

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

Факультет: Профессионального образования

Направление: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль: Автоматизированный электропривод и робототехнические комплексы

Кафедра: Общенаучных дисциплин

Допускается к защите
и.о. зав. кафедрой ОНД
_____ К.В. Кондратьева
«___» _____ 2026 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему:

«Автоматизация приготовления кормов
ООО «Ключи» с. Сёла, Чусовского района»

Студент: _____ Н.С. Вершинин
(подпись, дата)

Группа: АЭП-21-1603

Состав ВКР:

1. Пояснительная записка на _____ стр.
2. Графическая часть на _____ листах.
3. Электронный носитель с материалами ВКР.

Руководитель: _____
(подпись, дата)

канд. техн. наук, доцент С.В. Нусс

Проверено
на наличие

заимствования: _____ канд. экон. наук, доцент, К.В. Кондратьева
(подпись, дата)

Лысьва 2026

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Автоматизация системы приготовления кормов ООО «Ключи» с. Сёла, Чусовского района».

Работа состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованных источников. Работа изложена на 74 листах печатного текста, содержит 11 таблиц и 34 рисунков.

Целью данной ВКР является разработка технического и экономически обоснованного проекта автоматизация приготовления кормов за счет применения различных автоматических устройств. В связи с этим было принято решение купить дробилки безрешетные ДБ-5 и на этом примере решить следующие задачи:

- выполнен анализ дробилки безрешетные ДБ-5;
- произведён силовой расчёт и выбор частотного преобразователя Веспер Е4-Р8402-050Н 37кВт 380В
- разработана структурная и принципиальная электрическая схема системы управления электроприводом дробилки на программируемом реле ОВЕН ПР100-24.0804.03.1;
- выполнено экономическое обоснование с расчётом сметы затрат (265 тыс. руб.) и срока окупаемости (менее 3 лет).

При написании работы были рассмотрены принципы дробилки безрешетные ДБ-5, частотного преобразователя Веспер Е4-Р8402-050Н 37кВт 380В, программируемого реле ОВЕН ПР100-24.0804.03.1;

Описаны технические характеристики выбранных компонентов и приведены рекомендации по пусконаладке.

Ключевые слова: *автоматизация приготовления кормов, частотный преобразователь, программируемое реле, технико-экономическое обоснование, дробилки безрешетные дб-5.*

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1 Теоретическая часть	5
1.1 Краткая характеристика молочно-товарной фермы ООО “Ключи”	5
1.2 Виды систем для приготовления кормов.....	11
1.4 Шнековая система транспортировки кормов.....	13
1.11 Принципиальная электрическая схема управления дробилкой Дб-5.....	21
1.12 Описание Электрической схемы дробилки.....	23
Глава 2 Расчетная часть	27
2.1 Расчет параметров дробилки, выбор электродвигателя.....	27
2.2 Выбор преобразователя частоты.....	29
2.3 Выбор автоматического выключателя и питающего кабеля дробилкой...	39
2.4 Выбор аппаратов управления дробилкой.....	44
Глава 3 Графическая часть.....	50
3.1 Выбор системы заземления и аппаратов контроля и защиты.....	50
3.2 Проектирование схемы вводно-распределительного устройства дробилки.....	51
3.3 Проектирование схемы цепей управления дробилки.....	61
Заключение.....	68
Список использованных источников	70

ВВЕДЕНИЕ

Электрическим приводом называется электромеханическое устройство, предназначенное для приведения в движение рабочих органов машин и управления их технологическими процессами, состоящее из передаточного, электродвигательного, преобразовательного и управляющего устройств.

Электропривод является преобразователем электрической энергии в механическую. Кроме функции преобразования энергии, на электропривод возлагается важная функция управления технологическим процессом приводимого в движение механизма. Электропривод органически сливается с приводимым в движение исполнительным механизмом в единую электромеханическую систему, от физических свойств которой зависят производительность, динамические нагрузки, точность выполнения технологических операций и ряд других очень важных факторов. Открываются широкие возможности для формирования путем воздействия на систему управления электроприводом заданных законов движения рабочих органов машин, осуществления связанного автоматического управления взаимодействующими в технологическом процессе механизмами, оптимизации их работы по тем или иным критериям.

Широко распространенными технологическими операциями, составляющими технологический процесс приготовления концентрированных кормов, являются измельчение фуражного зерна, зеленой массы, мойка и измельчение корне клубнеплодов.

Для измельчения фуражного зерна и грубых кормов используют дробилки разной конструкции

Целью данной ВКР является автоматизация приготовления кормов за счет применения различных автоматических устройств.

ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Краткая характеристика молочно-товарной фермы ООО “Ключи”

Предприятие ООО “Ключи” было создано путем реорганизации в форме преобразования 1 апреля 2008 года. Директор Бобриков Виталий Геннадьевич работает в сельском хозяйстве более 40 лет, большую часть своей трудовой деятельности посвятил сельскохозяйственному предприятию в селе Сёла Чусовского района- ООО “Ключи”, реорганизованного из колхоза “Ключи”, созданного в 1929 году.

С 2015 года Виталий Геннадьевич является соучредителем нового предприятия ООО “Россохи” Чусовского района, а в 2017 году стал соучредителем ещё одного нового предприятия ООО “Агрофирма Ключи” в Березовском районе.

Основным видом деятельности предприятием является производство сельхозпродукции мясо и молоко.

Молоко поставляется на АО “Молкомбинат Кунгурский ” и предприятие переработки АО “Милком ”(торговое название “Село зеленое ” мороженное на 30% состоит из нашего молока). Мясо реализуется на Ижевский мясокомбинат, и через собственные торговые точки.

Особое внимание Бобриков В.Г. уделяет работе по повышению квалификации работников. До 15 человек в год повышают квалификацию на предприятии и в учебных центрах, 4 человека учатся на заочном отделении в ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика Д.Н. Прянишникова» (Пермский ГАТУ) по специальностям: ветеринария, зоотехния. 3 выпускника школы учатся на экономическом и агрономическом факультете Пермского ГАТУ.

На базе Сельской СОШ приобретают профессию тракториста-машиниста вновь принятые молодые рабочие (до 5 чел. в год). Ежегодно 6 работников ООО «Ключи» направляются на учебные семинары, проводимые на предприятиях России и других стран. С 2008 г. по 2024 г. в ООО «Ключи»

прошли производственную практику 36 студентов, 10 из них после окончания обучения были трудоустроены в хозяйство на постоянное место работы.

ООО «Ключи» - динамично развивающееся и базообразующее предприятием аграрного сектора экономики Чусовского муниципального района, производит 87 % молока от общего объема производимого сельскохозяйственными организациями района, использует около 70 % земель сельскохозяйственного назначения района.

На протяжении пятнадцати лет ООО «Ключи» входит в пятерку лучших сельхозпредприятий края по урожайности зерновых, убирая в среднем 30 центнеров с гектара, несмотря на условия рискованного земледелия, рис1.



Рисунок 1 – Уборка зерновых

Фермы оснащены современным оборудованием: дельтаскреперы по удалению навоза, электронные доильные залы «Европараллель», роботы - подравнители кормов, которые существенно облегчают труд животноводов. В учете и селекции скота используется электронный продукт «СелЭкс».

В 2023 году в ООО «Ключи» построено три новых зерносклада, установлен новый зерносушильный комплекс «Миг-24», производительностью 24 тонн/ час. Стоимость нового строительства и оборудования составила более 42 млн. руб.

Для своих нужд и реализации другим хозяйствам в ООО «Ключи» ежегодно заготавливают семена высших репродукций. Посевные площади 3750 га из них 40% под зерновыми и 50% многолетних трав, под кукурузу занято 500 га.

Ферма имеет модульную концепцию со стойлами беспривязного содержания с общей вместимостью 1200 фуражных коров, плюс шлейф молодняка – 1500 головы. Для размещения поголовья и обеспечения технологических процессов в составе фермы предусмотрены следующие основные здания и сооружения:

1. коровники №1,2;
2. доильно-молочный блок;
3. родильный блок;
4. профилакторий;
5. телятник;
6. проходная с санпропускником;
7. силосные траншеи – 2шт;
8. комбикормовый цех;
9. автомобильные весы грузоподъемностью до 60 тонн;
10. лагуна №1,2;
11. площадка для отгрузки животных;
12. ограждение по всему периметру фермы;
13. подъездные дороги в асфальтобетоне.

Каждый коровник имеет центральный кормовой стол 5.0 метров шириной.

Основные процессы кормления и навозоудаления, которые являются самыми трудоемкими, на данном комплексе автоматизированы. Раздача кормов осуществляется кормосмесителем.

Валовое производство молока в ООО «Ключи» за 2024 год составило 17,98 тыс. тонн, при этом производство молока увеличивается ежегодно, не менее, чем на 5%, а качество молока отвечает современным требованиям: средняя жирность молока 3,7 %, содержание белка 3,3%, 99,9% молока сдается высшим сортом.

Надой на 1 фуражную корову за 2024 год составил 8989 кг -2 результат по краю.

Поголовье КРС в 2024 году составило 4182 голов, в том числе 1950 коров. Среднесписочное количество работающих на предприятии - 249 сотрудников.

За 2024 года предприятием было реализовано 282,3 тн. КРС в живом весе и 17928тн. молока. Выручка от реализации за 2024 год составила 501,3 млн. руб., чистая прибыль – 102,5 млн. руб.

Предприятие в 2006 году поставило перед собой цель увеличить валовое производство, а соответственно и реализацию молока, за счет увеличения количества дойного стада и повышения продуктивности коров.

На реализацию проекта ООО «Ключи» затратили более 300 млн. рублей собственных средств. К возмещению из краевого и федерального бюджета получено около 60 млн. рублей. Созданы новые рабочие места, на ферме трудятся 30 человек.

Еще одним значимым фактором, обеспечивающим высокую продуктивность молочного производства, является круглогодичное стойловое содержание коров и нетелей на ферме. Коровники, телятники и здания молодняка комплекса оборудованы таким образом, чтобы в них можно было содержать животных круглогодично. Основной состав оборудования указан в таб.1. Такой подход снижает травматичность и обеспечивает долгую и здоровую жизнь стаду, а современные технологии дают снижение затрат на раздачу кормов и чистку зданий от навоза.

Таблица 1 – Состав основного оборудования

Название оборудования	Кол-во	Стоимость, тыс. руб.
Доильный зал «Европараллель» 2х20	1	16 967 ,214
Скреперная система «BEEREPOOT»	4	6 500,0
Автоматический пододвигатель кормов Juno 150	2	2 000,0
Танк-охладитель по 14т.	2	6 000,0
Стойловое оборудование	1200	3 600,0

Маты животноводческие	1200	3 840,0
Домики для телят	150	2 250,0
Система вентиляции -36	1	1 800,0
Система поения -24	1	3 230,0
Насосы для навозоудаления	2	498,0
Электрооборудование	1	1 500,0
Оборудование для цеха комбикормов		2 000,0
Дробилка безрешетная ДБ-5	6	1050,0
Крематор	1	500,0
Итого		51 735,214

Корма для животных должны быть питательными, вкусными, чистыми, легкопереваримыми и хорошо усваиваемыми. Автоматизация приготовления кормов облегчает труд животноводов и повышает его производительность, позволяет получать корма высокого качества, обеспечивающие высокую продуктивность животных и качество получаемой продукции при снижении ее себестоимости. Наиболее эффективное использование кормов достигается при скормливании их в виде полнорационных кормовых смесей, сбалансированных по элементам питания, витаминам, микроэлементам, антибиотикам, биостимуляторам, поскольку полного, такого набора нет ни в одном отдельном виде корма. Кормовая смесь не должна иметь в своем составе посторонних, вредных для здоровья животных примесей и образований, бактериального обсеменения и неприятных запахов. Необходимо, чтобы корма в кормоцехах поступали высокого качества, строго соблюдались технология и сроки их приготовления. Получаемые в кормоцехах смеси должны строго соответствовать заданной научно обоснованной рецептуре рациона для обслуживаемой группы животных, иметь заданную влажность и температуру, высокую степень однородности; частицы кормовых компонентов должны сохранять свои размеры

Кормоцех, — это кормоприготовительное помещение, в котором размещены поточные технологические линии (ПТЛ), обеспечивающие обработку всех видов кормов для обслуживаемых животных и приготовление полнорационных кормовых смесей. Комплексная автоматизация приготовления смесей достигается расстановкой ПТЛ в помещении кормоцеха, обеспечивающей их взаимодействие. При этом автоматизированы все основные и вспомогательные операции, исключая ручной труд.

В связи с этим было принято решение купить дробилки безрешетные ДБ-5 в количестве 6 единиц(рис.2)



Рисунок 2 – Дробилка безрешётная ДБ-5

1.2 Виды систем для приготовления кормов

Широко распространенными технологическими операциями, составляющими технологический процесс приготовления концентрированных кормов, являются измельчение фуражного зерна, зеленой массы, мойка и измельчение корне клубнеплодов.

Для измельчения фуражного зерна и грубых кормов используют дробилки разной конструкции. В качестве примера рассмотрим безрешетную дробилку ДБ-5, функциональная схема которой изображена на рис.3.

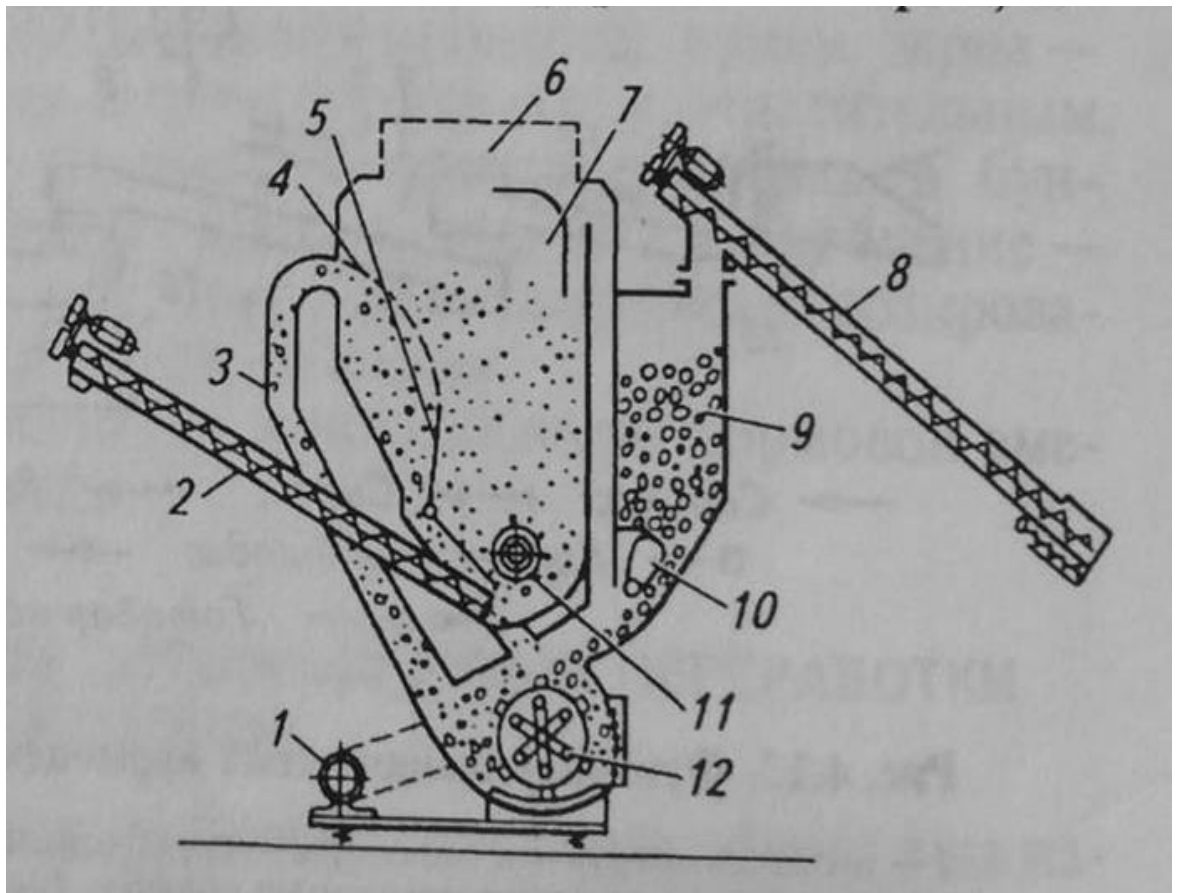


Рисунок 3 – Функциональная схема дробилки ДБ-5

1-двигатель; 2,8-шнеки;3-воздуховод;4-сепаратор; 5,10-заслонки;6-фильтр; 7-камера; 9-бункер зерна;11-ворошилка;12-ротор

Подлежащее измельчению зерно шнеком 8 загружается в бункер 9, уровень в котором автоматически поддерживается с помощью двух датчиков. Подачу зерна на измельчение регулируют заслонкой 10 и осуществляют за

один неполный оборот ротора 12. При этом продукт дробления по кормопроводу воздушным потоком перемещается в фильтр 6. Достаточно измельченное зерно, прошедшее решетный сепаратор 4, представляет собой готовый продукт и выгружается шнеком 2. Оставшаяся часть возвращается в дробильную камеру, причем количество этого продукта устанавливает оператор с помощью регулирующей заслонки 5 (в крайнем правом положении заслонки весь материал идет на выгрузку без разделения на фракции). Одна часть запыленного воздуха возвращается в дробильную камеру, а другая часть, пройдя фильтр 6, выбрасывается в атмосферу.

Для измельчения сена и соломы применяются измельчители штифтового, ножевого или молоткового типа. Подлежащий измельчению корм подается в загрузочный бункер, который, вращаясь, сбрасывает его под молотки ротора дробильной камеры. Измельченная масса выносятся из камеры воздушным потоком, создаваемым молотками ротора.

В случае перегрузки двигателя дробилки на короткое время отключается электромагнитная муфта, бункер останавливается, и подача корма в дробилку прекращается. После снижения загрузки дробилки подача корма на ротор возобновляется. Если перегрузка двигателя дробилки длится более 20 секунд, электродвигатель привода бункера отключается.

1.3 Автоматизация в сельском хозяйстве

Нужна на повышение эффективности производственных процессов улучшения качества продукции и обеспечение более точного контроля над затратами и ресурсами. Особенно актуально в условиях растущего спроса на продукцию животноводства и необходимой оптимизации ресурсов и уменьшения затрат на предприятии сельского хозяйства.

Преимущества автоматизации приготовления кормов:

- 1) Повышение качества кормов;
- 2) Стабильность рациона;
- 3) Возможность анализа данных;

- 4) Экологические преимущества;
- 5) Гибкость и масштабируемость.

Ключевым фактором повышения эффективности сельского хозяйства является автоматизация приготовления кормов. Что позволяет снизить затраты, улучшить качество продукции, оптимизировать использование ресурсов, обеспечить более стабильные производственные результаты. При этом внедрение систем учёта требует специфики хозяйства, подбора подходящего оборудования, а также планирование интеграции с существующими технологическими процессами.

1.4 Шнековая система транспортировки кормов

Принцип работы системы основан на транспортировке корма из бункера шнековым (спиральным) транспортером(рис.4) к объемным дозаторам(рис.6) или кормовым автоматам. Приводным устройством в шнековой системе кормления является привод(рис.5). Он приводит в движение шнековый транспортер (спираль) внутри кормовой пластиковой трубы. Устанавливается привод в конце линии шнекового транспортера. Шнековый транспортер состоит из стальной спирали диаметром 75 мм. Таким образом, корм движется по трубе из бункера, поочередно заполняя кормовые автоматы.

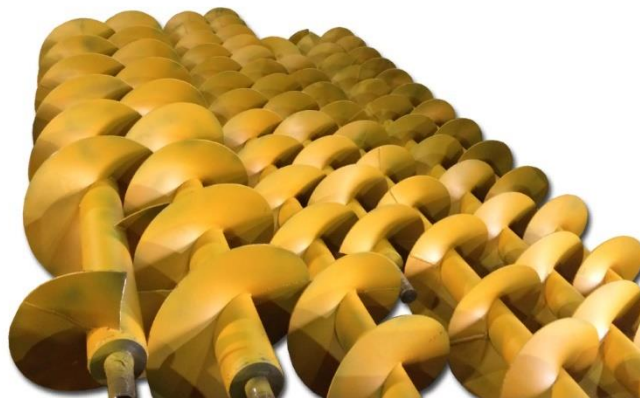


Рисунок 4 – Шнеки транспортера



Рисунок 5 – Приводное устройство шнекового транспортера



Рисунок 6 – Дозатор шнековой системы транспортировки

Шнековые транспортеры считаются вторыми по востребованности в сельском хозяйстве. Их используют для перемещения мелкозернистых или сыпучих материалов вертикально под небольшим углом.

Шнековый транспортер состоит из металлической закрытой трубы, внутри которой вращается вал с лопастями (шнек), концевых и промежуточных опор, а также привода. При вращении шнека лопасти проталкивают продукт вверх по трубе. Шнековый транспортер используется самостоятельно или в комплекте с упаковочной машиной при продолжительном режиме работы. Применяют его для транспортировки

сыпучей продукции на расстояние до 40 м. Самые популярные модели шнековых транспортеров: Т – 403, ТШ -2, ТШ – 4, ТШ 5.



Рисунок 7– Шнековый транспортер

Шнековые транспортеры (рис 7) бывают:

- 1) Цилиндрические;
- 2) Желобовидные;
- 3) Шнеки конвейеры мобильные;
- 4) Шнеки конвейеры с гидравлическим приводом.

1.5 Цилиндрические шнеки

Эти конвейеры могут быть горизонтальные(рис.8) или вертикальные(рис.9). Имеют модульную цилиндрическую основу, которую легко можно увеличить или уменьшить. Крепятся между собой модули при помощи промежуточных фланцев. Спираль увеличивают при помощи дополнительных опор. Производят такие шнеки на Итальянском, Белорусском и Российских заводах спецтехники.

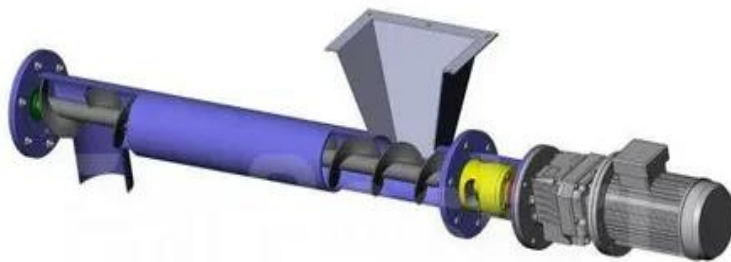


Рисунок 8 – Горизонтальный



Рисунок 9 – Вертикальный

1.6 Желобковые шнеки

Эти шнековые конвейеры применяют как альтернативу цилиндрическим. Их основа состоит из желоба, в котором вращается большая спираль. Применяют такие шнеки для тяжелых сыпучих видов товара, например, гранулированный комбикорм. Их нельзя использовать для распылительной продукции, но для крупного зерна они подходят. Желоб состоит из модулей, которые легко дополняются или убавляются. Крепят их муфтами на дополнительные опоры. Для повышения износостойкости производители применяют в таких конвейерах специальные уплотнители между модулями(рис.10).



Рисунок 10 – Желобковые шнеки

1.7 Мобильные шнеки для сельского хозяйства

Эти шнеки состоят из гибкого мобильного желоба со спиралью (рис.11). Используют их на фермах, зернохранилищах и бакалейных складах. Их нельзя применять для тяжелой продукции (песка, цемента, керамзита, гальки), так как желоб состоит из гибкого и легкого материала. Но такого материала вполне хватает выдержать зерно, жмых, комбикорма, муку, сахар, отруби и т.д.



Рисунок 11 – Мобильные шнеки

1.8 Шнек с гидравлическим приводом

Это вид цепного шнекового транспортера для зерна. Его цепляют на сельхоз технику (трактора, минитрактора, грузовики, мотоблок). Используют цепной транспортер для зерна в основном для перемещения органических удобрений или комбикормов на ферме. Его использование удобно из-за простоты перемещения. Работать таким цепным шнеком удобно на больших площадях, типа пастбищ, полей(рис.12).



Рисунок 12 – Шнек с гидравлическим приводом

Шнековые конвейеры имеют ряд важных достоинств:

- 1) Высокая безопасность использования. Отсутствие внешних движущихся частей минимизирует опасность травмирования персонала.
- 2) Малые габариты дают возможность легко встраивать устройство в производственные линии и технологические установки, перемещать грузы между помещениями и между уровнями.
- 3) Агрегаты закрытого типа незаменимы при работе с ядовитыми и склонными к образованию пыли веществами. Все соединения легко герметизируются прокладками.
- 4) Подходят для перемещения как нагретых, так и охлажденных грузов.
- 5) Простота конструкции обуславливает доступные цены на такое оборудование.

6) Каждый шнековый транспортер имеет снимающийся бункер или насадку (рис.13), который может принимать материал. То есть, нет необходимости искать какую-то еще подходящую емкость.



Рисунок 13 – Виды насадок для шнекового транспортера

Несомненным преимуществом шнековых транспортеров является простота конструкции и, соответственно, обслуживания. Они имеют небольшие габариты, герметичны, а также очень удобны благодаря промежуточной выгрузке транспортируемого материала. Корпуса могут быть изготовлены из нержавеющей или оцинкованной стали. Существуют конструкции во взрывоопасном исполнении, а также с реверсивным вращением шнека.

Что касается недостатков, то к ним можно отнести низкую экономичность из-за большого расхода энергии на единицу продукции, а также повышенный износ поверхности желоба и винта при транспортировке кусковых грузов. То же касается самого перемещаемого материала, так как винт дополнительно измельчает груз.

1.10 Автоматизация процесса конкретно кормодробилки ДБ-5

Повышение производительности. Автоматическое поддержание оптимальной подачи зерна. В конструкции ДБ-5 есть автоматический регулятор загрузки, который управляет заслонкой загрузочного бункера. Он автоматически поддерживает такое положение заслонки, при которой

количество поступающего зерна обеспечивает номинальную загрузку электродвигателя дробилки. Это оптимизирует процесс измельчения и предотвращения перегрузки оборудования. Повышение надежности и продление срока службы оборудования. Упрощенное обслуживание. Снижение запылённости конструкция дробилки ДБ-5 предусматривает замкнутую систему циркуляции воздуха вместе с измельчённым продуктом, что уменьшает запылённость окружающей среды. В модернизированных моделях дробилок могут быть улучшены механизмы разделения воздушно-продуктового потока в разделительной камере, автоматизация включает в себя систему контроля и настройки параметров процесса. например степень измельчения, что позволяет получать продукт требуемого качества. Снижение затрат малоквалифицированного и тяжелого труда, что ведёт к сокращению в рабочей силе, а также снижению затрат на оплату труда.

В целом дробилка ДБ-5 хорошее и простое в применении, и обслуживании оборудование для сельского хозяйства, значительно облегчит процесс приготовления кормосмесей.

1.11 Принципиальная электрическая схема управления дробилкой ДБ-5

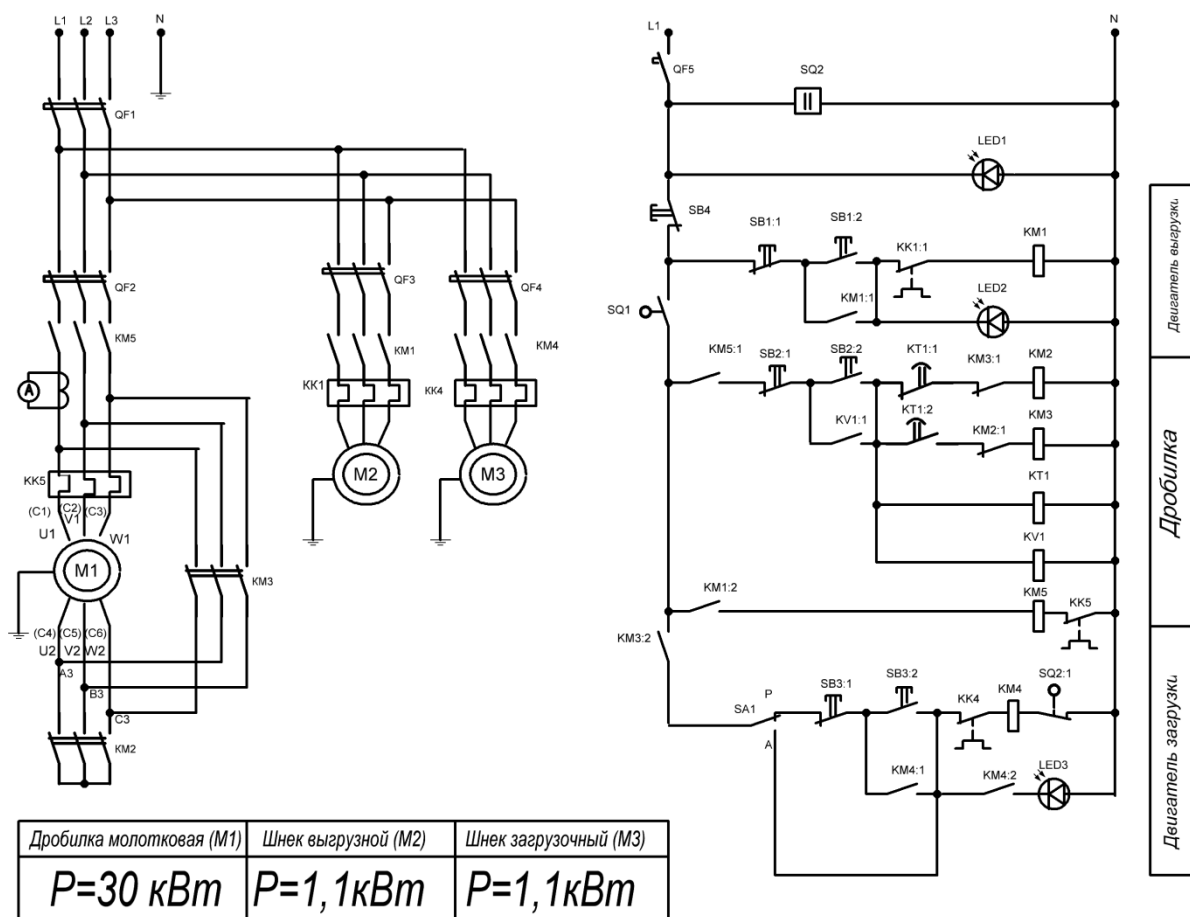


Рисунок 14 – Принципиальная электрическая схема управления дробилкой ДБ-5

M1, M2, M3 - трехфазные асинхронные двигателя;

QF1 - автоматический выключатель с электромагнитным и тепловым расцепителем, которые защищают цепи двигателей от токов короткого замыкания и перегрузки;

QF2 - автоматический выключатель с электромагнитным и тепловым расцепителем, которые защищают схему управления от токов короткого замыкания и перегрузки;

SQ1 - концевой выключатель, который срабатывает при закрытии кожуха движущихся частей дробилки, для защиты персонала от случайного прикосновения во время работы устройства;

SQ2—емкостный датчик верхнего уровня заполнения бункера дробилки;

КМ1-силовые контакты магнитного пускателя КМ1, предназначены для включения двигателя выгрузки;

КМ2-силовые контакты магнитного пускателя КМ2, предназначены для включения в схему «звезда» при пуске двигателя М1 дробилки;

КМ3- силовые контакты магнитного пускателя КМ3, предназначены для включения двигателя дробилки М1 на «треугольник»;

КМ4-силовые контакты магнитного пускателя КМ4, предназначены для включения двигателя загрузки;

КМ5-силовые контакты магнитного пускателя КМ5, предназначены для подачи напряжения на начала обмоток статора двигателя М1, т.е. для подготовки включения двигателя дробилки;

КМ1 - катушка магнитного пускателя;

КМ2 - катушка магнитного пускателя;

КМ3 - катушка магнитного пускателя;

КМ4- катушка магнитного пускателя;

КМ4- катушка магнитного пускателя;

LED1 - сигнальная лампа питания схемы;

LED2 - сигнальная лампа движения выгрузки транспортера;

LED3 - сигнальная лампа движения загрузки транспортера.;

КК1 - тепловое реле, которое защищает электродвигатель выгрузки транспортера от перегрузок;

КК4 - тепловое реле, которое защищает электродвигатель загрузки транспортера от перегрузок;

КК5 - тепловое реле, которое защищает электродвигатель дробилки от перегрузок;

SB4 -аварийная кнопка, предназначенная для остановки двигателя. Кнопка находится на пульте управления дробилки;

SB1:1 - кнопка «Стоп», предназначенная для остановки двигателя выгрузки, находится на дистанционном пульте управления транспортером;

SB1:2 –кнопка «Пуск» двигателя выгрузки, находится на дистанционном пульте управления транспортером;

SB2:1кнопка «Стоп», предназначенная для остановки двигателя дробилки, находится на дистанционном пульте управления;

SB2:2кнопка«Пуск», предназначенная двигателя находится на дистанционном пульте управления;

SB3:1кнопка «Стоп», предназначенная для остановки двигателя загрузки в ручном режиме управления, находится на дистанционном пульте управления;

SB3:2 кнопка «Пуск», предназначенная для двигателя выгрузки в ручном режиме управления, находится на дистанционном пульте управления;

KM1:1-нормально разомкнутый контакт магнитного пускателя KM1, который предназначен для шунтирования кнопкиSB1:2;

KV1:1-нормально разомкнутый контакт магнитного пускателя KV1, который предназначен для шунтирования кнопкиSB2:2

KM4:1-нормально разомкнутый контакт магнитного пускателя KM4, который предназначен для шунтирования кнопкиSB3:2;

KM3:1, KM2:1 - нормально замкнутые контакты магнитных пускателей KM3 и KM2 для электрической блокировки, чтобы не было одновременного включения обмоток статора двигателя M1 на звезду и треугольник.

KM3:2, KM1:2, KM4:2-нормально разомкнутые контакты магнитных пускателейKM3, KM1, KM4;

SA1- переключатель ручного или автоматического режима;

KT1- реле времени, которое задает время срабатывания пускателей KM2 и KM3 на звезду и треугольник.

1.12 Описание электрической схемы дробилки

Все кнопки, используемые в схеме – с самовозвратом.

Ручной режим Переключатель SA1устанавливаем в положение Р.

Двигатели дробилки и загрузочного транспортера не включатся, пока не будет включен двигатель выгрузки.

При нажатии кнопки SB1:2срабатывает магнитный пускатель KM1, три пары его силовых контактов KM1 замыкаются и подают питание на двигатель

выгрузки. Нормально разомкнутые контакты пускателя КМ1:1 замыкаются и блокируют кнопку SB1:2, чтобы при отпускании кнопки двигатель продолжал работать. Также замыкаются нормально разомкнутые контакты КМ1:2, при этом срабатывает магнитный пускатель КМ5, три пары его силовых контактов КМ5 замыкаются и подают питание на начала обмоток двигателя дробилки, но двигатель не включается, так как не подключены концы обмоток статора двигателя М1.

При включении кнопки SB2:2 срабатывает магнитный пускатель КМ2, три пары его силовых контактов КМ2 замыкаются и замыкают концы обмоток двигателя М1 по схеме «звезда» с целью снижения пусковых токов, двигатель М1 запускается.

Кроме того, получает питание катушка промежуточного реле КV1, и его контакты шунтируют кнопку SB2:2.

Получает питание катушка реле времени КТ1, но его контакты пока остаются в исходном состоянии, так как они срабатывают с выдержкой времени.

Нормально замкнутые контакты магнитного пускателей КМ2 -1 размыкаются, осуществляя электрическую блокировку, чтобы не было одновременного включения обмоток статора двигателя М1 на треугольник. Через некоторое время, которое задается реле времени КТ1, контакты КТ1-1 размыкаются, катушка КМ2 обесточивается, силовые контакты КМ2 размыкаются.

Через некоторое время, которое задается реле времени КТ1, контакты КТ1-2 замыкаются, катушка КМ3 получает питание, силовые контакты КМ3 замыкаются, подключая обмотки двигателя М1 на треугольник. Двигатель М1 запустился на номинальную мощность.

Нормально замкнутые контакты магнитного пускателей КМ3 -1 размыкаются, осуществляя электрическую блокировку, чтобы не было одновременного включения обмоток статора двигателя М1 на звезду.

Нормально разомкнутые контакты КМ3:2 замыкаются, подготавливая двигатель загрузки для включения. Можно будет включить двигатель

загрузкиМЗ, выбрав ручной или автоматический режим работы переключателем SA1.

При выборе ручного режима работы нажатием кнопки SB3:2 срабатывает магнитный пускатель КМ4, три пары его силовых контактов КМ4 замыкаются и подают питание на двигательМЗ загрузки, контакт КМ4:2 также замыкается, горит диодная лампа зеленого цвета LED3. Контакт КМ4:1 осуществляет шунтирование кнопки SB3:2

При выборе автоматического режима (А) контакты КМ3-2 подают питание на магнитный пускатель КМ4. Двигатель загрузки работает, и выключится, если сработает емкостный датчик SQ2 верхнего уровня заполнения бункера дробилки.

Если дробилка работает в нормальном режиме, бункер не переполняется, двигатель загрузки выключится тогда, когда выключим дробилку кнопками SB1:1 или SB4.

Для защиты цепей двигателей от короткого замыкания и перегрузки применяется трехфазные автоматические выключатели QF1, QF2QF3, QF4.

При коротком замыкании цепей двигателей автоматические выключатели QF1, QF2, QF3, QF4срабатывают и отключают питание силовой части и схемы управления двигателями. Тепловое реле КК1, КК4, КК5защищает электродвигатель от перегрузок. При превышении тока двигателя в 1,25 раза тепловой элемент реле (обычно это биметаллическая пластина) под воздействием этого тока нагревается, воздействует на пружинку теплового реле, и происходит отключение нормально – замкнутых контактов КК1, КК4, КК5. КонтактыКК1, КК4, КК5 прерывают цепь магнитного пускателя, и двигатель отключается от сети.

Тепловые элементы реле КК1, КК4, КК5 включены в три фазы двигателя.

Для защиты персонала от случайного прикосновения во время работы дробилки применяется концевой выключатель SQ1

Для сигнализации движения транспортеров предназначены сигнальные лампы LED2, LED3, включенные параллельно магнитным пускателям КМ1 и КМ4. LED1 – сигнализация включения сети.

ГЛАВА 2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Расчет параметров дробилки, выбор электродвигателя

В электроприводах безрешетных дробилок ДБ-5 произвести анализ нагрузок очень сложно. До сих пор нет однозначной формулы для расчета электродвигателя. Это связано со случайностью процессов, происходящих в дробилке и зависящие от габаритов и влажности подаваемого материала. Подобный характер работы сохраняется на всем протяжении работы дробилки, что в свою очередь позволяет считать режим работы электродвигателя продолжительным. В этом случае, момент, развиваемый электродвигателем для обеспечения процесса дробления, рассчитать очень сложно.

Для расчета мощности электродвигателей дробилок применяются эмпирические формулы, основываясь на исходных данных линии дробления, указанных в таблице 4 Исходные данные для проектирования взяты из технической документации предприятия.

Таблица 4 - Исходные данные для проектирования

Характеристика	Значение
Максимальный размер исходного материала, мм	150
Размер материала после дробления, мм	0,8-2,0
Размер приемного отверстия, мм	
Ширина	900
Длина	1200
Ширина выходной щели, мм	250

Определения оптимальной с точки зрения производительности скорости вращения эксцентрикового вала – это время, за которое куски дробимого материала успевают выпасть под действием силы тяжести из дробилки, определяется по следующей формуле:

$$n = \frac{42}{B \cdot \sqrt{0.054}} = \frac{182}{\sqrt{B}} = \frac{182.2}{\sqrt{0.9}} = 192.5 \text{ (об/мин)} \quad (1)$$

Где B – ширина приемного отверстия, м
Длина дробильного барабана:

$$H = B \cdot 2 = 0.9 \cdot 2 = 1.8 \text{ (м)} \quad (2)$$

Ход сжатия в верхней зоне:

$$S_{\text{н}} = 0,05 \cdot B = 0.05 \cdot 0.9 = 0.045 \text{ (м)} \quad (3)$$

Ход сжатия в нижней зоне:

$$S_{\text{н}} = 0,07 \cdot 0,1 \cdot b = 0.007 + 0.1 \cdot 0.25 = 0.032 \text{ (м)} \quad (4)$$

Где b – ширина выходного отверстия, м

Для расчета производительности дробилки применим эмпирическую формулу, составленную из предположения, что производительность дробилки пропорциональна площади выходной щели.

$$Q_{\text{щд}} = 0,2Lb = 0,2 \cdot 12 \cdot 2,5 = 6 \text{ (т/ч)} \quad (5)$$

Где L – длина входного отверстия, выражена в сантиметрах

b – ширина выходного отверстия, выражена в сантиметрах

Производительность принимают по средним данным заводов изготовителей с введением поправки на насыпную плотность дробимого материала.

Примерную мощность двигателя определим по эмпирической формуле, связывающей расход мощности по часовой производительности дробилки:

$$N_{\text{щд}} = 0,59 \cdot Q_{\text{щд}} = 5 \cdot 6 = 30 \text{ (кВт)} \quad (6)$$

Где $Q_{\text{щд}}$ – производительность дробилки, т/ч.

Основываясь на расчетных данных, и сравнив их с данными, полученными из технической документации, сделаем вывод. Для перехода электродвигателя с рабочим напряжением 500В, необходим электродвигатель мощность 30 кВт на напряжение 380В.

По рассчитанной мощности выберем электродвигатель АИР180М2 30 кВт от российского производителя Русэлпром. Технические характеристики электродвигателя приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики электродвигателя

Наименование параметра	Значение
Номинальная мощность, кВт	30
Рабочее напряжение, В	380/660
Высота оси вращения, мм	180
Частота вращения, об/мин	2940
Номинальный ток статора, при 380В, А	56
КПД, %	91,5
Cos φ	0,92
Режим	S1
Степень защиты	IP54
I _н /I _п	7,5
M _п /M _н	2,0
M _{макс} /M _н	2,3
Момент инерции кг*м ²	0,07
Допустимый маховый момент механизма, кг*м ²	97,12
Масса, кг	190



Рисунок 16 – Электродвигатель привода дробилки

2.2 Выбор преобразователя частоты

Дробилки относятся к механизмам циклического действия с большим моментом инерции и тяжелым пуском, при этом нагрузка на валу приводного

электродвигателя носит резко переменный характер. Ранее для электроприводов дробилок применялись следующие системы пуска:

- Электропривод постоянного тока (как правило завышенной мощности) с тиристорной системой регулирования тока возбуждения. При этом отметим следующие недостатки: стоимость ДПТ выше стоимости асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в 2...2,5 раз; наличие щеточно-коллекторного аппарата – обслуживание, ремонт, надежность; наличие тиристорного регулятора тока возбуждения – увеличение стоимости системы;

- Электропривод переменного тока с асинхронным двигателем с фазным ротором. Недостатки: наличие скользящего контакта; ступенчатость регулирования и связанные с этим повышенные механические нагрузки в механической части, высокие электродинамические усилия в обмотках.

- Электропривод переменного тока с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором. В механическую часть включена муфта скольжения. Электродвигатель разгоняется при отсутствии нагрузки на валу, при выходе на рабочий участок электромеханической характеристики – с заданным темпом увеличивается сцепление в муфте скольжения, и электропривод выводится на рабочий режим. Недостатки: быстрый износ муфт скольжения, в результате чего не практикуют частые включения/отключения электропривода.

Современный электропривод дробилок строиться на базе асинхронных электродвигателей с преобразователями частоты, при этом можно применять его как устройство плавного пуска, шунтируя преобразователь частоты (обязательно синхронизированный с сетью) после разгона обводным контактором, так и для регулирования частоты качения щеки, меняя качественные показатели дробимой массы.

Для электропривода дробилки невозможно применение стандартных устройств плавного пуска на базе тиристорных регуляторов напряжения. Устройства плавного пуска относятся к аппаратам, снижающим динамические удары и пусковые токи при пуске асинхронных двигателей, при этом

напряжение, подводимое к трехфазной обмотке статора асинхронного электродвигателя при пуске, изменяется от $0 \dots U_n$

$$M = \frac{3}{2\pi n_1} U^2 \frac{1}{X'_{2b} \left(\frac{R'_2}{sX'_{2b}} + \frac{X'_{2b}}{R_2} \right)} \quad (7)$$

Согласно уравнению, момент $M \sim U^2$. Когда входное напряжение уменьшается, тогда магнитный поток уменьшается (ослабление поля) и ток ротора I_2 тоже уменьшится. Это изменение действует на момент, т.к. $M \sim I_2'$. Например, падение напряжения на 10% вызовет уменьшение момента примерно на 19%.

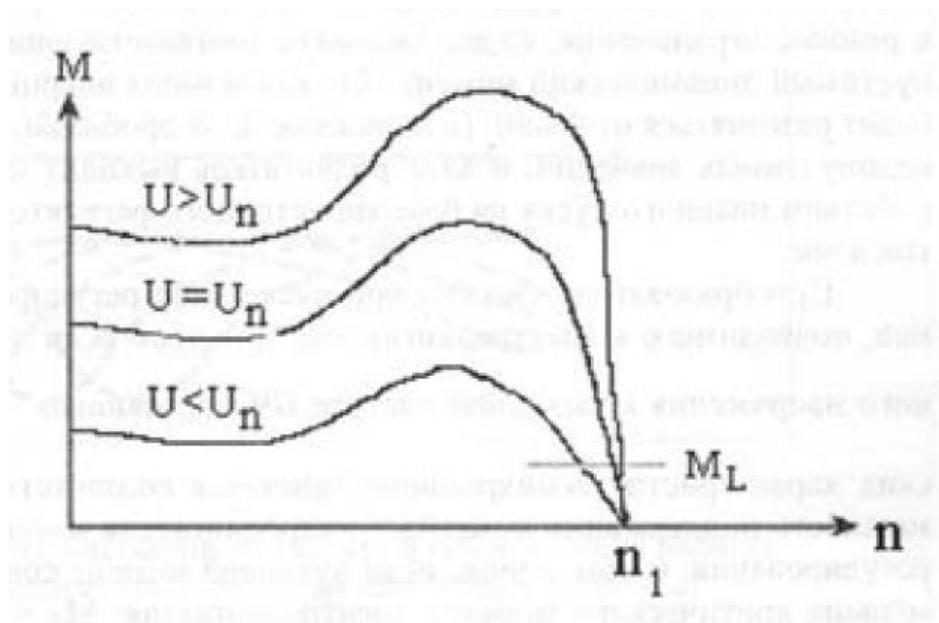


Рисунок 17 – Механические характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при изменении напряжения статора.

Согласно рисунку 17, пусковой момент двигателя измениться: $0 \dots M_{\text{пуск}}$ (при $n=0$).

В том случае, если момент сопротивления механизма M_c (при пуске) будет больше пускового момента двигателя, то, согласно уравнению движения привода:

$$M_{\pi} - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad (8)$$

при реактивном характере нагрузки механизм разгоняться не будет (при прямом включении электродвигателя в сеть разгона тоже не будет). Превышение подводимого напряжения выше номинального (для увеличения пускового момента) недопустимо по условиям изоляции.

В том случае, если момент сопротивления механизма M_c при пуске будет меньше или равен пусковому моменту, двигателя, то устройство плавного пуска, работая в режиме ограничения, будет выдавать соответствующее напряжение на двигатель, создавая допустимый динамический момент. Так момент инерции механизма J высокий, то электропривод будет разгоняться от 4 минут (в зависимости от дробилки). При этом температура в роторе достигнет недопустимых значений, и электродвигатель выходит из строя. Допустимое время разгона с устройством плавного пуска на базе тиристорного регулятора напряжения -30...60 с.

Преобразователь частоты при пуске либо регулировании скорости меняет частоту напряжения, подводимого к электродвигателю. При этом, если поддерживать отношение величины выходного напряжения к выходной частоте преобразователя частоты постоянным $\frac{U}{f} = \text{const.}$

Таким образом имеется возможность поддержания момента электродвигателя максимальным во всем диапазоне регулирования. В этом случае, если пусковой момент сопротивления механизма дробилки меньше критического момента электродвигателя $M_c < M_{кр}$, при использовании преобразователя частоты механизм гарантировано разгоняться. В начальный момент разгона необходимо выбрать режим, обеспечивающий максимальный темп набора частоты с допустимым динамическим моментом. Иначе после того, когда смесь начнет переполнять бункер, электродвигатель перейдет в генераторный режим. Желательно при этом увеличить темп разгона, создавая постоянный динамический момент.

Посредством преобразователя частоты можно осуществлять регулирование скорости вращения приводного электродвигателя дробилки. При этом нужно учесть, резко переменный характер нагрузки с частыми

превышениями допустимых значений. При этом имеет место превышение током электродвигателя допустимых значений и срабатывание токовой защиты преобразователя частоты с последующей остановкой дробилки под завалом. Для гарантированной работы регулируемого электропривода необходимо увеличение мощности преобразователя частоты.

В качестве устройства плавного пуска выбираем частотный преобразователь. Устройство плавного пуска в данном случае не подходит, так как подразумевается тяжелый длительный запуск, необходим большой пусковой момент, а также в аварийном режиме необходимо иметь возможность запуска дробилки под нагрузкой. А как известно устройство плавного пуска не выдерживает длительных и тяжелых запусков. Плавность пуска осуществляется за счет снижения питающего напряжения, что в свою очередь ведет к снижению пускового момента в квадратичной зависимости.

Для управления электродвигателем рассмотрим преобразователь комплектный преобразователь частоты Altivar ATV61 37 кВт 380 В IP 54 ЭМС настенного исполнения от производителя Schneider Electric, стоимостью 273663 рублей. Внешний вид преобразователя изображен на рисунке 18. Также рассмотрим аналогичный преобразователь частоты от российского производителя Веспер Е4-Р8402-050Н 37кВт 380В



Рисунок 18 – Комплектный преобразователь частоты Altivar ATV61 37 кВт
380 В IP 54 ЭМС

Комплектный преобразователь имеет размеры: ширина 240 мм, высота 550 мм, глубина 266 мм, вес преобразователя составляет 64 кг.

Преобразователь выбираем мощностью 37 кВт, на одну ступень выше, так как предполагается тяжелый режим работы, нужен большой пусковой момент для запуска дробилки, во время дробления возникают ударные нагрузки. В случае аварийной остановки дробилки с материалом, необходимо иметь возможность ее запуска под нагрузкой.

Комплектный преобразователь частоты в стандартной комплектации содержит модули выпрямителя и инвертора, разъединитель с быстродействующими предохранителями, сетевой дроссель для уменьшения искажений кривой потребляемого тока, фильтра dU/dt для защиты электродвигателя, а также шины для подключения кабелей питающей сети и двигателя., выносной графический терминал устанавливается на дверь шкафа.

Таблица 6 – Характеристики преобразователя частоты Altivar ATV61 37 кВт 380 В IP 54 ЭМС:

Наименование параметра	Значение
Мощность, нормальный /тяжелый режим, кВт	37
Номинальное входное напряжение, В	380-400
Рабочий ток, тяжелый режим/нормальный режим	79
Частота сети питания, Гц	50...60
Встроенный разъединитель	есть
Число фаз сети	3 фазы
Выходная частота привода, Гц	0,1...599
Номинальн. частота коммутации, кГц	2,5
Количество предустановленных скоростей	16
Коммуникационный порт	Modbus TCP CANopen
Наименование параметра	Значение
Вид исполнения	Напольный
Степень защиты	IP-54
Ширина, мм	240
Высота, мм	255
Глубина, мм	266
Вес, кг	64
Количество аналоговых входов	3

Для сравнения, рассмотрим аналогичный преобразователь частоты российского производителя Веспер Е4-Р8402-050Н 37кВт 380В, стоимостью 137300 рублей. Преобразователь Веспер изображен на рисунке 19. Так как электродвигатель дробилки подразумевает тяжелый пуск выбираем преобразователь частоты на порядок выше номинального, т.е. мощностью 37 кВт.

Частотный преобразователь модели Е4-Р8402-050Н 37кВт 380В предназначен для регулирования скорости вращения стандартных асинхронных двигателей с управлением вектором потока как с обратной связью от датчика вращения, так и без нее. Позволяет также осуществлять

управление скалярным способом U/f (напряжение/частота). Данный преобразователь обладает высоким пусковым моментом при малых скоростях.



Рисунок 19 – Преобразователь частоты Веспер Е4-Р8402-050Н 37кВт 380В

Таблица 7 – Характеристики преобразователя частоты Веспер Е4-Р8402-050Н 37кВт 380В

Наименование параметра	Значение
Тип сети	Трехфазная 3-х проводная
Номинальное входное напряжение, В	380/400/440/460
Рабочий диапазон входных напряжений	+10%, -15%
Входная частота, Гц	50/60
Мощность двигателя, кВт	37 кВт
Полная мощность преобразователя	кВА
Номинальный ток, А	75
Степень защиты	IP21 (по заказу IP54)
Точность частотных режимов	Цифровая команда: $\pm 0,01\%$ (от -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$) Аналоговая команда: $\pm 0,1\%$ (при $25^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$)

Рабочий диапазон выходных напряжений	Трехфазное 0 до ~380-460 В
Метод управления	Синусоидальная широтно-импульсная модуляция
Наименование параметра	Значение
Диапазон управления по частоте, Гц	От 0,1 до 400
Разрешение по выходной частоте, Гц	0,01
Запас по перегрузке	120% от номин. выходного тока в течении 1 мин
Аналоговый вход задания частоты	от -10 до +10 В, от 0 до 10 В, от 4 до 20 мА
Время разгона/торможения	От 0,01 до 6000 с
Тормозной прерыватель	Внешний тормозной прерыватель
Тормозящий крутящий момент	~ 20% без тормозного резистора, с внешним тормозным резистором - 100%
Защита двигателя от перегрузки	Защищен с помощью электронного термического реле перегрузки
Защита при мгновенной перегрузке по току	Силовое выходное переменное напряжение мгновенно отключается примерно при 200% от номинального тока преобразователя
Защита при перегрузке по току	Двигатель начинает инерционно останавливаться через 1 минуту работы при 120% от номинального тока преобразователя
Защита при перегрузке по напряжению	Силовое выходное переменное напряжение отключается, если напряжение на шине постоянного тока преобразователя превышает 820 В
Защита при кратковременном отключении питания	Немедленное отключение выходного силового напряжения при пропадании напряжения питания
Перегрев радиатора-теплоотвода	Защищен термистором
Защита от токов утечек	Защищен электронной цепью (нарушение баланса выходных токов)
Индикация заряда шины	Световой индикатор "Заряд" горит, пока напряжение шины не упадет ниже 50 В
Подключение к сети	3-х проводное, клеммная колодка
Подключение нагрузки	3-х проводное, клеммная колодка

Температура окружающей среды	от -10°C до +40°C (в пластмассовом корпусе), от -10°C до +45°C (в металлическом корпусе)
Относительная влажность воздуха	Не более 90%
Наименование параметра	Значение
Предназначен для эксплуатации	Внутри помещения, защищенного от коррозионных газов и пыли
Климатическое исполнение	У3
Габаритные размеры В, Ш, Г, мм	400x250x237
Масса не более, кг	16,4

Преобразователи частоты Altivar ATV61 37 кВт 380 В IP 54 ЭМС от производителя Schneider Electric и преобразователь частоты Веспер Е4-Р8402-050Н 37кВт 380В одинаковы по своему функциональному назначению и оба подходят для управления электродвигателем дробилки. У преобразователя Schneider Electric есть встроенный разъединитель, а у Веспер разъединитель отсутствует. По стоимости преобразователь частоты существенно ниже преобразователя частоты Schneider Electric. Комплектный преобразователь частоты в стандартной комплектации содержит модули выпрямителя и инвертора, разъединитель с быстродействующими предохранителями, сетевой дроссель у преобразователя Веспер все это необходимо покупать отдельно. По технической документации на сайте производителя Веспер можно найти все необходимое, также есть руководство по ремонту, что же касается Schneider Electric, то не вся техническая документация доступна на русском языке, отсутствует руководство по ремонту и ведомость запасных частей. Считаю, что преобразователь частоты удобнее тем, что все необходимое идет в комплекте, но если рассматривать его как в качестве ремонтпригодности, то он скорее всего будет не ремонтпригодным на месте, и его необходимо отправлять в специализированный сервис. На мой взгляд преобразователь частоты от Schneider Electric будет более подходящим решением, так все необходимое мы получаем сразу из коробки, и не нужно дополнительно подбирать комплектующие в виде фильтров и напольных шкафов

2.3 Выбор автоматического выключателя и питающего кабеля дробилкой

Прежде чем подобрать автоматический выключатель по техническим характеристикам, необходимо сделать предварительный расчёт. Необходимо рассчитать номинальный и пусковой токи электродвигателя.

Рассчитаем номинальный ток электродвигателя АИР180М2 30 кВт:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n\eta_n\cos\varphi} = \frac{30000}{\sqrt{3}\cdot 380\cdot 0.915\cdot 0.92} = 54,2 \text{ A} \quad (8)$$

Рассчитаем пусковой ток (его действующее значение)

$$I_s = k_I I_n = 7,5 \cdot 54,2 = 406,1 \text{ A} \quad (9)$$

Рассчитаем ударный пусковой ток (максимальный пиковый ток)

$$I_{pm} = 1.2 \sqrt{2} I_s = 1.2 \cdot \sqrt{2} \cdot 406,1 = 689,2 \text{ A} \quad (10)$$

При выборе автоматического выключателя следует учитывать необходимость выполнения двух условий. Во-первых, номинальный ток автоматического выключателя должен быть больше номинального тока нагрузки, питаемой защищаемой линией. Во-вторых, для безусловной защиты кабеля от перегрузок уставка защиты от перегрузок должна быть не более длительно-допустимого тока кабеля. Из стандартного ряда выбираем ближайший наибольший автоматический выключатель на номинальный ток 80 А, с уставкой мгновенного расцепителя не менее 689,2 А что соответствует первому условию.

Для питания электродвигателя дробилки необходимо защитить кабель, питающий нагрузку с рабочим номинальным током 54,2 А. Необходимо соблюсти второе условие: кабель должен выдерживать длительную нагрузку не менее 80 А. Для этого случая выбираем согласно Правилам устройства электроустановок по таблице 8 два 4-х жильных кабеля ВВГЭнг 4х95 подключенных параллельно, проложенных в воздухе. В сумме два кабеля ВВГЭнг 4х95 способны длительно выдержать нагрузку 440А, что

соответствует второму условию. Кабель выбираем экранированный для защиты от помех, создаваемыми гармониками преобразователя частоты.

На основании вышеописанных расчетов для безрешетной дробилки ДБ-5 рассмотрим автоматические выключатели двух производителей, отечественного и зарубежного производителя. Оба этих аппаратов являются аналогичными.

Для защиты цепи электродвигателя дробилки подходит автоматический выключатель IEK ВА47-100 3Р 80А С63 от производителя IEK Group, изображенный на рисунке 20, имеющий характеристики, приведенные в таблице 8. Стоимость автоматического выключателя составляет 2993.00 р.



Рисунок 20 – IEK ВА47-100 3Р 80А С63

Таблица 8 –Технические характеристики автоматического выключателя IEK ВА47-100 3Р 80А С63:

Наименование параметра	Значение
Количество полюсов	3Р
Номинальный ток	80А
Номинальное рабочее напряжение	400 В
Тип сети	Переменный ток
Частота сети	50/60 Гц
Характеристика срабатывания	С
Класс	3
Защита от утечки на землю	Отсутствует
Тип защиты	Защита от перегрузки (с большой выдержкой времени) Защита от короткого замыкания с малой выдержкой времени

	Мгновенная защита от короткого замыкания
Номинальная наибольшая отключающая способность	10000
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение, кВ	6
Механическая износостойкость, циклов	20000
Электрическая износостойкость, циклов	6000
Максимальное сечение подключаемых проводников, мм ²	35
Климатическое исполнение	УХЛ4
Максимальная рабочая высота	2000
Рабочая температура окружающей среды	-40...50 °С
Степень защиты IP	IP20
Ширина, мм	81
Высота, мм	80
Глубина, мм	80
Вес, кг	0,45

Для сравнения возьмём автоматический выключатель от производителя КЭАЗ. Для данной задачи подходит автоматический выключатель ВА47-100 ЗС80-УХЛЗ на номинальный ток 80 А, изображенный на рисунке 21, характеристики приведены в таблице 9. Стоимость выключателя составляет 2823,93 рублей.

Таблица 9 – Технические характеристик выключателя ВА47-100 ЗС80-УХЛЗ

Наименование параметра	Значение
Количество полюсов	3
Номинальный ток	80 А
Тип сети	Переменный ток
Частота сети	50/60 Гц
Уставка расцепителей токов короткого замыкания:	1,5-10I _n
Вид расцепителей	Тепловой, электромагнитный
Характеристика срабатывания	C
Защита от утечки на землю	нет
Номинальная наибольшая отключающая способность	10000
Рабочая температура окружающей среды	от -60°С до +40°С
Максимальное сечение подключаемых проводников, мм ²	25
Степень защиты IP	IP20
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение, кВ	4
Ширина, мм	81
Высота, мм	80,6
Глубина, мм	66,5
Вес, кг	0,42



Рисунок 21 – Автоматический выключатель BA47-100 3С80-УХЛ3

Рассмотренные выше выключатели аналогичны по своему функциональному назначению. У них практически одинаковые технические характеристики. Автоматический выключатель от отечественного производителя КЭАЗ, по своим техническим характеристикам ничем не уступает автоматическому выключателю от производителя Schneider Electric, а в чем-то даже и превосходит его. По стоимости автомат от отечественного производителя на много дешевле автомата от зарубежного производителя. По автоматическому выключателю КЭАЗ на официальном сайте доступна вся необходимая документация, при необходимости можно подобрать дополнительные аксессуары и проконсультироваться со службой технической поддержки, чего нельзя сказать о производителе IEK Group, не всегда можно найти полную информацию на русском языке. На мой взгляд установка автоматического выключателя от производителя КЭАЗ более целесообразна, не смотря на красивый дизайн от IEK Group.

2.4 Выбор аппаратов управления дробилкой

Организацию управления электроприводом дробилки выполним на программируемом реле ОВЕН ПР100-24.0804.03.1

Данное реле применяется для локальных задач автоматизации и предназначена для управления освещением, насосными группами, вентиляторами, а также для задач релейной защиты и автоматического ввода резерва (АВР). Применяется для автоматизации в промышленности, жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве. Подходит для управления насосными группами, системами вентиляции, а также для измерения аналоговых сигналов от датчиков температуры, давления и уровня с возможностью удаленного мониторинга, имеет

4 дискретных входов, 8 дискретных выходов, 4 универсальными аналоговыми входами (ДА), 4 релейными выходами. Прибор выпускается в корпусе на 5 DIN-модулей. Программирование в среде Owen Logis – бесплатное ПО на языке FBD. Простота монтажа – съёмные клеммники для быстрого подключения и монтажа. Расширенный диапазон рабочих температур – от -40 до +50°C для эксплуатации в неотапливаемых помещениях. Управление по дням недели и времени суток – встроенные часы реального времени с точностью хода +/-3 с/сутки. Написание алгоритма осуществляется пользователем на языке FBD с помощью бесплатной среды программирования Owen Logic. Загрузка алгоритма производится с помощью кабеля mini USB. Внешний вид аппарата изображен на рисунке 22, технические характеристики приведены в таблице 10. Прибор работает от источника постоянного тока 24 В и одним интерфейсом RS-485. Стоимость данного реле составляет 8564,40 рублей.

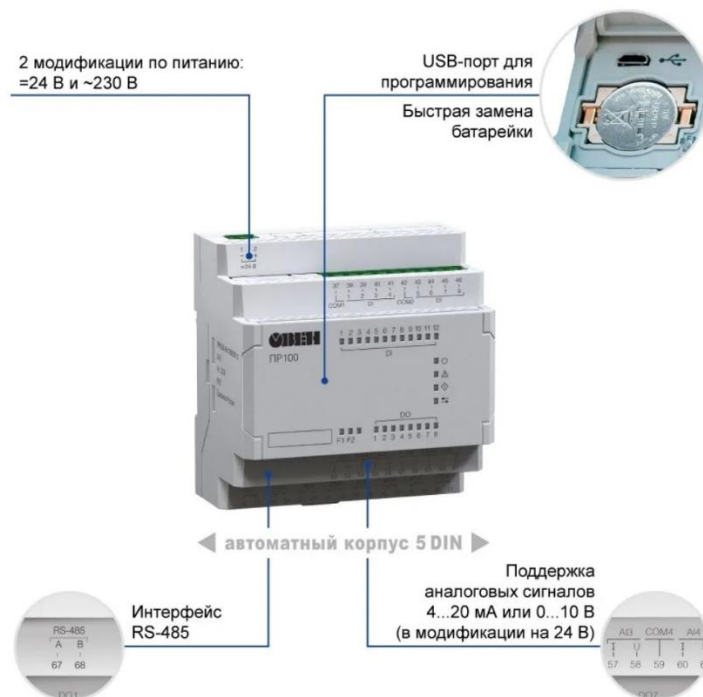


Рисунок 22 – Программное реле ПР100

Таблица 10 – Характеристики программного реле ОВЕН ПР100-24.0804.03.1

Наименование параметра	Значение
Питание	
Диапазон	=9...30 В (номинальное =24 В)
Потребляемая мощность, не более	4 Вт
Гальваническая изоляция	1500 В
Дискретные входы	
Количество	4
Номинальное напряжение питания	24 В (постоянный ток)
Максимально допустимое напряжение питания	30 В (постоянный ток)
Напряжение «логической единицы»	8,5...30 В
Ток «логической единицы»	2...5 мА
Напряжение «логического нуля»	–3...+5 В
Ток «логического нуля»	0...15 мА
Минимальная длительность импульса, воспринимаемая дискретным входом	2 мс
Максимальное время реакции на событие по дискретному входу	30 мс
Электрическая прочность изоляции относительно других цепей прибора	2830 В

Дискретно-аналоговые входы	
Количество	4
Разрешающая способность АЦП	12 бит
Аналоговый режим	
Тип измеряемых униполярных сигналов: сигнал постоянного напряжения сигнал постоянного тока	0...10 В 4...20 мА
Предел основной приведенной погрешности	± 0,5 %
Дополнительная приведенная к диапазону измерений погрешность измерения при воздействии кондуктивных радиочастотных помех и радиочастотного электромагнитного поля	0,5 % от основной
Дополнительная приведенная погрешность, вызванная изменением температуры окружающей среды в пределах рабочего диапазона, на каждые 10 градусов	0,5 %
Предельное положительное входное напряжение, для режима дискретного входа и датчика 0...10 В	30 В
Входное сопротивление для режима 0...10 В, не менее	61 кОм
Дискретный режим	
Порог переключения входа из состояния «логическая единица» в состояние «логический ноль»	1...8 В (устанавливается в OwenLogic)
Порог переключения входа из состояния «логический ноль» в состояние «логическая единица»	2...9 В (устанавливается в OwenLogic)
Номинальное напряжение питания цифровых входов	=24 В
Гальваническая развязка	Отсутствует
Минимальная длительность импульса, воспринимаемая дискретным входом (постоянный ток)	5 мс

Максимальная частота сигнала, воспринимаемая дискретным входом постоянного тока	100 Гц
Дискретные выходы	
Количество	8
Тип выходного устройства	Электромагнитное реле (нормально-разомкнутые контакты)
Электрическая прочность изоляции между выходом и другими цепями	2830 В
Коммутируемое напряжение в нагрузке: для цепи постоянного тока, не более для цепи переменного тока, не более	30 В (резистивная нагрузка) 250 В (резистивная нагрузка)
Допустимый ток нагрузки, не более	5 А при напряжении не более ~250 В и $\cos(\varphi) > 0,95$; 3 А при напряжении не более =30 В
Допустимый ток нагрузки, не менее	10 мА (при =5 В)
Электрический ресурс реле, не менее	200000 циклов: 5 А при ~250 В; 50000 циклов: 7 А при ~250 В; 100000 циклов: 3 А, =30 В, резистивная нагрузка
Сетевой интерфейс	
Тип интерфейса	RS-485
Общее	
Тип корпуса	Для крепления на DIN-рейку (35 мм)
Габаритные размеры	88 × 90 × 58 мм
Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254-2015	IP20
Масса прибора, не более	0,5 кг
Средний срок службы	8 лет

Для питания программного реле, аналоговых датчиков и интерфейсных реле выбираем блок питания БП30Б-Д3-24С 30 Вт 1,25А, изображенный на рисунке 23, технические характеристики даны в таблице 11.



Рисунок 23 – Блок питания БП30Б

Промышленные блоки питания ОВЕН БП30Б предназначены для питания стабилизированным напряжением постоянного тока широкого спектра радиоэлектронных устройств – релейной автоматики, контроллеров и т. п. Максимальная выходная мощность блока питания 30 Вт, номинальное выходное напряжение 24 В постоянного тока. Блок питания БП30Б выполнен в пластиковом корпусе с креплением на DIN-рейку. Применяются для построения систем электропитания различной сложности, в том числе распределенных. Основные функции блока питания: преобразование переменного напряжения в постоянное стабилизированное напряжение, стабильная работа в широком диапазоне входных напряжений без снижения характеристик выходного напряжения, уверенный запуск нагрузки с большими входными емкостями, защита от перенапряжений и импульсных помех на входе, защита от перегрузки, короткого замыкания и перегрева, регулировка выходного напряжения с помощью внутреннего подстроечного резистора в диапазоне $\pm 8\%$ от номинального выходного напряжения с сохранением мощности, индикация о наличии напряжения на входе. Стоимость данного блока питания составляет 2500 рублей.

Таблица 11 – Характеристики блока питания БП30Б

Наименование параметра	Значение
Выходные параметры	
Номинальное напряжение, В	24
Номинальный ток, А	1,25
Номинальная мощность, Вт	30
Входные параметры	
Напряжение питания переменного тока, В	90...264
Частота переменного тока, Гц	47...63
Пусковой ток, А	30
КПД при номинальной нагрузке, %, не менее	80
Защиты	
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP20
Класс защиты от поражения электрическим током по ГОСТ IEC 61140-2012	I
Устойчивость к механическим воздействиям по ГОСТ Р 52931–2008	N2
Средняя наработка на отказ, ч	50 000
Срок эксплуатации, лет	10
Масса, кг, не более	0,3
Тип автоматического выключателя	10 А, тип С или 16 А, тип В
Длина, Ширина, Глубина, мм	90, 54, 58

ГЛАВА 3 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Выбор системы заземления и аппаратов контроля и защиты

Разработку схемы принципиальной начнем с определения системы заземления. Согласно ПУЭ применим систему TN-S это система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении. Данная система более безопасная по сравнению с системой TN-C (система TN в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении). При высоком уровне электробезопасности эта система имеет существенный недостаток это удорожание, так как необходимо разделение рабочего и защитного нуля сразу на подстанции у понижающего трансформатора, подача напряжения производится по пятижильному кабелю. Для подключения обоих нулевых проводников используется глухозаземленная нейтраль трансформатора. В качестве дополнительной защиты на случай обгорания нуля, необходим на вводе в РП контур повторного заземления. Система заземления должна либо снять опасный потенциал с поверхности предмета, либо обеспечить срабатывание соответствующих защитных устройств с минимальным запаздыванием. Для проведения ремонтных работ и технического обслуживания необходимо обеспечить видимый разрыв цепи обслуживаемого участка, для этого необходимо установить на вводе выключатель нагрузки. В качестве выключателя нагрузки выбираем OptiSwitch DI-3-630-3P КЭАЗ на номинальный ток 630А, изображенный на рисунке 24, стоимость данного аппарата составляет 15000 рублей.



Рисунок 24 – Выключатель нагрузки OptiSwitch DI-3-630-3P

Далее после выключателя нагрузки необходимо установить силовой автоматический выключатель с номинальным током 630А. Для этих целей выбираем автоматический выключатель OptiMat D630N-MR2-Y3 от производителя КЭАЗ, стоимостью 110000 рублей, аппарат изображен на рисунке 25.



Рисунок 25 – Автоматический выключатель OptiMat D630N-MR2-Y3

3.2 Проектирование схемы вводно-распределительного устройства дробилки

Спроектируем при помощи системы Компас-электрик принципиальную схему вводного распределительного устройства. Принципиальная схема ЭЗ вводного распределительного устройства изображена на рисунке 27.

Описание логики работы схемы. В вводно-распределительный шкаф, на выключатель нагрузки OptiSwitch DI-3-630-3P напряжение подается от заводской подстанции по двум параллельно проложенным кабелям КГВВнг 4х185. Согласно таблице 1.3.6 ПУЭ, допустимый длительный ток для кабеля, проложенного в воздухе, составляет 350 А, что соответствует условию вводного автоматического выключателя. Далее через трансформаторы тока ТТК-60-750/5А-10ВА-0,5-УХЛЗ напряжение подается на автоматический выключатель Автоматический выключатель OptiMat D630N-MR2-УЗ, номинальным током 630А после чего уходит на секции шин расположенных в системе других шкафов. Данная схема позволят контролировать параметры сети во время работы, такие как ток, напряжение и потребляемую мощность, так как в каждой фазе установлены измерители параметров сети ИМС-Ф1 ОВЕН, стоимостью 3000 рублей каждый, данный аппарат изображен на рисунке 26. Прибор ИМС-Ф1 предназначен для измерения параметров сети таких как напряжение, ток, частота, полная активная и реактивная мощности, коэффициент мощности. Прибор позволяет измерять параметры электросети, отображать текущие измерения на встроенных светодиодных цифровых индикаторов. Прибор встраивается в дверцу шкафа и имеет габаритные размеры 96х96х65 мм. Диапазон переменного напряжения питания составляет от 90 до 264 В.



Рисунок 26 – Измеритель параметров сети ИМС-Ф1 ОВЕН

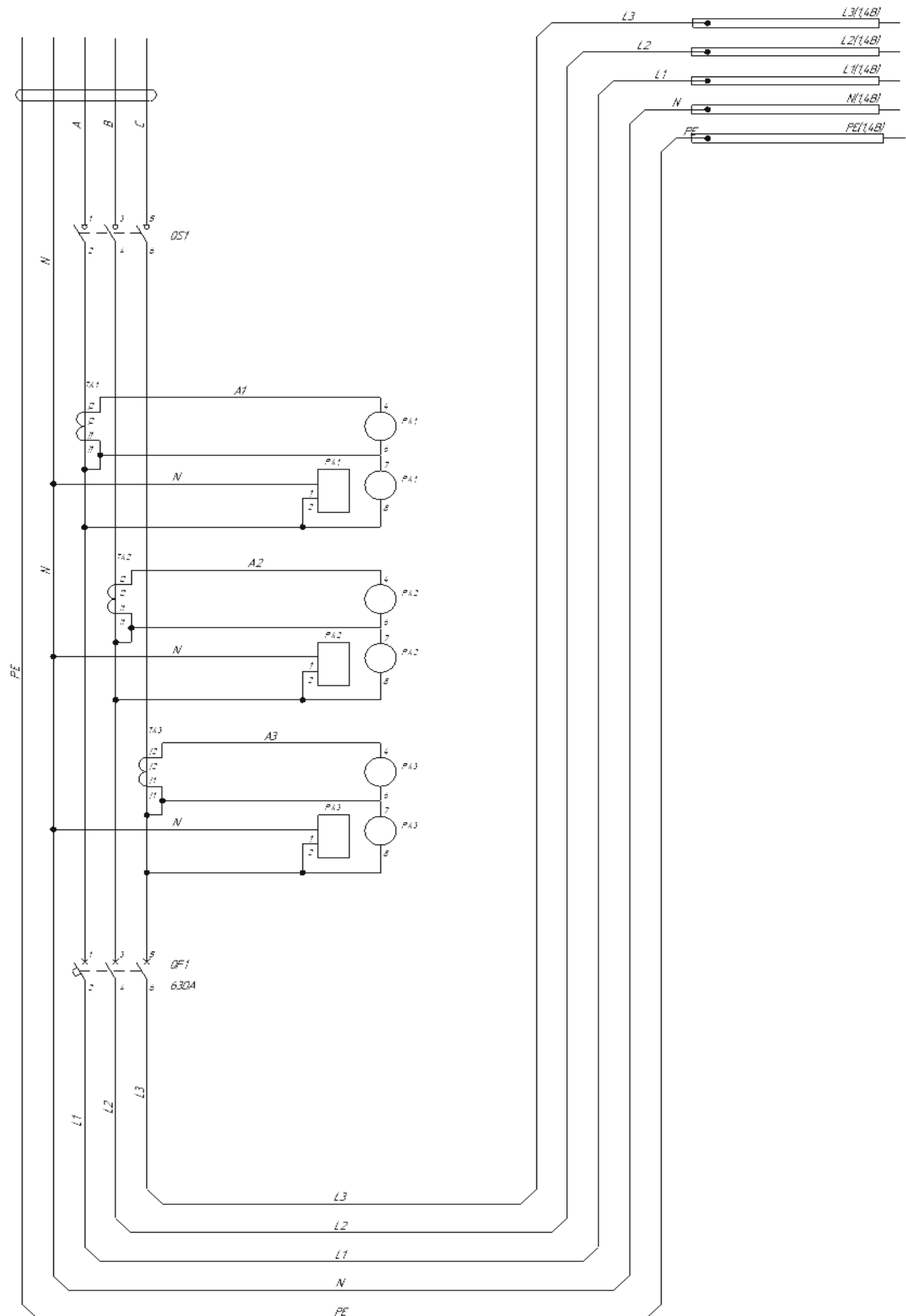


Рисунок 27 – Принципиальная схема ВРУ дробилки

Измерительный трансформатор тока выберем от производителя КЭАЗ ТТК-60-750/5А-10ВА-0,5-УХЛЗ. Трансформатор выбираем на номинальный ток не менее 630А. В дискретном ряду трансформаторов тока данному условию соответствует трансформатор тока ТТК-60-750/5А-10ВА-0,5-УХЛЗ. Трансформатор тока имеет класс точности 0,5. Коэффициент трансформации составляет 150, что соответствует условиям работы измерительных приборов. Стоимость данного трансформатора составляет 800 рублей.

Данная схема позволяет осуществить видимый разрыв цепи для проведения технического обслуживания и ремонта на отходящем электрооборудовании при помощи выключателя разъединителя, а также способна защитить в случае аварийного режима в отходящей линии при помощи силового автоматического выключателя. Далее после автоматического выключателя напряжение распределяется при помощи прямоугольных шин, уходящих в систему других силовых шкафов. Далее спроектируем схему расположения Э7 аппаратов в шкафу ВРУ. Изображение аппаратов спроектированной схемы расположения на монтажной панели, в шкафу ВРУ изображено на рисунке 28.

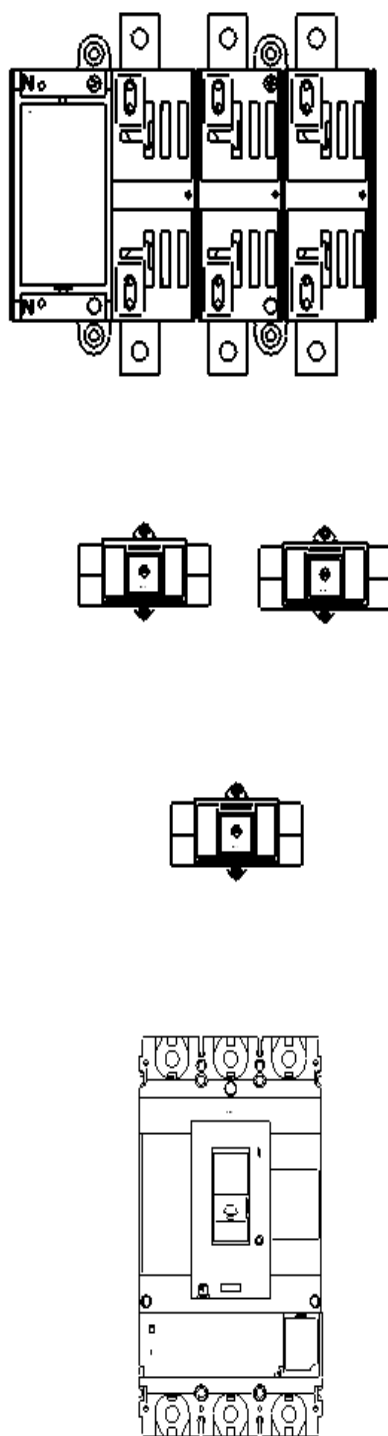


Рисунок 28 – Схема расположения аппаратов в шкафу ВРУ

На дверце шкафа ВРУ разместим приборы контроля параметров сети. Схема расположения аппаратов на дверце шкафа изображена на рисунке 29.

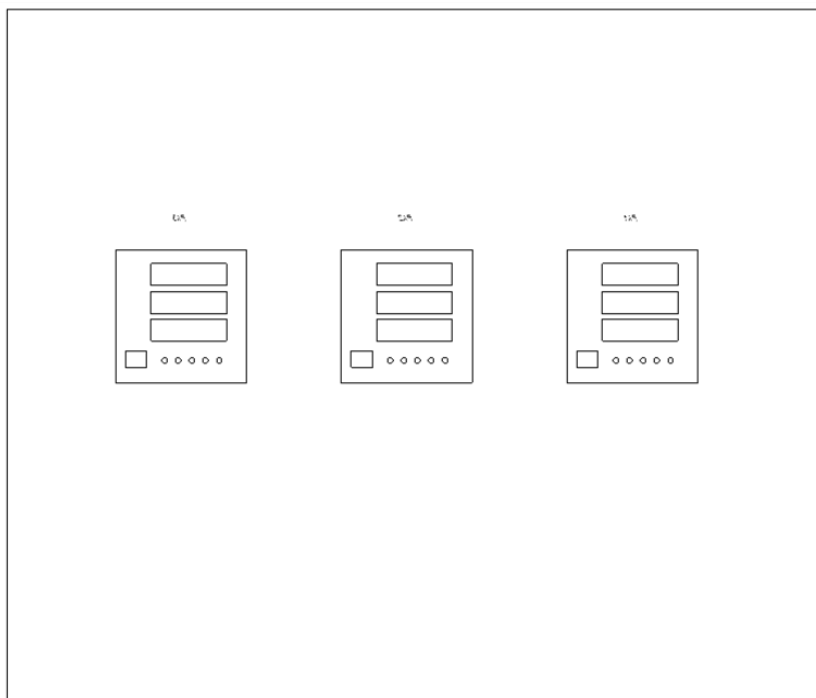


Рисунок 29 – Схема расположения приборов контроля параметров сети на дверце шкафа

Далее при помощи системы Компас-электрик спроектируем схему электрическую соединений Э4 (монтажная схема). Схема соединений аппаратов на монтажной панели изображена на рисунке 30. Схема соединений монтажная позволяет изобразить все устройства, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы, а также соединения между этими устройствами. Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме примерно соответствует действительному размещению элементов и устройств в изделии. Расположение изображений входных и выходных элементов примерно соответствует их действительному размещению в аппарате.

На данной монтажной схеме изображено примерное монтажное расположение на монтажной панели в шкафу вводно распределительного устройства. На каждом аппарате изображен номер контактного зажима, соответствующий его примерному расположению на аппарате. Изображена маркировка подключаемого провода, изображены адреса подключаемых

связей с указанием обозначения аппарата на принципиальной схеме. В скобках указывается номер подключаемого провода. Для данного участка соединяемых проводов системой присваивается номер жгута W1.

С помощью системы Компас-электрик спроектируем схему электрическую соединений для аппаратов контроля параметров сети, расположенных на дверце шкафа вводно распределительного устройства. Изображение монтажной схемы изображено на рисунке 31.

Далее создадим спецификацию для шкафа вводно распределительного. Спецификация изображена на рисунке 32.

При помощи системы КОМПАС-Электрик спроектированы основные документы шкафа вводно-распределительного для щековой дробилки. На основании этих документов составляется техническое задание на изготовление, а также ведомость покупных изделий.

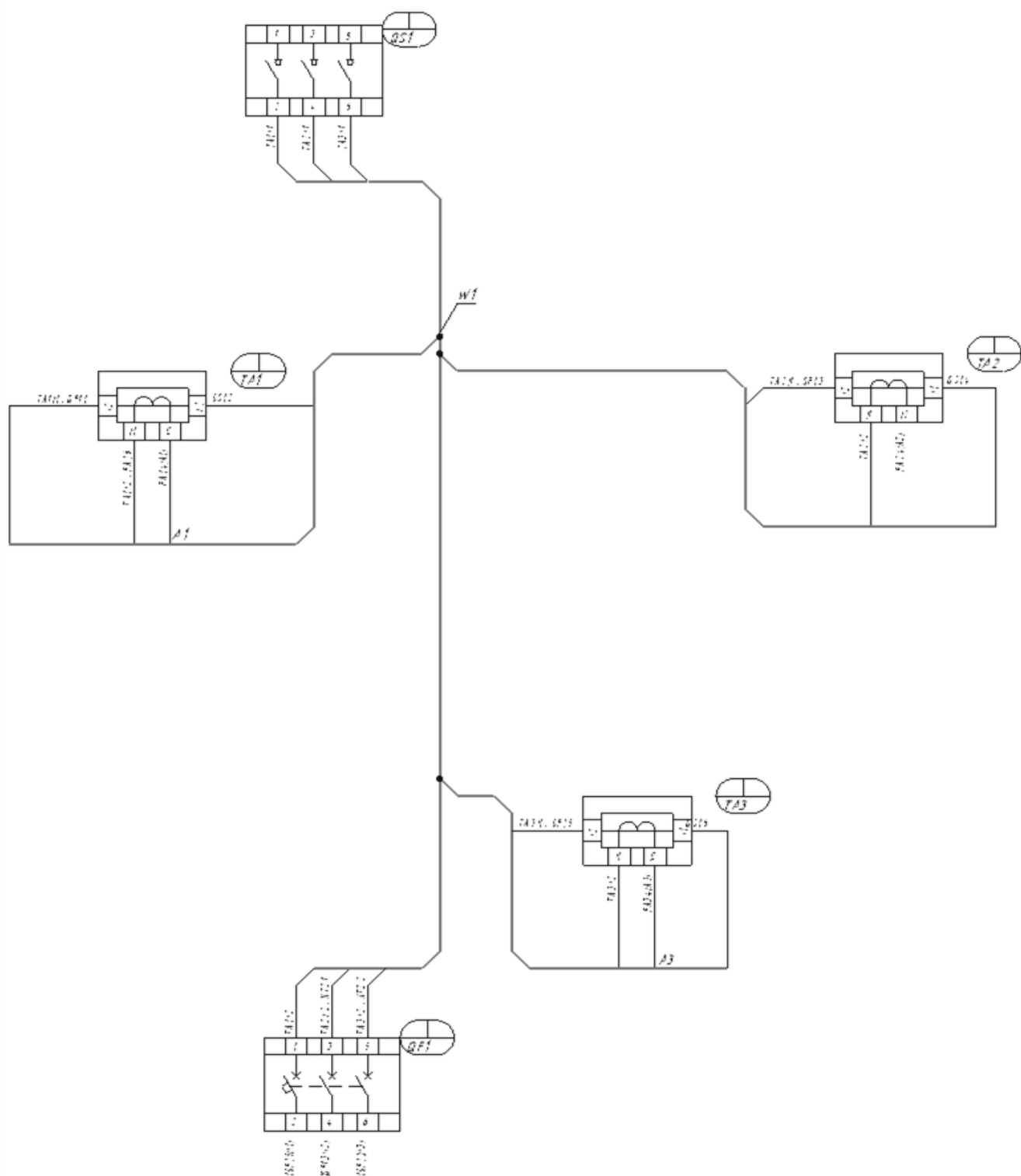


Рисунок 30 – Схема соединений аппаратов на монтажной панели

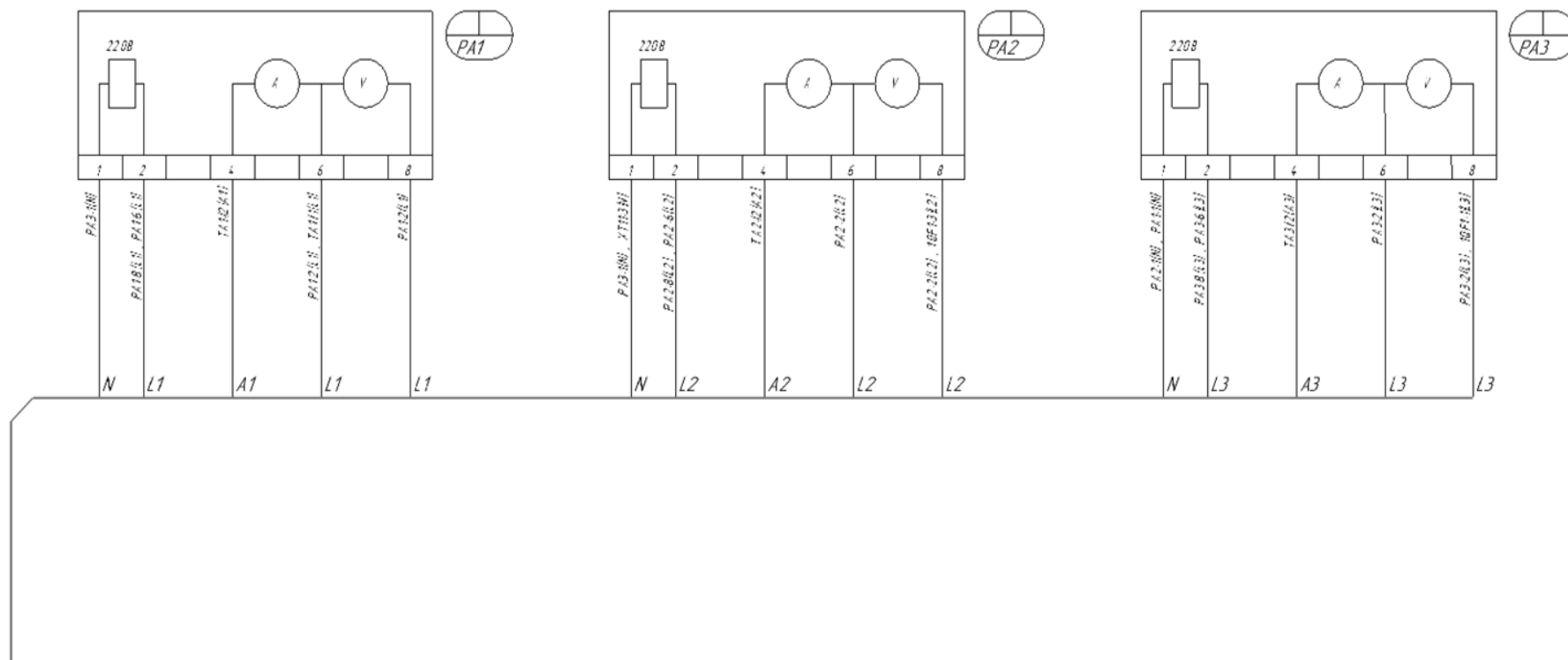


Рисунок 31 – Схема соединений аппаратов на дверце шкафа ВРУ

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код одобрения, изделия, материала	Завод-изготовитель, поставщик	Единица измерения	Количество	Масса единицы, кг	Примечания
	<u>Щиты и пульты</u>							
	<u>Щкафы ЩСУ</u>							
	<u>Дверца шкафа №1 (Ввод)</u>							
	Мультиметр	Мультиметр		-	шт.	3	0	
		ИМС-Ф1 Овен						
	<u>Панель шкафа №1 (Ввод)</u>							
	Выключатель автоматический	OptiMat D400N-MR2-УЗГОСТ Р	24 9225	КЭАЗ	шт.	1	6,2	
		50030.2-2010,						
		ТУ34 22-062-						
		05758109-2015						
	Выключатель автоматический	OptiMat D630N-MR2-УЗГОСТ Р	14 44 15	КЭАЗ	шт.	1	6,2	
		50030.2-2010,						
		ТУ34 22-062-						
		05758109-2015						

Рисунок 32 – Спецификация шкафа вводного распределительного устройства

3.3 Проектирование схемы цепей управления дробилки

Спроектируем при помощи системы КОМПАС-Электрик принципиальную схему управления электроприводом дробилки. И опишем логику ее работы. Схема изображена на рисунке 33.

После шкафа ВРУ напряжение 380В подается на группу шин, далее с шин напряжение подается на автоматический выключатель 1QF1 главного привода дробилки. После автоматического выключателя 1QF1 напряжение подается на преобразователь частоты, после которого подключен электродвигатель М1 привода дробилки. С фазы 1L1 после автоматического выключателя 1QF1 напряжение подается на модульные автоматические выключатели цепей управления дробилки. Для диагностики и быстрого устранения аварийных ситуации автоматы защиты установлены на каждом отдельном участке цепей управления. У каждого автоматического выключателя установлен дополнительный контактный модуль, сигнализирующий о его состоянии.

Вся логика работы схемы выполнена на программном реле ПР100. Для гальванической развязки цепей управления программного реле предусмотрены промежуточные интерфейсные реле разделяющие цепи 220В, на цепи управления 24В. Программное реле и интерфейсные реле получают питание -24В от блока питания TV1. В цепи питания блока установлен автоматический выключатель для защиты от аварийных режимов.

Для того, чтобы оператор дробилки перед запуском, понимал о готовности привода дробилки, схемой предусмотрено состояние готовности электродвигателя к запуску. Каждый открытый контакт автоматического выключателя заведен на дискретный вход DI1 программного реле, и при условии, что все контакты автоматов замкнуты, означает, что все автоматические выключатели находятся во включенном состоянии, программное реле включит реле готовности, которое в свою очередь включит световой индикатор на пультовой, означающий о готовности схемы к запуску.

В схеме предусмотрена кнопка аварийного отключения, находящаяся в машинном отделении возле электродвигателя на случай аварийного отключения. В рабочем режиме автоматический выключатель 1SF1 включен, кнопка 1SB1 не в нажатом состоянии и ее контакты замкнуты, при этом реле 1K1 включено. Контакт реле 1K1 замкнет цепь дискретного входа DI2 в цепи программного реле, тем самым подтверждая разрешение на запуск и работу электродвигателя дробилки. При нажатии кнопки 1SB1 потеряет питание реле 1K1, своими контактами реле разорвет контакт цепи DI2 программного реле, тем самым подаст команду на отключение. На пультовой сработает световой индикатор, сигнализирующий о срабатывании аварийной остановки. Программное реле подаст команду на включение реле 1K8. Реле 1K8 своими контактами замкнет цепь дискретного входа DI1 частотного преобразователя, подав сигнал на отключение. Электродвигатель дробилки отключиться. Кнопка аварийного отключения механически блокируется при ее нажатии и остается во включенном состоянии до момента ее непосредственной разблокировки. Это сделано для того, чтобы оператор не смог повторно запустить агрегат, не проверив причину аварийного останова. На пульт оператора отобразиться, что привод отключен от кнопки аварийного останова.

Остановка электропривода дробилки происходит нажатием кнопки стоп 1SB2. Стоповая кнопка расположена на пульте оператора безрешетной дробилки ДБ-5. При нажатии кнопки 1SB2 потеряет питание реле 1K2, своими контактами реле разорвет контакт цепи DI6 программного реле, тем самым подаст команду на отключение. Программное реле подаст команду на включение реле 1K8. Реле 1K8 своими контактами замкнет цепь дискретного входа DI1 частотного преобразователя, подав сигнал на отключение. Электродвигатель дробилки отключиться. Для защиты цепи отключения от аварийного режима, установлен автоматический выключатель.

Включение электродвигателя дробилки осуществляется нажатием кнопки пуск 1SB3. При нажатии кнопки 1SB3 получает питание промежуточное реле 1K3, своими контактами промежуточное реле 1K3

замкнет контакт в цепи дискретного входа DI7, сработает программа программного реле, включиться реле предпускового сигнала, 1K6 на 30 секунд, сработает светозвуковая сигнализация в цеху. Через 30 секунд, реле 1K6 отключиться, включиться промежуточное реле 1K7. Реле 1K7 замкнет контакт в цепи дискретного DI2 входа преобразователя частоты UZ1, преобразователь частоты включиться, электродвигатель главного привода дробилки начнет плавно увеличивать скорость вращения до номинальной. Дробилка запущена и готова к дроблению кормов.

На случай аварийных ситуаций в работе оборудования предусмотрены блокировки во время работы привода. Электродвигатель дробилки во время работы остановиться в четырех случаях. Первый случай - отключение кнопкой аварийного отключения, этот способ предназначен для отключения электродвигателя дробилки в том случае, когда необходимо отключить электродвигатель в цехе. Второй случай – блокировка по давлению масла, в случае, если давление масла в системе смазки подшипников упадет ниже установленной нормы, сработает реле давления, контакт реле давления разорвет цепь дискретного входа DI3, сработает программа программного реле, включиться реле 1K8, на дискретный вход преобразователя частоты подается сигнал на отключение, электродвигатель отключиться, на пультовой отобразиться сигнал об отключении привода по давлению масла. Третий случай – блокировка по перегреву подшипников в случае, если температура подшипников превысит установленный уровень, сработает программа реле ПР100, включиться реле 1K8, на дискретный вход преобразователя частоты подается сигнал на отключение, электродвигатель отключиться, на пультовой отобразиться сигнал об отключении привода по перегреву подшипников. В четвертом случае электродвигатель отключиться в случае неисправности вентилятора аспирации безрешетной дробилки ДБ-5. Как и в предыдущих случаях сработает программа на отключение привода, электродвигатель остановиться, на пульте отобразиться сигнал ошибки.

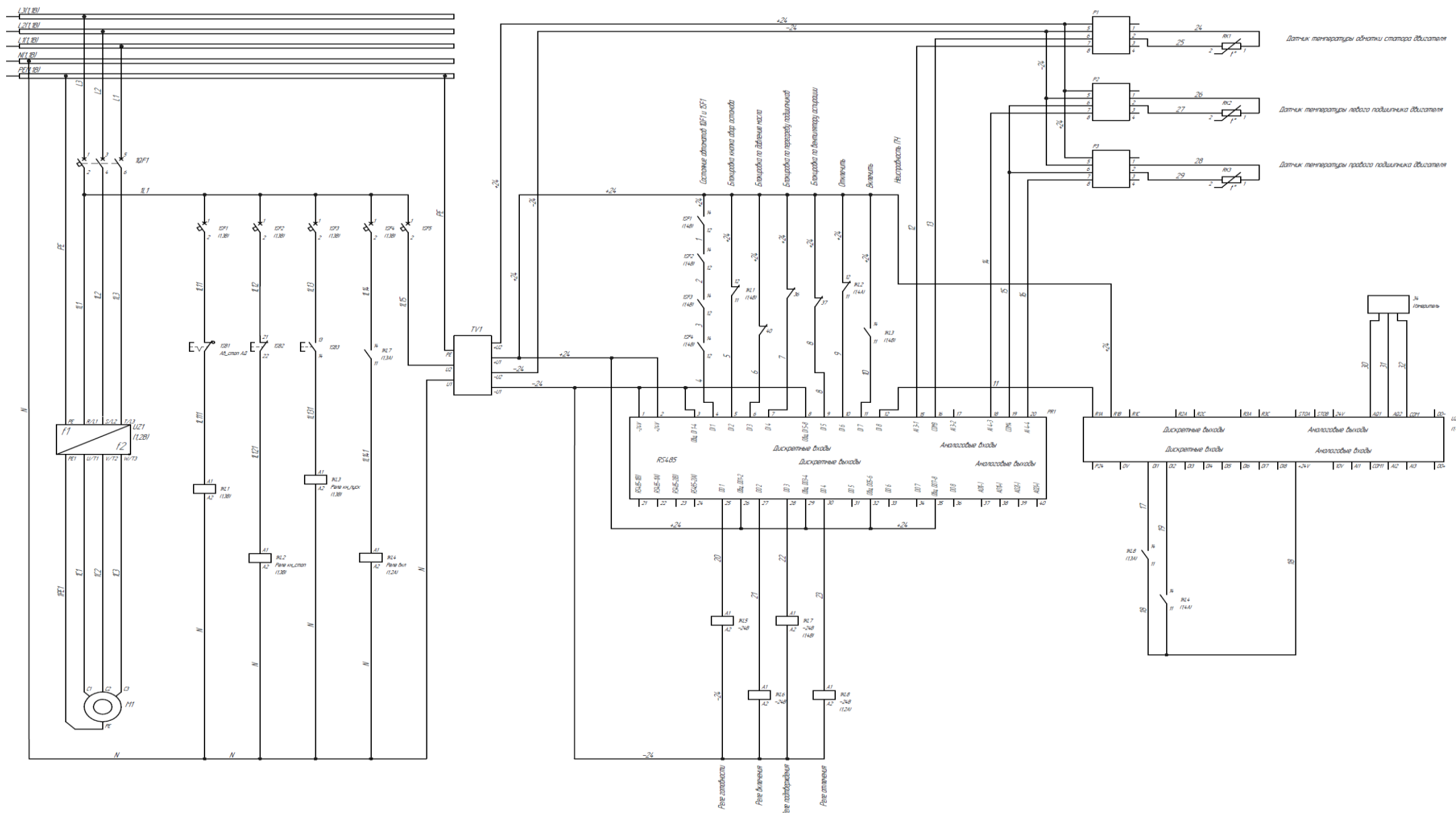


Рисунок 33 – Схема электрическая принципиальная электропривода дробилки

На следующем этапе с помощью системы КОМПАС-Электрик создадим схему расположения аппаратов на монтажной панели в шкафу управления дробилкой. Расположение аппаратов изображено на рисунке 34. Для управления дробилкой расположим аппараты управления так как показано на рисунке. В первую очередь установим автоматический выключатель, общий для всех цепей, далее от него расположим подключенные аппараты управления.

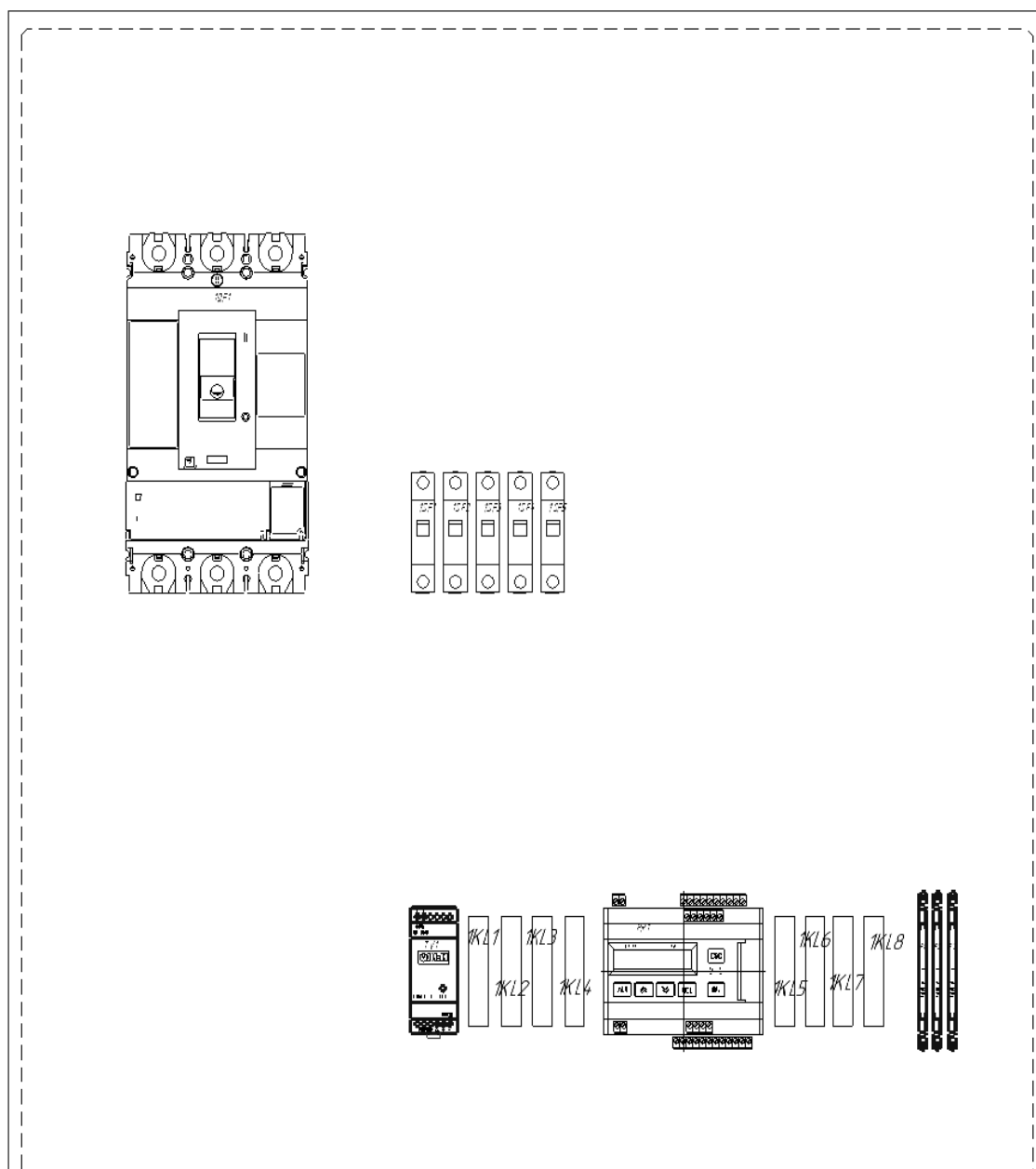


Рисунок 34 – Расположение аппаратов управления безрешетной дробилки ДБ-5

На основании схемы расположения аппаратов спроектируем схему соединений аппаратов на монтажной панели шкафа управления электроприводом безрешетной дробилки ДБ-5 и изобразим ее на рисунке 35. На схеме соединений отображена разводка силовых проводов и проводов вспомогательных цепей. В монтажной схеме расположение отдельных аппаратов, измерительных приборов, а также элементов одного и того же аппарата дается в соответствии с их действительным размещением.

На схеме соединений условно-графическое изображение аппарата соответствует монтажному виду аппарата. Указывается номер контакта и его примерное расположение соответствующему аппарату. Надпись условно-графического обозначения аппарата соответствует схеме принципиальной. К каждому рабочему контакту подведена линия связи. На линии связи указывается условно-графическое обозначение аппарата, от которого приходит линия связи. В скобках указывается маркировка потенциального узла. Все линии связи группируются при помощи групповой линии связи, утолщенная линия на чертеже. В точке подключения потенциального узла указывается номер линии связи.

Так же на схеме соединений отображается таблица клеммника. В клеммной таблице указывается адрес входа, номер зажима, маркировка провода, адрес выхода. В данном проекте клеммник спроектирован так, что для удобства монтажа все внутренние связи подходят слева, а все внешние связи подключаются с права.

Далее при помощи системы КОМПАС-Электрик при необходимости, аналогично рисунку 32 создадим спецификацию на шкаф управления дробилкой.

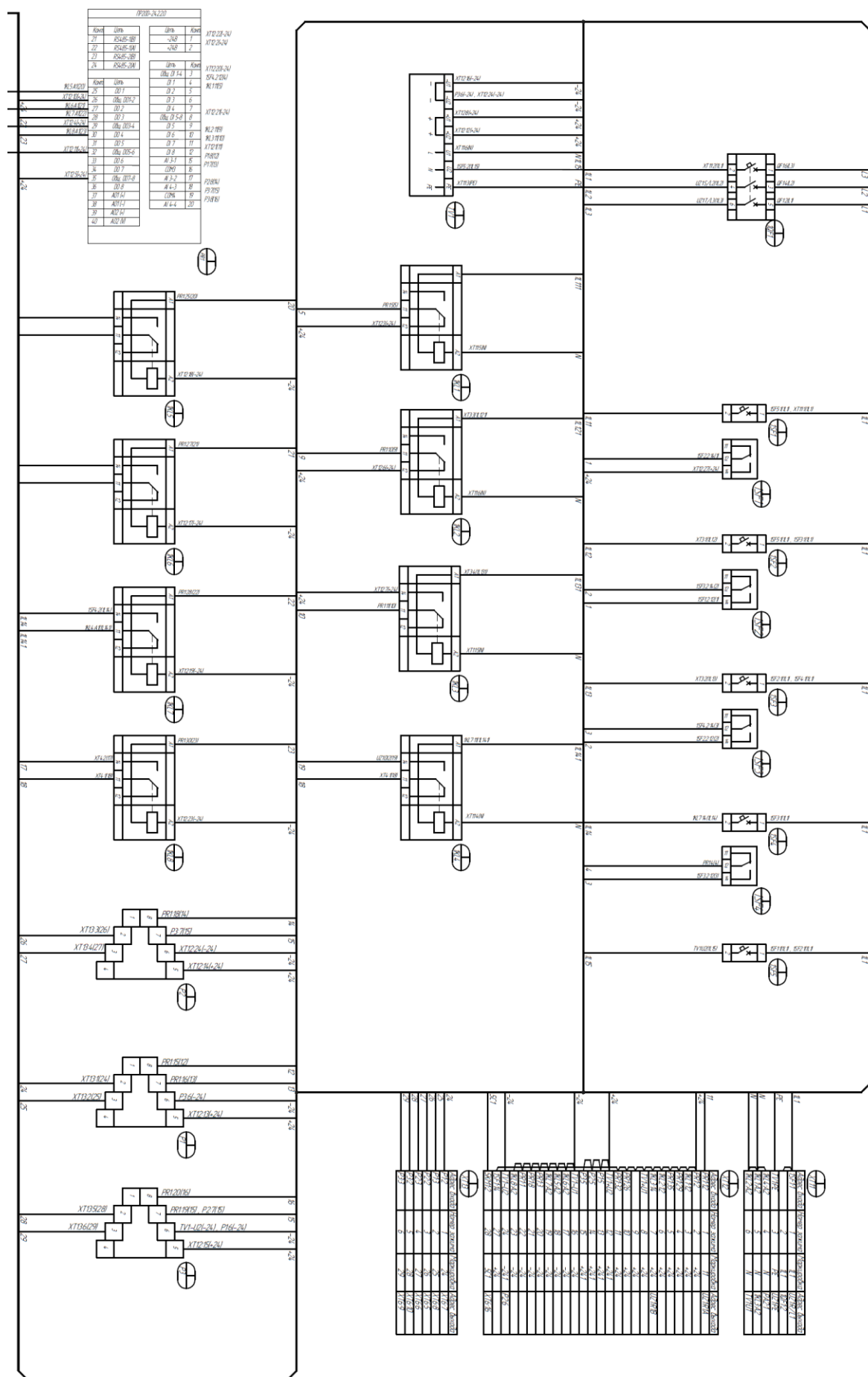


Рисунок 35 – Схема соединений аппаратов управления дробилкой

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была выбрана система дробления кормов. На основании этого была разработана принципиальная электрическая схема управления двигателем дробилки. Произведены расчеты мощности двигателя, пусковой и защитной аппаратуры, элементов автоматики, проводов управления, кабеля для питания электродвигателя и способа его прокладки.

Разработаны рекомендации по эксплуатации и ремонту электрооборудования; охране труда и природы. На основании расчетов дипломного проекта можно сделать вывод, что системы приготовления кормов повысит производительность труда и рентабельность сельскохозяйственных предприятий.

Значимым фактором, обеспечивающим высокую продуктивность молочного производства, является круглогодичное стойловое содержание коров и нетелей на ферме. Коровники, телятники и здания молодняка комплекса оборудованы. В данной выпускной квалификационной работе рассмотрена электрификация и автоматизация приготовления кормов таким образом, чтобы в них можно было содержать животных круглогодично.

Такой подход снижает травматичность и обеспечивает долгую и здоровую жизнь стаду, а современные технологии дают снижение затрат на приготовления кормов и лучшую усвояемость микро-и-макроэлементов из предоставляемых кормов.

В процесс разработки выпускной квалификационной работы у дробилки обнаружился ряд недостатков:

- 1) Сложность в техническом обслуживании
- 2) Большая вероятность выхода из строя используемого оборудования

Вследствие этого единственным моим предложением является автоматизация данного процесса при помощи микропроцессорного оборудования. Это внесёт в процесс кормоприготовления значительные

затраты, но через некоторое время окупит себя за счет повышения производительности и уменьшения физического труда в течении пяти лет. В целом дробилка ДБ-5 занимает неплохое место в сельском хозяйстве и значительно облегчает процесс кормоприготовления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 7.32-2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
2. Е.Н. Хаматнурова, Ю.А. Чурсина, Методические указания по выполнению выпускных квалификационных работ для студентов всех направлений, реализуемых кафедрой
3. Герасимович Л.С. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок: Колос, 2021 г.
4. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов учебник для вузов: № 40. Изд. 2, стереотип. 2022. — 480 с.
5. Ключев А.С. Наладка средств измерений и систем технологического контроля: учебник для вузов / А.С. Ключев. — 4-е изд., перераб и доп. — Москва: Энергоатомиздат, 2016. — 416 с. — ISBN 978-5-91872-090-5
6. Комаристов В.Е. Сельскохозяйственные машины: Дата поступления в ЭК РГБ 10.02.2016 г. 425 с.
7. Кудрявцев И.Ф. Электрооборудование сельскохозяйственных машин и агрегатов.-М.: Агропромиздат, 2010. — 479 с. — ISBN 5-10-001-738-4.
8. Кузнецов О.П. Системы автоматического управления: учебник для вузов / О.П. Кузнецов, Г.М. Лебедев. — 4-е изд., перераб. и доп. — Минск: Высшая школа, 2009г. — 125 с. — ISBN 978-985-488-00-70-9.
9. Москаленко В.В. – М82 Электрический привод: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Москаленко: Издательский центр «Академия», 2007. – 362 с. ISBN 978-5-7695-2998-6
10. Олейников В.Д. Агрегаты и комплексы.: Дата поступления в ЭК РГБ 17.05.2011 г. 111 с. ВБК-код П072.85
11. Пястолов А.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: «Колос», 2013. Дата поступления в ЭК РГБ 25.10.2012 г. 351 с

12. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства. (К.С. Харкута, С.В. Яницкий. Москва: Агропромиздат, 1992. 222 с.) — ISBN 5-10-000778-8.
13. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления / Е.П. Попов. — Москва: Наука, 1989. — 304 с. — ISBN 5-02-014025
14. Степанов А.С. Программируемые логические контроллеры в автоматизации производств: учебное пособие / А.С. Степанов. — Москва: Инфра-Инженерия, 2019. — 384 с. — ISBN 978-5-9729-0287-4.
15. Шатунов А.П. Промышленная автоматизация: учебное пособие / А. П. Шатунов, В.Н. Шатунов. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-4123-7.
16. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты / Р.Т. Шрейнер. — Екатеринбург: УРО РАН, 2000. — 654 с. — ISBN 5-7691-0936-7.
17. Юревич Е.И. Теория автоматического управления: учебник для вузов / Е.И. Юревич. — 3-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2016. — 560 с. — ISBN 978-5-9775-3501-2.
18. Комплексная механизация технологических процессов животноводства <http://mehanizaciya.blogspot.com> (дата обращения 25.05.2026)
19. Оборудование <http://www.agrotex.com.ua> (дата обращения 25.05.2026)
20. Автоматизированная линия конвейеров закрытого исполнения <https://intmash.com> (дата обращения 25.05.2026)