

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Специальность Управление и информатика в технических системах
Кафедра Автоматики и компьютерных систем

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема работы
Система автоматизации водоснабжения котельной

УДК 621.182:620.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8101	Ануфриев Антон Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АиКС	Курганов В.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Е.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой АиКС	Фадеев А.С.	к.т.н.		

Томск – 2016г.

1. Структура горячего водоснабжения посёлка.
2. Схема вычисления необходимой мощности

	насоса. 3. Расход энергии насоса. 4. Структурная схема автоматизации системы ГВС. 5. Экономия энергии при использовании ПЧВ. 6. Перспективность частотного регулирования. 7. Векторы, определяющие электромагнитный момент в произвольной синхронной (ху) и ориентированной по полю (dq) системах координат. 8. Состав силовой части преобразователя частоты. 9. Линейка преобразователей частоты для управления насосами ОВЕН ПЧВ. 10. Схема внешних подключений на основе ПЧВЗ для двух насосов. 11. Параметры разгона/замедления. 12. Окно «Выбор заданий» конфигуратора ПЧВЗ. 13. Параметры «спящего» режима для ОВЕН ПЧВЗ. 14. Диаграмма работы АОЭ. 15. Структурная схема установки и схема внешних подключений ПЧВЗ. 16. Схема электрических соединений датчиков давления. 17. Структурная схема ТРМ210. 18. Индикация и управление ТРМ210-Щ1.ИИ. 19. Диаграммы срабатывания прибора по типам логики. 20. Колебания ПИД-регулятора при автонастройке. 21. Электрическая схема подключения.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Конотопский В.Ю.
«Социальная ответственность»	Невский Е.С.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Заключение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	1.03.2016
---	-----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АиКС	Курганов В.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8101	Ануфриев Антон Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8101	Ануфриев Антон Андреевич

Институт	Электронного обучения	Кафедра	АиКС
Уровень образования		Направление/специальность	Управление и информатика в технических системах

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	...
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	...
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	...
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	...
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. «Портрет» потребителя
2. Оценка конкурентоспособности ИР
3. Матрица SWOT
4. Модель Канона
5. ФСА диаграмма
6. Оценка перспективности нового продукта
7. График разработки и внедрения ИР
8. Инвестиционный план. Бюджет ИП
9. Основные показатели эффективности ИП
10. Риски ИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский В.Ю	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8101	Ануфриев А.А		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8101	Ануфриев Антон Андреевич

Институт	Электронного обучения	Кафедра	АиКС
Уровень образования		Направление/специальность	Управление и информатика в технических системах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика частотного преобразователя и области его применения.	Частотный преобразователь представляет из себя статическое преобразовательное устройство, предназначенное для изменения скорости вращения асинхронных электродвигателей переменного тока.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого оборудования: – Электромагнитное и ионизирующее излучение; – Повышенный шум при работе насоса, электродвигателя, вентиляторов; – Напряжение прикосновения и токи;	Электромагнитные поля оказывают негативное влияние на работу другого оборудования в качестве помех и здоровье человека, защитные ресурсы организма начинают истощаться быстрее. Шум и вибрация ухудшают условия труда, затрудняют разборчивость речи, вызывают снижение работоспособности, повышают утомляемость, вызывают необратимые изменения в органах слуха человека. Электрический ток, проходя через тело человека, может вызвать поражение внутренних или внешних органов. При поражении внутренних органов может наступить паралич органов дыхания или фибриляция, что часто влечёт за собой смертельный исход.
2. Экологическая безопасность: – сократит расходы электроэнергии; – сократит расход материалов на ремонт оборудования;	Внедрение данного оборудования позволит сократить расход электроэнергии и расход материалов на ремонт электродвигателя и насоса что влечет за собой экономию природных ресурсов. ПЧВ не оказывает ни какого влияния на селитебную зону, а так же не влияет на атмосферу, гидросферу и литосферу.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – пожарная безопасность; – разработка превентивных мер по пожарной безопасности; – разработка действий в пожарной безопасности и мер по ликвидации её последствий; – Техника безопасности.	Пожарная безопасность основывается на исключении условий необходимых для горения, для этого нужно самостоятельно не разбирать, модифицировать или ремонтировать преобразователь, а так же не присоединять выходные клеммы U/T1, V/T2, W/T3 к питающей сети. Максимально возможное использование негорючих веществ и материалов. При возникновении пожара нужно, прежде всего, вызвать пожарную команду, обеспечить полную эвакуацию людей из помещения, а после

	этого принять меры по тушению пожара. Не работать с преобразователем, если его части повреждены или отсутствуют. Не допускать контакта ПЧ с водой или другими жидкостями. Прикладывать к клеммам преобразователя только указанные в руководстве напряжения. Для снижения уровня электромагнитных помех, использовать рекомендованные фильтры. Неподготовленный персонал не должны иметь доступ к ПЧ.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – правовые нормы трудового законодательства; – санитарные правила и нормы.	СанПиН 2.2.4.1329-03 - Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей; СН 2.2.4/2.1.8.562-96 - Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий; ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. – Электробезопасность; СНиП 2.01.02-85* - Противопожарные нормы; СанПиН 2.1.2.568-96 - Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды;

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Е.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8101	Ануфриев А.А.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
Кафедра автоматизации и компьютерных систем
Направление 220200-«Управление и информатика в технических системах»
Уровень образования – специалист
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Дипломная работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	21.06.2016 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2016 г.	Основная часть	75
19.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
23.05.2016 г.	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель доцент кафедры АИКС	Курганов В.В.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой АИКС	Фадеев А.С.	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 93 страниц текста, 22 рисунка, 16 таблиц, 18 источников литературы.

Объектом исследования являются система горячего водоснабжения посёлка Самусь, Томской области.

Цель работы – разработка системы автоматизации водоснабжения котельной и переход на энергосберегающие технологии управления производительностью насосного оборудования котельной посёлка.

Результатом данного проекта является предложения автоматизации системы водоснабжения поселка и разработка схем регулирования системы водоснабжения.

Степень внедрения: сделан выбор оборудования, разработаны принципиальные решения по внедрению системы.

Область применения предложенных решений не ограничивается рассматриваемым объектом и может быть расширена на все установки, в которых используется насосное оборудование с похожими характеристиками.

В результате исследования предложен способ модернизации средств автоматизации и способ управления электрооборудованием, обеспечивающим существенную экономию электроэнергии, а так же уменьшающий износ насосного оборудования.

Оглавление

Введение.....	11
1 Проблемы автоматизации системы водоснабжения котельных ЖКХ	13
3 Предложения по решению проблем автоматизации систем водоснабжения ЖКХ поселка Самусь.....	21
4 Частотный способ управления асинхронным двигателем.....	24
4.1 Частотное регулирование при скалярном управлении	27
4.2 Частотное регулирование при векторном управлении	28
5 Частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ.....	32
5.1 Алгоритмы работы ПЧВ.....	36
5.2 Задание параметров двигателя и автоматическая адаптация	40
5.3 Настройка спящего режима	43
5.4 Оптимизация энергопотребления.....	45
5.5 Поддержание разности давлений	46
6 Датчики давления и перепада давления	48
7 ПИД-регулятор с интерфейсом RS-485 ОВЕН ТРМ210-Щ1.ИИ.....	51
7.1 Индикация и управление.....	55
7.2 Общие принципы ПИД-регулирования.....	57
7.3 Настройка ПИД-регулятора	58
8 Разработка принципиальной схемы контура регулирования	63
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	65
9.1 Организация и планирование работ	66
9.1.1 Продолжительность этапов работ	67
9.1.2 Расчет накопления готовности проекта.....	71
9.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	72
9.2.1 Расчет затрат на материалы	72
9.2.2 Расчет заработной платы.....	73
9.2.3 Расчет затрат на социальный налог.....	75
9.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	75
9.2.5 Расчет амортизационных расходов	76

9.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных).....	77
9.2.7 Расчет прочих расходов.....	78
9.2.8 Расчет общей себестоимости разработки.....	78
9.2.9 Расчет прибыли	79
9.2.10 Расчет НДС	79
9.2.11 Цена разработки НИР	79
9.3 Оценка экономической эффективности проекта	79
10 Социальная ответственность	81
10.1 Производственная безопасность.	81
10.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	82
10.2.1 Электромагнитное и ионизирующее излучение	82
10.2.2 Повышенный шум при работе насоса, электродвигателя, вентиляторов.....	83
10.2.3 Напряжение прикосновения и токи	84
10.3 Экологическая безопасность.....	86
10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86
10.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	89
Заключение	91
Conclusion.....	92
Список используемых источников.....	93

Введение

Автоматизация технологических процессов сокращает расход материалов на оборудование и затраты на электроэнергию, улучшает качество продукции, повышает производительность труда, путем внедрения прогрессивных методов управления производством и повышения надежности работы.

Системы водоснабжения населённых пунктов делятся на системы горячего водоснабжения (ГВС) и системы холодного водоснабжения (ХВС). Системы ХВС круглогодично обеспечивают население питьевой водой, и практически её потребление является относительно постоянной величиной.

Система горячего водоснабжения обеспечивает население теплом (передача тепловой энергии) в холодные месяцы и круглогодично горячей водой. Это означает что потребление (производство), горячей воды варьируется в зависимости от времени года. Потребление горячей воды в зимние месяцы возрастает за счет повышенного потребления тепловой энергии и уменьшается в летние месяцы.

Система горячего водоснабжения по способу построения может быть:

- открытой;
- закрытой;
- смешанной.

Открытая система водоснабжения предполагает, что пользователь расходует горячую воду, которую произвело предприятие производитель, без дополнительной обработки. Общее количество воды в системе ГВС уменьшается, что требует её постоянной подпитки.

Закрытая система предполагает, что пользователь использует дополнительный теплообменник (бойлер) для нагрева холодной питьевой

воды, тем самым повышая её качество. При этом общее количество воды в системе ГВС не изменяется и соответственно отсутствует необходимость её восполнения.

Реальные системы ГВС практически всегда являются смешанными. Несмотря на наличие у потребителей теплообменников, общее количество воды в системе всегда уменьшается, в том числе из-за аварийного состояния труб, испарений, использования горячей воды в качестве технической и других причин. Поэтому любая система ГВС, используемая в ЖКХ, имеет систему подпитки для восполнения объёмов воды.

Системы ГВС неразрывно связаны с предприятиями-производителями в общем случае тепловой энергии. Такими предприятиями являются котельные, преобразующие энергию сжигаемых топлив: угля газа, ядерного топлива, в тепловую энергию в виде нагретой воды или пара.

1 Проблемы автоматизации системы водоснабжения котельных ЖКХ

Бурное развитие микроэлектроники и микропроцессорной техники, повлияло на определения технических средств для автоматизации действующих и строящихся котельных. Все быстрее начинают находить свое место программно-технические комплексы (ПТК) на базе микропроцессорных средств, производство традиционных приборов - регистраторов с диаграммной лентой, стрелочных индикаторов почти повсеместно прекращен, а первичные датчики и регуляторы у более ведущих фирм содержат в своем составе микропроцессоры и встроенный интерфейс, позволяющие объединять приборы и датчики цифровыми информационными шинами.

Более сложный вопрос обстоит с автоматизацией действующих котельных из-за ряда проблем, к которым относятся износ или выход из строя главного технологического оборудования, отсутствием эффективных и надежных регулирующих устройств ГВС. Существующий приборный парк физически и морально устарел.

Чтобы решить эти проблемы необходимо улучшить систему управления и контроля действующих котельных и совместить с модернизацией главного технологического оборудования. Во время среднего или капитального ремонта, при внедрении новых способов подачи ГВС, попутно установить совершенно новые регулирующие и современные измерительные устройства. Так же необходимо правильно выбрать структуру СКУ (система контроля и управления), технические и программные средства, то есть непосредственно разработчиков системы и поставщиков ПТК.

В России на рынке свои услуги по разработке программно-технических средств, предлагают множество отечественных и зарубежных фирм-производителей. Так же фирмы-интеграторы, которые комплектуют

систему из набора продукции различных поставщиков, в большей степени, только осваивающие компьютерные технологии и легкомысленно предлагающие свои услуги в области автоматизации энерготехнологий, не имеют представления решению проблем в автоматизации объектами управления предприятия.

Очень сложно сделать выбор верных Генподрядчиков, которые состязаются при поставке ПТК, владея при этом недостаточной технической компетентностью, которая влечет за собой минимум затрат для изготовления оборудования автоматизации, из-за которой заказчики получают на перспективу непредсказуемые аварийные ситуации. Что бы исключить эту проблему, необходимо привлекать такие организации, которые в первую очередь владеют технологическими вопросами и в качестве технолога-разработчика или технолога-наладчика имеют внедренческий опыт подсистем АСУ ТП.

Чтобы обеспечить комфортные условия оперативному персоналу и сэкономить огромное количество кабельной продукции, необходимо обеспечить предпочтение распределенным системам, когда так называемые «малоканальные» контроллеры относительно небольшой мощности в защищенном исполнении устанавливаются в цехах в непосредственной близости к объектам управления, а контроль и управление осуществляются с персональных компьютеров, установленных на групповом щите и связанных с контроллерами цифровыми шинами. Персонал котельных, привыкший работать обычными методами, сможет освоить компьютер достаточно за небольшое количество времени и тем самым привлекутся образованные молодые люди, что, в свою очередь скажется на повышении эффективности производства.

В подведении итогов о проблемах автоматизации ЖКХ, а именно котельных, следует добиться того, чтобы в первую приучить руководителей к

тому, что АСУ ТП - это не надстройка над производством, а жизненно необходимая составляющая производства. При планировании реконструкций, капитальных и средних ремонтов основного технологического оборудования необходимо в обязательном порядке предусматривать средства на модернизацию систем контроля и управления [1].

2 Проблема автоматизации системы водоснабжения котельной поселка Самусь, Томской области

Проблема системы горячего водоснабжения посёлка Самусь отражает весь спектр проблем, существующих в ЖКХ современной России. В качестве основных технических проблем можно выделить серьёзную изношенность оборудования и нерациональное управление этим оборудованием.

Если первая проблема является больше строительной, связанной с большими капитальными вложениями, то вторая проблема может быть решена применением автоматизированных систем управления. В данном случае речь идет о совершенствовании технического управления, а не организационного.

Структура ГВС посёлка Самусь представлена на рисунке 2.1. Производителем ГВС является котельная, в которой установлены три паровых котла, два из которых мощностью 10 т/ч (ДКВР-10, двухбарабанный котёл, вертикально водотрубный), а один 25 т/ч (ДЕ-25, котёл с Д-образной топкой и естественной циркуляцией). Пар, производимый котлами, через общий коллектор пара поступает в теплообменник для нагрева сетевой воды, которая используется для ГВС. Нагревая до температуры 110 °С подаётся в прямой трубопровод.

Для подачи горячей воды населению используются два насоса Н-1 и Н-2, работающие в режиме холодного резервирования. Мощность насосов 90 кВт. Внутри корпуса насоса на валу жестко закреплено рабочее колесо, которое может быть открытого типа (диск на котором установлены лопасти) и закрытого типа - лопасти размещены между передним и задним дисками. Лопасти отогнуты от радиального направления в сторону, противоположную направлению вращения рабочего колеса. Вода, поступая на вращающееся колесо, вследствие действия центробежной силы попадает в специальный

спиралевидный кожух, где концентрируется избыточное давление, направляющее воду в магистраль выхода. Таким образом, происходит непрерывная подача жидкости центробежным насосом из всасывающего в напорный трубопровод.

Требуемое давление в прямом трубопроводе подачи воды населению измеряется техническим манометром PI 1. Давление воды на уровне 0,8 МПа поддерживается изменением положения запорных вентилей ЗВ-1 и ЗВ-2.

Разбор горячей воды и всевозможные потери приводят падению давления в обратном трубопроводе, которое измеряется прибором PI 2. Для восполнения воды используется насос подпитки Н-3. Мощность насоса 7,5 кВт.

Все насосы выполнены на базе трёхфазных асинхронных двигателей.

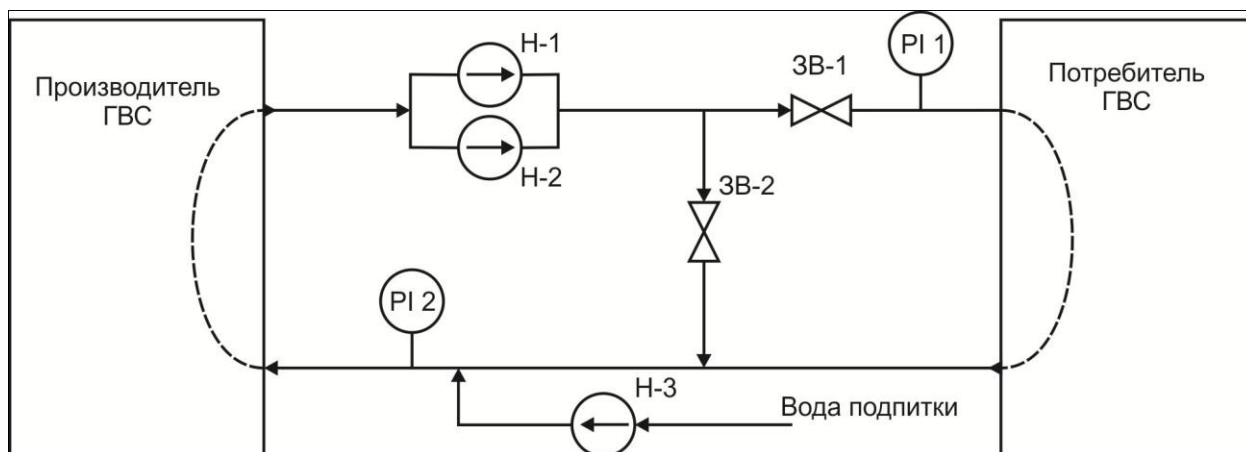


Рисунок 2.1 - Структура горячего водоснабжения посёлка

Рассмотрим процесс регулирования давления на нагнетание (после насоса) насоса.

Для приведения в действие насоса нужен электродвигатель и устройство для регулирования давления. Самым известным способом регулирования в насосной системе водоснабжения - регулирование заслонкой, когда двигатель работает на полных оборотах, а регулирование

давления в системе осуществляется с помощью запорной арматуры (задвижек, вентилей, отводов, шаровых кранов и т.д.)

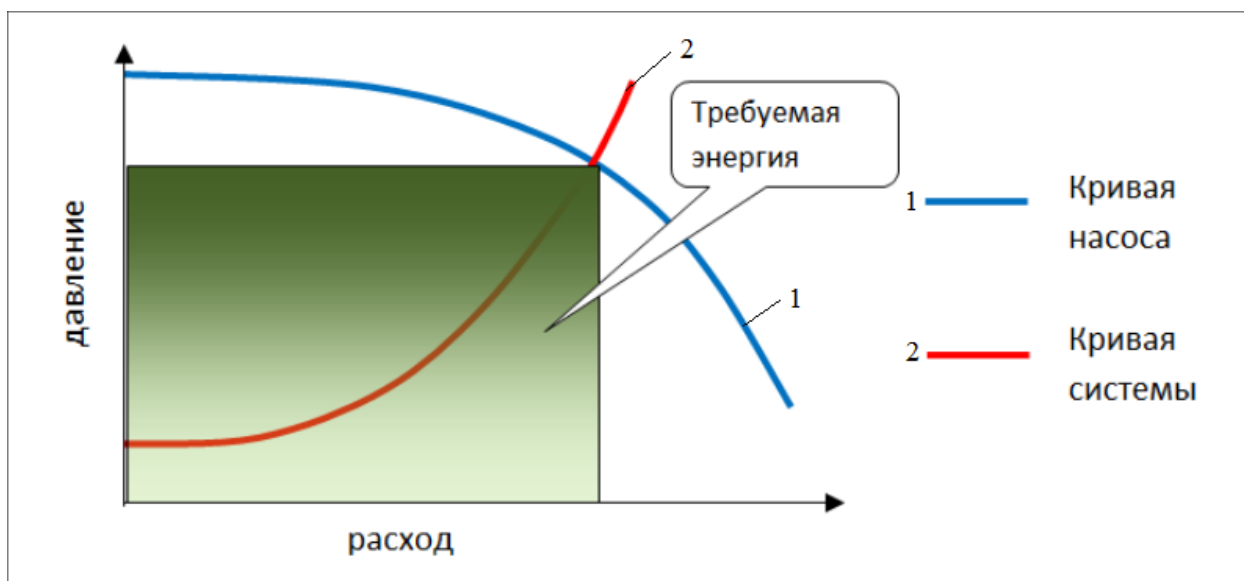


Рисунок 2.2 - Схема вычисления необходимой мощности насоса.

На Рисунке 2.2 продемонстрирована типовая схема вычисления необходимой мощности насоса. Мощность насоса всегда рассчитывается по уровню максимально потребления с определенным запасом. Линией 1 показана кривая насоса – подающая часть системы водоснабжения, которая отражает зависимость давления нагнетания от величины расхода жидкости (протока). Линия 2 – это кривая системы – потребляющая часть водоснабжения, так же отображающая взаимозависимость расхода и давления жидкости, но в зеркальном отображении. Пересечение этих кривых является точкой оптимума, когда насос обеспечивает необходимый проток и требуемый уровень давления. Но фактически в таком режиме система работает крайне редко, лишь в моменты пикового потребления. В остальное время расчетная мощность насоса оказывается чрезмерной, и тогда в системе без регулирования или с применением заслонки происходит следующее: при снижении расхода насос создает избыточное давление, на создание которого расходуется дополнительная энергия Рисунок 2.3.

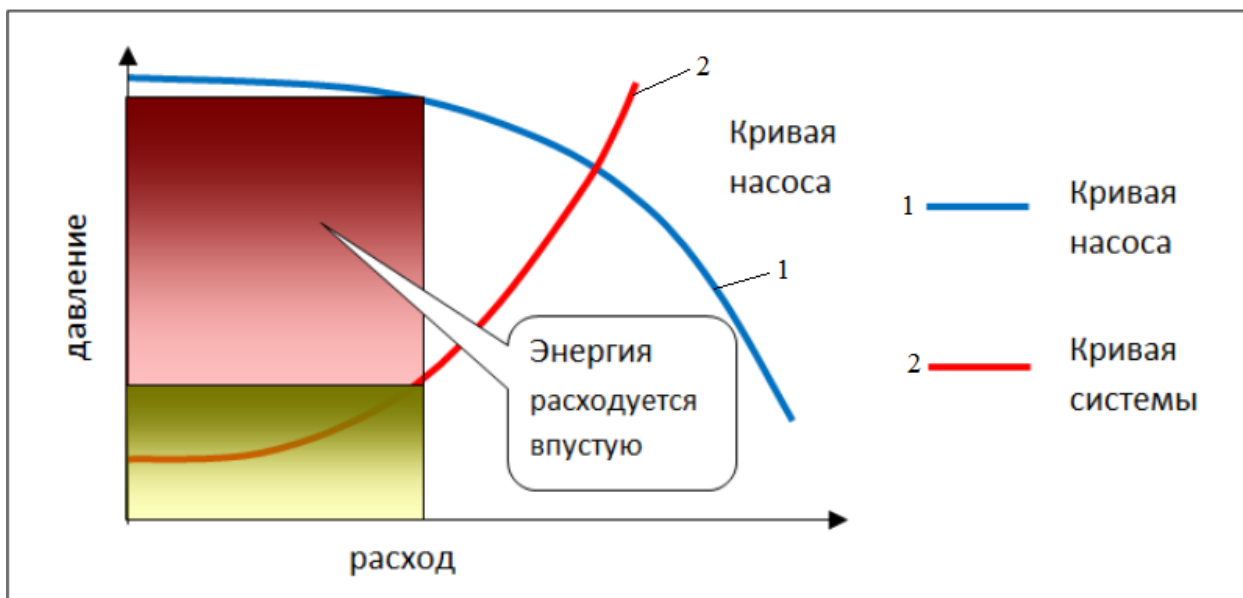


Рисунок 2.3 - Расход энергии насоса

Главные причины неэффективного использования насосного оборудования следующие:

- переразмеривание насосов, т.е. установка насосов с параметрами подачи и напора большими, чем требуется для обеспечения работы насосной системы;
- регулирование режима работы насоса при помощи задвижек (особенно в летний период).

Основные причины переразмеривания насосов:

- на стадии проектирования закладывается насосное оборудование с запасом на случай непредвиденных пиковых нагрузок или с учетом перспективного развития микрорайона. Нередки случаи, когда подобный коэффициент запаса может достигать 50 %;
- изменение параметров сети — отступления от проектной документации при строительстве, коррозия труб во время эксплуатации, замена участков трубопроводов при ремонте и т.п.;

- изменение объемов водопотребления в связи с ростом или сокращением численности населения, изменением количества промышленных предприятий и т. д.

Все эти факторы приводят к тому, что параметры насосов, установленных на насосных станциях, не соответствуют требованиям системы. Для обеспечения требуемых параметров насосной станции по подаче, напору в системе, эксплуатирующие организации прибегают к регулированию потока при помощи задвижек, что приводит к значительному увеличению потребляемой мощности как из-за работы насоса в зоне низкого КПД, так и за счет потерь при дросселировании.

3 Предложения по решению проблем автоматизации систем водоснабжения ЖКХ поселка Самусь

Затраты на электроэнергию особенно в летний период предприятия, эксплуатирующего систему горячего водоснабжения посёлка Самусь, весьма значительные, и практически, не покрываются стоимостью предоставленных услуг. Работа оборудования в тяжёлых условиях приводит к ускоренному износу оборудования и другим нежелательным последствиям.

Проанализировав возможные схемы автоматизации и возможности их применения в конкретных условиях, предложено решение по автоматизации системы ГВС, структурная схема которого представлена на рисунке 3.1.

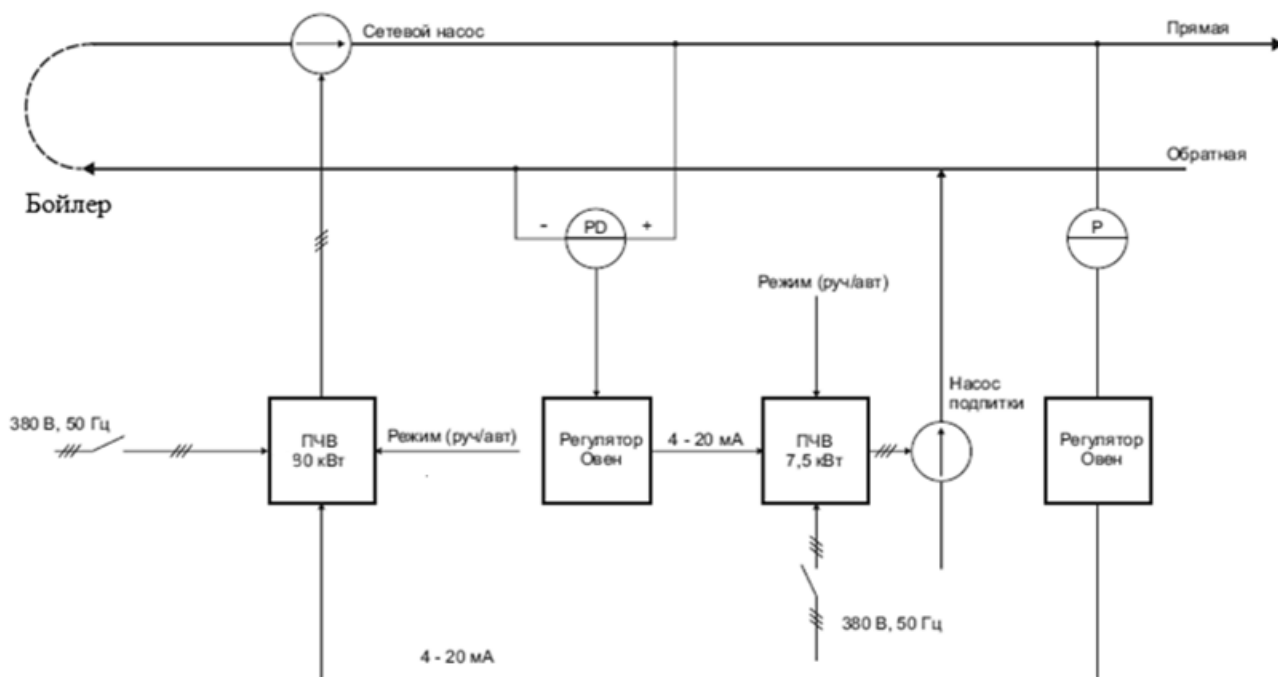


Рисунок 3.1 – Структурная схема автоматизации системы ГВС

Основным решением предлагаемой системы автоматизации является переход на частотное управление асинхронными двигателями насосов. Для регулирования давления в прямом трубопроводе используется регулятор. Давление в обратном трубопроводе поддерживается насосом подпитки.

Причем регулируется не само давление в обратном трубопроводе, а перепад (разность) давлений между прямым и обратным трубопроводом.

Предложенная схема автоматизации позволяет существенно сократить материальные затраты, при максимальном использовании существующего оборудования, а так же обеспечивает требуемую циркуляцию горячей воды через теплообменник, поддерживая необходимую температуру по всей длине трубопровода.

Внедрение данного оборудования позволит добиться экономии электроэнергии (при снижении разбора в сети насосы работают на пониженных оборотах, вплоть до полной остановки), улучшить качество водоснабжения квартир (вода в квартиры поступает круглосуточно и не зависит от человеческого фактора), снизить расходы на эксплуатацию насосов и трубопроводов (благодаря плавному пуску насоса снижается нагрузка на его механические части и отсутствуют гидроудары в сети трубопроводов).

Применение частотных преобразователей ОВЕН ПЧВ, за счет снижения оборотов двигателя и как следствие подаваемой мощности позволяет изменить «кривую насоса» адаптировав её под «кривую системы», рисунок 2.4.

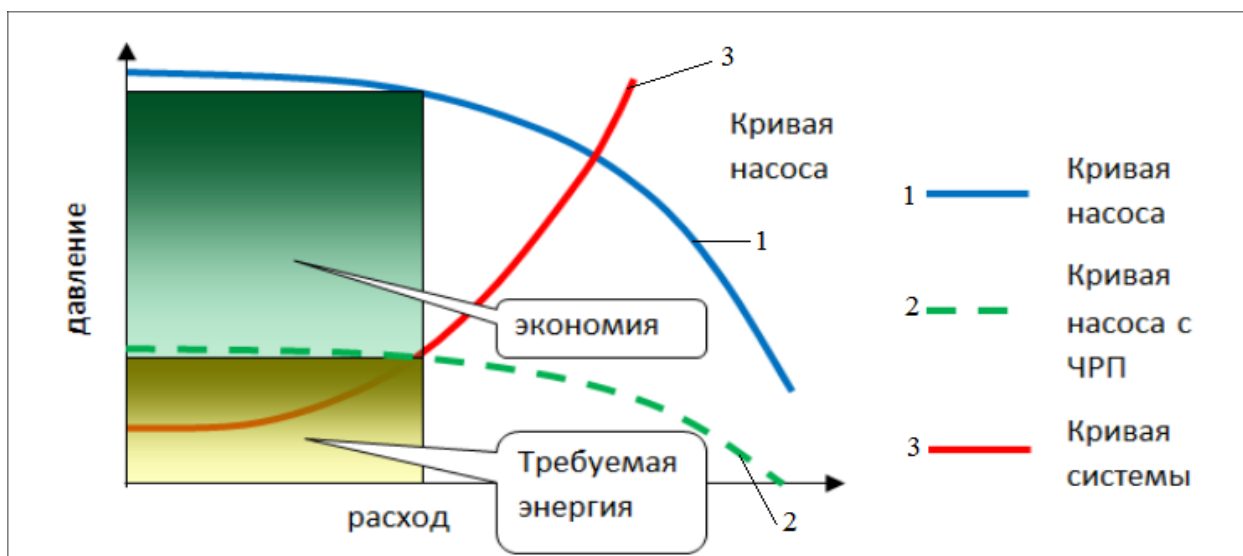


Рисунок 2.4 – Экономия энергии при использовании ПЧВ

ПЧВ способен изменять частоту вращения электродвигателя плавно в широком диапазоне. Фактически, это обозначает, что электродвигатель насоса всегда будет потреблять ровно столько энергии, сколько необходимо для поддержания стабильного давления вне зависимости от текущего потребления системы водоснабжения в данный конкретный момент. Плавный пуск, остановка и изменение частоты вращения двигателя позволяет так же избежать гидравлических ударов в трубопроводах, сокращая потери воды и увеличивая срок безаварийной эксплуатации насоса, трубопровода, запорно-регулирующей арматуры и измерительных приборов.

4 Частотный способ управления асинхронным двигателем

В настоящее время частотное управление для асинхронного привода, считается, своего рода стандартным способом управления. Несмотря на довольно известный способ векторного управления, оно довольно широко и, так как позволяет решать многие технические задачи проще и эффективнее. Это относится в первую очередь к приводам с малым диапазоном регулирования и низким требованиями к динамике[2].

Под частотным способом понимается управление электродвигателем переменного тока путем изменения амплитуды и частоты питающего напряжения.

Частотный способ управления асинхронными электродвигателями основывается с помощью двух методов:

– скалярный (вольт–частотный) в соответствии с функциональной характеристикой, связывающей напряжение и частоту статора электродвигателя ($\frac{U}{f} = const$ – линейный закон управления, $\frac{U}{f^2} = const$ – квадратичный закон управления);

– векторный.

Современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы используют блочно-модульные принципы комплектования и реализуются по структурам скалярного и векторного частотного управления. Выбор структуры реализации и закона скалярного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода для конкретного производственного механизма определяется требованиями к статическим (в первую очередь к диапазону регулирования скорости) и динамическим характеристикам электропривода[3].

Чтобы освоить способ частотного управления асинхронным двигателем, а конкретно его угловой скоростью, при помощи регулирования частоты подводимого напряжения, необходимо рассмотреть формулу зависимости синхронной частоты вращения двигателя от частоты подводимого напряжения f_1 и числа пар полюсов двигателя p_n .

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p_n} \quad (1)$$

Из формулы 1 видно, что скорость вращения электромагнитного поля статора прямо пропорциональна частоте питающего напряжения f_1 .

По этому принципу возможно построение широко регулируемых электроприводов с жесткими механическими характеристиками. Важным преимуществом частотного управления асинхронным двигателем считаются неплохие энергетические показатели. Это объясняется тем, что двигатель с частотным управлением работает при малых скольжениях, что обуславливает высокий КПД и малые потери во всем диапазоне регулирования скорости. Однако при изменении частоты возникает необходимость одновременного регулирования напряжения, подводимого к статору. С изменением частоты питающего напряжения изменяется и величина магнитного потока двигателя Φ_1 , поэтому одновременно с изменением частоты питающего напряжения надо регулировать и его амплитуду.

$$\Phi_1 = \frac{E_1}{kf_1} \approx \frac{U_1}{kf_1} \quad (2)$$

Необходимость уменьшения напряжения при уменьшении частоты питающего напряжения возникает из-за того, что с уменьшением сопротивления обмоток двигателя, ток намагничивания возрастает. Это приводит к тому, что магнитопровод двигателя насыщается, что ведет к

перегреву двигателя. При частотном управлении двигателем, необходимо следить, чтобы скольжение двигателя было минимальным[4].

Данный метод хорошо подходит тогда, когда при одинаковом значении частоты (и нижняя граница регулирования частоты не ниже 5...10 Гц при независимом от частоты моменте), а зависимость момента нагрузки двигателя известна, то нагрузка практически не меняется (Рисунок 4).



Рисунок 4 - Перспективность частотного регулирования

4.1 Частотное регулирование при скалярном управлении

Закон частотного регулирования U/f при скалярном управлении выбирается в зависимости от характера нагрузки производственного механизма. Закон управления с линейной зависимостью между напряжением и частотой ($U_1/f_1 = \text{const}$) реализуются в преобразователях частоты для приводов производственных механизмов с постоянным моментом нагрузки. Поддержание постоянства отношения $U_1/f_1 = \text{const}$ обеспечивает постоянство потокосцепления и критического момента двигателя во всем диапазоне регулирования скорости изменением частоты. Однако это справедливо лишь при пренебрежимо малом активном сопротивлении обмотки статора, практически же при уменьшении частоты уменьшается и максимальный момент двигателя.

Для регулируемых электроприводов центробежных насосов и вентиляторов используется квадратичная зависимость напряжения от частоты ($U_1/f_1^2 = \text{const}$). За счёт большего снижения напряжения двигателя при уменьшении частоты достигается уменьшение потребляемой электроприводом энергии[4].

4.2 Частотное регулирование при векторном управлении

Управляемость электропривода обеспечивается за счет управления электромагнитным моментом двигателя, который появляется в результате взаимодействия магнитных полей статора и ротора, то есть магнитного поля одного элемента и тока другого. Для получения однозначных функций управления обе величины должны быть независимы друг от друга, и тогда одну из них можно поддерживать постоянной, а с помощью другой осуществлять регулирование.

В синхронных двигателях, а также двигателях постоянного тока существуют отдельные электрические цепи для управления магнитным моментом и потоком. В асинхронных двигателях (короткозамкнутых) есть только один канал, в котором объединены обе составляющие тока и в задачу системы управления входит функция их разделения. Математически эта задача запросто решается при использовании уравнений обобщённой электрической машины в векторной форме. При выборе пары векторов, а также величин образующих электромагнитный момент и системы координат, в которой они представлены, можно получить уравнение момента в виде функции независимых проекций этих величин на координатные оси. Следовательно, управление моментом сведется к управлению проекциями векторов. Отсюда и происходит название способа.

Для построения систем векторного управления АД используются любые пары векторов, благодаря которым можно представить электромагнитный момент обобщённой электрической машины. От выбора векторов в большей мере зависит степень сложности системы. Важно, чтобы величины (векторы), можно было непосредственно измерить и воздействовать на них при управлении моментом. У АД – это напряжение и ток статора, и только одна из них, а именно ток статора, может входить в

уравнение момента. Тогда другой величиной может быть только ток или потокосцепление ротора.

Уравнения электромагнитных процессов в АД в случае представления их через вектор потокосцепления ротора ψ_2 имеют обычный вид. Поскольку форма уравнений потокосцеплений инвариантна к выбору системы координат, то в произвольной системе mn уравнение момента будет иметь вид:

$$m = \frac{3 \cdot z_p \cdot k}{2} |\psi_2 \times i_1| = \frac{3 \cdot z_p \cdot k}{2} (\psi_{2m} i_{1n} - \psi_{2n} i_{1m}) \quad (3)$$

где k – коэффициент индуктивности обмоток, z_p – число пар полюсов.

Векторы ψ_2 и i_1 вращаются в пространстве с угловой частотой ω_1 :

$$\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{z_p} \quad (4)$$

Если для описания процессов выбрать неподвижную систему координат или систему координат, которая вращается синхронно с ротором асинхронного двигателя, то проекции векторов будут синусоидальными функциями времени и регулирование таких величин будет сложной технической задачей. В случае же выбора системы координат вращающейся в пространстве с синхронной частотой ω_1 , проекции векторов будут постоянными величинами, и управление будет не сложнее, чем управление токами якоря и возбуждения двигателя постоянного тока[5].

Проблему управления можно упростить, для этого нужно совместить какую-либо ось системы координат с одним из двух векторов. Тогда проекция опорного вектора на эту ось будет равна его модулю, а другая проекция будет равна нулю. При этом в уравнении электромагнитного момента исчезнет соответствующее слагаемое в правой части.

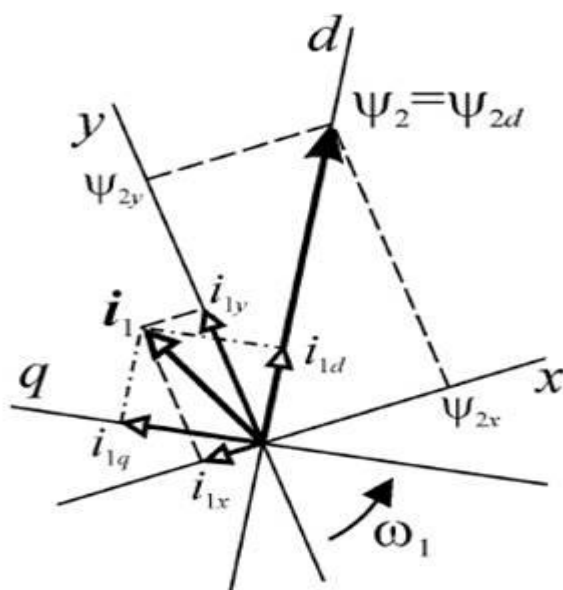


Рисунок 4.2.1 – Векторы, определяющие электромагнитный момент в произвольной синхронной (xy) и ориентированной по полю (dq) системах координат

Следовательно, если для управления электромагнитным моментом АД выбрать векторы потокоцепления ротора и тока статора и синхронную систему координат dq , совместив ось d с вектором ψ_2 , то уравнение примет вид:

$$m = \frac{3 \cdot z_p \cdot k}{2} \psi_{2d} i_{1q} \quad (5)$$

Если при этом управление построить так, чтобы потокоцепление ротора сохранялось во всех режимах постоянным, то регулирование момента АД будет осуществляться изменением поперечной составляющей тока статора i_{1q} [13].

Данный метод применяется в том случае, когда на одной и той же частоте нагрузка может меняться, а так же нет четкой зависимости между скоростью вращения и моментом нагрузки и когда необходимо получить расширенный диапазон регулирования частоты при номинальных моментах. Векторный алгоритм работает нормально, когда введены правильно

паспортные величины двигателя и успешно пройдено его автотестирование и реализуется путем сложных расчетов в реальном времени, производимых процессором ПЧВ на основе информации о выходном токе, напряжении и частоте. Время реакции преобразователя на изменение выходного тока (момента нагрузки) составляет 50...200 мсек. Этот метод позволяет минимизировать реактивный ток двигателя при уменьшении нагрузки путем адекватного снижения напряжения на двигателе. Если нагрузка на валу двигателя увеличивается, то преобразователь адекватно увеличивает напряжение на двигателе.

Регулирование скорости вращения АД производится путем изменения величины напряжения питания двигателя и частоты. КПД такого ПЧВ составляет около 98 %, при этом из сети потребляется практически только активная составляющая тока нагрузки, микропроцессорная система управления обеспечивает высокое качество управления электродвигателем и контролирует множество его параметров, избегая возможность развития аварийных ситуаций. На рисунке 4.2.2 показан состав силовой части такого преобразователя частоты: входной неуправляемый выпрямитель – звено постоянного тока с LC-фильтром – автономный инвертор напряжения с Широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), процесс управления мощностью, подводимой к нагрузке, путём изменения скважности импульсов, при постоянной частоте.

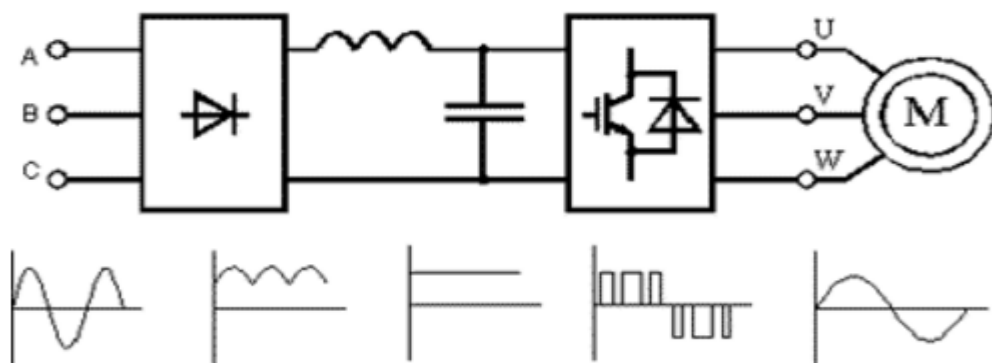


Рисунок 4.2.2 - Состав силовой части преобразователя частоты

5 Частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ

Российские частотные преобразователи – по устройству и общему принципу работы схожи со своими зарубежными аналогами ПЧ. Стоит отметить, российские преобразователи частоты благодаря совместной работе российских и зарубежных инженеров, обладают высоким уровнем технического совершенства и надежности. Отечественные преобразователи в отличие от зарубежных ПЧ имеют главное преимущество - это выгодное торговое предложение для покупателя, а именно бюджетные линейки моделей. Качество и оптимальная функциональность – в общедоступном ценовом сегменте, это основное правило российских преобразователей частоты российского производства. К наиболее популярным в России фирмам выпускающих ПЧ можно отнести:

Компанию «Веспер», обеспечивает надежность, функциональность, высокую перегрузочную способность и невысокую цену, а так же выпускает малогабаритные частотные преобразователи EI-8300 и EI-8001, бескорпусные преобразователи частоты EI-MINI.

Компания “Комбарко” производит российские преобразователи частоты высочайшего качества, не уступающего мировым стандартам, разработанные совместно с компаниями «Yaskawa» (Япония) и «ТЕСО» (Тайвань). Имеют широкий набор функций, обладающие мощностью от 200 Вт до 300 кВт. Все частотные преобразователи производятся для российских условий, устойчивы к сбоям в работе ПО и к работе в «грязных» сетях. Имеют высокую цену.

Преобразователи частоты фирмы «ОВЕН» успешно используются в сфере ЖКХ на сегодняшний день для реализации энергоэффективного потребления электричества, а так же управлением инженерными системами. Отличаются достаточно высокой экономией в рублях на оборудование. Основной сферой использования являются насосные станции.

Характеризуются сочетанием многофункциональности с простотой, настройкой с учетом характеристик двигателя и конкретной технологической задачи.

ПЧВ используется для плавного пуска и регулирования скорости вращения асинхронного двигателя насоса за счет создания на выходе преобразователя электрического напряжения заданной частоты. Тип и мощность подключаемого электродвигателя, точности и диапазона регулирования скорости, точности поддержания момента вращения на валу двигателя, времени, отведенного для разгона и торможения, продолжительности включения и количества включений в час, от этих факторов будет зависеть эффективность и ресурс работы ПЧВ. Что бы сделать большой пусковой момент или короткое время замедления/разгона, выбираем преобразователь частоты на ступень выше стандартного. А так же необходимо руководствоваться номинальным током преобразователя, который должен быть больше номинального тока двигателя, а также особенностями настройки параметров преобразователя. Для подпиточного насоса наиболее подходит ПЧВ мощностью 7,5 кВт, а для сетевого 90 кВт.

Основные функциональные возможности ПЧВ:

- Плавный пуск и остановка двигателя, в том числе отложенный запуск и пуск под нагрузкой по S-образной характеристике разгона;
- Компенсация нагрузки и скольжения;
- Вольт-частотный или векторный алгоритмы управления;
- Автоматическая адаптация двигателя без вращения;
- Автоматическая оптимизация энергопотребления, обеспечивающая высочайший уровень энергоэффективности;
- Полная функциональная и аппаратная диагностика, и защита работы ПЧВ;

- Встроенный сетевой дроссель и дроссель в звене постоянного тока;
- Встроенный ПИ-регулятор для управления в замкнутом контуре (поддержание давления, температуры, уровня и т.д.);
- Встроенный ПЛК для решения сложных задач управления и позиционирования привода;
- Возможность работы с внешними инкрементальными энкодерами;
- Возможность динамического торможения, в том числе с применением тормозных резисторов;
- Гибкая структура управления с возможностью одновременного управления по физическим входам и по интерфейсу RS-485, что обеспечивает удобную интеграцию в современные системы управления и диспетчеризации;
- Простая настройка в русскоязычном конфигураторе или с использованием локальной панели оператора. Быстрые меню и готовые конфигурации под типовые задачи;

Характеристики ОВЕН ПЧВ и его изображение: (Рисунок 5)

1. Мощность до 160 кВт
2. Встроенный входной дроссель
3. Возможность управления синхронными двигателями
4. «Спящий» режим
5. Пожарный режим
6. Контроль расхода
7. Контроль натяжения ремня



Рисунок 5 - Линейка преобразователей частоты для управления насосами ОВЕН ПЧВ

5.1 Алгоритмы работы ПЧВ

Алгоритм поддержания заданного давления в системе каскадного управления двумя насосами.

Состав насосной станции:

- ПЧВЗ;
- ПД – преобразователь давления;
- М0 – ведущий;
- М1 – дополнительный

Конфигурация предназначена для поддержания заданного давления в сети водоснабжения с замкнутым контуром процесса по векторному принципу управления. В режиме «ПУСК/ДИСТ» предустановленное задание: 4 бар. Обратной связью по сигналу, 4-20 мА, от датчика давления с пределом до 10 бар. При включении питания ПЧВЗ возобновляет работу в режиме до отключения.

Таблица 5.1.1 - Конфигурация поддержания заданного давления

№	Код	Наименование	Знач.	Примечание
1	1-00	Режим конфигурирования	3	Замкнутый контур ПИ-регулятора
2	1-03	Характер крутящего момента	2	АОЭ включена
3	3-03	Максимальное задание, бар	10	Верхнее значение диапазона
4	3-10[0]	Предустановленное задание 0, %	40	Рном = 4 бар
5	3-15	Источник задания 1	0	Не используется
6	3-16	Источник задания 2	0	Не используется
7	3-17	Источник задания 3	0	Не используется
8	3-41	Время разгона, сек	5	Настройка от гидроудара
9	3-42	Время замедления, сек	5	Настройка от гидроудара
10	4-14	Верхний предел скорости, Гц	50	Номинальная скорость

№	Код	Наименование	Знач.	Примечание
11	5-40[0]	Реле 1	81	Управление АД1
12	5-40[1]	Реле 2	10	Предупреждение или авария
13	6-22	Низкий ток входа клемма 54, мА	4	Нижнее значение шкалы
14	6-25	Масштаб высок. задания, бар	10	Верхний предел датчика
15	6-29	Режим входа, клемма 54	0	Ток
16	20-00	Источник ОС для ПИ-регулятора	2	Клемма 54
17	20-93	Пропорциональный коэффициент ПИ-регулятора	1	Настройка от перерегулирования
18	20-94	Интегральный коэффициент ПИ-регулятора	8	

Таблица 5.1.2 - Конфигурация системы команд встроенного ПЛК ПЧВ

№	Код	Наименование	Знач.	Примечание
1	13-00	Режим ПЛК	1	ПЛК активен
2	13-10[0]	Операнд КОМП0	3	Скорость
3	13-10[1]	Операнд КОМП1	3	Скорость
4	13-11[0]	Логика КОМП0	2	Больше, чем
5	13-11[1]	Логика КОМП1	0	Меньше, чем
6	13-12[0]	Уставка КОМП0, Гц	49,5	Максимальная скорость, Nмакс
7	13-12[1]	Уставка КОМП1, Гц	20	Минимальная скорость, Nмин
8	13-20[0]	Время ТАЙМ0, с	15	Задержка включения
9	13-20[1]	Время ТАЙМ1, с	5	Задержка отключения
10	13-40[0]	Булев вход 1 ЛС0	22	Использование КОМП0
11	13-40[1]	Булев вход 1 ЛС1	23	Использование КОМП1
12	13-41[0]	Оператор 1 ЛС0	1	И
13	13-41[1]	Оператор 1 ЛС1	1	И
14	13-42[0]	Булев вход 2 ЛС0	30	Использование ТАЙМ0
15	13-42[1]	Булев вход 2 ЛС1	31	Использование ТАЙМ1
16	13-43[1]	Оператор 2 ЛС1	4	(13-41/42) ИЛИ - (13-44) НЕ
17	13-44[1]	Булев вход 3 ЛС1	33	Клемма 18
18	13-51[0]	Событие 0 ПЛК	22	Использование КОМП0
19	13-51[1]	Событие 1 ПЛК	26	Использование ЛС0
20	13-51[2]	Событие 2 ПЛК	23	Использование КОМП1
21	13-51[3]	Событие 3 ПЛК	27	Использование ЛС1
22	13-51[4]	Событие 4 ПЛК	27	Использование ЛС1
23	13-52[0]	Действие 0 ПЛК	29	Запуск ТАЙМ0
24	13-52[1]	Действие 1 ПЛК	39	Высокий А
25	13-52[2]	Действие 2 ПЛК	30	Запуск ТАЙМ1
26	13-52[3]	Действие 3 ПЛК	33	Низкий А
27	13-52[4]	Действие 4 ПЛК	1	Нет действия

Примечание – Параметры, не указанные в таблице имеют значения по умолчанию.

Алгоритм работы системы:

1. В исходном состоянии «СТОП/СБРОС» введены программные конфигурации, а насосы М0, М1 отключены.
2. ПЧВ переводится ручным способом в режим «ПУСК/ДИСТ».
3. После подачи команды «СТАРТ» Встроенный ПЛК ПЧВ включает насос М0. Насос М1 - отключен.
4. Если скорость вращения М0 находится в диапазоне, от $N_{мин}$ до $N_{макс}$.
5. ПИ – регулятор выполняет алгоритм поддержания заданного давления в замкнутом контуре для М0. М1 - отключен.
6. Если скорость вращения М0 превышает $N_{макс}$, Встроенный ПЛК ПЧВ выдает команду на активацию М1.
7. После подачи команды активации М1 его подключение к питающей сети производится с задержкой времени включения ТАЙМ0.
8. Если к окончанию времени ТАЙМ0 скорость вращения М0 находится в диапазоне, от $N_{мин}$ до $N_{макс}$, выполняется алгоритм поддержания заданного давления в замкнутом контуре ПИ- регулятора и алгоритм управления М1.
9. Если к окончанию времени ТАЙМ0 скорость вращения М0 не превышает 10. $N_{мин}$, Встроенный ПЛК ПЧВ выдает команду отключения М1.
11. После подачи команды на отключение М1 его отключение от питающей сети Встроенный ПЛК ПЧВ производит с задержкой времени отключения ТАЙМ1.
12. Далее, процесс повторяется по замкнутому циклу.

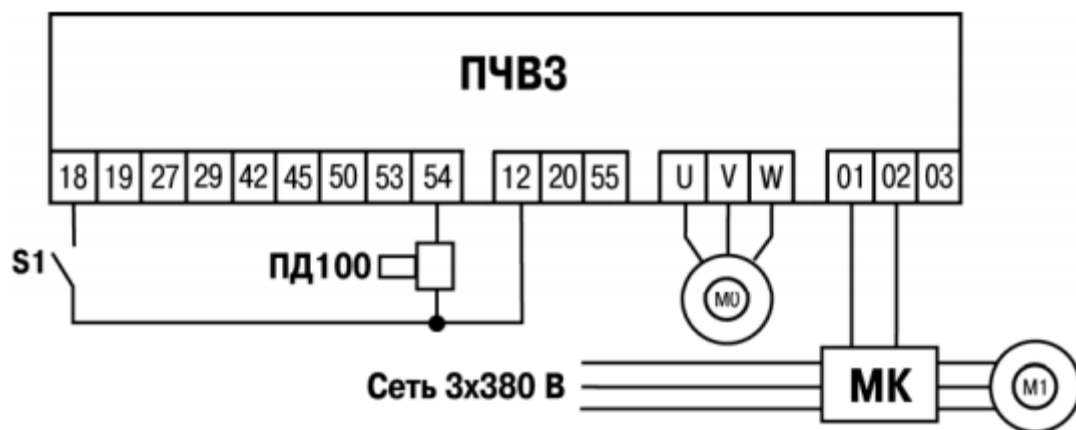


Рисунок 5.1.1 - Схема внешних подключений на основе ПЧВЗ для двух насосов

В штатном режиме работы ведущий насос М0 управляется от «U,V,W» выхода ПЧВЗ, а резервный М1 отключен. При возникновении отказа М0 на выходе реле 2 выдается аварийный сигнал. Восстановление работоспособности насосной станции оператор осуществляет с помощью ключа S4, производя замену аварийного М0 на резервный М1 подключением его к выходу и перезапуском ПЧВЗ. **МК** – магнитный контактор (для запуска асинхронного трехфазного двигателя переменного тока)

5.2 Задание параметров двигателя и автоматическая адаптация

Устанавливаем на ПЧВ локальную панель оператора. Нажимаем кнопку Menu один раз. Выбираем вариант QM1. Нажимаем кнопку ВВОД. Вводим в ПЧВ3 параметры с шильдика (информационная табличка, на которой размещены надписи и обозначения, относящиеся к маркируемому изделию) двигателя.

Таблица 5.2.1 - Параметры электродвигателя

№	Наименование параметра	
1	Мощность двигателя, кВт (kW)	1-20
2	Номинальное напряжение двигателя, В (V)	1-22
3	Номинальная частота напряжения питания двигателя, Гц (Hz)	1-23
4	Ток двигателя, А	1-24
5	Номинальная частота вращения двигателя, об/мин (rpm)	1-25

3 ~ Mot. 71
1,10 / 1,95 A (1-24) 1410 min⁻¹ (1-25)
Y/Δ 380/220 V (1-22) cosφ 0,75
0,37 kW (1-20)
Is.KI. B IP 54 50 Hz VDE 0530/84

Проводим автоматическую адаптацию электродвигателя (ААД) в последовательности:

- Устанавливаем для параметра 1-29 значение (2) – «ААД. Включено».
- Нажимаем кнопку «ВВОД» - на ЛПО, появится сообщение «PUSH hand».
- Нажимаем кнопку «ПУСК/РУЧН.» для запуска процесса ААД.
- После автоматического выполнения операций на ЖКИ появится сообщение «PUSH OK».
- Завершаем автоматическую адаптацию двигателя нажатием кнопки «ВВОД».

Определение параметров разгона/замедления:



Рисунок 5.2.1 – Параметры разгона/замедления

Эти параметры определяют в режиме поддержания давления минимальное время, которое потребуется ПЧВЗ для изменения частоты вращения от минимально допустимой до максимально допустимой. Для систем с тяжелым стартом также рекомендуется задать S-образную характеристику разгона/замедления. Задаем требуемое время и режим разгона и замедления:

3-40 – Изменение скорости (0-линейное (по умолчанию), 2 – S-образное);

3-41 – Время разгона (по умолчанию 3 сек);

3-42 – Время замедления (по умолчанию 3 сек).

Изменение текущей уставки давления в ПЧВЗ:

В конфигурации по умолчанию предполагается фиксированная уставка 4 бар, которая может быть изменена в диапазоне от 0 до 10 бар. Обращаем внимание, что текущая уставка (3-10) задается в ПЧВ в процентах от максимального задания (3-03).

Таблица 5.2.3 - Параметры ПЧВЗ для изменения текущей уставки давления

№	Номер параметра	Назначение параметра	Настройка ШУН	Заводские настройки
1	3-02	Минимальное задание, бар	0	0
2	3-03	Максимальное задание, бар	10	50
3	3-10[0]	Предустановленное задание, % от 3-03	40	0

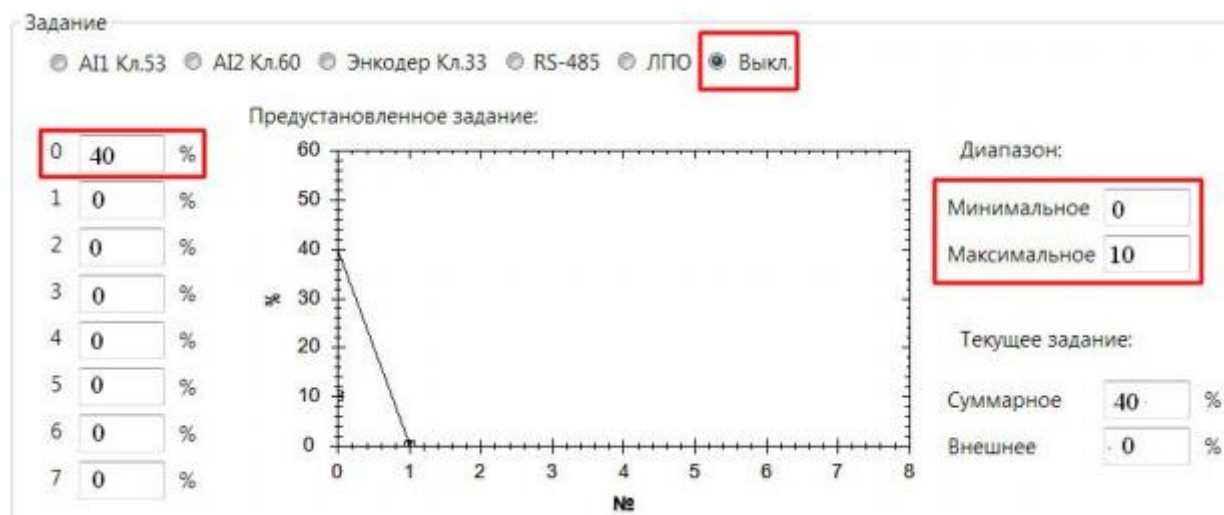


Рисунок 5.2.3 - Окно «Выбор заданий» конфигуратора ПЧВЗ
(выделены настройки, отличные от заводских)

5.3 Настройка спящего режима

«Спящий» режим в ПЧВЗ предназначен для экономии электроэнергии в ситуациях, в которых непрерывная работа привода экономически не целесообразна и допускаются промежутки времени для состояния ожидания. Контроллер «Спящего» режима управляет включением/выключением АД при возникновении заданных условий «засыпания/пробуждения». Алгоритм «спящего» режима стремится удерживать АД в режиме ожидания, как можно дольше, с поддержанием значений контролируемых параметров в рабочем диапазоне в замкнутом контуре управления. В насосных установках контролируемым параметром может быть текущее значение давления. Датчик давления выдает сигнал обратной связи.

Таблица 5.3.1 - Пример программной конфигурации

№	Код	Наименование	Знач.	Примечание
1	22-40	Задержка до «засыпания», сек	10	Условие 1 «засыпания»
2	22-41	Мин. время спящего режима, сек	10	Мин. время ожидания
3	22-43	Частота «пробуждения», Гц	20	Условие 1 «пробуждения»
4	22-44	Снижение давления, %	10	Условие 2 «пробуждения»
5	22-45	Увеличение уставки давления, %	10	Допустимое форсирование
6	22-46	Время увеличения уставки, сек	10	Макс. время форсирования
7	22-47	Частота «засыпания», Гц	20	Условие 2 «засыпания»

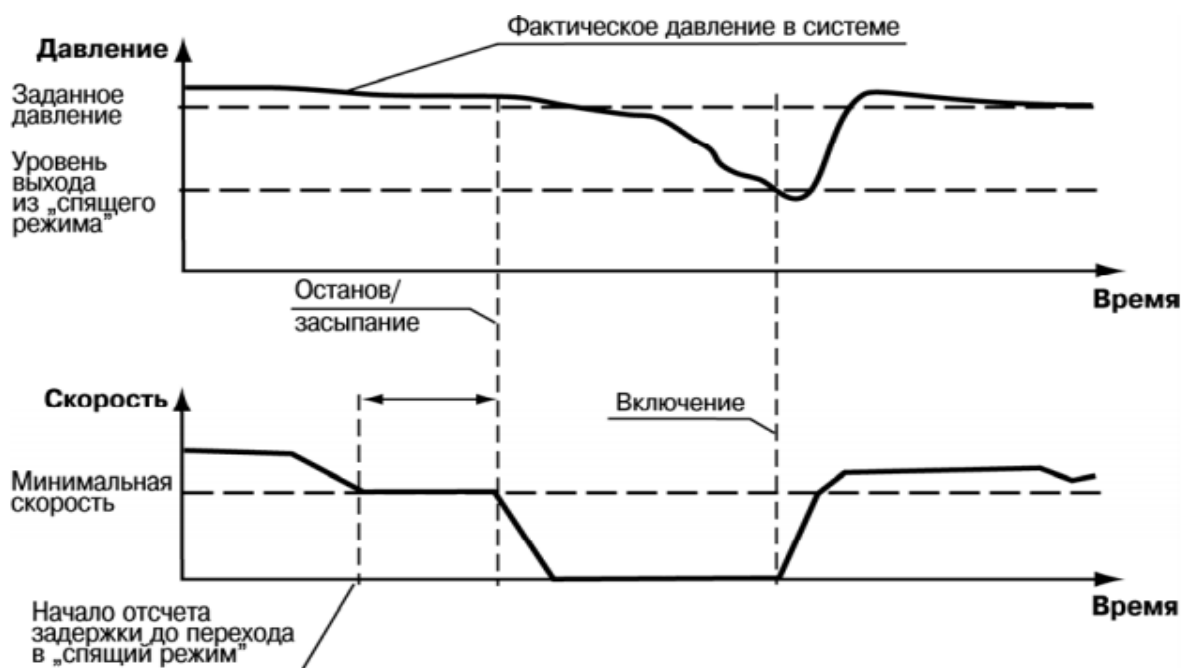


Рисунок 5.3.1 - Параметры «спящего» режима для ОВЕН ПЧВЗ

5.4 Оптимизация энергопотребления

Частотные преобразователи ПЧВЗ имеют уникальную встроенную функцию *автоматической оптимизации энергопотребления* (АОЭ). При включении данной функции привод потребляет количество электроэнергии ровно столько, сколько это необходимо для нагрузки в данный момент. АОЭ позволяет обеспечивать минимальное потребление реактивной составляющей тока двигателя, обеспечивая при этом требуемый момент. Таким образом, функция АОЭ увеличивает до максимума КПД двигателя при любых условиях работы. Использование данной функции позволяет в среднем дополнительно экономить от 5 до 10 % электроэнергии. Помимо экономии значительно снижается акустический шум при работе двигателя. Данная функция наиболее актуальна в применениях, где момент сопротивления нагрузки находится в квадратичной зависимости от скорости вращения (центробежные насосы).

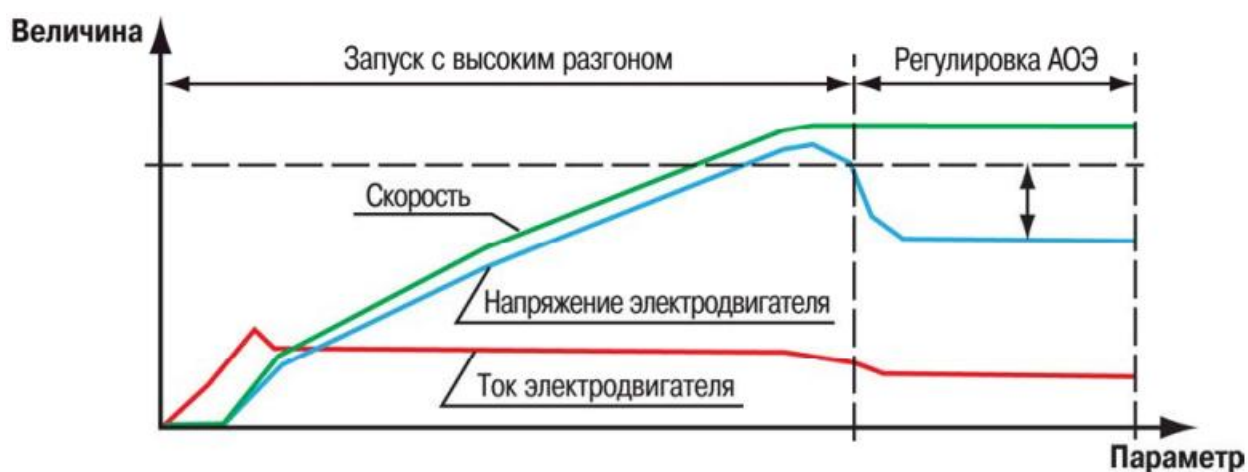


Рисунок 5.4.1 - Диаграмма работы АОЭ

5.5 Поддержание разности давлений

Для реализации привода циркуляционного насоса с ПЧВЗ используется алгоритм поддержания разности давлений в всасывающей и напорной частях насоса. Конфигурация предназначена для поддержания заданной разности давлений на входе/выходе насосной установки с замкнутым контуром процесса и векторным принципом управления скоростью АД. Уставка разности давлений задается в режиме «ПУСК/ДИСТ» в виде предустановленного задания в параметре 3-10. Вход насоса - датчик давления 1 с пределом, до 16 бар, 4 - 20 мА на клемме 53. Выход насоса - датчик давления 2 с пределом, до 16 бар, 4 - 20 мА на клемме 54. (Рисунок 5.5.1)

Таблица 5.5.1 - Программная конфигурация поддержания разности давлений

№	Код	Наименование	Знач.	Примечание
1	1-00	Режим конфигурирования	3	Замкнутый контур ПИ-регулятора
2	3-03	Макс. задание, бар	10	Верхнее значение задания
3	3-10[0]	Предустановленное задание, %	10	Разность давления 1 бар
4	3-16	Источник задания 2	0	Не используется
5	3-17	Источник задания 3	0	Не используется
6	3-41	Время разгона, сек	5	Настройки от гидроудара
7	3-42	Время замедления, сек	5	
8	4-14	Предел частоты инвертора, Гц	50	Номинальная скорость АД
9	6-12	Низкий ток входа клемма 53, мА	4	Мин. сигнал входа 1
10	6-15	Масштаб высок. задания, бар	16	Верхний предел датчика ПД1
11	6-19	Режим входа, клемма 53	0	Ток
12	6-22	Низкий ток входа клемма 54, мА	4	Мин. сигнал входа 2
13	6-25	Масштаб высок. задания, бар	16	Верхний предел датчика ПД2
14	6-29	Режим входа, клемма 54	0	Ток
15	20-00	Источник ОС для ПИ-регулятора	2	Аналоговый вход 2, клемма 54
16	20-93	Пропорциональный коэффициент ПИ-регулятора	1	Настройка от перерегулирования
17	20-94	Интегральный коэффициент ПИ-регулятора	8	

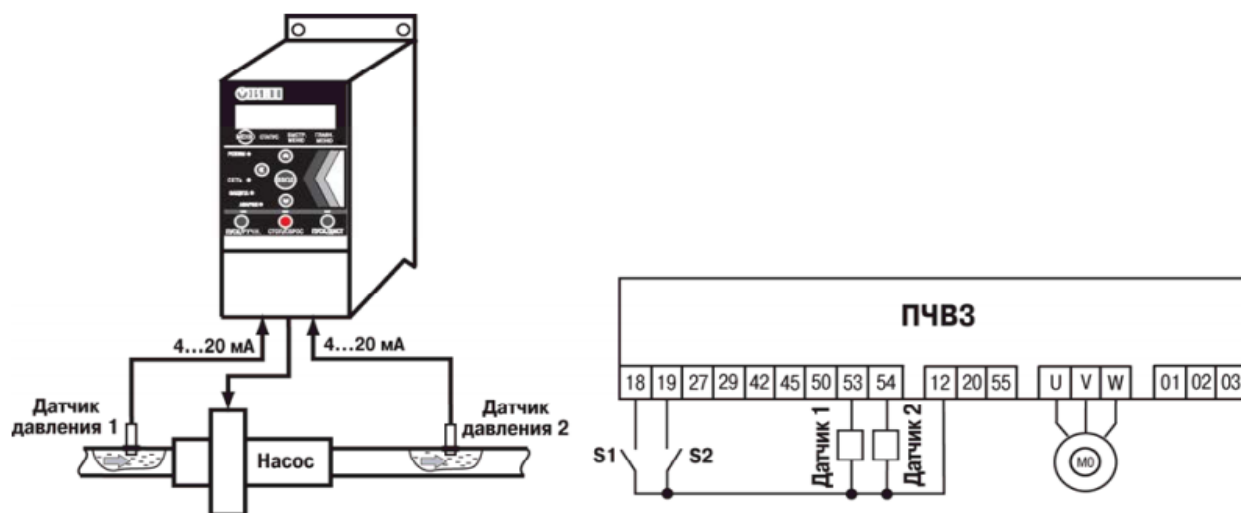


Рисунок 5.5.1 - Структурная схема установки и схема внешних подключений ПЧВЗ

6 Датчики давления и перепада давления

Датчики давления – это приборы, которые измеряют разность давления между двумя точками. При помощи датчиков можно непрерывно измерить давление жидкости и вычислить их плотность и расход. Имеют аналоговый выход, пропорциональный дифференциальному давлению, или электрический контакт, переключающийся при достижении разности давлений заданного значения. Приборы преобразуют полученные данные в аналоговый выходной сигнал тока или напряжения. К наиболее распространенными фирмами-изготовителями в России относятся:

Фирма «БД Сенсорс Рус», отличается достаточной экономичностью моделей. Высокоточные интеллектуальные датчики давления с НАРТ-протоколом, с долговременной стабильностью. Имеют виды взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка" и "искробезопасная электрическая цепь". Применяются в разных сферах промышленности.

НПП «ЭЛЕМЕР» её средства измерения производства внесены в Государственный реестр СИ и имеют необходимые разрешительные документы. Обеспечивают высокую надежность, точность и долгий срок службы приборов.

Наиболее дешевые и доступные датчики давления выпускает ООО НПФ «РАСКО». Возрастающие темпы продаж на протяжении более чем 20-ти лет работы компании доказывают многолетнее доверие потребителей к НПФ «РАСКО». Реле давления ДЕМ-102РАСКО и ДЕМ-202РАСКО, рисунок 6.1, предназначенные главным образом для контроля и поддержания в заданных пределах давления и разности давлений, соответственно, на объектах ЖКХ. Отличаются высокой устойчивостью к внешним воздействующим факторам (ударам, вибрации, качке, попаданию внутрь пыли и воды, воздействию плесени и т. п.), а также высокой коммутационной стойкостью электрических контактов.

В состав датчиков дифференциального давления входит чувствительный элемент, который представляет собой упругую измерительную мембрану с тензорезисторами. Когда давление деформирует защитные мембраны и измерительную мембрану, происходит изменение сопротивления тензорезисторов. Это изменение фиксируется датчиком и преобразуется в аналоговый выходной сигнал.



Рисунок 6.1 - а- ДЕМ-202РАСКО; б- ДЕМ-102РАСКО

Особенности:

- Температура рабочей и окружающей среды: от -50 до $+80$ °C
- Степень защиты корпуса приборов с соединителем IP64.
- Масса приборов: ДЕМ-102РАСКО — 0,7 кг; ДЕМ-202РАСКО — 0,8 кг
- Присоединение штуцерное коническое под развальцовку трубопровода по ГОСТ 28941.12-91

Коммутационная способность контактов:

- напряжение переменного тока 127...380 В частотой 50 (60) Гц, при $\cos(\varphi) > 0,6$ коммутируемый ток не более 6 А;

- напряжение постоянного тока 24...220 В, при минимальном токе 0,05 А коммутируемая мощность 60 Вт.

Таблица 6.1 - Технические характеристики

Условное обозначение прибора	Пределы уставки, МПа	Зона возврата, МПа	Максимальное давление, МПа
ДЕМ-102РАСКО-01-2	-0,065...0,6	0,06—0,4	2,2
ДЕМ-102РАСКО-02-2	0,1...1	0,1...0,3	2,5
ДЕМ-102РАСКО-06-2	0,02...0,15	0,03	1,6
ДЕМ-102РАСКО-07-2	0,02...0,25	0,03	1,6
ДЕМ-202РАСКО-01-2	0,055...0,5	0,05	2,2
ДЕМ-202РАСКО-02-2	0,02...0,2	0,03	2,2

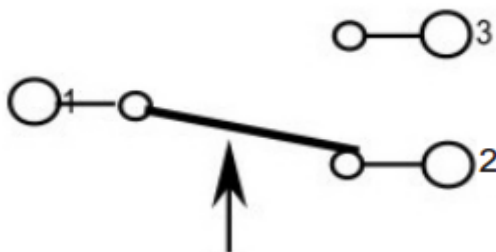


Рисунок 6.2 - Схема электрических соединений

Зона возврата в приборах ДЕМ-102РАСКО направлена в сторону понижения давления относительно уставки. При повышении давления и достижении значения, соответствующего уставке, контакты 1—2 размыкаются, а контакты 1—3 — замыкаются; при понижении давления на величину зоны возврата контакты 1—2 замыкаются, а 1—3 — размыкаются. Зона возврата в приборах ДЕМ-202РАСКО направлена в сторону повышения давления относительно уставки. При понижении давления и достижении значения, соответствующего уставке, контакты 1—2 замыкаются, а контакты 1—3 — размыкаются; при повышении давления на величину зоны возврата контакты 1—2 размыкаются, а контакты 1—3 замыкаются (Рисунок 6.2).

7 ПИД-регулятор с интерфейсом RS-485 ОВЕН ТРМ210-Щ1.ИИ

В России существуют достаточно много фирм, выпускающих ПИД-регуляторы, можно выделить наиболее распространенные, такие как НПП «ЭЛЕМЕР» — ведущий производитель в России контрольно-измерительного оборудования, включая ПИД-регуляторы. Это 1- и 2- канальные микропроцессорные измерители-регуляторы, отличающиеся широкой функциональностью. Все модели ПИД-регуляторов от НПП «ЭЛЕМЕР» (Москва) демонстрируют высокие технические и метрологические характеристики, что делает возможным их использование на участках, требующих повышенной эффективности алгоритмов регулирования. Кроме этого, модели ПИД-регуляторов позволяют регулировать контролируемые параметры при помощи ручного или позиционного механизма. Достаточно небольшие габаритные размеры 96 x 48 мм.

Не менее известна фирма НПК «Эталон», которая выпускает измерители-регуляторы, предназначены для автоматизации подачи теплоносителя в системе горячего водоснабжения (ГВС). Отличающиеся высокой стойкостью прибора к механическим воздействиям и защищённостью корпуса от воды и пыли.

Компания ОВЕН - крупнейший российский разработчик и производитель средств автоматизации для различных отраслей промышленности и занимает лидирующие позиции не только на российском рынке, но и в странах ближнего зарубежья. ПИД-регуляторы высокого качества по оптимальной цене. Большой спектр ассортиментов оборудования. Измеритель ПИД-регулятор ОВЕН ТРМ210 используется для измерения и автоматического регулирования давления воды в трубопроводе, затем преобразует показание датчика давления в унифицированный сигнал постоянного тока или напряжения, который фиксируется в цифровом виде на встроенном четырехразрядном цифровом индикаторе.

Конструктивное исполнение:

Щ1 – корпус щитового крепления с размерами 96×96×70 мм и степенью защиты со стороны передней панели IP54;

И – цифроаналоговый преобразователь «параметр–ток 4...20 мА»;

Прибор осуществляет следующие функции:

- измеряет давление (перепад давления воды в трубопроводе);
- регулирует давление (перепад) с помощью ПИД-закона на основе импульсного или аналогового управления или по двухпозиционному закону;
- Автонастройка ПИД-регулятора в котельной;
- ручное управление выходной мощностью ПИД-регулятора;
- определяет аварийную ситуацию при выходе измеряемого параметра за заданные границы и при обрыве в контуре регулирования;
- определение причины неисправности и обнаружение ошибок работы;
- организованная работа в сети по стандарту RS-485, позволяющая осуществлять контроль и задавать необходимые режимы работы прибора;
- дистанционное управление остановкой регулирования и запуском;

Структурная схема прибора приведена на рисунке 7.2.

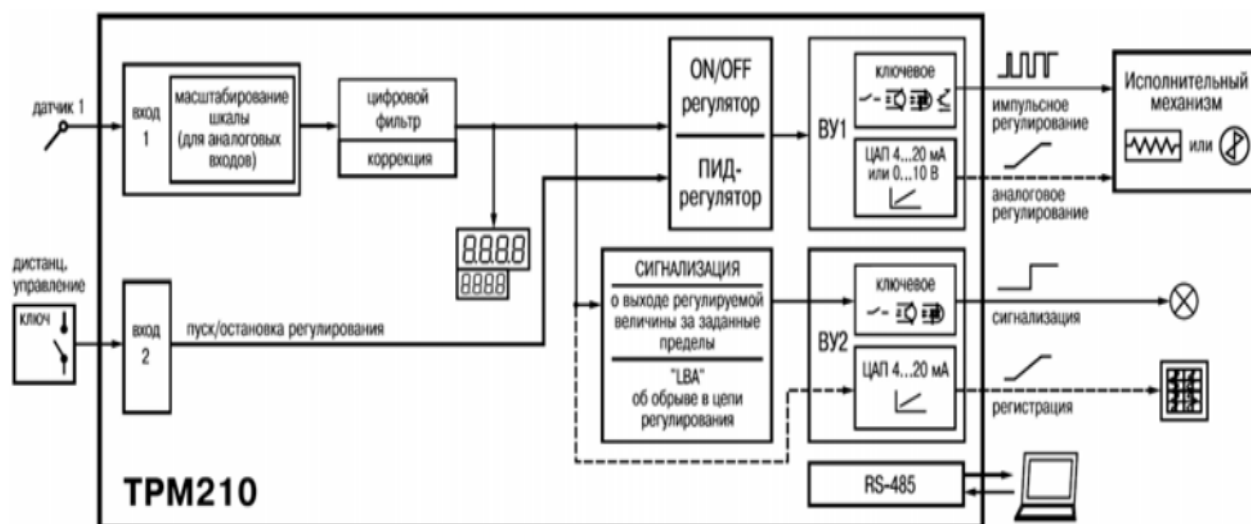


Рисунок 7.2 – Структурная схема TPM210

Универсальный вход предназначен для подключения датчиков давления, а дополнительный вход для дистанционного управления процессом регулирования. Блок обработки данных – коррекция, обеспечивает цифровую фильтрацию, регистрацию и регулирование входной величины и включает в себя устройства сигнализации. Два выходных устройства (ВУ), могут быть аналогового или ключевого типа. Два цифровых индикатора для отображения регулируемой величины и ее уставки.

К **измерительному** входу подключаются датчики давления (перепада давления), оснащенные нормирующими преобразователями этих параметров в унифицированные сигналы постоянного тока 4...20 мА, 0...20 мА, 0...5 мА или напряжения –50...50 мВ и 0...1 В.

К **дополнительному** входу подсоединяется ключ, позволяющий изменять режимы работы прибора. Запуск регулятора можно программно задавать замыкание/размыкание ключа – «замкнуто» – от 0 до 1 кОм; – «разомкнуто» – более 100 кОм.

Для стабильной работы прибор имеет защиту от различных внешних воздействий и электромагнитных помех благодаря использованию **помехоподавляющего фильтра** в цепи питания TPM210, а в цепи управления параллельно выходным коммутирующим контактам установлены

искрогасящие элементы (RC-цепочка). Кроме аппаратной защиты задействован программный цифровой фильтр низких частот.

Для устранения начальной погрешности преобразования входных сигналов и погрешностей, вносимых соединительными проводами, измеренное прибором значение может быть откорректировано путем двумя типами **коррекции**, позволяющие осуществлять сдвиг или наклон характеристики на заданную величину.

7.1 Индикация и управление



Рисунок 7.1.1 – Индикация и управление TPM210-Щ1.ИИ

K1 – включено выходное устройство 1. K2 – включено выходное устройство 2. AL – мигает при выходе регулируемой величины за заданные пределы. LBA – мигает, если обнаружен обрыв в цепи регулирования. СТОП – постоянное свечение, если регулятор остановлен (мигает, если остановка регулятора произошла из-за аварии LBA или аппаратной ошибки). АН – постоянное свечение при выполнении автонастройки (гаснет при удачном завершении автонастройки; мигает, если автонастройка закончена неудачно). RS – засвечивается на 1 сек в момент передачи данных компьютеру. РУЧ – светится в режиме ручного управления выходным сигналом ПИД-регулятора.

 (для H2 ) – для увеличения значения программируемого параметра;
 (для H2 ) – для уменьшения значения программируемого параметра;
 (для H2 ) – для входа в меню программирования или для перехода к следующему параметру.

Прибор в режиме двухпозиционного регулирования работает по одной из логик, рисунок 7.1.1.

Первый тип логики (обратное управление) применяется для сигнализации о том, что значение текущего измерения $T_{тек}$ меньше уставки $T_{уст}$. При этом выходное устройство первоначально включается при значениях $T_{тек} < T_{уст} - HYS$, выключается при $T_{тек} > T_{уст} + HYS$ и вновь включается при $T_{тек} < T_{уст} - HYS$, осуществляя тем самым двухпозиционное регулирование по уставке $T_{уст}$ с гистерезисом $\pm HYS$.

Второй тип логики (прямое управление) применяется для сигнализации о превышении значения уставки. При этом выходное устройство первоначально включается при значениях $T_{тек} > T_{уст} + HYS$, выключается при $T_{тек} < T_{уст} - HYS$. Задание уставки ($T_{уст}$) и гистерезиса (HYS) производится назначением параметров регулирования прибора.[6]

Состояние выхода

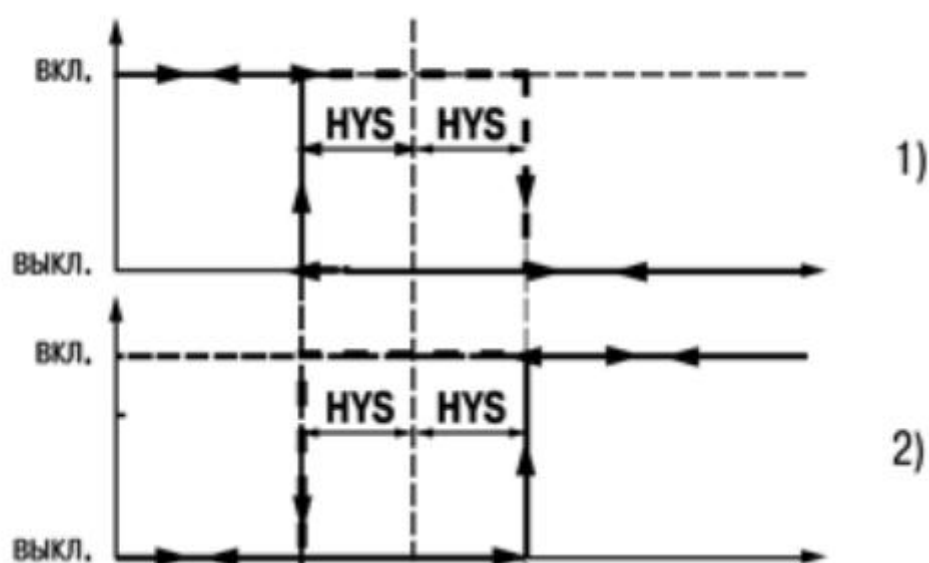


Рисунок 7.1.1 – Диаграммы срабатывания прибора по типам логики: 1 – обратное управление; 2 – прямое управление

7.2 Общие принципы ПИД-регулирования

На выходе регулятора образуется управляющий (выходной) сигнал Y_i , действие которого направлено на уменьшение отклонения E_i :

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \times (E_i + \tau_d \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{изм}} + \frac{1}{\tau_i} \sum_{i=1}^n E_i \Delta t_{изм}) \times 100\% \quad (6)$$

где X_p – полоса пропорциональности;

E_i – разность между заданными $T_{уст}$ и текущими T_i значением измеряемой величины, или рассогласование;

τ_d – постоянная времени дифференцирования (программируемый параметр «дифференциальная постоянная ПИД-регулятора» – d);

ΔE_i – разность между двумя соседними измерениями E_i и E_{i-1} ;

$\Delta t_{изм}$ – время между двумя соседними измерениями T_i и T_{i-1} ;

τ_i – постоянная времени интегрирования (программируемый параметр «интегральная постоянная ПИД-регулятора» — i);

$\sum_{i=1}^n E_i \Delta t_{изм}) \times 100\%$ - накопленная сумма рассогласований.

При ПИД-регулировании сигнал управления зависит от разницы между текущим параметром T_i и заданным значением $T_{уст}$ измеряемой величины E_i , которая реагирует на мгновенную ошибку регулирования. Отношение E_i / X_p называется пропорциональной составляющей выходного сигнала. Скорость изменения параметра $\Delta E_i / \Delta t_{изм}$ позволяет улучшить качество переходного процесса. Выражение $\tau_d \left(\frac{1}{X_p} \right) \times \left(\frac{\Delta E_i}{\Delta t_{изм}} \right)$ называется дифференциальной составляющей выходного сигнала. Для эффективной работы ПИД-регулятора необходимо установить правильные для конкретного объекта регулирования значения коэффициентов X_p , τ_d и τ_i , которые можно определить в режимах автонастройка или ручная настройка.

7.3 Настройка ПИД-регулятора

Автоматическая настройка предназначена для оптимальной настройки системы регулирования непосредственно на объекте, для этого необходимо:

- *Задать уставку регулятора SP . Которое должно составлять 0,75 – 0,85 максимально допустимого значения регулируемой величины для данного технологического процесса;*
- *Задать параметру $r-S$ значение rUn ;*
- *Запустить настройку заданием параметру At значения rUn ; при запуске автонастройки загорается светодиод $АН$.*

При автонастройке прибор работает как двухпозиционный регулятор. Система осуществляет колебания, вид которых приведен на рисунке 7.3.1.

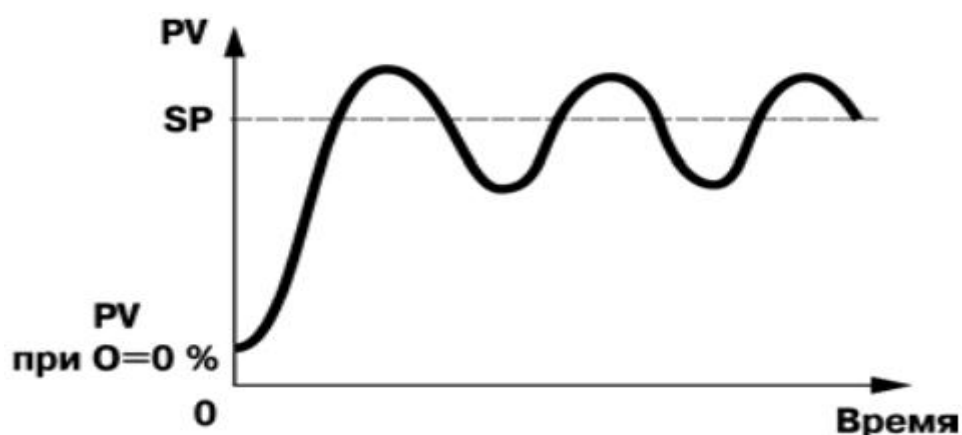


Рисунок 7.3.1 – Колебания ПИД-регулятора при автонастройке

В результате автонастройки прибор вычисляет оптимальные значения коэффициентов K_p , t_i , t_d для данной системы и происходит определение постоянной времени входного сглаживающего фильтра $\tau\phi$, периода следования управляющих импульсов $T_{сл}$. После окончания автонастройки светодиод $АН$ гаснет и прибор автоматически переходит в режим *РАБОТА*. При сбое в процессе автонастройки ее выполнение сразу прекращается, светодиод $АН$ мигает. Поэтому при выполнении автонастройки особое

внимание надо уделить защите прибора от различных внешних воздействий и электромагнитных помех и устранить нежелательные внешние возмущения на объекте регулирования.

В режиме автоматической настройки сохраняется возможность для изменения параметров функционирования и режимов работы прибора. Однако в процессе автоматической настройки этой возможностью пользоваться не рекомендуется, так как изменение параметров или режимов нарушает процесс настройки, при этом правильность расчета параметров регулятора может не соблюдаться и объект регулирования допускает возникновение заметных колебаний технологического параметра относительно уставки. Если работа в таком режиме недопустима, параметры регулятора следует задавать вручную, исходя из априорной информации об инерционных свойствах объекта.

Ручная настройка осуществляется, когда характеристики объекта регулирования заранее известны:

P – полоса пропорциональности регулятора Xp ;

i – постоянная времени интегрирования ti ;

d – постоянная времени дифференцирования td ;

Значения параметра P устанавливаются в единицах измерения входной величины в диапазоне от 0,001 до 9999 – для аналоговых датчиков. Значения параметра i устанавливаются в секундах, диапазон – от 0 до 3999 с. Значения параметра d устанавливаются в секундах, диапазон – от 0 до 3999 с. После ручной настройки ПИД-регулятора режим быстрого выхода на уставку должен быть выключен, в противном случае необходимо дополнительно провести автонастройку.

При регулировании выбирают один из методов управления системой: **прямое** или **обратное**. При прямом управлении значение выходного сигнала

регулятора увеличивается с увеличением измеряемой величины. При обратном управлении значение выходного сигнала регулятора уменьшается с увеличением измеряемой величины. Если значение уставки необходимо изменить в процессе работы, то переход с одного значения на другое можно сгладить, задав «скорость изменения уставки».

При использовании ПИД-регулятора с выходным устройством ключевого типа необходимо установить **период управляющих импульсов**. Более высокая частота обеспечивает быстроту реакции регулятора на внешние возмущения. В идеале частота импульсов управления должна совпадать с частотой опроса датчика. Увеличение периода следования управляющих импульсов позволяет при использовании электромагнитных реле или пускателя продлить срок службы силовых контактов, но может ухудшить качество регулирования. Автонастройка позволяет определять значение $T_{сл}$, которое не будет оказывать отрицательного влияния на работу системы.

Для эффективного контроля за процессами регулирования прибор оснащен **логическим устройством**, которое работает по принципу компаратора, а также устройством определения обрыва контура «LBA». Оба устройства управляют различными сигнализирующими устройствами. Сигналы аварийной сигнализации коммутируются через схему «ИЛИ» и могут управлять только выходным устройством ключевого типа. О срабатывании логического устройства свидетельствует засветка соответствующего светодиода на лицевой панели (AL или LBA). В зависимости от системы регулирования можно задать параметры срабатывания компаратора, сигнализирующего о выходе регулируемой величины за допустимые пределы. В приборе заложено 11 типов логики срабатывания компаратора, который сигнализирует об аварийной ситуации, при этом регулятор продолжает работать.

ВУ (встроенные выходные устройства) предназначены для передачи управляющего сигнала на исполнительные механизмы, либо для передачи данных на регистрирующее устройство.

Ключевое ВУ – электромагнитное реле, транзисторная оптопара, выход для управления твердотельным реле, которое используются либо для управления сигнализирующим устройством, либо для управления исполнительным механизмом при регулировании. В режиме ПИД-регулирования осуществляется импульсное управление по принципу ШИМ с периодом следования импульсов $T_{сл}$ и длительностью каждого импульса $D_i = Y_i \times T_{сл}$. ВУ ключевого типа используется для управления (включения/выключения) нагрузкой либо непосредственно, либо через более мощные управляющие элементы, такие как пускатели, твердотельные реле, тиристоры или симисторы.

ВУ **аналогового** типа используется для осуществления аналогового управления при ПИД-регулировании, либо для выдачи сигналов на устройство, регистрирующее контролируемую величину в течение процесса регулирования. ВУ аналогового типа в приборе ТРМ210 – это цифроаналоговый преобразователь, который формирует токовую петлю 4...20 мА или напряжение 0...10В и используется для управления электронными регуляторами мощности. При аналоговом управлении выходной сигнал (ток/напряжение) пропорционален значению выходного сигнала регулятора.

Интерфейс связи предназначен для включения прибора ТРМ210 в сеть, организованную по стандарту RS-485. Использование прибора в сети RS-485 позволяет осуществлять установку параметров прибора с помощью программы-конфигуратора, собирать данные об измеряемых величинах и протекании процессов регулирования в системе SCADA, дистанционно

управлять процессом регулирования и автонастройкой с помощью программы-конфигуратора, работающей в среде Windows.

8 Разработка принципиальной схемы контура регулирования

Система автоматизации системы ГВС состоит из двух контуров регулирования:

- регулирование давления сетевой воды в прямом трубопроводе изменением производительности сетевого насоса;
- регулирование перепада давления в прямом и обратном трубопроводах изменением производительности насоса подпитки.

Электрические схемы контуров регулирования совершенно одинаковые, за исключением датчика, измеряющего входной сигнал. В первом случае это датчик избыточного давления, во втором случае - датчик перепада давления. На рисунке 8.1 представлена электрическая схема соединений контура регулирования.

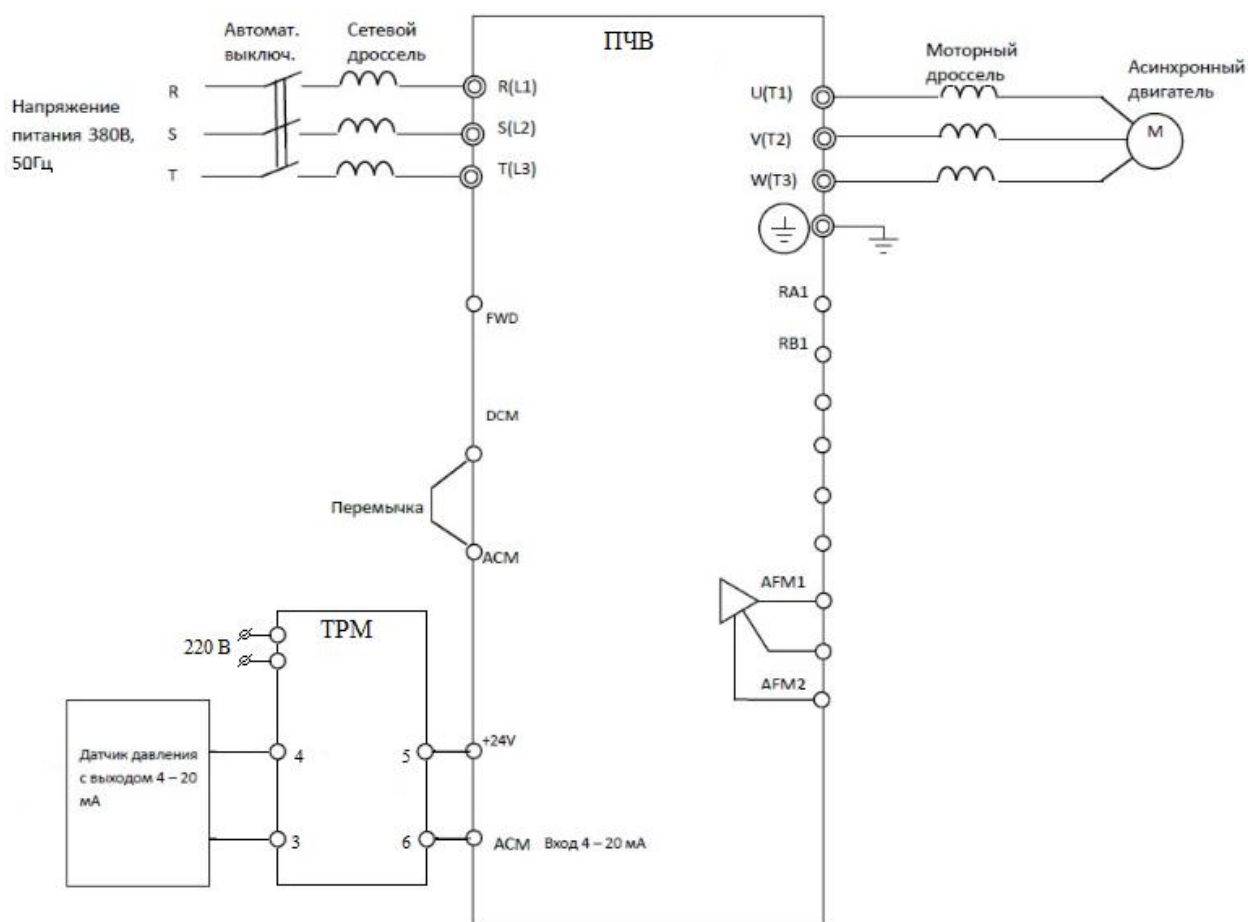


Рисунок 8.1 – Электрическая схема подключения

Информация между элементами системы передаётся с помощью сигналов 4...20мА.

Электрическая связь между элементами системы в зависимости от расстояния выполняется либо проводами, либо кабелем. В случае, если расстояние между элементами не превышает 2 ... 2,5 м по строительной длине, рекомендуется использовать провода, если расстояние больше - кабели.

Сечение проводов выбирается в зависимости величины тока, протекающего по ним и коммутируемого напряжения.

При прокладке кабелей, особенно до насосов, следует предусмотреть специальные конструкции для крепления кабеля, либо использовать имеющиеся. В качестве таких конструкций используют лотки. Запрещено использовать не предназначенные для этого строительные конструкции, сопутствующие водо- и газопроводные трубы.

Особое внимание стоит уделить заземлению всех элементов системы, включая датчики и исполнительные механизмы, регуляторы, шкафы, лотки и т.д. Заземление должно удовлетворять требованиям ПУЭ [7].

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Накопленный опыт создания и эксплуатации АСУ ТП свидетельствует о высокой экономической эффективности этого направления. Капитальные вложения на АСУ ТП окупаются за 1-3 года, т.е. значительно быстрее, чем для любых других направлений капиталовложений в промышленность. Столь быстрая окупаемость достигается благодаря увеличению выпуска продукции, сокращению материально-сырьевых и топливно-энергетических затрат, улучшению качества продукции, снижению отходов и т.д.

В нашем случае производится внедрение частотных преобразователей, датчиков, регуляторов в тепловую котельную пос.Самусь, Томской области.

Целью экономического обоснования является количественное доказательство целесообразности вложения в установку частотных преобразователей, для энергосбережения котельной.

Для достижения поставленной цели были проведены исследования и решены следующие задачи:

- организация и планирование работ;
- проведение расчета трудоемкости выполнения работ;
- составление плана комплекса работ;
- расчет затрат на проектирование, заработной платы и прочих расходов;
- расчет затрат на внедрение разработки;
- оценка экономической эффективности разработки.

9.1 Организация и планирование работ

При организации проектных работ применяются различные методы экономического планирования с большим количеством людских затрат, но в нашем случае имеется небольшой штат людей (руководитель и инженер). Поэтому лучше применить линейный способ планирования с построением линейного графика.

С учетом всего вышесказанного, разбиваем всю тему на определенные этапы, количество и содержание которых определяется спецификой темы. Объективный экономический расчет позволяет равномерно распределить время работы и нагрузку на исполнителей, а так же увеличить эффективность работы.

Таблица 9.1.1 - Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Получение задания	НР, И	НР – 100% И – 100%
Утверждение задания	НР, И	НР – 100% И – 100%
Теоретические основы учета	И	И – 100%
Описание узла учета	И	И – 100%
Обзор средств учета	И	И – 100%
Разработка принципиальной схемы узла	НР, И	НР – 100% И – 100%
Безопасность и ТОЭ проекта	И	И – 100%
Подведение итогов работы	НР, И	НР – 100% И – 100%
Завершение написания документации	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Сдача готового проекта	И	И – 100%

9.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

В нашем случае удобно использовать опытно-статистический метод, который можно реализовать двумя путями:

-методом аналогов;

-вероятностным методом.

Вероятностный метод

При проведении поисковых работ применение метода аналогов практически невозможно ввиду новизны работ. Поэтому для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется вероятностный метод – метод двух оценок t_{min} и t_{max} .

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}; \quad (9.1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 5.1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель ВКР;
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{PD} = \frac{t_{ож}}{K_{BH}} \cdot K_D \quad (9.2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

K_{BH} – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, принимаем $K_{BH} = 1$;

K_D – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ. Принимаем $K_D = 1,2$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{KD} = T_{PD} \cdot T_K, \quad (9.3)$$

где T_{KD} – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (9.4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

$$T_K = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22$$

Таблица 9.1.1.1 - Трудозатраты на выполнение проекта

Этап		Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
						Т _{рд}		Т _{кд}	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1		2	3	4	5	6	7	8	9
1	Получение задания	НР, И	1	2	1,4	1,68	1,68	2,04	2,04
2	Утверждение задания	НР, И	4	6	4,8	5,76	5,76	7,02	7,02
3	Теоретические основы учета	И	10	12	10,8	-	12,96	-	15,81
4	Описание узла учета	И	13	16	14,2	-	17,04	-	20,79
5	Обзор средств учета	И	12	16	13,6	-	16,32	-	19,91
6	Разработка принципиальной схемы водоснабжения	НР, И	10	14	11,6	6,96	13,92	8,49	16,98
7	Безопасность и ТОЭ проекта	И	5	9	6,6	-	7,92	-	9,66
8	Подведение итогов работы	НР, И	8	9	8,4	10,08	10,08	12,30	12,30
9	Завершение написания документации	И	6	8	6,8	-	8,16	-	9,95
10	Оформление графического материала	И	5	6	3,4	-	4,08	-	4,98
11	Сдача готового проекта	И	1	2	1,4	-	1,68	-	2,05
	Итого:				83	24,48	99,6	29,85	121,49

Таблица 9.1.1.2 - Линейный график работ

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	2,04	2,04												
2	7,02	7,02												
3	-	15,81												
4	-	20,79												
5	-	19,91												
6	8,49	16,98												
7	-	9,66												
8	12,30	12,30												
9	-	9,95												
10	-	4,98												
11	-	2,05												

НР – ; И –

9.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- $TP_{\text{общ.}}$ – общая трудоемкость проекта;
- TP_i (TP_k) – трудоемкость i-го (k-го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TP_i^H – накопленная трудоемкость i-го этапа проекта по его завершении;
- TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j-м участником на i-м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.
- Степень готовности определяется формулой (5.5)

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}. \quad (9.5)$$

Применительно к таблице (5.2) величины TP_{ij} (TP_{kj}) находятся в столбцах (6, $j = 1$) и (7, $j = 2$). $TP_{\text{общ.}}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Расчет TP_i (%) и CG_i (%) на основе этих данных содержится в таблице (9.1.2.1).

Таблица 9.1.2.1 - Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этапы работы	TP_i , %	CG_i , %
Получение задания	2,708	2,708
Утверждение задания	9,28	11,99
Теоретические основы учета	10,44	22,43
Описание узла учета	13,73	36,16

Обзор средств учета	13,15	49,31
Разработка принципиальной схемы узла	16,83	66,14
Безопасность и ТОЭ проекта	6,38	72,52
Подведение итогов работы	16,25	88,77
Завершение написания документации	6,58	95,35
Оформление графического материала	3,29	98,64
Сдача готового проекта	1,35	100

9.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

9.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это $5 \div 20 \%$.

Таблица 9.2.1.1 - Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
ОВЕН ПЧВЗ	21,240	2шт.	42,480
ЛПОЗ	3,186	2шт.	6,372
ДЕМ-102РАСКО	2,740	1шт.	2,740
ДЕМ202РАСКО	3,740	1шт.	3,740
ОВЕН ТРМ-210-Щ1.ИИ	6,372	1шт.	6,372
SCADA OPM v.1	4,425	1шт.	4,425
Итого:			66,129

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 63,592 * 1,05 = 66,772$ руб.

9.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также

премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$ЗП_{\text{дн-т}} = МО/24,83$ учитывающей, что в году 300 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 25 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе)

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 9.2.2.1. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 9.1.1.1. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{пр}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_r = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе.

Таблица 9.2.2.1 - Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23 264,86	936,97	25	1,699	39797,80
И	13 824,00	556,75	100	1,699	94591,82
Итого:					134389,62

9.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$.
Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 134389,62 \cdot 0,3 = 40316,89$ руб.

9.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}} \quad (9.6)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{\text{э}} = 5,257$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 9.1.1.1 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_{\text{т}} \quad (9.7)$$

где $K_{\text{т}} \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{НОМ.}} * K_{\text{С}} \quad (9.8)$$

где $P_{\text{НОМ.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{С}} \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_{\text{С}} = 1$.

Таблица 9.2.4.1 - Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$, руб.
Персональный компьютер	800*0,6	0,3	757,008
ПЧВЗ-1	500*0,6	0,2	315,42
ПЧВЗ-2	420*0,6	0,2	264,95
ОВЕН ТРМ-200Н	380*0,6	2	2,520
Итого:			1339,90

9.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{\text{АМ}} = \frac{H_{\text{А}} * C_{\text{ОБ}} * t_{\text{рф}} * n}{F_{\text{Д}}}$$

где $H_{\text{А}}$ – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{ОБ}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она

может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} . Для ПК в 2016 г. (300 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_d = 300 * 8 = 2400$ часа;

t_{pf} – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Для ПК примем срок амортизации 2,5 года, тогда $N_A = 1/2,5 = 0,4$

Балансовая стоимость ОВЕН ПЧВЗ = 42480

$$C_{AM} = \frac{0,17 * 42480 * 800 * 2}{2400} = 4814,40$$

9.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – 100 руб./день.

9.2.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1$$

$$C_{\text{проч}} = (63,592 + 134389,62 + 40316,89 + 1339,90 + 4814,40) \cdot 0,1 = 18092,44$$

9.2.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка программного обеспечения для диагностики сигналов вибрации двигателя внутреннего сгорания»

Таблица 9.2.2.1 - Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	63,592
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	134389,62
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	40316,89
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1339,90
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4814,40
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	-
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	18092,44
Итого:		199016,84

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 199016,84$ руб.

9.2.9 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере $5 \div 20 \%$ от полной себестоимости проекта.

В нашем примере она составляет 39803.37 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

9.2.10 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(199016,84 + 39803,37) \cdot 0,18 = 42987,64$ руб.

9.2.11 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 199016,84 + 39803,37 + 42987,64 = 281807,85$$

9.3 Оценка экономической эффективности проекта

Источником эффективности является экономия потребляемой электроэнергии за счет внедрения частотных преобразователей, благодаря которым снижается потребление электроэнергии насосом. Внедрение данного оборудования для водоснабжения в котельную пос. Самусь, Томской области позволяет экономить до 4% энергоресурсов.

Оборудование ПЧВ позволяет более рационально использовать асинхронный двигатель в работе, тем самым снизить его износ и количество потребляемой энергии. Все показываемые характеристики оборудования отслеживает один оператор на одном ПК, что снижает затраты на реализацию

проекта. Так же немаловажным фактором является постоянный мониторинг потребления электроэнергии оборудованием, что может своевременно отреагировать на работу вне установленных режимов, и своевременно вывести в ремонт оборудование.

10 Социальная ответственность

В данном разделе рассматриваются вопросы, связанные с работой частотного преобразователя который предназначен для управления скоростью вращения трехфазного асинхронного электродвигателя в составе такого оборудования как насос, следит за автоматизацией системы водоснабжения котельной поселка Самусь, Томской области, в соответствии с нормами техники безопасности, пожарной безопасности и другими факторами, влияющими на жизнедеятельность человека.

10.1 Производственная безопасность.

Таблица 10.1 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ по внедрению системы автоматизации водоснабжения котельной пос.Самусь, Томской области.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1) Установка датчиков давления и перепада давления; 2) Установка частотного преобразователя; 3) Установка регуляторов; 4) Работа с ручным и электрифицированным инструментом;	1. Электромагнитное, ионизирующее излучение 2. Повышенный шум при работе насосов, вентиляторов;	1. Вращающиеся механизмы асинхронного двигателя; 2. Напряжение прикосновения и токи;	1. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 3. СанПиН 2.2.4.548-96 4. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ 5. СанПиН 2.2.4.1329-03

10.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

10.2.1 Электромагнитное и ионизирующее излучение

Электромагнитное излучение — это электромагнитные волны, которые возникают при возмущении магнитного или электрического поля.

Первые тревожные признаки - утомляемость, раздражительность, нарушения сна, памяти и внимания. При продолжительном воздействии электромагнитного поля защитные ресурсы организма начинают истощаться быстрее.

Электромагнитные поля, создаваемые высокочастотными составляющими входных и выходных токов преобразователя частоты, являются источниками, которые могут оказывать негативное влияние на работу устройств автоматики, релейной защиты, связи и т. п., расположенных в непосредственной близости (десятки метров) от преобразователя частоты.

К источникам, излучающим низкоуровневые излучения можно отнести следующее электрооборудование:

- Частотный преобразователь;
- Электродвигатель;
- Инженерные системы, обеспечивающие подачу электричества к различному оборудованию (кабель электропередач, и сопутствующее оборудование: розетки и электросчетчики).
- Монитор компьютера;

Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг источника магнитных волн по электрической составляющей должна быть не более:

- В диапазоне частот 5 Гц •+ 2 кГц - 25 В/м;

- В диапазоне частот 2 кГц •+ 400кГц - 2,5 В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- В диапазоне частот 5 Гц + 2 кГц - 250 нТл;
- В диапазоне частот 2 кГц - 400кГц - 25 нТл

Основной способ защиты - увеличение расстояния от источника, для избежания последствий, к примеру, экран монитора должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя. Применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты, прошедших испытание в аккредитованных лабораториях и имеющих соответствующий гигиенический сертификат.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить торможение функций кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови и увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям и др.

Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкбэр/час. По нормам СанПиН 2.2.2.542-96 конструкция ВДТ и ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ВДТ не более $7,7 \cdot 10^{-4}$ А/кг.

10.2.2 Повышенный шум при работе насоса, электродвигателя, вентиляторов

Одним из важнейших параметров, наносящим большой ущерб для здоровья и резко снижающим производительность труда, является шум.

Шум создается работающим насосом, электродвигателем, вентиляторами, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами

дневного света. В результате исследований установлено, что шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно: он затрудняет разборчивость речи, вызывает снижение работоспособности, повышает утомляемость, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе.

При выполнении основных работ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ. Допустимые уровни звукового давления в помещениях для персонала, приведены в СанПиН 2.2.2.542-96.

По субъективным ощущениям шумовая обстановка на рабочем месте соответствует норме.

10.2.3 Напряжение прикосновения и токи

Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с компьютерами, датчиками, регуляторами, частотными преобразователями в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. В котельной используются приборы, потребляющие напряжение 220В переменного тока с частотой 50Гц.

При работе с частотным преобразователем существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетокведущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей оборудования);
- при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при подаче напряжение питания на преобразователь со снятой передней крышкой;
- при самостоятельном разборе, модификации или ремонте преобразователя.

Меры безопасности:

- Не производить испытание повышенным напряжением (мегомметром и др.) каких-либо частей ПЧ. До начала измерений на кабеле или двигателе отсоедините кабель двигателя от преобразователя.
- Преобразователь должен быть надежно заземлен с помощью зажима (E).
- Использовать в качестве нагрузки только трехфазный асинхронный двигатель. Подсоединение любого другого оборудования может привести к неисправностям.
- На печатных платах преобразователя расположены чувствительные к статическому электричеству электронные компоненты. Во избежание повреждения элементов или цепей на печатных платах, не следует касаться их голыми руками, либо металлическими предметами.
- Не производить какие-либо подсоединения к клеммам преобразователя, открывать защитные элементы, разбирать корпус при подключенном напряжении сети и до истечения 10 мин после отключения

питания, так как заряженные конденсаторы сохраняют опасное напряжение на токонесущих элементах в течение некоторого времени после отключения сети.

При возникновении несчастного случая следует немедленно освободить пострадавшего от действия электрического тока и, вызвав врача, оказать ему необходимую помощь.

10.3 Экологическая безопасность

Котельная, в которой находится помещение и установлен частотный преобразователь, является потребителем электроэнергии, тем самым тоже влияет на окружающую среду. Как известно развитие энергетики оказывает значительное влияние на окружающую среду, являясь источником различных загрязнений воздуха, воды, поверхности земли. Так же, котельная является основным потребителем топливных ресурсов, определяющих уровень их добычи.

Данный преобразователь позволит сократить расходы электроэнергии, благодаря плавной и правильной работе электродвигателя.

Так же позволит улучшить долгосрочность оборудования: насоса и электродвигателя, тем самым сократив расход материалов на их ремонт.

Так как котельная находится не в черте населенного пункта, частотный преобразователь не оказывает ни какого влияния на селитебную зону, а так же не влияет на атмосферу, гидросферу и литосферу.

10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В помещении присутствует наличие твердых сгораемых материалов, поэтому необходимо предусмотреть ряд мероприятий по предотвращению пожара.

Пожарная профилактика основывается на исключении условий необходимых для горения. При разработке мер пожарной безопасности решают четыре задачи, такие как предотвращение пожаров и возгорания, локализация

возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожара. Предотвращение пожара достигается исключением образования горючей среды, источников возгорания.

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обусловлено следующими факторами:

- возникновение короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой электропроводки либо контактных соединений и распределительных щитов;
- возгорание устройств вычислительной техники, приборов вследствие неисправности электрической изоляции, либо самой техники;
- возгорание устройств искусственного освещения.

Для устранения возможности пожара в помещении необходимо соблюдать следующие меры:

- самостоятельно не разбирать, модифицировать или ремонтировать преобразователь;
- не присоединять выходные клеммы U/T1, V/T2, W/T3 к питающей сети, так как это заведомо приведет к полному разрушению преобразователя и пожару;
- ограничение количества горючих веществ;
- максимально возможное использование негорючих веществ и материалов;
- устранение возможных источников возгорания;
- использование пожарной сигнализации;
- наличие в помещении средств пожаротушения и содержание их в исправном состоянии;
- содержание проходов и путей эвакуации людей в свободном состоянии;
- проведение инструктажа по пожарной безопасности раз в год;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения.

При возникновении пожара нужно, прежде всего, вызвать пожарную команду, обеспечить полную эвакуацию людей из помещения, а после этого принять меры по тушению пожара. В помещении находится пожарный щит, оборудованный необходимыми средствами пожаротушения.

Преобразователь частоты имеет степень защиты IP20 и является электрическим оборудованием, предназначенным для установки в шкафы управления или аналогичные закрытые рабочие пространства со степенью защиты обеспечивающей требуемые условия эксплуатации.

Не допускать контакта ПЧ с водой или другими жидкостями. Не допускать попадание внутрь преобразователя пыли, кусков провода и других инородных тел при проведении подключения и обслуживания.

Не работать с преобразователем, если его части повреждены или отсутствуют.

Не ставить тяжелые предметы на преобразователь.

Для предотвращения повреждений необходимо прикладывать к клеммам преобразователя только указанные в руководстве напряжения.

Дети и другой неподготовленный персонал не должны иметь доступ к ПЧ.

Порядок подключения выходных кабелей U, V, W к двигателю влияет на направление его вращения.

Для снижения уровня электромагнитных помех, использовать рекомендованные фильтры. В противном случае может быть оказано негативное влияние на расположенные рядом электронные устройства.

Преобразователь может работать в высокоскоростном режиме. Перед установкой этого режима, проверить способность двигателя и привода работать на повышенных скоростях.

Перед использованием преобразователя, хранившегося длительное время, обязательно осуществить его осмотр, проверку, а возможно и формование конденсаторов.

10.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовой основой законодательства в области обеспечения БЖД является Конституция – основной закон государства. Законы и иные правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить Конституции РФ. В состав этих основ входит:

Экологическая безопасность.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия, который содержит свод правил охраны окружающей и регулирует природоохранные отношения в сфере всей природной среды, не выделяя ее отдельные объекты, охране которых посвящено специальное законодательство. Задачами этого законодательства являются: охрана природной среды, предупреждение вредного воздействия хозяйственной или иной деятельности, оздоровление окружающей природной среды, улучшение ее качества.

СанПиН 2.1.2.568-96 - Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды;

Охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

СанПиН 2.2.4.1329-03 - Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей;

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 - Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий;

ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. - Электробезопасность.

Федеральный закон «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» определяет общие для РФ организационно-правовые нормы в области защиты населения, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах РФ, объектов производственного и социального назначения, а так же окружающей природной среды от ЧС природного и техногенного характера.

Основные цели закона: предупреждение возникновения и развития ЧС, снижение размеров ущерба и потерь от ЧС, ликвидация ЧС.

СНиП 2.01.02-85* - Противопожарные нормы.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы на тему «Система автоматизации водоснабжения котельной» был проведён анализ существующей системы горячего водоснабжения посёлка Самусь, Томской области и выявлены её основные недостатки, к которым относятся:

- нерациональные режимы работы оборудования системы ГВС, особенно в летний период;
- высокий износ оборудования и высокая вероятность аварийных ситуаций;
- отсутствие средств обеспечивающих заданные режимы работы оборудования.

На основании проведённого анализа в работе предложен способ модернизации средств автоматизации и способов управления электрооборудованием, обеспечивающим существенную экономию электроэнергии, щадящий режим работы оборудования.

Основным техническим решением, обеспечивающим переход на качественно новый уровень управления и энергосбережения, является переход на частотное регулирование производительности насосного оборудования. Решение хорошо проработано с практической точки зрения и при незначительных доработках может найти применение на любом другом источнике водоснабжения с похожими характеристиками.

В ВКР затронуты темы финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения, проведен анализ средств учета автоматизации водоснабжения, рассмотрены вопросы социальной ответственности, безопасности и охраны труда при проведении проектных работ.

Conclusion

As a result of this final qualifying work on the theme “System of automation of water supply boiler” was done analysis of the existing hot water system of the village Samus, Tomsk region and identified its main shortcomings, which include:

- irrational operation modes of hot water supply devices, especially in summer;
- high wear of devices and high probability of emergency situations;
- lack of funds ensuring the specified modes of the equipment.

On the basis of this analysis we can propose, that a method of modernization of automation and control methods, providing significant energy savings, sparing operation of the equipment.

The main technical solution that provides a qualitatively new level of control and energy efficiency is transition to frequency regulation of pumping equipment. The solution is well studied from a practical point of view and with minor modifications it can be used on any other water source with similar characteristics.

In this work are mentioned such topics as financial management, resource efficiency and resource saving, was carried out the analysis of control facilities of the water supply automation and were considered questions of social responsibility, security and safety by doing project works.

Список используемых источников

1. Шорохов В. А., Пронин М. С., Курочкин Д. А. Основные проблемы модернизации систем контроля и управления действующих котельных.
2. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями [Текст]: учебное пособие / А.А.Усольцев.– СПб: СПбГУ ИТМО, 2006.–94 с.
3. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов [Текст]: учебное пособие / Л.С. Удут, О.П. Мальцев, Н.В. Кояин; Томский политехнический университет.– Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009.
4. Теория электропривода [Электронный ресурс]: Принцип действия частотного управления асинхронным двигателем.– Загл. с экрана.– Режим доступа: http://eprivod.com/view_p1.php, свободный.
5. Программирование ПЛК [Электронный ресурс]: Трансвекторное управление.– Загл. с экрана.– Режим доступа: <http://plc24.ru/transvektornoe-upravlenie-foc/>, свободный.
6. ТРМ210 измеритель ПИД регулятор [Электронный ресурс]: руководство по эксплуатации.– Загл. с экрана.– Режим доступа: http://www.owen.ru/uploads/re_trm210_1650.pdf, свободный.
7. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).
8. Центробежный насос [Электронный ресурс]: Принцип действия центробежных насосов.– Загл. с экрана.– Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Центробежный_насос](https://ru.wikipedia.org/wiki/Центробежный_насос), свободный.
9. Преобразователи частоты векторные для насосов ОВЕН ПЧВ [Электронный ресурс]: Краткое описание ПЧВ.– Загл. с экрана.– Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv3/opisanie, свободный.

10. ДЕМ-102 РАСКО, ДЕМ-202 РАСКО датчик-реле давления и разности давлений [Электронный ресурс]: Назначение Дем-102 и Дем-202.— Загл. с экрана.— Режим доступа: <http://www.pasco.ru/node/1839>, свободный.

11. Кнышова Е. Н. Экономика организации : учебник / Е. Н. Кнышова, Е. Е. Панфилова. — Москва: Форум Инфра-М, 2012. — 334 с.: ил. — Профессиональное образование.

12. Мигуренко Р. А. Научно-исследовательская работа: учебно-методическое пособие / Р. А. Мигуренко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования (ИДО). — 2-е изд., стер. — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 184 с.

13. Шульмин В. А. Экономическое обоснование в дипломных проектах: учебное пособие для вузов / В. А. Шульмин, Т. С. Усынина. — Старый Оскол: ТНТ, 2012. — 192 с.

14. СанПиН 2.1.2.568-96 - Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Утверждены 31 октября 1996г.

15. СанПиН 2.2.4.1329-03 - Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей. Утверждены 24 июля 2000г.

16. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 - Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий. Утверждены 31 октября 1996 г.

17. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. - Электробезопасность. Дата введения 1.01.2011г.

18. СНиП 2.01.02-85* - Противопожарные нормы. Утверждены 24 апреля 1991 г.