

Аннотация

В представленной выпускной работе рассмотрено современное состояние технологического процесса грохочения, проведен анализ оборудования, применяемого при реализации технологического процесса, выделены его недостатки и предложены меры по его модернизации.

С целью модернизации процесса грохочения предложены меры по автоматизации управления и контроля существующего технологического оборудования. На существующем оборудовании установлены датчики, контролирующие параметры его функционирования и режимы выполнения технологических операций. Указаны необходимые характеристики используемых датчиков. Рассмотрены наиболее эффективные места их размещения.

Рассмотрена структура системы управления технологическим оборудованием, которая основана на использовании программируемого логического контроллера, осуществляющего обмен информацией с периферийными устройствами съема и обработки информации. Определен состав программируемого логического контроллера, обеспечивающий реализацию требуемых задач управления. Произведена его конфигурация для обеспечения системы адресации объектов управления.

Разработан и описан алгоритм управления процессом грохочения, позволяющий определить последовательность и режимы функционирования объектов и систем управления. Рассчитаны общие характеристики устройств системы управления.

Содержание

Введение	5
1 Состояние вопроса	7
1.1 Характеристика технологического оборудования. Описание технологического процесса грохочения	7
1.2 Характеристика условий эксплуатации технологического оборудования и средств автоматизации в дробильном цехе	12
1.3 Обоснование параметров контроля и регулирования автоматизации процесса грохочения	13
1.4 Анализ существующей схемы автоматизации и предложения по проектной схеме автоматизации процесса грохочения	14
2 Модернизация системы автоматизации процесса грохочения	16
2.1 Обоснование выбора технических средств автоматизации процесса грохочения	16
2.2 Структурная схема автоматизированной системы управления процесса грохочения	24
2.3 Определение состава контроллера GE FanucRX7i	25
2.4 Конфигурирование и настройка контроллера GE Fanuc RX7i. Адресация переменных	25
2.5 Описание алгоритма управления процессом грохочения	32
3 Расчет характеристик устройств системы управления	33
3.1 Расчет мощности источника бесперебойного питания	33
3.2 Расчет метрологических характеристик измерительного канала температуры масла двигателя дробилки	36
4 Выбор регулятора и расчет его настроек	44
Заключение	57
Список используемой литературы	58

Введение

В настоящее время промышленность стремится автоматизировать широкую номенклатуру технологических процессов. К металлургии это относится в большей степени, нежели к другим отраслям промышленности. Это связано с опасными условиями труда при производстве металлов. Автоматизация освобождает людей от занятости на опасных участках производства.

Обогащением полезных ископаемых называется совокупность процессов обработки минерального сырья, имеющих целью отделение полезных минералов (концентрата) от пустой породы.

Сущностью обогатительных процессов является разделение полезных минералов (концентраты) и пустой породы (хвосты) с помощью физических и физико-химических процессов.

На Норильской обогатительной фабрике автоматизированны процессы производственного обслуживания, которые отвечают за стабильность и непрерывность основных технологических процессов.

АСУТП фабрики представляет собой многоуровневую систему контроля и регулирования, включающую в себя:

- средства низовой автоматизации,
- вычислительные управляющие,
- комплексы среднего и верхнего уровня.

Уровень автоматизации высокий и в основном включает в себя средства низовой автоматизации для сбора информации и контроля протекания процессов.

АСУТП реализована на основе систем Proscon 2100, SimplicityHMI, ProficyMachineEdition.

Необходимая или плановая замена оборудования в отделении мелкого дробления произведена относительно недавно.

За счет автоматизации повышается точность протекания процессов и их качество, стабилизируется работа многих процессов. Например, автоматическая загрузка реагентов во флотомашину. До автоматизации загрузку проводили обслуживающие машины флотаторы, исходя из собственных соображений.

В отделении мелкого дробления (ОМД) происходит грохочение, дробление руды, поступающей из отделения среднего дробления (ОСД). Дробление является подготовительным процессом в обогащении руды. Грохочение относится к вспомогательным процессам в обогащении, которое производится в промежутках между дроблением во всех отделениях дробления.

ОМД – последний передел в дробильном цехе (ДЦ), который играет важную роль в подготовке материала к измельчению. От качества работы процессов в ОМД зависит время и производительность процесса измельчения и дальнейшая флотация в измельчительно-флотационном цехе (ИФЦ).

1 Состояние вопроса

1.1 Характеристика технологического оборудования. Описание технологического процесса грохочения

Норильская обогатительная фабрика перерабатывает вкрапленные руды месторождения Норильск-1, богато-вкрапленные медистые руды Талнахского и Октябрьского месторождения, богатые руды Октябрьского месторождения и лежалый пирротиновый концентрат для дальнейшей обработки концентратов металлургическими предприятиями комбината: медного, никелевого и гравитационного. Концентрат представляет собой продукт обогащения с повышенным содержанием извлекаемого металла.

В состав основных цехов Норильской обогатительной фабрики входят:

- дробильный цех,
- измельчительно-флотационный цех,
- цех гидротранспортных сооружений и гидротранспорта.

Дробление в дробильном цехе происходит в 3 стадии. Сам дробильный цех состоит из трех отделений в соответствии со стадиями дробления:

- отделение крупного дробления,
- отделение среднего дробления,
- отделение мелкого дробления.

В данной бакалаврской работе рассматривается процесс грохочения в отделении мелкого дробления.

С помощью процесса грохочения сыпучие материалы разделяют на классы крупности. Для этого материалы просеивают, используя одно или несколько последовательных сит. Это дает возможность классифицировать материал по фракциям. Такая классификация происходит на просеивающих поверхностях. Более крупные фракции материала регламентируются размерами отверстий и остаются на поверхности сита, более мелкие – проходят сквозь сито. Материал, подвергающийся грохочению, принято называть исходным,

остающийся на поверхности сита – надрешетным (верхним) продуктом, провалившийся продукт – подрешетный (нижний).

Процесс грохочения реализуется грохотами. Каждый грохот имеет несколько сит, конструктивно расположенных в одном или нескольких корпусах. Корпуса перемещаются качательно или производят встряхивающие движения. Для материалов, состоящих из крупных фракций, производительней использовать решетки, представляющие колосники или стержни, установленные наклонно для перемещения материала.

Грохоты ГИТ-61(185-Гр) и ГИСТ-72, установленные после дробилок КРД- 900(700)/100, и грохоты ГСТ-61(253-Гр), установленные после дробилок КМД-2200Т, выполняют поверочное (контрольное) грохочение. Грохоты ФГ-8 выполняют предварительное грохочение с последующим обезвоживанием.

По условиям работы грохота (в зависимости от крупности наибольших кусков) различают крупное, среднее, мелкое и тонкое грохочение. На фабрике существуют среднее (куски до 350 мм) и мелкое (до 75 мм) грохочения. В качестве просеивающей поверхности используются проволочные и шпальтовые сети. Основным классифицирующим признаком для грохочения является характер движения просеивающей поверхности. Грохоты, установленные на фабрике, имеют плоскую просеивающую поверхность. Его короб с просеивающей поверхностью перемещается колебательно.

Просеивающие поверхности грохотов могут располагаться наклонно ($\alpha = 15-26^\circ$) или горизонтально ($\alpha = 0^\circ$ или $5-6^\circ$, т.е. слабонаклонно).

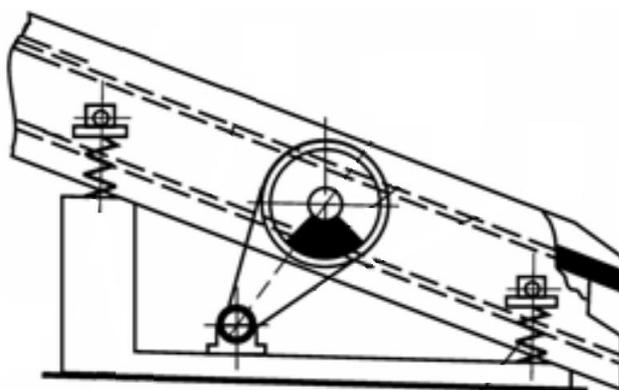


Рисунок 1.1 – Схема грохота ГСТ

Грохот имеет опорную раму, на которой располагается приводное устройство и пружины опор наклонного короба. Короб снабжен вибровозбудителем, являющимся частью приводного устройства. При вращении вибровозбудителя короб начинает совершать качательные перемещения.

Функционирование грохота характеризуется двумя основными механическими параметрами:

- диапазоном перемещения короба,
- скоростью вращения вала вибровозбудителя.

Показателями, определяющими эффективность технологического процесса, являются:

- производительность,
- содержание в продукте мелких классов, отсеиваемых далее,
- отношение масс подрешетного продукта и нижнего класса.

Эти показатели зависят от:

- характеристик материала, подвергающегося грохочению, прежде всего влажности,
- габариты, параметры и режим работы грохота: форма отверстий сита, его наклон, скорость перемещения продукта по сити, параметры колебаний короба.

Вода покрывает пленкой поверхность частиц, что вызывает их слипание и покрытие водяной пленкой или замазывание ячеек сеток сита. Особенно это является проблемой для мелких частиц, имеющих большую суммарную площадь внешней поверхности, а значит максимальную влажность. Кроме того, частицы налипают на куски. Это затрудняет разделение материала на классы, и мелкие частицы остаются на поверхности решетки.

При превышении определенного значения влажности (зависит от размеров частиц и ячеек сита) эффективность работы грохота резко снижается. Дальнейшее увеличение влажности приводит к мокрому грохочению.

Ячейки сита могут иметь круглую, квадратную форму или быть в виде прямоугольника или щели. Разновидность формы ячейки зависит от необходимой крупности продукции грохота и его производительности.

Ячейки круглой формы и аналогичного размера позволяют получить более мелкие зерна, размером на 15-20% меньше).

Прямоугольные ячейки пропускают более крупные зерна, чем круглые и квадратные. Они имеют свои существенные достоинства:

- такие отверстия меньше забиваются при грохочении с повышенной влажностью,
- на аналогичной площади количество прямоугольных ячеек больше, следовательно:
 - выше производительность грохота,
 - ниже стоимость и масса решетки или сита.

Однако, их использование ограничено вследствие того, что на них невозможно получить продукт с точным размером кусков или частиц класса материала.

При оценке производительности и эффективности грохочения необходимо учитывать механические характеристики движений короба грохота:

- амплитуду вибраций,
- частоту вибраций.

Если амплитуда и частота вибраций короба увеличивается, то вырастает количество контактов частиц с поверхностью сита в единицу времени. Кроме того, при застревании частиц в ячейках, в этом случае увеличивается вероятность самоочистки сита, что также увеличивает производительность и эффективность работы грохота.

Однако механическая прочность грохота ограничивает амплитуду и частоту вибраций.

Уменьшить размер частиц, поступающих в дробильный цех, можно путем механического разрушения, преодолевающего внутренние сцепляющие силы между частицами поступающего материала.

Такой процесс механического разрушения называется дроблением. В технологическом процессе дробление является подготовительной операцией, предшествующей обогащению, назначение которой состоит в раскрытии зерен различных минералов в руде.

В дробильном цеху для реализации данной технологической операции используются конусные дробилки. Механическое воздействие на материал осуществляется дробящим конусом, который эксцентрично перемещается внутри неподвижного конуса (чаши). При перемещении подвижного конуса относительно неподвижного куски материала раздавливаются, ломаются, раскалываются, истираются. Дробление происходит непрерывно по мере последовательного передвижения материала по поверхности конусов. Разгрузка дробленого материала происходит под действием собственного веса в выходную щель.

Для мелкого дробления используются конусно-редукционные дробилки типа КМД (рисунок 1.2).

Корпусная станина, имеющая вид цилиндра, установлена на фундамент. На станине закреплен неподвижный конус (чаша), внутри которой на валу, снабженным эксцентриком, установлен вращающийся конус, приводимый в движение приводным механизмом. Все рабочие органы дробилок покрыты футеровкой, что предохраняет их от износа.

Геометрическая ось вала подвижного конуса имеет небольшой наклон относительно вертикального неподвижного конуса, поэтому при вращении эксцентрика вал вместе с дробящим конусом совершают круговые колебательные движения. Расстояние между футеровками подвижного и неподвижного конусов попеременно уменьшается и увеличивается. При этом в месте сближения конусов происходит дробление руды, в месте увеличения

расстояния между поверхностями подвижного конуса и неподвижного – разгрузка измельченной руды.

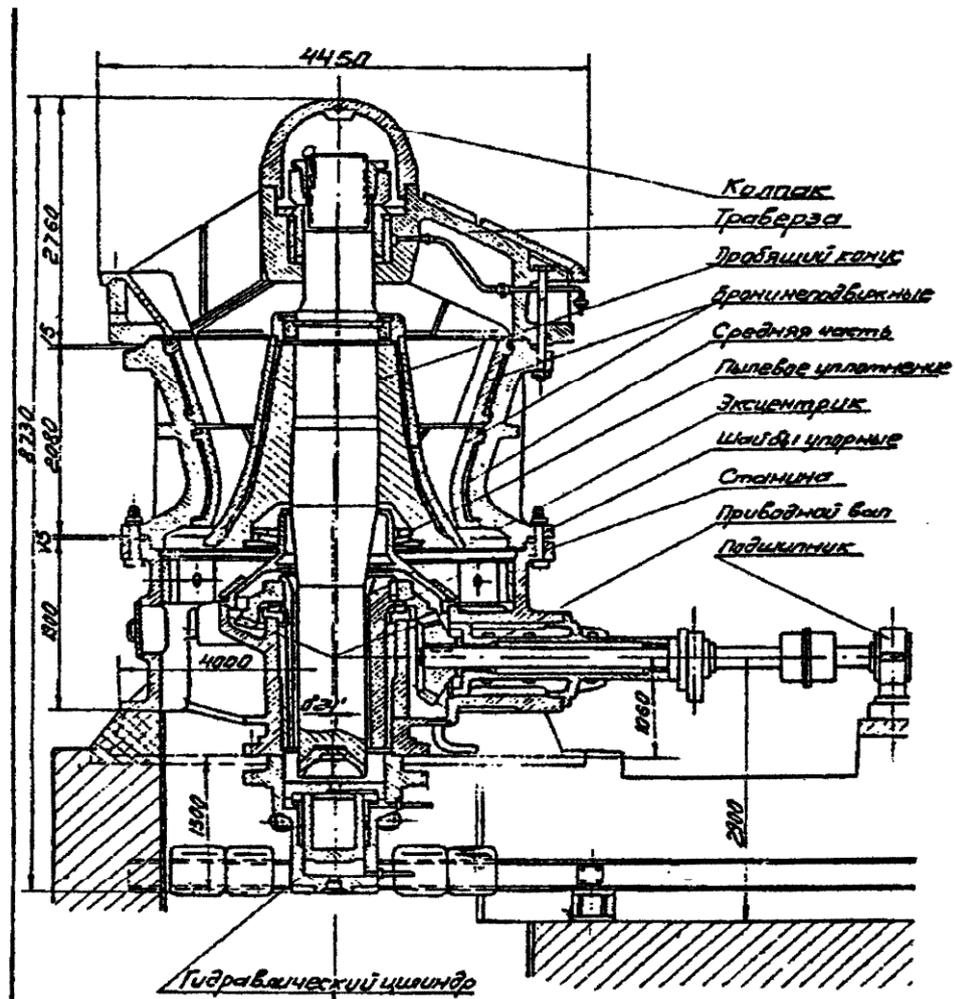


Рисунок 1.2 – Конусно-редукционная дробилка типа КМД

Дробилки мелкого дробления работают в замкнутом цикле с грохотами, что обеспечивает необходимый гранулометрический состав дробленого продукта, поступающего на измельчение в главный корпус обогатительной фабрики.

1.2 Характеристика условий эксплуатации технологического оборудования и средств автоматизации в дробильном цехе

В цеху присутствует запыленность, вибрация, влажность, повышенный шум. Запыленность, вибрация и влажность могут оказать большое влияние на

системы автоматизации и точность показаний технических средств. Вибрация может повлиять на срок службы и сократить межповерочный интервал измерительных приборов.

Категория пожароопасности производства В, что соответствует удельной пожарной нагрузке на участке от 181 до 1400 МДж м⁻².

В соответствии с категорией В отделение мелкого дробления представляет собой пожароопасное производство, реализующее технологические процессы с использованием горючих и трудногорючих жидких и твердых материалов и веществ. Эти материалы и вещества не взрывоопасны и способны только гореть при взаимодействии друг с другом, а также кислородом и водой.

В операторских помещениях (машинных залах) существует небольшая остаточная вибрация и шум, средняя температура. Операторские помещения относятся к категории Д. Это помещения, в которых находятся негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

1.3 Обоснование параметров контроля и регулирования автоматизации процесса грохочения

Для нормального протекания процесса грохочения необходимо соблюдать технологический регламент и контролировать следующие рабочие диапазоны параметров:

- | | |
|--|--------------------------------|
| - уровень в зумпфе (шахте со шламом и водой) | от 1 до 4 м, |
| - расход оборотной воды | от 0 до 180 м ³ /ч, |
| - давление воды на всасе насоса | от 0 до 300 кПа, |
| - давление шлама на выкиде насоса | от 0 до 540 кПа, |
| - температура подшипника двигателя грохота | от 0 до 50°С, |
| - температура масла двигателя грохота | от 0 до 80°С. |

Необходимо контролировать (сигнализировать) следующие граничные параметры:

- температура подшипника двигателя грохота выше 50°C,
- температура подшипника двигателя грохота аварийная выше 80°C,
- превышение температуры масла двигателя грохота больше 80°C,
- аварийный уровень шлама в зумпфе выше 4,5 м,
- низкий уровень шлама в зумпфе ниже 0,8 м.

Происходит сигнализация об изменении работы следующих агрегатов:

- работа ленточного питателя,
- состояние двигателя дробилки,
- состояние двигателя грохота,
- работа ленточного конвейера.

Регулируется расход воды, которая подводится на грохот, с помощью заслонки с электроприводом. Расход воды зависит от количества руды, подаваемой на грохот.

1.4 Анализ существующей схемы автоматизации и предложения по проектной схеме автоматизации процесса грохочения

На грохот подается руда из отделения среднего дробления. Так же на грохот непрерывно распыляется обратная вода с помощью системы труб с отверстиями. Производится мокрое грохочение. На линии подачи воды установлен ручной клапан, для перекрытия подачи при необходимости.

Руда после грохочения подается на конвейер и транспортируется в измельчительно-флотационный цех.

Руда, оставшаяся на поверхности сита грохота, направляется на додрабывание в конусно-редукционные дробилки, в которых измеряется уровень руды. После дробления руда подается на следующий передел в измельчительно-флотационный цех.

С конвейеров приходит информация о состоянии работы двигателей. С двигателей дробилки и грохота приходит информация о состоянии их работы, а также у двигателя грохота измеряется температура масла.

Вследствие мокрого грохочения, после грохота образуется материал, называемый шламом. Шлам с грохота стекает в зумпф, куда дополнительно подается вода, и измеряется уровень шлама. Затем с зумпфа шлам откачивается насосной установкой на узел отмывки. На трубопроводе откачки установлен датчик давления.

На данный момент система управления процессом грохочения является стабильной, но не экономичной.

В целях повышения надежности, увеличения количества контролируемых параметров и оперативности информации о состоянии процесса, а также экономичности, в бакалаврской работе предлагаются следующие меры:

- замена датчика температуры масла двигателя грохота (термосопротивление ТС-105) на платиновый терморезистор с унифицированным выходным сигналом ДТС-ХХ5-035 Ex. Причиной замены является то, что термосопротивление ТС-105 выдает выходной сигнал сопротивления, для приема которого на контроллере установлен RTD-модуль, преобразующий сопротивление в ток, который имеет сравнительно высокую стоимость и создает трудности при монтаже. Выходные сигналы от датчика ДТС-ХХ5-035 Ex могут принимать аналоговые или дискретные модули используемого контроллера;

- демонтировать ручной клапан на трубопроводе подачи оборотной воды на грохот и установить заслонку SamsonPfeifferBR10a, для управления расходом воды. Для автоматического управления клапаном необходимо установить привод, поэтому выбран привод Samson SGR M с блоком управления AUMAMATIC, который соответствует выбранному типу исполнительного механизма;

- для сбора информации с датчиков о текущих параметрах технологического процесса и управления исполнительным механизмом в виде клапана с приводом, установить входной аналоговый модуль IC697ALG440, выходной аналоговый модуль IC697VAL301 и дискретный входной модуль IC697MDL653 в имеющийся и находящийся в эксплуатации контроллер GE Fanuc Rx7i.

2 Модернизация системы автоматизации процесса грохочения

2.1 Обоснование выбора технических средств автоматизации процесса грохочения

Вследствие неблагоприятных условий эксплуатации технические средства, находящиеся в цеху, должны иметь специальное исполнение. На работу средств автоматизации эти факторы влияния не оказывают.

Главным критерием выбора технических средств являются параметры измеряемой или рабочей среды.

Для измерения температуры масла двигателя грохота выбран терморезистор ДТС-ХХ5-035 Ех (рисунок 2.1). При изменении температуры окружающей среды терморезистор изменяет свое электрическое сопротивление. На функциональной схеме терморезисторы обозначены как ТТ-ХХ01, ТТ-ХХ02, ТТ-ХХ03.



Рисунок 2.1 – Датчик температуры ДТС-ХХ5-035 Ех

Показанный на рисунке 2.1 датчик имеет следующие характеристики:

- рабочий диапазон измеряемых температур от минус 50 до плюс 180°С,
- условное давление 10 Мпа,
- величина рабочего тока 5 мА,

- показатель тепловой инерции, от 10 до 30 с,
- количество чувствительных элементов 1 шт.,
- сопротивление изоляции, не менее 100 МОм,
- выходной сигнал 4-20 мА.

Для измерения уровня жидких и сыпучих веществ в зумпфе выбран уровнемер SITRANSL The PROBE 7ML1201-1EF00 (рисунок 2.2).

Обозначение уровнемера на функциональной схеме LT-XX01.

Уровнемер испускает излучателем, установленным в его корпусе, ультразвуковые волны, которые отражаются от препятствия, в данном случае им является измеряемая поверхность жидких и сыпучих веществ. Часть отраженных от поверхности волн регистрируется приемником, который также расположен в корпусе датчика. Электроника датчика преобразует отраженный ультразвуковой сигнал в напряжение. Встроенный контроллер измеряет время, в течение которого волны проходят от излучателя до поверхности и от поверхности до приемника.



Рисунок 2.2 – Уровнемер SITRANSL The PROBE 7ML1201-1EF00

Алгоритм обработки сигналов позволяет выделить отраженный сигнал из общего сигнала, который может содержать сигналы ложных отражений, что обеспечивает точность измерений.

Основными характеристиками прибора являются:

- диапазон измерений от 0,25 до 5 м,

- температура эксплуатации от минус 40 до плюс 60°C,
- выходной сигнал 4 – 20 мА,
- погрешность 0,1%,

Для измерения давления на входе насоса выбираем датчик давления WIKAA-10 (рисунок 2.3).

Работа датчика давления основана на следующем принципе.

Давление измеряемой среды направляется через стандартное соединение на внутренний элемент датчика давления. Внутренняя электроника переводит необработанный сигнал датчика в отфильтрованный, усиленный, с компенсацией температурных воздействий, и стандартизованный сигнал, например, сигнал в диапазоне 4-20 мА. Этот выходной сигнал передается по стандартизованному разъему или кабелю на блок для обработки сигнала.

Обозначение на функциональной схеме РТ-XX03, РТ-XX04.



Рисунок 2.3 – Датчик давления WIKAA-10

Характеристика датчика давления:

- диапазон измерения от 0 до 24 бар,
- погрешность 0,25-0,5%,
- выходной сигнал 4-20 мА.

Для измерения давления на выходе насоса используется преобразователь давления Cerabar M PMC51 (рисунок 2.4).

Под воздействием давления измерительная мембрана деформируется, что приводит к изменению входной емкости электронной схемы, формирующей унифицированный токовый сигнал 4-20мА.

Обозначение на функциональной схеме РТ-ХХ01, РТ-ХХ02.



Рисунок 2.4 – Преобразователь давления Cerabar M PMC51

Характеристика преобразователя давления:

- диапазон измерения от 0 до 10 бар,
- приведенная погрешность 0,15%,
- выходной сигнал 4-20 мА,
- температура рабочей среды от минус 40 до плюс 130°С.

Для измерения расхода оборотной воды, подводимой на грохот, выбираем расходомер OPTIFLUX 4300 (рисунок 2.5). Расходомер может быть использован во взрывоопасных условиях и для измерения агрессивных сред. Он состоит из собственно датчика расхода OPTIFLUX 4000 и преобразователя сигнала IFC 300F.

Расходомер работает следующим образом. Жидкость, обладающая электрической проводимостью, протекает через измерительную трубу, которая внутри покрыта изолирующим материалом. Внутренняя поверхность снабжена верхней и нижней обмотками возбуждения, которые создают внутри трубы поперечное магнитное поле.

При движении жидкости по трубопроводу магнитное поле наводит в ней ЭДС. Величина ЭДС прямопропорционально зависит от скорости движущейся жидкости.

Расход жидкости вычисляется путем измерения ее скорости при известном диаметре измерительной трубы.

Сигнал ЭДС снимается электродами, которые вплавлены в футеровку. Наводимая ЭДС имеет небольшую величину (в среднем 1 мВ).

После принятия сигнала ЭДС, он усиливается конвертором сигналов, который преобразует его в цифровую форму и производит фильтрацию сигнала. А затем производит обработку и представление информации на дисплее и внешних выходах.

Обозначение на функциональной схеме FT-XX01, FT-XX02, FT-XX03.



Рисунок 2.5 – Расходомер OPTIFLUX 4300

Характеристики расходомера:

- температурный диапазон от минус 40 до плюс 60°C,
- точность измерения 0,1%
- диапазон измерения от 0,1 до 10 м³/с.
- выходные сигналы: Profibus, 4-20 мА.

Для регулирования расхода воды, подаваемой на грохот, была выбрана заслонка SamsonBR10a (рисунок 2.6).

Обозначение на функциональной схеме FC-XX01, FC-XX02, FC-XX03, FC-XX04.



Рисунок 2.6 – Заслонка SamsonBR10a

Герметичная регулирующая заслонка изготовлена из коррозионностойкой стали и предназначена для работы в агрессивных средах. Вал заслонки снабжен опорой с двумя эксцентриками, что облегчает ее открытие и закрытие. Работа заслонки возможна в температурном диапазоне от минус 100°C до плюс 200°C.

Среда может проходить через регулирующую заслонку в любом направлении. Аварийное положение заслонки при исчезновении питания ее привода выбрано нормально открытое (НО).

Заслонка работает в комплекте с электрическим приводом Samson SGR M (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Привод Samson SGR M

Электрический поворотный привод Samson SGR M с блоком управления AUMAMATIC имеет специальное исполнение и может работать при температуре окружающей среды от минус 50°С до плюс 60°С. Блок управления реализует сигнализацию конечных положений «открыто» и «закрыто». Управление осуществляется с использованием протоколов Profibus, Modbus.

Для организации функционирования системы управления, осуществления контроля и управления процессом автоматизации используется программируемый логический контроллер GE Fanuc RX7i (рисунок 2.8).

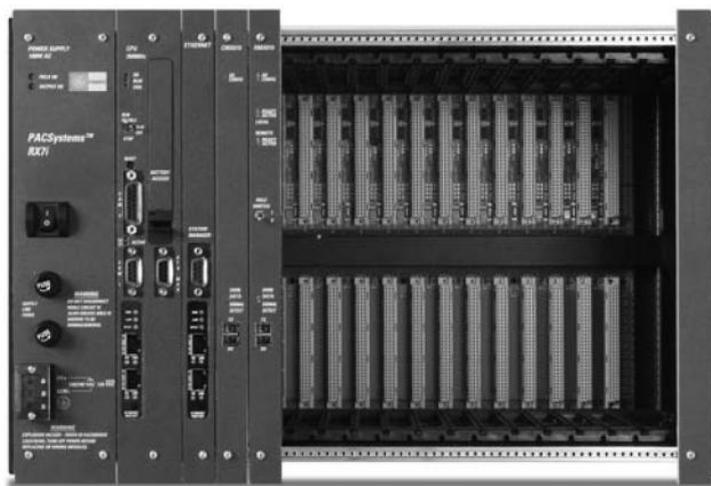


Рисунок 2.8 – Программируемый логический контроллер GE Fanuc RX7i

Контроллером поддерживаются коммуникационные интерфейсы Ethernet, GENIUS, Profibus и DeviceNet.

2.2 Структурная схема автоматизированной системы управления процесса грохочения

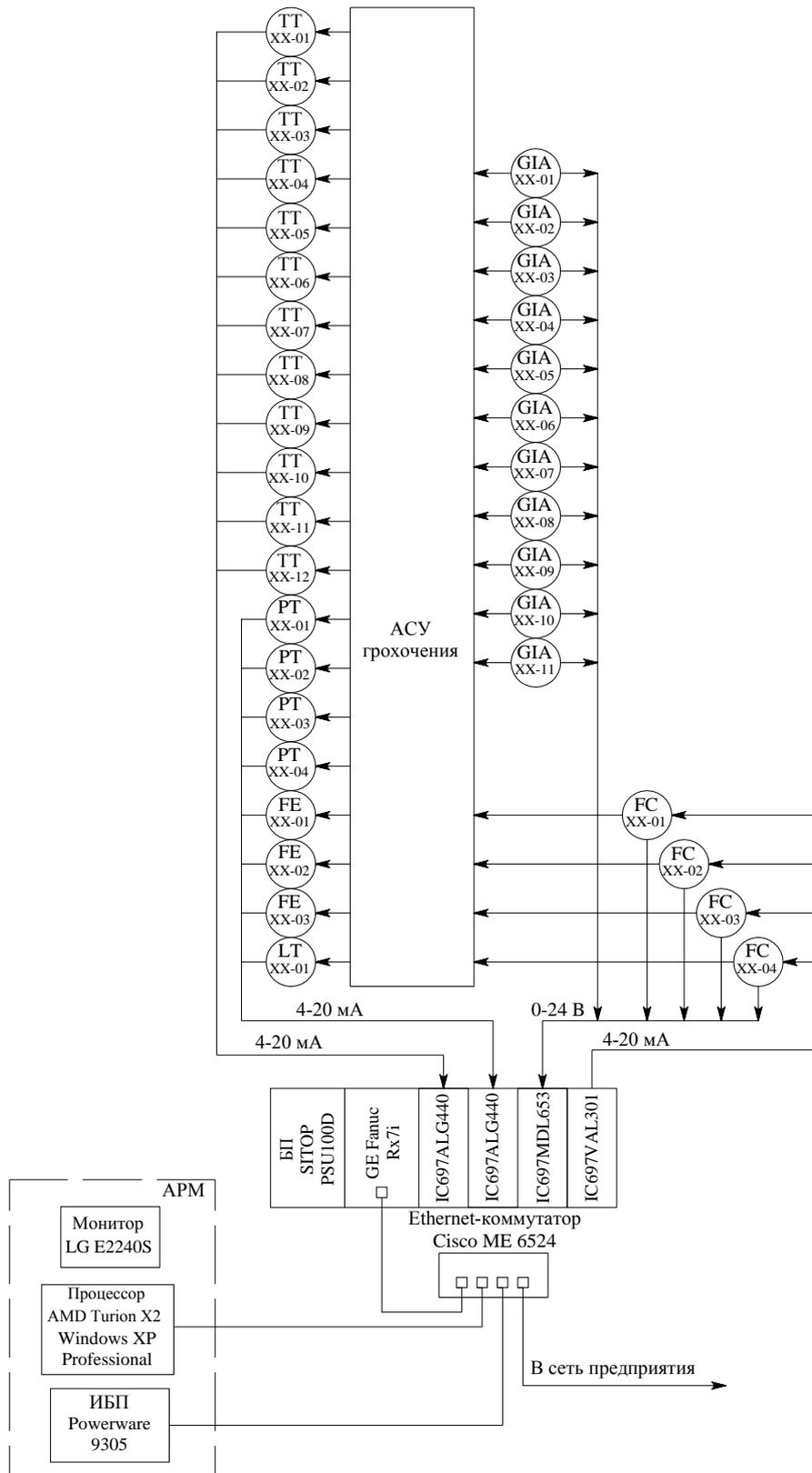


Рисунок 2.9 – Структурная схема автоматизированной системы управления процессом грохочения

2.3 Определение состава контроллера GE FanucRX7i

Состав ПЛК GE Fanuc RX7i приведен в таблице 2.1, в виде перечня модулей.

Таблица 2.1 – Перечень модулей ПЛК GE Fanuc RX7i

Вид входного/выходного сигнала	Характеристика сигнала	Количество входов/выходов	Наименование модуля
1	2	3	4
Входные модули			
Аналоговый	4 – 20 мА	16	IC697ALG440
Аналоговый	4 – 20 мА	16	IC697ALG440
Дискретный	0 В или 24 В	32	IC697MDL653
Выходной модуль			
Аналоговый	4 – 20 мА	32	IC697VAL301
Цифровая связь			
Цифровой	0 или 1	1 канал	Industrial Ethernet IC698ETM001

Модуль входной аналоговый для приема выходных токовых сигналов с датчиков и исполнительных механизмов о состоянии параметра IC697ALG440 имеет аналоговый токовый вход, 16 каналов.

Модуль выходной аналоговый для выдачи управляющих сигналов на исполнительные механизмы IC697VAL301, 32 канала.

Модуль входной дискретный для приема сигнализируемых параметров IC697MDL653, 32 вывода.

2.4 Конфигурирование и настройка контроллера GE Fanuc RX7i. Адресация переменных

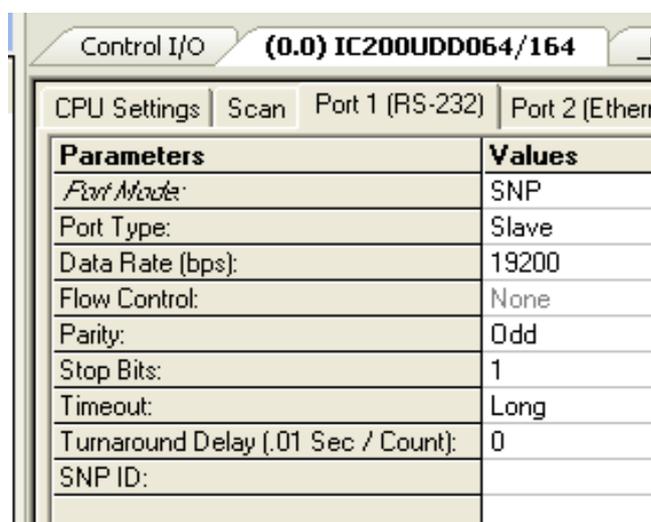
Изменение конфигурации Ethernet подключения производится с помощью программы Machine Edition, являющейся штатной при конфигурировании и настройке контроллера GE Fanuc RX7i.

Используя СОМ соединение необходимо:

- установить связь между программой Machine Edition, установленной на компьютере, и контроллером,
- перенести необходимую измененную конфигурацию, например приведенную ниже, через СОМ соединение,
- произвести конфигурирование Ethernet модуля в соответствии с настройками Machine Edition.

Для изменения конфигурации Ethernet подключения, требуется следующая предварительная процедура:

1. Настроить порт № 1 (рисунок 2.10).



Parameters	Values
Port Type:	Slave
Data Rate (bps):	19200
Flow Control:	None
Parity:	Odd
Stop Bits:	1
Timeout:	Long
Turnaround Delay (.01 Sec / Count):	0
SNP ID:	

Рисунок 2.10 – Настройка порта № 1

2. Настройка дистанционного режима (рисунок 2.11).

Данный режим предполагает использование сети Ethernet для осуществления процесса управления. Представленные ниже настройки представляют собой требуемую конфигурацию:

Control I/O (0.0) IC200UDD064/164 _MAIN L	
CPU Settings Scan Port 1 (RS-232) Port 2 (Ethernet) Memo	
Parameters	Values
I/O Scan-Stop:	No
Power Up Mode:	Last
Logic / Configuration From:	RAM
Registers:	RAM
Passwords:	Enabled
Checksum Words:	8
Default Modem Turnaround Time (.01	0
Default Idle Time (Sec):	10
SNP ID:	
Switch Run / Stop:	Enabled
Switch Memory Protect:	Disabled
Diagnostics:	Enabled
Fatal Fault Override:	Disabled
Memory Board:	RAM Only
Port 2 Configuration	Ethernet

Рисунок 2.11 – Настройки ЦПУ

3. Настройка порта № 2 Ethernet в Machine Edition (рисунок 2.12).

Control I/O (0.0) IC200UDD064/164 _MAIN DIST Error	
CPU Settings Scan Port 1 (RS-232) Port 2 (Ethernet) Memory Wiring	
Parameters	Values
Port Mode:	SNP
Port Type:	Slave
Data Rate (bps):	19200
Flow Control:	None
Parity:	Odd
Stop Bits:	1
Timeout:	Long
Turnaround Delay (.01 Sec / Count):	0
SNP ID:	

Рисунок. 2.12 – Настройка порта № 2 Ethernet в Machine Edition

4. Настройки модуля Ethernet

Конфигурирование модуля производится через интерфейс Telnet.

Вызов интерфейса Telnet осуществляется в следующей последовательности: меню ПУСК → выполнить → открыть cmd.

В открывающемся окне вводим IP адрес 10.10.0.5 (установка IP по умолчанию), а также адрес порта 9999.

Необходимо, чтобы настройки модуля Ethernet совпадали как в Machine Edition, так и в Telnet.

Проведем адресацию переменных, используя перечень адресов переменных в контроллере GE Fanuc RX7i (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Адресация переменных

Параметр	Позиция на функциональной схеме	Тип сигнала	Адрес переменной
1	2	3	4
Ленточный питатель 1 включен		Входной дискретный	%M00122
Ленточный питатель 1 отключен		Входной дискретный	%M00123
Ленточный питатель2 включен		Входной дискретный	%M00124
Ленточный питатель2 отключен		Входной дискретный	%M00125
Ленточный питатель3 включен		Входной дискретный	%M00126
Ленточный питатель3 отключен		Входной дискретный	%M00127
Температура подшипника №1 грохота №1	ТТ-ХХ01	Входной аналоговый	%R00013
Температура подшипника №2 грохота №1	ТТ-ХХ01	Входной аналоговый	%R00019
Температура подшипника №3 грохота №1	ТТ-ХХ01	Входной аналоговый	%R00022
Температура подшипника №4 грохота №1	ТТ-ХХ01	Входной аналоговый	%R00023
Сигнализация повышения температуры подшипника №1 грохота №1	ТТ-ХХ01	Входной дискретный	%M00024
Сигнализация повышения температуры подшипника №2 грохота №1	ТТ-ХХ01	Входной дискретный	%M00025
Сигнализация повышения температуры подшипника №3 грохота №1	ТТ-ХХ01	Входной дискретный	%M00026
Сигнализация повышения температуры подшипника №4 грохота №1	ТТ-ХХ01	Входной дискретный	%M00027
Аварийная температура подшипника №1 грохота №1	ТТ-ХХ01	Входной дискретный	%M00028

Таблица 2.2 – Адресация переменных (продолжение)

1	2	3	4
Аварийная температура подшипника №2 грохота №1	ТТ-XX01	Входной дискретный	%M00029
Аварийная температура подшипника №3 грохота №1	ТТ-XX01	Входной дискретный	%M00030
Аварийная температура подшипника №4 грохота №1	ТТ-XX01	Входной дискретный	%M00031
Обрыв датчика 1 грохота №1	ТТ-XX01	Входной дискретный	%M00182
Обрыв датчика 2 грохота №1	ТТ-XX01	Входной дискретный	%M00183
Обрыв датчика 3 грохота №1	ТТ-XX01	Входной дискретный	%M00184
Обрыв датчика 4 грохота №1	ТТ-XX01	Входной дискретный	%M00185
Привод грохот №1 отключен		Входной дискретный	%Q00010
Привод грохота №1 готов к работе		Входной дискретный	%Q00005
Привод грохота №1 в работе		Входной дискретный	%Q00006
Пуск привода грохота №1		Входной дискретный	%Q00008
Авария привода грохота №1		Входной дискретный	%Q00004
Запрет пуска		Входной дискретный	%M00200
Дистанционный режим		Входной дискретный	%M00068
Местный режим		Входной дискретный	%M00087
Сигнал с теплового расцепителя QF3		Входной дискретный	%I00001
Сигнал с автомата QF1		Входной дискретный	%I00002
Сигнал с контактора КМ2		Входной дискретный	%I00003
Температура подшипника №1 грохота №2	ТТ-XX02	Входной аналоговый	%R00024
Температура подшипника №2 грохота №2	ТТ-XX02	Входной аналоговый	%R00025
Температура подшипника №3 грохота №2	ТТ-XX02	Входной аналоговый	%R00026
Температура подшипника №4 грохота №2	ТТ-XX02	Входной аналоговый	%R00027
Сигнализация повышения температуры подшипника №1 грохота №2	ТТ-XX02	Входной дискретный	%M00033
Сигнализация повышения температуры подшипника №2 грохота №2	ТТ-XX02	Входной дискретный	%M00034
Сигнализация повышения температуры подшипника №3 грохота №2	ТТ-XX02	Входной дискретный	%M00035
Сигнализация повышения температуры подшипника №4 грохота №2	ТТ-XX02	Входной дискретный	%M00036
Аварийная температура подшипника №1 грохота №2	ТТ-XX02	Входной дискретный	%M00037
Аварийная температура подшипника №2 грохота №2	ТТ-XX02	Входной дискретный	%M00038

Таблица 2.2 – Адресация переменных (продолжение)

1	2	3	4
Аварийная температура подшипника №3 грохота №2	ТТ-ХХ02	Входной дискретный	%M00039
Аварийная температура подшипника №4 грохота №2	ТТ-ХХ02	Входной дискретный	%M00040
Обрыв датчика 1 грохота №2	ТТ-ХХ02	Входной дискретный	%M00203
Обрыв датчика 2 грохота №2	ТТ-ХХ02	Входной дискретный	%M00204
Обрыв датчика 3 грохота №2	ТТ-ХХ02	Входной дискретный	%M00205
Обрыв датчика 4 грохота №2	ТТ-ХХ02	Входной дискретный	%M00206
Привод грохота №2 отключен		Входной дискретный	%Q00010
Привод грохота №2 готов к работе		Входной дискретный	%Q00012
Привод грохота №2 в работе		Входной дискретный	%Q00013
Пуск привода грохота №2		Входной дискретный	%Q00014
Авария привода грохота №2		Входной дискретный	%Q00015
Запрет пуска		Входной дискретный	%M00201
Дистанционный режим		Входной дискретный	%M00070
Местный режим		Входной дискретный	%M00069
Сигнал с теплового расцепителя QF4		Входной дискретный	%I00008
Сигнал с автомата QF2		Входной дискретный	%I00009
Сигнал с контактора КМ3		Входной дискретный	%I00010
Температура подшипника №1 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной аналоговый	%R00028
Температура подшипника №2 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной аналоговый	%R00029
Температура подшипника №3 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной аналоговый	%R00030
Температура подшипника №4 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной аналоговый	%R00031
Сигнализация повышения температуры подшипника №1 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00041
Сигнализация повышения температуры подшипника №2 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00042
Сигнализация повышения температуры подшипника №3 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00043
Сигнализация повышения температуры подшипника №4 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00044
Аварийная температура подшипника №1 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00045
Аварийная температура подшипника №2 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00046
Аварийная температура подшипника №3 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00047

Таблица 2.2 – Адресация переменных (продолжение)

1	2	3	4
Аварийная температура подшипника №4 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00048
Обрыв датчика 1 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00207
Обрыв датчика 2 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00208
Обрыв датчика 3 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00209
Обрыв датчика 4 грохота №3	ТТ-ХХ03	Входной дискретный	%M00210
Привод грохота №3 отключен		Входной дискретный	%Q00011
Привод грохота №3 готов к работе		Входной дискретный	%Q00016
Привод грохота №3 в работе		Входной дискретный	%Q00017
Пуск привода грохота №3		Входной дискретный	%Q00018
Авария привода грохота №3		Входной дискретный	%Q00019
Запрет пуска		Входной дискретный	%M00202
Дистанционный режим		Входной дискретный	%M00072
Местный режим		Входной дискретный	%M00071
Сигнал с теплового расцепителя QF5		Входной дискретный	%I00011
Сигнал с автомата QF3		Входной дискретный	%I00012
Сигнал с контактора КМ4		Входной дискретный	%I00013
Открыть задвижку 1	FC-ХХ01	Выходной аналоговый	%Q00020
Закрыть задвижку 1	FC-ХХ01	Выходной аналоговый	%Q00021
Задвижка 1 открыта	FC-ХХ01	Входной дискретный	%Q00022
Задвижка 1 закрыта	FC-ХХ01	Входной дискретный	%Q00023
Открыть задвижку 2	FC-ХХ02	Выходной аналоговый	%Q00024
Закрыть задвижку 2	FC-ХХ02	Выходной аналоговый	%Q00025
Задвижка 2 открыта	FC-ХХ02	Входной дискретный	%Q00026
Задвижка 2 закрыта	FC-ХХ02	Входной дискретный	%Q00027
Открыть задвижку 3	FC-ХХ03	Выходной аналоговый	%Q00028
Закрыть задвижку 3	FC-ХХ03	Выходной аналоговый	%Q00029
Задвижка 3 открыта	FC-ХХ03	Входной дискретный	%Q00030
Задвижка 3 закрыта	FC-ХХ03	Входной дискретный	%Q00031
Открыть задвижку 4	FC-ХХ04	Выходной аналоговый	%Q00032
Закрыть задвижку 4	FC-ХХ04	Выходной аналоговый	%Q00033
Задвижка 4 открыта	FC-ХХ04	Входной дискретный	%Q00034
Задвижка 4 закрыта	FC-ХХ04	Входной дискретный	%Q00035
Расход воды на грохот №1	FT-ХХ01	Входной аналоговый	%M00214
Расход воды на грохот №2	FT-ХХ02	Входной аналоговый	%M00215
Расход воды на грохот №3	FT-ХХ03	Входной аналоговый	%M00216
Дробилка 1 отключена		Входной дискретный	%M00188
Ленточный конвейер 1 отключен		Входной дискретный	%M00189
Дробилка 2 отключена		Входной дискретный	%M00194
Ленточный конвейер 2 отключен		Входной дискретный	%M00195
Дробилка 3 отключена		Входной дискретный	%M00196
Дробилка 1 включена		Входной дискретный	%M00197
Ленточный конвейер 1 включен		Входной дискретный	%M00198
Дробилка 2 включена		Входной дискретный	%M00199

Таблица 2.2 – Адресация переменных (продолжение)

1	2	3	4
Ленточный конвейер 2 включен		Входной дискретный	%M00211
Дробилка 3 включена		Входной дискретный	%M00212
Уровень шлама в зумпфе	LT-XX01	Входной аналоговый	%R00033
Давление нагнетания насоса №1	PT-XX01	Входной аналоговый	%R00034
Давление нагнетания насоса №2	PT-XX02	Входной аналоговый	%R00035
Давление на входе насоса №1	PT-XX03	Входной аналоговый	%R00036
Давление на входе насоса №2	PT-XX04	Входной аналоговый	%R00037

4. Настройка IP адреса

При соединении точка-точка требуется применение кроссового Ethernet-кабеля. Для Ethernet соединения используем порт № 2.

Для установки IP адреса необходимо использовать Machine Edition в следующей последовательности:

- открываем проект;
- выбираем вкладку Utility в навигаторе;
- выбираем пункт Temporary IP Address;
- вводим MAC адрес и IP адрес, после чего нажимаем SET IP;
- проверяем IP адрес по умолчанию 10.10.0.5;

Учитываем, что MAC адрес имеется на наклейке, расположенной на задней стороне модуля Ethernet.

2.5 Описание алгоритма управления процессом грохочения

В графической части на блок-схеме алгоритма управления процесса показаны условия сигнализации при повышении некоторых параметров, а также аварийная сигнализация. Также изображены логики управления исполнительными механизмами.

Для каждой из трех технологических цепочек рассмотрим алгоритм включения оборудования:

- 1) включение системы удаления мелких отходов грохочения (аспирационной системы) перед началом работы оборудования:

- включение аспирационной системы за 5 минут до начала работы оборудования,

- выключение – через 5 минут после остановки оборудования);

2) включение предупредительной сигнализации перед началом работы каждого типа оборудования;

3) включение ленточного конвейера:

конвейер 40-А в работе, конвейер 40-Б в резерве;

4) включение дробилки;

5) включение грохота;

6) открытие задвижки на трубопроводе подачи оборотной воды (позиции FC-XX01, FC-XX02, FC-XX03);

7) включение ленточный питатель (при выполнении п.п. 1, 2, 3);

Оборудование включается и выключается дистанционно с пульта оператора и с местных щитов управления.

3 Расчет характеристик устройств системы управления

3.1 Расчет мощности источника бесперебойного питания

Сформируем таблицу потребляемых модулями мощностей от источников напряжения +5 В и +24 В (таблица 3.1). Для определения необходимости применения дополнительного источника питания для контроллера GE Fanuc RX7i проведем расчет суммарной потребляемой мощности.

Таблица 3.1 – Расчет потребляемой мощности контроллера

Корзина	Компоненты	Ток цепи мА +5В
Источники		
Модуль питания	IC698PSA100	+20 000
Потребители – модули		
Модуль контроллера	IC698CPE010	- 3 200
Слот 0	IC697ALG440	- 300
Слот 1	IC697ALG440	- 300
Слот 2	IC697MDL653	- 300
Слот 3	IC697VAL301	- 350
Слот 4	Industrial Ethernet IC698ETM001	- 3 500
Суммарное потребление		- 7 950
Запас по току		20 000–7 950=12 050
Потребляемая мощность		39,75 Вт

Мощности модуля питания достаточно для питания потребителей, запас – 60%.

Рассчитаем мощность источника бесперебойного питания.

Определим потребляемую мощность контроллера от источника напряжения +5В:

$$P_{5B} = I_{5B} \cdot U \quad (3.1)$$

Подставляя значения, получаем

$$P_{5B} = 7\,950 \cdot 5 = 39,75 \text{ Вт}$$

Рассчитаем полную мощность от источника напряжения +5В:

$$S_{5B} = \frac{P_{5B}}{\cos \phi} = \frac{7950}{0,7} = 11,3 \text{ ВА} \quad (3.2)$$

Таким образом, выяснилось, что дополнительный источник питания не требуется, так как есть запас по току.

В соответствии с расчетами контроллер GE Fanuc Rx7i потребляет 5,75 Вт от 5В и 15,36 Вт от 24В. Потребляемая мощность ЭВМ 350Вт и монитора 100 Вт. По данным расчета выбран блок питания SITOP PSU100D, имеющий следующие основные характеристики:

- входное напряжение – 220 В;
- выходное напряжение – 12 В;
- мощность – 45 Вт.

Потребляемая мощность средств автоматизации представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Потребляемая мощность средств автоматизации

Наименование	Потребляемая мощность P, Вт
Модуль питания IC698PSA100	100
Монитор LG E2240S	100
APM - процессор AMD Turion X2	350
Блок питания SITOP PSU100D	45
Коммутатор Cisco ME 6524	30

Определим суммарную мощность источника бесперебойного питания:

$$\begin{aligned} P_{\text{ИБП}} &= P_{\text{ЭВМ}} + P_{\text{БП}} + P_{+5B} = \\ &= 450 + 45 + 39,75 = 534,75 \text{ Вт} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Тогда полная мощность:

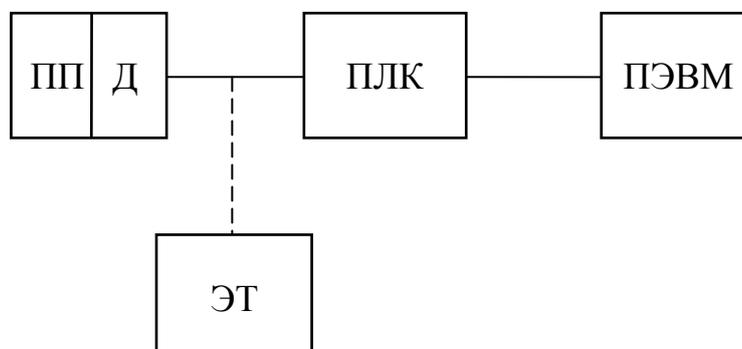
$$S_{\text{ИБП}} = \frac{P_{\text{ИБП}}}{\cos \phi} = \frac{534,75}{0,7} = 763,9 \text{ ВА} \quad (3.4)$$

Источник бесперебойного питания PowerWare 9305 на данный момент имеется и используется в производстве. Он имеет внешнюю батарею +BatD на 55кВА/38,5кВт. Время автономной работы составляет 55 мин. КПД до 93%.

Мощность ИБП обеспечивает рассчитанную требуемую мощность контроллера и других средств автоматизации.

3.2 Расчет метрологических характеристик измерительного канала температуры масла двигателя дробилки

Структурная схема измерительного канала представлена на рисунке 3.1.



ПП – первичный преобразователь; Д – датчик ТСМ 50М; ПЛК – программируемый логический контроллер GEFanucRx7i; ПЭВМ – персональная электронная вычислительная машина.

Рисунок 2.13 – Структурная схема измерительного канала температуры масла двигателя грохота

Данными измерительного канала являются: диапазон измерений канала (10 – 80)°С. Температуре 50°С соответствует ток 15 мА, температуре 80°С – 18 мА.

Установим количество наблюдений в исследуемых точках диапазона и количество точек диапазона (объема выборки).

Для оценки влияния на результат измерения случайной и систематической составляющих погрешности проведем многократные наблюдения значений физической величины (температуры пара) в каждой из

трех точек диапазона (10 наблюдений при подходе к точке со стороны меньших значений, затем 10 наблюдений со стороны больших значений).

Проводим обработку статистических данных, приняв следующие обозначения:

i – порядковый номер наблюдения (с первого по десятый);

j – порядковый номер точки диапазона (с первого по третий);

$A'_{\delta ij}$ – показания дисплея i -го наблюдения в j -ой точке диапазона при подходе со стороны меньших значений (прямой ход);

$A''_{\delta ij}$ – показания дисплея i -го наблюдения в j -ой точке диапазона при подходе со стороны больших значений (обратный ход);

A_0', A_0'' – показания эталонного СИ при подходе со стороны меньших и со стороны больших значений соответственно.

Определяем для трех точек диапазона при прямом и обратном ходах значения следующих величин:

а) погрешность наблюдения

$$\begin{aligned}\Delta'_{ij} &= A'_{\delta ij} - A'_{oj}; \\ \Delta''_{ij} &= A''_{\delta ij} - A''_{oj};\end{aligned}\tag{3.5}$$

б) среднее арифметическое значение погрешностей наблюдений

$$\bar{\Delta}'_j = \frac{\sum_{i=1}^{10} \Delta'_{ij}}{10}; \quad \bar{\Delta}''_j = \frac{\sum_{i=1}^{10} \Delta''_{ij}}{10};\tag{3.6}$$

в) случайную составляющую погрешности

$$\begin{aligned}\Delta'^0_{ij} &= \Delta'_{ij} - \bar{\Delta}'_j; \\ \Delta''^0_{ij} &= \Delta''_{ij} - \bar{\Delta}''_j;\end{aligned}\tag{3.7}$$

г) систематическую составляющую погрешности

$$\Delta_{j\text{сист}} = \frac{\bar{\Delta}'_j + \bar{\Delta}''_j}{2};\tag{3.8}$$

д) вариацию

$$H_j = \left| \bar{\Delta}'_j - \bar{\Delta}''_j \right|. \quad (3.9)$$

Выбираем для дальнейших расчетов максимальные значения систематической составляющей погрешности и вариации:

$$\Delta_{\text{сист. max}} = 0,13; \quad H_{\text{max}} = 0,12.$$

Проверяем условие существенности вариации

$$H_{\text{max}} > 0,2 \Delta_{\text{сист. max}}, \text{ то } H - \text{существенна.}$$

$$0,12 > 0,2 \cdot 0,13,$$

$$0,12 > 0,026.$$

Вариация существенна.

Находим оценку среднего квадратического отклонения при существенной вариации по формуле:

$$\sigma \left[\Delta_j \right] = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta'_{ij})^2 + \sum_{i=1}^{10} (\Delta''_{ij})^2}{n-1}}, \quad (3.10)$$

где n – число наблюдений при прямом ходе. $n=20$

В первой точке диапазона:

$$\begin{aligned} \sigma \left[\Delta_1 \right] &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta'_{i1})^2}{n-1}} = \\ &= \sqrt{\frac{((-0,01)^2 + 0,05^2 + 0,08^2 + 0,01^2 + 0,04^2 + (-0,11)^2 + (-0,11)^2 + (-0,03)^2 + (-0,09)^2) +}{+ (-0,03)^2 + 0,04^2 + 0,03^2 + (-0,07^2) + (-0,07^2) + (-0,07^2) + (-0,07^2)}}{10-1}} = \\ &= \sqrt{\frac{(0,0001 + 0,0025 + 0,0064 + 0,0001 + 0,0016 + 0,0121 + 0,0121 + 0,0009 + 0,0081) +}{(0,0009 + 0,0016 + 0,0009 + 0,0049 + 0,0049 + 0,0049 + 0,0049)}}{9}} = 0,09 \end{aligned}$$

Во второй точке диапазона:

$$\begin{aligned} \sigma[\Delta_1] &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta'_{i1})^2}{n-1}} = \\ &= \sqrt{\frac{(0,13^2 + 0,12^2 + 0,01^2 + 0,19^2 + 0,15^2 + 0,18^2 + 0,16^2 + 0,20^2 + 0,09^2) + (0,16^2 + 0,20^2 + 0,13^2 + 0,15^2 + 0,18^2 + 0,16^2 + 0,14^2 + 0,13^2 + 0,12^2 + 0,01^2)}{10-1}} = \\ &= \sqrt{\frac{(0,0169 + 0,0144 + 0,0001 + 0,0361 + 0,0225 + 0,0324 + 0,0256 + 0,04 + 0,0081) + (0,0256 + 0,04 + 0,0169 + 0,0225 + 0,0324 + 0,0256 + 0,0196 + 0,0169 + 0,0144 + 0,0001)}{9}} = 0,04 \end{aligned}$$

В третьей точке диапазона:

$$\begin{aligned} \sigma[\Delta_2] &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta'_{i2})^2}{n-1}} = \\ &= \sqrt{\frac{(0,12^2 + 0,09^2 + 0,08^2 + 0,15^2 + 0,13^2 + 0,13^2 + 0,09^2 + 0,10^2) + ((-0,05)^2 + (-0,04)^2 + (-0,10)^2 + (-0,08)^2 + (-0,08)^2 + (-0,08)^2 + 0,05^2 + 0,04^2)}{10-1}} = \\ &= \sqrt{\frac{(0,0144 + 0,0081 + 0,0064 + 0,0225 + 0,0169 + 0,0169 + 0,0081 + 0,01) + (0,0025 + 0,0016 + 0,01 + 0,0064 + 0,0064 + 0,0064 + 0,0025 + 0,0016)}{9}} = 0,015 \end{aligned}$$

В четвертой точке диапазона:

$$\begin{aligned} \sigma[\Delta_1] &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta'_{i1})^2}{n-1}} = \\ &= \sqrt{\frac{((-0,06^2) + 0,02^2 + 0,09^2 + 0,05^2 + 0,06^2 + 0,08^2 + 0,12^2 + (-0,08^2) + 0,05^2 + 0,08^2) + (-0,03^2 + 0,04^2 + 0,03^2 + (-0,07^2) + (-0,07^2) + (-0,07^2) + (-0,07^2))}{10-1}} = \\ &= \sqrt{\frac{(0,0036 + 0,0004 + 0,0064 + 0,0001 + 0,0016 + 0,0121 + 0,0121 + 0,0009 + 0,0081) + (0,0009 + 0,0016 + 0,0009 + 0,0049 + 0,0049 + 0,0049 + 0,0049)}{9}} = 0,05 \end{aligned}$$

В пятой точке диапазона:

$$\sigma \left[\Delta_3^0 \right] = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta'_{i3})^2}{n-1}} =$$

$$\sqrt{\frac{(0,015^2 + 0,19^2 + 0,20^2 + 0,16^2 + 0,18^2 + 0,15^2 + 0,05^2 + 0,06^2 + 0,11^2 + 0,13^2) + ((-0,10)^2 + (-0,10)^2 + (-0,05^2) + 0,05^2 + 0,05^2 + 0,10^2 + 0,02^2 + 0,10^2 + 0,10^2)}{10-1}} =$$

$$\sqrt{\frac{(0,000225 + 0,0361 + 0,04 + 0,0256 + 0,0324 + 0,0225 + 0,0025 + 0,0036 + 0,0121 + 0,0169) + (0,01 + 0,01 + 0,0025 + 0,0025 + 0,0025 + 0,01 + 0,0004 + 0,01 + 0,01)}{9}} = 0,025$$

Выбираем для дальнейших расчетов:

$$\sigma_{\text{MAX}} \left[\Delta^0 \right] = 0,09; \quad \Delta_{\text{сист. max}} = 0,13.$$

Проверяем условие

$$0,1 \leq \frac{\Delta_{\text{СИСТ. MAX}}}{\sigma_{\text{MAX}} \left[\Delta^0 \right]} = \frac{0,13}{0,09} = 1,44 \leq 8, \quad \text{систематическая составляющая } (\Delta_{\text{сист}}) -$$

существенна, случайная составляющая ($\sigma \left[\Delta^0 \right]$) – существенна

Окончательно получаем:

H – существенна;

$\Delta_{\text{СИСТ}}$ – существенна,

$\sigma \left[\Delta^0 \right]$ – существенна.

Определяем количество наблюдений в каждой исследуемой точке диапазона.

При существенности вариации и случайной составляющей погрешности количество наблюдений в каждой точке диапазона измерений – 10.

Количество исследуемых точек диапазона с нелинейной характеристикой измерительного канала составляет 5 точек.

Так как выполняется условие существенности и систематической и случайной составляющих погрешности, то доверительные границы

погрешности ИК определяются с учетом систематической и случайной составляющих по формуле:

$$\Delta_{ИК \text{ эл.тр}} = \pm \Delta_{j \text{ сист}} + 2\sqrt{\sigma^2 \left(\Delta_j \right) + \frac{H^2}{12}} = 0,13 + 2\sqrt{0,09^2 + \frac{0,12}{12}} = 0,13 + 2\sqrt{0,039} = 0,4$$

где составляющая $\frac{H^2}{12}$ существенна.

Определяем оценки метрологических характеристик измерительного комплекса температуры масла двигателя грохота и произведем их нормирование.

Определяем оценку относительной погрешности:

$$\delta_{эл.тр} = \frac{\Delta_{эл.тр}}{A_p} 100\% = \frac{0,4^{\circ}C}{70^{\circ}C} 100\% = 0,5\%$$

при $A_p = 70^{\circ}C$.

Определяем оценку приведенной погрешности электрического тракта:

$$\gamma_{эл.тр} = \frac{\Delta_{эл.тр}}{A_N} 100\% = \frac{0,4^{\circ}C}{230^{\circ}C} 100\% = 0,17\%$$

при $A_N = 230^{\circ}C$.

В соответствии с ГОСТ 8.009 принимаем следующие нормированные значения метрологических характеристик электрического тракта $\gamma_{эл.тр} = \pm 0,2\%$. (таблица 3.3)

Таблица 3.3 – Нормированное значение погрешности электрического тракта измерительного канала

Наименование измерительного канала	Приведенная погрешность эл.тракта, γ , %	Относительная погрешность эл.тракта, δ , %
Температура масла двигателя грохота	0,2	0,5

Проведем нормирование доверительных границ погрешности измерительного канала.

Дополнительная погрешность термоэлектрического преобразователя типа ТСМ 50М от изменения температуры окружающего воздуха в рабочих условиях ($t=18^{\circ}\text{C}$) составляет $\Delta_{\text{доп.т}}=0$.

Рассчитаем погрешность ИК в рабочих условиях при доверительной вероятности $P_{\text{д}}=0,95$ В форме относительной погрешности:

$$\delta_{\text{РИК}} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{\text{ПП}}^2 + \delta_{\text{доп.т}}^2 + \delta_{\text{ЭЛ.ТР}}^2},$$

где $\delta_{\text{ПП}}$ – основная погрешность термоэлектрического преобразователя ТСМ;

$\delta_{\text{доп.т}}$ – дополнительная погрешность ТСМ от изменения температуры окружающего воздуха в рабочих условиях;

$\delta_{\text{ЭЛ.ТР}}$ – погрешность электрического тракта.

Основная погрешность термоэлектрического преобразователя ТСМ задана в виде приведенной погрешности $\gamma_{\text{ПП}}=\pm 0,3$

Относительная основная погрешность

$$\gamma_{\text{ПП}} = \pm \frac{\Delta}{X_N} 100\%,$$

где X_N – диапазон измерения датчика. $X_N = 230^{\circ}\text{C}$

$$\Delta = \pm \frac{\gamma_{\text{ПП}} \cdot X_N}{100\%} = \frac{0,3 \cdot 230}{100} = 0,69^{\circ}\text{C}$$

$$\delta_{\text{ПП}} = \frac{0,69^{\circ}\text{C}}{70^{\circ}\text{C}} 100\% = 0,98\%$$

Относительная дополнительная погрешность $\delta_{\text{доп.т}}=0$

Относительная погрешность электрического тракта $\delta_{\text{ЭЛ.ТР}}=0,25\%$

Тогда расчетная относительная погрешность измерительного канала:

$$\delta_{\text{РИК}} = \pm 1,1 \sqrt{0,98^2 + 0,25^2} = \pm 1,1\%$$

$$\delta_{\text{РИК}} = \frac{\Delta}{X_N} 100\%$$

$$\Delta_{\text{РИК}} = \frac{\delta_{\text{РИК}} \cdot X_N}{100\%} = \frac{1,1 \cdot 70}{100\%} = 0,77$$

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100\% = \frac{0,77}{230} = 0,33\%$$

Приведенная погрешность $\gamma_{P.ИК} = \pm 0,5\%$.

В соответствии с ГОСТ 8.009 приписываем измерительному каналу температуры масла двигателя грохота предел допускаемой основной приведенной погрешности

$$\gamma_{ИК} = \pm 0,5\%.$$

4 Выбор регулятора и расчет его настроек

График переходного процесса изображен на рисунке 4.1.

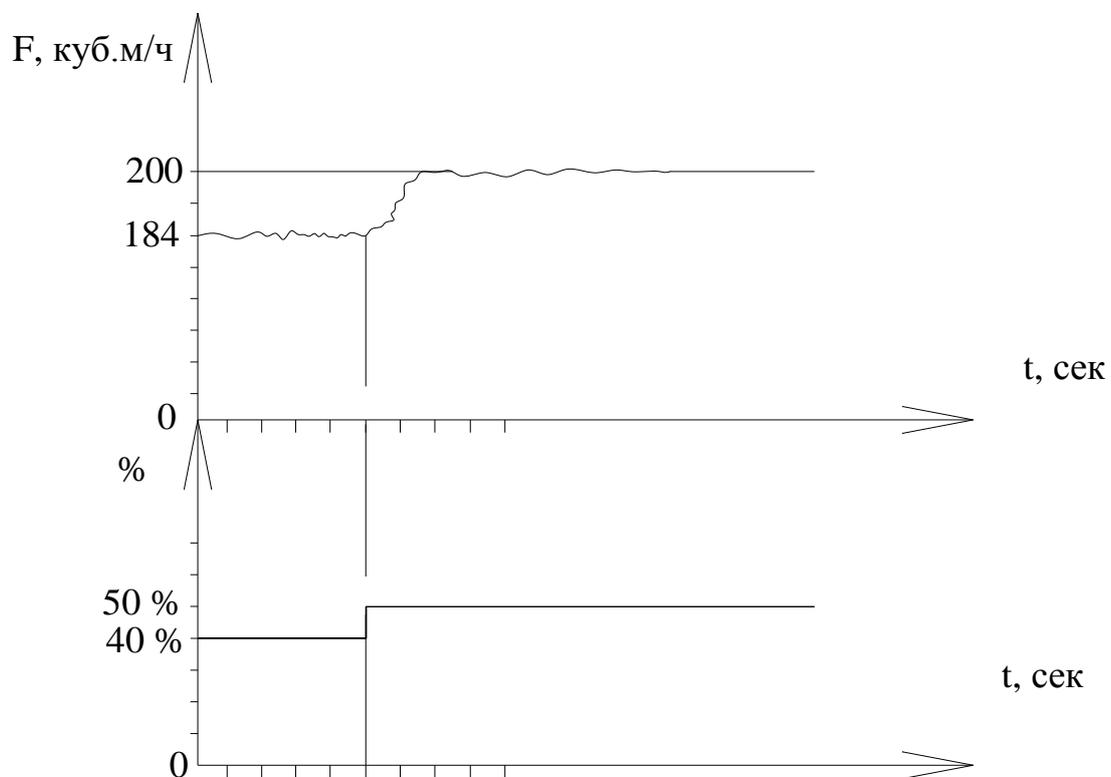


Рисунок 4.1 – Кривая разгона расхода оборотной воды

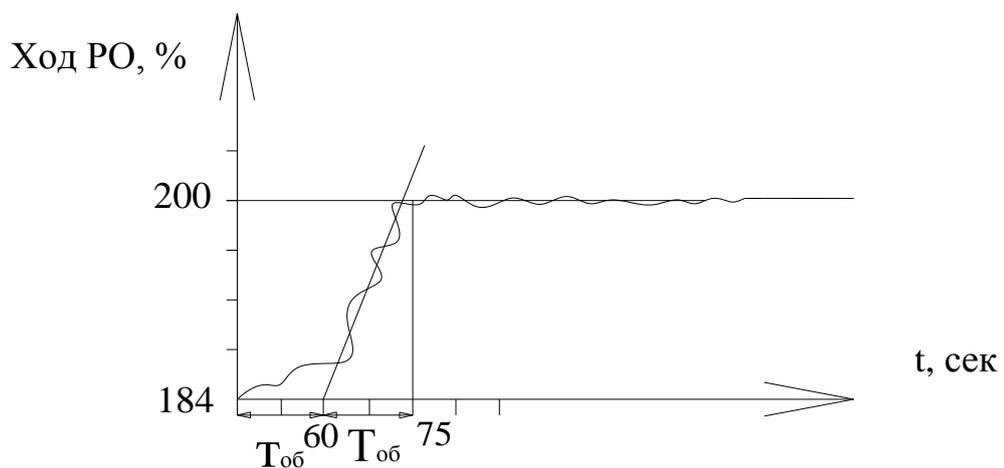


Рисунок 4.2 – График переходного процесса объекта регулирования

При исследованиях и расчетах САР исходят из математического описания физических процессов, происходящих в них. Обычно это описание бывает представлено в виде системы дифференциальных уравнений. Для нахождения дифференциального уравнения САР в целом исследуемую систему разбивают на отдельные звенья. Совокупность этих звеньев совместно с линиями связи, характеризующими их взаимодействие, образует структуру СтАР.

На рисунке 4.3 изображена структурная схема САР.

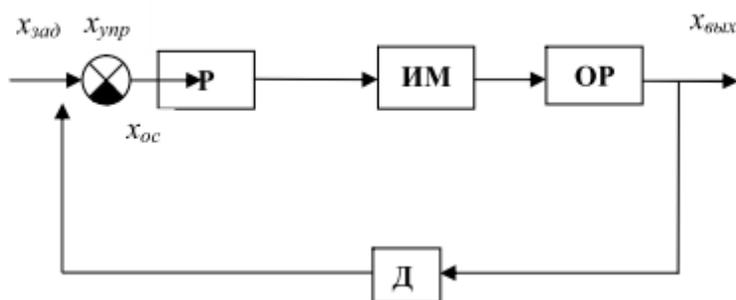


Рисунок 4.3 – Структурная схема САР

Для вывода характеристического уравнения системы и исследования ее устойчивости необходимо определить передаточную функцию, которая состоит из передаточных функций звеньев входящих в нее.

Передаточную функцию объекта регулирования $W_{ор}$ находим по графику переходного процесса (рисунок 4.2). На графике представлена зависимость выходной величины объекта (расход оборотной воды) от входной (положение клапана). Зависимость представлена во времени с интервалом в одну секунду. Данный график был построен по данным о процессе перехода объекта регулирования от одного состояния покоя к другому состоянию покоя после скачкообразного возмущения. Данные были записаны по показаниям регистрирующих приборов. Анализируя построенный график, видим, что он имеет вид апериодического звена второго порядка, таким образом, передаточная функция объекта регулирования будет иметь вид:

$$W_{ор} = \frac{K_{ор}}{(pT_{ор} + 1)}; \quad (4.1)$$

В качестве исполнительного механизма используется электропривод, который в динамическом отношении является идеальным интегрирующим звеном. Для устранения отрицательного влияния этого звена на динамику системы его охватывают отрицательной обратной связью, с пропорциональным звеном в канале.

$$W_{им} = \frac{K_{им}}{pT_{им} + 1}; \quad (4.2)$$

Устройство в канале главной обратной связи предназначено для получения информации о текущем значении регулируемой величины, т.е. это измерительный преобразователь. На данном объекте это термопара, которая в динамическом отношении является апериодическим звеном первого порядка.

$$W_{oc} = K_{oc}; \quad (4.3)$$

Для нахождения передаточной функции регулятора нужно, в первую очередь, определиться с типом регулятора и его настройками. Качество работы любой системы автоматического регулирования (САР) определяется величиной ошибки регулирования, равной разности между заданными и действительными значениями регулируемой величины. Эта ошибка системы обусловлена как погрешностями реальной аппаратуры, так и самим принципом построения регулятора. При этом меняющаяся в процессе регулирования так называемая динамическая ошибка $\Delta x(t)$ может перейти в некоторое постоянное отклонение регулируемой величины в установившемся режиме, называемое статической ошибкой.

Переходный процесс должен заканчиваться за некоторое время t_p , называемое временем регулирования.

Графически требования, предъявляемые к прямым показателям качества переходного процесса автоматической системы регулирования, можно представить в виде некоторой области, за пределы которой не должна выходить регулируемая величина, удовлетворяющая этим требованиям (заштрихованная

область на рисунке 4.4). Эту область называют областью допустимых отклонений регулируемой величины в переходном процессе.

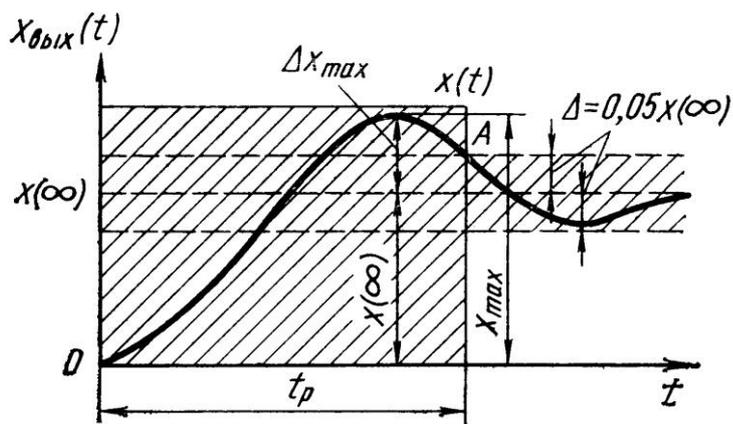


Рисунок 4.4 – Диаграмма качественных показателей переходного процесса

Абсолютная величина Δx_{max} определяется по кривой переходного процесса (рисунок 4.2). Перерегулирование характеризует колебательность переходного процесса при регулировании. На нашем объекте перерегулирования нет, т.к. объект аperiodический.

Качество регулирования определяется характером переходного процесса. При различных настройках одного и того же регулятора и при одних и тех же динамических свойствах объекта регулирования и возмущениях можно получить различные переходные процессы, отличающиеся величиной перерегулирования и другими показателями качества.

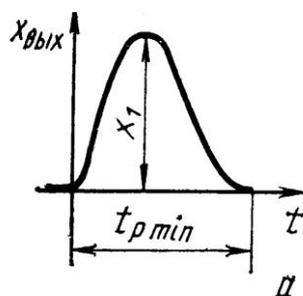


Рисунок 4.5 – Аperiodический переходной процесс (типовой)

Аperiodический процесс (рисунок 4.5) (границный) с минимальным временем регулирования, кроме минимальной величины общего времени регулирования t_p , характеризуется отсутствием перерегулирования и

минимальным регулирующим воздействием, т. е. минимальным изменением подачи регулирующей среды. Последнее качество весьма важно для тех случаев, при которых регулирующее воздействие для рассматриваемой регулируемой величины может оказать влияние и на другие регулируемые величины. Аperiodический процесс применяют тогда, когда требуется минимальное время регулирования, перерегулирование не допускается, а динамическое отклонение x_1 может быть сравнительно большим.

Задачу выбора регулятора можно сформулировать следующим образом: по известным характеристикам объекта регулирования и возмущения и при заданных требованиях, предъявляемых к качеству переходных процессов, следует выбрать тип регулятора, закон регулирования и соответствующие параметры его настроек.

Технологические требования к выбору регулятора и закона регулирования:

- допустимая статическая ошибка $\Delta x_{ст}^{доп}$ – не более $0,5 \text{ м}^3$;
- максимальное динамическое отклонение $X_1^{доп}$ – не более 2 м^3 ;
- допустимое время регулирования $t_p^{доп}$ – не более 460 сек;
- допустимое перерегулирование – 10%.

Динамические параметры объекта регулирования:

- $T_{об} = 75 \text{ сек}$;
- $\tau_{об} = 60 \text{ сек}$;

$$k_{об} = \frac{\Delta x_{вых}}{\Delta x_{вх}} = \frac{16}{10} = 1,6$$

- максимальное возмущающее воздействие $x_{вх} = 15$ процентов хода рабочего органа.

Сначала определим вид объекта регулирования, в нашем случае можем аппроксимировать его статическим звеном с запаздыванием:

$$W_{об}(p) = \frac{K_{об}}{(T_{об}p + 1)}; \quad (4.4)$$

Кривая разгона представлена на рисунке 4.4, по ней определим $\tau_{об}=60$ сек, $T_{об}=75$ сек, $\tau_{об}/T_{об}=0,8$. Выбираем типовой аperiodический процесс регулирования, т.к. ОР является аperiodическим звеном 2 порядка.

Выбор закона регулирования

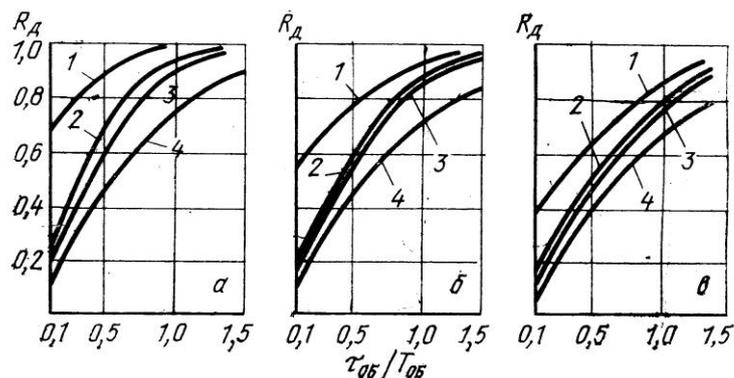
Так как $\tau_{об}/T_{об} < 1$, то выбираем непрерывный регулятор.

Затем рассчитываем величину допустимого динамического коэффициента регулирования согласно выражению:

$$R_d^{доп} = \frac{X_1^{доп}}{k_{об} \cdot X_{вх}}; \quad (4.5)$$

$$R_d^{доп} = \frac{X_1^{доп}}{k_{об} \cdot X_{вх}} = \frac{2}{1,6 \cdot 10} = 0,125;$$

По графикам $R_d(\tau_{об}/T_{об})$, приведенным на рисунке 4.5, для принятого типового оптимального процесса регулирования, выбираем простейший регулятор (закон регулирования), обеспечивающий при заданном значении $\tau_{об}/T_{об}$ значение динамического коэффициента регулирования $R_d \leq R_d^{доп}$. Затем по графикам, приведенным на рисунке 4.6, проверяют, обеспечит ли этот выбранный регулятор допустимое время регулирования t_p .



а – при аperiodическом переходном процессе; б – при переходном процессе с двадцатипроцентным перерегулированием; в – при переходном процессе с минимальной квадратичной площадью отклонения;

1 – И-регулятор; 2 – П- регулятор; 3 – ПИ-регулятор; 4 – ПИД-регулятор.

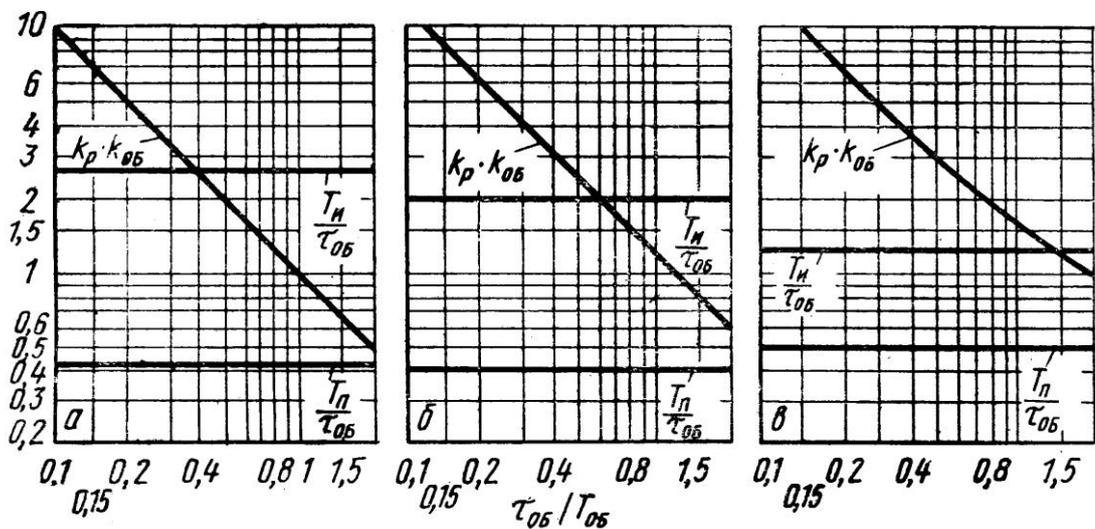
Рисунок 4.6 – Динамические коэффициенты регулирования на статических объектах

По графику на рисунке 4.6 (б) для апериодического переходного процесса определяем, что для данных условий ($R_d=0,125$ и $\tau_{об}/T_{об}=0,8$) подходит ПИД - регулятор.

Проверим возможность использования ПИД - регулятора. Из рисунка 4.6(б) следует, что в этом случае $\frac{t_p}{\tau_{об}} = 7$, поэтому время регулирования

$t_p = 7 \cdot 60 = 420 \text{ сек}$ и не превышает допустимое время регулирования.

Окончательно выбираем ПИД – регулятор по рисунку 4.7.



а – при апериодическом переходном процессе; б – при переходном процессе с двадцатипроцентным перерегулированием; в – при переходном процессе с минимальной квадратичной площадью отклонения.

Рисунок 4.7 – Настройки ПИД-регулятора на статических объектах

Расчет настроек регулятора

Приближенные значения настроек ПИД-регулятора для апериодического переходного процесса для статического объекта регулирования определяем по формулам:

$$k_p = \frac{1,2}{k_{об} \frac{\tau_{об}}{T_{об}}} = \frac{1,2}{1,6 \cdot 0,8} = 0,9;$$

$$T_u = 2\tau_{об} = 2 \cdot 60 = 120 \text{ сек};$$

$$T_n = 0,4\tau_{об} = 0,4 \cdot 60 = 24 \text{ сек}$$

Определим теперь настройки регулятора с помощью номограммы на рисунке 4.7(б), по которой для $\tau_{об}/T_{об} = 0,8$ находим $k_p k_{об} = 1,5$; $T_u/\tau_{об} = 2$ и $T_n/\tau_{об} = 0,4$.

Отсюда:

$$k_p = \frac{1,5}{k_{об} \tau_{об}/T_{об}} = \frac{1,5}{1,6 \cdot 0,8} = 1,1;$$

$$T_u = 2\tau_{об} = 2 \cdot 60 = 120 \text{ сек};$$

$$T_n = 0,4\tau_{об} = 0,4 \cdot 60 = 24 \text{ сек}.$$

Результаты по этим способам получились приблизительно одинаковые, в дальнейших расчетах будем учитывать настройки регулятора, которые определили по формулам в первом варианте.

Передаточные функции исполнительного механизма и датчика.

$$W_{ИМ} = \frac{K_{ИМ}}{pT_{И}} = \frac{12,5}{p63 + 1},$$

где

$$K_{ИМ} = \frac{\Delta X_{ВЫХ}}{\Delta X_{ВХ}} = \frac{200 - 0}{20 - 4} = 12,5$$

По характеристике электропривода АУМА $T_{И}=63$ сек.

$$W_{Д} = \frac{\Delta X_{ВЫХ}}{\Delta X_{ВХ}} = \frac{20 - 4}{200 - 0} = 0,08$$

После выбора регулятора и расчета его настроек составим эквивалентную передаточную функцию САР:

$$W_{\Sigma} = \frac{W_p \cdot W_{ИМ} \cdot W_{оп}}{(1 + W_p \cdot W_{ИМ} \cdot W_{оп} \cdot W_{д})};$$

$$W_{\text{Э}} = \frac{(k_p + \frac{1}{pT_u} + pT_n) \cdot \frac{K_{\text{ИМ}}}{pT_{\text{ИМ}} + 1} \cdot \frac{K_{\text{об}}}{(pT_{\text{об}} + 1)}}{1 + (k_p + \frac{1}{pT_u} + pT_n) \cdot \frac{K_{\text{ИМ}}}{pT_{\text{ИМ}} + 1} \cdot \frac{K_{\text{об}}}{(pT_{\text{об}} + 1)} \cdot K_{\text{oc}}};$$

Подставим значения всех коэффициентов и произведем алгебраические преобразования.

$$\begin{aligned} W_{\text{Э}} &= \frac{(0,9 + \frac{1}{120p} + 24p) \cdot \frac{12,5}{63p + 1} \cdot \frac{1,6}{(75p + 1)}}{1 + (0,9 + \frac{1}{120p} + 24p) \cdot \frac{12,5}{63p + 1} \cdot \frac{1,6}{(75p + 1)} \cdot 0,08} = \\ &= \frac{(0,9 \cdot 120p + 1 + 24p \cdot 120p) \cdot 12,5 \cdot 1,6}{120p \cdot (63p + 1) \cdot (75p + 1)} = \\ &= \frac{(108p + 1800p^2 + 1) \cdot 20}{120p \cdot (4725p^2 + 63p + 75p + 1)} = \\ &= \frac{2160p^2 + 36000p + 20}{567000p^3 + 7560p^2 + 9000p^2 + 120p} = \\ &= \frac{2160p^2 + 36000p + 20}{172,8p + 2880p^2 + 1,6} = \\ &= \frac{2160p^2 + 3600p + 20}{567000p^3 + 7560p^2 + 9000p^2 + 120p} = \\ &= \frac{1350p^2 + 3600p + 20}{567000p^3 + 19440p^2 + 292,8p + 1,6} \end{aligned}$$

Получили характеристическое уравнение контура регулирования:

$$567000p^3 + 19440p^2 + 292,8p + 1,6 = 0$$

Проверим на устойчивость САУ, заданную алгебраическим уравнением 3-ей степени, критериями Гурвица (алгебраический) и Михайлова (графоаналитический). Под устойчивостью контура регулирования подразумевается возвращение состояния объекта регулирования к заданному, после воздействия единичного возмущения.

Критерий Гурвица. Характеристическое уравнение контура регулирования приводится к виду обычного алгебраического уравнения n-ой степени.

Первым условием устойчивости контура регулирования является требование, чтобы все коэффициенты уравнения были больше нуля ($a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 > 0$):

Второе условие – определители, составленные из матрицы должны быть больше нуля.

Для определения устойчивости САУ по этому критерию строится главный определитель Гурвица по следующему правилу: по главной диагонали выписываются все коэффициенты от C_1 до C_N в порядке возрастания коэффициентов. Столбцы вверх от главной диагонали заполняются коэффициентами характеристического уравнения с последовательно возрастающими индексами, а столбцы вниз – коэффициентами с последовательно убывающими индексами. На месте коэффициентов с индексами, большими порядка характеристического уравнения и меньшими нуля, проставляют нули.

Согласно всем условиям и правилам построим главный определитель:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 19440 & 1,6 & 0 \\ 567000 & 292,8 & 0 \\ 0 & 567000 & 1,6 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_1 = a_1 = 19440$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 19440 & 1,6 \\ 567000 & 292,8 \end{vmatrix} = 19440 \cdot 292,8 - 567000 \cdot 1,6 = 4784832;$$

$$\Delta_3 = a_3 \cdot \Delta_2 = 1,6 \cdot 4784832 = 7655731,2$$

Все условия устойчивости по этому критерию выполняются. Данный контур устойчив по критерию Гурвица.

Критерий Михайлова. Критерий Михайлова – это частотный критерий, позволяющий судить об устойчивости замкнутой системы по поведению ее характеристического вектора на комплексной плоскости. Характеристический вектор получают путем подстановки в выражение для характеристического полинома значения $p=j\omega$.

Условие устойчивости контура по критерию Михайлова: необходимо, чтобы характеристический вектор при изменении частоты от нуля до бесконечности начинался с положительного направления (с положительной вещественной оси), повернулся против часовой стрелки и пересек число квадрантов, равное порядку характеристического уравнения, причем годограф должен последовательно пересекать квадранты.

Заменим в уравнении $567000p^3 + 19440p^2 + 292,8p + 1,6 = 0$ оператор p на $j\omega$:

$$567000(j\omega)^3 + 19440(j\omega)^2 + 292,8j\omega + 1,6 = 0$$

$$-567000j\omega^3 - 19440\omega^2 + 292,8j\omega + 1,6 = 0$$

$$(1,6 - 19440\omega^2) + (292,8j\omega - 567000j\omega^3) = 0$$

$$P = 1,6 - 19440\omega^2$$

$$Q = 292,8\omega - 567000\omega^3$$

Данные для построения годографа размещены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Координаты для построения годографа Михайлова

ω	P	Q
0	1,6	0
0,005	1,34	0,87
0,01	0,54	1,53
0,015	-0,79	1,56
0,018	-1,8	1,23
0,02	-2,6	0,8
0,025	-5,05	-0,9
0,03	-7,97	-4,07
0,04	-15,4	-15,36

Построенный по данным таблицы 4.1 годограф изображен на рисунке 4.8.

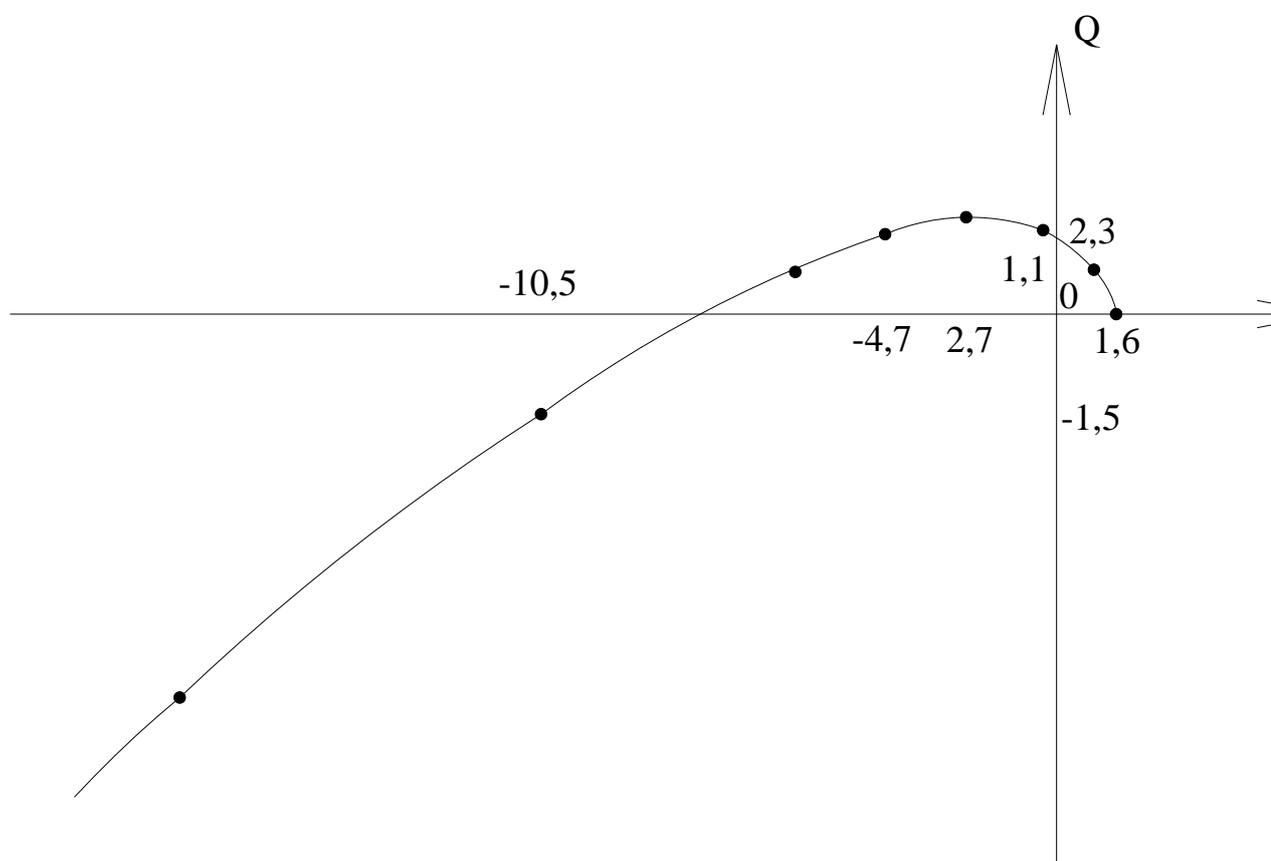


Рисунок 4.8 – Годограф Михайлова

$$567000p^3 + 19440p^2 + 292,8p + 1,6 = 0$$

Поведение характеристического вектора совпадает с критерием устойчивости Михайлова.

Вывод: Система является устойчивой, так как выполняются все условия устойчивости по критериям Гурвица и Михайлова.

Заключение

В представленной выпускной работе рассмотрено современное состояние технологического процесса грохочения, проведен анализ оборудования, применяемого при реализации технологического процесса, выделены его недостатки и предложены меры по его модернизации.

С целью модернизации процесса грохочения предложены меры по автоматизации управления и контроля существующего технологического оборудования. На существующем оборудовании установлены датчики, контролирующие параметры его функционирования и режимы выполнения технологических операций. Указаны необходимые характеристики используемых датчиков. Рассмотрены наиболее эффективные места их размещения.

Рассмотрена структура системы управления технологическим оборудованием, которая основана на использовании программируемого логического контроллера, осуществляющего обмен информацией с периферийными устройствами съема и обработки информации. Определен состав программируемого логического контроллера, обеспечивающий реализацию требуемых задач управления. Произведена его конфигурация для обеспечения системы адресации объектов управления.

Разработан и описан алгоритм управления процессом грохочения, позволяющий определить последовательность и режимы функционирования объектов и систем управления. Рассчитаны общие характеристики устройств системы управления.

Цели выпускной работы достигнута, задачи выполнены.

Список используемой литературы

1. Алексеев, Владимир Васильевич Основы программирования логических контроллеров: учебное пособие/В. В. Алексеев, В. С. Коновалова; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский гос. электротехнический ун-т «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) Санкт- Петербург: ЛЭТИ,2016
2. Васильева, Н. Г. Разработка и оформление функциональных схем автоматизации: учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию по направлению подготовки бакалавров 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» по курсу Автоматизация техно Кумертау: Респ. Башкор- тостан, 2016
3. Вихревой расходомер Yokogawa DY0150, 2016 URL: <http://www.yokogawa.ru/upload/iblock/229/229d64290637fcf0b64da7bf485e9404.pdf> (Дата обращения: 20.05.2019)
4. Волков, Андрей Анатольевич Расчет систем электроосвещения с применением систем автоматизированного проектирования: методические указания по дисциплине «Программные средства автоматизации» для студентов бакалавриата. Москва: МГСУ, 2015
5. Гаврилов, Александр Николаевич - Теория автоматического управления технологическими объектами (линейные системы): учебное пособие/А. Н. Гаврилов, Ю. П. Барметов, А. А. Хвостов; Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» Воронеж: ФГБОУ ВО "ВГУИТ", 2016
6. Датчик абсолютного давления Yokogawa EJX510-A, 2017 URL: <http://yokogawa.nt-rt.ru/images/manuals/EJX510A.pdf> (Дата обращения: 20.05.2019)
7. Датчик давления измерительный – преобразователь Rosemount 3051S, 2015 URL: http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00_813-0107-4801.pdf (Дата обращения: 20.05.2019)

8. Елизаров, Игорь Александрович Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA-системы: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств»/И. А. Елизаров [и др.] Тамбов: ТГТУ, 2015

9. Измерительный датчик перепада давления – преобразователь Yokogawa EJX110A, 2017 URL: <http://yokogawa.nt-rt.ru/images/manuals/EJX110A.pdf> (Дата обращения: 20.05.2019)

10. Ильюшин, Юрий Валерьевич, сост. Управление технологическими процессами: методические указания и задания к курсовому проекту для студентов магистратуры направления 27.04.04/Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный ун-т, 2017

11. Кавалеров, Максим Владимирович Компьютерные технологии управления в технических системах: учебное пособие/М. В. Кавалеров; М-во образования и науки РФ, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Пермский нац. исслед. политехнический университет Пермь: Изд-во Пермского нац. исслед. политехнического ун-та, 2015

12. Лыков, Анатолий Николаевич Микропроцессорные средства автоматизации энергетических систем учебное пособие: в двух частях/А. Н. Лыков, Р. В. Катаев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образов Пермь: Изд-во Пермского нац. исслед. политехнического ун-та, 2017

13. Любарский, Дмитрий Романович Программно-технические средства противоаварийного управления локального уровня/Д. Р. Любарский; под ред. М. Ш. Мисриханова Москва: Энергоатомиздат, 2015

14. Магергут, Валерий Залманович Автоматизированные системы управления (оптимизационные задачи и SCADA-системы): лабораторный практикум: учебное пособие по дисциплине «Техническое и программное обеспечение информационных систем в промышленности» для студентов направления бакалавриата 230400 Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014

15. Мезин, Сергей Витальевич Разработка АСУ на базе среды программирования Codesys и Scada-системы Trace mode с организацией передачи данных посредством OPC-сервера: С. В. Мезин : М-во образования и науки Российской Федерации, Нац. исследовательский ун-т «МЭИ» Москва: Изд-во МЭИ, 2015

16. Мятеж, Сергей Владимирович Промышленные контроллеры: учебное пособие/С. В. Мятеж; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет, [Факультет механики и автоматизации] Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016

17. Определение параметров устойчивости CAP URL: https://studopedia.su/20_67766_raschetnaya-chast.html (Дата обращения: 20.05.2019)

18. Пантелеев, Владимир Николаевич Основы автоматизации производства: учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы начального профессионального образования/В. Н. Пантелеев, В. М. Прошин, Москва: Академия, 2017

19. Попов, Валерий Павлович Человеко-машинный интерфейс: учебно-методическое пособие/В. П. Попов, Н. В. Соловьев; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. автономное образовательное учреждение высш. образования Санкт-Петербургский гос. ун-т аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург: ГУАП, 2016

20. Преобразователь температуры аналоговый с унифицированным выходным сигналом Метран ТСПУ 276 – 2017 URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/C>

atalog/Catalogues/DT/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-271_274_276.pdf (Дата обращения: 20.05.2019)

21. Сольнищев, Ремир Иосифович Внедрение систем автоматизации проектирования: учебное пособие/Р. И. Сольнищев, Л. И. Гришанова; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высшего проф. образования Санкт-Петербургский гос. ун-т Санкт- Петербург: ГУАП,2014

22. Щербаков, Михаил Александрович, Ред. Проблемы автоматизации и управления в технических системах: сборник статей Международной научно-технической конференции, г. Пенза, 23-25 апреля 2013 г./Пензенский гос. ун-т [и др.]; [под ред. М. А. Щербакова] Пенза: Изд-во ПГУ, 2013

23. Kren, L. A. Line Automation Made Easier MetalForming Magazine. – 2016/ - December. (Дата обращения: 20.05.2019)

24. Automation and Remote Control Magazine.- 2017 D. Kh. Fayruzov, Yu.N. Bel'kov, D.V. Kneller, A. Yu. Torgashov Advanced process control system for a crude distillation unit. A case study (Дата обращения: 20.05.2019)

25. Anders Andersson. Measurement Technology for Process Automation.- 2018 (Дата обращения: 20.05.2019)

26. Benoit Boulet. Fundamentals of signals and systems.- 2005 (Дата обращения: 18.05.2018) 27. John Wiley & Sons. Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes,- 2016 (Дата обращения: 20.05.2019)