

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

Институт Кибернетики
Направление подготовки Мехатроника и роботехника
Кафедра Систем управления и мехатроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование аппаратной части системы управления автономного преобразователя энергии

УДК 620.9:621.314.2.001.63

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е31	Кан Елена Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник отдела ОЭиСО ТЭМЗ	Войко В.Ю.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Тухватулина Л. Р.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
СУМ	Губин В.Е.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

Содержание

Введение	3
1 Автономный преобразователь энергии	5
2 Патентный-информационный обзор.....	7
3 Основные технические требования	16
3.1 Описание компонентов схемы соединения АПЭ	17
4 Технические требования к шкафу управления обмоткой возбуждения и частотным преобразователем.....	29
4.1 Выбор компонентов шкафа управления обмоткой возбуждения и частотным преобразователем	29
5 Расчет характеристик трансформатора	36
6 Проектирование шкафа системы управления.....	42
Список литературы	45
Приложение А Схема соединений	46
Приложение Б Электрическая принципиальная схема.....	47
Приложение В Конструкторская документация.....	48

Введение

В рамках национального проекта «Сила Сибири» планируется построить газопровод, проходящий по большому количеству сложных участков поверхности нашей страны (участкам вечной мерзлоты, болотам, густым лесам Сибири). Для обеспечения безопасности и надежности транспортировки газа каждые 50-70 км необходима установка кранового узла. Крановый узел состоит из шарового крана перекрывающего трубу, оснащенного электроприводом, источника энергии, узла телеметрии и связи.

Всем известно, что ветрогенераторы не эффективны на территории лесов и болот. В районах заполярья бесполезны солнечные батареи. Минус дизель генератора - топливо, которое необходимо восполнять. А установка линии ЛЭП очень сложна и экономически не выгодна. Такие условия работы можно охарактеризовать как суровые. Поэтому особо актуальны универсальные источники энергии, преобразующие энергию сжигаемого газа в электрическую энергию.

На протяжении 30 лет данную проблему удавалось решать с помощью монополиста ORMAT Technologies Inc., Израиль. Однако на сегодняшний момент в условиях «сакционных войн», и в связи с резким ростом доллара установка и покупка подобных преобразователей стало сравнима с установкой линии ЛЭП.

На основании выше изложенного тема проектирования автономного преобразователя энергии для проекта «Сила Сибири» стала особенно актуальна и жизненно необходимой.

Согласно заключенному соглашению по НИОКР с ПАО ГАЗПРОМ задача по проектированию и последующему серийному выпуску автономных преобразователей энергии было возложена на ОАО ТЭМЗ.

Автономный преобразователь должен состоять из механической части (турбина, бойлер, конденсатор) и электрической части (аппаратная часть, программная часть).

Аппаратная часть в свою очередь должна состоять из шкафов управления обеспечивающих нижний уровень работы системы (аппаратное поддержание выходных параметров, защиты). Программная часть состоит из программного продукта (программ управления, мониторинга и передачи данных).

В автономном преобразователе энергии аппаратная часть так же актуальна и уникальна, как и программная часть. Основная задача аппаратной части обеспечить максимальную автономность работы преобразователя и его защиту в условиях сбоя программного обеспечения. В тоже время аппаратная часть должна быть надежной, иметь возможность быстрого проведения ремонтных работ.

В данной выпускной квалификационной работе будет произведен подробный обзор основных существующих решений в области автономных преобразователей энергии. Описаны основные технические требования для автономного преобразователя. Спроектированы схемы соединения электрической части автономного преобразователя энергии и шкафа управления обмоткой возбуждения. Произведен расчет и проектирование трансформатора шкафа управления обмоткой возбуждения, который является источником питания для преобразователя частоты, управляющего вентиляторами обдува конденсатора. Спроектирована 3D модель шкафа управления обмоткой возбуждения.

1 Автономный преобразователь энергии

Установка предназначена для использования в энергетике для получения электрической и тепловой энергии удаленных от централизованных сетей объектов нефтегазодобычи, магистральных трубопроводов, связи.

Автономный преобразователь энергии использует органический цикл Ренкина для выработки электроэнергии и дополнительный теплообменный аппарат для нагрева теплоносителя системы теплоснабжения.

Источником тепловой энергии является топливный газ, в качестве которого может использоваться природный газ, попутный нефтяной газ и др.

Автономный преобразователь энергии состоит из системы сжигания газа, осуществляющей очистку, редуцирование, регулирование подачи топливного газа в горелку, автоматический поджог, прекращение подачи газа по команде автоматики безопасности.

В результате сгорания топливного газа образующаяся тепловая энергия передается рабочей жидкости, находящейся в парогенераторе посредством теплообменного аппарата встроенного в парогенератор. В результате нагрева и соответственно испарения рабочей жидкости образуется поток пара, приводящий во вращение осевую турбину и находящийся с ним на одном валу ротор генератора и насоса. Электрический генератор представляет собой бесконтактную синхронную индукторную машину, преобразующую механическую энергию вращения турбины в электрическую энергию переменного тока. Ротор турбогенератора вращается в двух гидродинамических подшипниках скольжения. Отработавший пар попадает в конденсатор, где охлаждается и переходит в жидкую фазу. При помощи насоса, использующего механическую энергию турбины, конденсированная рабочая жидкость перекачивается в парогенератор и часть в подшипниковый узел, где служит смазочным материалом подшипников скольжения.

Часть тепловой энергии, образующейся в результате сжигания топливного газа, не переданная рабочей жидкости парогенератора передается теплоносителю системы теплоснабжения посредством теплообменного аппарата, находящегося в подогревателе. При циркуляции теплоносителя тепловая энергия передается в отапливаемое помещение через радиаторы, при этом теплоноситель охлаждается, далее, поступая в подогреватель, теплоноситель снова нагревается.

Предусмотрена регулирующая задвижка позволяющая изменять соотношение распределения тепловой энергии между теплообменными аппаратами парогенератора и подогревателя, и соответственно вырабатываемой электрической и тепловой энергией.

Продукты сгорания топливного газа (выхлопные газы) отводятся за счет естественной тяги вытяжной трубы.

Заявляемое техническое решение позволяет добиться повышения надежности за счет исключения промежуточного контура с теплоносителем, наличием только одной вращающейся детали – ротора турбогенератора в двух гидродинамических подшипниках скольжения, смазываемых рабочей жидкостью.

Использование подогревателя с теплообменным аппаратом для отопления обеспечивает возможность более полного использования тепловой энергии при сжигании топливного газа.

Регулирующая задвижка обеспечивает возможность изменить соотношение вырабатываемой электрической и тепловой энергии в зависимости от внешних условий (температура окружающей среды, электрическая нагрузка).

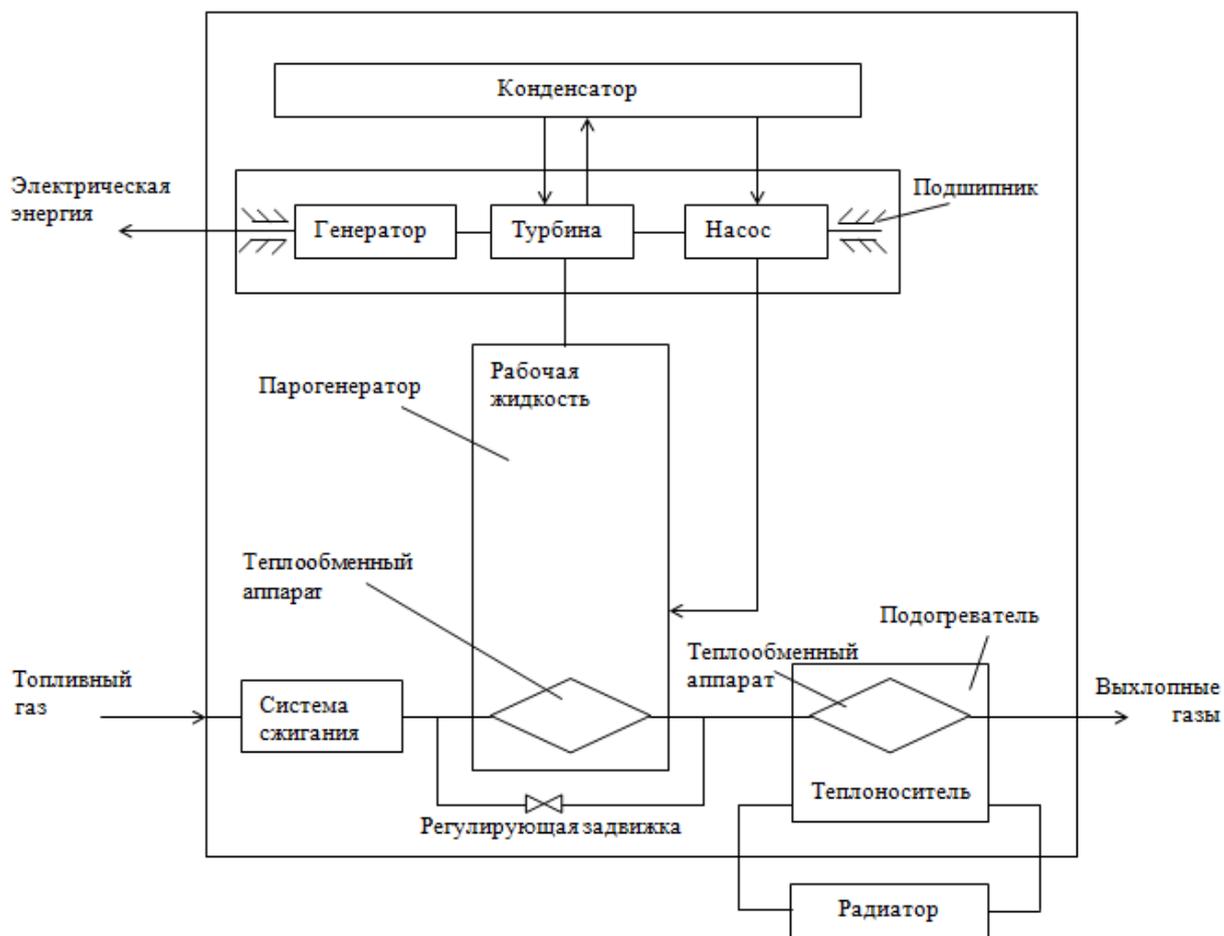


Рисунок 1 - Автономный преобразователь энергии

2 Патентный-информационный обзор

Тема актуальна в связи с острой необходимостью импорта замещения монополиста ORMAT Technologies Inc., Израиль, в сфере преобразователей энергии сжигаемого попутного газа в электрическую энергию для удаленных крановых узлов проекта ПАО ГАЗПРОМ «Сила Сибири».

Преобразователь энергии ORMAT рисунок 2, известный также как "паротурбогенератор с замкнутым циклом" (CCVT), единственная в своем роде, испытанная энергетическая установка мощностью от 200 до 6000 Ватт; надежно работающая без обслуживания в отдалённых районах. Для повышения надежности компания ORMAT использовала исследования в

области термодинамического проектирования и технологии авиационных двигателей.

Герметичный контейнер с рабочей жидкостью изготавливается из нержавеющей стали; дуговая сварка проводится в гелиевой среде и проверяется с помощью радиографического контроля на наличие дефектов и гелиевым масс.спектрометром на утечки. Готовый к работе энергоблок испытывается в заводских условиях как автономная установка с обкаткой в течение 100 часов.

Помимо надежности, весьма важной особенностью установки является отсутствие необходимости в эксплуатационном обслуживании. Поскольку единственная движущаяся деталь - это плавно и без трения вращающийся на подшипниках с жидкостной пленкой вал, герметизированный в контейнере из нержавеющей стали.

Кроме заправки топливом, уход за установками, работающими на газе, заключается в ежегодной проверке и очистке горелки и пластин конденсатора. Установка имеет средства защиты от каких-либо отклонений, включая перегрев.

Одной из наиболее оригинальных особенностей установки является ее способность работать от различных источников тепла, поскольку рабочий цикл замкнут и требуется лишь внешний подогрев. Для таких целей, как питание удаленных микроволновых релейных станций, действующих непрерывно без какого-либо обслуживания, на энергетических установках ОРМАТ наиболее часто в качестве топлива используют сжиженный нефтяной (попутный) газ, благодаря его чистоте. Вместе с тем, в качестве топлива, могут использоваться также: природный газ, керосин, авиационное и дизельное топливо.

Недостатками установки являются:

1. Система зарубежная и дорогая
2. Устаревшая элементная база системы управления.

На схеме:

1. Вакуумный клапан
2. Ввод пара в конденсатор
3. Сопло турбины
4. Ввод пара в турбину
5. Кабели подвода переменного тока к выпрямителю
6. Пар
7. Электрошкаф с выпрямителем
8. Отфильтрованное напряжение постоянного тока на выходе
9. Парогенератор
10. Горелка
11. Вытяжная труба
12. Конденсатор
13. Выход конденсата
14. Колесо турбины
15. Генератор переменного тока
16. Корпус турбогенератора
17. Насос питания
18. Труба подачи конденсата
19. Органическая жидкость
20. Кабели на панели управления подачей топлива
21. Термостат
22. Вход топлива
23. Панель управления подачей топлива

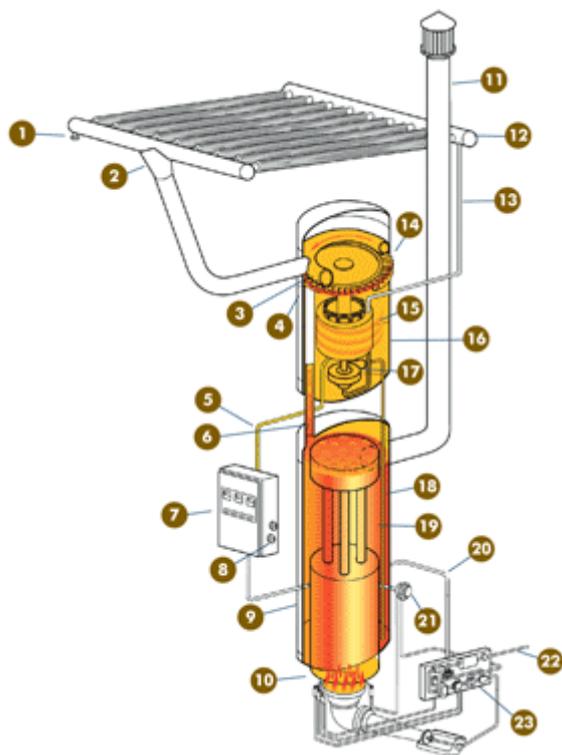


Рисунок 2 - Автономный преобразователь энергии (ОРМАТ)

Были рассмотрены следующие патенты на изобретения:

1. Патент RU 2098650 на изобретение «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭНЕРГИИ», МПК F02G1/04. Заявка: 92015360/06, 25.12.1992. Опубликовано: 10.12.1997. Патентообладатель Славянский государственный педагогический институт (UA).

2. Патент RU 2099542 на изобретение «ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПАРОСИЛОВАЯ УСТАНОВКА И СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРА В ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ПРОМЕЖУТОЧНОМ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕ ЭТОЙ УСТАНОВКИ», МПК F01K13/02. Заявка: 5001477/06, 23.07.1991. Опубликовано: 20.12.1997. Заявка РСТ: FI 90/00026 (23.01.90). Патентообладатель ФостерВилерЭнерджи Ой (FI).

3. Патент RU 2122271 на изобретение «ТУРБОГЕНЕРАТОР С ВОДОРОДНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ», МПК H02K9/26, H02K9/10. Заявка: 97117694/09, 23.10.1997. Опубликовано: 20.11.1998. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью ГАЗЧЕРМЕТ.

4. Патент RU 2166102 на изобретение «СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРОГАЗОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ И УСТАНОВКА ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ», МПК F01K23/18. Заявка: 99109730/06, 11.05.1999. Опубликовано: 27.04.2001. Патентообладатель Ершов Виталий Витальевич.

5. Патент RU 2180720 на изобретение «ФАКЕЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА НА ПОПУТНОМ ГАЗЕ», МПК F23D14/62, F22B33/18. Заявка: 2001101131/06, 16.01.2001. Опубликовано: 20.03.2002. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Независимый центр экологии человека "ЭКСИ".

6. Патент RU 2215165 на изобретение «СПОСОБ РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ЖИДКОСТНОГО ЦИКЛА (ВАРИАНТЫ) И СИСТЕМА РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ», МПК F02C6/18, F01K23/10. Заявка: 99128094/06, 30.12.1999.

Опубликовано: 27.10.2003. Патентообладатель ОРМАТ ИНДАСТРИЗ ЛТД. (IL).

7. Патент RU 2224118 на изобретение «Способ получения тепловой энергии в паросиловой энергетической установке», МПК F01K17/02. Заявка: 2002117935/062002117935/06, 05.07.2002. Опубликовано: 20.02.2004. Патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Московское машиностроительное производственное предприятие "Салют".

8. Патент RU 2237815 на изобретение «СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЕЗНОЙ ЭНЕРГИИ В КОМБИНИРОВАННОМ ЦИКЛЕ (ЕГО ВАРИАНТЫ) И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ», МПК F01K27/00, F25B30/00. Заявка: 2002114936/06, 07.06.2002. Опубликовано: 10.10.2004. Патентообладатель Морев Валерий Григорьевич (RU).

9. Патент RU 2312229 на изобретение «ГИБРИДНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ НАДЕЖНОЙ ПОДАЧИ ПИТАНИЯ В УДАЛЕННЫХ МЕСТАХ», МПК F01K13/02. Заявка: 2004137497/06, 21.05.2003. Опубликовано: 10.12.2007. Конвенционный приоритет: 22.05.2002 US 10/152,356. Патентообладатель ОРМАТ ТЕКНОЛОДЖИЗ ИНК. (US).

10. Патент RU 2313725 на изобретение «ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА», МПК F23C1/00, F23K1/02. Заявка: 2005133084/06, 27.10.2005. Опубликовано: 27.12.2007. Патентообладатель ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ЛКЦ-НАУКА" (RU).

11. Патент RU 2372504 на изобретение «МНОГОЦЕЛЕВАЯ ГАЗОТУРБИННАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА», МПК F02C6/08, F01K21/04. Заявка: 2008109276/06, 11.03.2008. Опубликовано: 10.11.2009. Патентообладатель Новосельцев Дмитрий Александрович (RU).

12. Патент RU 2443597 на изобретение «ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ», МПК B63G8/10. Заявка: 2010136091/11, 01.09.2010. Опубликовано: 27.02.2012. Патентообладатели

Дорофеев Владимир Юрьевич (RU), Замуков Владимир Варганович (RU), Федоров Владимир Алексеевич (RU), Мильман Олег Ошеревич (RU).

13. Патент RU 2450148 на изобретение «АВТОНОМНАЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА», МПК F02G5/04, F02G1/043. Заявка: 2010123751/06, 10.06.2010. Опубликовано: 10.05.2012. Патентообладатель Открытое акционерное общество "Завод им. В.А. Дегтярева" (RU).

14. Патент RU 2515579 на изобретение «ПАРОГЕНЕРАТОР», МПК F22B1/18. Заявка: 2011144650/06, 18.06.2009. Опубликовано: 10.05.2014. Конвенционный приоритет: 06.05.2009 CN 200910083490.5. Патентообладатель ЦИНХУА ЮНИВЕРСИТИ (CN).

15. Патент RU 2518777 на изобретение «ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА», МПК F02G5/04, F02B63/06, F25B27/02. Заявка: 2012133416/06, 03.08.2012. Опубликовано: 10.06.2014. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный университет путей сообщения" (СамГУПС) (RU).

16. Патент RU 2533601 на изобретение «ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКОЙ», МПК F01K21/04. Заявка: 2012152236/06, 04.12.2012. Опубликовано: 20.11.2014. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Самарский государственный технический университет (RU).

Все рассмотренные решения в той или иной степени позволяют решить только часть поставленной задачи.

Также наиболее близким патентом является патент RU 2573541 на изобретение «Энергетическая система на основе органического цикла Ренкина для сжигания попутного нефтяного газа», МПК F02C3/00, F02C3/22. Заявка: 2014126811/02, 02.07.2014. Опубликовано: 20.01.2016. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-

производственное объединение "Санкт-Петербургская электротехническая компания" (RU).

На рисунке изображена энергетическая система на основе органического цикла Ренкина для сжигания попутного нефтяного газа.

Энергетическая система на основе органического цикла Ренкина для сжигания попутного нефтяного газа состоит из масляного котла 1, контура с промежуточным теплоносителем (диатермическое масло) 2, который соединяет котел 1 и установку на основе органического цикла Ренкина 3. На валу турбины (не показано) установки на основе органического цикла Ренкина 3 размещен электрогенератор 4.

В энергетическую систему для сжигания попутного нефтяного газа также входит система охлаждения 5 установки на основе органического цикла Ренкина 3. Система охлаждения 5 состоит из трубопроводов, на которых расположены циркуляционный насос 6 и теплообменник 7. Через теплообменник 7 проходит линия подачи воздуха 8, которая подключена к горелочному устройству для полного сгорания попутного нефтяного газа 9. К горелочному устройству 9 также подключена линия подачи попутного газа 10.

Байпасная линия 11 соединяет трубопровод для отвода отработанных газов 12 и топочное пространство (не показано) масляного котла 1.

На байпасной линии 11 и трубопроводе для отвода отработанных газов 12 установлены соответственно регулирующие клапаны 13 и 14.

Энергетическая система на основе органического цикла Ренкина для сжигания попутного нефтяного газа работает следующим образом.

Попутный нефтяной газ по линии 10 и воздух по линии 8 подаются в горелочное устройство 9, где происходит полное сгорание попутного газа. Теплота от дымовых газов при сгорании попутного газа передается контуру с промежуточным теплоносителем (диатермическое масло) 2, через который данная теплота передается рабочему телу установки на основе органического цикла Ренкина 3. Полученная теплота преобразуется в установке на основе

органического цикла Ренкина 3 в электрическую энергию, вырабатываемую в электрогенераторе 4.

Дымовые газы из топочного пространства масляного котла 1 по трубопроводу 12 частично выбрасываются в окружающую среду, а частично по байпасной линии 11 возвращаются в топочное пространство масляного котла 1 для поддержания постоянной температуры. Регулирование количества выбрасываемых в окружающую среду и возвращенных в топочное пространство масляного котла 1 дымовых газов от сгорания попутного газа осуществляется регулирующими клапанами 13 и 14.

Для охлаждения установки на основе органического цикла Ренкина 3 предназначена система охлаждения 5. Охлаждающая жидкость циркулирует по системе охлаждения 5 за счет работы циркуляционного насоса 6 и охлаждается за счет тепла.

Энергетическая система для сжигания попутного нефтяного газа, включающая масляный котел с трубопроводом для отвода отработанных газов с регулирующим клапаном, контур с промежуточным теплоносителем, соединяющий масляный котел и установку на основе органического цикла Ренкина, представляющую собой замкнутый контур с органическим рабочим телом, содержащим турбину на валу с электрогенератором и систему охлаждения с теплообменником и циркуляционным насосом, отличающаяся тем, что она снабжена установленным в масляном котле горелочным устройством для полного сгорания попутного нефтяного газа с подключенной к нему линией подачи воздуха, проходящей через теплообменник системы охлаждения установки на основе органического цикла Ренкина, и байпасной линией с регулирующим клапаном, соединяющей трубопровод для отвода отработанных газов с регулирующим клапаном и топочное пространство масляного котла.

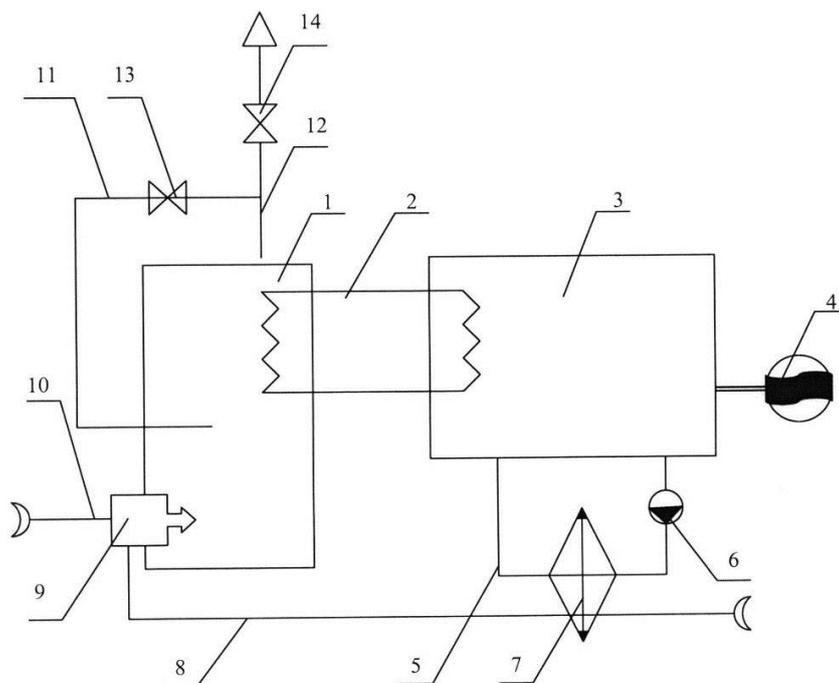


Рисунок 3-Энергетическая система на основе органического цикла Ренкина для сжигания попутного нефтяного газа

Недостатки устройства:

1. В состав системы включен рециркуляционный насос, питание которого осуществляется от самой системы, что снижает ее КПД и уменьшает надежность.

2. Так как в системе поддерживается постоянная температура рабочей области масляного котла, система всегда будет вырабатывать определенное количество электроэнергии, излишки которой придется сбрасывать на нагрузку. Не эффективное использование.

3. Система предназначена для работы в качестве резервного источника питания.

4. Отсутствуют вентиляторы принудительного охлаждения теплоносителя.

5. Не расписана конструкция подшипниковых узлов турбины.

На основе выше изложенного было предложено создать установку лишенных выявленных недостатков.

3 Основные технические требования

Основываясь на произведенном обзоре существующих решений АПЭ должен соответствовать требованиям ГОСТ и СТО Газпром.

Основные технические параметры:

- Номинальная мощность, 4000 Вт;
- Номинальное напряжение, 48 В ± 5%.

АПЭ должен быть оснащен:

- вентиляторами обдува конденсатора в количестве 2 шт;
- сигнализатором горения запальной и основной горелок;
- датчиками превышения СН₄ и СО;
- датчиком защиты от перегрева помещения АПЭ;
- датчиком защиты от перегрева конденсатора;
- датчиком защиты от перегрева бойлера;
- автономной системой вентиляции помещения АПЭ;
- датчиком контроля температуры конденсатора от минус 50 до плюс 150°С;
- датчиком контроля температуры бойлера от минус 50 до плюс 250°С;
- клапанами подачи газа – 4шт;
- трансформатором поджога запальной горелки;
- реле наличия давления газа;
- блоком нагрузок для торможения турбины, мощностью 4кВт;
- шкафом управления обмоткой возбуждения;
- шкафом управления парогенератором.

Для возможности быстрого ремонта шкафы и исполнительные механизмы (датчики, клапана и т.д.) должны быть подключены друг к другу через разъемы.

3.1 Описание компонентов схемы соединения АПЭ

Проведя обзор существующей компонентной базы, в качестве основных конструктивных элементов АПЭ были выбраны:

1. Вентилятор Multifan V4D4020M10100230 В, 50 Гц, 0,21кВт.

Основные характеристики вентилятора Multifan:

Напряжение	230/400V
Фазность	3 ~
Частота	50 Hz
Потребляемая мощность	210 W
Ток номинальный	1/0.6 A
Speed	1350 RPM
Min. температура среды	-25 °C
Max. температура среды	40 °C
InsulationClass	CL.F
IP Class	IP55
Вес	10.6 Kg
Размеры упаковки	289 x 550 x 550 mm

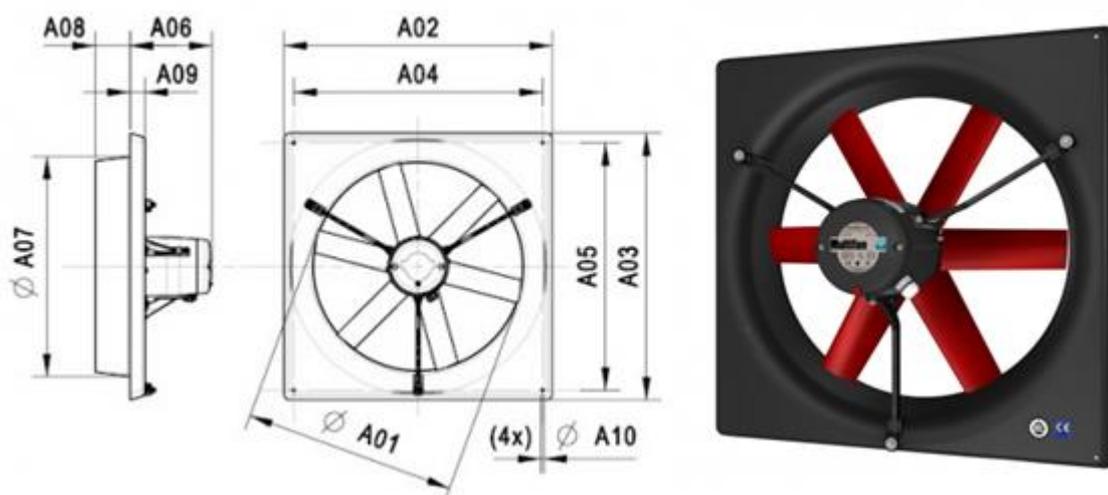


Рисунок 4 - Вентилятор Multifan.

2. Термометр сопротивления ДТС 065-100М.В3.320.МГ-Т2ТУ 4211-023-46526536-2009.

Термометр сопротивления медный ТСМ ОВЕН ДТС065-100М.В3.320 является датчиком температуры и предназначен для непрерывного измерения температуры различных сред и работает совместно с приборами, имеющими вход под термосопротивления.

Технические характеристики:

Материал корпуса	Нержавеющая сталь 12Х18Н10Т
Длина погружной части L	320 мм
Резьба штуцера	M20x1.5
Диапазон измеряемых температур	От -50 до +180 С°
Условное давление	10 МПа (100 кгс/см ²)
Диаметр датчика D	8 мм
Исполнение коммутационной головки	Пластмасса
Номинальная статическая характеристика НСХ	100М
Класс допуска	В
Схема внутренних соединений проводников	Трехпроводная
Степень защиты	IP54

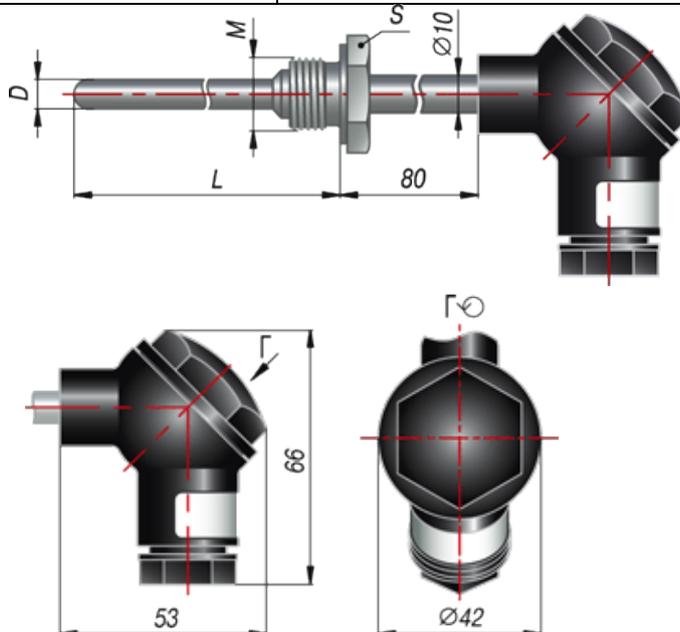


Рисунок 5 - Конструктивное исполнение термометра.

3. Термостат KSD301-FBVL-205.

Биметаллический термостат KSD-301-FBVL-205–
 электромеханическое терморегулирующее устройство с автоматическим
 типом срабатывания. Рассчитан на напряжение до 250В и ток 5А.

Основные характеристики термостата.

Ток	5 А
Рабочее напряжение	250 В
Температура срабатывания	45°C – 180°C
Допустимое отклонение	±5% , ±10%
Тип срабатывания	Автоматическое
Диэлектрическая прочность	1500 В / 1 мин
Применение	Термозащита для бойлера; для обогревателя; для кухонного оборудования

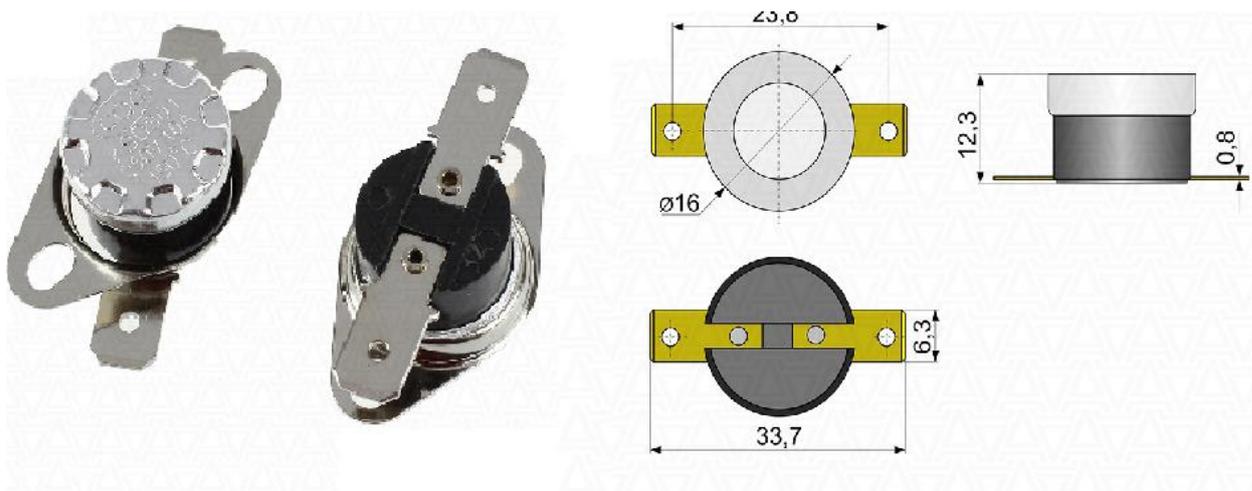


Рисунок 6 - Конструктивное исполнение термостата.

4. Термометр сопротивления ДТС 065-100М.В3.80.МГ-Т2ТУ 4211-023-46526536-2009.

Термометр сопротивления ТС является датчиком температуры и предназначен для непрерывного измерения температуры различных рабочих сред(пар, газ, вода, сыпучие материалы, химические реагенты и т.п.) и работает совместно с приборами, имеющими вход под термосопротивления.

Технические характеристики:

Материал корпуса	Нержавеющая сталь 12Х18Н10Т
Длина погружной части L, мм	80
Резьба штуцера	M20x1.5
Диапазон измеряемых температур, °С	-50..+180
Условное давление, МПа	10 (100 кгс/см ²)
Диаметр датчика D, мм	8
Исполнение коммутационной головки	Пластмасса
Номинальная статическая характеристика НСХ	100М
Класс допуска	В
Схема внутренних соединений проводников	Трехпроводная
Степень защиты	IP54

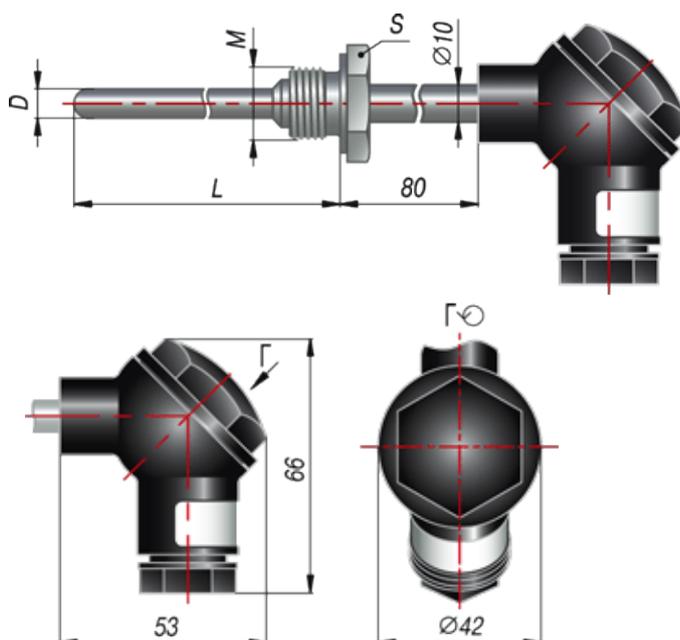


Рисунок 7 - Конструктивное исполнение термометра.

5. Термостат KSD9700-P-85.

Самовосстанавливающийся термостат – полимерное устройство с положительным температурным коэффициентом сопротивления.

Технические характеристики:

Номинальная температура, °С	Температура сброса, °С	Напряжение, В	Ток, А
85±5	60±10	250	5

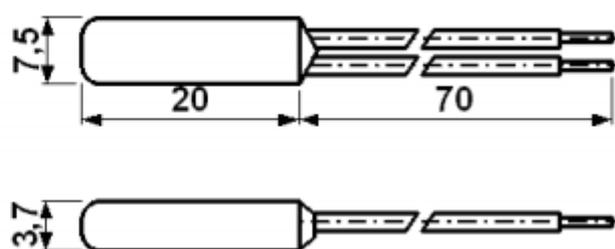


Рисунок 8 - Термостат KSD9700-P-85.

6. Трубчатый нагревательный элемент ТЭН-80А13/0,5S48ф1.

ТЭН - трубчатые электронагреватели предназначены для преобразования электрической энергии в тепловую и применяются в качестве комплектующих изделий в промышленных установках и бытовых нагревательных приборах. Нагрев различных сред осуществляется путем конвекции, теплопроводности и излучения.

Технические характеристики:

Развернутая длина трубки ТЭН, см	80
Длина контактного стержня в заделке, мм	40
Диаметр ТЭН, мм	13
Потребляемая мощность, кВт	0,5
Рабочая среда	Спокойный воздух

Напряжение питания, В	220
Типовая форма ТЭН	см. рис. 9

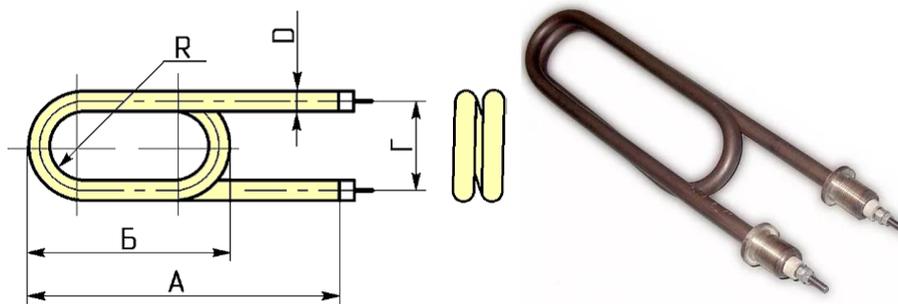


Рисунок 9 - Типовая форма ТЭН

7. Вентилятор однофазный EQ 200-4 (АС 220V).

Осевой вентилятор EQ 200-4 предназначен для применения там, где есть необходимость подачи большого количества воздуха при наличии малых и средних аэродинамических сопротивлений.

Технические характеристики:

Напряжение, В	220
Мощность, кВт	0,033
Номинальный ток, А	0,150
Воздухообмен, м ³ /час	400
Уровень шума, дБ	67
Частота вращения, об/мин	2550
Масса, кг	3,5
Класс защиты	IP44



Рисунок 10 - Вентилятор однофазный EQ 200-4.

8. Термостат механический KTS 01158 +20 С до +80 С с 1 Н.О конт.

Термостаты данного вида обеспечивают идеальные условия в электрических и коммутационных шкафах: регуляторы температуры и влажности управляют работой нагревателей, вентиляторов с фильтром, теплообменников.

Технические характеристики:

Номинальный ток (в скобках: индуктивная нагрузка при $\cos.\varphi = 0,6$)	10(1)А, 250Vас
Диапазон регулирования, °С	+20 ... +80
Температура хранения и эксплуатации, °С	-20°С ... +80
Погрешность, °С	±4
Гистерезис, °С	7



Рисунок 11 - Термостат механический KTS 01158.

9. Электрод ионизации.

Электроды ионизации применяются в устройствах горения.

Параметры:

- Общая длина 95 мм;
- Стержень $\varnothing 3$ x 17 мм;
- Общая длина стержня 40 мм;
- Керамическая изоляция $\varnothing 8$ x 60 мм;
- Штекер к кабелю ионизации $\varnothing 4$ мм.



Рисунок 12 - Электрод ионизации.

10. Электрод поджига, сборка $\varnothing 6$ мм.

Технические характеристики.

Общая длина, мм	75
Диаметр сердечника, мм	1.5
Керамический изолятор, мм	46x25x7
Разъем под высоковольтный кабель, мм	6

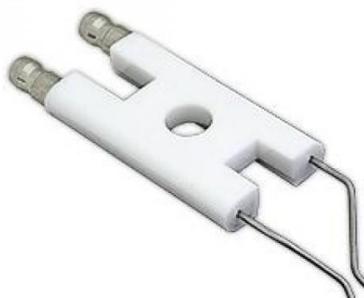


Рисунок 13 - Электрод поджига.

11. Дифференциальное реле давления Dungs LGW50A2 (диапазон 2.5-50mbar).

Реле давления типа LGW...A2 - регулируемое дифференциальное реле давления согласно EN 1854 для топочных агрегатов. Оно служит для включения, выключения или переключения электрической цепи при изменении действительного значения давления на заданное.

Технические характеристики:

Макс. рабочее давление, кПа	50
Диапазоны, кПа	0,25-5
Соединение для подачи давления	Шланговый штуцер Ø4,6 мм
Температурный диапазон, °С	Температура окружающей среды: от -15°С до +70°С; Температура рабочей среды: от -15 °С до +70 °С; Температура хранения: от -30 °С до +85 °С.
Номинальный ток, А	10
Ток переключения, А	min 0,02, max 6
Электрическое соединение	Винтовые зажимы через кабельное отверстие М20х1,5
Вид защиты	IP54



Рисунок 14 - Дифференциальное реле давления Dungs LGW50A2.

12. Трансформатор поджига FIDA 26/30 ED 100%.

Трансформатор розжига FIDA 26/30 100% IS предназначен для поджига горючей смеси высоковольтной электрической дугой создаваемой между электродами поджига в теплопушках и горелках.

Трансформатор поджига FIDA 26/30 100% IS имеет следующие характеристики:

Электропитание	Напряжение, В	230-240
	Сила тока, А	0,1
	Частота, Гц	50/60
Ток поджига	Напряжение, кВ	3,5x2
	Сила тока, мА	30
Режим работы (ED)		100%
Разъем питания		прямоугольный



Рисунок 15 - Трансформатор поджига FIDA.

13. Сигнализатор горения ЛУЧ-1АМ-2К.

Сигнализатор горения ЛУЧ-1АМ-2К предназначен для контроля наличия факела запальника и горелки или основного факела в топках котлоагрегатов и используется в комплектах запально-защитных устройств (ЗЗУ) и запально-сигнализирующих устройств (ЗСУ) или в качестве самостоятельного прибора контроля горения факела технологических установок.

Технические характеристики:

Длина линии датчик-сигнализатор, м	200
Выходной сигнал	Переключающие контакты электромагнитного реле
Чувствительность на частоте F, мВ F = 10Гц F = 15Гц	1,5 2,0
Напряжение питания универсальное, В	~ 220В, 50Гц
Допустимая нагрузка по коммутации внешних цепей, А	0,01 - 2,0
Быстродействие сигнализатора, с	2
Номинальная потребляемая мощность, ВА	5
Степень защиты	IP54
Габаритные размеры, мм	178 x 121 x 165
Масса сигнализатора, кг	0,6
Температура окружающей среды, °С	от -40 до +50



Рисунок 16 - Сигнализатор горения ЛУЧ-1АМ-2К.

14. Сигнализаторы загазованности СЗЦ-1 и СЗЦ-2.

Сигнализатор загазованности предназначен для непрерывного автоматического контроля содержания метана или оксида углерода (СО) в воздухе котельных и других коммунально-бытовых и производственных

помещений, а также для управления (в режиме включено/выключено) внешними устройствами.

Технические характеристики:

Пороги срабатывания сигнализатора на метан, % (НКПР):	
Порог 1	10
Порог 2	20
Концентрация оксида углерода (СО), вызывающая срабатывание сигнализатора на СО, мг/м ³ :	
Порог 1	20
Порог 2	100
Время прогрева сигнализатора, мин., не более:	
по метану	3
по оксиду углерода	30
Время срабатывания сигнализатора, с, не более:	
при достижении сигнальной концентрации метана	15
при достижении сигнальной концентрации оксида углерода	180
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50±1 Гц, В	220 (+22\ -30)



Рисунок 17 - Сигнализаторы загазованности СЗЦ-1 и СЗЦ-2.

На основании выбранных компонентов была спроектирована схема соединений для АПЭ представленная в приложении Б.

4 Технические требования к шкафу управления обмоткой возбуждения и частотным преобразователем

Основываясь на произведенном обзоре существующих решений АПЭ и спроектированной схемой соединения шкаф управления обмоткой возбуждения должен выполнять следующие функции:

- обеспечивать транзитную передачу сигналов от шкафа управления парогенератором к исполняющим устройствам;
- должен быть оснащен трансформатором тока для формирования тока подмагничивания последовательной обмотки якоря генератора при повышении тока нагрузки;
- оснащен резисторами подогрева;
- частотным преобразователем для управления вентиляторами охлаждения;
- шкаф должен оснащен выпрямителем и силовыми транзисторами для управления тормозными нагрузками;
- все соединения должны быть выполнены на разъемах обеспечивая возможность быстрого проведения ремонта.

4.1 Выбор компонентов шкафа управления обмоткой возбуждения и частотным преобразователем

Проведя обзор компонентной базы, в качестве основных конструктивных элементов для шкафа управления обмоткой возбуждения и частотным преобразователем были выбраны:

1. Шкаф ST R5ST0552.

Предназначен для систем распределения электроэнергии и автоматизации технологических процессов.

Технические характеристики:

- размеры 500x500x200;
- каркас и дверь выполнены из стали 1,5 мм, порошковое покрытие RAL 7035;
- монтажная плата выполнена из оцинкованная сталь 2 мм;
- литой уплотнитель: полиуретан;
- высокая степень пыле- влагозащиты;
- степень ударопрочности – IK10;
- дверь реверсивная, по умолчанию установлена с правой стороны;
- степень защиты IP65
- быстросъемный фланец для ввода кабеля в комплекте с уплотнителем.



Рисунок 18 - Шкаф

2. Модуль диодный низкочастотный МДД4/3-80-10 (RUICHI).

Модули диодные предназначены для работы в цепях постоянного и переменного тока частотой до 500 Гц. Применяются в силовых полупроводниковых выпрямителях.

Технические характеристики:

Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии, В	200-1600
Импульсное прямое напряжение, В	1,64
Постоянный ток в открытом	80

состоянии, А	
Ударный прямой ток, кА	1,70
Действующий прямой ток, А	125
Критическая скорость нарастания, А/мкс	125
Тепловое сопротивление переход-корпус на элемент, °С/Вт	0,32



Рисунок 19 - Модуль диодный низкочастотный МДД4/3-80-10.

3. IGBT модуль МДТКИ-75-12 нижний чоппер 1200 В 75 А.

МДТКИ-75-12 — силовой IGBT модуль силовой IGBT модуль, используемый в электроприводной, преобразовательной и коммутационной технике.

Технические характеристики:

Транзистор	Тепловое сопротивление переход-корпус на элемент, °С/Вт	0,235
	Напряжение «коллектор-эмиттер», В	2,1
	Время задержки выключения, нс	500
Диод	Тепловое сопротивление между кристаллом и основанием, °С/Вт	0,55
	Прямое падение напряжения, В	2,3
	Время обратного восстановления, нс	400



Рисунок 20 - IGBT модуль

4. Трансформатор тока ТШП-0,66-1000/5 УЗ ТУ 16-2011 ОГГ.671 230.001 ТУ.

Трансформаторы предназначены для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам в установках переменного тока частоты 50 или 60 Гц с номинальным напряжением до 0,66 кВ включительно.

Технические характеристики:

Номинальный первичный ток, А	1000
Номинальный вторичный ток, А	1; 5
Номинальная вторичная нагрузка, ВхА	1-10
Номинальное напряжение, кВ	0,66
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	0,8
Номинальная частота переменного ток, Гц	50



Рисунок 21 - Трансформатор тока

5. Контактёр А9-30-10.

Контакты АBB серии А поставляются с питанием управляющей катушки как переменным, так и постоянным током на разные номинальные

напряжения. Контакторы используются в различных областях и подходят как для «нормальных», так и для «круглосуточных» устройств.

Номинальный рабочий ток, А	9
Номинальная рабочая мощность, кВт	2,2
Максимальная частота переключения, цикл в час	1200

Технические характеристики:



Рисунок 22 - Контактор А9-30-10

б. Автоматический выключатель ВА47-29 С10 400 В (IEK).

Автоматические выключатели ВА47-29 предназначены для защиты распределительных и групповых цепей, имеющих различную нагрузку.

Технические данные:

Номинальное напряжение частотой 50 Гц, В	230/400
Номинальный ток, А	10
Номинальная отключающая способность, А	4500
Напряжение постоянного тока, В/полюс	48
Степень защиты выключателя	IP20



Рисунок 23 - ВА 47-63

7. Частотный преобразователь ПЧВ 101-К75-А ОВЕН.

Преобразователи частоты векторные ПЧВХХ-Х-Х предназначены для управления асинхронными электродвигателями.

Технические характеристики:

Питание, В	220
Выходная частота, Гц	до 400
Диапазон регулирования	до 1:1000
Точность поддержания скорости	до 0,1% от фактической
Точность поддержания момента	до 0,5% от фактического



Рисунок 24 - Частотный преобразователь ПЧВ 101-К75-А ОВЕН.

8. Диодный мост VS-36MT120, трехфазный мост 1200 В 75 А.

Диодный мост — электрическая схема, предназначенная для преобразования («выпрямления») переменного тока в пульсирующий постоянный.

Максимальное постоянное обратное напряжение,В	1200
Максимальный прямой(выпрямленный за полупериод) ток,А	36
Максимальное импульсное обратное напряжение,В	1300
Максимальный допустимый прямой импульсный ток,А	475
Рабочая температура,°С	1,19



Рисунок 24 - Диодный мост VS-36MT120.

9. Диодный мост КВРС2504 (МВ254) 25 А 400 В.

Диодный мост КВРС2504— однофазные двухполупериодные преобразователи переменного тока в пульсирующий постоянный.

Технические характеристики:

Максимальное постоянное обратное напряжение,В	400
Максимальное импульсное обратное напряжение,В	400
Максимальный прямой(выпрямленный за полупериод) ток,А	25
Максимальный допустимый прямой импульсный ток,А	400
Максимальный обратный ток,мкА	10
Рабочая температура,°С	-55...+125



Рисунок 25 - Диодный мост KBPC2504.

10. Реле CR-P024DC2 (ABB).

Мини реле АВВ для втычного монтажа в розетку CR-P или для печатной платы CR-P024DC2 с катушкой управления на 24 В. Один перекидной контакт на 16 А, напряжение до 250 В.



Рисунок 26 - Реле CR-P024DC2

На шкаф управления подается 46 В, однако этого напряжения не хватает для питания преобразователя частоты (ПЧ). Преобразователь частоты питается от 230-240 В, поэтому была поставлена задача в разработке трансформатора.

Остальные вспомогательные компоненты расположены в спецификации АПЭ4.48-92 в приложении А.

5 Расчет характеристик трансформатора

Трансформатор является источником для питания преобразователя частоты (ПЧ) 0,75 кВт. Преобразователь частоты работает от напряжения

200-240В 50 Гц. На трансформатор поступает напряжение 46В, отсюда следует, что нужно на выходе трансформатора получить 230-240. ПЧ управляют двумя вентиляторами. ПЧ подключен к шине постоянного тока. Выпрямление происходит с помощью моста Ларионова.

Коэффициент связи выпрямленного напряжения с фазным:

$$K_{\text{связи}}=2,34$$

Найдем фазное напряжение вторичной обмотки трансформатора.

Действующее напряжения питания ПЧ:

$$U_{\text{дпч}}=210 \text{ В}$$

Тогда выпрямленное примерно равно:

$$U_{\nu\text{дпч}} = U_{\text{дпч}} \cdot \sqrt{2} \cdot 0.95 = 282 \text{ В}$$

Фазное напряжение вторичной обмотки равно:

$$U_{\phi 2} = \frac{U_{\nu\text{дпч}}}{K_{\text{связи}}} = 120 \text{ В}$$

Тогда линейное напряжение вторичной обмотки равно:

$$U_{\text{л}2} = U_{\phi 2} \cdot \sqrt{3} = 209 \text{ В}$$

Линейное напряжение первичной обмотки:

$$U_{\text{л}1} = 36 \text{ В}$$

Фазное напряжение первичной обмотки:

$$U_{\phi 1} = \frac{U_{\text{л}1}}{\sqrt{3}} = 20.8 \text{ В}$$

Пусть схема соединения будет звезда – звезда, тогда линейный и фазный коэффициенты трансформации будут равными и равны:

$$k_{\text{тр}} = \frac{U_{\phi 1}}{U_{\phi 2}} = 0.172$$

ПЧ работает от напряжения 200-240 В 50 Гц. Проверим, не превышает ли напряжение на вторичной обмотке трансформатора величину 240 В при заряде батарей.

Средневыпрямленное значение напряжения после моста Ларионова будет:

$$U_{нд} = K_{св} \cdot U_{\phi 1} = 48.6 \text{ В}$$

При заряде аккумуляторных батарей напряжение будет подниматься до 57 В, тогда фазное напряжение будет равно:

$$U_{\phi 1max} = \frac{57 \text{ В}}{K_{св}} = 24.4 \text{ В}$$

$$U_{\phi 2max} = \frac{U_{\phi 1max}}{k_{тр}} = 141.3 \text{ В}$$

Тогда средневывпрямленное напряжение будет равно:

$$U_{vdпчmax} = U_{\phi 2max} \cdot K_{св} = 330.7$$

Тогда действующее напряжение будет равно:

$$U_{дпчmax} = \frac{U_{vdпчmax}}{\sqrt{2}} = 233.8 \text{ В}$$

Габаритная мощность:

$$S = 1000 \text{ Вт}$$

Ток фазы первичной обмотки:

$$I_{\phi 1} = \frac{S}{(\sqrt{3} \cdot U_{л1})} = 16.038 \text{ А}$$

Ток фазы вторичной обмотки:

$$I_{\phi 2} = \frac{S}{(\sqrt{3} \cdot U_{л2})} = 2.8 \text{ А}$$

Пусть КПД трансформатора равно 0.98.

$$I_{\phi 1max} = \frac{I_{\phi 1}}{\eta} = 16.4 \text{ А}$$

$$I_{\phi 2max} = \frac{I_{\phi 2}}{\eta} = 2.8 \text{ А}$$

По известным токам и напряжениям обмоток и габаритной мощности трансформатора выбирается сердечник и определяются параметры обмоток, при этом число витков первичной обмотки рассчитывается исходя из наибольшего напряжения, прикладываемого к ней, чтобы исключить режим насыщения сердечника трансформатора.

Определим параметры обмоток:

1. Частота:

$$f_{\text{вых}} = 1000 \text{ Гц}$$

2. Коэффициент формы напряжения:

$$k_{\phi} = 1.11$$

3. Коэффициент заполнения сердечника электротехнической сталью Э350:

$$k_c = 0.9$$

4. Коэффициент заполнения окна сердечника медью (для проводов круглого сечения в пределах от 0,2 до 0,35), примем:

$$\sigma = 0.25$$

5. Плотность тока в обмотках трансформатора (зависит от материала провода, количества витков в обмотках и т.д.) определяет тепловой режим трансформатора и для низкочастотных многовитковых трансформаторов выбирается в диапазоне от 3 А/мм² до 5 А/мм², примем:

$$\delta = 4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$$

6. Индукция в магнитопроводе (зависит от материала сердечника, частоты и режима работы трансформатора). Для низкочастотных трансформаторов, выполненных на сердечниках из электротехнических сталей Э310 Э360, индукция выбирается в пределах 1,6 1,88 Тл), примем:

$$B_{\text{max}} = 1.1 \text{ Т}$$

$$S_0 S_c = \frac{S}{2 \cdot f_{\text{вых}} \cdot k_{\phi} \cdot k_c \cdot \sigma \cdot \delta \cdot B_{\text{max}}} = 45.5 \text{ см}^2$$

В качестве сердечника будем использовать трансформаторное железо с ПВР. Поэтому получится трансформатор с разными параметрами обмоток.

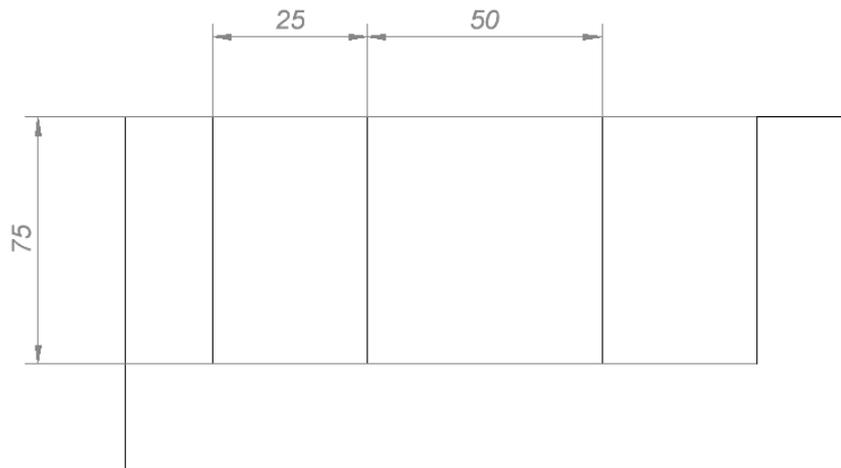


Рисунок 27 - Параметры сердечника

Определим толщину магнитопровода для меньшей катушки:

$$S_0 = 25_{\text{мм}} \cdot 75_{\text{мм}} = 18.75 \text{ см}^2$$

$$S_{cmin} = \frac{S_0 S_c}{S_0} = 3.43 \text{ см}^2$$

Минимальная толщина сердечника:

$$b_{min} = \frac{S_{cmin}}{25_{\text{мм}}} = 0.971 \text{ см} \approx 1 \text{ см}$$

Площади магнитопроводов катушек будут равны:

$$S_{c1} = b \cdot 25_{\text{мм}} = 2.5 \text{ см}^2$$

$$S_{c2} = b \cdot 50_{\text{мм}} = 5 \text{ см}^2$$

Тогда число витков на 1 В ЭДС будет равно:

$$W_{01} = \frac{1}{4 \cdot f_{\text{вых}} \cdot k_{\phi} \cdot k_c \cdot S_{c1} \cdot B_{\text{max}}} = 0.91 \frac{1}{\text{В}}$$

$$W_{02} = \frac{1}{4 \cdot f_{\text{вых}} \cdot k_{\phi} \cdot k_c \cdot S_{c2} \cdot B_{\text{max}}} = 0.455 \frac{1}{\text{В}}$$

Число витков в первичной обмотке:

$$W_{11} = U_{\phi 1 \text{max}} \cdot W_{01} = 22$$

$$W_{12} = U_{\phi 1 \text{max}} \cdot W_{02} = 11$$

Число витков во вторичной обмотке:

$$W_{21} = U_{\phi 2 \text{max}} \cdot W_{01} = 110$$

$$W_{22} = U_{\phi 2 \max} \cdot W_{02} = 55$$

Государственные стандарты допускают разницу коэффициентов трансформации не превышающую 0.5%, т.е.

$$\Delta k_{\text{тр}} = \frac{\frac{W_{12}}{W_{22}} - \frac{W_{11}}{W_{21}}}{\sqrt{\frac{W_{12}}{W_{22}} \cdot \frac{W_{11}}{W_{21}}}}$$

$$\Delta k_{\text{тр}} = 0$$

Диаметры проводов обмоток:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot I_{\phi 1 \max}}{\pi \cdot \delta}} = 2.282 \text{ мм}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot I_{\phi 2 \max}}{\pi \cdot \delta}} = 0.948 \text{ мм}$$

Параметры большой катушки:

1. Первичная обмотка: ПЭТД-180 – 1.4 мм в два провода, 1.32 мм в один провод; 11 витков.
2. Вторичная обмотка: ПЭТД-180- 0.95 мм в один провод; 55 витков.

Параметры двух малых катушек:

1. Первичная обмотка: ПЭТД-180 – 1.4 мм в два провода, 1.32 мм в один провод; 2 витков.
2. Вторичная обмотка: ПЭТД-180- 0.95 мм в один провод; 110 витков.

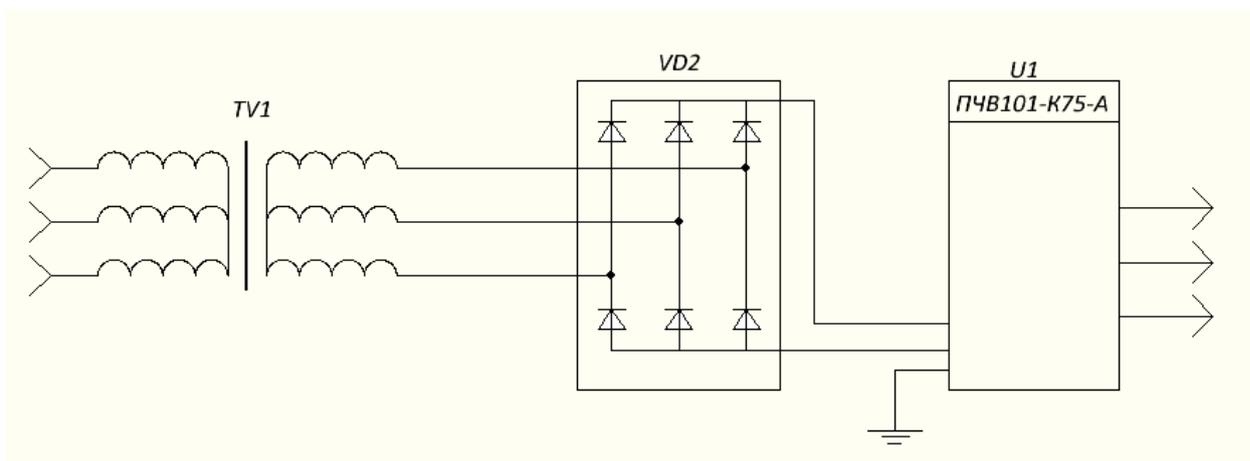


Рисунок 28 - Часть электрической принципиальной схемы (подключение трансформатора к преобразователю частоты)

6 Проектирование шкафа системы управления

Для проектирования шкафа системы управления использовался пакет программного обеспечения PTC CREO.

PTC CREO— это масштабируемый, функционально совместимый пакет программного обеспечения для конструирования изделий. Он позволяет группам конструкторов создавать, анализировать, просматривать и максимально использовать проекты изделий при дальнейшем конструировании, используя 2- и 3-мерное моделирование cad, параметрическое и прямое моделирование. С помощью PTC CREO будут разработаны 3D модели компонентов, новые детали, а также конструкторская документация.

При проектировании шкафа нужно достаточно хорошо изучить электрическую принципиальную схему. Ориентируясь по ней, можно грамотно расположить детали и компоненты так, чтобы соединяющие их провода были как можно короче и не тянулись через весь шкаф. Аналогично устанавливаются разъемы на внешней поверхности шкафа. Для более точного размещения деталей и компонентов необходимо знать габаритные размеры, а также крепежные

На рисунке 30 изображена монтажная плата с расположенными на ней деталями и компонентами.

Рисунок 30 — Расположение деталей на монтажной плате. 1 — изолятор, 2 — трансформатор тока, 3 — диодный мост, 4 — резистор R1, 5 — трансформатор, 6 — частотный преобразователь, 7 — автомат, 8 — контактор, 9 — диодный мост, 10 — реле, 11 — резистор ER1...ER2.

IGBT модуль и диодный модуль выделяют большое количество тепла, что помешает дальнейшей работе. Было принято решение установить на боковые стенки шкафа радиаторы (рисунок 31), на которых будут размещаться модули, а на верхнюю стенку и на кабельный фланец устанавливаются разъемы (рисунок 32). Под радиаторы и разъемы необходимо в шкафу выполнить отверстия (рисунок 33). Для этого необходимо знать крепежные размеры отверстий разъемов.

Рисунок 31 — Конструктивное исполнение радиатора

Рисунок 32 — Размещение модулей и разъемов.

Рисунок 33 — Шкаф с отверстиями

После примерной сборки стало ясно, что такое расположение элементов удобно, поэтому в монтажной плате выполняем отверстия под их крепеж (рисунок 34), а затем приступаем к сборке (рисунок 35). Провода следует уложить в короба, чтобы избежать спутывание проводов, исключить трение друг об друга и другие элементы, а также это облегчит работу в случае ремонта и наладки. Следует установить на планку компоненты с креплением под DIN – рейку. Крепление элементов осуществлять согласно чертежу АПЭ4.48-92 (приложение В).

Рисунок 34 — Монтажная плата

Рисунок 35 — Шкаф управления обмоткой возбуждения и частотным преобразователем

Конструкторская документация расположена в приложении В.

Список литературы

1. Сидельковский Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий. Учебник для вузов/ Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев (стереотипно с 1988 г). – М.: Изд-во ООО «БАСТЕТ», 2009.
2. Липов Ю.М. Котельные установки и парогенераторы: учебник / Ю.М.Липов, Ю.М. Третьяков, 2003.
3. Ковалев А.П. Лелеев И.С., Виленский Т.В. Парогенераторы. - М.: Энергоатомиздат, 1985. 376 с.
4. PTC [Электронный ресурс] // Pro/Engineer: [сайт]. – 2016. Режим доступа: <http://ru.ptc.com/product/creo/proengineer>, свободный (25.07.2016).
5. Мишуров В.С. Энергетическая установка. Методические указания и примеры выполнения курсового проекта/ Мишуров В.С. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. — 148 с.

Приложение А **Схема соединений**

Приложение Б Электрическая принципиальная схема

Приложение В Конструкторская документация