

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт-филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт
«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.В.Коловский
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2022г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Автоматизация электроприводов подкачивающей насосной станции
Минусинской ТЭЦ
тема

Руководитель _____ подпись, дата	_____ должность, учёная степень	<u>Н.В. Дулесова</u> инициалы, фамилия
Выпускник _____ подпись, дата		<u>Е.О. Пыхтеев</u> инициалы, фамилия
Нормоконтроль _____ подпись, дата		<u>И.А. Кычакова</u> инициалы, фамилия

Абакан 2022

Студенту _____ Пыхтееву Евгению Олеговичу _____

фамилия, имя, отчество

Группа З-17 (ЗХЭн 17-01) Направление (специальность)

номер

13.03.02

«Электроэнергетика и электротехника»

код наименование

Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизация электроприводов подкачивающей насосной станции №1 Минусинской ТЭЦ.

Утверждена приказом по институту №212 от 15.04.2022г.

Руководитель ВКР Дулесова Н.В., к.э.н. доцент кафедры «Электроэнергетика»

инициалы, фамилия должность и место работы

Исходные данные для ВКР характеристика предприятия, установленная мощность предприятия, потребление электрической энергии, существующие энергосберегающие мероприятия.

Перечень разделов ВКР:

Введение

1. Теоретическая часть

1.1 Выбор и обоснование систем регулирования частоты вращения и пуска насосов станции подкачки

1.2 Общие сведения о технологическом процессе и задаче автоматизации насосной установки

2. Аналитическая часть

2.1 Анализ схемы подкачивающей насосной станции №1

2.2 Характеристика подкачивающей насосной станции

2.3 Характеристика насосов

2.4 Регулировка подачи насосов

2.5 Обоснование выбора системы регулирования привода по схеме ПЧ-АД

3. Практическая часть

3.1 Выбор и обоснование систем регулирования частоты вращения и пуска насосов станции подкачки

3.2 Моделирование системы

3.3 Техничко-экономическое обоснование частотно-регулируемого электропривода

3.4 Экономия электроэнергии

3.5 Расчеты экономического эффекта

Заключение

Список использованных источников

Перечень графического материала:

1. Однолинейная электрическая схема ПНС №1

2. Схема управления приводами АД

3. График пусковых токов с использованием ПЧ

Руководитель ВКР _____

подпись

Н.В.Дулесова

инициалы, фамилия

Задание принято к исполнению _____

подпись

Е.О.Пыхтеев

инициалы, фамилия

15.02.2022г.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка включает в себя 69 страниц текста, 15 рисунков, 7 таблиц и 3 листа графического материала.

Ключевые слова: ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ, НАСОСНЫЕ СИСТЕМЫ.

В данной выпускной квалификационной работе анализируется актуальность использования преобразователей частоты для мощных электроприводов.

Целью работы является анализ применения мощных преобразователей частоты для электронасосных систем, а также изучение схемотехнических решений и особенностей работы преобразователей.

В работе проведено исследование работы насосной системы с частотным преобразователем путем компьютерного моделирования с помощью программного пакета MatLab и в частности, библиотеки Simscape Power System.

ABSTRACT

Explanatory note includes 69 pages of text, 15 figures, 7 tables and 3 sheets of graphic material.

Key words: FREQUENCY CONVERTER, PWM, ACTUATOR, AUTOMATIC CONTROL PUMPING SYSTEM.

In this final qualifying work, the relevance of the use of frequency converters for powerful electric drives is analyzed.

The purpose of this work is to analyze the use of high-power frequency converters for electric pump systems, as well as the study of circuit solutions and features of the converters.

The paper studies the operation of the pumping system with a frequency Converter by computer simulation using the software package MatLab and, in frequency, the library Simscape Power System.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. Теоретическая часть.....	9
1.1 Выбор и обоснование систем регулирования частоты вращения и пуска насосов станции подкачки.....	9
1.2 Общие сведения о технологическом процессе и задаче автоматизации насосной установки.....	15
2. Аналитическая часть.....	25
2.1 Анализ схемы подкачивающей насосной станции №1	25
2.2 Характеристика подкачивающей насосной станции.....	27
2.3 Характеристика насосов	29
2.4 Регулировка подачи насосов.....	30
2.5 Обоснование выбора системы регулирования привода по схеме ПЧ-АД.....	37
3. Практическая часть	42
3.1 Выбор и обоснование систем регулирования частоты вращения и пуска насосов станции подкачки.....	42
3.2 Моделирование системы	50
3.2.1 Анализ динамического режима пуска и регулирования нагрузки.....	52
3.3 Технико-экономическое обоснование частотно-регулируемого электропривода.....	54
3.3.1 Расчеты капитальных затрат по новому варианту.....	59
3.3.2 Расчеты ежегодных эксплуатационных затрат по новому и старому вариантам	60
3.3.3 Расчеты приведенных затрат и выбор оптимального варианта	62
3.4 Экономия электроэнергии.....	63
3.5 Расчеты экономического эффекта.....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	67

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное использование топливно–энергетических и водных ресурсов, а также охрана окружающей среды определили направление развития систем водо и теплоснабжения. При проектировании новых и реконструкции существующих систем водоснабжения все чаще предусматривается создание систем бессточного водопользования на базе замкнутых циклов.

Основными энергетическими звеньями систем водоснабжения, обеспечивающими перемещение различных жидких сред по водопроводам, являются насосные станции.

С этим развитием связано строительство протяженных и широко разветвленных тепловых сетей с многочисленными тепловыми пунктами разнородных потребителей жилого и промышленного секторов. Теплоснабжение народного хозяйства и населения, обеспечиваемого системой ТЭЦ как Минусинская, является одной из основных подсистем энергетики нашей страны. Назначение системы теплоснабжения состоит в обеспечении потребителей необходимым количеством теплоты в виде пара и горячей воды требуемых параметров.

В системах централизованного теплоснабжения (СЦТ) осуществляются следующие технологические процессы: производство и отпуск теплоты, транспортирование и использование теплоносителя. Производство и отпуск теплоты осуществляются в теплоподготовительных установках источников теплоты ТЭЦ и городских или промышленных котельных.

Основное назначение источников теплоты обеспечение экономичных режимов отпуска теплоты в тепловую сеть, надежная, бесперебойная и экономичная работа их агрегатов.

Транспортирование теплоносителя производится по тепловым сетям, соединяющим источник теплоты с потребителями. К тепловым сетям относят

теплопроводы и сооружения на них – сетевые станции (подкачивающие, смесительные, дроссельные) СЦТ городов являются, как правило, водяными системами, где в качестве теплоносителя применяется вода.

Водяные системы теплоснабжения могут быть закрытыми и открытыми.

В закрытых системах циркулирующая в тепловой сети вода используется только как теплоноситель, из сети для потребления она не отбирается; в открытых системах теплоноситель (вода) разбирается у потребителей для нужд горячего водоснабжения.

Для теплоснабжения городов от источников теплоты до данной группы потребителей, как правило, используются двухтрубные тепловые сети.

Назначение тепловых сетей – надежная, бесперебойная транспортировка теплоносителя при минимальных потерях теплоты и воды. Использование теплоносителя (отпуск теплоты) осуществляется в теплоприемниках потребителей: в системах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения. При отпуске теплоты потребителям осуществляется поддержание по заданному закону параметров нагреваемой среды.

Больше половины расходов электроэнергии в ЖКХ и промышленности приходится на электродвигатели. Также самыми энергозатратными системами приводов являются компрессоры, насосы и вентиляторы – установки с циклическим режимом нагрузки.

Из-за стремительного повышения цены на ресурсы и энергоносители, затраты на их производство, стали значительно больше, вследствие чего промышленные предприятия и предприятия ЖКХ ставят целью на понижения энерго–ресурсоемкости. В наше время проблема энергосбережения имеет весьма актуальный характер. Исследования потребления энергоресурсов помогли решения данной проблемы, а именно организационно-техническое мероприятие, чтобы исключить нецелесообразно расходование энергоресурсов, а именно разработка автоматизированного электропривода с

частотными преобразователями в 600 кВт для подкачивающей насосной станции №1 Минусинской ТЭЦ.

Предметом исследования является модель автоматизированной системы управления электропривода подкачивающей насосной станции №1 Минусинской ТЭЦ.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированного электропривода с циркуляционным насосом с частотным преобразователем 600 кВт системы теплоэлектростанции:

экономия электроэнергии;

– возможность гибкой настройки привода при меняющихся режимах работы;

Для этого требуется решить следующие задачи:

– ознакомиться с процессом и технологией подачи воды;

– провести аналитический обзор технической литературы по данной проблематике;

– дать технико-экономическое обоснование выбранного принципа управления;

– разработать функциональные схемы системы автоматического управления;

– осуществить моделирование и исследование статики и динамики САУ на ЭВМ.

Выпускная квалификационная работа состоит из 3 глав, введения, заключения, списка использованных источников и приложений.

1 Теоретическая часть

1.1 Выбор и обоснование систем регулирования частоты вращения и пуска насосов станции подкачки

Для обеспечения заданного режима работы НС при изменении условий работы требуется производить регулирование режимов работы насосных установок. Эта задача может быть разделена на два направления: регулирование гидравлических режимов работы насосов и регулирование энергетической эффективности работы оборудования НС.

Для насосных установок центробежного типа применяют следующие способы регулирования подачи жидкости и давления:

- дросселированием трубопровода;
- перепуском части потока жидкости из выходного патрубка насоса во входной;
- отключением или подключением насосов (ступенчатое регулирование);
- изменением частоты вращения рабочего колеса насоса.

Дросселирование трубопровода является весьма распространенным способом регулирования давления и подачи жидкости. Регулирующим элементом в этом случае является механическое устройство в виде шибера, дроссель-клапана, задвижки, диафрагмы и т. п., которое располагается на напорном патрубке насоса и за счет своего перемещения изменяет поперечное сечение трубопровода.

Несмотря на простоту реализации данного способа регулирования он имеет ряд недостатков. Одним из них является снижение КПД НС, особенно при глубоком регулировании подачи. Это обусловлено тем, что энергия, затраченная на преодоление дополнительного сопротивления регулирующего устройства, преобразуется в тепловые потери, что и определяет низкую энергетическую эффективность данного подхода. Помимо этого, рост давления на выходе насоса при закрытии задвижки приводит к сокращению

срока службы уплотнений и запорных устройств, а также к увеличению утечек жидкости через стыки и щели. Другим недостатком этого способа является возможность однозонного регулирования в сторону уменьшения подачи или напора насосной установки.

Регулирование напора перепуском основано на отведении части потока жидкости с выхода насоса на его вход через отвод с задвижкой. При этом энергия, затрачиваемая на циркуляцию жидкости по холостому кругу, не создает полезной работы, что снижает КПД установки, особенно сильно при глубоком регулировании. Как и в предыдущем методе, подача НС регулируется только в сторону уменьшения.

Ступенчатое регулирование подачи насосной станции осуществляется за счет подключения или отключения насоса или группы насосов. Данный способ характеризуется простотой управления, так как не требует дополнительных регулирующих устройств. Однако он не позволяет обеспечить непрерывное и качественное поддержание напора при изменении потребления жидкости и вызывает частые пуски двигателей, что уменьшает срок работы оборудования и требует строительства промежуточного аккумулирующего резервуара для сглаживания колебаний подачи НС. Кроме того, электроприводы работают не в оптимальном режиме, что также снижает КПД всей НС.

Указанные особенности обуславливают сокращение НС, на которых применяются рассмотренные выше способы регулирования.

Изменение частоты вращения рабочего колеса насосной установки позволяет осуществить непрерывное регулирование производительности НС с меньшими затратами энергии, чем в предыдущих вариантах. Однако оно требует больших затрат на регулирующее оборудование, особенно для установок с мощностью выше средней, и приводит к ухудшению электромагнитной совместимости с питающей сетью. Тем не менее снижающаяся стоимость регулируемых электроприводов делает этот способ наиболее перспективным.

Возможно также сочетание нескольких способов регулирования. Одним из широко применяемых вариантов регулирования является сочетание ступенчатого регулирования с изменением частоты вращения рабочего колеса насосной установки, которое достигается с помощью частотно–регулируемого электропривода. Согласно рекомендациям, регулируемым электроприводом следует оборудовать один насосный агрегат в группе из 2–3 рабочих агрегатов.

Для регулирования энергетической эффективности оборудования НС должен быть выбран оптимальный по энергопотреблению режим работы насосов при их совместной работе.

Режим работы НУ подачи отопления задается режимом потребления и наличием напорно-регулирующих сооружений системы теплоснабжения. Насосная станция теплоснабжения представляет собой коллектор, к которому через щитовой затвор подключены всасывающие линии трех насосов типа Д 3200–75. Три насоса предусмотрены для безотказной системы перекачивающего пункта. Первый насососной, второй и третий аварийные, функции насосов меняются, для равномерного износа и возможности произвести ремонт не останавливая перекачку. Насосную систему с потребителями соединяют напорные водоводы. По проектному заданию на данной НУ теплового пункта системы теплоснабжения используется циркуляционныецентробежные насосы. Насосы Д 3200–75предназначены для подачи жидких сред температурой до 120 градусов.

Приводится в движение асинхронным двигателем А4–450У–6МУ3. Технические характеристики насоса приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1– Технические характеристики насоса типа Д 3200–75.

Наименование	Значение		
Подача насоса, м ³ /ч	3200	3200	3200
Подача насоса, л/с	886,6	886,6	886,6

Окончание таблицы 1.1

Напор, м	75	75	75
Частота вращения ра-бочегоко-леса, об/мин	1000	1000	1000
Мощность насоса, кВт	600	600	600
КПД насоса, %	91	91	91
Допустимое минимальное давление на всасывающем трубопроводе кг/с	4,5	4,5	4,5
Диаметр рабочего ко-леса, мм	1200	1200	1200

Режим работы насосной установки определяем режимом водопотребления и наличием регулирующих сооружений системы теплоснабжения.

Установка является частью насосной станции и снабжает систему водоподготовки ТЭЦ водой.

Вместе с системой управления и управления автоматическим управлением коммутационное оборудование, преобразователь частоты ZF, плавный пуск, плавный пуск образуют блок управления для насосных агрегатов.

Использование регулируемого асинхронного электропривода для управления насосом позволяет:

- нежный запуск электро-АД, отсутствие механических нагрузок на АД и пусковые токи в сети, отсутствие гидроударов;
- эффективное использование мощности, потребляемой насосным агрегатом на всей территории управления;

- обеспечение коэффициента мощности электропневматического насоса при значении, близком к 1;
- снижение уровня шума при вводе в эксплуатацию и эксплуатации;
- обеспечение автономной и безопасной работы, интеграция в систему управления технологическим процессом.

Проектируемая насосная установка, должна обеспечивать следующие технические характеристики:

- номинальная подача воды 1250 м³/ч;
- максимальная высота напора 125 м.

Электропривод центробежного насоса, который рассматривается, должен удовлетворять следующим требованиям:

- поддержка постоянного напора в системе водоснабжения с точностью не ниже 1% и возможность, при необходимости, ручного регулирования его уровня;
- исходя из технологического процесса, требования к восстановлению давления при наброске нагрузки составляет не больше 2 с;
- обеспечение режима плавного пуска от задатчика интенсивности за время 1–5 с;

Наличие защиты от неблагоприятных режимов работы насосной станции:

- защита от КЗ;
- защита от перегрузки по току;
- защита от превышения температуры обмотки АД;
- защита от пропадания и перекоса фаз;
- защита электронасосных агрегатов от работы в кавитационном режиме;
- индикация на лицевой панели «Сеть» «Работа» «Авария»;
- выбор режима работы «Ручной» / «Автоматический»;

- диспетчеризация: «Авария» каждого электронасоса («сухие» контакты);
- привод должен быть нереверсивным;
- электропитание установки осуществляется от 3-фазной сети переменного тока 380/660 В, 50 Гц и на второй секции бкВ;
- обеспечивать режим максимальной экономии при регулировании скорости.

Подход к проектированию системы управления насосной установкой, блоком привода и возможностью в целом должен соответствовать мировым тенденциям в развитии электропривода.

Для управления насосным агрегатом электропривод должен обеспечивать:

- автоматическое, ручное управление пуском и остановкой насосной установки;
- автоматическое изменение частоты вращения вала АД для поддержания постоянным давления в потребительской сети;
- экстренный останов насоса в случае поступления аварийного сигнала от датчика (при отклонении параметров от допустимых технологических пределов);
- защиту от аварийных режимов работы электроАД;
- включение резервного насоса в случае аварии; автоматическое чередование агрегатов;
- защита от «сухого» хода;
- самозапуск после перепада напряжения.

Характеристики переходных процессов должны удовлетворять следующим требованиям:

- перерегулирование при пуске не более 5%;
- перерегулирование при наборе или сбросе нагрузки - не более 10%.

1.2 Общие сведения о технологическом процессе и задаче автоматизации насосной установки

При описании технологической установки используются некоторые термины, являющиеся специфическими для данного типа установок:

– Насос это гидравлическая машина, создающая напорное перемещение жидкости при сообщении ей энергии.

– Насосный агрегат (НА) это совокупность насоса, электропривода и передаточного механизма (муфта, редуктор, шкив).

– Насосная установка (НУ) это комплекс оборудования обеспечивающий требуемый режим работы насосов одного или нескольких насосных агрегатов. НУ состоит из одного или нескольких насосных агрегатов, трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, контрольно-измерительной аппаратуры, а также аппаратуры управления и защиты.

– Насосная станция (НС) это сооружение, включающее в себя одну или несколько насосных установок, а также вспомогательные системы и оборудование.

В настоящее время большая часть насосных установок работают неэкономично. Потери электроэнергии составляют 10.15%, а иногда достигают 20–25% потребляемой электроэнергии.

Применение экономичных способов регулирования, основанных на изменении частоты вращения рабочих колес насоса, позволяет значительно сократить потери электроэнергии в насосных установках. В современных насосных установках изменение частоты вращения насосов осуществляется с помощью автоматизированного электропривода (АЭП).

В открытых системах теплоснабжения жилых районов между центральным тепловым пунктом и тепловыми пунктами зданий прокладывается четырехтрубная тепловая сеть: два трубопровода: подающий и обратный для подачи теплоты в системы отопления зданий и два

трубопровода: подающий и циркуляционный – для подачи воды в системы горячего водоснабжения.

Режим работы насосной установки подачи горячей воды определяется режимом водопотребления и наличием напорно-регулирующих сооружений системы водоснабжения. В таблице 2 приведено примерное распределение среднесуточного расхода горячей воды по часам суток при среднем секундном их расходе 20 л/с и общем коэффициенте неравномерности водоотведения $K_{\text{общ}} = 1,3$. Если в сети водопотребителя нет регулирующей емкости, то для обеспечения потребителя водой в час максимального водопотребления (по таблице от 9 до 10 ч) часовую подачу установки необходимо принимать по максимуму, т.е. равной 5,6% объема суточного водопотребления. Общую подачу и мощность насосной станции можно уменьшить, если ввести в сеть потребителей водонапорную башню с регулирующей емкостью, но, в отдельных случаях, регулирующая емкость напорной башни может получиться непомерно большой, а ее строительство окажется экономически нецелесообразным. Оборудование насосных установок центробежными насосами, обладающими возможностью саморегулирования, позволяет использовать системы горячего водоснабжения без регулирующих емкостей.

Таблица 1.2– Примерное распределение среднесуточного расхода горячей воды по часам суток при среднем секундном расходе 20 л/с и коэффициенте неравномерности водоотведения $K_{\text{общ}}=1,3$

Часы суток,%	Часовой расход	Часы суток	Часовой расход, %
0,1	3	12,13	4,7
1,2	2,5	13,14	4,1
2,3	2,5	14,15	4,1
3,4	2,6	15,16	4,4

Окончание таблицы 1.2

4,5	3,5	16,17	4,7
5,6	4,1	17,18	4,1
6,7	4,5	18,19	4,5
7...8	4,9	19, 20	4,5
8.9	4,9	20,21	4,5
9.10	5,6	21,22	4,8
10.11	4,9	22,23	4,6
11...12	4,7	23...24	3,3

По заданию на данной насосной установке теплового пункта системы горячего водоснабжения используем насос типа К (горизонтальный центробежный консольный насос). Насосы типа К предназначены для подачи чистой воды и других чистых жидких сред температурой до 120°С. Приводятся в движение асинхронным двигателем типа А4–450У–6МУЗ.

Для экономной работы насосной установки существует ряд правил, основанных на изменении частоты вращения рабочих колес насоса, за счёт этого уменьшается потеря электроэнергии. В современных НУ изменение частоты вращения насосов происходит при помощи автоматизированного электропривода (АЭП). Под электроприводом имеется ввиду электромеханическая система, которая состоит из действующих друг с другом преобразователей, управляющих и информационных устройств, а также устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления им в целях реализации технологического процесса. Обслуживаемые электроприводы нередко оказываются автоматизированными, следовательно, их процессы не нуждаются в контроле оператора. Основными способами управления в электроприводах считаются

программируемые микроконтроллеры и(или) промышленные компьютеры, таким образом АЭП принято считать компьютеризированным. Данное понятие применяется для интегрированных систем многодвигательных электроприводов, объединяемых с компьютерными средствами автоматизации и разветвленными информационными сетями в составе технологических агрегатов и комплексов. При исследовании разных типов электроприводов используют многие способы их классификации (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Способы классификации электроприводов

Классификация	Виды
Движения электродвигателей	Вращательный, поступательный, линейный, многокоординатный
Способ соединения двигателя с исполнительным органом	Редукторный, безредукторный, конструктивно -интегрированный
Регулируемость	Нерегулируемый, многоскоростной, регулируемый
Число электродвигателей	Одно-, многодвигательный
Число исполнительных органов	Индивидуальный, групповой
Степень автоматизации	Ручной, полуавтоматический, следящий, позиционный, программный, стабилизирующий

Проектируемая насосная установка, должна обеспечивать следующие технические характеристики:

- номинальная подача воды 3200 м³/час;
- максимальная высота напора 75.

Основной целью Национальной Ассамблеи является обеспечение:

- необходимый план гидратации для нормальных и аварийных условий;
- самые низкие затраты на строительство, оборудование и эксплуатацию;

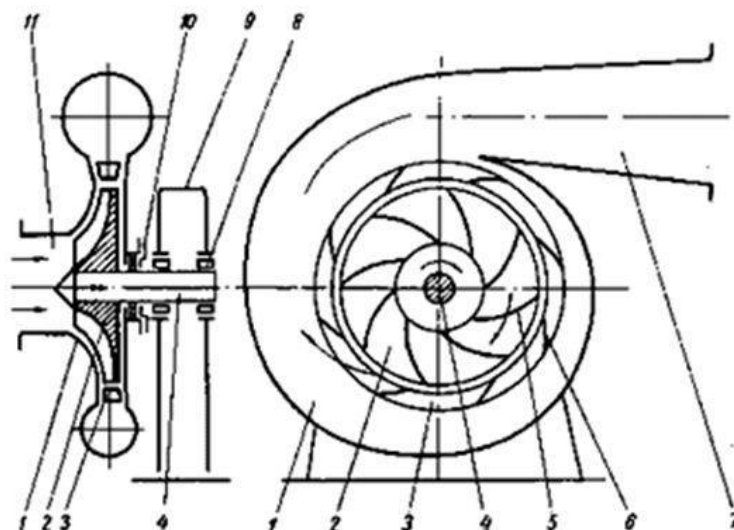
- требуемая степень надежности и, следовательно, степень бесперебойной работы;
- долголетие, согласно технологической значимости объектов, в которых они существуют;
- простота использования (широкое использование автоматики и телемеханики);
- работа при постоянно меняющихся количествах, типах потребления жидкости и изменении состава потребителей.

Существуют главным образом регулируемые параметры NS, его можно разделить на станции с регулированием давления и станциями с регулированием конвейера.

Может быть отнесен к первой, второй или третьей категории, чтобы обеспечить надежную доставку жидкости к требованиям технологического объекта NA.

Между вышеуказанными типами NA были задействованы параллельные насосные системы, которые используются в водоснабжении и канализации населенных пунктов, промышленных предприятий, систем рециркуляции воды, технических систем производственных мощностей, в том числе в цветной металлургии и нефтеперерабатывающих заводах.

Основной элемент питания насоса система НСА, содержащая один или более единиц всасывающих и напорных трубопроводов, клапаны, установки электрических и технологических параметров помощи. В качестве основного энергетического оборудования на НС используют объемные или динамические насосы.



1 – рабочая камера; 2 – рабочее колесо; 3 –направляющий аппарат; 4 –вал;
 5 –лопатка рабочего колеса; 6 –лопатка направляющего аппарата; 7 –
 нагнетательный патрубок; 8 –подшипник; 9 –корпус насоса (опорная стойка);
 10 –гидравлическое торцовое уплотнение вала (сальник); 11 –всасывающий
 патрубок

Рисунок 1.1–Принципиальная схема центробежного насоса

Большие устройства работают по принципу смещения, так как давление транспортируемой жидкости увеличивается в результате сжатия. Они включают поршень (поршень, поршень) и поворотные (осевые поршни и радиальные поршневые, скользящие, зубчатые, винтовые и т.д.) насосы.

Динамические устройства работают в соответствии с правилом силы на транспортируемой среде. К ним относятся ковш центробежный (Рис.1.2), осевой погрузчик и фрикционный вентилятор (вихрь, диск, струя и т.д.). Центробежные насосы нашли больше пользы.

Основными параметрами насосной станции являются зависимость выходного давления и подачи жидкости от времени и входного питания, а также от ряда других влияний. Эти зависимости отражают изменение режима работы НС. Чтобы обеспечить выбранный режим работы НС, при изменении рабочих условий необходимо регулировать режимы работы насосных агрегатов. Эту задачу можно разделить на два типа

регулируемая: регулирование гидравлических режимов работы блоков и регулирование энергоэффективности работы AD NA.

Чтобы регулировать энергоэффективность устройств, оптимальный режим работы устройств, следует выбирать во время сотрудничества один из способов решения этой проблемы – в литературе.

В соответствии с требованиями SNP NA должен быть разработан для всех целей, как правило, с контролем без постоянного персонала: автоматический – в зависимости от параметров процесса (уровень воды в баках, давление или расход в сети); дистанционный (телематический) – от контрольной точки; локальный – регулярно поступает на передачу персоналу необходимых сигналов на контрольную станцию или на элемент с постоянным присутствием компаньонов.

Автоматически регулируемый электрический принцип выполняется в зависимости от давления в точках сети, подаваемая вода подается в сетку, уровень воды в резервуарах.

NS должен предусматривать измерение давления в напорных трубопроводах и каждом блоке на скорости потока плунжера, а контроль уровня воды в оврагах и температуре вакуумного котла должен составлять агрегированный запас (если необходимо), уровень аварийного наводнения (наличие воды в машинном отделении на Уровне фундаментов электроприводов). Если питание блока насоса составляет 100 кВт и более необходимо, с отказом не более 3% периодического определения эффективности.

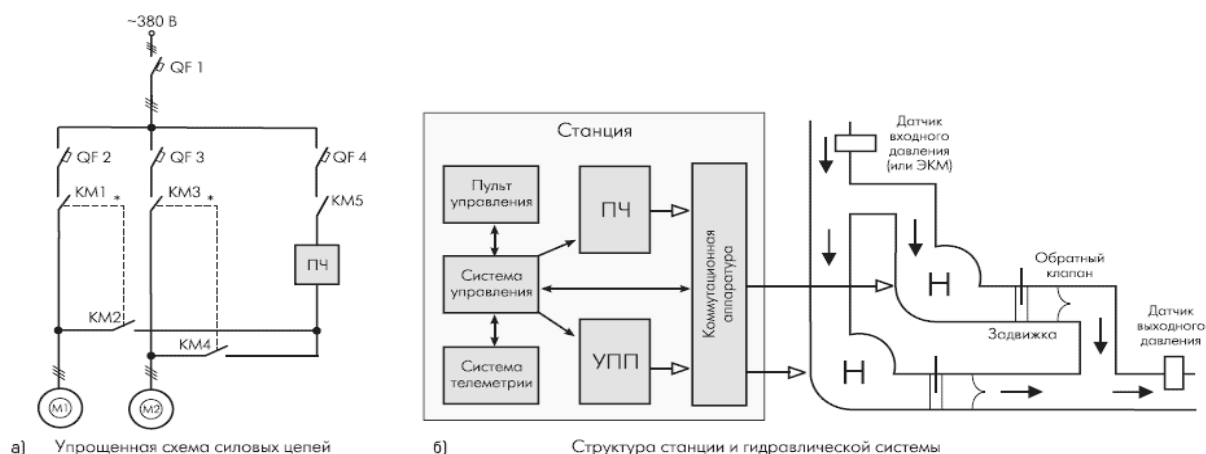


Рисунок 1.2– Структура насосной станции

При автоматическом или дистанционном управлении (телеобработка) управление также должно выполняться для локального управления.

По времени или разности уровней уровень воды в насосной станции водосброса в шахте, где электрический нагрев температуры воздуха в помещении и решетка для промывки, управляемая вентиляцией, с заданной программой: в насосных станциях должна предусматривать автоматизацию следующих дочерних процессов.

Схема цепей. Пунктирная линия отмечена звездой, которая запрещает механически заблокированные контакторы elektroAD к сети и одновременному соединению преобразователя частоты. Взаимодействие между блоками станций и гидравлической системой показано в рисунке 3.

На рисунке 1.3 показана упрощенная блок-схема автоматизированного электропривода с переменной скоростью НС.

Электричество НС обеспечивается подстанциями. Питание подается на распределительное устройство РС, которое подключено к силовому устройству. Он также поставил основные устройства для учета средств, потребляемых электричеством.

Электропитание расположено в приборной панели НС. он включает в себя: силовые шкафы SSHU, частоту IF–IF и возможно, компенсатор реактивной мощности ASO. Силовой шкаф включает в себя коммутационное

устройство, через которое электрический выключатель МН или центробежный насос с инвертором выдает либо секцию RC.

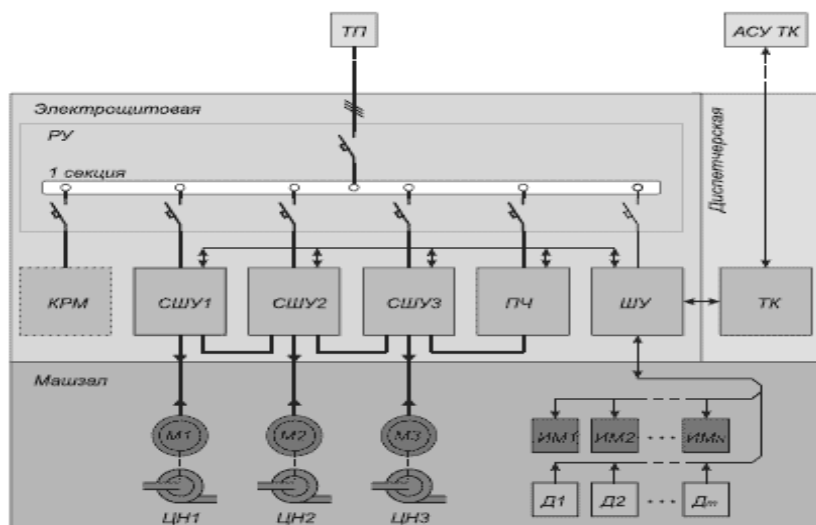


Рисунок 1.3– Структурная схема автоматизированной насосной станции

Основное и вспомогательное оборудование Национального собрания находится в зале Национального собрания. Основное оборудование включает в себя насосы ПН1–ПН3, электроприводы М1–М3. Вспомогательное оборудование включает: дренажные, пожарные, вакуумные насосы; задвижки; вентиляторы; нагреватели и другое оборудование. Он управляется приводом IM1 Imn.

Для получения информации о значениях регулируемых параметров датчики D1–Dm.

Управляющие сигналы и измерительные сигналы от оборудования НС собираются в шкафу управления блока управления. Здесь они объединяются для формирования общей информационной линии связи, которая связана с технологическим контроллером ТС.

Контроллер технологии реализует общий алгоритм управления NS и обмен информацией с автоматизированной системой управления технологическим комплексом ASU ТК. Программное обеспечение ТС содержит ряд функциональных блоков, реализованных на уровне программы:

- управление основным насосным агрегатом;

- управление дополнительным насосным агрегатом, например пожарным насосом;
- контроль дренажных насосов;
- измерение и обработка параметров оборудования;
- управление отоплением и вентиляцией помещений;
- осуществление функций безопасности от несанкционированного проникновения на территорию Национального собрания;
- обслуживание местных терминалов;
- передача информации о параметрах и режимах работы оборудования Национальной Ассамблеи в ТС ACS и обработке полученных от него сигналов управления.

Выводы 1 главы:

В этом разделе ВКР содержится общая информация о технологическом процессе и задачах автоматизации насосных агрегатов. Предоставляется информация о типах насосных агрегатов и их компонентах, об основных режимах работы и о способах обеспечения конкретного режима работы NS. Установлены основные требования к разработанной САУ насосного агрегата, обеспечивающие поставку водопроводной сети ТЭЦ водой. В соответствии с требованиями проектируемый насос должен соответствовать требуемым техническим характеристикам с максимальным экономическим воздействием, соответствовать требованиям безопасности при монтаже, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте, соответствовать современным требованиям по эргономике и технической эстетике.

2 Аналитическая часть

2.1 Анализ схемы подкачивающей насосной станции №1

ПНС: конструкции для перекачки воды, трубопроводы, горизонтальные водоводы, резервуары для перекачки воды. Надежность водозаборных сооружений заключается в том, способности обеспечить отбор в необходимых количествах, а также для обеспечения водой Минусинской ТЭЦ, в течение всего периода, указанного в проекте.

Основная задача надежности системы водоснабжения МТЭЦ состоит в бесперебойном (круглосуточном) обеспечении водой ТЭЦ. Перебои в подаче водоснабжения могут привести к понижению электрической и тепловой нагрузки блока, а при длительном перебое к останову блока с последующей остановкой системы теплоснабжения.

Надежность работы водоснабжения обеспечивается поддержанием заданных режимов, четкоотстроенных защит и работы АВР, а также своевременное проведение ремонтов с минимальными затратами и повышение профессиональных навыков и знаний персонала.

Источником водоснабжения ПНС служит сетевая вода города Минусинска. Комплекс ПНС состоит из следующих сооружений: всасывающего и напорного коллекторов, 3 резервуаров для аварийной подпитки теплосети, вспомогательного оборудования, грязиевика и фильтра для очистки воды от грубых дисперсных примесей, водовода протяженностью 8500 м.(трасса).

Насосная станция (ПНС): бетонное сооружение в виде обычного здания 4 метра в высоту и площадью 600 м³.

На промышленных объектах преимущественное использование получили ПНС с параллельным соединением насосов, которые применяются в системах водоснабжения и водоотведения населенных пунктов, промышленных предприятий, системах оборотного водоснабжения

технологических комплексов производственных объектов, в том числе на предприятиях цветной металлургии и нефтеперерабатывающих заводах.

На рисунке 2.1 изображена технологическая схема типовой НС, которая отражает структуру подкачивающей насосной станции № 1 Минусинской ТЭЦ. Жидкость поступает во входной коллектор НС и аккумулируется в резервуаре. Из входного резервуара она откачивается насосами, подается в выходной коллектор НС и далее в магистральный трубопровод, откуда и распределяется по потребителям или поступает к входу следующей НС. Для отделения насоса от трубопровода служат задвижки, размещенные на входном и напорном патрубках насоса. Кроме того, на выходном патрубке насоса установлен обратный клапан, предотвращающий обратный ток жидкости через насос. В качестве электроприводов насосов и задвижек применяются электродвигатели. В правой части рисунка 2.1 размещена таблица, в которой для каждого из объектов НС приведен перечень контролируемых параметров. Данный перечень меняется в зависимости от назначения НС и мощности насосных установок.

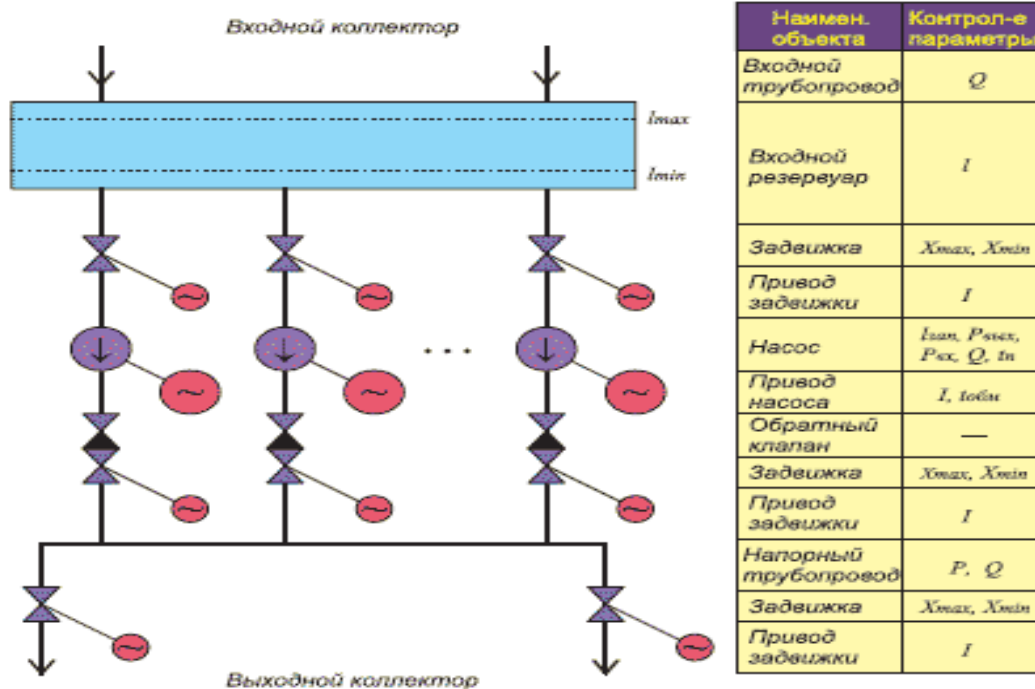


Рисунок 2.1– Схема ПНС №1 Минусинской ТЭЦ

2.2 Характеристика подкачивающей насосной станции

Качественный характер изменения параметров системы из трех насосов, в которой регулируется частота вращения рабочего колеса одного из насосов показана на рисунке 6. Насосы имеют характеристики вида 1, а магистраль –характеристику вида 4. Увеличение подачи и давления производится в следующем порядке. На начальном этапе в работу включается один насос с частотно-регулируемым электроприводом. Для обеспечения подачи Q_1 его частота вращения увеличивается до значения ω_1 . Дальнейший рост подачи и давления возможен до величин Q_3 и P_3 соответственно. Если необходимо обеспечить дальнейшее увеличение подачи, то происходит переключение питания электропривода первого насоса с выхода преобразователя частоты 600 кВт на сеть, а к выходу преобразователя частоты коммутируется электропривод второго насоса, и частота вращения увеличивается до требуемого значения.

Например, для обеспечения подачи и давления Q_2' и P_2' соответственно частота вращения второго насоса должна быть увеличена до значения ω_2' . Таким образом, обеспечивается регулирование параметров НС в области, заключенной между характеристиками 1 и 2. При необходимости дальнейшего увеличения подачи и давления до значений выше Q_3' и P_3' питание электропривода второго насоса переключается с выхода преобразователя частоты 600 кВт на сеть и в работу вводится третий насос, управляемый частотно-регулируемым электроприводом. В этом случае регулирование происходит в области, заключенной между характеристиками 2 и 3.

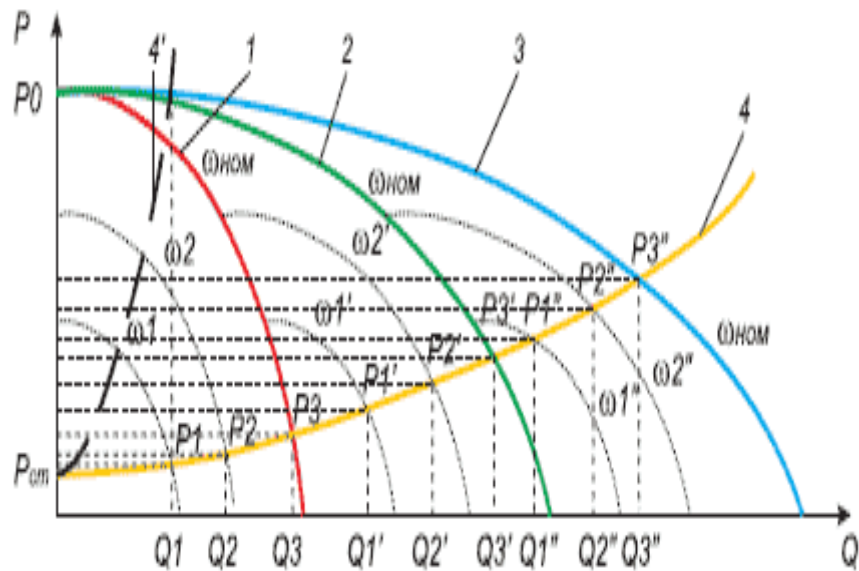


Рисунок 2.2 – Комбинированное регулирование режима работы насосной станции

При снижении подачи и давления коммутация и регулирование частоты вращения электроприводов насосов происходит в обратном порядке.

Рассмотренный способ регулирования режима работы насосной установки обеспечивает плавное и непрерывное изменение подачи и давления жидкости в широком диапазоне изменения значений регулируемых параметров от Q_1 до Q_3 и характеристики сети от 4 до 4'.

2.3 Характеристика насосов

Основным энергетическим элементом ПНС является насосная установка, содержащая один или несколько насосов, всасывающую и нагнетательную систему трубопроводов, запорную арматуру, электропривод, а также датчики технологических параметров установки. В качестве основного силового оборудования на НС применяют объемные или динамическиенасосы.

Объемные насосы работают по принципу вытеснения, когда давление перемещаемой жидкости повышается в результате сжатия. К ним относятся возвратно-поступательные (диафрагменные, поршневые) и роторные (аксиально-поршневые и радиально-поршневые, шибберные, зубчатые, винтовые и т. п.) насосы.

Динамические насосы работают по принципу силового воздействия на перемещаемую среду. К ним относятся лопастные (центробежные, осевые) нагнетатели и нагнетатели трения (вихревые, дисковые, струйные и т. п.).

Преимущественное использование получили насосы центробежного типа, используемые в работе ПНС №1 Минусинской ТЭЦ.

В насосной станции три насоса марки – Д 3200-75.

Характеристика насоса Д 3200-75:

- Производительность 3200 м³/час
- Напор –75 м.вод.ст.
- Двигатель А4-450У-6МУЗ
- Мощность – 600 кВт
- Обороты –1000 об/мин
- Напряжение – 6000 В
- $I_n = 94,5$ А

2.4 Регулировка подачи насосов

Подача насоса регулируется, в основном, тремя способами:

- дросселированием с помощью клапанов;
- прерывистым регулированием (пуск – остановка);
- регулированием скорости вращения насоса с помощью регулируемого электропривода.

Для промышленных компаний наиболее распространенное регулирование посредством дросселирования. Этот контроль выполняется путем введения различных демпферов в насосную линию. Эффективность управления дроссельной заслонкой значительно хуже, чем эффективность управления скоростью, где экономия энергии часто превышает 5%. Этот метод подходит для высокопроизводительных систем и отличается небольшим диапазоном регулировки. Преимуществом этого метода является простота реализации.

Регулирование установок в установках водоснабжения и санитарии осуществляется очень прерывистым типом регулирования. Недостатками этого метода являются: низкая эффективность, частые запуски и остановки, негативное воздействие на трубопроводы и оборудование, невозможность плавного регулирования. При использовании этого метода управления необходимо обеспечить необходимую широту для производительности ВР. Преимущество этого метода является достаточно высокой эффективностью, поскольку никаких дополнительных потерь в управлении подачей нет.

Регулирование вращения приводного устройства позволяет точно и нежно контролировать. Из-за использования управления скоростью трубопроводы и клапаны получают меньшую нагрузку; их срок службы увеличивается и потребность в их содержании уменьшается.

В отличие от прямого запуска, электрический насос с регулированием преобразователем частоты принимает часть пускового тока от сети. Таким образом, можно уменьшить общие размеры

электрооборудования и снизить стоимость их обнаружения. Используя преобразователь частоты с преобразователем частоты, давление может быть уменьшено на 10–20%.

Поскольку система не работает непрерывно при высоких давлениях, статическая нагрузка на шоссе уменьшается. Давление поддерживается на заданном уровне.

Динамические нагрузки, по-видимому, уменьшаются с помощью «мягкого» управления по сравнению с прерывистым управлением. Выброшенные гидронасосы, которые значительно разрушают трубопроводы и оборудование. Срок службы устройств удваивается.

Регулирование путем изменения поворота силовой части также позволяет экономить энергию.

Из вышеизложенного, в качестве метода управления давлением, мы выбираем регулирование путем изменения скорости вращения насоса.

Центробежные механизмы из-за характера их конструкции и условий процесса не требуют инверсии скорости в соответствии со скоростью кровяного давления, поэтому эти электрические системы безредукторные и обычно идут вместе с механизмом.

Характерной особенностью исследуемой группы АД являются облегченные условия их введения. Эти механизмы, как в нормальных условиях, так и после аварийного отключения, обычно напрасны. В то же время пусковой крутящий момент не превышает 3–35% от номинального момента. Установки типа вентилятора, которые запускаются под нагрузкой, момент сопротивления постепенно увеличивается с увеличением скорости, что благоприятно сказывается на форме механических свойств асинхронного АД. В результате обсуждаются механизмы прямого запуска с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором или синхронным асинхронным запуском двигателя, начинающимся почти с постоянным динамическим крутящим моментом при обмотке. Эти функции позволяют центробежным механизмам в большинстве случаев использовать

нерегулируемые асинхронные двигатели с белой клеткой. На крупных электростанциях более значимое использование синхронных двигателей, которые активно влияют на возникающую реактивную мощность из сети промышленного предприятия.

В некоторых вентиляторных единицах общий момент инерции привода значительно превышает момент инерции АД. DOL настолько длинный, и за ним следуют нагревательные катушки или DCE АД. Поэтому в электроприводе этих систем использование АД с фазовым ротором используется, когда не требуется регулировка скорости. Реостатический способ запуска таких двигателей облегчает процесс ускорения установки, уменьшает пусковые токи и нагревает обмотки.

Разнообразные модульные устройства работают в агрессивной, взрывоопасной атмосфере в условиях повышенной температуры и высокой влажности в основном используются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, закрытые для таких устройств. Специальные двигатели для особых условий эксплуатации.

В системах, требующих плавного (нежного) и автоматического управления подачей, управление осуществляется. Свойства центробежных установок обеспечивают отличные условия работы для регулируемого привода, как с точки зрения статических нагрузок, так и с точки зрения возможного диапазона круиз-контроля. Из механических свойств следует, что при уменьшении скорости, по крайней мере, крутящий момент на валу АД также уменьшается. Это облегчает тепловое поведение АД при работе на пониженной скорости. Необходимый диапазон регулирования скорости в отсутствие статической головки $N_{ст} = 0$ не превышает заданный диапазон подачи.

В среднем требуемый диапазон регулирования скорости для управляемых центробежных механизмов обычно не равен 2:1. Эти функции этих механизмов и низкие требования к механическим свойствам жесткости

могут быть успешно применены к ним в простой форме, варианты осуществления асинхронно-электрически регулируемые.

Рассмотрим основные варианты применяемых регулируемых электроприводов. Для систем с относительно малой мощностью (кВт 7–10) проблема управления будет успешно решена с помощью системы стабилизатора напряжения–асинхронного АД скоротки ротором. В качестве регулятора напряжения приложения установлен тиристорный коммутатор. Характеристическая нагрузка вентилятора обеспечивает стабильную работу электрической системы, тиристор – асинхронный ВР довольно большой диапазон скоростей, без обратной связи. Обычное изменение технологического режима, в котором участвует регулируемый электропривод, является довольно медленным и не требует высокой скорости. Поэтому в качестве регулятора напряжения можно использовать трехфазный магнитный усилитель, включенный в схему статора. Также довольно просто реализовать импульсный метод для контроля скорости асинхронного артериального давления. Тиристорный ключ, Close и Blend изменяет среднее значение для цикла переключения значения дополнительного резистора. Это сопротивление пропорционально длительному периоду широтно-импульсной модуляции. Регулируя рабочий цикл, можно получить семейство механических свойств электропривода. Рабочий цикл зависит от управляющего напряжения на входе контроллера тиристорного ключа. Поскольку критическое давление увеличивает проскальзывание крови с дополнительным сопротивлением, стабильный диапазон скорости движения довольно мал, даже с «вентилятором», характерным для механизма. Внедрение обратной связи по скорости обеспечивает жесткие механические свойства и стабильную работу замкнутой системы электропривода в диапазоне скоростей, необходимых для механизма.

Общий недостаток, рассмотренный вариант осуществления, выбор привода будет регулировать потери скольжения, когда скорость будет уменьшена в самом двигателе. Эти потери вызывают дополнительное потепление артериального давления и требуют соответствующей переоценки установленного кровяного давления.

В установках, где условия эксплуатации позволяют использовать асинхронный АД с моторами скольжения, привод с переменной скоростью с возможностью расширения. Введение дополнительного резистора в цепь ротора позволяет получить часть потерь скольжения от обмоток АД. Это приводит к необходимости увеличения размера АД, и становится возможным расширить диапазон мощности привода с помощью вышеупомянутых методов управления скоростью. Например, импульсный метод управления будет более подходящим для переключения дополнительного резистора в цепи ротора. В то же время механические свойства привода обеспечивают стабильную работу в широком диапазоне скоростей при открытом приводе.

Во всех вариантах осуществления существуют значительные потери скольжения, которые рассеиваются в обмотках АД в качестве регулирующих или скользящих втулок тепловых резисторов, а эффективность привода низкая. Поэтому рассмотренными механизмами электрической мощности в сотни и тысячи киловатт используются каскадные варианты осуществления – это контроль скорости, где потери возврата скольжения в сети или на волне АД.

Для больших диапазонов регулировки ($D > 2$) и высоких механических свойств требования жесткости электрической перспективной диаграммы. Частота инвертора транзистора – асинхронная белковая клетка ВР.

Нет необходимости в электрических тормозах и обратных центробежно-транзисторных приводах, упрощает конструкцию преобразователя частоты и позволяет с помощью выпрямителя с управляемым напряжением базы и вспомогательного инвертора.

Первоначально из-за отсутствия надежных и недорогих частотных

преобразователей (инверторов) в непрерывном режиме, управление скоростью насоса пытается использовать напряжение на входе (PN), то есть выполнять так называемую настройку параметров.

Этот метод является привлекательным, поскольку тиристорное ПЧ напряжение (ТПН) очень просто и дешево. Однако существует фундаментальное ограничение использования параметрического управления в непрерывном режиме – большие потери энергии в двигателе. Тем не менее этот метод по-прежнему использует возвышение энтузиастов, установленных мощностью elektroAD в 2–2,5 раза, что означает использование специально усиленного ротора с высоким скольжением.

Очевидно, что в этом случае система с дешевым конвертером TPN слишком дорога и нерациональна в практической реализации. Система IF–AD, в которой скорость AD контролируется изменением частоты напряжения питания, полностью свободна от перечисленных недостатков. Эта система экономит примерно в два раза больше энергии, чем в системах с ESRD наполовину в энергосбережении насоса рассеивается в двигателе, что непредсказуемо снижает срок службы его подшипников и других деталей.

Из вышесказанного следует один важный вывод: наиболее эффективным способом контроля скорости кровяного давления является изменение частоты при изменении напряжения при использовании ПЧ. В то же время срок окупаемости инвестиций в оборудование составляет от 6 до 18 месяцев, в зависимости от механизма, режимов работы и мощности привода AD.

Изменение скорости имеет смысл только до определенного значения, при котором давление турбо-механизма становится равным статическому давлению. При дальнейшем уменьшении мощности насоса давление, создаваемое турбокомпрессором, недостаточно для преодоления статического давления в сети.

При разработке систем автоматического управления необходимо учитывать самые разные требования в отношении их различных характеристик. Эти требования можно обобщить на несколько основных групп.

Первая группа критериев должна содержать требования, связанные со статическими и динамическими свойствами. Среди них наиболее важное место занимают характеристики точности. Они определяют ошибки, которые могут возникать в разных режимах в системе управления.

Вторая группа включает требования относительно надежности работы систем управления, ее устойчивости к влиянию внешних воздействий. К ним относятся такие требования, как вероятность безотказной работы, интервалы интервала обслуживания, вибростойкость, ресурсы, условия хранения.

Третья группа содержит требования относительно режима работы систем управления. Это включает в себя обслуживание системы во время ее работы, квалификацию обслуживающего персонала и возможность ремонта.

Четвертая группа содержит требования относительно допустимой массы и размеров системы и допустимого потребления энергии.

Пятая группа содержит требования, связанные с производственным процессом налоговой системы.

В нашем случае мы выбрали следующие показатели качества, представленные в системе управления электроприводом насосного агрегата:

- максимальная точность системы;
- максимальная эффективность;
- минимальная стоимость;
- минимальные размеры.

2.5 Обоснование выбора системы регулирования привода по схеме ПЧ-АД

Наиболее перспективными и широко используемыми методами контроля уровня артериального давления являются частотный метод. Этот метод обеспечивает нежный контроль в широком диапазоне, полученные свойства имеют высокую жесткость. Частотный метод также отличается, и еще одна очень важная особенность: когда скорость АД корректируется, ее скольжение не увеличивается, как, например, в реостатической регуляции.

Рассмотрим характеристики основных типов инверторов.

NPC был разработан для преобразования высокой частоты в низкий и состоит из 18 тиристоров, объединенных в антипараллельные группы (рис. 2.3). Преобразователь основан на трехфазной схеме нулевой выпрямления; каждая фаза преобразователя состоит из двух таких выпрямителей.

НКЦ отличаются отдельным и совместным управлением.

При отдельном управлении управляющие импульсы должны подаваться на тиристоры одной из групп клапанов в соответствии с направлением тока в нагрузке. Для обеспечения отдельной операции используется специальное логическое устройство, которое исключает возможность передачи мощности в одной группе, в то время как ток протекает в другой группе.

В сотрудничестве с преобразователями клапанные сборки, необходимые для включения дополнительных реакторов, которые между клапанами каждой группы, ограничивающей импульсный ток, и контроль углов положительной и отрицательной групп изменяются по специальному закону, что исключает возникновение компонента компенсации постоянного тока. ПЧ с совместным управлением работой групп клапанов имеют большую установленную мощность силовых ячеек.

На половину среднего значения сети напряжение изменяется в течение полупериода выходного напряжения синуса выходного напряжения, форма

которого создает окрестность синуса, поэтому необходимо менять угловые переключающие клапаны. Настройка частоты и напряжения на выходе преобразователя производится путем изменения угла наклона клапанов.

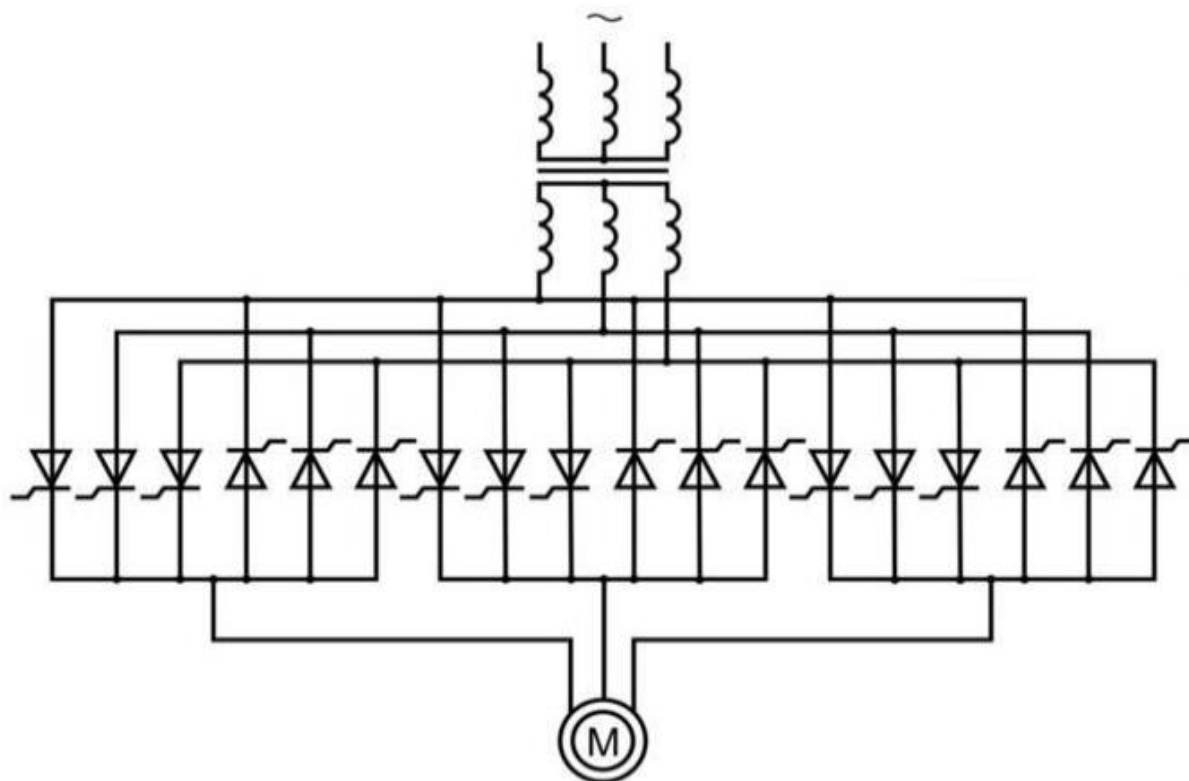


Рисунок 2.3 – ПЧ с непосредственной связью

Преимущества этого типа преобразователей включают в себя:

- 1) одно преобразование энергии и, следовательно, высокий КПД (около 97–98);
- 2) возможность независимой регулировки амплитуды напряжения на выходе частоты;
- 3) свободный обмен реактивной и активной мощностью от сети к кровяному давлению и обратно
- 4) отсутствие коммутации конденсаторов, так как переключение тиристорov производится естественным образом (сети).

К недостаткам рассматриваемого ИФ относятся:

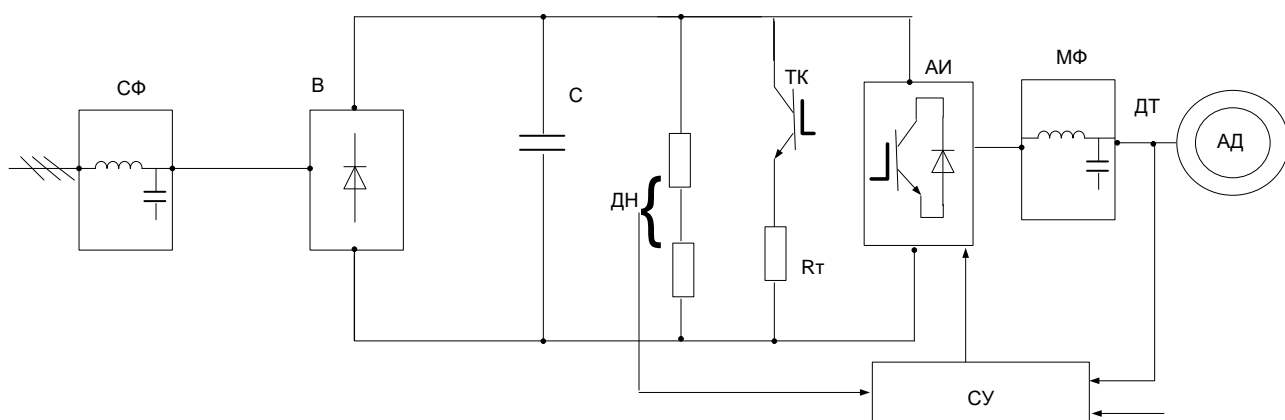
- 1) ограниченный контроль выходной частоты и напряжения

2) относительно большое количество моторных клапанов и сложной схемы управления для этого;

3) низкий коэффициент мощности.

Наиболее часто используемые в современных приводах переменной частоты являются преобразователи звена постоянного тока, функциональная схема которого приведена в рисунке 2.4. Инвертором этого типа является двойная электрическая энергия, используется входное синусоидальное напряжение с постоянной амплитудой и частотой. Двойное преобразование энергии приводит к снижению эффективности. и в некоторой деградации параметра индекса массы по отношению к прямой связью преобразователей.

Инвертор с промежуточным звеном постоянного тока позволяет установить частоту как вверх, так и вниз от частоты сети; она характеризуется высокой эффективностью (около 96) значительной скорости, относительно небольшого размера и надежности.



СФ – сетевой фильтр для отсекаания высших гармоник; В – выпрямитель, обычно не регулируемый (в ПЧ первого поколения) для регулирования напряжения в звене постоянного тока; ДН и ДТ – датчики напряжения и тока; ТК – тормозни ключ; АИ – автономный инвертор, обычно ШИМ (рис.3.3); МФ – мотор-фильтр, уменьшение высших гармоник на АД; СУ – система управления.

Рисунок 2.4 – Функциональная схема ПЧ со звеном постоянного тока

Тиристоры GTO или IGBT-транзисторы могут использоваться как блокирующие ключи в АИ (рис. 2.5).

Тиристор является полуконтролируемым устройством: достаточно включить короткий импульс на управляющий терминал, чтобы включить его, но чтобы отключить его, либо применяйте блокирующее напряжение, либо уменьшите коммутируемый ток до нуля. Тиристорный привод требует сложной и громоздкой системы управления.

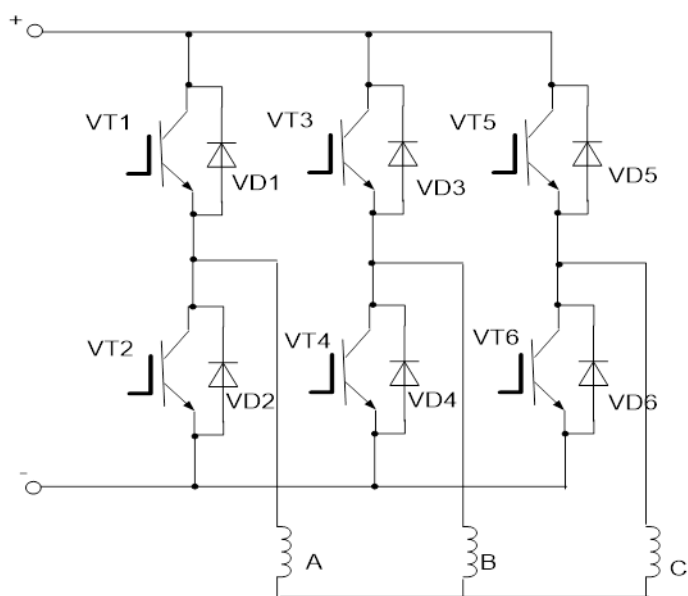


Рисунок 2.5 – Принципиальная схема АИ

Изолированные биполярные транзисторы IGBT отличаются от тиристоров тем, что они обеспечивают полную управляемость, простую, неэнергетическую систему управления и самую высокую рабочую частоту.

В результате частотные преобразователи для IGBT позволяют расширить диапазон управления скоростью вращения АД для увеличения скорости привода в целом.

Применение IGBT с высокой частотой переключения в сочетании с микропроцессорной системой управления уменьшает частоту преобразователей высших гармоник. Характеристика темпообразования преобразователей. В результате этого, уменьшаются дополнительные

дополнительные потери в обмотках и магнитопроводах электрода, нагрева электрическая машина, уменьшающая крутящий момент и устраняющая так называемое «шагания» Ротора на низких частотах. Уменьшаются потери в трансформаторах, банках конденсаторов, увеличивается срок их службы и изоляция проводов, уменьшается количество ложных тревог и неточностей в индукционных измерителях.

Изменяя продолжительность подачи импульсов управления на автоматические выключатели, достигается изменение частоты напряжения, приложенного к артериальному давлению (рис. 2.6)



Рисунок 2.6 – Алгоритм подачи импульсов на транзисторы

С помощью этого алгоритма всегда работают три клавиши питания (VT1, VT4, VT6).

Для контроля артериального давления необходимо изменить напряжение с изменением частоты. Для этого он изменяется в канале постоянного тока или используется PWM. При выборе соотношения между частотой и напряжением они обычно основаны на условиях поддержания перегрузок.

Привод выбирается на основе следующих условий:

$$I_{\text{вых.пч}} \geq I_{1н}; \quad U_{\text{вых.пч}} \geq U_{1н}$$

3 Практическая часть

3.1 Выбор и обоснование систем регулирования частоты вращения и пуска агрегатов станции подкачки

Необходимо сделать правильный выбор инвертора, от которого зависит эффективность и срок службы преобразователя частоты и всей электрической системы в целом. Если мощность привода слишком высока, артериальное давление не может быть достаточно защищено. С другой стороны, если мощность привода является низкой, она не может обеспечить стабильную работу и может потерпеть неудачу из-за перегрева.

Когда инвертор работает с двигателем, выбор инвертора в соответствии со следующими параметрами может быть осуществлено:

Номинальная мощность привода (кВт) должна быть больше или равна номинальному выходу АД (кВт). Кроме того, производитель привод всегда показывают, что этот критерий с двумя парами полюсов двигателей применяется ($2p = 4$ и синхронная скорость та же 1500 Ед / мин), при нагрузке с постоянным крутящим моментом (ленточного транспортера) для преобразователей с мощностью перегрузки работали 15%, а работа с центробежными насосами и вентиляторами для инверторов с перегрузочной способностью 12%.

Номинальный постоянный ток преобразователя должен быть больше или равен фактическому постоянному току двигателя.

Для управления ПН 1 выбираем ПЧ частоты компании Fuji Electric серии FRN 200 F1S-4E ПЧ частоты, 380~480В (3 фазы), 200.00 кВт / 360 А, управление: по ВЧХ, IP20, съёмный пульт, вкл. DCRE4-200, насосная серия. (Высота, ширина, глубина=1000/680/380) дополнительно установим RS485 с протоколом ModBus RTU и функции управления каскадом до 5 агрегатов.

Приводы Frenic Eco Series обеспечивают отличное соотношение цены и качества и самые всесторонние опции для управления насосами в аналогичных сериях от других марок. Кроме того, Frenic Eco – единственная

серия насосов, которая может работать без снижения номинальной температуры при температуре окружающей среды до + 5°C.

С помощью функции «ПИД-регулятор» система автоматического регулирования давления (потока) на выходе насоса может быть создана без дополнительного оборудования. Достаточно установить датчик давления с выходом 4–20 мА (около –10 В). Вы можете установить требуемое давление с помощью удаленного резистора и, конечно, панели управления. Также на светодиодном дисплее консоли вы можете увидеть давление в реальном времени.

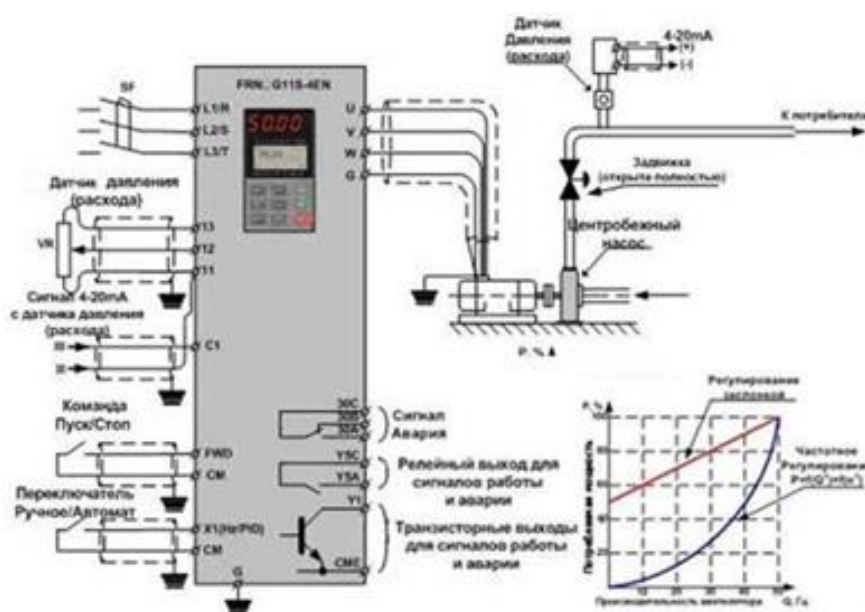


Рисунок 3.1 – Пример подключения ПЧ

Сигнал от датчика давления сравнивается с фиксированной настройкой преобразователя частоты. Несоответствие между этими сигналами задает скорость рабочего колеса насоса.

Преимущества этого инвертора:

- улучшен алгоритм энергосбережения;
- расширенные функции Дискретные аналоговые сигналы ПИД-детектора, верхние и нижние ограничители ПИД-выход при аварии или

выходном сигнале отклонения абсолютного значения 0 С в заданном диапазоне;

- нечувствительность к кратковременным сбоям питания;

- автоматический захват АД для каждого направления свободного вращения;

- функции коммутации сетиинвертора с возможностью автоматического переключения АД в сеть при активации защиты инвертора.

- обнаружение низкого крутящего момента;

- функция обогрева / сушки АД;

- монитор аналогового ввода;

- использованный счетчик электроэнергии;

- модификации IP54 со встроенным фильтром ЭМС и реактором постоянного тока;

- срок службы конденсатора промежуточного контура (расчетный срок службы увеличен до 10 лет) и общее время работы инвертора;

- быстрое меню настроек.

Для ПН 1-2 используется высокочастотный инвертор прямого подключения серии STA-B9.HVI, предназначенный для управления асинхронным АДМІ с высоким напряжением с уровнями напряжения 3000 В, 6000В, 10000 В и номинальной мощностью от 315 кВт до 8000.

Подключение высоковольтного преобразователя частоты серии STA-B9.HVI осуществляется без использования внешних понижающих и повышающих трансформаторов (используется метод прямого подключения). Это делает его более компактным и экономичным с точки зрения потери энергии.

Топология высоковольтного преобразователя частоты серии STA-B9.HVI построена так, что гармонические составляющие сети почти полностью подавлены, а выходной ток инвертора STA-B9.HVI не содержит гармоник (погрешность синусоидальной волны до 4%). Таким образом, для работы высокочастотных преобразователей серии STA-B9.HVI нет

необходимости использовать дополнительное оборудование для подавления входных и выходных сигналов, коэффициент входной мощности привода остается в пределах 0,97 во всем диапазоне изменения мощности, общей эффективности привода (COP) более 96%, а длина выходного кабеля может достигать 500 м.

В то же время обеспечивается:

- полная совместимость высоковольтного преобразователя частоты STA-B9.HVI с существующим асинхронным электрическим АДМ без потери мощности;

- тихий режим работы;

- никаких дополнительных нагрузок на изоляцию электро-АД;

- высокочастотная инверторная серия STA-B9.HVI с эффективной системой отслеживания воздушного охлаждения, обеспечивающая долговременную стабильную работу привода с различными температурами окружающей среды в диапазоне до + 4°C;

- высокочастотный инвертор серии STA-B9.HVI нормальный пищевой продукт elektroAD обеспечивает $\pm 3\%$ колебаний мощности сети $\pm 1\%$ колебаний и отказ сети при максимальном напряжении 1 мкс;

- топология высоковольтных преобразователей частоты серии STA-B9.HVI легко интегрируется с резервными силовыми системами elektroAD тем самым обеспечивает «байпас»;

- программный пользовательский интерфейс, который используется в высоковольтном преобразователе частоты серии STA-B9.HVI, разработанный на базе ОС Windows / Linux. Это максимально упрощает процесс управления приводом и делает интерфейс с преобразователем частоты понятным даже для неподготовленного человека. Линейные размеры, (мм), (Д x В x Ш) 6400x2750x1300.

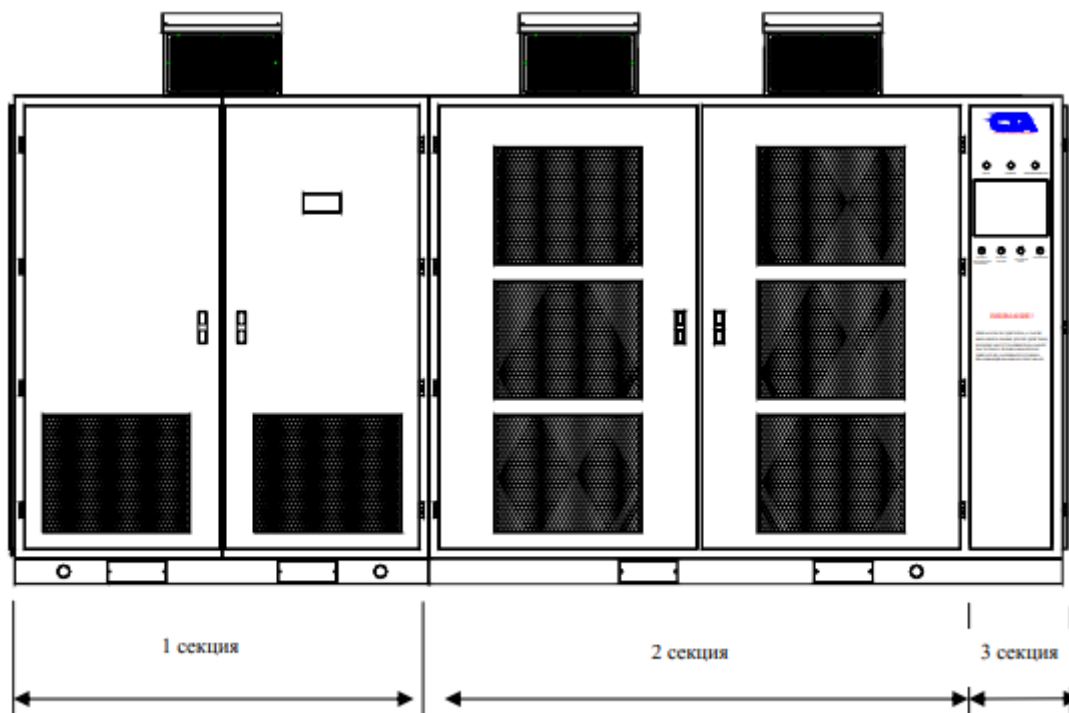


Рисунок 3.2 – Секции силовых агрегатов.

Высоковольтные частотные ПЧ прямого включения серии СТА–В9.NVI обычно представляет собой трехсекционный шкаф (рисунок 3), включающий в себя:

- секцию силовых агрегатов (1-я секция);
- секцию силовых модулей (2-я секция);
- секцию модулей управления (3-я секция);
- внешние охлаждающие вентиляторы на верхней части шкафа.

Функцию преобразования параметров электрической энергии питающей сети к таким значениям, которые необходимы для нормальной работы приводного АД, а также функцию преобразования величины электрической энергии, подводимой к АД для регулирования его скорости выполняет ПЧ. В качестве преобразователя принят ПЧ частоты, на базе автономного инвертора напряжения на IGBT-транзисторах со скалярной ШИМ-модуляцией.

При выборе преобразователя частоты необходимо руководствоваться следующими основными требованиями:

- высокая надежность при любых режимах работы;
- простота системы управления без ухудшения основных параметров выходного тока, напряжения и функциональных возможностей ПЧ;
- минимально возможная стоимость преобразователя в диапазоне мощностей до 630 кВА.

В качестве преобразователя электроэнергии выбираем транзисторный ПЧ частоты СТА–В9.NVI Российской фирмы ООО «ТЭС».

Мощный инвертор широкого назначения СТА–В9.NVI является легкообслуживаемым прибором, имеющим расширенные функциональные возможности, такие как Пропорционально-Интегрально-Дифференциальное (ПИД) регулирование и работа в режиме энергосбережения.

Что касается схемы питания, это нерегулируемый двухпроводный выпрямитель IF типа – автономный инвертор напряжения (AIN) с широтно-импульсной модуляцией (PWM). Силовой блок ANI транзистор, построенный на модулях, в основном состоит из транзисторов IGBT типа (изоляционный биполярный транзистор). Если это микропроцессорное управление и предназначено для управления асинхронными двигателями до 63° кВт. Линейный блок питания с таким преобразователем 6000 В. Система управления преобразователем включает встроенный пропорциональный интегрально-интегральный (ПИД) контроллер, параметры которого вводятся с цифровой панели управления. Введя необходимые параметры, вы можете настроить этот контроллер для управления давлением в водопроводе. Настройка давления и значение обратной связи могут быть аналоговыми через аналоговые многофункциональные входы. Кроме того, инвертор допускает нежное ускорение и замедление AD для заданного времени запуска и остановки. Встроенные модули защиты включают в себя максимальную защиту от тока двигателя, защиту от перегрузки цепи по напряжению, защиту от перегрева транзисторов.

Таблица 3.1– Параметры ПЧ чистоты СТА–В9.HVI

ПЧ частоты СТА–В9.HVI		Параметры
Вход ЧП	Частота входного напряжения	50/60 Гц +/- 3%
	Уровень входного напряжения	3 кВ, 6кВ, 10 кВ (-20% / +15%)
	Допустимое время отсутствия питания	100 мс
	Входной коэффициент мощности	>0.97 (при номинальной нагрузке)
	КПД	> 96% (при номинальной нагрузке)
	Метод управления	АС–DC–АС&DC ШИМ
Общие характеристики	Диапазон выходной частоты	0– 60 Гц
	Точность выходной частоты	0.1 Гц
	Перегрузочная способность	120% (1 мин), 150% (2 с), 160% (непосредственная защита); ЧП с высокой перегрузочной способностью: 150% (1 мин), 180% (2 с), 200% (непосредственная защита)
	Время разгона/торможения	6 – 1200 с
	Аналоговый вход	0– 5 В, 0– 20 мА, 4 – 20 мА (2 входа)
	Аналоговый выход	0– 10 В, 0– 20 мА, 4 – 20 мА вольтовый, токовый и частотный выходы (3 выхода)
	Аналоговый сигнал обратной связи	0– 5 В, 4 – 20 мА (2 выхода)
	Связь с ЦПУ	Интерфейс RS–485
Логический вход/выход	24 – канальный / 16 – канальный	
Защитные функции	Перегрузка по току, чрезмерная нагрузка, короткое замыкание, дисбаланс фаз, кратковременное пропадание напряжения питания, потеря входной/выходной фазы, перегрузка по напряжению, низкий уровень напряжения, перегрев, отключение по внешней ошибке, автоматический байпас силовой ячейки	

Окончание таблицы 3.1

Окружающая среда	Температура окружающей среды в рабочем режиме	0°C – +40°C
	Температура хранения и транспортировки	–40°C – +70°C
	охлаждение	Воздушное, принудительное
	Влажность	< 90% (без конденсата)
	Высота над уровнем моря	< 1000 м
	Степень защиты	IP30



Рисунок 3.3 – ПЧ частоты СТА–В9.NVI Российской фирмы ООО«ТЭС».

3.2 Моделирование системы в MatLab

Программа MATLAB (MatrixLaboratory) была создана Молером (MolerС.В.) и в конце 70-х годов XX века стала активно применяться на больших ЭВМ. однако уже в начале следующего десятилетия Джон Литл (JohnLittle) из компании MathWork, Inc. (США, г. Нейтик, штат Массачусетс) разработал версии программы PCMATLAB для компьютеров класса IBMPC, VAX и Macintosh. К Концу 80–х годов наступил рассвет применения MATLAB с выходом версии 4.0. Последняя версия 9.2 программы представляет собой чрезвычайно сложную систему, которая включает в себя всевозможные процедуры и функции, необходимые для выполнения сложных ИТ–процессов, создания компьютерных моделей и реального моделирования физических систем, процессов и результатов расчетов удобным способом. Функция программы состоит в том, что она содержит матрицу и сложную арифметику. Кроме того, он выполняет операции с векторами, массивами и массивами данных и сингулярную работу спектрального разложения с многочленами, решение нелинейных уравнений и задач оптимизации, решение дифференцирования интеграции различных уравнений, построение графика, трехмерные поверхности и линии уровня.

Для имитации системы управления насосным агрегатом приложение использует прикладное ПО SIMULINK MATLAB 7.1.

Обращает на себя внимание тот факт, что при реальных условиях эксплуатации насосного агрегата изменение давления при запуске сети потребителей происходит не внезапно, а достаточно мягко и достаточно долго. Цель этого раздела изучить работу установки в критических рабочих условиях, проверку контроллера синтеза. Исследование переходной стабилизации давления в системе проводилось с использованием упрощенной модели АД и накачки с постоянным временем. Для изучения динамики системы в приложении Simulink разработана модель насосного

агрегата, позволяющая выполнять моделирование с ограничением регулятора давления и без него и ввода различных типов эталонных систем.

Ограничение контролируется блоком насыщения. То есть для ограниченного случая уровень ограничения устанавливается на уровень 20.

Switch Switch 1 переключает режим: входной сигнал: контроллер прыжка – регулятор интенсивности (линейное увеличение сигнала до определенного уровня); Ручной переключатель 2 активирует режим ограничения; Ручной переключатель 3 выполняет конструкцию нагрузки.

Системная модель состоит из отдельных блоков. Каждый блок реализует конкретный элемент структурной схемы. Модель включает в себя другие компоненты для обеспечения удобства использования и визуализации результатов моделирования.

3.2.1 Анализ динамического режима пуска и регулирования нагрузки

На рисунке 3.5 наглядно виден плавный пуск электроАД. И выход в рабочий режим. Как показано на графике, пуск происходит очень плавно, без рывков, что даёт хорошие динамические качества.

На рисунке 3.6 показаны фазные токи при пуске АД. Можно сделать вывод, что пусковые токи не превышают номинальные более чем в два раза.

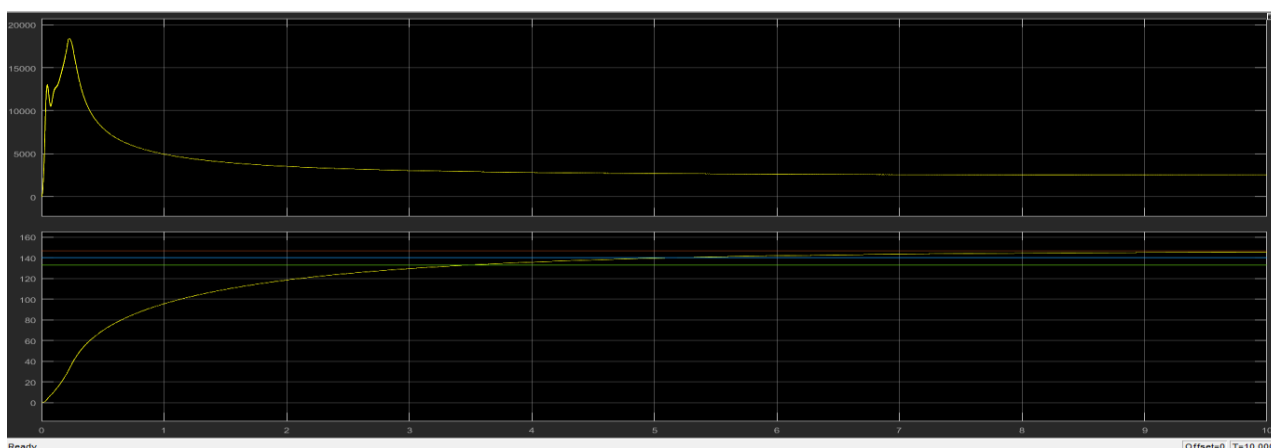


Рисунок 3.5 – Плавный пуск АД с преобразователем частоты.

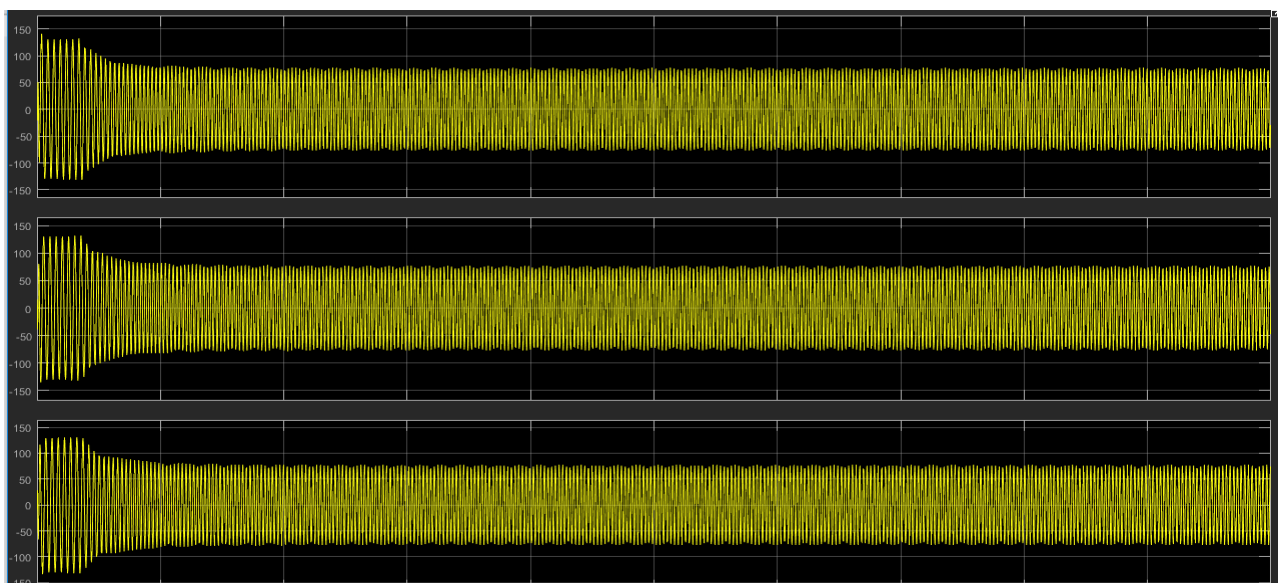


Рисунок 3.6 – Фазные токи при пуске АД с преобразователем частоты.

На рисунке 3.7 представлен запуск асинхронного АД, при уменьшенном разборе воды. С уменьшением напора падает момент на двигателе и уменьшаются обороты. За счёт падения момента, уменьшается электропотребление.

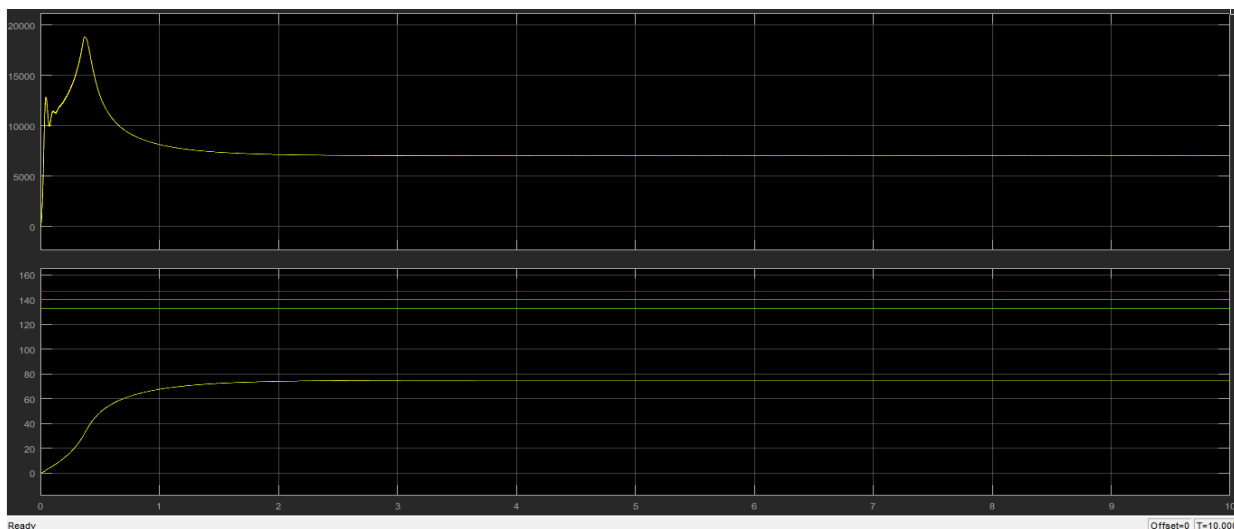


Рисунок 3.7 – Пуск АД с частотным регулятором при уменьшенном напоре воды в сети.

Из моделирования в MatLabсреде Simulink, отчётливо видно преимущество использования частотного преобразователя.

3.3 Технико-экономическое обоснование частотно-регулируемого электропривода

В данной ВКР разработана система автоматизации насосов НА для подкачивающей насосной станции (ПНС №1).

В настоящее время распределение общей электроэнергии, производимой в промышленно развитых странах, имеет примерно следующую долю:

- 69% электропривод;
- 6% освещение;
- 25% другие.

В конечном счете, доля электроэнергии, предназначенной для работы электроприводов, составляет около 6%. В этом случае, 4% (и по некоторым оценкам более 50%) всей выработки электроэнергии во всем мире будут направлены на потребности исполнительных механизмов.

Центробежные вентиляторы, насосы и компрессоры объединяются в класс зарядных механизмов для электропривода, поскольку их характеристики с точки зрения требований и условий работы электрооборудования имеют много общего. Большинство электроприводов этих механизмов не регулируются.

Как и в наших временных методах, используемых для регулирования подачи насосного и вентиляционного оборудования, линий давления дроссельной заслонки и изменения общего количества рабочих блоков в соответствии с одним из технологических параметров. Давление в трубопроводе или в точке уровня сети в записи Диктаторы или регуляторы резервуаров и т.д. Цель – это метод контроля для решения технологических проблем (поддержания заданного давления) и практически не учитывает энергетические аспекты водного транспорта.

В то же время электрическое и гидравлическое оборудование Национального собрания обычно выбирается в соответствии с техническими

параметрами (подачей, давлением и т.д.) Системы водоотведения. В реальной жизни, однако, выясняется, что вновь введенные в эксплуатацию насосные станции в течение многих лет входят в дизайнерские режимы или вообще не выходят на улицу. Поэтому существующие НС обычно работают в режимах, существенно отличающихся от вычисленных НС. Кроме того, существуют ежедневные, еженедельные и сезонные колебания потока и головки, из-за переменного расхода воды, возникающие в результате совокупные моменты работы, далеки от рабочих областей их свойств (обычно с нижней стороны).

Таким образом, изобретение создает качественные управляемые приводом условия для разработки новой технологии обработки жидкостей с постоянными переменными рабочими параметрами NU экономически эффективные мощности и энергии с большой точностью увеличения и эффективностью систем снабжения техническими характеристиками. При этом геометрическим местом рабочих точек NU становятся параметры трубопроводов, а не характеристики агрегатов, как в случае регулирования подачи насосных агрегатов с постоянной частотой вращения.

Регулируя скорость до потребляемой мощности по сравнению с дросселированием, достигается значительный потенциал экономии.

Исследования, проведенные многими организациями по использованию регулируемого электропривода для турбодвигателей и документов, доступных нам в этой статье, позволяют сформулировать следующие основные выводы:

- наиболее эффективным способом регулирования ДСЕ является частотный метод, который позволяет наиболее экономичные режимы работы по всем параметрам управления мощностью турбокомпрессоров;

- совершенствование и модернизация существующих электроприводов с целью экономии энергии позволяет достичь максимально возможного экономического эффекта из-за минимальных капитальных затрат;

- НС лучший способ достичь максимальной производительности асинхронного электропривода в статических режимах;

– технологические особенности электроприводов турбокомпрессоров позволяют рассматривать их как объектно-ориентированные электроприводы, работающие преимущественно статически.

Одним из основных аргументов в выборе преобразователя частоты (VFD) были преимущества АД: более высокая надежность, более простая работа, большая защита от внешней среды, относительно низкая стоимость и низкая стоимость владения.

При использовании ПЭ можно определить прямую и косвенную экономию.

Прямым источником сбережений является: экономия электроэнергии из-за работы электропривода, в зависимости от фактического расхода воды и сокращения потребления электроэнергии по этой причине, если фактическое потребление воды системой конечным пользователем уменьшается.

Косвенные источники сбережений включают:

– снижение потребления воды в системе водоснабжения из-за меньших потерь, связанных с избыточным давлением (увеличение давления в трубопроводе на 1 атмосферу приводит к увеличению утечки на 2–7%);

– сокращение затрат, профилактический и капитальный ремонт сооружений и сооружений (как электроприводов, так и установок и трубопроводов).

Вместе с вышеупомянутыми энергосберегающими компонентами, которые в конечном счете рассматриваются и оцениваются, использование PDP предлагает ряд дополнительных преимуществ:

– экономия тепла во всех системах горячего и холодного водоснабжения за счет снижения потерь воды;

– возможность регулировать голову над основной головой, если это необходимо;

– минимизация износа основного оборудования из-за возможности плавного пуска, полного устранения гидравлических ударов, снижения

давления (по опыту в секторе отопления, количество незначительных ремонтов основного оборудования сокращается наполовину);

– полная возможность комплексной автоматизации персонала систем водоснабжения.

По мнению ученых Института EPRI (США), эффективность экономии ресурсов при внедрении VFR соответствует экономическому эффекту энергосбережения. На практике в Российской Федерации рекомендуется использовать коэффициент увеличения экономического эффекта $K = 1,3$.

Для насосной системы был выбран FCT-B9.HVI. Насосный агрегат использует асинхронный АД с короткозамкнутым ротором А4-4®-4U3.

В этом случае частота ПЧ напрямую связана с АР и управляет ее работой в зависимости от заданных параметров и информации, полученной от датчика.

В этом случае эффект работы привода определяется уменьшением потребления электрической энергии и все же косвенными источниками экономии в части управляемого электропривода по сравнению с его работой без частотного регулирования.

В установках, где электропривод находится в одной копии и чья работа не связана с другими преобразователями, рекомендуется подключить привод к электроприводу.

При использовании этой версии привода максимальная удельная стоимость одного конвертера мощностью 1 кВт достигается за счет того, что при обновлении нового преобразователя стоимость нового конвертера полностью учитывается.

С постепенным снижением стоимости электронных инверторов и увеличением стоимости активных материалов, из которых производятся электродвигатели, эти системы будут интенсивно развиваться.

Показателем наиболее правильного варианта, определяемого на основе сравнительной экономики, является минимум данной стоимости. Указанные затраты по каждому варианту представляют собой сумму годовых

производственных затрат и капитальных вложений, то же измерение в соответствии со стандартом эффективности для каждого варианта.

Приведенные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_i = E_n \cdot K_i + I_i, \quad (1)$$

где, Z_i – приведенные затраты по варианту технического решения, которое рассматривается, руб./год; E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, 1/год; K_i – капитальные затраты по каждому варианту, руб.; I_i – ежегодные эксплуатационные затраты, руб./год.

3.3.1 Расчеты капитальных затрат по новому варианту

Величину натуральных затрат определяем по формуле:

$$K = C_0 + K_{mp} + K_m \quad (2)$$

где, C_0 – затраты на приобретение изделия (оптовая цена), руб.; K_{mp} , K_m – затраты на транспортировку, монтаж и наладку, руб.

Оптовую цену определим по формуле:

$$C_0 = C \cdot (1 + P_u) \quad (3)$$

где C – проектная себестоимость изделия (полная себестоимость изделия); P_u – рентабельность соответствующих электротехнических изделий.

Себестоимость определим из прейскурантов фирм-производителей:

$$C_{он} = 2150000 \text{ руб.} \quad C_{он} = 2150000 \text{ руб.}$$

$$C_{он} = C_{он} \cdot (1 + p_u) = 2150000 \cdot (1 + 0.12) = 2408000 \text{ руб.}$$

Затраты на транспортировку, монтаж и наладку определим на уровне 15% от стоимости изделия:

$$K_{трмн} = 15\% \cdot C_{он} = 0.15 \cdot 2408000 = 361000 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты по новому изделию:

$$K_n = C_{он} + 2 \cdot K_{трмн} = 2408000 + 2 \cdot 361200 = 3130400 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов капитальных затрат занесем в таблицу 3.2

$$K'_6 = K_6 \cdot a = 97834.2 \cdot 3.36 = 328722.912 \text{ руб.}$$

Таблица 3.2 – Капитальные затраты

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
Затраты на приобретение оборудования, C_0	2408000
Затраты на транспортировку, K_{mp}	361000
Затраты на монтаж и наладку, K_m	361000
Вместе, K	3130400

3.3.2 Расчеты ежегодных эксплуатационных затрат по новому и старому вариантам

Уровень эксплуатационных затрат:

$$I = I_a + I_{обсл} + I_e \quad (4)$$

где, I_a – амортизационные отчисления в год; $I_{обсл}$ – затраты на текущий ремонт и обслуживание, в которое входит стоимость годовой затраты материалов, необходимых для ремонта и эксплуатации, заработная плата ремонтного и обслуживающего персонала; I_e – стоимость годовых затрат активной и реактивной энергии.

Общие амортизационные отчисления с достаточной степенью точности:

$$I_a = \frac{H_a \cdot K}{100}, \quad (5)$$

где, H_a – общая годовая норма амортизационных отчислений, $H_a = 12,96\%$;

K – капитальные затраты по сравниваемым вариантам;

Для нового изделия:

$$I_{ан} = \frac{H_{ан} \cdot K}{100} = \frac{12,96 \cdot 3130400}{100} = 405699 \text{ руб./год}$$

Составные ежегодных эксплуатационных затрат на уровне 8% от капитальных затрат.

Для нового изделия:

$$I_{обсл} = 0,08 \cdot K_n = 0,08 \cdot 3130400 = 250432 \text{ руб./год}$$

Стоимость затрат активной энергии для АД:

$$I_{ea} = C_e \cdot h \cdot k_3 \cdot \frac{P_u}{\eta} \cdot (1 - \eta + \alpha), \quad (6)$$

где, C_e – средний тариф за 1 кВт – час активной энергии.

Тариф на электрическую энергию для потребителей на территории Красноярского края составляет: 3 рубля 80 коп. за 1 кВт – час:

$$C_e = 3.8 \frac{\text{руб.}}{\text{кВт} \cdot \text{час.}}, \quad (7)$$

где, h – количество часов работы АД за год: $h = 8760 \text{ час} / \text{год}$

κ_3 – средний коэффициент загрузки АД: $\kappa_3 = 0.7$

P_n – номинальная мощность АД: $P_n = 630 \text{ кВт}$

η – КПД АД, если $\kappa_3 = 0,7$;

Для базового изделия: $\eta = 0.79$;

Для нового изделия: $\eta = 0.951$;

α – относительная величина затрат в распределительных сетях потребителя, отнесенная потребляемой мощности АД $\alpha = 0,04$.

Стоимость годовых затрат активной энергии:

Для базового изделия:

$$I_{ea} = C_e \cdot h \cdot \kappa_3 \cdot \frac{P_n}{\eta} \cdot (1 - \eta + \alpha) = 3.8 \cdot 8760 \cdot \frac{630}{0.95} \cdot (1 - 0.95 + 0.04) = 1986768 \text{ руб.} / \text{год}$$

Для нового изделия:

$$I_{ea} = C_e \cdot h \cdot \kappa_3 \cdot \frac{P_n}{\eta} \cdot (1 - \eta + \alpha) = 3.8 \cdot 0.7 \cdot 8760 \cdot \frac{630}{0.951} \cdot (1 - 0.951 + 0.04) = 1373838 \text{ руб.} / \text{год}$$

Результаты расчетов годовых эксплуатационных затрат сведем в таблицу 3.3

Таблица 3.3–Ежегодные эксплуатационные затраты

Наименование затрат	Сумма затрат, руб./год	
	Базовое	Новое
Вариант затрат		
Амортизационные отчисления, I_{ao}	405000	405699
Затраты на текущий ремонт, $I_{обсл}$	255000	250432
Стоимость затрат активной энергии, I_{ea}	1986768	1373838
Вместе, I	2417268	2029969
То же, с учетом коэффициента эквивалентности, $I' = I \cdot \alpha$	96690.72	81198.76

3.3.3 Расчеты приведенных затрат и выбор оптимального варианта

Полученные значения стоимости капитала и годовых эксплуатационных расходов для каждого из сравниваемых опционов используются для определения текущей стоимости каждой опции.

$$Z = E_n \cdot K + I \quad (8)$$
$$E_n = 0.1$$

где, Z – приведенные затраты по варианту технического решения, которое рассматривается, грн./год;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

K – капитальные затраты по каждому варианту, грн.;

I – ежегодные эксплуатационные затраты.

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Сводные экономические показатели

Наименование затрат	Варианты	
	Базовое	Новое
Вариант затрат		
Капитальные затраты, K , руб.	0	3130400
Ежегодные эксплуатационные затраты, I , руб./год	2417268	2029969
Приведенные затраты, Z	2417268	5160369

Анализируя полученные результаты, делаем вывод, что оптимальным решением является использование частотного преобразователя.

3.4 Экономия электроэнергии

Мировой опыт показывает, что экономичное и рациональное потребление электроэнергии реализуется в большей степени за счет оптимизации ее использования.

Экономия энергии без потери интересов потребителей может быть достигнута только за счет внедрения энергосберегающих технологий и технологий, которые оптимизируют фактическое потребление энергии.

Как упоминалось выше, в случае преобразователя частоты давление в гидравлической системе поддерживается независимо от расхода, регулируя скорость электрического насоса. Это утверждение может быть подтверждено следующими записанными фактическими данными. На насосной станции, которая была спроектирована для снабжения нескольких жилых помещений общей численностью 1 153 человек с холодной питьевой водой, МГЭС с рабочей мощностью 4 человека устанавливала 125 об / мин 125 В / 125, 630 кВт насос. В течение дня потребление воды меняется почти в 6 раз. Ночью он минимален, а максимумы наблюдаются утром и вечером.

Режим работы насосной станции с установленным преобразователем частоты показывает эффективность использования преобразователя частоты. Линия, показывающая голову у входа, указывает на ее неравномерность во времени. Кроме того, график неравномерности скорости потока в разное время является (разница между минимальной и максимальной скоростью потока в течение дня, примерно 1,250% – от 1 ° до 125 куб.м / час). Несмотря на это, электрический насос снабжен преобразователем частоты, он видит, что время, когда по существу постоянный уровень выходного давления модулируется артериальным давлением скорости насоса. Даже при значительном изменении потребления (утром и вечером) давление в системе поддерживается постоянным.

В этом конкретном случае он сопоставим с насосом с переменным рабочим объемом с фиксированным режимом, были получены следующие результаты:

- экономия энергии на 54% (за счет оптимизации потребления энергии);
- сохранение холодной питьевой воды 34% (из-за отсутствия избыточного давления в ночное время).

Рабочая станция работает в режиме ВКЛ и ВЫКЛ инверторов, подтверждающих экономию питьевой воды. Если среднее потребление воды VFD на одного заключенного в день было – 165 л и вышло – 251 л. Таким образом, как видно из рисунка, максимальный расход изменяется до минимума от 6:1 до 2,5:1.

Экономия электроэнергии составляет 51%, а экономия воды - 24%. Стоимость сохраненной воды в 1,6 раза больше, чем экономия энергии. Дополнительные сбережения в воде и электричестве возможны за счет снижения давления на шоссе до того, что фактически разрешено ночью. Такая экономия не является исключением. В общем, экономия энергии при этом использовании преобразователей составляет 25–6% и выше.

Привод насосного агрегата, разработанный в этом ВКР проекте, был разработан с учетом требований энергосбережения.

3.5 Расчеты экономического эффекта

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = (Z_6 - Z_n) \cdot A_z \quad (9)$$

Z_6 – годовые затраты по базовому изделию; Z_n – годовые затраты по новому изделию; A_z – стоимость воды на май 2018 года: $A_z = 32$ руб/м³.

$$\mathcal{E} = (Z_6 - Z_n) \cdot A_z = (91.6 \cdot 1553 - 60.2 \cdot 1553) \cdot 32 = 1561200 \text{ руб./год.}$$

Тогда общая экономия составит:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \mathcal{E} + I_{\text{ва}} - I_{\text{ба}} = 1561200 + 1373838 - 1986768 = 948270 \text{ руб/год}$$

Экономический эффект от внедрения станций управления, оснащённых преобразователями частоты, устройствами плавного пуска, а также объединение станций управления в единую систему АСУ ТП, основан на следующих факторах:

1) Прямая экономия от снижения потребления электроэнергии при регулировании производительности насосных агрегатов (для разных объектов от 25 до 50%).

2) Прямая экономия за счет снижения непроизводительных утечек воды с оптимизацией давления на линии давления (не менее 25 – 3% от общей утечки).

3) Значительное снижение уровня аварийности в сетях (не менее 5 – 10 раз).

4) Увеличение не менее чем в 3 раза времени жизни и ремонта агрегатов, электродвигателей, коммутационного оборудования.

5) Значительное повышение надежности системы в целом, устранение «человеческого фактора» и автоматическая диагностика системы всех ее элементов и своевременное устранение возможных чрезвычайных ситуаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы являлся анализ применения мощных преобразователей частоты для электронасосных систем, а также изучение схемотехнических решений и особенностей работы преобразователей, получения знаний о системе управления частотой для электропривода насосного агрегата, а также построить математическую модель для этого электропривода.

В электрическом приводе насосного агрегата используются асинхронные двигатели, в частности асинхронные двигатели с ротором с короткозамкнутым ротором. Регулирование частоты используется для управления электроприводом, поскольку это увеличивает бесперебойную работу, надежность и долговечность системы.

Во второй главе, основанной на сравнительном анализе и результатах расчета, была выбрана частота ПЧ STA–B9.HVI.

Создана математическая модель и исследованы динамические режимы работы электропривода насосного агрегата в MatLab. Результаты, полученные в ходе моделирования, показывают реальную экономию энергии. Регулируя скорость вращения артериального давления, регулируется подача воды. В результате исследования сделан вывод о том, что использование преобразователей частоты улучшает управляемость и энергоэффективность асинхронных двигателей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Муравлёва О.О. Энергоэффективные асинхронные двигатели для регулируемого электропривода. Известия Томского политехнического университета. 2005, т. 308, №7. С. 135–139
2. Баклин В.С. Математическая модель частотно- регулируемого асинхронного АД [текст] / В.С. Баклин А.С. Гимпельс // Известия Томского политехнического университета. 2005. – №7. – с 148–153.
3. Баев А.П. Современные системы управления асинхронным электроприводом [текст] / А.П. Баев, А.С. Исаков; учебное пособие.- М.: Энергоатомиздат, 2003. – 324 с.
4. Белов М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов [текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / М. П. Белов, В. А. Новиков, Л. Н. Рассудов. - 3-е изд., испр. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 576 с.
5. Бурулько Л.К. Математическое моделирование частотно - регулируемых электроприводов [текст] / Л.К. Бурулько, Л.А. Паюк // Известия Томского политехнического университета. 2006. – №2. – с 200-203.
6. Гарганеев А.Г. Энергосберегающая модификация векторного управления асинхронного АД [текст] / А.Г. Гарганеев, А.Т. Яровой, Л.Ю. Бабушкина, А.С. Каракулов, С.В. Ланграф, А.А. Расстригин // Известия Томского политехнического университета. 2005. – №7. – с 130-134.
7. Герман – Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. [текст]: учебное пособие. – СПб.; КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
8. Герман-Галкин С. Г. Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК [текст]. - СПб. КОРОНА-Век, 2008. - 368 с.
9. Глазырин А.С. Бездатчиковое управление асинхронным электроприводом с синергетическим регулятором [текст] / А.С. Глазырин //

Известия Томского политехнического университета. - 2012. - №4. – с 107-111.

10. Завьялов В.М. Многокритериальное управление асинхронным электроприводом [текст] / В.М. Завьялов, А.А. Нестеров, И.Ю. Семькина // Вестн. КузГТУ, 2005. – №1 – С. 81-84.

11. Ильинский Н.Ф. основы электропривода [текст]: учеб. пособие для вузов / Н.Ф. Ильинский. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 221 с., ил.

12. Кочетков В.П. основы теории управления: учебное пособие [текст]: 2-е изд., испр. – Абакан: Изд-во ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2007. – 272 с.

13. Ключев В.И. Теория электропривода [текст]: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. / В.И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с., ил.

14. Ключев В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов [текст]: учебник для вузов / В.И. Ключев, В.М. Терехов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с., ил.

15. Красовский А.А. Проблемы физической теории управления [текст] / Автоматика и телемеханика. 1991. № 11.

16. Лукас В. А. Теория управления техническими системами [текст] : Компактный учеб курс для вузов. 3-е издание, перераб. И доп. – Екатеринбург: Изд – во УГГГА, 2002 – 675 с, ил 214.

17. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х т. Т.3: Методы современной теории автоматического управления [текст] / Под ред. Н.Д. Егупова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 748 с., ил.

18. Муравлева, О.О. Энергоэффективные асинхронные двигатели для регулируемого электропривода [текст] / О.О. Муравлева // Известия Томского политехнического университета. - 2005. - №7. – с 135-138.

19. Семькина И.Ю. Повышение энерго - и ресурсоэффективности горных машин средствами регулируемого электропривода [текст]: дис. ... канд. тех. наук : 05.09.03 / Семькина Ирина Юрьевна. – Кемерово, 2013. – 312 с.

20. Синергетическое управление нелинейными электромеханическими системами [текст] / А.Л. Колесников [и др.]. - М.: Энергоатомиздат, 1994. 344 с.
21. Синергетические методы управления сложными системами: механические и электромеханические системы [текст] / Под общей редакцией А.А. Колесникова. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – 279с.
22. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах [текст]. М.: Мир, 1985.
23. Черных И. В. SIMULINK: среда создания инженерных приложений [текст] / Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потемкина. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. - 496 с.
24. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты [текст]. – Екатеринбург.: УРО РАН, 2000, 654 с.
25. Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 2. Электротехнические устройства и изделия / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – 9-е изд., стер. – М.: Издательство МЭИ, 2014. – 964 с

Бакалаврская работа выполнена мной самостоятельно. Используемые в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в 1 экземпляре.

Библиография 25 наименований.

«____» _____
(дата)

(подпись)

Е.О. Пыхтеев
(ФИО)

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт-филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Коловский А.В.Коловский
подпись инициалы, фамилия
«22» июня 2022г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Автоматизация электроприводов подкачивающей насосной станции
Минусинской ТЭЦ
тема

Руководитель Дулесова 21.06.22. доцент, К.Э.Н.
подпись, дата должность, учёная степень

Н.В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник Пыхтеев 21.06.2022
подпись, дата

Е.О. Пыхтеев
инициалы, фамилия

Нормоконтроль Кычакова 21.06.2022
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия