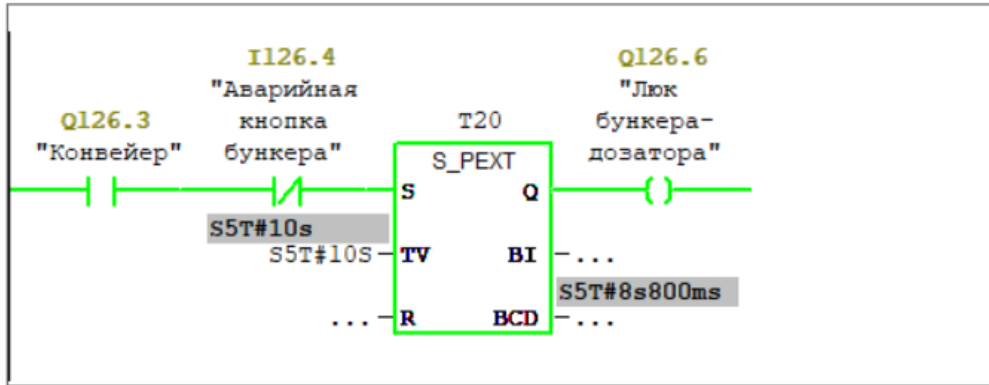


Рисунок 20 – Открытие люка бункера-дозатора

Network 8: Бункер-дозатор

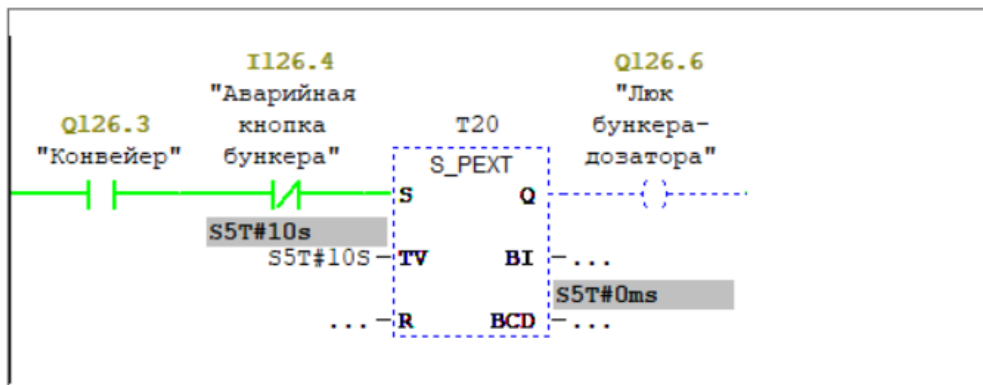


Рисунок 21 – Закрытие люка бункера-дозатора

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была разработана система автоматического управления участком обогащения хромовой руды тонких и мелких классов с применением ПЛК. Осуществлен выбор соответствующих компонентов системы, а также расчет их передаточных функций. Проведена проверка устойчивости системы и внесены корректировки с использованием последовательного корректирующего устройства для оптимизации работы и усиления мощности сигнала. Оценка показателей качества показала, что система не требует дополнительной коррекции, так как рассчитанные параметры удовлетворяют необходимым условиям. Также была разработана логика работы на Simatic Step 7, с помощью данной дипломной можно всю технологию обогащения. В работе также представлен список использованной литературы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления : учебник для среднего профессионального образования / И. Ф. Бородин, С. А. Андреев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 20XX. — 386 с.
- 2 Пантелеев, В.Н. Основы автоматизации производства: Учебник для учреждений начального профессионального образования / В.Н. Пантелеев, В.М. Прошин. - М.: ИЦ Академия, 20XX. - 208 с.
- 3 Рачков, М. Ю. Автоматизация производства : учебник для среднего профессионального образования / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 20XX. — 180 с.
- 4 Схиртладзе, А.Г. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, С.В. Бочкарев, А.Н. Лыков. - Ст. Оскол: ТНТ, 20XX. - 524 с.
- 5 Кангин, В.В. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов: Учебное пособие / В.В. Кангин. - Ст. Оскол: ТНТ, 20XX. - 408 с.
- 6 Дастин, Э. Тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и автоматизация / Э. Дастин, Д. Рэшка, Д. Пол; Пер. с англ. М. Павлов. - М.: Лори, 20XX. - 567 с.
- 7 Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие / А.А. Иванов. - М.: Форум, 2012. - 224 с.
- 8 Селевцов, Л.И. Автоматизация технологических процессов: Учебник / Л.И. Селевцов. - М.: Academia, 2019. - 160 с. Селевцов, Л.И. Автоматизация технологических процессов: Учебник / Л.И. Селевцов. - М.: Academia, 2019. - 160 с.
- 9 Шишмарев, В.Ю. Автоматизация технологических процессов: Учебник / В.Ю. Шишмарев. - М.: Academia, 2018. - 320 с.
- 10 Клюев, А.С. Автоматизация настройки систем управления / А.С. Клюев, В.Я. Ротач, В.Ф. Кузищин. - М.: Альянс, 2015. - 272 с.
- 11 Брюханов, В.Н. Автоматизация производства. / В.Н. Брюханов. - М.: Высшая школа, 2005. - 367 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Функциональная схема системы автоматического регулирования участка
обогащения хромово руды тонких и мелких классов**