Министерство образования и науки Российской федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»
Кафедра «Техника и технологии в металлургии»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____Т.В. Баяндина
«___» _____2018 г.

Модернизация электропривода вентиляционной установки

шахты «Магнезитовая»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.03.02.2018. № 420. ПЗ.ВКР

Руководитель ст. препод.
_____ В.В.Михайлов
«___» _____2018 г.

Автор работы
студент группы ДО - 514
_____ В.А.Дьяков
«___» _____2018 г.

Нормоконтролер
к.и.н., доцент
_____Т.Н. Наволокина
«___» _____2018 г.

Челябинск 2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИУ)»
Кафедра «Техника и технологии в металлургии»
Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Т.В. Баяндина
_____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студента
Дьякова Василия Александровича

Группа ДО - 514

1 Тема работы:

Модернизация электропривода вентиляционной установки шахты «Магнезитовая»

утверждена приказом по университету от 04.04.2018г. № 650

2 Срок сдачи студентом законченной работы 02.07.2018 г.

3 Исходные данные к работе

1	Задание для выполнения выпускной квалификационной работы
2	Нормативно-техническая литература
3	Материалы курсовых проектов
4	Отчеты по производственной и преддипломной практикам

4 Содержание расчетно-пояснительной записки

1	Титульный лист
2	Задание на выпускную квалификационную работу
3	Аннотация
4	Содержание
5	Введение
6	Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

7	Анализ технологического процесса и разработка структуры системы управления
8	Основные требования к электрооборудованию электропривода
9	Безопасность жизнедеятельности
10	Экономический раздел
11	Заключение
12	Библиографический список
13	Приложения

5 Перечень вопросов, подлежащих разработке

1	Анализ отечественных и передовых зарубежных технологий и решений
2	Сбор исходных данных для разработки выпускной квалификационной работы
3	Изучение технической литературы и нормативной документации
4	Анализ технологического процесса объекта
5	Разработка структуры системы управления объектом
6	Разработка мероприятий по технике безопасности
7	Расчет технико-экономических показателей

6 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в виде презентаций в программе Power Point)

1	Модернизация электропривода вентиляционной установки шахты «Магнезитовая». Разработал Дьяков В.А. Проверил Михайлов В.В.—
2	Цель работы, назначение разработки, ее актуальность
	Анализ технического задания, результаты сравнения отечественных и передовых зарубежных технологий и решений
4…7	Основная часть разработки. Приводятся структурные, функциональные и электрические схемы проектируемого объекта, основные расчеты узлов и блоков, результаты экспериментальных исследований и модернизации и т.п.
8	Экономическая часть (сетевой график, стоимость затрат на разработку, экономический эффект)
9	Разработанные мероприятия по БЖД
10	Основные результаты работы. Возможные пути дальнейшего решения вопросов (развития работы)

7 Календарный план выполнения ВКР

п/п	Наименование этапов выполнения выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы
	Поиск и исследование литературы по теме выпускной квалификационной работы	28.04.2018 □ 06.05.2018
	Разработка и согласование с руководителем 1 и 2-го разделов ВКР	07.05.2018 □ 15.05.2018
	Подбор, изучение и проработка практических материалов, разработка и согласование с руководителем 3 и 4-го разделов ВКР	16.05.2017 □ 15.06.2018
	Согласование с руководителем введения, выводов и предложений	16.06.2018 □ 20.06.2018
	Сдача ВКР для нормоконтроля	21.06.2018 □ 29.06.2018
	Проверка ВКР на заимствование в системе «Антиплагиат»	29.06.2018 □ 01.07.2018
	Представление ВКР на кафедру	02.07.2018
	Подготовка доклада и графического материала	03.07.2018 □ 09.07.2018
	Проведение предварительной защиты ВКР	10.07.2018
0.	Защита выпускной квалификационной работы	12.07.2018 □ 14.07.2018

8 Дата выдачи задания 04.04.2018 г.

Руководитель ВКР _____ В.В. Михайлов.
(подпись) (И.О. Ф.)

Задание принял к исполнению_____ В.А. Дьяков.
(подпись студента) (И.О. Ф.)

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….9

1 ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И ПЕРЕДОВЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК ……...

2 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОНОЙ УСТАНОВКИ ШАХТЫ «МАГНЕЗИТОВАЯ» ПРОБЛЕМЫ МОДЕРНИЗАЦИИ …….

2.1 Вентиляционная установка главного проветривания……..15

2.2 Реверсивный двухступенчатый осевой вентилятор ВОД – 30.....17

2.3 Синхронный электродвигатель СДВ 15 – 49 – 12УЗ……..20

2.4 Комплект унифицированной аппаратуры автоматизации шахтных Вентиляторов типа УКАВ – 2 ……24

2.5 Система смазки подипников……....28

2.6 Анализ режима работы вентиляционной установки шахты «Магнезитовая»…….

3 ПОВЕРКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА…….…..37

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ШАХТЫ «МАГНЕЗИТОВАЯ» ДЛЯ ЗИМНЕГО И ЛЕТНЕГО ПЕРЕОДОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ…….

5 МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ……..

6 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДЫВАНИЯ…….50

6.1 Назначение и область применения……...50

6.2 Устройство и работа изделия ……..52

6.3 Технические характеристики ПЧСН……55

6.4 Условия работы……..59

6.5 Состав электропривода на базе ПЧСН……61

7 ОРГАНИЗАЦИОННО – ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ…….....71

7.1 Расчет затрат при существующей схеме работы вентиляционной Установки шахты «Магнезитовая»…….…..71

7.2 Расчет затрат в проектном варианте……..……..76

7.3 Капитальные вложения в модернизацию……..……...79

7.4 Экономический эффект……..……80

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЙТЕЛЬНОСТИ……..82

8.1 краткое описание рассматриваемого объекта…….……....82

8.2 Вредные и опасные производственные факторы и их анализ……...82

8.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса……....83

8.4 Соответствие нормативов по охране труда……..85

8.5 Производственная санитария…….89

8.6 Эргономика и производственная эстетика…….…91

8.7 Противопожарная безопасность и взрывобезопасность……..….92

8.8 Экологическая безопасность……...94

8.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных
Ситуаций…….……..95

ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….…..……96

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…….……97

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А……98

Приложение Б……99

Приложение В……...100

Приложение Г……..101

Приложение Д……..102

Приложение Е…….…….103

Приложение Ж…….....104

Приложение З……..….105

Приложение И……..…106

Приложение К……..…107

Приложение Л……..…108

Приложение М……..109

Приложение Н ……..110

АННОТАЦИЯ

Дьяков В.А. Модернизация электропривода вентиляционной установки шахты «Магнезитовая». – Челябинск: ЮУрГУ, ТТМ; 2018, 96 с., 9 ил., 2 прил.,11 л.графической части в виде презентаций в программе Power Point., библиографический список – 14 наим.

В выпускной квалификационной работе рассмотрен вариант модернизации электропривода вентиляционной установки шахты «Магнезитовая».

Внедрение тиристорного преобразователя частоты позволило управлять производительностью вентиляционной установки без остановки добычи сырого магнезита на шахте, а также позволит экономить электроэнергию.

Выполнен расчет аэродинамических характеристик вентиляционной установки. Произведен анализ режимов работы вентиляционной установки и даны рекомендации по регулированию частоты вращения приводного двигателя.

Дана оценка экономической эффективности предложенного варианта модернизации и срок окупаемости.

В разделе безопасности жизнедеятельности произведён анализ всех производственных и экологических опасностей. Предусмотрены основные меры по охране труда и определены требования производственной санитарии и экологии.

ВВЕДЕНИЕ

Горнорудная промышленность занимает одну из ведущих позиций в макроэкономике нашей страны. Это в большой мере объясняется тем, что основными потребителями магнезитовых изделий являются стратегические предприятия черной и цветной металлургии, машиностроения и других крупных отраслей.

ПАО «Комбинат» «Магнезит» - это крупнейшее предприятие по добыче и переработке магнезитовой руды. Выпуск магнезиальной огнеупорной продукции Комбинат начал в 1901 году. Сегодня он обеспечивает полный цикл производства огнеупоров - от добычи сырья до отгрузки продукции конечным потребителям. Наличие собственной минерально-сырьевой базы создает основу для широкого продуктового портфеля формованных и неформованных огнеупорных продуктов. Основной добычей магнезитовой породы на сегодняшний день производится шахтой.

Вентиляция шахты занимает ответственное место в производственном процессе. Возможность ведения горных работ, здоровье и производительность труда рабочих в значительной степени зависят от состояния проветривания горных выработок в процессе эксплуатации. В шахте постоянно изменяются длина, сечение и число горных выработок, утечки воздуха между выработками и естественная тяга. Это обуславливает тем, что изменяются сопротивления шахтной сети. Также меняется работа производственной мощности шахт, газовыделение из горных пород и температура поступающего в шахту воздуха с изменением времени года. Отсюда меняются требования к потребному количеству воздуха, которое должны подавать вентиляционные установки. В силу этих причин действительный вентиляционный режим всегда бывает переменным и отличающимся от проектного. Шахтные вентиляционные установки главного проветривания должны иметь устройства, позволяющие значительно изменять их аэродинамическую характеристику без существенного уменьшения к.п.д., то есть возникает необходимость экономичного и глубокого регулирования этих установок.

Шахта «Магнезитовая» эксплуатирует вентиляционную установку с вентилятором типа ВОД - 30 начиная с 1980 года. Электропривод установки выполнен на базе синхронного электродвигателя типа СДВ 15 - 49 - 12. Регулирование производительности вентилятора осуществляется поворотом лопаток рабочих колес, при постоянной скорости вращения приводного электродвигателя. Процесс поворота лопаток рабочих колес вентилятора происходит при остановленной работе вентиляционной установки, что влечет за собой простой добычи магнезита в течение двух смен.

Цель: уменьшение количества времени простоев шахты «Магнезитовая»

Задача:

- определить параметры работы вентиляционной установки шахты «Магнезитовая».
- внедрить частотный преобразователь в электропривод шахтного вентилятора.
- произвести технико - экономический расчет.

Предмет: электропривод шахтного вентилятора.

Объект: вентиляционная система шахты «Магнезитовая»

1 ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И ПЕРЕДОВЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Современные технологии автоматизации технологических процессов базируются в значительной степени на частотно-регулируемом электроприводе. В настоящее время возрос интерес к внедрению частотного регулирования мощных высоковольтных асинхронных и синхронных электродвигателей. Такие электродвигатели широко используются при трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов, в металлургической, горнодобывающей промышленности, а так же для перекачки воды. Это позволило расширить круг рациональных технических решений для различных схем и видов ВПЧ с автономными инверторами тока (АИТ) и напряжения.

Автономные инверторы напряжения (АИН) в целом определился, но процесс их совершенствования непрерывно продолжается в связи с появлением новых силовых полупроводниковых элементов. Наиболее известна продукция таких фирм, как ABB, Siemens,Allen-Bradley, Toshiba, Mitsubishi, Robicon, Ansaldo, Alstom, ESTEL, GE,Hyundai и других, предприятие ОАО «ВНИИР» в составе международной группы компаний. В свою очередь, ABC Холдинг разработала высоковольтные преобразователи частоты серии ABS-DRIVE для регулирования скорости асинхронных и синхронных электродвигателей, удовлетворяющих самым жестким требованиям стандарта IEEE 519 1992 относительно гармонического искажения тока и напряжения.

Преобразователи частоты ABS-DRIVE рассчитаны на работу с синхронными и асинхронными электродвигателями мощностью до 5000 кВт и наиболее эффективные при работе на низких скоростях. Высоковольтные частотные преобразователи Power Flex 7000 производит Rockwell Automation. Такие преобразователи разработаны для управления высоковольтными асинхронными и синхронными двигателями напряжением от 2,4 до 10,0 кВ в диапазоне мощностей от 250 до 24000 кВт. Силовая схема имеет относительно простую структуру,

имеется минимальное количество силовых элементов и отсутствуют высоковольтные электролитические конденсаторы. Это дает возможность использования совместно с ВЧП серийных электродвигателей без доработки, без согласующих элементов и фильтров.

Новое поколение ПЧ Estel Pluss AS для высоковольтного асинхронного и синхронного электропривода содержит три фазные секции, соединенные по схеме «звезда». В каждой секции последовательно включены силовые модули, образующие функциональные узлы выпрямителя и инвертора. Питание секций осуществляется от вторичных обмоток трансформатора, первичным напряжением которого является питающая высоковольтная сеть. Входной выпрямитель работает в режиме ШИМ - преобразования. Инвертор работает в режиме ШИМ - синуса, формируя на выходе практически синусоидальный ток.

ПАО «Электровыпрямитель» обеспечил рынок и выпустил новую серию высоковольтных преобразователей частоты, выполненных по двухтрансформаторной схеме с использованием низковольтных ПЧ «Омега». Входной трансформатор преобразует входное напряжение (3 фазы, 6000 В) в пониженное выходное напряжение (3фазы, 380 В). Силовая часть ПЧ реализована на современных IGBT и диодно-тиристорных модулях, выпускаемых ПАО «Электровыпрямитель». Серия частотно - регулируемых электроприводов РЭН2В на базе двух трансформаторной схемы (мощность - от 160 до 3200 кВт) предназначена для регулирования частоты вращения асинхронных и синхронных двигателей с напряжением питания 3, 6, 10 кВ. Преобразователи частоты комплектуются входным (сетевым) понижающим и выходным повышающим трансформаторами. Для наращивания мощности преобразователей РЭН2В использовано параллельное соединение группы низковольтных преобразователей. В преобразователях РЭН2В полностью решены специфические вопросы управления и защиты высоковольтной части, равномерного распределения нагрузки между группой низковольтных преобразователей, работы на трансформаторную нагрузку [8].

Основываясь на анализ известных схем ПЧ наибольший интерес представляет «двухтрансформаторная» схема, которая содержит в себе последовательно включенные элементы:

- понижающий трансформатор;
- низковольтный выпрямитель;
- инвертор;
- повышающий трансформатор ;
- электродвигатель.

Основным преимуществом подобного решения является возможность применять стандартное оборудование, серийно выпускаемое большим количеством Российских предприятий. Однако диапазон регулирования двухтрансформаторных схем ограничен соотношением (1:2), так как обычные трансформаторы некачественно работают на низкой частоте (такой диапазон достаточен лишь для регулирования электроприводов насосов и вентиляторов). Из отечественных разработок можно выделить преобразователи ПЧСВ, ПЧСН инженерной компании «Технорос» (Санкт-Петербург).

Высоковольтные тиристорные преобразователи частоты серии ПЧСВ предназначены для регулирования частоты вращения механизмов с приводными синхронными двигателями напряжением 6 и 10 кВ и мощностью от 1 до 10 МВт. ПЧСВ строится по схеме вентильного двигателя и включает в себя высоковольтный выпрямитель, инвертор, ведомый сетью и сглаживающий дроссель (ДС) в звене постоянного тока. ПЧСН - преобразователи частоты с низковольтной вентильной частью применяются в области преобразователей частоты ПЧС. Онаологичные назначению и области применения высоковольтных преобразователей частоты ПЧСВ. Для двигателей мощностью до 1600 кВт и к вентиляторным характером нагрузки, целесообразно использовать преобразователь частоты ПЧСН. Его отличительными особенностями являются низковольтная часть и наличие согласующих трансформаторов на входе и выходе. Возможно использование как масляных, так и сухих трансформаторов.

В настоящее время большинство ВЧП имеют типовые структуры с инверторами тока или напряжения. Структура ВЧП в основном определена как с инверторами тока, так и с инверторами напряжения.

Проблема электромагнитной совместимости ВЧП с двигателем и питающей сетью решается выбором такой структуры преобразователя и управления и с помощью разнообразных ШИМ, при которой добиваются практически синусоидальных входных и выходных токов и напряжений. Сейчас существует достаточно большое количество уже разработанных и поставляемых под заказ ВПЧ для управления асинхронными и синхронными двигателями. Чаще всего это продукция зарубежных производителей. Сравнивая ВЧП российских и импортных производителей можно утверждать, что импортные преобразователи являются более качественными и надежными. Так же, они являются функционально избыточными, и имеют более высокую стоимость. В настоящее время отечественные ПЧ уступают импортным по эффективности, качеству и надежности, выигрывая лишь в стоимости. В данный момент повысился интерес и внимание отечественных разработчиков к силовой электронике к проблемам конструирования ВЧП. Это дает надежду, что разрыв в качестве и надежности импортных и отечественных преобразователей будет неуклонно сокращаться.

Например, московская компания «Л-Старт» занимается разработкой и производством ВЧП, которые по техническим и эксплуатационным параметрам не уступают аналогичным устройствам японских и европейских производителей, а по ряду характеристик превосходят их.

В данном разделе представлено сравнение отечественных и зарубежных производителей управляемых электроприводов на базе преобразователей с низковольтной вентильной частью ПЧНС. И Российские и зарубежные производители , разрабатывают и выпускают продукцию, которая соответствует и отвечает требованиям мировых стандартов.

2 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ШАХТЫ «МАГНЕЗИТОВАЯ». ПРОБЛЕМЫ МОДЕРНИЗАЦИИ

2.1 Вентиляционная установка главного проветривания шахты

Исследуемая вентиляционная установка главного проветривания состоит из одного вентилятора типа ВОД - 30, приводного синхронного электродвигателя типа СДВ 15 - 49 - 12УЗ, системы смазки ЦС - 70М, унифицированного комплекта аппаратуры автоматизации типа УКАВ - 2, здания, калориферной, каналов, фундаментов и глушителя шума. В здании располагается вентилятор с приводными электродвигателями, системой смазки и унифицированным комплектом аппаратуры автоматизации.

Здание оборудовано ручным мостовым краном необходимым для обслуживания и ремонта вентилятора. Температура в здании поддерживается положительной (не ниже +5 °С), это необходимо для того, чтобы смазка в маслосистеме вентилятора не застывала.

Подводящий канал, соединяющий вентиляторы со стволом шахты, выполнен прямоугольного сечения и сооружён из бетона. Так же для доступа в канал предусмотрены герметичные люки. С учетом перепада давлений между атмосферой и каналом в месте установки люков установлены шлюзовые камеры. Двойное колено, в отличие от остальной части канала, имеет круглое сечение и расположено перед вентилятором, под приводным электродвигателем.

В подводящем канале размещены приемники давления станции замера подачи и давления вентиляционной установки. Они представляют собой металлические пластины размером 250х250 мм с центральным отверстием диаметром от 10 до 15 мм. К их задней стороне герметично приварены трубы, по которым пневмометрический импульс передается на дифманометры. Здесь используются дифманометры следующих типов:

— дифманометр мембранный типа ДМИ ;

— Р с дифтрансформаторным преобразователем, предельный перепад

давления 160 кгс/м^2;

— дифманометр мембранный типа ДМИ -Т с дифтрансформаторным преобразователем, предельный перепад давления 630 кгс/м^2;

Так же используются следующие малогабаритные вторичные приборы для работы в комплекте с дифманометрами:

— малогабаритный вторичный прибор типа ВФС - 220РР для работы в комплекте с ДМИ - Р (шкала от 0 до 400 м^3/с) 220 В;

— малогабаритный вторичный прибор типа ВФС - 220РР для работы в комплекте с ДМИ - Т (шкала от 0 до 630 кгс/м^2) 220 В;

— малогабаритный вторичный прибор типа ВФС - 200РР для работы в комплекте с ДМИ - Р (шкала от 0 до 400 м^3/с) 220 В;

— малогабаритный вторичный прибор типа ВФС - 200РР для работы в комплекте с ДМИ - Т (шкала от 0 до 630 кгс/м^2) 220 В.

Приемники давления установлены по одному на боковых и верхней стенках канала на ровном его участке.

Такая вентиляционная установка является нагнетательной. В подводящий канал вентилятора воздух поступает через калориферную для подогрева воздуха, смонтированную в здании. Затем через тройник подводящего канала, двойное колено, вентилятор, диффузор и выходной канал воздух поступает к стволу шахты, при реверсировании, которое осуществляется за счёт изменения направления вращения приводного электродвигателя, воздушная струя перемещается поэтому же пути, но в противоположном направлении.

В нагнетательных установках наиболее опасным для окружающей территории является распространение шума от всасывающей стороны вентиляторов через калориферную и ее проемы. Шум нагнетательной стороны вентиляторов не имеет выхода наружу и затухает в нагнетательном канале и стволе. Поэтому, глушитель шума размещён на всасывающей стороне вентилятора, на участке подводящего канала между калориферной и тройником канала, а не на нагнетательной стороне установки. Глушитель представляет собой несколько стенок из звуко-

поглощающих блоков, расположенных параллельно движению воздушного потока.

2.2 Реверсивный двухступенчатый осевой вентилятор ВОД - 30

Реверсивный двухступенчатый осевой вентилятор ВОД - 30 предназначен для главного проветривания шахт и рудников с потребным расходом воздуха соответственно до 100 и 200 $м^3/с$ и давлением до 300 даПа. Как правило, это шахты малой и средней глубины с всасывающим, нагнетательным или нагнетательно - всасывающим способом проветривания. Вентилятор может так же применяться для перемещения свежего воздуха или неагрессивных газов с температурой от (+50) до (□ 20) °С. И запыленностью не более 30 $мг/м^3$ в системах обмена воздуха, воздуха - подачи и газоочистки предприятий различных отраслей промышленности.

Вентилятор ВОД - 30 выполнен реверсивным, то есть обеспечивает подачу не менее 60 % воздуха в направлении, обратном обычному, и не требует для осуществления реверса каких-либо дополнительных устройств. Реверсирование воздушной струи происходит за счёт изменения направления вращения приводного электродвигателя с одновременным изменением угла установки лопаток направляющего и спрямляющего аппаратов, оно необходимо при возникновении пожара в шахте.

Для вентилятора ВОД - 30 основной частотой вращения является 500 об/мин., которая рекомендована Минуглепромом СССР при эксплуатации вентиляторов на угольных шахтах. Вместе с тем, когда это необходимо, допускается использование ВОД - 30 с частотой вращения 600 об/мин., что допускается его конструкцией по прочности. Имеется положительный опыт эксплуатации ВОД - 30 при частоте вращения 600 об/мин., на ряде шахт в течение нескольких лет.

Технические характеристики вентилятора ВОД -30:

- □ диаметр рабочего колеса 3000 мм;
- □ частота вращения 500 об/мин;

- номинальная подача 120, $м^3/с$;
- окружная скорость по концам лопаток f 8,5 м/с;
- номинальное статическое давление установки 24000 Па;
- подача в рабочей зоне при статическом. к.п.д. > 0,6 $м^3/с$ от 50до 224;
- статическое давление установки в рабочей зоне при;
- статическом к.п.д. > 0,6, Па. от 8000 до 29000;
- максимальный статический к. п. д. установки 0,8;
- средневзвешенный к. п. д. установки в нормальной области режимов 0,76;
- глубина регулирования по давлению 0,72;
- потребляемая мощность в рабочей зоне от 120 до 670кВт;
- масса вентилятора (без электрооборудования) 32320кг;
- динамический момент инерции 12800 кг $м^2$.

габаритные размеры, мм:

- длина 19080;
- ширина 4300;
- высота 4300.

Шумовая характеристика вентилятора ВОД - 30 допускает установку на расстоянии не менее 400 м от районов жилой застройки при частоте вращения 500 об/мин и не менее 500 м при частоте вращения 600 об/мин. В том и в другом случаях вентиляционные установки должны быть оборудованы глушителями шума.

Ротор осевого вентилятора ВОД - 30 представляет собой вал с насаженными на него рабочими колесами, подшипниковыми опорам и полумуфтой. Втулка рабочего колеса диаметром соответственно 1800 мм выполнена сварной, двухдисковой, со ступицей и цилиндрическим ободом. На каждой из втулок установпаны по 12 лопаток. Лопатки рабочих колес вентилятора ВОД - 30 сварно - клепаные, пустотелые, состоящие из несущего хвостовика, двух листов обшивки, армирующего ребра и донышек. Они выполнены профилированными, с переменным углом расположения профилей по высоте. Лопатки крепятся к втулке спе-

циальными затворами, позволяющими при остановленном вентиляторе плавно поворачивать их в пределах 15 45° для регулирования подачи и давления. Поворот, а также снятие и замену лопаток осуществляют через люки кожуха. При необходимости значительного снижения давления вентилятора часть лопаток может быть снята. Исследования показали, что предпочтительным вариантом является снятие шести лопаток (через одну) на рабочем колесе второй ступени.

Кожух вентиляторов ВОД - 30 сварной, выполнен из двух половин, с горизонтальным разъемом. В кожухе размещены направляющие и спрямляющий аппараты, а также опоры радиального и радиально-упорного подшипников.

Направляющий и спрямляющий аппараты состоят из 14 лопаток каждый. Лопатки поворотные. Для осуществления их поворота на 180° густота решетки <1. При прямой работе вентилятора лопатки направляющего и спрямляющего аппаратов установлены под углом 75° к плоскости вращения колеса, причем в целях регулирования подачи лопатки направляющего аппарата могут поворачиваться в пределах 35 75°.

При реверсировании воздушной струи лопатки направляющего аппарата поворачиваются на 153°, устанавливаясь под углом 78° к плоскости вращения колеса. Соответственно лопатки спрямляющего аппарата поворачиваются на 158°, устанавливаясь под углом 83°.

Лопатки обоих аппаратов являются двух опорными: к внутренней втулке они крепятся шарнирно с помощью болта со сферической головкой, входящей в бронзовый вкладыш лопатки, а к наружной обечайке корпуса посредством приводного валика, соединяющегося с лопаткой шлицевой втулкой или входящим в паз валика выступом. Приводные валики на двух шарикоподшипниках установлены в стаканах кожуха. Закрепленные на валиках барабаны с помощью охватывающих их канатов связаны с приводным кольцом, установленным, вокруг кожуха вентилятора. Поворот кольца, осуществляемый с помощью сервопривода, через канаты и барабаны передается лопаткам, обеспечивая одновременный поворот всех 14 лопаток на необходимый угол.

Коллектор, как и диффузор вентилятора ВОД - 30, выполнен в, виде цельнометаллических сварных конструкций.

Для привода вентилятора применяют синхронный высоковольтный электродвигатель СДВ 15 - 49 - 12УЗ.

С ротором вентилятора электродвигатель соединяется подвесным трансмиссионным валом, на концах которого установлены муфты. В вентиляторе ВОД - 30, муфты зубчатые.

Моторные муфты используются в качестве тормозных шкивов для колодочных тормозов, оборудованных электромагнитным приводом.

Для смазки подшипников вентилятор комплектуется маслостанциями циркуляционной смазки, включающими маслобак, рабочий и резервный насосы, фильтр и необходимую арматуру.

2.3 Синхронный электродвигатель СДВ 15 - 49 - 12УЗ

Синхронный электродвигатель СДВ 15 - 49 - 12УЗ предназначен для привода вентиляторов и других механизмов с большими динамическими моментами инерции вращающихся частей.

Расшифровка обозначения: С □ синхронный; Д □ двигатель; В □ для привода вентилятора; две цифры после буквенной части □ № габарита; две следующие цифры □ полная длина сердечника статора в см; две последние цифры число полюсов.

Основные технические данные и характеристики синхронного электродвигателя СДВ 15-49- 12УЗ:

- напряжение питающей сети переменного тока 6000 кВт;
- частота питающей сети, 50 Гц;
- коэффициент мощности , 0,9 cosφ;
- к.п.д. ,94 %;
- номинальная мощность, 800 кВт;

– номинальное напряжение статора, 6000 В;

– номинальный ток статора, 91 А;

– номинальное напряжение ротора, 41 В ;

– номинальный ток статора, 240 А;

 воздушный зазор, мм:

а) номинальный расчетный 4,5 ;

б) фактический средний 4,1;

– синхронная частота вращения, 500 об/мин

–M_{max}/M_{max} 2,1;

–пусковые характеристики:

а)$I_{пуск}/I_{пуск}$ 6;

б) $M_{пуск}/M_{пуск}$ 1,1;

– маховый момент ротора, 2 т $м^2$;

– время пуска,20с;

– общая масса, 9,5т.

Возбудитель тиристорный ТВ предназначен для питания обмотки возбуждения синхронного двигателя автоматически регулируемым выпрямленным током при прямом и реакторном пуске, синхронной работе и других режимах.

Технические характеристики тиристорного возбудительного устройства типа ТВ- 320 Р1:

– номинальный ток,320 А;

–мощность,15,3 кВт;

– напряжение, 48 В;

– кратность форсирования при номинальном напряжении сети:

а) по напряжению, о. е.2,25;

б) по току, о. е.1,75;

– к.п.д.,90,5 %;

– время форсирования, 60 с;

– время достижения 95 % предельного напряжения возбуждения отноминального значения при форсировании от АРВ (при снижении напряжения, питающего двигатель, на 5 %), < 0,06 с;

 время достижения 95 % предельного напряжения возбуждения от нормального значения при релейном форсировании возбуждения,
(при снижении напряжения, питающего двигатель на 15 %), < 0,06 с;

– частота напряжения питающей сети, 50 Гц;

– допустимое изменение частоты питающей сети,+6; 4 Гц;

– максимальная установка срабатывания пускозащитного устройства (амплитудное значение), 500 ±50 В;

– напряжение питания цепей защиты автоматического выключателя, 380 В;

–допустимое длительное отклонение напряжения питания
цепей защиты, автоматического выключателя, +10; — 20 %;

– потребляемая мощность по цепям питания защит, <100 В А;

– кратковременное потребление мощности по цепям питания автоматического выключателя при его переключениях, < 6000 В А;

– напряжение питания схемы управления, 380 (100) В;

– допустимое отклонение напряжения питания схемы управления:
а)длительное +10; 20, %;
б)в течении 60с,+10; 70, %.

– потребляемая мощность по цепям управления, < 150В А.

Для питания тиристорного возбудительного устройства ТВ - 320 Р1 используется трансформатор типа ТСЗВ - 40, который имеет следующие технические характеристики:

– обмотка сетевая:

а) номинальная мощность, 51,2 кВ А;

б) номинальное напряжение, 380 В;

в) номинальный ток, 78 А;

– обмотка вентильная:

а)номинальное напряжение, 92,5 В;

б) номинальный ток, 320,5 А;

– выпрямитель тиристорный:

а) номинальное напряжение, 48 В;

б) номинальный ток, 320 А;

– ток холостого хода, 3,1 А;

– потери холостого хода, 0,3 кВт;

– потери короткого замыкания, 1,15 кВт;

– напряжение короткого замыкания, 4 %

– группа соединения обмоток $У/У_н$ □ 0.

Пуск электродвигателя прямой, от полного напряжения сети с включенным в цепь обмотки возбуждения пусковым сопротивлением. Электродвигатель допускает два последовательных пуска из холодного состояния с интервалом между началами пуска 4 – 5 мин и один пуск из горячего.

Охлаждение электродвигателей воздушное, с самовентиляцией по аксиальнорадиальной системе.

Электродвигатель выполнен с горизонтально расположенным валом на двух стояковых подшипниках скольжения, с фундаментной плитой. Корпус имеет опорные лапы с отверстиями для крепления двигателя на фундаментной плите. В лапах предусмотрены резьбовые отверстия для отжимных болтов. Один конец вала свободный, с помощью муфты сопрягается с рабочим механизмом. Подшипники стояковые, разъемные, скользящего трения, с кольцевой смазкой. Рабочая поверхность вкладышей заливается баббитом. В местах выхода вала из стояка устанавливаются лабиринтные уплотнения. Для смазки рекомендуется масло турбинное 30 или индустриальное 45. Температура вкладышей контролируется термометрами сопротивления или термосигнализаторами.

Обмотка статора электродвигателя соединена в звезду. Выводные концы обмотки статора располагаются в коробке выводов, укрепленной на боковой поверхности корпуса статора либо внизу корпуса с выходом в фундаментную яму. Коробка выводов имеет четыре зажима, на три из которых крепятся соответственно концы начала фаз обмотки статора, а на четвертом соединяются ее концы фаз, образуя нулевую точку. Контактные кольца подвесного типа изготовлены из стали и крепятся к держателю, насаженному на вал. Конструкция щеткодержателей позволяет регулировать давление щеток и обеспечивает надежное прилегание их к поверхности контактных колец.

2.4 Комплект унифицированной аппаратуры автоматизации шахтных вентиляторов типа УКАВ - 2

Аппаратура УКАВ - 2 предназначается для автоматизации вентиляционных установок, оборудованных одним или двумя осевыми (нереверсивными или реверсивными) или центробежными вентиляторами (одностороннего или двустороннего всасывания).

Комплект унифицированной аппаратуры разработан для вентиляторов, оборудованных следующими типами нерегулируемых электроприводов: синхронный высоковольтный нереверсивный; синхронный высоковольтный реверсивный; асинхронный высоковольтный нереверсивный; асинхронный высоковольтный реверсивный; синхронный низковольтный нереверсивный; синхронный низковольтный реверсивный; асинхронный низковольтный нереверсивный; асинхронный низковольтный реверсивный; двухдвигательный асинхронный низковольтный встречного вращения.

Для обеспечения работы вентилятора в заданных режимах аппаратурой УКАВ - 2 предусмотрено управление различными вспомогательными механизмами с электродвигателями.

УКАВ - 2 предназначен: для продолжительной работы в условиях умеренного «У» и холодного «ХЛ» климата, категория размещения «4», но для работы при температурах окружающей среды от(+5) до(+35°) С.

Окружающая среда - невзрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, а также пыли в количестве, нарушающем работу аппаратуры.

Рабочее положение станций, входящих в комплект - вертикальное с отклонением в любую сторону не более 5°. Вибрационные и ударные воздействия: по ТУ 16.536.042 -71. Высота над уровнем моря до 1000 м.

Аппаратура УКАВ - 2 имеет нормальное исполнение.

Напряжение питания цепей управления - 220 В, 50 Гц.

Комплект конструктивно выполнен в виде свободностоящих шкафов управления одностороннего обслуживания.

В состав комплекта входят следующие станции:

— станция автоматизации с аппаратурой управления маслосмазкой типа ШГС 8801 -13М2;

— станция КИП с логометром типа ШГС 9510- 00М2;

— пульт управления (диспетчера) типа ШГС 9508 - 00М2.

Так как применяется тиристорное возбудительное устройство, то станция возбуждения типа ШГС 9101 -53М2 отсутствует.

Высоковольтное распределительное устройство не входит в объем поставки и разрабатывается проектирующей организацией.

Приборы контроля депрессии и производительности заказываются проектирующей организацией со шкалой, определяемой параметрами вентиляции. Приборы поставляются заводом изготовителем вентиляторов в комплекте с технологическим оборудованием и устанавливаются на станции КИП и в помещении диспетчера при монтаже.

Аппаратура контроля маслосмазки поставляется комплектно с маслосистемой.

Конечные выключатели положения ляд, тормоза, направляющего и спрямляющего аппаратов поставляются заводом изготовителем вентиляторов.

Унифицированный комплект аппаратуры позволяет осуществлять:

— выбор вида управления вентиляционной установкой;

— работу вентиляционной установки в нормальном и реверсивном режимах;

— автоматический контроль за работой установки в автоматическом и полуавтоматическом режимах работы;

— частичное регулирование производительности вентилятора поворотом лопаток направляющего аппарата на ходу;

— автоматическое включение резервного вентилятора (в случае аварийного отключения рабочего агрегата);

— автоматическое включение резерва АВР низкого напряжения;

— автоматическое повторное включение при кратковременном (до 10 с) отключении питающего напряжения;

— реверс вентиляционной струи без остановки вентилятора (если это допускается технологией);

— последовательный пуск колес первой и второй ступеней или пуск одного из колес вентилятора встречного вращения.

При возникновении аварийных условий вентиляционная установка автоматически отключается. Диспетчеру подаются световой и звуковой сигналы.

Аппаратура предусматривает следующие блокировки, обеспечивающие:

— невозможность одновременной работы двух вентиляторов ,(на вентиляционной установке с рабочим и резервным включением);

— невозможность повторного или самопроизвольного включения привода вентилятора после оперативного или аварийного отключения без новой команды на пуск и до устранения причины;

—невозможность включения вентилятора без подачи команды на новый пуск после нарушения пускового режима;

— невозможность включения вентилятора до установки ляд в положение, соответствующее выбранному режиму работы;

— невозможность включения электродвигателей лебедок ляд до установки лопаток направляющего и спрямляющего аппаратов в заданное положение;

— невозможность включения реверсивного двигателя вентилятора в обратную сторону до полной его остановки;

— невозможность двух видов управления;

— невозможность перестановки ляд нереверсивного вентилятора при открытом направляющем аппарате;

— невозможность перестановки ляд реверсивного вентилятора при включенном приводе или расторможенном роторе;

 невозможность одновременного пуска колес первой и второй ступеней вентилятора встречного вращения;

 невозможность коммутации высоковольтных разъединителей под нагрузкой.

Аппаратура обеспечивает защиту от аварийных режимов, вызывающую отключение вентиляционной установки при:

— коротких замыканиях и перегрузке;

— замыкания на землю;

— асинхронном режиме синхронного двигателя;

— отключении питающего напряжения на время более 10 с;

— наложении тормоза во время работы;

— затянувшемся пуске (более 8 мин);

— отсутствии протока и давления масла в системе маслосмазки;

— повышении температуры подшипников двигателя и вентилятора.

Аппаратурой предусмотрены следующие виды контроля:

— разгона двигателя (осуществляется по времени);

— положения ляд;

— положения лопаток направляющего и спрямляющего аппаратов;

— депрессии и производительности вентилятора. Осуществляется дифманометрами с вторичными приборами, имеющими устройства для сигнализации при отклонении параметров от заданных значений (при работе вентилятора в нормальном режиме). Каждый вентилятор оборудуется двумя вторичными приборами. Один устанавливается в помещении машинного зала на дверце шкафа контрольно- измерительных приборов КИП, второй в помещении диспетчера;

— температуры обмоток электродвигателя вентилятора. Осуществляется тер-

мометрами сопротивления и логометром, установленным на шкафу КИП. Применяется только в случае поставки двигателей с термометрами сопротивления, заложенными в обмотки двигателей. На станции автоматизации предусмотрены резервные блинкеры в цепи аварийной сигнализации. В случае разработки аппаратуры контроля температуры обмоток с выходными сигнальными контактами, они должны быть включены в цепи соответствующих блинкеров;

— температуры подшипников двигателя и вентилятора. Осуществляется контактом КТП аппаратуры КТТ - 1, установленной на станции КИП;

— отключения напряжения электродвигателя;

— положения тормоза;

— наличия напряжения на станциях управления;

— тока статора приводного двигателя;

— тока ротора приводного двигателя;

— потока и давления масла в системе маслосмазки;

— высокого напряжения 6000 В;

— напряжения на шинах 380 В;

— остановки вентилятора [3].

2. 5 Система смазки подшипников

Для подачи смазки под давлением в масляные ванны подшипников ротора вентиляторов, сбора, очистки, нагрева и при необходимости охлаждения отработанного в подшипниковых узлах масла применяется маслостанция ЦС - 70М. Технические характеристики маслостанции ЦС - 70М:

— давление нагнетания смазки, кПа:

а) максимальное 400;

б) номинальное 250;

—подача, $1{,}65 * 10^{-3}$ м/с,

— вместимость резервуара,1,6 $м^3$;

– масса (без рабочей жидкости),1150 кг;

– насос шестеренныйГ11 — 24;

– электродвигатель;

а) тип4АХ90А4;

б) мощность,2,2 кВт;

в) частота вращения,1500 об/мин;

г) напряжение питающей сети, 220/380 В;

– фильтр дисковый:

а) тип ФДЖ-50;

б) фильтрующий зазор,0,18 мм;

в) фильтрующая поверхность, $90 * 10^{-6}$ м ;

– маслоохладитель:

а) площадь охлаждения, 4 $м^2$;

б) давление воды, от 250 до 300 кПа;

в) расход воды, $(1 - 1{,}65) * 10^{-3}$ $м^3/с$

Условное обозначение станции расшифровывается следующим образом:

ЦС □ циркуляционная станция, цифра после тире □ подача, М □ станция укомплектована маслоохладителем.

Станция состоит из резервуара для заливки свежего и сбора отработанного масла и двух систем нагнетания - рабочей и резервной. В каждой системе имеются электродвигатель, шестеренный насос, фильтр и маслоохладитель.

Контрольно-измерительная аппаратура станции осуществляет:

– автоматическое включение резервного насоса;

– измерение температуры выходящего из станции масла;

– измерение температуры нагрева отработанного масла;

– указание уровня масла в резервуаре;

–определение степени загрязнения фильтров. (как разница в показаниях перепада давления контактного и технических манометров)

2.6 Анализ режима работы вентиляционной установки шахты «Магнезитовая»

Для вентиляционной установки шахты «Магнезитовая» характерна круглосуточная работа, что связано с необходимостью постоянного проветривания шахтных выработок.

Расчётом необходимых значений подачи вентиляционной установки и других её аэродинамических характеристик занимается участок «Вентиляция».

В настоящее время вентиляционная установка шахты «Магнезитовая» имеет два годовых периода работы: зимний период продолжительностью семь месяцев и летний период продолжительностью соответственно пять месяцев. Переход из одного периода работы в другой заключается в изменении производительности (подачи) вентиляционной установки и других её аэродинамических характеристик, что обуславливается изменением температуры воздуха окружающей среды.

Значения подачи и других аэродинамических характеристик летнего периода эксплуатации вентиляционной установки являются базовыми, то есть необходимыми для проветривания шахты на данном этапе её разработки. В зимний период при температуре воздуха окружающей среды ниже 0° С. Эти параметры приходится уменьшать до определённого минимального значения, чтобы не допустить обмерзания ствола шахты. В связи с этим изменение переключение вентиляционной установки происходит два раза в год. При чём каждое переключение сопровождается остановкой вентиляционной установки и простоем добычи магнезита в течение двух смен.

На сегодняшний день по сведениям участка «Вентиляции» и участка «Электроснабжения» летнему и зимнему периодам работы вентиляционной установки соответствуют следующие параметры:

– летний период:

а) угол поворота лопаток рабочего колеса равен 35^0;

б) подача вентиляционной установки $Q_{л.п.} = 165 м^3/с$;

в) статическое давление вентиляционной установки $p_{SVул.п.} = 2055$ Па;

г) потребляемая мощность (мощность на валу вентилятора) $N_{л.п.} = 450$ кВт;

д) частота вращения вентилятора $n_{л.п.} = 500$ об/мин;

е) статический к.п.д. вентиляционной установки $\eta_{SVул.п.} = 0{,}7$;

ж) мощность потребляемая приводным электродвигателем из сети $P_{л.п.} = 643$кВт.

– зимний период:

а) угол поворота лопаток рабочего колеса равен 25^0;

б) подача вентиляционной установки $Q_{з.п.} = 130 м^3/с$;

в) статическое давление вентиляционной установки $p_{SVуз.п.} = 1082{,}5$ Па;

г) потребляемая мощность (мощность на валу вентилятора) $N_{з.п.} = 225$ кВт;

д) частота вращения вентилятора $n_{з.п.} = 500$ об/мин;

е) статический к.п.д. вентиляционной установки $\eta_{SVуз.п.} = 0{,}6$;

ж) мощность потребляемая приводным электродвигателем из сети $P_{з.п.} = 375$кВт.

При регулировании производительности (подачи) вентиляционной установки за счёт изменения частоты вращения приводного электродвигателя необходимо:

— определить частоту вращения приводного электродвигателя, для зимнего и летнего периодов работы вентиляционной установки;

— произвести расчёт аэродинамических характеристик вентиляционной установки при полученых скоростях вращения приводного электродвигателя;

— определить мощность, потребляемую приводным электродвигателем из сети для зимнего и летнего периодов работы вентиляционной установки.

2.7 Проблемы модернизации и пути ее решения

Вентиляционная установка главного проветривания – одно из наиболее ответственных звеньев современного горнодобывающего предприятия, предъявляющее

повышенные требования к электроприводу вентилятора и системе управления вентиляционной установкой.

Для вентиляционной установки шахты характерны круглосуточная работа, большая мощность на валу вентилятора и динамический момент инерции его ротора.

Электропривод вентилятора должен быть рассчитан на длительную работу с номинальной нагрузкой, а так же с пониженной нагрузкой, в случае регулирования производительности вентиляционной установки ,изменения скорости вращения ротора вентилятора. Так же он должен обеспечивать пуск и разгон вентилятора с большим динамическим моментом инерции до номинальной частоты вращения, обладать наибольшей экономичностью и надежностью, иметь необходимые элементы контроля (контроля обмоток, подшипников). Два первых требования являются определяющими при выборе электродвигателя. Невыполнение одного из них исключает применение электродвигателя в приводе вентилятора.

На сегодняшний день в электроприводе вентиляционной установки используются электродвигатель типа СДВ 15 – 49 – 12УЗ.

Электропривод по системе преобразователь частоты - синхронный двигатель.

Основной областью применения синхронных электродвигателей до недавнего времени были нерегулируемые электропривода большой мощности. Появление тиристорных преобразователей частоты определило практические возможности создания регулируемых синхронных электроприводов по системе преобразователь частоты синхронный двигатель.

Тиристорный преобразователь, состоит из управляемого выпрямителя VT1 и инвертора VT2. Инвертор выполняет функции коммутатора, переключение которого производится от датчиков положения ротора DR. Поскольку тиристоры являются полууправляемыми приборами, то инвертор работает, как зависимый, коммутируемый за счет ЭДС двигателя, наводимой в обмотках статора вращающимся электромагнитным полем ротора. Для обеспечения устойчивой коммутации вентилей инвертора предусматривается опережение угла их открывания на

угол β, который составляет не менее 15°, что ведет к некоторому уменьшению момента вентильного двигателя. Возбуждение двигателя осуществляется возбудителем VTL.

Благодаря включению в цепь постоянного тока дросселя L со значительной величиной индуктивности, преобразователь VT1 — VT2 работает как источник тока, величина которого регулируется путем импульсно-фазового регулирования выходного напряжения выпрямителя VT1.

Регулируя величину тока, можно изменять момент, развиваемый двигателем. Регулирование скорости в приводах рассматриваемого типа обычно производится введением внешнего контура регулирования скорости.

Поскольку в данной схеме входной выпрямитель принят управляемым, то возможен режим рекуперативного торможения.

Определенным недостатком рассматриваемой схемы является усложнение коммутации тиристоров инвертора при малых скоростях (ниже 0,1·ω_н), так как при этом ЭДС двигателя становится недостаточной для естественной коммутации вентилей зависимого инвертора. В этом случае, при пуске двигателя до скорости 0,1·ωн для обеспечения запирания вентилей инвертора приходится прерывать ток, запирая тиристоры выпрямителя, что усложняет схему его управления.

В последние годы с появлением IGB транзисторов и запираемых тиристоров стали применять схемы с принудительной коммутацией вентилей инвертора, что повышает регулировочные свойства вентильного двигателя и дает возможность его использования для динамичных электроприводов с широким диапазоном регулирования скорости.

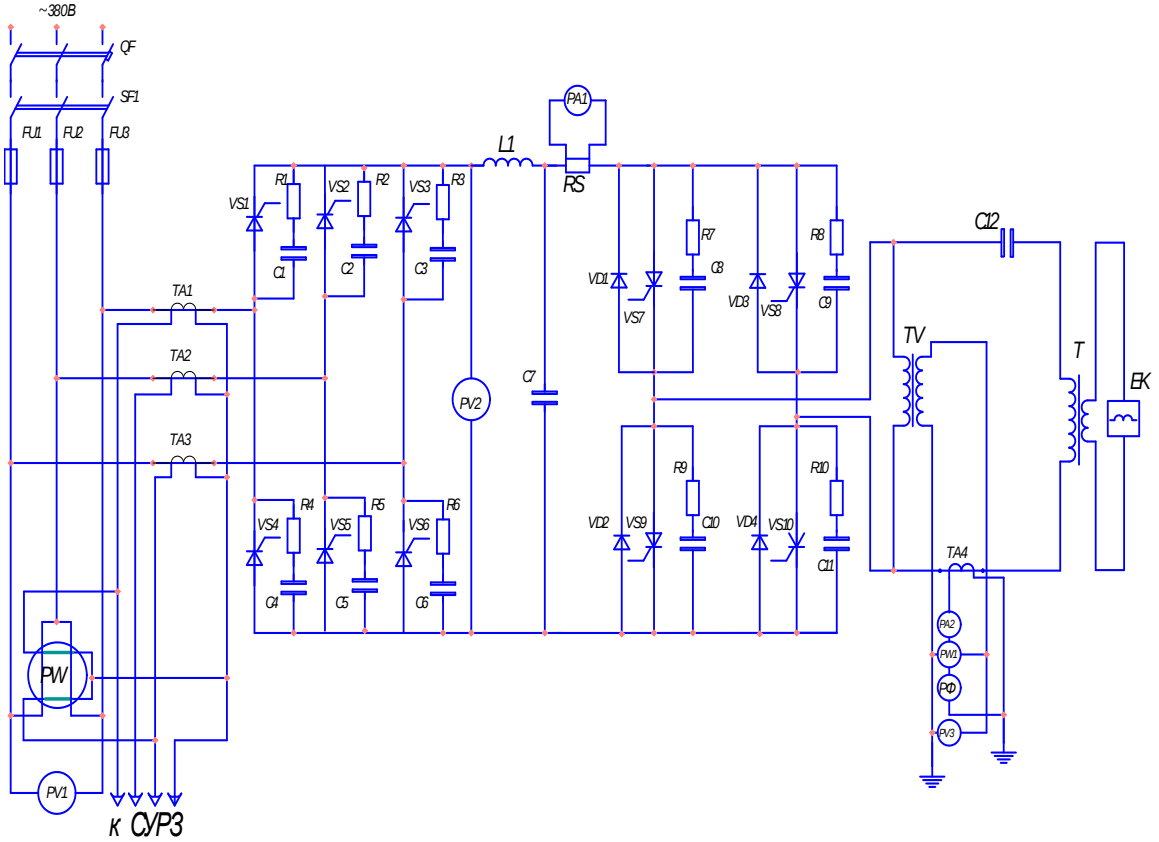

Рисунок 2.1 □ Принципиальная схема тиристорного преобразователя частоты

На вентиляционной установке шахты «Магнезитовая» эксплуатируется вентилятор типа ВОД - 30 с диаметром рабочего колеса равным 3 м, полезной мощностью на валу равной 670 кВт и динамическим моментом инерции равным 12800 кг м^2 . Электропривод установки выполнен на базе синхронного электродвигателя типа СДВ 15-49-12. С номинальной мощностью равной 800 кВт и номинальной частотой вращения ротора равной 500 об/мин, возбуждение электродвигателя осуществляется от тиристорного возбудительного устройства типа ТВ - 320 Р1. В связи с возможным выходом из строя приводного электродвигателя предусмотрен его «холодный» резерв.

Учитывая тип и технические параметры электродвигателя, режим работы вентиляционной установки шахты «Магнезитовая» и рассмотрев системы регулирования скорости вращения вентилятора, можно сделать вывод, что экономически целесообразнее будет использовать систему преобразователь частоты - синхронный двигатель. Это обуславливается тем, что в данном случае денежные

затраты пойдут на приобретение, доставку, монтаж и наладку только самой системы регулирования, при выборе же другой из вышеперечисленных систем помимо этого будут присутствовать и затраты на замену приводных электродвигателей (рабочего и резервного). Так же при покупке тиристорного преобразователя нет необходимости заказывать тиристорное возбудительное устройство, так как таковое уже имеется, что опять ведёт к экономии денежных средств.

Необходимо выполнить систему регулирования производительности вентиляционной установки с минимальными затратами на приобретение оборудования, в связи с этим целесообразнее использовать разомкнутую систему регулирования, что обуславливается следующими факторами:

1.При данной системе регулирования производительности вентиляционной установки денежные затраты на покупку, доставку, монтаж и наладку оборудования будут минимальными.

2.Отсутствие на предприятии специалистов по обслуживанию микроконтроллеров.

Модернизация заключается в создании разомкнутой системы регулирования производительности вентиляционной установки, при которой подача вентилятора будет регулироваться на ходу, за счёт изменения скорости вращения приводного электродвигателя, что приведёт к отсутствию простоя добычи сидерита и снижению расхода электроэнергии.

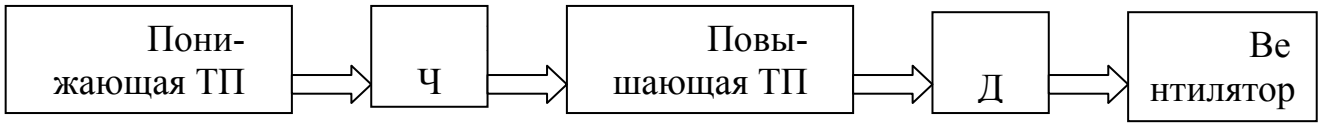

Рисунок 2.2 □ Структурная схема частотно-регулируемого электроприво да вентилятора главного проветривания

В данном разделе рассматривается вентиляционная установка которая состоит из одного вентилятора типа ВОД - 30, приводного синхронного электродвигателя типа СДВ 15 - 49 - 12УЗ, системы смазки ЦС - 70М, унифицированного комплекта аппаратуры автоматизации типа УКАВ - 2, здания, калориферной,

каналов, фундаментов и глушителя шума. Учитывая тип и технические параметры электродвигателя, режим работы вентиляционной установки шахты «Магнезитовая» и рассмотрев системы регулирования скорости вращения вентилятора, можно сделать вывод, что экономически целесообразнее будет использоваться система преобразователя частоты – синхроннго двигателя.

3 ПОВЕРКА РАСЧЁТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

В данной выпускной квалификационной работе предлагается модернизация существующего привода вентилятора ВОД -30 на регулируемый электропривод с частотным регулированием.

На вентиляционном стволе установлена вентиляционная установка ВОД - 30 количество воздуха, выдаваемое вентилятором, согласно математической модели шахты, составляет 165 м^3/с.

Определим максимальное эквивалентное отверстие шахты, м^3;

$$A_{max} = 1{,}19 * \frac{Q}{\sqrt{h_{CTMIN}}} \qquad (3.1)$$

где Q – количество воздуха, выдаваемое вентилятором, составляет 165м^3/с;

$\sqrt{h_{CTMIN}}$ – минимальная депрессия, Па составляет 900 Па;

$$A_{max} = 1{,}19 * \frac{165}{\sqrt{900}} = 7{,}3 \text{ м}^3$$

Определим минимальноеэквивалентное отверстие шахты, м^3;

$$A_{min} = 1{,}19 * \frac{Q}{\sqrt{h_{CTMAX}}} \qquad (3.2)$$

где $\sqrt{h_{CTMAX}}$ – максимальная депрессия, Па состовляет 2000 Па;

$$A_{min} = 1{,}19 * \frac{165}{\sqrt{2000}} = 3{,}07 \text{ м}^3$$

Максимальная мощность на валу вентилятора:

$$N_{max} = \frac{h_{CTMAX} * Q}{1000 * \eta_{max}} \qquad (3.3)$$

где η_{max} - КПД вентилятора за летний период, составляет 0,7;

$$N_{max} = \frac{2000 * 165}{1000 * 0{,}7} = 471 \text{ кВт}$$

Минимальная мощность на валу вентилятора;

$$N_{min} = \frac{h_{CTMIN} * Q}{1000 * \eta_{min}} \qquad (3.4)$$

где η_{min} □ КПД вентилятора в зимний период, составляет 0,6;

$$N_{min} = \frac{900 * 130}{1000 * 0,6} = 195кВт$$

Минимальная мощность на валу вентилятора в зимний период после модернизации;

$$N_{min} = \frac{900 * 130}{1000 * 0,7} = 167,1кВт$$

Необходимая мощность двигателя с учётом резерва;

$$N_д = 1,15 * N_{max} \qquad (3.5)$$

где N_{max} – максимальная мощность на валу вентилятора;

$$N_д = 1,15 * 471 = 541 \text{ кВт}$$

Установленный электродвигатель СДВ 15 - 49 - 12УЗ с Рн=800 кВт полностью удовлетворяет по параметрам и не требует замены.

В данном разделе был произведён поверочный расчёт электропривода, установленный электродвигатель полностью удовлетворяет по параметрам, не требует его замены.

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ШАХТЫ«МАГНЕЗИТОВАЯ» ДЛЯ ЗИМНЕГО И ЛЕТНЕГО ПЕРИОДОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ

По требованию участка «Вентиляции» при расчёте параметров работы вентиляционной установки, значения аэродинамических показателей для каждого из периодов работы установки должны быть не меньше существующих.

Для летнего периода эксплуатации вентиляционной установки, принимаем параметры работы идентичные существующим, при этом угол поворота лопаток рабочих колёс равный 35° будет оставаться постоянным. Как для летнего, так и для зимнего периодов эксплуатации вентиляционной установки.

В связи с этим необходимо определить минимальную частоту вращения приводного электродвигателя в зимний период работы $п_{з\ п}$, при повороте лопаток рабочих колёс равным 35°, которая будет обеспечивать подачу вентилятора для зимнего периода, равную 130 $м^3/с$.

Определение параметров работы вентиляционной установки до её модернизации:

$$p_{sv_у} = p_{sv_{уи}} * \frac{p}{p_н} * \left(\frac{n}{n_и}\right)^2 * \left(\frac{D}{D_и}\right)^2, \qquad (4.1)$$

где $p_{sv_{уи}}$ - исходное статическое давление вентиляционной установки, Па;

p □ плотность воздуха, $кг/м^3$;

$p_н$ □ плотность нормального воздуха, $кг/м^3$, принимаем $p_н$ = 1,2 $кг/м^3$;

n □ проектируемая частота вращения электродвигателя, об/мин;

$n_и$ □ исходная частота вращения электродвигателя, об/мин;

$D_и$ □ диаметр ротора исходного вентилятора, мм;

D □ диаметр ротора проектируемого вентилятора, мм.

Так как не происходит замены самого вентилятора, то $D_Н$ = D = 3000 мм.

$$p_{sv_{у.з.п}} = 2055 * \frac{1,28}{1,2} * \left(\frac{500}{500}\right)^2 * \left(\frac{3000}{3000}\right)^2 = 2192\ Па$$

Статический к.п.д. вентиляционной установки η_{sv_y}

$$\eta_{sv_y} = \frac{Q * p_{sv_y}}{100 * N} * \beta \qquad (4.2)$$

$$\eta_{sv_{уз.п.}} = \frac{130 * 2192}{100 * 195000} * 92{,}8 = 0{,}6$$

Мощность, потребляемая приводным электродвигателем из сети в зимний период работы $P_{зп}$, кВт.

$$P_{з.п.} = \frac{N_{з.п.}}{\eta_{sv_{уз.п.}}}, \qquad (4.3)$$

$$P_{з.п.} = \frac{195}{0{,}6} = 325 \text{ кВт}.$$

Определение параметров работы вентиляционной установки после её модернизации:

Частота вращения приводного электродвигателя в зимний период работы вентиляционной установки $n_{з.п.}$, об/мин;

$$n_{з.п.} = \frac{Q_{з.п.} * n_{л.п.}}{Q_{л.п.}}, \qquad (4.4)$$

где $Q_{з.п.}$ □ подача вентилятора в зимний период, м^3/с;

$n_{л.п.}$ □ частота вращения приводного электродвигателя в летний период, об/мин;

$Q_{л.п.}$ □ подача вентилятора в летний период, м^3/с;

$$n_{з.п.} = \frac{130 * 500}{165} = 395 \text{ об/мин}$$

Статическое давление вентиляционной установки p_{sv_y} , Па;

$$p_{sv_y} = p_{sv_{уи}} * \frac{p}{p_н} * \left(\frac{n}{n_и}\right)^2 * \left(\frac{D}{D_и}\right)^2, \qquad (4.5)$$

где $p_{sv_{уи}}$ - исходное статическое давление вентиляционной установки, Па;

p □ плотность воздуха, кг/м^3;

$p_н$ □ плотность нормального воздуха, кг/м^3, принимаем $p_н$ = 1,2 кг/м^3;

n □ проектируемая частота вращения электродвигателя, об/мин;

$n_и$ □ исходная частота вращения электродвигателя, об/мин;

$D_и$ □ диаметр ротора исходного вентилятора, мм;

D □ диаметр ротора проектируемого вентилятора, мм.

Так как не происходит замены самого вентилятора, то $D_Н$ = D = 3000 мм.

За исходные параметры принимается параметры летнего периода работы, при угле поворота лопаток рабочего колеса равным 35°.

Плотность воздуха р, кг/м;

$$p = p_Н * \frac{p * T_Н}{p_Н * T}, \qquad (4.6)$$

где $p_н$ □ давление нормального воздуха, Па, принимается $p_н$ = 101400 Па;

$p_н$ □ плотность нормального воздуха, кг/м^3, принимается $p_н$ =1,2 кг/м^3;

$T_н$ □ температура нормального воздуха, К, принимается $T_н$ = 293 К;

p □ давление воздуха в зависимости от высоты местности над уровнем моря, Па, принимаем р = 95500 Па;

T □ температура воздуха, К, принимаем Т = 258 К.

Плотность воздуха в зимний период$p_{з.п.}$, кг/м^3

$$p_{з.п.} = 1.2 * \frac{95500 * 293}{101400 * 258} = 1{,}28 \text{ кг/м}^3$$

Статическое давление вентиляционной установки в зимний период работы $p_{sv_{уз.п}}$,Па

$$p_{sv_{у.з.п}} = 2055 * \frac{1,28}{1,2} * \left(\frac{395}{500}\right)^2 * \left(\frac{3000}{3000}\right)^2 = 1368\ Па$$

Статическийк.п.д. вентиляционной установки $\eta_{sv_у}$

$$\eta_{sv_у} = \frac{Q * p_{sv_у}}{100 * N} * \beta \qquad (4.7)$$

где β □ коэффициент сжимаемости воздуха в вентиляторе, принимаем β = 92,8.

Статический к.п.д. вентиляционной установки в зимний период

$$\eta_{sv_{уз.п.}} = \frac{130 * 1368}{100 * 167100} * 92,8 = 0,7$$

Мощность, потребляемая приводным электродвигателем из сети в зимний период работы $P_{зп}$, кВт.

$$P_{з.п.} = \frac{N_{з.п.}}{\eta_{sv_{уз.п.}}}, \qquad (4.8)$$

$$P_{з.п.} = \frac{167,1}{0,7} = 238,7\ кВт.$$

Из расчёта видно, что для обеспечения подачи вентилятора для зимнего периода , равной 130 м^3/с, при угле поворота лопаток рабочих колёс равным 35°, необходимо установить частоту вращения приводного электродвигателя равной 395 об/мин. При этом аэродинамические показатели работы вентиляционной установки для данного периода будут отвечать всем требованиям участка «Вентиляции».

При регулировании производительности (подачи) вентиляционной установки за счёт изменения частоты вращения приводного электродвигателя, снижается мощность, потребляемая им из сети, что обуславливается повышением статического к.п.д. установки.

В данном разделе рассчитаны параметры и характеристика работы вентиляционной установки шахты «Магнезитовая». Была составлена математическая модель и выявлены зависимости изменения аэродинамических и энергетических показателей работы установки.

5 МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Разработчиком программного пакетаVisSim является фирма VisualSolutionsInc. Программный пакет используют крупнейшие компании во всем мире для моделирования, имитации и разработки систем управления производственными процессами и электроприводов в различных отраслях промышленности, аэрокосмической технике, энергетике, системах связи, биомедицине и экономике. VisSim – программная оболочка для симуляции систем. Имеет частотные, корневые, вариационные, нейронные инструменты оценки качества, устойчивости, синтеза, коррекции, оптимизации, линеаризации, отладки объектов в контуре модели и программирования цифровых сигнальных процессоров.VisSim имеет вычислитель интерпретирующего типа, функционирующий в динамическом режиме с возможностью online-взаимодействия с оборудованием реального времени.

Блок учитывает механическую инерционность привода, потери в приводе и нагрузку двигателя вентилятора, показан на рисунке 5.1

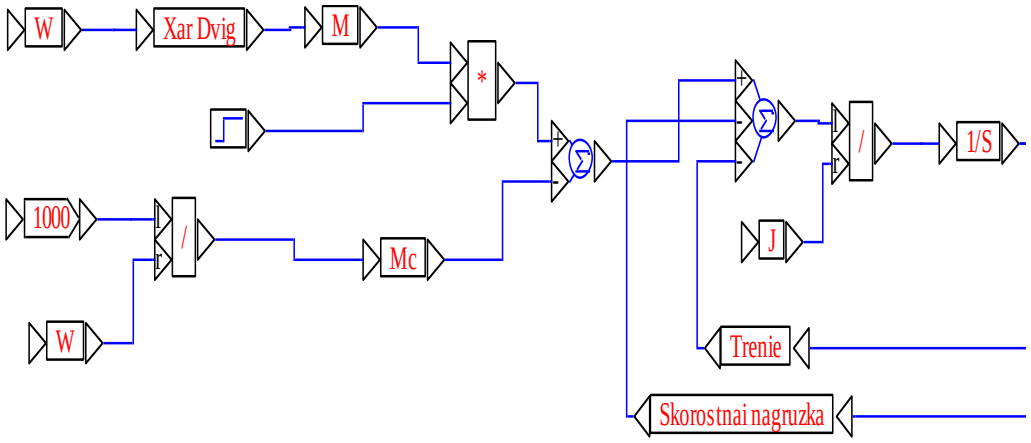

Рисунок 5.1 □ Работа блока двигателя вентилятора

Номинальную частоту вращения двигателя вентилятора $\omega_{ном.v}$, рад/с определяется по формуле.

$$\omega_{ном.v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{ном.v}}{60}, \qquad (5.1)$$

где $n_{ном.v}$ — номинальная скорость вращения двигателя вентилятора, об/мин.

$$\omega_{ном.v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 500}{60} = 52{,}3 \text{ рад/с}$$

Номинальный момент двигателя вентилятора находится по формуле

$$M_{ном.v} = \frac{P_{ном.v}}{\omega_{ном.v}}, \qquad (5.2)$$

где $\omega_{ном.v}$ – номинальная угловая скорость вращения двигателя вентилятора, рад/с;

$P_{ном.v}$ – номинальная мощность двигателя вентилятора, Вт.

$$M_{ном.v} = \frac{800000}{52{,}3} = 15296 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Значение максимального момента двигателя вентилятора $M_{max.v}$ определяется из соотношения

$$M_{max.v} = \lambda \cdot M_{ном.v}, \qquad (5.3)$$

где $M_{ном.v}$ — номинальный момент двигателя вентилятора, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

λ - коэффициент.

$$M_{max.v} = 2{,}5 \cdot 15296 = 38240 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Номинальное скольжение двигателя вентилятора $s_{ном.v}$ находится по формуле;

$$s_{ном.v} = \frac{\omega_{0.v} - \omega_{ном.v}}{\omega_{0.v}} \qquad (5.4)$$

где $\omega_{0.v}$ — угловая скорость идеального холостого хода двигателя вентилятора, рад/с .

$$s_{ном.v} = \frac{104{,}7 - 52{,}3}{104{,}7} = 0{,}05.$$

Критическое скольжение двигателя вентилятора $s_{к.v}$ находится из уравнения;

$$s_{к.v} = s_{ном.v} \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}), \qquad (5.5)$$

$$s_{к.v} = 0{,}05 \cdot (2{,}5 + \sqrt{2{,}5^2 - 1}) = 0{,}22.$$

Для двигателя вентилятора приведенный статический момент $M_{c.v}$, $Н \cdot м$

$$M_{c.v} = \frac{M_v * \eta_v}{i}, \qquad (5.6)$$

где M_v □ момент электропривода вентилятора, $Н \cdot м$;

η_v □ КПД привода вентилятора;

i - передаточное отношение.

Момент электропривода вентилятора, M_v вычисляется по формуле

$$M_v = J_v \cdot \omega_v, \qquad (5.7)$$

где J_v - суммарный момент инерции электропривода вентилятора, $кг/м^2$.

Суммарный момент инерции J_v для электропривода вентилятора составляет 2 $кг*м^2$.

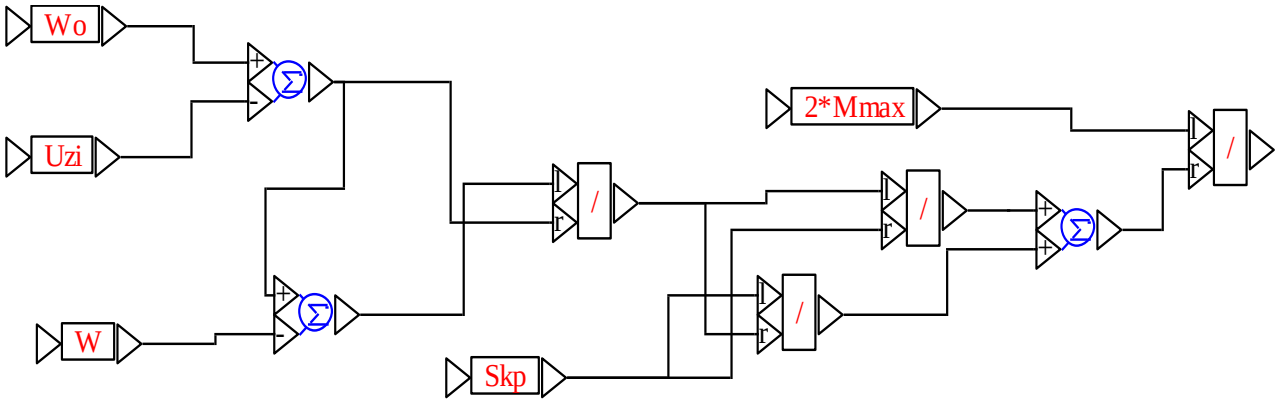

Рисунок 5.2 □ Блок "характеристика двигателя" вентилятора

Мощность, потребляемая вентилятором при работе, Рпот.вент., Вт, может быть реализована формулой вида.

$$P_{пот.вент.} = k_3 \cdot \frac{P_V \cdot Q_V}{\eta}, \qquad (5.8)$$

где k_3 — коэффициент запаса мощности, принимаем равным 1,1;

η - КПД двигателя;

Электрическая мощность потребляемая электродвигателем вентилятора при работе, $P_{э.в}$, Вт.

$$P_{эв} = \frac{P_B * 100}{\eta_{эв}} \quad (5.9)$$

где $\eta_{эв}$ - КПД электродвигателя вентилятора, %.

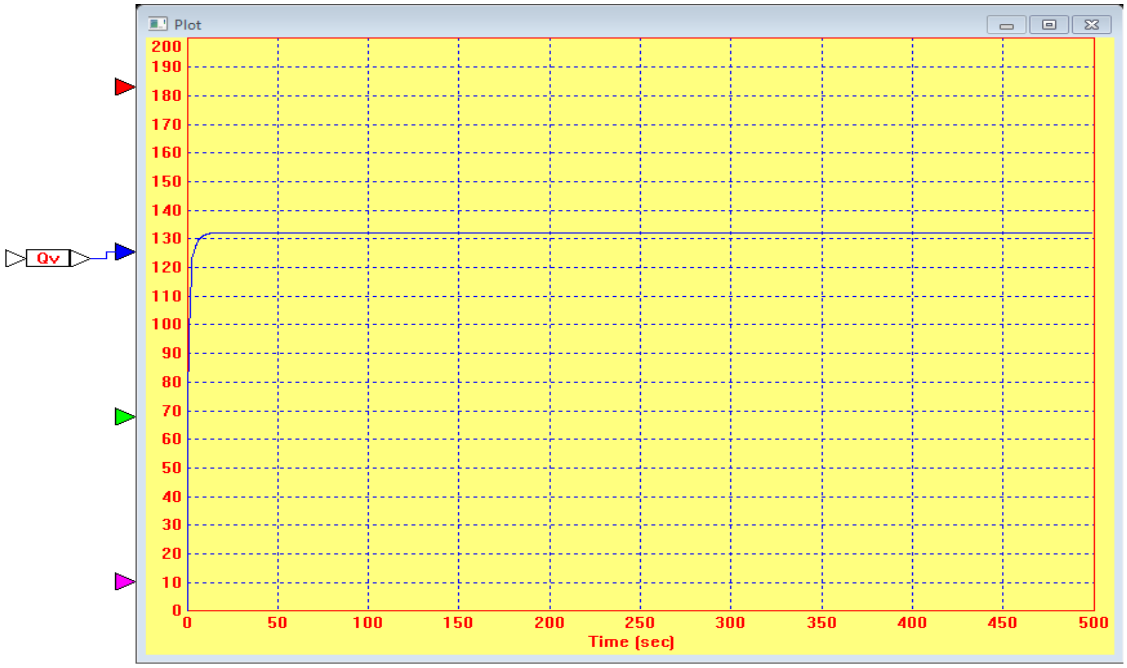

Рисунок 5.3 – Подача воздуха м^3/с

Рисунок 5.4 □ Скорость двигателя вентилятора рад/сек

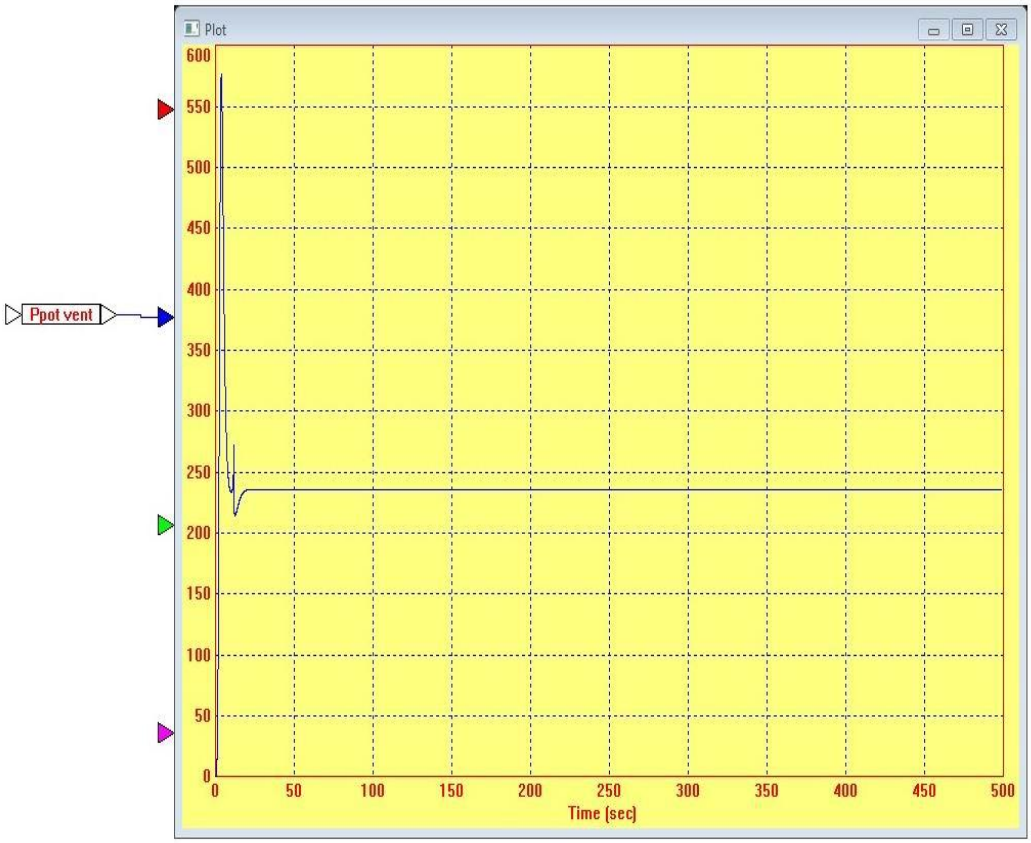

Рисунок 5.5 – Мощность потребляемая вентилятором за сутки кВ

В данном разделе была разработана блок схема работы вентиляционной установки, рассчитаны частота вращения двигателя, номинальный момент двигателя и критическое скольжение.

6 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

6.1 Назначение и области применения

Назначение и область применения преобразователей частоты серии ПЧСН аналогичны назначению и области применения высоковольтных преобразователей частоты серии ПЧСВ.

Принцип действия преобразователя ПЧСН и все его функциональные возможности также полностью аналогичны преобразователю ПЧСВ. Преобразователи ПЧСН являются альтернативой применению преобразователей ПЧСВ для достаточно узкого диапазона электроприводов с синхронными двигателями мощностью от 320 до 1600 кВт. Для этого диапазона мощностей оказалось выгодно снизить рабочее напряжения преобразователя. И хотя снижение рабочего напряжения требует установки понижающего трансформатора на входе и повышающего трансформатора на выходе преобразователя - общий экономический эффект очевиден. Так, например, для синхронного двигателя мощностью 1600 кВт удельная цена одного кВт мощности при приобретении комплектного ПЧСВ составляет 106 $, а при применении комплектного ПЧСН – 64$.

Такой экономический эффект объясняется следующими причинами.

а) снижение рабочего напряжения преобразователя позволяет установить по одному тиристору в плечах выпрямителя и инвертора. Для рабочего напряжения 6 кВ необходимо установить несколько приборов последовательно, при этом из-за возможного неравномерного деления напряжения при последовательном включении рабочее напряжение тиристоров должно снижаться.

б) при рабочем напряжении 6 кВ все изоляционные расстояния и промежутки в шкафу преобразователя должны увеличенными в соответствии с действующими правилами. Поэтому габарит щита высоковольтного преобразователя (в основном за счет площади) будет в 2,5...3 раза больше, чем низковольтного.

в) в высоковольтном преобразователе отсутствуют входной и выходной трансформаторы, но необходимы входной токоограничивающий реактор и высо-

ковольтный сглаживающий дроссель. Габариты данных устройств соответствуют габаритам трансформаторов мощностью 450-700 кВА.

г) высоковольтный преобразователь более сложен не только по силовой схеме, но и по системе управления из-за необходимости высоковольтной раздачи импульсов, контроля целостности силовых полупроводниковых приборов на стороне высокого напряжения и двойного потенциального разделения (по требованиям техники безопасности) датчиков тока и напряжения. Указанные обстоятельства усложняют эксплуатацию высоковольтного преобразователя частоты.

Рисунок 6.1 Преобразователь ПЧСН на напряжения 6 кВ, 0,8 МВт

Таблица 6.1 Характеристика частотного преобразователя ПЧСН-800

Параметр	ПЧСН-800
Мощность двигателя, кВт	800
Напряжение питания, В	6000
Выходная частота, Гц	от 0,5 до 400
Защита двигателя от перегрузки по току	да
Защита двигателя от повышенного и пониженного напряжения	да
Контроллерное управление	да
Возможность дистанционного управления и мониторинга	да

6.2 Устройство и работа изделия

В основу работы ПЧСН положен принцип вентильного двигателя, представляющего собой электромеханическую систему синхронный двигатель, преобразователь частоты. Управление тиристорами преобразователя частоты производится синхронно с вращением двигателя, что позволяет рассматривать данную систему, как машину постоянного тока, у которой механический коллектор заменен статическим, с сохранением регулировочных свойств, присущих электроприводу постоянного тока.

Преобразователь ПЧСН выполнен по двухтрансформаторной схеме: с понижающим силовым трансформатором на входе и повышающим на выходе. Снижение рабочего напряжения преобразователя позволяет упростить силовую схему, снизить стоимость комплектующих изделий и уменьшить габариты силового щита.

Для симметрирования силовой схемы сглаживающие дроссели поставляются с расщепленной обмоткой (с двумя полуобмотками). Обмотки дросселя включаются последовательно в оба полюса звена постоянного тока. Возможно приме-

нение двух независимых дросселей. Такое построение позволяет снизить воздействие на изоляцию двигателя по отношению к «земле».

Силовая схема управляемого выпрямителя и инвертора одинаковы. Они построены по схеме трехфазного моста шестипульсной схеме. Благодаря снижению рабочего напряжения преобразователя, в каждом из шести вентильных плеч выпрямителя (инвертора) установлен один тиристор.

Система автоматического регулирования является многоконтурной подчиненной системой регулирования частоты вращения двигателя, тока статора и тока возбуждения двигателя. Структура системы управления включает в себя регулятор скорости с подчиненным регулятором тока двигателя. Величина тока двигателя определяется его моментом нагрузки на валу.

Коммутация тока в тиристорах инвертора и в зоне частот выше 5 Гц осуществляется за счет ЭДС двигателя, а при пуске и в зоне ниже 5Гц – за счет ЭДС питающей сети путем перевода выпрямителя в инверторный режим. Синхронизация управления тиристорами инвертора и в зоне малых частот осуществляется по ЭДС двигателя. А в случае реализации асинхронного пуска – от сигналов задающего генератора (ЗГ).

Синхронизация в зоне частот свыше 5 Гц, осуществляется по сигналам сверхпереходной ЭДС, выделяемой из напряжения на статоре двигателя (на рис 2. узел выделения ЭДС-УВКЭ). Начало коммутации тока привязано по фазе к ЭДС двигателя. Инвертор вентильного двигателя работает в режиме ведомого сетью, где в качестве сети выступает ЭДС двигателя, а сверхпереходной реактанс двигателя выполняет роль анодной индуктивности.

Опережающая фаза тока относительно ЭДС соответствует двигательному режиму электропривода (режим И). При изменении фазы тока в сторону опережения на ~ $120^{o}_{эл.}$ (α_{ut}=30º) электропривод переходит в режим рекуперативного торможения с отдачей энергии маховой массы в питающую сеть (режим В). Выпрямитель в этом случае переводится в инверторный режим, обеспечивая передачу энергии от двигателя в сеть.

Скорость двигателя регулируется изменением величины момента, возникающего от взаимодействия потока возбуждения и тока статора двигателя. Управление приводом выполняется по одному из 3-х вариантов:

а) от местного клавишного пульта управления со считыванием информации с дисплея с жидкокристаллической индикацией;

б) от дистанционного пульта управления с аналоговыми и контактными сигналами, индикация с помощью приборов и светодиодов;

в) по интерфейсной последовательной связи RS485, протокол обмена согласовывается при заказе оборудования непосредственно с поставщиком оборудования.

Регулирование момента осуществляется за счет изменения амплитуды тока статора. Ток статора двигателя регулируется пропорционально заданию момента, формируемому регулятором скорости РС. При изменении задания момента по знаку переключается режим работы электропривода (Двигательный или тормозной) путем скачкообразного изменения фазы тока относительно ЭДС двигателя, и таким образом изменяется знак момента.

Ток возбуждения двигателя регулируется в функции амплитуды тока статора для компенсации размагничивающего действия реакции якоря таким образом, чтобы потокосцепление двигателя за сверхпереходным реактансом не зависело от нагрузки.

Особым режимом работы является синхронизация приводного двигателя с сетью. При этом двигатель разгоняется до синхронной скорости и при выполнении условий точной синхронизации переключается на сеть, после чего продолжает работать как обычная синхронная машина [8].

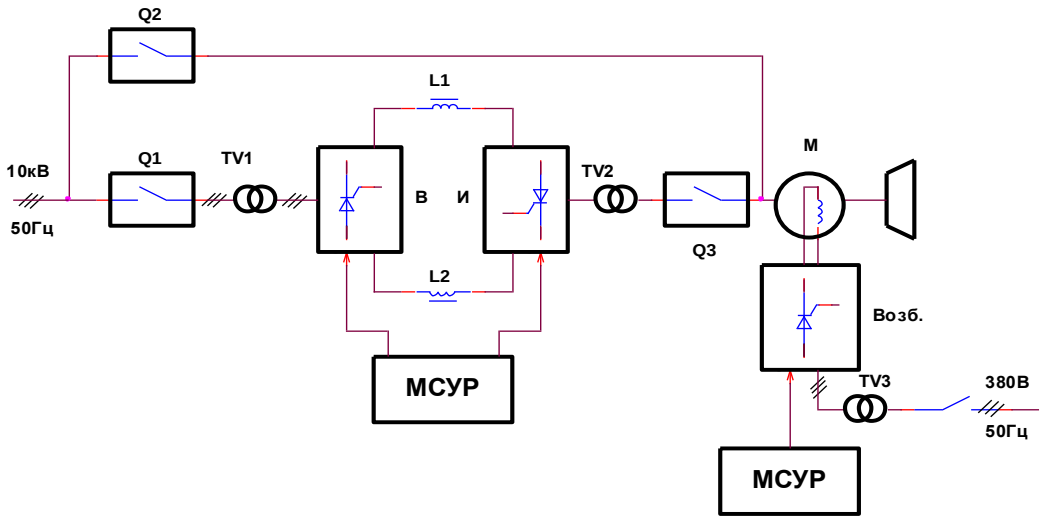

Рисунок 6.2 – Блок-схема привода ПЧСН

6.3 Технические характеристики ПЧСН

Преобразователь ПЧСН обеспечивает:

- частотный пуск синхронной машины в два этапа: асинхронный или синхронный пуск из неподвижного состояния до частоты вращения, соответствующей 5 Гц, при токе статора не более двойного номинального, синхронный частотный пуск от 5 Гц до любой заданной частоты вращения рабочего диапазона регулирования.
- регулирование частоты вращения электродвигателя в диапазоне 1:10 с автоматическим ограничением величины тока двигателя на уровне (1 – 1,5) $I_н$;
- длительную работу с установившейся частотой вращения в пределах указанного диапазона регулирования, стабилизацию установленной частоты вращения с точностью, определяемой тахометрическим устройством, а без применения тахометрического устройства – 2 %;
- торможение приводного двигателя с рекуперацией (возвратом) энергии в питающую сеть;
- повторное включение электропривода при вращении электродвигателя на выбеге в рабочем диапазоне частот вращения;
- автоматическую синхронизацию приводного электродвигателя или запускаемой синхронной машины с питающей сетью при переключении на прямое питание от сети.

Примечание: В режиме прямого питания от сети возбудитель должен допускать регулирование тока возбуждения по внешнему сигналу.

Ограничение тока и момент двигателя в установившихся и переходных режимах. Установка ограничения тока регулируется в пределах от 0,5 до 2,0 номинального значения.

Коэффициент мощности cosφ (при номинальном напряжении на статоре синхронного электродвигателя) не ниже 0,9. Коэффициент полезного действия ПЧСН в номинальном режиме (без учета потерь в синхронном электродвигателе и трансформаторах) не ниже 0,97.

Входной ток ПЧСН со стороны питающей сети 50Гц и ток в фазах приводного двигателя имеет следующие гармонические составляющие, величина которых по отношению к первой гармонической составляющей не превышает: 5 гармоника – 20%, 7 – 14%, 11 – 9%, 13 – 7,.7%.

Ток возбуждения электродвигателя регулируется в функции тока статора автоматически по закону;

$$\frac{E}{F} = \frac{E_н}{F_н} = const \qquad (6.1)$$

где E – ЭДС электродвигателя за сверхпереходной индуктивностью,

F – выходная частота электропривода.

Силовая часть ПЧСН допускает следующие нагрузки по току в течение:

1) 1,0 $I_Н$- длительно, 2) 1,1 $I_Н$- 20 мин.,

3) 1,2 $I_Н$- 10 мин., 4) 1,25 $I_Н$- 5 мин.,

5) 1,5 $I_Н$- 30 сек., 6) 2,0 $I_Н$- 10 сек.

С учетом перегрузок среднеквадратичное значение тока не должно превышать номинальное значение при времени усреднения для режимов 2 и 3 – 40 мин., а для режимов 4, 5, 6 – 1 мин.

При исчезновении принудительного воздушного охлаждения ПЧСН допускают работу в течение 5 мин. При этом нагрузка не превышает 1,0 $I_Н$.

ПЧСН (преобразовательная часть) имеет шкафное исполнение. Обслуживание шкафа двухстороннее. Двери шкафа снабжены механическими замками и замками электромагнитной блокировки.

Шкаф электропривода относится к распределенным устройствам напряжения свыше 1000 В., должен устанавливаться в помещениях, удовлетворяющих требованиям ПУЭ.

Степень защиты шкафа не менее IP20 по ГОСТ 14254-80, кроме мест выхода охлаждающего воздуха в верхней (выше 2 м) части шкафов и в местах выхода силовых кабелей, где степень защиты IPOO.

Охлаждение силового шкафа ПЧСН воздушное принудительное от встроенных в шкафу вентиляторов. Направление потока охлаждающего воздуха снизу вверх. Расход охлаждающего воздуха – 2 $м^3/с$.

Регулирование тока возбуждения при регулировании скорости вентильного двигателя осуществляется так, чтобы обеспечить постоянный магнитный поток в зазоре. При этом:

$$U_f / f = U_н/f_н \qquad (6.2)$$

$U_н$, $f_н$ — номинальные значения напряжения двигателя и частоты вращения;

U_f — величина напряжения при частоте вращения равной –f.

Для реализации закона регулирования должен использоваться статический возбудитель, обеспечивающий без инерционное регулирование тока возбуждения в функции тока статора двигателя. Возбудитель может быть поставлен заказчику комплектно с преобразователем частоты. При использовании штатного возбудителя проектом должна быть предусмотрена связь управляющего входа возбудителя с выходом системы регулирования преобразователя частоты.

Если предусматривается подключение двигателя к питающей сети, при достижении синхронной скорости включается контур регулирования углового положения ротора в пространстве для обеспечения условий точной автоматической синхронизации двигателя с питающей сетью. Подключение двигателя к сети производится при разности фаз между сетевым напряжением и Э.Д.С. двигателя не более десяти градусов. Разность амплитудных значений указанных напряже-

ний не превышает 5 %. Таким образом, обеспечивается мягкое безударное подключение двигателя к питающей сети.

Микропроцессорная система управления ПЧСН предназначена для:

─ реализации оптимального алгоритма управления фазными токами двигателя в процессе пуска и регулирования частоты вращения;

─ реализации тормозного режима с рекуперацией энергии маховых масс в питающую сеть;

─ реализации реверса приводного двигателя (при наличии в заказе);

─ формирования сигналов управляющих импульсов тиристоров выпрямителя и инвертора;

─ защиты преобразователя и двигателя при возможных аварийных ситуациях с сохранением в энергонезависимой памяти контроллера вида последней аварии;

─ обеспечения автоматической синхронизации с сетью;

─ обеспечения взаимодействия с АСУ по интерфейсному каналу связи RS-485;

─формирования команды аварийного отключения.

Пульт управления ПЧСН расположен на лицевой панели щита преобразователя. Он содержит двухстрочный ЖК дисплей, блок клавиатуры, состоящий из десяти герметизированных кнопок, и светодиоды индикации режима работы. Интерфейс с пользователем реализован в виде меню на ЖК дисплее.

Возможно дистанционное управление преобразователем частоты по цифровому каналу RS-485 дискретными или аналоговыми сигналами. Возможность изготовления дистанционного пульта управления по техническим требованиям Заказчика оговаривается при заключении контракта.

Использование ШВК-3 с тремя контакторами позволяет включить ПЧСВ в рассечку (между имеющейся высоковольтной ячейкой КРУ двигателя и двигателем). При этом не требуется дополнительной ячейки КРУ для питания ПЧСН, т.к. два контактора включаются на входе и выходе преобразователя, а третий является шунтирующим и включается при переводе двигателя на питание сети [9].

6.4 Условия работы

Преобразователи частоты предназначены для работы в районах с умеренным и холодным климатом (климатическое исполнение и категория размещения УХЛ4 по ГОСТ 15150-69) при температуре от (+1) до (+40) °С., влажности не более 80 % при температуре (+25) °С.

Окружающая среда – невзрывоопасная, не содержащая агрессивные пары и газы в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

Содержание нетокопроводящей пыли в помещениях, в которых устанавливаются шкафы и щиты, и в воздухе охлаждения тиристоров, не должно быть более 0,5 мг/м^3.

Группа условий эксплуатации в части воздействия механических факторов внешней среды М2 по ГОСТ 17516-72.

Рабочее положение шкафов ПЧСН вертикальное, допускается отклонение от вертикального положения в любую сторону не более 5°.

Питание силовых цепей преобразователя осуществляется от трехфазной сети 6 или 10 кВ, частотой 50 Гц. Отклонение напряжения питающей сети от U н не должно превышать ±10 %. Отклонение частоты не более ± 2 %.

Питание системы управления осуществляется от трехфазной сети 380 В, 50 Гц с применением индивидуального трансформатора мощностью не более 63 кВА. Напряжение питания должно быть синфазным с силовым напряжением или сдвиг по фазе между ними должен составлять 30 ^{o}.

Питание тиристорного возбудителя, входящего в состав электропривода, должно осуществляться от трехфазной сети 380 В, 50 Гц.

6.5 Состав электропривода на базе ПЧСН.

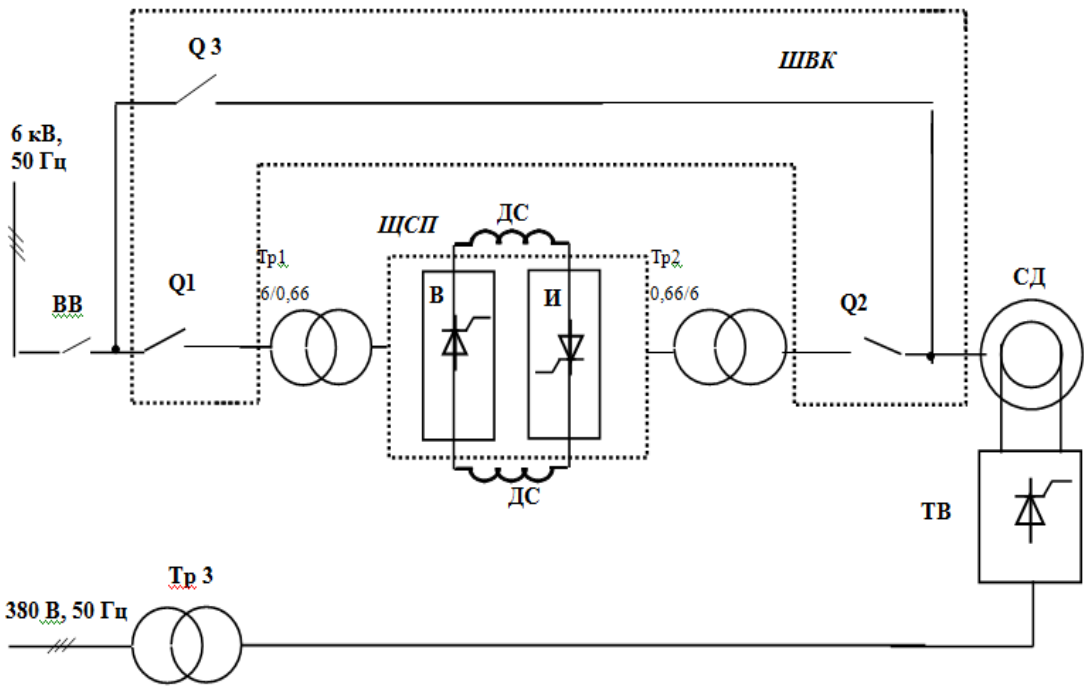

Рисунок 6.3 - Функциональная схема силовых цепей:

ВВ – высоковольтный выключатель ячейки КРУ; Тр1 – входной согласующий трансформатор; Тр2 – выходной согласующий трансформатор; ШВК– шкаф высоковольтных контакторов; ВК – высоковольтный контактор; ЩСП – щит силовой преобразовательный с микропроцессорной системой управления; В – выпрямитель преобразователя; И – инвертор преобразователя; ДС – дроссель сглаживающий; СД – синхронный электродвигатель; ТВ – статический возбудитель; Тр 3 – трансформатор питания возбудителя.

Конструкция ПЧСН;

Преобразовательная часть комплектного электропривода размещена в шкафу двухстороннего обслуживания. Силовая тиристорная часть имеет блочную конструкцию. Электрический контакт в силовой цепи тиристорных блоков выполняется с помощью болтовых соединений. Подсоединение силовых кабелей как медных, так и алюминиевых осуществляется снизу в шкафу ввода-вывода.

В шкафу преобразователя предусмотрен специальный отсек, в котором расположены ячейки системы управления. В нижней части шкафа установлены клеммники для подключения внешних цепей:

Тиристорный возбудитель конструктивно включает в себя собранные в одном шкафу элементы силовой схемы и системы управления.

В этом же шкафу смонтированы коммутационные аппараты, аппараты цепей защиты и сигнализации. В состав возбудителя входит силовой трансформатор питания его главных цепей.

Описание элементов силового шкафа;

Управляемый выпрямитель и инвертор выполнены по трехфазной мостовой схеме.

Тиристорный шкаф содержит два трехфазных моста, каждое вентильное плечо которых составлено из двух параллельно включенных силовых тиристоров.

Тиристоры силовой части размещены в силовых блоках по два тиристора в каждом блоке.

Импульсы управления тиристорами поступают из системы управления, усиливаются в ячейках формирователей ЯФ, и через разделительные трансформаторы раздаются на управляющие переходы тиристоров

Вентильное плечо силового выпрямителя и силового инвертора

составлено из тиристоров типа Т153-630-28.

Система управления;

Микропроцессорная система управления устройством ПЧСН предназначена для:

- реализации оптимального алгоритма управления фазными токами двигателя в процессе пуска и регулирования частоты вращения;
- реализации тормозного режима с рекуперацией энергии маховых масс в питающую сеть;
- реализации реверса приводного двигателя (при наличии в заказе);
- формирования сигналов управляющих импульсов тиристоров выпрямителя и инвертора;
- защиты преобразователя и двигателя при возможных аварийных ситуациях с сохранением в энергонезависимой памяти контроллера вида последней аварии;
- обеспечение автоматической синхронизации с сетью;

– обеспечения взаимодействия с АСУ по интерфейсному каналу связи RS-485;

– формирования команды аварийного отключения;

Конструктивно система управления размещена в шкафу ШВВ в изолированном отсеке и состоит из ряда ячеек:

1. Ячейка центрального процессора (CPU) – выполняет функции СУВ и СУИ, САР и системы защиты, системы синхронизации с сетью, т.е. выполняет основные функции управления и вычисления.

2. Ячейка датчиков, функциональное назначение ,формирование, потенциальное разделение аналоговых сигналов напряжения и тока статора двигателя, входного тока преобразователя, напряжения сети.

3. Ячейка КРОСС. Используется для обеспечения коммутации между элементами шкафа и системой управления.

4. Ячейка питания системы управления.

5. Ячейки ОРТ-232 и ОРТ-485 обеспечивают коммуникационную связь между СУ и инструментальной машиной, а также верхним уровнем АСУ. При отсутствии внешней АСУ ячейка ОРТ-485 может не устанавливаться. Система управления снабжена необходимым количеством дискретных входов и выходов для связи с внешней автоматикой и коммутационными аппаратами. Также в шкафу расположены разделительные трансформаторы, трансформаторы питания, коммутационная аппаратура, элементы сигнализации и пр.

По функциональному назначению система управления может быть условно разбита на ряд подсистем:

1) Система электропитания. Включает в себя; трансформаторы питания. Ячейку питания системы, формирования импульсов тиристоров.

2) Система защит. Осуществляет контроль параметров работы ПЧСН и, в случае отклонения контролируемых параметров от области допустимых значений, формирует команду, предотвращающую возникновение или дальнейшее развитие аварийных процессов.

3) Систему регулирования. По сигналу задания скорости приводного двигателя формирует изменение фазы импульсов управления тиристорами выпрямителя и инвертора, а также необходимые режимные сигналы.

4) Система управления инвертором. В соответствии с режимными сигналами, а также в функции синхронизирующих сигналов формирует управляющие импульсы тиристоров инвертора.

5) Система синхронизации обеспечивает выполнение условий точной автоматической синхронизации и выдает команду управления на подключение приводного двигателя к сети.

Программное обеспечение микропроцессорной системы управления реализует алгоритм управления, функциональная схема которого представлена на рисунке формата А1.

Пуск и разворот синхронного двигателя в соответствии с рис.3 состоит из следующих этапов.

Включение и тестирование СУ;

- включение силового напряжения и тестирование тиристоров силового выпрямителя;
- поиск исходного положения ротора (двигатель неподвижен) - при асинхронном пуске отсутствует;
- возбуждение машины (двигатель неподвижен) при асинхронном пуске отсутствует;
- этап разгона с искусственной коммутацией тиристоров инвертора (двигатель разгоняется от 0 до 0,1 $n_н$);
- этап разгона с коммутацией и синхронизацией за счет эдс двигателя (скорость двигателя меняется от 0,1 $n_н$ до $n_н$);.

Ячейка центрального процессора;

Ячейка центрального процессора CPU-001 является основным элементом системы управления и предназначена для прямого цифрового управления ПЧСН. В состав ячейки входят следующие основные функциональные узлы:

- узел центрального процессора;

- узел сопроцессора;
- узел измерения и преобразования аналоговых сигналов;
- узел ввода-вывода дискретных сигналов.

Узел центрального процессора обеспечивает реализацию алгоритмов управления ПЧСН, хранение кода соответствующих программ и данных, обработку аппаратных сигналов функциональных и аварийных прерываний, хранение параметров настройки системы.

В качестве центрального процессора используется ИМС 16-разрядного DSP фирмы AnalogDevices типа ADSP-2181KS-160. Центральный процессор работает при входной частоте тактового сигнала 20 МГц и обеспечивает требуемое быстродействие 40 MIPS за счет внутреннего удвоения частоты тактового сигнала. Процессор имеет :

- внутреннюю память программ объемом 48 КБайт и память данных объемом 32 Кбайт;
- три внутренних параллельных арифметически-логических устройства;
- встроенный 5-канальный блок обработки прерываний со временем обработки прерывания не более 1 мксек;
- два быстродействующих (до 20 МГц) синхронных порта (SPI);
- 13 программируемых дискретных линий ввода-вывода.

Загрузка внутренней памяти программ и данных процессора осуществляется из внешней ИМС FLASH-памяти AT29C040A-12PI фирмы Atmel. Объем памяти 4Мбит, время выборки не более 120 мксек. Конструкция ячейки обеспечивает возможность записи FLASH-памяти в составе ячейки без использования внешнего программатора. В качестве энергонезависмой памяти для хранения параметров настройки используется ИМС NVM фирмы Microchip 24LC65P объемом 8 Кбайт.

Узел сопроцессора обеспечивает формирование сигналов управления силовыми приборами, формирование сигналов 3-х последовательных приемопередатчиков (UART), формирование периодических сигналов прерываний от интервального таймера, формирование сигнала сброса центрального процессора

В качестве сопроцессора используется ИМС AVR AT9090S8515-8PI фирмы Atmel - 8-разрядный микроконтроллер с тактовой частотой 8 Мгц. Процессор поддерживается на аппаратном уровне.Формирование сигналов быстродействующего последовательного приемо- передатчика с предельным быстродействием, не менее 19200 бит/сек (канал COM0). Дополнительно два последовательных приемо -передатчика с предельным быстродействием не менее 4800 бит/сек (каналы COM1 и COM2) реализованы на программном уровне. Цепи каналов COM0 и COM2 выведены на разъем расширения (X4) и предназначены для подключения потенциально изолированных интерфейсов RS-485 и RS-232. Канал COM1 предназначен для связи с местным пультом управления. Преобразование уровней TTL-сигналов в уровни сигналов RS-232 осуществляется с помощью ИМС драйвера ADM232AARN фирмы AnalogDevices.

С помощью внутреннего таймера сопроцессора осуществляется формирование сигналов периодических прерываний центрального процессора для задания интервалов времени вызова ряда подпрограмм, формирование периодического (каждые 50 мксек) сигнала запуска аналого-цифрового преобразователя, формирование сигнала защитного (WDT) таймера. Формирование сигналов управления силовыми приборами, а также считывание и формирование ряда логических сигналов осуществляется с помощью четырех встроенных двунаправленных восьмиразрядных портов сопроцессора.

Для формирования входного сигнала сброса центрального процессора и сопроцессора при снижении основного источника питания системы управления (+ 5 В) ниже допустимых пределов используется ИМС супервизора фирмы AnalogDevices типа ADM707AR. Супервизор позволяет не только сформировать сигнал сброса (RESET) системы управления необходимой длительности при включении или посадке питания, но также, с помощью встроенного компаратора, осуществляет контроль напряжения на входе стабилизированного источника питания. При этом при посадке напряжения собственных нужд во время работы СМП с упреждением формируется сигнал SVFO, поступающий на один из пор-

тов центрального процессора, который инициирует вызов подпрограммы сохранения данных и защиты.

Узел измерения и преобразования аналоговых сигналов выполнен на быстродействующих ИМС фирмы AnalogDevices. Входными сигналами являются сигналы фазных токов и напряжений двигателя и напряжения питающей сети. Преобразование аналоговых сигналов соответствующих датчиков в цифровую форму осуществляется с помощью ИМС AD7861AP - семиканального 11-разрядного АЦП с временем преобразования не более 3,8 мксек при возможности одновременном “защелкивания” 4 сигналов. Для расширения по входу АЦП и группирования аналоговых сигналов с точки зрения удобства последующей обработки на входе АЦП установлен коммутатор 8x4 ADG333ABR. Время переключения коммутатора не превышает 100 мксек. Защита входных цепей АЦП при уровнях сигналов, превышающих предельно допустимые, осуществляется с помощью ИМС управляемых ограничителей напряжения ADG466BN. Запуск преобразования АЦП осуществляется по сигналу CONVST, формируемому сопроцессором каждые 50 мксек. По окончании преобразования АЦП формирует сигнал BUSY, вызывающий прерывание центрального процессора и инициирующий подпрограмму считывания и обработки сигналов датчиков.

Синхронизация работы системы управления с питающей сетью осуществляется по сигналу прерывания центрального процессора SYNC. Сигнал формируется с помощью компаратора, на входе которого установлена прецизионная фазосдвигающая и фильтрующая R-C цепь.

Контроль тока для целей защиты осуществляется с помощью компараторов при двух уровневом контроле. При срабатывании первой ступени защиты формируется сигнал IDMAX немаскируемого прерывания центрального процессора, имеющий высший приоритет, который инициирует вызов соответствующей подпрограммы. При срабатывании второй ступни защиты формируется сигнал IDERR аппаратного отключения ПЧСН.

В качестве компараторов используются ИМС AD8532AR.

Для просмотра в аналоговой форме значений измеряемых и расчетных сигналов при настройке системы управления предусмотрен двухканальный цифроаналоговый преобразователь. В качестве ЦАП используется ИМС AD8403AN-10. Время формирования аналоговых сигналов не превышает 50 мксек.

Узел ввода-вывода дискретных сигналов предназначен для приема и обработки внешних контактных сигналов и формирования выходных контактных сигналов системы управления ПЧСН. Узел позволяет осуществить прием шести потенциально изолированных и шести связанных потенциально сигналов, а также сформировать четыре контактных сигнала управления промежуточными реле. Для потенциального разделения входных контактных сигналов используются ИМС оптронных разделителей типа PC817C фирмы Sharp. Наращивание количества каналов ввода-вывода дискретных сигналов возможно с помощью разъема расширения.

Пульт управления;

Пульт управления DESK-001 содержит жидкокристаллический дисплей, клавиатуру и элементы световой сигнализации и обеспечивает возможность ввода и отображения информации в местном режиме управления. Пульт выполнен на микроконтроллере фирмы Atmel AT89C51-24PI и является автономным устройством. Микроконтроллер осуществляет операции по управлению жидкокристаллическим индикатором, считыванию состояния клавиатуры и управления сигнальными светодиодами. Обмен информацией с ячейкой центрального процессора осуществляется с помощью интерфейса RS-232. Преобразование уровней TTL-сигналов в уровни сигналов RS-232 осуществляется с помощью ИМС драйвера ADM232AARN фирмы AnalogDevices. В качестве средства отображения информации используется русифицированный жидкокристаллический индикатор фирмы Bolymin типа SC20202ASLB-EH-G, содержащий две строки по 24 символа с подсветкой дисплея.

Клавиатура мембранного типа содержит 10 кнопок управления, в том числе:

- кнопки управления положением курсора и перемещения между пунктами и разделами сервисного меню;

- кнопки управления режимами работы пульта;
- кнопки пуска и остановки ПЧСН в местном режиме управления.

С помощью светодиодов осуществляется индикация следующих параметров и режимов работы:

- наличие питания пульта управления;
- отсутствие сбоев в работе последовательного интерфейса;
- пуск/остановка ПЧСН;
- наличие аварийной ситуации.

Ячейка питания;

Ячейка питания PSU-001 предназначена для формирования напряжения источников питания системы управления ПЧСН. Ячейка питания содержит следующие узлы:

- выпрямитель +24 В., и стабилизированные источники +5 В, +15 В, -15В напряжения питания системы управления;
- выпрямители +24 В., и –24 В., и стабилизированные источники +5 В, +15 В, -15В., напряжения питания потенциально изолированных элементов системы управления;
- выпрямитель +24 В., питания потенциально изолированных цепей оптронных разделителей контактных сигналов.

Стабилизатор +5 В., питания системы управления импульсный. Установка защиты от короткого замыкания на выходе 0,75 А., установка защиты от перенапряжения на выходе 6,25 В. При работе импульсного стабилизатора формируется источник 20 В., для питания стабилизатора –15 В., системы управления. Все прочие стабилизированные источники формируются с помощью ИМС интегральных стабилизаторов типов LM7805, LM7815, LM7915. Питание ячейки осуществляется через трансформатор от сети 380 В., 50 Гц или от источника бесперебойного питания.

Ячейка интерфейса RS-485;

Ячейка интерфейса RS-485 OPT485-001 предназначена для преобразования сигналов TTL-уровня в сигналы интерфейса RS-485. Преобразование сигналов

осуществляется с помощью ИМС драйверов ADM485JR фирмы AnalogDevices. Для потенциального разделения сигналов используются ИМС оптронных разделителей типа PC817C фирмы Sharp. Ячейка содержит два потенциально изолированных канала RS-485. Каждый из каналов может быть подключен к любому из каналов COM0 и COM2 последовательных интерфейсов ячейки CPU-001.

Ячейка датчиков (ЯД);

Ячейка датчиков предназначена для формирования аналоговых сигналов тока и напряжения, поступающих от датчиков тока и напряжения.

Ячейка включает узел питания, узел датчика тока, узел датчика напряжения.

Узел датчика напряжений включает четыре, практически идентичных канала, построенных на специализированных аналоговых потенциальных разделителях A7800 (HewlettPackard). Три канала используются для формирования сигналов линейных напряжений обмоток приводного двигателя. Для этого на вход A22…A24 подаются выходные сигналы блоков датчиков напряжений (БДН), установленных в каждом силовом шкафу. Канал на A25 используется для формирования сигнала снимаемого с обмотки возбуждения [7].

Ячейка выходных формирователей (ЯВФ);

Ячейка предназначена для формирования управляющих импульсов силовыми тиристорами.

Ячейка состоит из шести однотипных каналов усилителей – формирователей, узла источника питания и узла контроля питания.

В комплект поставки электропривода на базе преобразователя ПЧСН входят:

- шкаф силовой преобразовательный – 1 шт.;
- тиристорный возбудитель – 1 шт.;
- сглаживающий дроссель – от 2 до 4 шт., в зависимости от мощности ПЧСН;
- силовой согласующий трансформатор – 2 шт.;
- шкаф высоковольтных контакторов ШВК– 1 шт.;
- комплект резервных узлов и элементов.

Выбранное оборудование обеспечивает требованию технического задания по условиям работы и климатическому исполнению. Позволяет обеспечить автоматическое регулирование скорости вентилятора.

7 ОРГАНИЗАЦИОННО – ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

7.1 Расчет затрат при существующей схеме работы вентиляционной установки шахты «Магнезитовая»

Для вентиляционной установки шахты «Магнезитовая» характерна круглосуточная работа, что связано с необходимостью постоянного проветривания шахтных выработок.

В настоящее время вентиляционная установка шахты «Магнезитовая» имеет два периода работы в год: зимний период продолжительностью семь месяцев (сентябрь март) и летний период продолжительностью соответственно пять месяцев (апрель август). Переход из одного периода работы в другой заключается в изменении производительности (подачи) вентиляционной установки и других её аэродинамических характеристик, что обуславливается изменением температуры воздуха окружающей среды. Изменение производительности (подачи) вентиляционной установки и других её аэродинамических характеристик производится за счёт изменения, угла поворота лопаток рабочих колёс при постоянной частоте вращения приводного электродвигателя. Процесс поворота лопаток рабочего колеса требует остановки работы вентиляционной установки на две смены, что ведет за собой остановку добычи магнезитовой руды. Так как изменение производительности вентиляционной установки происходит два раза в год, то время остановки добычных работ равно четырём сменам.

Так же каждому из периодов работы вентиляционной установки соответствует определённое значение мощности, потребляемой приводным электродвигателем из сети, что связано с изменением мощности на валу вентилятора.

Рассчитаем суммарные годовые затраты на электроэнергию и потери денежных средств. При простое добычи магнезитовой руды при существующей схеме работы вентиляционной установки [4].

Суммарные годовые затраты на электроэнергию и потери денежных средств при простое добычи магнезитовой руды. При существующей схеме работы вен-

тиляционной установки C_{Σ}, руб.

$$C_{\Sigma 1} = C_{П.Д.1} + C_{Г.Э.1}, \qquad (7.1)$$

где $C_{П.Д.1}$ □ потери денежных средств при простое добычи магнезитовой руды при существующей схеме работы вентиляционной установки, руб.;

$C_{Г.Э.1}$ □ годовые затраты на электроэнергию при существующей схеме работы вентиляционной установки, руб.

Годовые потери денежных средств при простое добычи магнезитовой руд при существующей схеме работы вентиляционной установки $C_{П.Д.1}$,руб

$$C_{П.Д.1} = m_{Р.С.} \cdot f_{см.п.д.} \cdot ц_{Т.Р.}, \qquad (7.2)$$

где $m_{Р.С.}$ □ масса руды добываемой за одну смену, т, принимаем $m_{Р.С.}$ =1950 т;

$f_{см.п.д.}$ □ число смен простоя добычи магнезитовой руды в году, принимаем $f_{см.о.д.}$ = 4;

$ц_{Т.Р}$, □ цена одной тонны магнезитовой руды, руб., принимаем $ц_{Т.Р}$,= 250 руб.

$C_{П.Д.1} = 1950 \cdot 4 \cdot 250 = 1950000$ руб.

Годовые затраты на электроэнергию при существующей схеме работы вен тиляционной установки$C_{Г.Э.1}$, руб

$$C_{Г.Э.1} = C_{Э.1л.п.} + C_{Э.1з.п.}, \qquad (7.3)$$

где$C_{Э.1л.п.}$ □ затраты на электроэнергию в летний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки, руб.;

$C_{Э.1з.п.}$ □ затраты на электроэнергию в зимний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки, руб.

Расход электроэнергии в летний период работы при существующей схеме р боты вентиляционной установки $Q_{Э.1л.п}$> кВт

$$Q_{Э.1л.п.} = F_{Д.О.л.п.} \cdot к_З \cdot P_{1л.п.} - P_{1л.п.} \cdot F_{П.Д.л.п.}, \qquad (7.4)$$

где $F_{Д.О.л.п}$ □ действительное время работы оборудования в летний период, ч;

$к_З$ □ коэффициент загрузки оборудования по времени, принимаем $к_З$ =1;

$P_{1л.п}$ □ мощность, потребляемая приводным электродвигателем вентилятора; в летний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки, кВт, $P_{1л.п}$= 643 кВт;

$F_{П.Д.л.п}$ □ действительное время простоя добычи в летний период работы для существующей схеме работы вентиляционной установки, ч.

Действительное время работы оборудования в летний период $F_{Д.О.л.п}$, ч.

$$F_{Д.О.л.п.} = F_{Н.л.п.} \cdot (1 - (\alpha_р + \alpha_н), \qquad (7.5)$$

где $F_{Н.л.п.}$ □ номинальное время работы оборудования в летний период, ч;

$\alpha_р$ □ коэффициент, учитывающий потери времени, принимаем 0,05;

$\alpha_н$ □ коэффициент, учитывающий потери времени на настройку и наладку оборудования во время рабочих смен, принимаем $\alpha_н$ = 0,07.

Номинальное время работы оборудования в летний период $F_{Н.л.п.}$, ч

$$F_{Н.л.п.} = T_{см} \cdot f_{см} \cdot F_{Р.Д.л.п.}, \qquad (7.6)$$

где $T_{см}$ □ продолжительность смены, ч, принимаем $T_{см}$ = 8 ч;

$f_{см}$ □ число смен в сутках, принимаем $f_{см}$ = 3;

$F_{Р.Д.л.п.}$ □ число рабочих дней в летний период работы,

принимаем $F_{Р.Д.л.п.}$ = 153 дня.

$$F_{Н.л.п.} = 8 \cdot 3 \cdot 153 = 3672 \text{ ч.}$$

$$F_{Д.О.л.п.} = 3672 \cdot \left(1 - (0{,}05 + 0{,}07)\right) = 3231 \text{ ч.}$$

Действительное время простоя добычи в летний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки $F_{П.Д.л.п.}$,ч

$$F_{П.Д.л.п.} = f_{см.п.д.л.п.} \cdot T_{см}, \qquad (7.7)$$

где$f_{см.п.д.л.п.}$ □ число смен простоя добычи магнезитовой руды в летний период работы, принимаем $f_{см.п.д.л.п.}$= *2*.

$$F_{П.Д.л.п.} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ ч.}$$

$$Q_{Э.1л.п.} = 3231 \cdot 643 - 643 \cdot 16 = 2067245 \text{ кВт.}$$

Затраты на электроэнергию в летний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки$C_{Э.1л.п.}$, руб.

$$C_{Э.1л.п.} = Q_{Э.1л.п.} \cdot ц, \qquad (7.8)$$

где ц □ цена кВт электроэнергии, принимаем ц = 2,51 руб.

$$C_{Э.1л.п.} = 2067245 \cdot 2{,}51 = 5188784{,}95 \text{ руб.}$$

Расход электроэнергии в зимний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки $Q_{Э.1з.п.}$, кВт;

$$Q_{Э.1з.п.} = F_{Д.О.з.п.} \cdot к_З \cdot P_{1з.п.} - P_{1з.п.} \cdot F_{П.Д.з.п.}, \qquad (7.9)$$

,где $F_{Д.О.з.п.}$ □ действительное время работы оборудования в зимний период, ч; $P_{1з.п.}$мощность, потребляемая приводным электродвигателем вентилятора в зим-

ний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки, кВт, $P_{1з.п.}$= 325 кВт;

$F_{П.Д.з.п.}$ □ действительное время простоя добычи в зимний период работы ,где при существующей схеме работы вентиляционной установки, ч.

Действительное время работы оборудования в зимний период $F_{Д.О.з.п.}$, ч

$$F_{Д.О.з.п.} = F_{Н.з.п.} \cdot \left(1 - \left(\alpha_р + \alpha_н\right)\right), \qquad (7.10)$$

где $F_{Н.з.п.}$ □ номинальное время работы оборудования в зимний период, ч.

Номинальное время работы оборудования в зимний период $F_{Н.з.п.}$, ч

$$F_{Н.з.п.} = T_{см} \cdot f_{см} \cdot F_{Р.Д.з.п.}, \qquad (7.11)$$

,где $F_{Р.Д.з.п.}$ □ число рабочих дней в зимний период работы, принимаем $F_{Р.Д.з.п.} = 212$ дней.

$$F_{Н.з.п.} = 8 \cdot 3 \cdot 212 = 5088 \text{ ч.}$$

$$F_{Д.О.з.п.} = 5088 \cdot \left(1 - (0{,}05 + 0{,}07)\right) = 4477 \text{ ч.}$$

Действительное время простоя добычи в зимний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки $F_{П.Д.з.п.}$, ч

$$F_{П.Д.з.п.} = f_{см.п.д.з.п.} \cdot T_{см}, \qquad (7.12)$$

где$f_{см.п.д.з.п.}$ □ число смен простоя добычи магнезитовой руды в зимний период работы, принимаем $f_{см.п.д.з.п.}$= 2.

$F_{П.Д.з.п.} = 2 \cdot 8 = 16$ ч.

$Q_{Э.1з.п.} = 4477 \cdot 1 \cdot 325 - 325 \cdot 16 = 1672875$ кВт.

Затраты на электроэнергию в зимний период работы при существующей схеме работы вентиляционной установки$C_{Э.1з.п.}$, руб.

$$C_{Э.1з.п.} = Q_{Э.1з.п.} \cdot ц, \qquad (7.13)$$

$C_{Э.1з.п.} = 1672875 \cdot 2{,}51 = 3094818{,}75$ руб.

Годовые затраты на электроэнергию при существующей схеме работы вентиляционной установки$C_{Г.Э.1}$, руб

$C_{Г.Э.1} = 5188784{,}95 + 3094818{,}75 = 8283603{,}7$ руб.

Суммарные годовые затраты на электроэнергию и потери денежных средств. При простое добычи магнезитовой руды при существующей схеме работы вентиляционной установки$C_{\sum 1}$, руб.

$C_{\sum 1} = 1950000 + 8283603{,}7 = 10233603{,}7$ руб.

Суммарные годовые затраты на электроэнергию и потери денежных средств при простое добычи магнезитовой руды.При существующей схеме работы вентиляционной установки составят $10233603{,}7$ рублей.

7.2 Расчет затрат в проектном варианте

В проектном варианте регулирование производительности вентиляционной установки производится без остановки работы вентилятора за счёт изменения частоты вращения приводного электродвигателя, что полностью исключает про-

стой добычи магнезитовой руды.

Рассчитаем годовые затраты на электроэнергию после модернизации электропривода вентиляционной установки.

После модернизации электропривода вентиляционной установки все технические показатели работы установки для летнего периода останутся прежними, в связи с этим годовые затраты на электроэнергию в летний период работы до и после модернизации будут равны.

Годовые затраты на электроэнергию после модернизации электропривода вентиляционной установки$C_{Э.2}$, руб [11].

$$C_{Э.2} = C_{Э.2л.п.} + C_{Э.2з.п.}, \qquad (7.14)$$

где$C_{Э.2л.п.}$ □ затраты на электроэнергию в летний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки, руб.

$C_{Э.2з.п.}$ □ затраты на электроэнергию в зимний период после модернизации электропривода вентиляционной установки, руб.

Расход электроэнергии в летний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки $Q_{Э.2л.п.}$, кВт.

$$Q_{Э.2л.п.} = F_{Д.О.л.п.} \cdot к_З \cdot P_{2л.п.}, \qquad (7.15)$$

,где $P_{2л.п.}$ — мощность, потребляемая приводным электродвигателем вентилятора в летний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки, кВт, принимаем $P_{2л.п.}$= 643 кВт.

$$Q_{Э.2л.п.} = 3231 \cdot 1 \cdot 643 = 2077533 \text{ кВт.}$$

Затраты на электроэнергию в летний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки$C_{Э.2л.п.}$, руб.

$$C_{Э.2л.п.} = Q_{Э.2л.п.} \cdot ц, \qquad (7.16)$$

$$C_{Э.2л.п.} = 2077533 \cdot 2{,}51 = 5214607{,}8 \text{ руб.}$$

Расход электроэнергии в зимний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки $Q_{Э.2з.п.}$, кВт

$$Q_{Э.2з.п.} = F_{Д.О.з.п.} \cdot к_З \cdot P_{2з.п.}, \qquad (7.17)$$

где $P_{2з.п.}$ □ мощность, потребляемая приводным электродвигателем вентилятора в зимний период работы после модернизации электропривода вентиля ционной установки, кВт, $P_{2з.п.}$ =238,7 кВт.

$$Q_{Э.2з.п.} = 4477 \cdot 1 \cdot 238{,}7 = 1068659{,}9 \text{ кВт.}$$

Затраты на электроэнергию в зимний период работы после модернизации электропривода вентиляционной установки$C_{Э.2з.п.}$, руб.

$$C_{Э.2з.п.} = Q_{Э.2з.п.} \cdot ц, \qquad (7.18)$$

$$C_{Э.2з.п.} = 1068659{,}9 \cdot 2{,}51 = 2682336{,}35 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на электроэнергию после модернизации электропривода вентиляционной установки$C_{Э.2}$, руб.

$$C_{Э.2} = 5214607{,}8 + 2682336{,}35 = 7896944{,}15 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на электроэнергию после модернизации электропривода вентиляционной установки, составят 7896944,15 рубля.

7.3 Капитальные вложения в модернизацию

Рассчитаем капитальные вложения в модернизацию вентиляционной установки, при чём при расчёте затрат на основные технические средства нужно учитывать то, что в комплект поставки тиристорного преобразователя типа ПЧСН - 800 не входит тиристорный возбудитель, так как данное устройство уже эксплуатируется.

Затраты на основные технические средства$К_{Т.С}$, руб.

$$К_{Т.С} = N \cdot Ц + С_{Т.Р}, \qquad (7.19)$$

где N количество комплектов поставки тиристорного преобразователя типа ПЧСН - 800 без тиристорного возбудителя, шт., принимаем N = 1 шт.;

Ц цена одного комплекта поставки тиристорного преобразователя типа ПЧСН - 800 без тиристорного возбудителя, руб., Ц = 2000000 руб.;

$С_{Т.Р}$ транспортные расходы, руб. 1% от цены комплекта ПЧСН,

Транспортные расходы $С_{Т.Р}$, руб.

$$С_{Т.Р} = \frac{N \cdot Ц}{100}, \qquad (7.20)$$

$$С_{Т.Р} = \frac{1 \cdot 2000000}{100} = 20000 \text{ руб.}$$

$$К_{Т.С} = 2000000 + 20000 = 2020000 \text{руб.}$$

Затраты на вспомогательное оборудование$К_{В.О}$, руб.

$$К_{В.О} = \frac{10 \cdot К_{Т.С}}{100}, \qquad (7.21)$$

$$К_{В.О} = \frac{10 \cdot 2020000}{100} = 202000 \text{ руб.}$$

Затраты на монтаж и наладку технических средств$К_{М.Н.}$, руб.

$$К_{М.Н.} = \frac{50 \cdot К_{Т.С}}{100}, \qquad (7.22)$$

$$К_{М.Н.} = \frac{50 \cdot 2020000}{100} = 1010000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения$\Delta К$, руб.

$$\Delta К = К_{Т.С} + К_{В.О} + К_{М.Н.}, \qquad (7.23)$$

$$\Delta К = 2020000 + 202000 + 1010000 = 3232000 \text{ руб.}$$

7.4 Экономический эффект

Приведенные затраты З, руб.

$$З = С + Е \cdot К, \qquad (7.24)$$

где С годовые текущие затраты на подготовку производства, руб.;

Е коэффициент экономической эффективности, принимаем 0,15;

К капитальные вложения в подготовку производства, руб.

Приведенные затраты для существующей схемы работы вентиляционной ус тановки $З_1$, руб.

$$З_1 = 10233603{,}7 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты для проектной схемы работы вентиляционной уста-новки $З_2$, руб.

$$З_2 = 7896944{,}15 + 0{,}15 * 3232000 = 8381744{,}15 \text{ руб.}$$

Экономический эффект Э, руб.

$$Э = З_1 - З_2, \qquad (7.25)$$

$$Э = 10233603{,}7 - 8381744{,}15 = 1851859{,}5 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $Т_О$, год

$$Т_О = \frac{\Delta К}{Э}, \qquad (7.26)$$

$$Т_О = \frac{3232000}{1851859{,}5} = 1{,}75 \text{ года.}$$

Данные экономического расчета сводятся в таблицу 7.1

Таблица7.1 □ сводные данные экономического расчета

Показатели	Единица измерения	Действующая схема	Проектная схема
Дополнительные капитальные вложения	руб.	—	3232000
Потери денежных средств при простое добычи руды	руб./год	1950000	—
Затраты на электрическую энергию	руб./год	8283603,7	7896944,15
Приведенные затраты	руб.	10233603,7	8381744,15
Экономический эффект	руб.	1851857,5	
Срок окупаемости	год	1,7	

В итоге, при проведении расчетов было определено, что срок окупаемости проекта 1,7 года, а экономический эффект составляет 1851857,5 рублей.

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

8.1 Краткое описание рассматриваемого объекта.

Шахта «Магнезитовая» является собственностью ПАО «Комбината «Магнезит». Она служит источником добычи минерала магнезит. Располагается на основной производственной площадке. Основным электрооборудованием шахты является вентиляционная установка, подъемная машина и система дренажных насосов.

В шахтах в процессе эксплуатации постоянно изменяются длина, сечение и число горных выработок, а также утечки воздуха между выработками и естественная тяга. Все эти изменение способствуют сопротивлению шахтной сети. Изменяются также производственная мощность шахт, газовыделение из горных пород и температура поступающего в шахту воздуха с изменением времен года. В связи с этим различны требования к потребному количеству воздуха, которое должны подавать вентиляционные установки. С 1980 года на шахте “ Магнезитовая” эксплуатируется вентиляционная установка с вентилятором типа ВОД - 30. Электропривод установки выполнен на базе синхронного электродвигателя типа СДВ 15 - 49 -12. Подводящий канал, соединяющий вентиляторы со стволом шахты, выполнен прямоугольного сечения и сооружён из бетона. Регулирование вентилятора осуществляется поворотом лопаток рабочих колес, при постоянной скорости вращения приводного электродвигателя. Процесс поворота лопаток рабочих колес вентилятора происходит при остановленной работе вентиляционной установки, что влечет за собой простой добычи магнезита в течение двух смен.

8.2 Вредные и опасные производственные факторы их анализ.

Место расположения шахты «Магнезитовая» юго-запад г. Сатка. Физико-географические, климатические условия общие для горнозаводской зоны.

Здание вентиляционной установки главного проветривания находится на территории шахты, непосредственно вблизи высоковольтной трансформаторной подстанции, на которой имеются масляные трансформаторы с трансформаторным маслом, представляющие повышенную пожарную опасность.

На шахте «Магнезитовая» имеются электрические сети напряжением: 6 кВ и 0,4 кВ.

Основным транспортным путем является автомобильная дорога.

В зоне обслуживания вентиляционной установки главного проветривания являются следующие опасные и вредные производственные факторы:

- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенное значение напряжения электрической цепи;
- вибрация;
- вращающиеся и движущиеся механизмы;
- повышенное значение шума;
- электромагнитные поля;
- утомляемость персонала;
- взрывопожароопасность [12].

8.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса.

Рабочее место для выполнения работ в положении сидя должно соответствовать требованиям технической эстетики.

Таблица 8.1 □ Нормативные значения эргономических параметров рабочего места машиниста вентиляционной установки

Наименование параметра	База отсчета	Нормативное значение
рабочий стол (рабочая поверхность)		
высота, мм	полы	680 □ 800 при регулировке, 725 без регулировки.
ширина, мм	край стола	800 □ 1400
глубина, мм	передний край стола	600 □ 800
рабочий стул		
высота поверхности сиденья, мм	полы	450
угол наклона поверхности сиденья, град	горизонтальная плоскость	5
ширина сиденья, мм	край сиденья	400
глубина сиденья, мм	передний край сиденья	>400
высота спинки стула, мм	поверхность сиденья	350
радиус кривизны спинки стула, мм	середина спинки, горизонтальная плоскость	>400
угол наклона спинки стула, град.	поверхность сиденья, вертикальная плоскость	25°

Параметр считается соответствующим требованиям, если его значение отклоняется от нормативного не более чем на ±10 мм (по линейному параметру) и на 1° (по угловому параметру).

В помещениях, где работают инженерно-технические работники, уровень шума не должен превышать 60 дБ А.

Температура окружающей среды должна быть на уровне 22 - 25 °., влажность в

пределах 30-60 и скорость движения воздуха не более 0,2 м/с.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 500 лк, причем яркость документа на рабочем месте должна быть не менее 85 кд/м^2.

Яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м^2, яркость бликов на экране ПК не должна превышать 40 кд/м^2 и яркость потолка при применении системы отраженного освещения не должна превышать 200 кд/м^2 [12].

Таблица 8.2 Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений.

Наименование параметров	Допустимое значение
Напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см от видеомонитора	10 В/м
Напряженность электромагнитного поля по магнитной составляющей на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать	20 кВ/м
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50см вокруг монитора по электрической составляющей должна быть не более (в диапазоне частот 5 Гц – 400 кГц)	25 – 2,5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более (в диапазоне частот 5 Гц – 400 кГц)	250 – 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

8.4 Соответствие нормативов по охране труда

За контролем и обслуживанием вентиляционной установки на шахте «Магнезитовая» занимается машинист вентиляционной установки.

К работе на данную профессию допускаются лица не моложе 18 лет, прошед-

шие предварительный медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний к выполнению работы.

Рабочий при приеме на работу должен пройти вводный инструктаж. До допуска к самостоятельной работе, рабочий должен пройти:

— первичный инструктаж на рабочем месте;

— проверку знаний по Инструкции охраны труда;

— проверку знаний по оказанию первой помощи пострадавшим при несчастным случаяи , при обслуживании энергетического оборудования;

— проверку знаний по применению средств защиты, необходимых для безопасного выполнения работ;

— обучение по программе подготовки персонала;

– ПТБ для рабочих, имеющих право подготавливать рабочее место, осуществлять допуск, быть производителем работ, наблюдающим и членом бригады в объеме, соответствующем обязанностям ответственных лиц ПТБ.

Допуск к самостоятельной работе оформляется соответствующим распоряжением по предприятию.

Для защиты от воздействия опасных и вредных факторов необходимо применять следующие меры безопасности.

При работе на движущихся и вращающихся машинах и механизмах не должно быть развевающихся частей, которые могут быть захвачены движущимися частями механизмов [13].

При необходимости нахождения вблизи горячих частей оборудования следует принять меры по защите от ожогов и действия высоких температур (ограждение оборудования, вентиляция).

При выполнении работ на участках с температурой воздуха выше 33°С. Необходимо применять режим труда с интервалами времени для отдыха и охлаждения.

При недостаточной освещенности рабочей зоны следует применять дополнительное местное освещение.

Для защиты от поражения электрическим током необходимо применить ди-

электрические перчатки, ковры, изолирующие подставки.

Электромонтер должен работать в спецодежде и спец обуви и применять другие средства защиты, выдаваемые в соответствии с действующими нормами [12].

Машинисту вентиляционной установки бесплатно должны выдаваться согласно отраслевым нормам следующие средства индивидуальной защиты:

— куртка утепленная (на 24 месяца).костюм хлопчатобумажный (на 12 месяцев);

— сапоги кирзовые или ботинки (на 12 месяцев);

— рукавицы комбинированные (на 3 месяца);

При выдаче двойного сменного комплекта спецодежды срок должен удваиваться.

В зависимости от характера работ и условий их производства электромонтеру временно должна выдаваться дополнительная спецодежда и защитные средства для этих условий.

Требования правил безопасности при ремонтно-наладочных работах.

Важной задачей эксплуатации электрооборудования является обеспечение безопасности при его обслуживании. Условия производства работ на действующих электроустановках и необходимые организационные и эксплуатационные технические мероприятия для обеспечения безопасности строго регламентированы «Правилами эксплуатации электроустановок».

Действующими электроустановками считаются такие, которые полностью или частично находятся под напряжением или на которые в любой момент может быть подано напряжение. В распределительных устройствах оборудование и ошиновку, находящихся под напряжением, ограждают или располагают на такой высоте, чтобы случайное прикосновение к ним было невозможно.

Чтобы обеспечить безопасность работ, требуется строгое соблюдение правил ПОТРЭМ.

В целях обеспечения защиты от электромагнитных и электростатических полей допускается применение при экранных фильтров, специальных экранов и

других средств индивидуальной защиты, имеющих соответствующий гигиенический сертификат [13].

При работе на персональном компьютере наиболее тяжелая ситуация связана с полями излучений очень низких частот, которые способны вызывать биологические эффекты при воздействии на живые организмы. Поэтому для защиты от этого вида излучений применяются видеоадаптеры с высоким разрешением и частотой обновления экрана не ниже 80–82 Гц.

Конструкция клавиатуры должна предусматривать опорное приспособление, позволяющее изменять угол наклона поверхности клавиатуры в пределах от 5 до 15 градусов.

Для защиты людей от поражения электрическим током должно быть применено защитное заземление .Зачастую при эксплуатации электроустановок нетоковедущие части их оказываются под напряжением. Величина его может быть различна в зависимости от причины.

Наиболее частая причина – наведение напряжения от близко расположенных токоведущих частей. В частности, например на корпус трансформатора наводится потенциал от проходящих сквозь него магнитных потоков. Таким образом, не запитанным корпусом, становится опасным для прикосновения. К таким же объектам можно отнести ещё и сетчатые ограждения на РУ, корпуса двигателей и генераторов, ячеек КРУ и шкафов КСО и другое оборудование.

Второй причиной может стать замыкание на корпус одной или нескольких фаз. При этом корпус оказывается под напряжением.

Таким образом, нетоковедущие части электроустановок или элементы РУ оказываются под напряжением, те имеют потенциал относительно земли неравный нулю. Понятно, что при соприкосновении с ним произойдёт поражение человека электрическим током, что проявляется в электрическом ударе и ожоге наружных и внутренних органов. Следствием электрического удара могут быть судороги мышц грудной клетки, прекращение деятельности органов дыхания, потеря сознания и расстройство сердечной деятельности со смертельным исходом.

Степень поражения определяется величиной тока, путем и длительностью прохождения через тело человека. Величина тока зависит от напряжения прикосновения и сопротивления всей электрической цепи в которую последовательно «включается» человек.

8.5 Производственная санитария

На шахте «Магнезитовая» осуществляется производственный контроль, за соблюдением требований «Санитарных правил». Проводятся профилактические мероприятия, направленные на предупреждение возникновения заболеваний работающих в производственных помещениях. Осуществляется контроль за условиями труда и отдыха и выполнением мер коллективной и индивидуальной защиты работающих от неблагоприятного воздействия микроклимата.

При проведении работ на вентиляционной установке шахты «Магнезитовая» необходимо обеспечить соблюдение санитарных норм допустимых уровней освещенности, шума, и напряженности электромагнитного поля в соответствии с санитарными нормами, утвержденными Минздравом России 12.05.95 №3323.

Рабочее освещение предусмотрено для всех помещений здания, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. В производственных помещениях освещенность проходов и участков, где работа не производится, составляет не более 25 % нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения [13].

Очистку светильников, замену ламп и плавких вставок, ремонт и осмотр осветительной сети производит персоналом электрической службы. Измерение освещенности рабочих мест производится при вводе в эксплуатацию и в дальнейшем по мере необходимости.

Осмотр осветительной сети производиться один раз в сутки дежурным.

Обнаруженные при проверке и осмотре дефекты должны быть устранены в кратчайший срок.

Воздействие шума и вибрации на человека.

Шум и вибрация являются причиной снижения работоспособности, ослабления памяти, внимания, остроты зрения, что может привести к травматизму и авариям. Длительное воздействие интенсивных шумов может вызвать частичную, а иногда и полную потерю слуха. Степень вредности шума и вибрации зависит от частоты, уровня (силы), продолжительности и регулярности их воздействия. Классификация шумов, допустимые уровни шума на рабочих местах установлены в ГОСТ 12,1,003 - 76 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СИ 245-71.

Источником шума на вентиляционной установке являются приводной электродвигатель и вентилятор. Шум возникает в результате плохой балансировки, центровки, неуравновешенности роторов, муфт и других вращающихся деталей и вследствие неплотного крепления деталей и перекосов, недостаточной смазки. Обслуживающий персонал обязан тщательно следить за исправностью и нормальной работой оборудования, вовремя устранять подобные неполадки, которые к тому же могут явиться причиной аварии.

В число основных мер по предотвращению воздействия шума на персонал входят комплексная автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами, вызывающих шум [12].

При эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места применяются средства и методы коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029. А также применяются средства индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051.

На вентиляционной установке вибрация конструкций, так же как и шум вредно действуют на человека. Начальные стадии вибрационной болезни при воздействии общей вибрации характеризуются головными болями, нарушениями сна, повышенной утомляемостью и раздражительностью. Иногда наблюдаются головокружения. Вибрация может быть причиной функциональных расстройств нервной и сердечно - сосудистой систем, а также опорно-двигательного аппарата. Основные требования по устранению вибрации изложены в стандарте 12.1.012-78 «Вибрация. Общие требования безопасности».

Влияние электромагнитного поля на живые организмы.

Непосредственное (биологическое) влияние электромагнитного поля на человека связано с воздействием на сердечно - сосудистую, центральную и периферийную нервные системы, мышечную ткань и другие органы. Вредные последствия пребывания человека в электрическом поле зависят от напряженности электрического поля , кВ/м, и от продолжительности его воздействия. Согласно СанПиН 2.2.4.1191 - 03 предельно допустимый уровень напряженности электромагнитного поля на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м [12].

Контроль за соблюдением требований санитарных правил на шахте «Магнезитовая», и в частности на вентиляционной установке , осуществляется органами Госсанэпиднадзора и лицами, ответственными за соблюдение правил по безопасным условиям труда в порядке проведения производственного контроля.

Мероприятия по снятию психологических перегрузок.

Общая продолжительность рабочего времени, времени начала и окончания работы, продолжительность обеденного перерыва, периодичность и длительность внутрисменных перерывов, работа в ночное время определена в соответствии с действующим законодательством и правилами внутреннего трудового распорядка.

При непрерывном цикле работ на вентиляционной установке, разработан график сменности, который доведен до сведения работников.

8.6 Эргономика и производственная эстетика

Внешняя среда, окружающая человека на производстве, влияет на организм человека, на его физиологические функции, психику, производительность труда.

Правильное решение комплекса вопросов производственной эстетики благоприятно воздействует на организм человека, исключает причины травматизма и профессиональных заболеваний, повышает производительность труда и культуру производства. При выполнении производственных операций необходимо,

чтобы рабочее место обеспечивало возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя или в положениях и сидя, и стоя.

При этом необходимо учитывать:

- физическую тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ.

Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на 15°.

8.7 Противопожарная безопасность и взрывобезопасность

Категория производства и класс помещений по взрывоопасности и пожароопасности:

- помещение вентиляционной установки В;
- закрытые распределительные устройства Г и П-I;
- пункт управления вентиляционной установки Д.

Руководители шахты «Магнезитовая» несут ответственность за противопожарную безопасность помещений и оборудования тепловых энергоустановок, а также за наличие и исправное состояние первичных средств пожаротушения.

Категория противопожарной безопасности для помещения и оборудования вентиляционной установки определена как В по ОНТП 24 - 86, то есть производство, связанное с применением взрывоопасных веществ и материалов. Помещение вентиляционной установки построено из несгораемых материалов, стены сделаны из кирпича и бетона, перекрытия из железобетона, пол из бетона. Кабели в помещении вентиляционной установки проложены в кабельных каналах, подвесных металлических лотках и в трубах с соблюдением требований и рекомендаций, обеспечивающих пожарную безопасность в кабельном хозяйстве.

Основы пожарной защиты предприятия определены государственными стандартами.

Персонал, обслуживающий вентиляционную установку , проходит противопожарный инструктаж, занятия по пожарно-техническому минимуму, участвует в противопожарных тренировках [13].

На вентиляционной установке установлен противопожарный режим работы и выполняются противопожарные мероприятия, а также разработан оперативный план тушения пожара не допускающий действий, которые могут привести к пожару или возгоранию.

Разработана и утверждена инструкция о мерах пожарной безопасности и план (схема) эвакуации людей в случае возникновения пожара на тепловых энергоустановках, приказом руководителя назначены лица, ответственные за пожарную безопасность отдельных территорий, зданий, сооружений, помещений, участков, создана пожарно-техническая комиссия и система оповещения людей о пожаре.

По каждому происшедшему случаю пожара или загорания проводится расследование комиссией, создаваемой руководителем предприятия или вышестоящей организацией. Результаты расследования оформляются актом. При расследовании устанавливается причина и виновники возникновения пожара (загорания), по результатам расследования разрабатываются противопожарные мероприятия [12].

Шахта «Магнезитовая» оборудована сетями противопожарного водоснабжения, установками обнаружения и тушения пожара в соответствии с требованиями нормативно-технических документов.

На этажах установлены пожарные гидранты с таким расчетом, чтобы обеспечить подачу воды в любую точку помещения.

В каждом шкафу находится брезентовый рукав длинной не менее 10 м со стволом. В помещениях шахты предусмотрены технические средства (лестничные клетки, противопожарные стены, наружные пожарные лестницы), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций, необходимые

для спасения людей при пожаре и расчетного времени тушения пожара.

Окраска составных частей установок пожаротушения, включая трубопроводные коммуникации, соответствует требованиям ГОСТ 12.4.026 - 76 и отраслевых стандартов.

В здании вентиляционной установки предусмотрен набор первичных средств пожаротушений:

- огнетушители ОХП;
- противопожарный инвентарь (лопаты, песок, ломы, топоры, багры).

Огнетушители размещаются в легкодоступных и заметных местах, где исключено попадание на них прямых солнечных лучей и непосредственное воздействие от пительных и нагревательных приборов. Обеспечивается возможность прочтения маркировочных надписей на корпусе, а также удобство и оперативность пользования ими [13].

8.8 Экологическая безопасность

Руководители шахты «Магнезитовая» периодически проходят соответствующую подготовку в области экологической безопасности согласно списку, составленному и утвержденному руководителем предприятия.

Принимаются меры для предупреждения или ограничения вредного воздействия на окружающую среду выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, шума, вибрации и иных вредных физических воздействий, а также по сокращению безвозвратных потерь и объемов потребления воды.

Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от тепловых энергоустановок не превышает установленных норм предельно допустимых выбросов (лимитов). Шумовое воздействие не превышает установленных норм звуковой мощности оборудования.

Разработаны планы мероприятий по снижению вредных выбросов в атмосферу при объявлении особо неблагоприятных метеорологических условий, согласованный с региональными природоохранными органами, предусматриваю-

щий мероприятия по предотвращению аварийных и иных залповых выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

На шахте «Магнезитовая» осуществляют контроль и учет выбросов и сбросов загрязняющих веществ.

8.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

Российская система предупреждений и действий в ЧС призвана решать значительно больший круг задач, чем ранее ГО.

Задача проведение мероприятий:

— по предупреждению аварий, катастроф и стихийных бедствий;

— по обеспечению безаварийной работы;

— по максимальному снижению разрушений, людских и материальных потерь в случае возникновения непредвиденных аварийных обстоятельств;

— по повышению устойчивости.

Они охватывают инженерную, радиационную, химическую, медицинскую защиту . При возникновении ЧС решается комплекс специальных задач по ликвидации последствий, важнейшим из которых является проведение спасательных и других неотложных работ, направленных на спасение жизни и сохранение здоровья людей, на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для нее опасных факторов. Мероприятия по подготовке и проведению спасательных и других неотложных работ в зоне ЧС тесно связаны с мероприятиями по обеспечению устойчивости работы объекта. Мероприятия по повышению устойчивости работы объектов будут экономически обоснованы, если они максимально увязаны с задачами, решаемыми в период безаварийной работы объекта, улучшения условий труда, совершенствования производственного процесса.

В данной работе произведен анализ всех производственных и экологических опасностей. Предусмотрены меры по охране труда и определены требования производственной санитарии. Рассмотрены вопросы экологии и обеспечения безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассмотрен вариант модернизации электропривода вентиляционной установки шахты «Магнезитовая», путём внедрения преобразователя частоты.

Было произведено сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий.

Произведён пересчёт параметров работы вентиляционной установки для летнего и зимнего периодов работы.

Выбран тиристорный преобразователь частоты типа ПЧСН - 800, который позволяет регулировать производительность без остановки работы вентиляционной установки, что позволит избежать потерь денежных средств из-за простоя добычи сырого магнезита, в размере 1950000 рублей в год.

Регулирование частоты вращения приводного электродвигателя позволяет снизить потребление электроэнергии на 3,9 % в год, что в денежном выражении составляет 386659,55 рубля.

В экономической части проекта приведены сводные данные экономического расчета . На внедрение системы регулирования производительности вентиляционной установки главного проветривания шахты «Магнезитовая» на базе тиристорного преобразователя частоты ПЧСН - 800. Экономический эффект от внедрения, составляет 1851859,5 рублей, срок окупаемости капитальных вложений 1,75 года.

Рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Москаленко, В.В. Электрический привод.: учебник для вузов / В.В. Москаленко. – М: Высшая школа, 2007. – 368 с.

2 Бабак, Г.А. Шахтные вентиляционные установки главного проветривания: справочник / Г.А. Бабак, К.П. Бочаров, А.Т. Волохев. —М.: Недра, 1982 . – 75 с.

3 Гамрат — Курек, Л.И. Экономическое обоснование дипломных проектов: высшая школа /Л. И. Гамрат — Курек. — М:, 1985. – 159 с.

4 Авербах, А.И. Электропривод и автоматизация промышленных установок как средство энергосбережения / А.И. Авербах, Е.И. Барц, И.Я. Браславский, З.Ш. Шиматов. – М.:Тяжпромэлектромет, 2002. – 180 с.

5 Гамазин, С.И. Переходные процессы в системе промышленного электроснабжения, обусловленные электродвигательной нагрузкой/ С.И. Гамазин, В.А. Ставцев, С.А. Цырук. – М.: Изд-во МЭИ, 1997. – 424 с.

6 Сибикин, Ю.Д. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – 40 изд., испр. и доп. – М.: высш. шк.; Издат. центр «Академия», 2001. – 248 с.

7 Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. / Г.Г. Соколовский. – М., Академия,2006. – 250 с.

8 Онищенко, Г.Б. Электрический привод. Учебник для вузов / Г.Б. Онищенко. - М., РАСХН, 2003. – 320 с.

9 Боровиков, В.И. Искусство анализа данных на компьютере/ В.И. Боровиков – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.

10 Матушкина, О.Е. Оценка экономической эффективности инвестиционных проектов: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 17 с.

11 ГОСТ 12.0.003 74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Энас, 2001. – 6 с.

12 ПОТРМ-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00). Межотраслевые Правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 210 с.

13 Великанов, К.М. Расчеты экономической эффективности новой техники: справочник / К.М. Великанова. Л.: Машиностроение. 1990. – 448 с.

14 Экология и экономика природопользования: Учебное пособие для вузов / под ред. Э.В.Гирусова, В.Н.Лопатина, 2-е изд., пе-рераб. и доп. М.: ЮНИ-ТИ-ДАНА, 2003. – 135 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Результаты расчета параметров работы вентиляционной установки

Показатели	Летний период	Зимний период до модернизации	Зимний период после модернизации
Угол поворота лопаток рабочих колёс	35º	25º	35º
Подача, $м^3/с$	165	130	130
Статическое давление вентиляционной установки, Па	2055	1082,5	1368
Мощность на валу вентилятора, кВт	450	225	167,1
Частота вращения электродвигателя, об/мин	500	500	395
Статический к.п.д. вентиляционной установки	0,7	0,6	0,7
Мощность, потребляемая двигателем из сети, кВт	643	325	238,7

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Результаты экономического расчёта

Показатели	Единица измерения	Действующая схема	Проектная схема
Капитальные вложения	руб.		3232000
Потери денежных средств при простое добычи руды	руб./год	1950000	
Затраты на электрическую энергию	руб./год	8283603,7	7896944,15
Приведённые затраты	руб.	10233603,7	8381744,15
Экономический эффект	руб.	1851859,5	
Срок окупаемости	год	1,75	