

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

Энергетический институт
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика электротехника
Кафедра ЭПЭО

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автономного инвертора для сварочного аппарата

УДК 621.791:621.314.572

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Коваль Сергей Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Паюк Л.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Дементьев Ю.Н.	Ph.D., к.т.н.		

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

Энергетический институт
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра ЭПЭО

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись)

(Дата)

Дементьев Ю.Н.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Б	Ковалю Сергею Александровичу

Тема работы:

Разработка автономного инвертора для сварочного аппарата

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 966/с от 10.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

1.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)

Напряжение питающей сети: $U_{пит}=220 В \pm 15\%$.

Частота сетевого напряжения: $f=50 Гц$.

Номинальная мощность при максимальном токе:

$S_n=6,2 кВА$.

Максимальный ток: $I_{max}=26,2 А$.

Коэффициент мощности: $\cos\varphi=0,98 о.е.$

Напряжение на вторичной обмотке трансформатора: $U_2=26 В$.

Диапазон регулирования: 1:10.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Разработка автономного инвертора напряжения резонансного типа на заданные параметры.</p> <p>Разработка системы управления.</p> <p>Разработка системы защиты.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Дашковский А.Г.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент кафедры менеджмента Трофимова М.Н.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Паюк Л.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Коваль Сергей Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 5Г2Б	ФИО Коваль Сергей Александрович
----------------	------------------------------------

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	<p>1. <i>Описание рабочего места на предмет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – описание места проведения работ по разделу; – проявлений факторов техносферной безопасности; – объекта воздействия на окружающую среду (экологическая безопасность); – места возникновения ЧС (в основном опасность пожара);
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	<p>1. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – составление правил работы с исследуемым оборудованием; – электробезопасность. <p>2. Анализ вредных факторов, проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – уменьшение уровня шума; – средства защиты (индивидуальные и коллективные); – расчет освещения рабочей зоны. <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ влияния теплового излучения и меры по его уменьшению; – утилизация твердых неорганических отходов (макулатуры и металла). <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – наиболее вероятные ЧС при разработке и исследовании автономного инвертора; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – организационные мероприятия управления охраной труда, ООС, ЧС; – работа отдела охраны труда; – перечень законодательных и нормативных документов.
Перечень расч-го и граф-го материала:	Расчет искусственного освещения для помещения;

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Коваль С.А.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Б	Коваль Сергей Александрович

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 13% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	27,1 отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений. Оценки перспективности проекта по технологии QuaD.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки; Формирование бюджета затрат на научное исследование.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение ресурсоэффективности проекта: -определение интегрального финансового показателя; -определение интегрального критерия ресурсоэффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Оценочная карта QuaD</i>
3. <i>График Ганта</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Определение ресурсоэффективности проекта</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Коваль Сергей Александрович		

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

Энергетический институт
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Уровень образования Бакалавриат
 Кафедра ЭПЭО
 Период выполнения весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.02.2016	<i>Обзор литературных источников</i>	
24.02.2016	<i>Выбор схемы и расчет силового оборудования</i>	
23.03.2016	<i>Расчет и выбор элементов системы управления</i>	
15.04.2016	<i>Расчет и выбор элементов системы защиты</i>	
23.04.2016	<i>Разработка электрической схемы инвертора</i>	
20.05.2016	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	
27.05.2016	<i>Социальная ответственность</i>	
28.05.2016	<i>Оформление результатов работы и выводов по работе. Формирование файла дипломной работы</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Паюк Л.А.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Дементьев Ю.Н.	Ph.D., к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Универсальные компетенции	
P1	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
P2	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники
P3	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
P4	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P5	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P6	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.
Профессиональные компетенции	
P7	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
P8	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P9	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
P10	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
P11	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
P12	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 75 листов, 7 иллюстраций, 31 таблицу, в процессе работы использовалась информация из 37 источников технической литературы.

В пояснительной записке используется следующий перечень ключевых слов: СВАРОЧНЫЙ АППАРАТ, АВТОНОМНЫЙ ИНВЕРТОР, РЕЗОНАНСНЫЙ ИНВЕРТОР, ТРАНЗИСТОР, ДРОССЕЛЬ, ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы являются теоретические исследования и имитационное моделирование нормальных и аварийных режимов работы автономного инвертора напряжения резонансного типа.

Произведен анализ литературных источников, связанных с вопросом развития и становления сварочных аппаратов. Сравнение и выбор типа, описываемого оборудование, для сварочного аппарата. Приведено технико-экономическое обоснование, принципиальная схема и принцип действия автономного инвертора напряжения резонансного типа, расчет силовых элементов, расчет транзисторов, выбор дросселя и емкости, а также расчет понижающего трансформатора напряжения. Выбраны схема управления и схема защиты. Проведен анализ выбранных схемных решений по защите и управлению.

Рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности, экологичности, а также рассчитана экономическая часть выпускной квалификационной работы.

Обозначения и сокращения:

- АИН – Автономный инвертор напряжения.
- IGBT – Insulated-gate bipolar transistor (биполярный транзистор с изолированным затвором).
- ШИМ – Широтно-импульсная модуляция.
- КПД – Коэффициент полезного действия.

Содержание	
РЕФЕРАТ	8
ВВЕДЕНИЕ	11
1. Объект исследования	13
1.1. Основоположники сварки	13
1.2. Классификация сварочных аппаратов	14
1.3. Области применения	15
1.4. Требования, предъявляемые к автономным инверторам.....	16
Вывод.....	17
2. Проектно-расчетная часть	18
2.1. Выбор и обоснование схемы	18
2.2. Расчет силовых элементов	19
2.3. Выбор транзисторов	22
2.4. Выбор резистора	24
2.5. Выбор конденсатора	25
2.6. Расчет дросселя	25
2.7. Расчет трансформатора	26
Вывод.....	29
3. Выбор системы защиты и управления	29
3.1. Обоснование системы управления.....	29
3.1.1. ШИМ-контроллер.....	29
3.1.2. Задающий генератор	32
3.1.3. Диаграммы работы АИН резонансного типа с ШИМ	32
3.2. Система защиты	33
3.2.1. Выбор элементов системы защиты.....	34
3.3. Электрическая схема АИН с системами управления и защиты.....	35
Вывод.....	37
4. Социальная ответственность.....	37
4.1. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	37
4.2. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	39
4.3. Охрана окружающей среды	42
4.4. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	43
4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	44

Вывод.....	44
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	45
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	46
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	46
5.1.2. Технология QuaD.....	47
5.1.3. SWOT-анализ	49
5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	56
5.3. Планирование научно-исследовательских работ	56
5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	56
5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	58
5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	59
5.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	63
5.3.5. Основная заработная плата исполнителей темы	63
5.3.6. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	67
5.3.7. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	67
5.3.8. Накладные расходы	68
5.3.9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	69
5.4. Определение ресурсоэффективности проекта	69
Вывод.....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
Список литературы.....	73

ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции развития источников питания сварочной дуги дали толчок в развитии давно известных сварочных инверторных аппаратов для различных видов сварки и многофункциональных аппаратов, совмещающих в себе возможность различных комбинаций сварки. Сварочные инверторы являются самыми современными и распространенными, которые в настоящее время охватывают большую часть потребителей, тем самым вытесняя на второй план классические сварочные трансформаторы.

В отличие от статических источников питания у инверторов отсутствует силовой трансформатор. Работа сварочного инверторного аппарата построена на принципе фазового сдвига напряжения, осуществляемого с помощью современных IGBT-транзисторов. Отклонения тока в таких схемах минимизированы, это позволяет добиваться высокого качества сварки, без разбрызгивания. Свою популярность он завоевал благодаря небольшим размерам и весу, а также стабилизированному постоянному сварочному току, не зависящему от колебаний входного напряжения. В зависимости от сварочного тока инвертора их можно разделить на: инверторы бытового, профессионального и промышленного классов [1].

Данный аппарат, благодаря своим достоинствам, может быть применен в различных производственных сферах: промышленность, электроэнергетика, легкая промышленность, машиностроение, топливная промышленность и строительство.

В настоящее время основные изменения в сварочных инверторах затронут их качественное усовершенствование. Наиболее важными остаются вопросы улучшения возбуждения дуги, формирования более ровного шва, без разбрызгивания металла во время сварки. Ввиду развития и совершенствования сварочных инверторных аппаратов, производство сварочных преобразователей будет не целесообразно, а доля трансформаторов снизится еще существеннее.

Целью данной выпускной квалификационной работы является теоретически изучить и экспериментально исследовать сварочный инверторный аппарат со стороны его надежности и эффективности, а также провести полный расчет

инвертора напряжения и сравнение его с имеющимся инвертором на предприятии. Для оценки работы сварочного инвертора необходимо провести расчет основных силовых элементов. Разработать схемные решения по созданию сварочного инверторного аппарата.

1. Объект исследования

1.1. Основоположники сварки

Электрическая дуга была открыта в 1802 г. русским академиком В. В. Петровым, который заметил горящую дугу с высокой температурой, возникающую между концами двух стержней из металла при пропускании по ним электрического тока. Изучив это явление, он предложил использовать тепло электрической дуги для расплавления металлов. В 1882 г. Н. Н. Бенардос изобрел другой способ дуговой сварки, основанный на использовании дуги, горящей между угольным электродом и металлом. Н. Г. Славянов изобрел в 1888 г. дуговую сварку, с помощью плавящегося металлического электрода, которая наиболее распространена в настоящее время. Также он широко внедрял свой способ сварки в практику, обучив коллектив рабочих машиностроительного завода. Н. Г. Славянов создал первый сварочный генератор, флюс для повышения качества сварного соединения и автоматический регулятор, для поддержания длины сварочной дуги [2].

Наибольший вклад в развитие сварочной науки и сварочных аппаратов внесли советские ученые, инженеры и новаторы сварочного производства. Они создали обширное количество видов сварочных аппаратов, электродов, а также разработали автоматизированные сварочные процессы и освоили технику сварки различных металлов.

В настоящее время сварка вытесняет способы неразъемного соединения с помощью заклепок, ввиду ряда своих преимуществ. В последние годы сварочные соединения вытеснили способы неразъемного соединения элементов с помощью заклепок и пайки. Сварочное производство является самостоятельной, развивающейся отраслью промышленности и для ее дальнейшего развития требуется усовершенствование аппаратов и их доработка, а также разработка новых типов сварочных аппаратов.

1.2. Классификация сварочных аппаратов

Сварочные аппараты можно разделить на две группы – бытовые и профессиональные. К бытовым аппаратам относят маломощные, рассчитанные на кратковременные режимы работы. Чаще всего они имеют возможность подключения от стандартной электросети и имеют максимальное значение сварочного тока, не превышающее 180 А. В результате чего с такими устройствами в основном используют электроды диаметром до 4 мм [3].

К профессиональным сварочным аппаратам относятся устройства, способные работать как от сети 220 В, так и от 380 В. Значения сварочного тока могут превышать значение 200 А, что позволяет использовать электроды диаметром более 4 мм. Они используются на малых и средних предприятиях. Ввиду этого требования к качеству работы довольно высоки. Основными производителями на рынке сварочного оборудования являются: Kemppi, GYSmi, EWM, CONTACT и т.д.

Согласно литературному обзору [4, 5, 6], автором была разработана классификация сварочных аппаратов, представленная на рисунке 1.1. Её особенностью является отражение современного состояния на рынке сварочного оборудования.

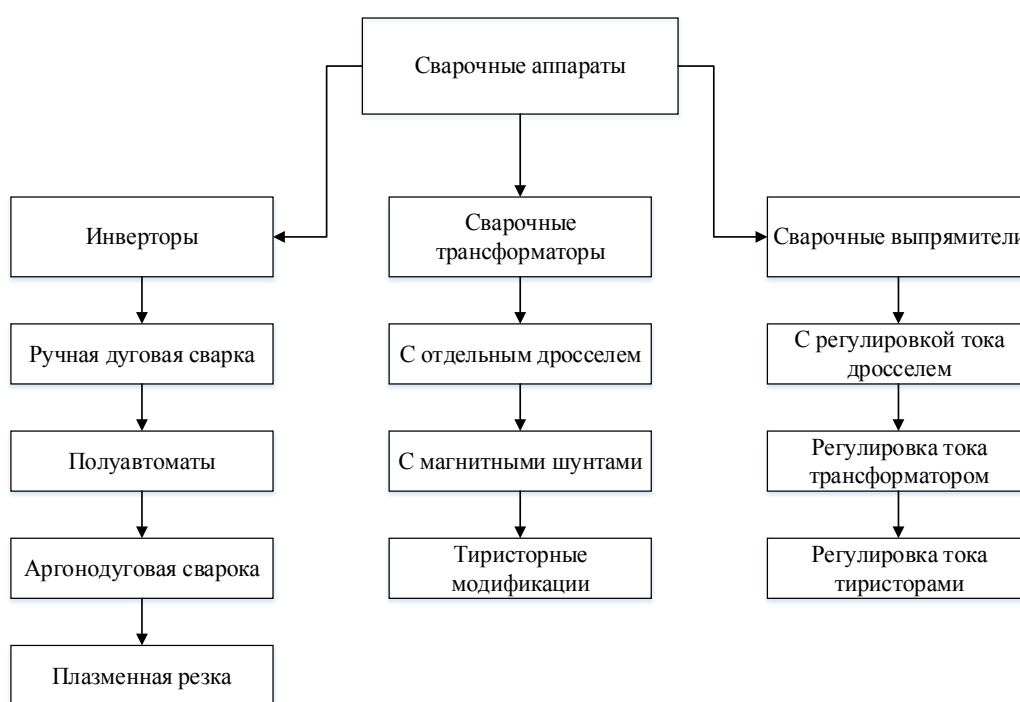


Рисунок 1.1 – Классификация сварочных аппаратов

Сварочные трансформаторы – это аппараты, преобразующие переменное напряжение сети в другое переменное напряжение для сварки, с помощью понижающего трансформатора. Применяется для ручной дуговой сварки штучными электродами, а также при аргонодуговой сварке.

Сварочные выпрямители – это аппараты, которые преобразуют переменный ток сети в постоянный для электросварки. Состоят из силового трансформатора и выпрямителя. Предназначены для дуговой сварки различных металлов и нержавеющей стали. Отличаются своей стабильностью горения дуги и меньшим разбрызгиванием металла, благодаря постоянному току при сварке.

Сварочные инверторы – это аппарат, включающий в себя инверторный источник питания, который преобразует переменное напряжение в сети в необходимое напряжение и тока для электросварки. Предназначены для применения во всех видах электродуговой и плазменной сварки. В настоящее время сварочные инверторы, благодаря своим преимуществам занимают большую часть рынка и им уделяют огромное количество времени на их совершенствование и развитие.

1.3. Области применения

Сварочные аппараты охватывают все сферы отрасли от машиностроения до газовой промышленности. Сварочные трансформаторы применяют на предприятиях, в цехах, где не требуется мобильность и сварка цветных металлов [7].

Сварочные выпрямители используют при всех видах сварки, как ручной дуговой, так и полуавтоматической, также их применяют в автоматической сварке, с использованием флюса.

Сварочные инверторы применяются во всех видах ручной и полуавтоматической электродуговой сварки, плазменной резки. Инверторы очень популярны при ручной дуговой сварке штучными электродами. Это связано с малыми габаритами и весом, а также с низким электропотреблением по сравнению с трансформаторами и выпрямителями. Малые габариты позволяют рабочему

быть более мобильным и работать в местах куда сложно подлезть с другими аппаратами. При ремонтных бытовых работах инвертор имеет широкое распространение, благодаря возможности подключения к стандартной электросети. При аргонно-дуговой сварке инверторы имеют преимущество со стороны точной регулировки параметров режима, что является необходимым при таком типе сварки, которую применяют в случаях, когда необходимо высокое качество сварного соединения. При плазменно-дуговой резке основным преимуществом инвертора является стабильная дуга.

Согласно литературному обзору [8], была построена круговая диаграмма, описывающая соотношения различных типов сварочных аппаратов, приведена на рисунке 1.2.

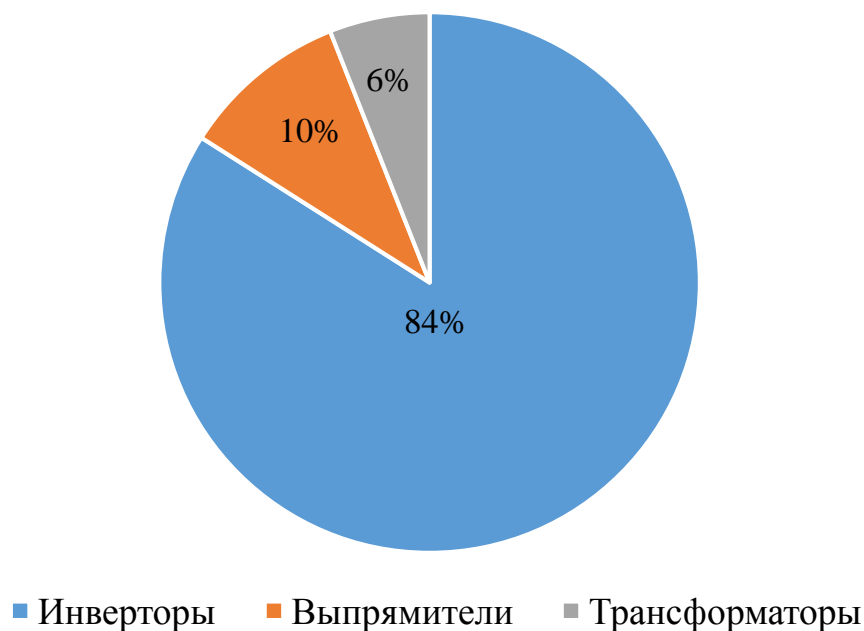


Рисунок 1.2 – Диаграмма соотношений типов аппаратов

1.4. Требования, предъявляемые к автономным инверторам

Сварочные аппараты охватывают все сферы отрасли от машиностроения до газовой промышленности. Ввиду этого предприятиям необходимо иметь оборудование, способное выполнить любую работу по сварке на высшем уровне.

Основными требованиями, предъявляемыми к таким аппаратам, являются:

- стабильность сварочной дуги – режим, при котором сварочная дуга горит длительное время при установленных параметрах, без прерываний и переходов в другие виды разрядов [9];
- легкий поджиг дуги – возбуждение с помощью кратковременного контакта электрода с металлом, а также последующее их разъединение;
- низкое энергопотребление – обуславливается отсутствием внутренних индуктивных потерь, в отличие от сварочных выпрямителей и трансформаторов [10];
- обеспечение высокого КПД – КПД сварочного инвертора, с учетом потерь в выходном дросселе, достигает до 90 %;
- стабильный, высокий коэффициент мощности – характеризует эффективность использования потребленной энергии из сети, в случае с инвертором имеет значение близкое к 1;
- небольшой расход электродов – экономия электродов при ручной сварке, в виду того, что у сварочного инвертора разбрызгивание электродов практически отсутствует;
- обеспечение необходимого диапазона регулирования сварочного тока.

Вывод

На основании проведенного обзора типов сварочных аппаратов, их применения, преимуществ и требований к сварочным инверторам для нашей работы выбран автономный инвертор напряжения резонансного типа на IGBT-транзисторах.

2. Проектно-расчетная часть

2.1. Выбор и обоснование схемы

Для расчетов сварочного инвертора была выбрана мостовая схема автономного инвертора резонансного типа на IGBT-транзисторах. Полумостовая и мостовая схемы являются более эффективными для снижения пульсаций входного тока. Мостовая схема выбрана ввиду увеличения мощности инвертора, за счет удвоения транзисторов, относительно полумостовой схемы. Также она имеет расширенные возможности, связанные с управлением выходным напряжением посредством ШИМ [11].

Выбор АИН резонансного типа обусловлен наличием в схеме колебательного контура, благодаря наличию последовательно соединенных емкости и индуктивности.

В качестве силовых ключей используются IGBT-транзисторы, которые лучше выдерживают перегрузки, имеют меньшие потери, относительно полевых транзисторов. В настоящее время модернизацией и совершенствованием IGBT-транзисторов занимается множество компаний.

Схема АИН резонансного типа представлена на рисунке 2.1.

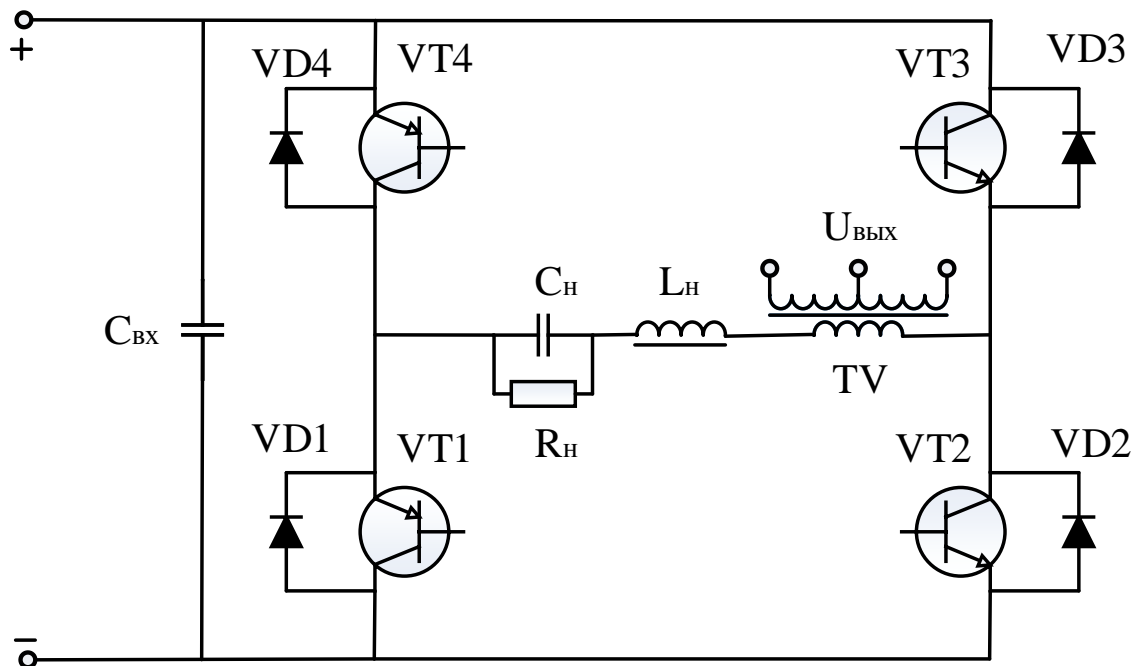


Рисунок 2.1 – Схема АИН резонансного типа

2.2. Расчет силовых элементов

Данный раздел включает в себя расчет ключей и элементной базы, входящих в мостовой автономный инвертор резонансного типа на IGBT-транзисторах. Выбор элементов напрямую связан с энергоэффективностью аппарата, что является важным при его расчетах.

При учете диапазона изменений питающей сети (отклонение вниз от номинала на 15%) значение напряжения на выходе входного фильтра не превышает [12]:

$$U_{dmin} = \sqrt{2} \cdot U_{пит} = 1,41 \cdot 220 \cdot 0,85 = 260 \text{ В.}$$

В рабочем режиме U_{dmin} будет еще ниже на величину падения напряжения на диодах выпрямителя и фильтре. Примем значение напряжения с учетом потерь:

$$U_{dmin} = 240 \text{ В.}$$

Наибольшее значение напряжения на входе фильтра, определяем из выражения:

$$U_{dmax} = 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{пит} = 1,1 \cdot 1,41 \cdot 220 = 341 \text{ В.}$$

Значение тока, протекающего через диоды входного выпрямителя, определяется из выражения:

$$I_{VD} = \frac{I_H}{2} = \frac{28,7}{2} = 14,35 \text{ А.}$$

Максимальное обратное напряжения, прикладываемое к диоду выпрямителя, определяется по выражению:

$$U_{обр} = 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{пит} = 1,1 \cdot 1,41 \cdot 220 = 341 \text{ В.}$$

Выбираем диодный мост 36MB60A с техническими параметрами, представленными в таблице 2.1 [13].

Таблица 2.1 – Технические характеристики диодного моста 36МВ60А

Максимальное постоянное обратное напряжение, В.	Максимальное импульсное обратное напряжение, В.	Максимальный прямой ток, А.	Максимальный допустимый прямой импульсный ток, А.	Рабочая температура, °С.	Количество фаз.
600	600	36	475	от -55°С до +150°С	1

В связи с тем, что жестких требований к качеству напряжения на выходе входного фильтра нет, и величина пульсации в нем определяется допустимой амплитудой переменной составляющей конденсатора, зададимся значением:

$$K_{\Pi}' = 0,05 \text{ о.е.}$$

Коэффициент пульсаций на входе однофазного мостового выпрямителя имеет следующее значение:

$$K_{\Pi} = 0,67 \text{ о.е.}$$

Определим коэффициент сглаживания фильтра как:

$$K_{\text{сгл}} = \frac{K_{\Pi}}{K_{\Pi}'} = \frac{0,67}{0,05} = 13,4 \text{ о.е.}$$

Выбираем входной конденсатор с учетом перегрузочного напряжения. В нашем случае выбираем конденсатор с емкостью 6,6 ф. на напряжение 450 В. Также выбираем токоограничивающий резистор с сопротивлением 5 Ом. После диодного моста необходимо поставить сглаживающие конденсаторы емкостью 0,1 ф. на 630 В.

Исходя из имеющихся параметров, мощность нагрузки должна составлять 6,2 кВА. В связи с тем, что трансформатор при осуществлении преобразований имеет потери энергии на гистерезис и вихревые токи, необходимо принять КПД трансформатора $\eta = 90\%$.

Мощность трансформатора:

$$S_T = \frac{S_H}{\eta} = \frac{6200}{0,90} = 6888,8 \text{ ВА.}$$

Действующее значение тока нагрузки:

$$I_H = \frac{S_T}{U_{dmin}} = \frac{6888,8}{240} = 28,7 \text{ А.}$$

Полное сопротивление:

$$Z_H = \frac{U_{dmin}}{I_H} = \frac{240}{28,7} = 8,36 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление:

$$R_H = Z_H \cdot \cos \varphi = 8,36 \cdot 0,98 = 8,19 \text{ Ом.}$$

Реактивное сопротивление:

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,98^2} = \sqrt{0,00396} = 0,199 \text{ о.е.,}$$

$$X_H = Z_H \cdot \sin \varphi = 8,36 \cdot 0,199 = 1,664 \text{ Ом.}$$

Согласно рекомендациям [14] соотношение между ёмкостью и индуктивностью в цепи нагрузки, составляет 10:1, тогда значения для:

Индуктивное сопротивление:

$$X_L = 0,151 \text{ Ом.}$$

Ёмкостное сопротивление:

$$X_C = 1,513 \text{ Ом.}$$

Индуктивность находим из следующего выражения:

$$X_L = \omega \cdot L,$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,151}{2 \cdot 3,14 \cdot 4000} = 6,019 \cdot 10^{-6} \text{ Гн.}$$

Ёмкость определяем из выражения:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C},$$

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 4000 \cdot 1,513} = 2,63 \cdot 10^{-5} \text{ Ф.}$$

Проведем расчет сопротивлений нагрузки и коэффициента мощности, при различных режимах работы: холодном, нормальном и горячим.

Таблица 2.2 – Значения параметров в различных режимах работы

Эквивалентные параметры	Режим работы		
	Холодный	Нормальный	Горячий
Реактивное сопротивление, Ом	0,014	1,664	7,811
Полное сопротивление, Ом	0,795	8,361	39,252

2.3. Выбор транзисторов

Условие для выбора транзисторов:

$$I_{max} \geq I_K$$

$$26,2 \text{ А.} < 27 \text{ А.}$$

Исходя из значения максимального тока выбираем сверхскоростной IGBT транзистор IRG4PC50UD с рабочей частотой от 8 до 40 кГц [15]. В его конструкцию входит обратный диод. Технические характеристики транзистора представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Технические характеристики транзистора IRG4PC50UD

Максимальное напряжения коллектор-эмиттер, В.	Максимальный постоянный ток коллектора при 25°C, А.	Максимальный постоянный ток коллектора при 100°C, А.	Максимальная мощность при 25°C, Вт.	Время включения, нс
600	55	27	200	46
Максимальная мощность при 100°C, Вт.	Напряжение база-эмиттер, В.	Постоянный прямой ток диода, А.	Максимальный прямой ток диода, А.	Время выключения, нс
78	20	25	220	140

Коэффициент усиления по току:

$$\alpha = \frac{I_K}{I_Э} = 0,98 \text{ о.е.}$$

Ток эмиттера

$$I_Э = \frac{I_K}{\alpha} = \frac{27}{0,98} = 27,55 \text{ А.}$$

Ток базы

$$I_Э = I_K + I_Б,$$

$$I_Б = I_Э - I_K = 27,55 - 27 = 0,55 \text{ А.}$$

Входное сопротивление:

$$R_{ВХ} = \frac{U_{эб}}{I_Э} = \frac{20}{27,55} = 0,726 \text{ Ом.}$$

Производим расчет токоограничивающего сопротивления по выражению:

$$R_{ВХ} = \frac{U_{dmax} - U_{бэ}}{I_{VDдоп}} = \frac{1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{пит} - U_{бэ}}{I_{VDдоп}} = \frac{341 - 20}{36} = 8,92 \text{ Ом.}$$

Мощность на базе транзистора:

$$P_Б = I_Б \cdot U_{бэ} = 0,55 \cdot 20 = 11 \text{ Вт.}$$

Выбираем резистор серии АН-25, с техническими параметрами, представленными в таблице 2.4 [16].

Таблица 2.4 – Технические параметры резистора АН-25

Тип резистора	Номинальная мощность, Вт	Максимальное рабочее напряжение, В	Рабочая температура, °С	Номинальное сопротивление, Ом	Точность, %
АН	25	500	от -55°С до +275°С	10	5

Потери в транзисторах:

$$P_{\text{дин}} = 0,5 \cdot U_{d\text{min}} \cdot I_{\text{max}} \cdot \frac{t_{\text{ВКЛ}}}{T_{\text{М}}} + 0,5 \cdot U_{d\text{min}} \cdot I_{\text{max}} \cdot \frac{t_{\text{ВЫКЛ}}}{T_{\text{М}}},$$

$$P_{\text{дин}} = 0,5 \cdot 240 \cdot 26,2 \cdot \frac{46 \cdot 10^{-9}}{2,5 \cdot 10^{-5}} + 0,5 \cdot 240 \cdot 26,2 \cdot \frac{140 \cdot 10^{-9}}{2,5 \cdot 10^{-5}} = 23,4 \text{ ВА.}$$

Транзисторы в полупроводниковом состоянии имеют максимальные потери, поэтому они используются в двух положениях: полностью открытым и закрытым. В этих положениях потери являются минимальными, ввиду большой частоты срабатывания транзисторов.

Исходя из опорного напряжения, выбираем требуемый стабилитрон КС213Б с техническими параметрами, представленными в таблице 2.5 [17].

Таблица 2.5 – Технические параметры стабилитрона КС213Б

Минимальное напряжение стабилизации, В	Номинальное напряжение стабилизации, В	Максимальное напряжение стабилизации, В	Рабочая температура, °С	Ток стабилизации, мА
12	13	14	от -60°С до +125°С	5

2.4. Выбор резистора

Выбираем резистор СФ-100, исходя из активного сопротивления нагрузки и мощности. Технические характеристики представлены в таблице 2.6 [18].

Таблица 2.6 – Технические параметры резисторы АН-100

Тип резистора	Максимальное рабочее напряжение, В	Рабочая температура, °С	Номинальное сопротивление, кОм	Точность, %
с1-4	500	от -55°С до +155°С	150	5

2.5. Выбор конденсатора

Выбираем конденсатор К50-35, исходя из значения емкости в цепи нагрузки и рабочего напряжения. Технические характеристики представлены в таблице 2.7 [19].

Таблица 2.7 – Технические параметры конденсатора К50-35

Тип конденсатора	Номинальная ёмкость, мкФ	Максимальное рабочее напряжение, В	Рабочая температура, °С	Номинальное сопротивление, Ом	Точность, %
К50-35	47	400	от -40°С до +105°С	10	20

2.6. Расчет дросселя

Дроссель представляет собой катушку индуктивности, с низким сопротивлением постоянному току. Он необходим для регулировки силы тока, благодаря которой ограничивают электрические сигналы разной частоты.

Основным допущением, при расчете является то, что плотность тока, протекающего через дроссель, составляет: $j=1,4$ А/мм². Это связано со способом охлаждения дросселя, который в нашем случае осуществляется с помощью воздуха [20].

Находим необходимое сечение провода дросселя:

$$S_{\text{пр}} = \frac{I_n}{j} = \frac{26,2}{1,4} = 18,72 \text{ мм}^2.$$

Исходя из необходимого сечения провода дросселя, выбираем провод марки ПЭТВ-2 диаметром 2,24 мм. Намотка провода осуществляется таким способом, чтобы между витками оставался воздушный зазор.

Обмотка дросселя занимает все окно сердечника, исходя из этого зная плотность тока и его величину, и другие параметры можно определить максимальное количество витков:

Выбираем стандартный Ш-образный ферритовый сердечник Ш20х28 марки 2000НМ.

$$W_0 = \frac{100 \cdot S_c \cdot k_c \cdot J}{I} = \frac{100 \cdot 5,5 \cdot 0,4 \cdot 1,4}{26,2} = 12 \text{ витков.}$$

2.7. Расчет трансформатора

В автономных резонансных инверторах трансформаторы необходимы для согласования параметров и нагрузки, а также с их помощью обеспечивается гальваническая развязка нагрузки. Задаем частоту в контуре АИН 4000 Гц.

Расчет трансформатора производим исходя из имеющихся параметров:

$$U_2 = 26 \text{ В,}$$

$$U_{\text{пит}} = 220 \text{ В,}$$

$$S_2 = 6200 \text{ ВА,}$$

$$\cos \varphi = 0,96 \text{ о.е.}$$

Для расчета трансформатора необходимо определить напряжения и токи обмоток, выбрав при этом коэффициент трансформации из условия минимального напряжения на первичной обмотке, для обеспечения необходимого напряжения на нагрузке [21].

Амплитудное значение напряжения первичной обмотки силового трансформатора определится как:

$$U_{1max} = 0,95 \cdot U_{dmin} = 0,95 \cdot 240 = 228 \text{ В.}$$

Эффективное значение напряжения:

$$U_1 = \frac{U_{1max}}{\sqrt{2}} = \frac{228}{1,41} = 161 \text{ В.}$$

Коэффициент трансформации находим из следующего соотношения:

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{161}{26} = 6,19 \text{ о.е.}$$

Ток в первичной обмотке:

$$I_1 = \frac{I_{max}}{K_{тр} \cdot \eta} = \frac{26,2}{6,19 \cdot 0,96} = 4,41 \text{ А.}$$

Находим сопротивления нагрузки, приведенное к напряжению первичной обмотки трансформатора:

$$R_{эКВ} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{161}{4,41} = 36,51 \text{ Ом.}$$

Ток во вторичной обмотке:

$$I_2 = \frac{S_2}{U_2} = \frac{6200}{26} = 238 \text{ А.}$$

Габаритная мощность трансформатора:

$$P_{Г} = \frac{U_{1max} \cdot I_1 + U_2 \cdot I_2}{2} = \frac{228 \cdot 4,41 + 26 \cdot 238}{2} = 3597 \text{ ВА.}$$

Исходя из известных значений токов, напряжений и габаритной мощности трансформатора выбираем сердечник и определяем параметры обмоток. Для исключения режима насыщения сердечника трансформатора необходимо, чтобы число витков в первичной обмотке рассчитываем исходя из значения наибольшего напряжения, прикладываемого к данной обмотке.

$$S_0 S_c = \frac{P_{Г} \cdot 10^2}{2 \cdot f_{вЫХ} \cdot k_c \cdot k_{\phi} \cdot \sigma \cdot B_M \cdot \delta} = \frac{3597 \cdot 10^2}{2 \cdot 4000 \cdot 0,9 \cdot 1,11 \cdot 0,25 \cdot 1,4 \cdot 5} = 25,72 \text{ см}^4,$$

где S_0 – площадь окна сердечника магнитопровода, см²;

S_c – поперечное сечение сердечника, см²;

k_{ϕ} – коэффициент, характеризующий форму напряжения (для синусоидального сигнала принимают 1,11);

k_c – коэффициент заполнения сердечника (для трансформаторов из материала толщиной не менее 0,08 мм, принимают 0,9);

δ – плотность тока в обмотках трансформатора (для высокочастотных трансформаторов принимают 5);

σ – коэффициент заполнения окна сердечника (для проводов круглого сечения принимают 0,25);

B_m – индукция в магнитопроводе (для ферритовых сердечников, принимают 1,4);

$f_{\text{вых}}$ – частота в контуре АИН (выбираем частоту 4000 Гц).

Выбираем ферритовый сердечник В66387-G-X187, с техническими характеристиками, представленными в таблице 2.8 [22].

Таблица 2.8 – Технические характеристики сердечника В66387-G-X187

$S_0 \cdot S_c, \text{см}^4$	$k_c \cdot S_c, \text{см}$	Верхняя рабочая частота, кГц	Форма магнитопровода
28,3	4,82	500	Ш – образный

Определяем число витков на один вольт ЭДС в обмотках трансформатора по выражению:

$$W_0 = \frac{10^4}{4 \cdot k_{\phi} \cdot B_m \cdot f_{\text{вых}} \cdot S_c \cdot k_c} = \frac{10^4}{4 \cdot 1,11 \cdot 1,4 \cdot 4000 \cdot 4,82} = 0,08 \text{ витков/вольт.}$$

Определим число витков, входящих в первичную обмотку:

$$W_1 = U_{1\text{max}} \cdot W_0 = 228 \cdot 0,08 = 18 \text{ витков.}$$

Число витков во вторично обмотке трансформатора:

$$W_2 = U_2 \cdot W_0 = 26 \cdot 0,08 = 3 \text{ витка.}$$

Определим диаметры проводов для обмоток:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot I_1}{\pi \cdot \delta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,41}{3,14 \cdot 5}} = \sqrt{\frac{17,64}{15,7}} = 1,06 \text{ мм.}$$

Для первичной обмотки выбираем провод марки ПЭТВ-2, диаметром 1,12 мм. В один слой на стандартном каркасе.

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot I_2}{\pi \cdot \delta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 238}{3,14 \cdot 5}} = \sqrt{\frac{952}{15,7}} = 7,78 \text{ мм.}$$

Для вторичной обмотки выбираем провод марки ПЭТВ-2, диаметром 2 мм. Укладываем в четыре провода, два слоя в два провода.

Вывод

На основании проведенных расчетов, были выбраны основные силовые элементы, транзисторы, дроссель и трансформатор. На основании выбранных IGBT-транзисторов и их рабочей частоты, выявлено условие для выбора ШИМ и генератора импульсов.

3. Выбор системы защиты и управления

3.1. Обоснование системы управления

В качестве системы управления IGBT-транзисторами, входящими в автономный инвертор напряжения резонансного типа, используем широтно-импульсную модуляцию. В течении длительного применения в различных АИН показал себя эффективным, ввиду улучшения качества выходного напряжения АИН.

Задачи системы управления:

- Регулировка сварочного тока.
- Формирование нагрузочной характеристики сварочного инвертора с помощью контроля напряжения и тока на нагрузке, а также посредством формирования ШИМ управляющего сигнала.
- Осуществлять защитные функции, которые не допускают повреждения элементов от перегрева и перегрузки, в моменты резкого изменения нагрузки.

Широтно-импульсная модуляция осуществляется с помощью ШИМ-контроллера и задающего генератора.

3.1.1. ШИМ-контроллер

В качестве системы управления используем ШИМ-контроллер. Ввиду его преимуществ, таких как: высокий КПД, стабильная работа на высоких частотах и отсутствие перегрева. ШИМ-контроллер отвечает за скоординированную работу сварочного аппарата, а именно:

- Контролирует текущее состояние сварочной дуги во время работы сварочного аппарата и во время розжига дуги.

- Предотвращает разбрызгивание материала электрода во время сварки.

- Отвечает за правильную работу силовых диодов.

- Имеет возможность плавной регулировки сварочного тока.

Выбираем высокоскоростной ШИМ-контроллер UC3825N [23], с техническими характеристиками, представленными в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики ШИМ-контроллера UC3825N

Выходное напряжение, В	Питающее напряжение, В	Входное напряжение сдвига, мВ	Рабочая температура, °С	Стабильность напряжения, %
5,2	15	15	от 0°С до +70°С	2

Достоинства ШИМ-контроллера UC3825N:

- Способность работать на частотах до 1 МГц.
- Задержка выходных импульсов 50 нс.
- Усилитель ошибок способен работать в широком диапазоне.
- Ограничение пульсирующих токов.
- Мягкий старт.

Схема подключения ШИМ-контроллера UC3825N изображена на рисунке 3.1.

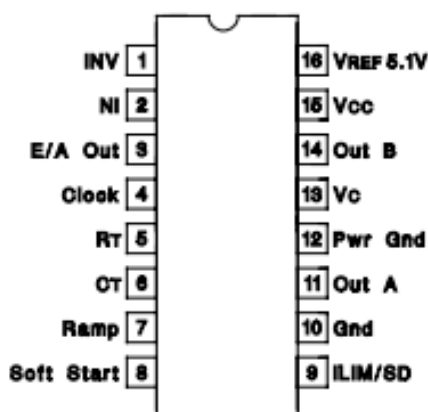


Рисунок 3.1 – Схема подключения ШИМ-контроллера UC3825N

Назначение выходов микроконтроллера UC3825N представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Значение выходов ШИМ-контроллера UC3825N

Pin	Обозначение	Функция
1	INV	Аналоговый вход
2	NI	Аналоговый вход
3	E/A Out	Усилитель ошибки значения выходного тока
4	Clock	Счетчик выходного тока
5	Rt	Вывод подключения Rt ГИ
6	Ct	Вывод подключения Ct ГИ
7	Ramp	Аналоговый вход
8	Soft Start	Аналоговый вход
9	ILIM/SD	Аналоговый вход
10	Gnd	Общий
11	Out A	Выход А
12	Power Gnd	Общий
13	V _C	Питающее напряжение
14	Out B	Выход В
15	V _{CC}	Питающее напряжение ШИМ-контроллера
16	V _{REF}	Выход источника опорного напряжения

Для согласования ШИМ-контроллера и IGBT-транзисторов выбираем полевые транзисторы MOSFET IRF530 [24], с техническими параметрами, представленными в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Технические параметры MOSFET IRF530

Постоянное напряжение стока, В	Постоянное напряжение базы, В	Постоянное напряжение базы-истока, В	Постоянный ток стока, А	Рабочая температура, °С
100	±20	10	14	от -55°С до +175°С

3.1.2. Задающий генератор

Задающий генератор необходим для подачи импульсов определенной частоты на ШИМ-контроллер. Выбираем в качестве задающего генератора IR53HD420 [25], с техническими параметрами, представленными в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Технические параметры задающего генератора IR53HD420

Максимальное питающее напряжение, В	Рабочее сопротивление, Ом	Питающий ток, мА	Рабочая температура, °С	Точность, %
500	3	5	от -40°С до +125°С	2

3.1.3. Диаграммы работы АИН резонансного типа с ШИМ

Принцип работы ШИМ заключается в том, что характеристика выходного напряжения формируется в качестве партий импульсов высокой частоты, чаще всего в виде синусоиды. Частота распространения импульсов, т.е. несущая, а частота изменения длительности импульсов называется частотой модуляции. В связи с тем, что несущая частоты намного выше частоты модуляции, гармоники кратные несущей частоте, находящиеся в спектре выходного напряжения. Другими словами, принцип работы ШИМ заключается в сравнении пилообразного сигнала с синусоидальным на основе чего строятся прямоугольные сигналы напряжения транзисторов на плечах АИН, представленные на рисунке 3.2.

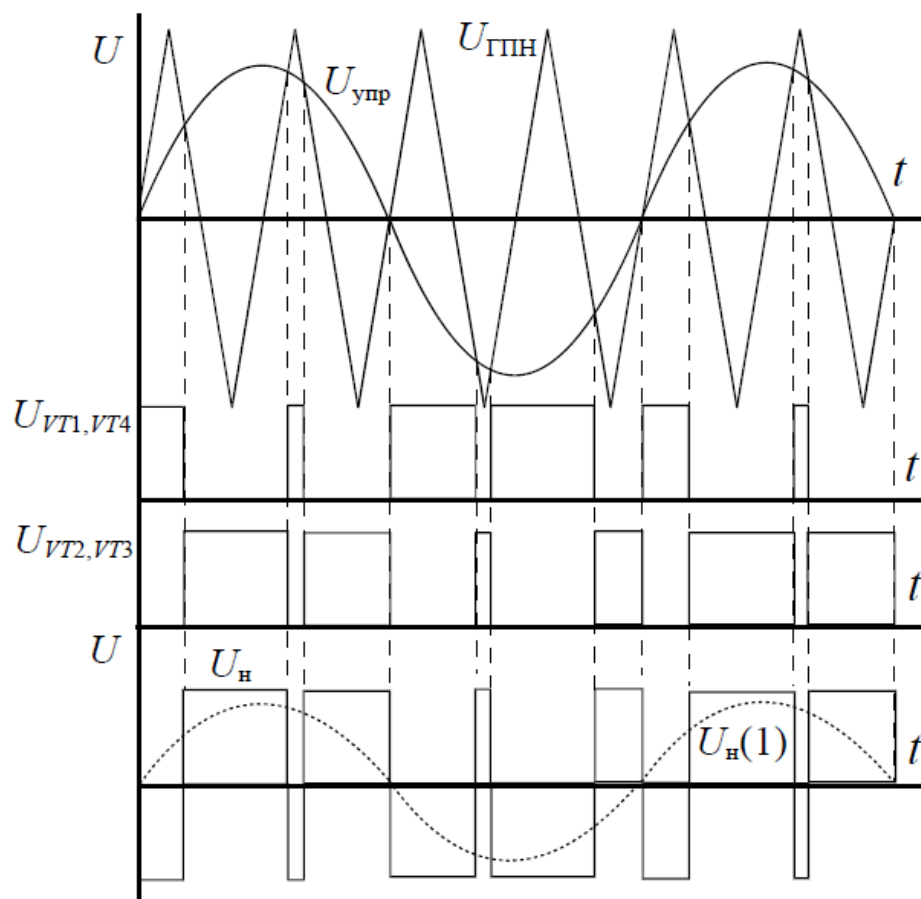


Рисунок 3.2 – Принцип формирования управляющих импульсов при модуляции

3.2. Система защиты

В качестве системы защиты в нашей схеме предусмотрены:

- Защита от перенапряжения, с помощью стабилитронов. При превышении напряжения стабилизации стабилитрона происходит его пробой. В момент пробоя стабилитрон прекращает наращивать напряжение, но зато в этот период начинает возрастать сила тока в нем.
- Тепловая защита, с помощью теплового реле. В зависимости от тока уставки, установленного на реле, и превышения допустимой температуры выше $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, происходит его срабатывание, после чего цепь, которая идет к электроду обесточивается, с помощью теплового реле и термовыключателей.

3.2.1. Выбор элементов системы защиты

В качестве элементов защиты в нашей схеме присутствует демпфирующая RC цепочка, осуществляющая защиту элементов от бросков напряжения.

Согласно методикам расчета, представленным в разделе 2, производим выбор емкостных элементов, резисторов, диодов, стабилитрона и дросселя.

Выбираем конденсатор для демпфирующей цепочки с емкостью 0,01 ф., рассчитанный на напряжение 630 В., с учетом перегрузок. Резистор для этой цепочки имеет сопротивление 28 Ом., а мощность 5 Вт. Таких цепочек у нас две, поэтому выбор для обеих будет одинаковый.

Выбираем

В качестве силовых диодов Д1-Д2 выбираем 150EВU04 [26] с техническими параметрами, представленными в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические параметры силового диода 150EВU04

Максимальное питающее напряжение, В	Прямой постоянный ток при 104 °С, А	Максимальный кратковременный ток при 25 °С, А	Максимальный длительный прямой ток, А	Рабочая температура, °С
400	150	1500	300	от -55°С до +175°С

В качестве силовых диодов Д3-Д6 выбираем VS-10ЕТF06PВF [27] с техническими параметрами, представленными в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Технические параметры силового диода VS-10ЕТF06PВF

Максимальное постоянное обратное напряжение, В	Максимальное импульсное обратное напряжение, В	Максимальный прямой ток, А	Максимальное прямое напряжение, В	Рабочая температура, °С
600	700	10	1,2	от -40°С до +150°С

В качестве силовых диодов Д7-Д8 выбираем HER208 [27] с техническими параметрами, представленными в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Технические параметры силового диода HER208

Максимальное постоянное обратное напряжение, В	Максимальное импульсное обратное напряжение, В	Максимальный прямой ток, А	Максимальное прямое напряжение, В	Рабочая температура, °С
1000	1200	2	1,7	от -65°С до +150°С

В качестве дросселя используем дроссель с ферритным сердечником марки 2000НМ К28х16х9, с намотанным проводом в ПВХ с сечением 1 мм².

3.3. Электрическая схема АИН с системами управления и защиты

Определившись с системами управления и защиты, выбрав элементы, входящие в них, была разработана электрическая схема автономного инвертора напряжения резонансного типа с учетом данных систем. Схема изображена на рисунке 3.3.

Вывод

В данном разделе осуществили выбор системы управления. Произвели расчет ШИМ-контроллера и генератора импульсов для него. В результате чего была выбрана и построена электрическая схема автономного инвертора напряжения резонансного типа.

4. Социальная ответственность

Данный раздел ВКР посвящен рассмотрению лаборатории, в которой производится проектировка и пусконаладочные работы, связанные с автономным резонансным инвертором напряжения, со стороны ее безопасности экологичности. Рассмотрены требования необходимые для благоприятных условий труда. Эти требования соответствуют действующим нормативным документам.

В основе безопасности лежат влияния опасных и вредных факторов, а также профилактические меры по их устранению [28]. Опасные факторы состоят из воздействий на работника, которые могут привести к его травме или ухудшению здоровья (электрический ток, огонь). Вредные факторы воздействуют на рабочего, в определенных условиях, приводит к его заболеванию или снижению работоспособности (недостаточное освещение, вибрации, недопустимый уровень шума).

4.1. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Ввиду того, что основные работы по разработке автономного инвертора проводятся с электрическими приборами, то основным опасным фактором является поражение электрическим током. Для снижения уровня опасности проводится заземление аппарата [29].

К самостоятельной работе может быть допущен персонал предприятия, который ознакомился со всеми нормами и правилами работы на предприятии, а также сдавший экзамен комиссии по охране труда. До начала самостоятельной

работы рабочий проходит первичный инструктаж. Мастер проводит первичный инструктаж сотрудника, а также несет ответственность за его прохождение.

В течение недели после прохождения инструктажа, сотрудник осуществляет работу в присутствии мастера, либо другого работника. По завершению первой недели работы, показав свой профессионализм, работнику оформляют допуск, разрешающий выполнять работы без наблюдателей [30].

Чтобы предотвратить возможные случаи травматизма электрическим током, необходимо знать и выполнять определенные правила:

- Прежде чем приступить к работе, персонал обязан убедиться в отсутствии повреждений и неисправностей оборудования.
- Рабочее место сотрудника, должно соответствовать санитарно-правовым нормам.
- Необходимо, чтобы оборудование, подключенное к сети, имело защитное заземление, прикрепленное к контуру помещения.
- Во время перерывов необходимо обесточить оборудование.
- После окончания работ сотрудник обязан убираться на своем месте работы.

Пожарная безопасность занимает основное место в технике безопасности.

Существуют мероприятия, способствующие предупреждению возникновения возгорания [31]:

- отсутствие предметов, наущающих чистоты в помещении;
- поддержание допустимой температуры и давления среды;
- обустройство, специально отведенных мест для курящих сотрудников;
- использование пожароопасного оборудования;
- необходимо следить за имеющимися выходами и лестницами, поддерживать возможность эвакуации с их помощью;
- в помещениях должны быть установлены средства пожаротушения.

4.2. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Степень безопасности труда относят к одним из самых важных показателей для оценки проектируемого автономного инвертора. Мероприятия по устранению факторов, неблагоприятно сказывающихся на безопасность условий труда рабочих, также являются необходимыми. К ним относятся меры, связанные с исключением травматизма, антисанитарии и возгораний [32].

На рабочих могут воздействовать следующие вредные факторы:

- недостаточная освещенность;

Искусственное освещение необходимо для компенсации недостатка естественного освещения в светлое время суток, а также используется для освещения производственных помещений в то время, когда естественный свет не удовлетворяет санитарным нормам.

Производим расчет светильников:

Данные, необходимые для расчета искусственного освещения:

- длина помещения $A_{\text{пом}} = 12 \text{ м};$
- ширина $B_{\text{пом}} = 6 \text{ м};$
- высота $H_{\text{пом}} = 3 \text{ м};$
- коэффициент отражения стен $R_c = 30\%;$
- высота рабочей поверхности $h_p = 0,5 \text{ м};$
- коэффициент отражения потолка $R_n = 50\%;$
- коэффициент запаса $k = 1,5;$
- коэффициент неравномерности $Z = 1,1.$

Требуется создать освещенность $E = 300 \text{ Лк}$ [33];

Рассчитаем систему общего освещения (люминесцентного).

Выбираем светильники типа ОД с $\lambda = 1,4.$

Принимаем $h_c = 0,1 \text{ м}$ и получаем

$$h = H - h_c - h_p = 3 - 0,1 - 0,5 = 2,6 \text{ м},$$

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,6 = 3,64 \text{ м.}$$

Определяем расстояние от стены до светильника:

$$\frac{L}{3} = \frac{3,64}{3} = 1,21 \text{ м.}$$

Светильники будем размещать в четыре ряда. В каждом из этих рядов будет установлено 8 светильников типа ОД. Мощность светильника 30 Вт, длина 0,9 м. Между 8 светильниками будет 7 разрывов в ряду, размер которых составляет 34 см. План размещения светильников в помещении представлен на рисунке 1. В составе каждого светильника имеются две лампы, следовательно, общее число ламп в рассчитанном помещении $n = 112$.

Рассчитаем индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{12 \cdot 6}{2,6 \cdot (12 + 6)} = 1,54.$$

Коэффициент использования светового поток:

$$\eta = 0,67.$$

Проведем расчет светового потока:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot k \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 72 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{112 \cdot 0,67} = 475 \text{ Лм}$$

Определяем световой поток ламп в одном ряду. Выбираем стандартную лампу – ЛД ЛХБ 15 Вт со световым потоком 525 Лм.

Проводим проверку условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% = \frac{525 - 475}{525} \cdot 100 \leq 20\%$$

Получаем

$$-10\% \leq 9,5\% \leq +20\% \text{ – условие выполнено.}$$

Электрическая мощность осветительной установки:

$$P = 112 \cdot 15 = 1680 \text{ Вт.}$$

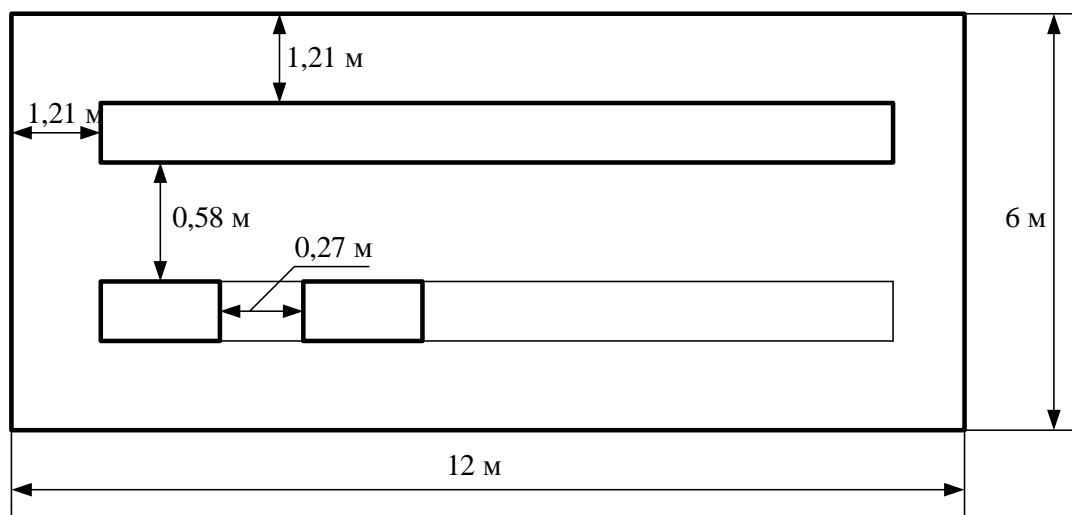


Рисунок 4.1 – План размещения светильников с люминесцентными лампами

- повышенный уровень шума;

Превышение допустимого уровня шума оказывает влияние на человека, в результате чего у него появляются головные боли, ухудшается слух, а также он нарушает работу центральной нервной системы и влияет на психические расстройства. При длительном нахождении работника в шумном помещении, его качество и скорость работы уменьшаются, в связи с его переутомлением и невнимательностью [34].

Рекомендуется использовать средства индивидуальной защиты, например, наушники, заглушки, вкладыши. Они эффективно защищают организм от раздражающего действия шума.

- наличие в воздухе взвешенных частиц;

Помещение должно быть оборудовано вытяжным вентилятором, также рабочим необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты, например, респираторами, затычками или специальными наушниками.

Правила, благодаря которым уменьшается уровень профессиональных заболеваний среды работников предприятия:

- На рабочем месте освещенность должна быть не ниже нормы 150 люкс.

- Сварка и другие работы, связанные с ней должны выполняться в отдельных помещениях с хорошей вентиляцией, способной обеспечить необходимую скорость движения воздуха возле места сварки.
- Согласно санитарным нормам, вибрация и шум не могут превышать допустимые значения [35].
- Температура воздуха в помещении не должна превышать нормальной.

4.3. Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды занимает важнейшее место в человеческой деятельности. Во время работы различных устройств присутствует загрязнение окружающей среды, обусловленное выделением тепла и твердыми отходами.

Тепловое излучение.

Источником выделения тепла в сварочном аппарате, является дуга, которая возникает в процессе сварки. Основными источниками теплового излучения при работе инверторов являются:

- сетевой выпрямитель
- понижающий трансформатор
- IGBT-транзисторы
- выходной выпрямитель

В автономных инверторах нового поколения выбросы тепловой энергии значительно уменьшились, благодаря применению радиаторов транзисторов и выпрямителя, а также кулера.

Утилизация твердых отходов.

При использовании нашего аппарата присутствуют твердые неорганические отходы: макулатура и металлические отходы, такие как остатки и огарки стальных сварочных электродов и сварочный шлак. Электроды изготавливают из металлов, соответствующих ГОСТам без примесей, благодаря этому они являются отличным материалом для переработки.

Утилизация макулатуры.

Переработка макулатуры представляет собой многоэтапный процесс, цель которого заключается в восстановлении бумажного волокна и, зачастую, других компонентов бумаги (таких как минеральные наполнители) и использование их в качестве сырья для производства новой бумаги. Со временем бумага желтеет и обычно для производства новых бумажных изделий вторичное волокно смешивают с новым.

Утилизация металлов.

Рассортированные по типу материала остатки взвешиваются и передаются в место переработки. Там их переплавляют, после чего создают новую электродную проволоку, на которую наносят специальное покрытие, и она будет готова к дальнейшему использованию. Остатки и огарки стальных электродов восполняют уверенную часть использованных ресурсов.

4.4. Защита в чрезвычайных ситуациях

К самыми распространенными ЧС в процессе разработки и исследования автономного инвертора напряжения резонансного типа можно отнести возгорание и взрыв [36,37]. Возгорание возникает ввиду того, что при скапливании пыли и прочего материала внутри корпуса и дальнейшего короткого замыкания обмоток инвертора происходит горение этого материала. Наличие емкостных элементов на плате инвертора может спровоцировать взрыв.

До прибытия бригады пожарных необходимо выполнить ряд мероприятий:

1. Обесточить помещение.
2. Закрывать окна, выключить устройство вентиляции воздуха.
3. С помощью имеющихся средств попробовать потушить пожар.
4. Эвакуировать персонал на безопасную территорию.
5. Распознать источник возгорания и сообщить его пожарным.

Для тушения пожаров класса Е, которые наиболее вероятны в рассматриваемом помещении, возможно применение хладоновых (ОХ), углекислотных огнетушителей (ОУ) и порошковых огнетушителей (ОП), которые применяют при тушении горячей изоляции в электроустановке.

4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Перечень законодательных и нормативных документов:

1. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ.
2. ГОСТ 12.1.019 -2009 ССБТ.
3. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ.
4. ГОСТ 12.0.004–90 ССБТ.
5. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ.
6. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.
7. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ.
8. СНиП П-12-77.
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
10. СНиП 2.04. 05-91.
11. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ.
12. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ.
13. ППБ 01-03.

Мероприятия и цели, связанные с управлением охраной труда:

- создаются, безопасные для работника, условия труда;
- снижают риск возникновения аварийных ситуаций;

Данные мероприятия и цели достигают, благодаря заблаговременному предупреждению чрезвычайных ситуаций:

- классификация и анализ опасностей;
- проведение разъяснительных бесед с сотрудниками предприятия.

Вывод

Были рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности труда. Произведен расчет освещения рабочего места сотрудника. Описаны мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуются для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном случае сегментирования целесообразно провести по критерию энергоэффективности, т.к. требуется целесообразное использование ресурсов электрической энергии.

А также следует выделить сегменты рынка:

- по разработке, проектированию и производству;
- по дальнейшему обслуживанию и ремонту.

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка разработок для сварочных аппаратов

	Сварочные трансформаторы	Сварочные выпрямители	Сварочные инверторы
Проектирование и производство			
Обслуживание и ремонт			
Фирма А		Фирма Б	

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для сварочных трансформаторов и сварочных выпрямителей.

- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством сварочных инверторов;
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством сварочных инверторов.

5.1.2. Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (табл. 5.2).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)x100
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,07	95	100	0,95	6,65
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,11	87	100	0,87	9,57
3. Помехоустойчивость	0,03	90	100	0,9	2,7
4. Энергоэкономичность	0,11	90	100	0,9	9,9
5. Надежность	0,07	97	100	0,97	6,79
6. Уровень шума	0,03	80	100	0,8	2,4
7. Безопасность	0,01	80	100	0,8	4
8. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	85	100	0,85	3,4
9. Простота эксплуатации	0,04	98	100	0,98	3,92

Продолжение таблицы 5.2

10. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	96	100	0,96	4,8
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	90	100	0,9	3,6
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	70	100	0,7	2,8
3. Цена	0,1	65	100	0,65	6,5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	95	100	0,95	6,65
5. Послепродажное обслуживание	0,03	90	100	0,9	2,7
6. Финансирование научной разработки	0,05	78	100	0,78	3,9
7. Срок выхода на рынок	0,03	71	100	0,71	2,13
8. Наличие сертификации разработки	0,04	80	100	0,8	3,2
Итого	1				85,61

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 0,07 \cdot 95 + 0,11 \cdot 87 + \dots + 0,04 \cdot 80 = 85,61,$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} получилось равным 85,61, что говорит о том, что данная разработка является перспективной.

5.1.3. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1. **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован. При этом рекомендуется задавать следующие вопросы:

- Какие технические преимущества вы имеете по сравнению с конкурентами?
- Что участники вашего проекта умеют делать лучше всех?
- Насколько ваш проект близок к завершению по сравнению с конкурентами?

2. **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами. Чтобы прояснить в каких аспектах вас, возможно, превосходят конкуренты, следует спросить:

- Что можно улучшить?
- Что делается плохо?
- Чего следует избегать?

3. **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружаю-

щей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

- Какие возможности вы видите на рынке? Проводите поиск свободных ниш, но помните, что свободными они остаются недолго. Благоприятная возможность, увиденная сегодня, может перестать существовать уже через три месяца. Благоприятные возможности могут возникать в силу действия следующих факторов:

- изменения в технологической сфере и на рынке – как мирового, так и регионального масштаба;

- изменения правительственной политики в отношении отрасли, где проводится научное исследование;

- изменения социальных стандартов, профиля населения, стиля жизни и т.д.

- В чем состоят благоприятные рыночные возможности?

- Какие интересные тенденции отмечены?

- Какие потребности, пожелания имеются у покупателя, но не удовлетворяются конкурентами?

4. **Угроза** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту. Для выявления угроз проекта рекомендуется ответить на следующие вопросы:

- Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш научно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?

- Что делают конкуренты?

- Какие препятствия стоят перед вашим проектом?
- Изменяются ли требуемые спецификации или стандарты на результаты научного исследования?
- Угрожает ли изменение технологии положению вашего проекта?
- Имеются ли у руководства проекта проблемы с материально-техническим обеспечением?

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляем в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Повышение производительности труда.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p> <p>С6. Высокий срок эксплуатации.</p> <p>С7. Надежность данной системы по сравнению с другими.</p> <p>С8. Высокое качество продукции.</p> <p>С9. Универсальность схемы управления.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытаний опытного образца</p> <p>Сл3. Большой срок выхода на рынок</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследованиях</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>		

Продолжение таблицы 5.3.

Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос. У5. Появление новых конкурентных разработок.		
---	--	--

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз должно происходить на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Полученная интерактивная матрица проекта представлена в табл. 4.

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта								
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Возможности про- екта	B1	0	+	0	+	+	0	+	+	+
	B2	+	+	+	+	-	+	+	+	+
	B3	+	-	+	+	-	+	+	0	+
	B4	+	-	-	0	+	+	+	+	+
	B5	+	0	+	+	+	+	+	+	+

Результаты анализа таблицы:

B1C2C4C5C7C8C9

B2C1C2C3C4C6C7C8C9

B3C1C3C4C6C7C9

B4C1C5C6C7C8C9

B5C1C3C4C5C6C7C8C9

Продолжение таблицы 5.4.

		Слабые стороны проекта		
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности про- екта	B1	-	-	-
	B2	-	-	-
	B3	-	-	-
	B4	-	-	0
	B5	+	0	0

Результаты анализа таблицы:

B5Сл1

Продолжение таблицы 5.4.

		Сильные стороны проекта								
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Угрозы	У1	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	У2	0	0	-	-	-	-	-	-	+
	У3	+	0	+	+	-	+	0	0	0
	У4	-	-	-	0	-	-	-	-	-
	У5	0	-	-	-	+	-	-	-	-

Результаты анализа таблицы:

У1С5

У3С1С3С4С6

У2С9

У5С5

Окончание таблицы 5.4.

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	-	+	0
	У3	+	+	+
	У4	+	-	-
	У5	+	0	0

Результаты анализа таблицы:

У1Сл1

У2Сл2

У3Сл1Сл2Сл3

У4Сл1

У5Сл1

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (табл. 5.5).

Таблица 5.5 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4.Повышение производительности труда. С5. Квалифицированный персонал. С6. Высокий срок эксплуатации. ...</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытаний опытного образца Сл3. Большой срок выхода на рынок</p>
<p>Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследованиях В4. Повышение стоимости конкурентных разработок В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>	<p>В1С2С4С5С7С8С9 В2С1С2С3С4С6С7С8С9 В3С1С3С4С6С7С9 В4С1С5С6С7С8С9 В5С1С3С4С5С6С7С8С9</p>	<p>В5Сл1</p>

Продолжение таблицы 5.5.

Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос. У5. Появление новых конкурентных разработок.	У1С5 У3С1С3С4С6 У2С9 У5С5	У1Сл1 У2Сл2 У3Сл1Сл2Сл3 У4Сл1 У5Сл1
---	------------------------------------	---

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ. К ним можно добавить ФСА-анализ, метод Кано. Однако, в большей степени все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно предложить не менее трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.

Разработка относится к вышеописанным стадиям, поэтому нет необходимости использовать морфологический подход.

5.3. Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;

- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в табл.5.6.

Таблица 5.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта модернизации	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурной схемы	Инженер
	6	Расчет параметров силового оборудования	Инженер
	7	Расчет рабочих характеристик	Инженер
	8	Разработка системы управления и защиты	Инженер
	9	Разработка математической модели сварочного инвертора	Инженер
	10	Оптимизация сварочного инвертора	Инженер
	11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель

Продолжение таблицы 5.6.

Разработка технической документации и проектирование	13	Технико-экономические расчеты	Инженер
	14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 5.7).

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел-дней};$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}.$$

Таблица 5.7 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		4	
Подбор и изучение материалов по теме		5		8		7		7		11
Описание объекта модернизации		3		4		4		4		7
Календарное планирование работ по теме	3		5		4		4		7	
Разработка структурной схемы		4		9		6		6		10
Расчет параметров силового оборудования		4		6		5		5		8
Расчет рабочих характеристик		2		4		8		8		12
Разработка системы управления и защиты		2		4		3		3		5

Продолжение таблица 5.7.

Разработка математической модели сварочного инвертора	3		6		5		5		8	
Оптимизация сварочного инвертора		4		8		6		6		10
Разработка программы имитационного моделирования		5		8		7		7		11
Оценка эффективности полученных результатов	2		3		3		3		5	
Технико-экономические расчеты		3		7		5		5		8
Вопросы безопасности и экологичности проекта		3		7		5		5		8
Составление пояснительной записки		1		3		2		2		4

На основе табл. 5.7 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 5.8 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				фев.		март			апрель			май			июнь			
				1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11															
3	Описание объекта модернизации	Инженер	7															
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7															

5.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Все необходимое оборудование и материалы имеются в лаборатории, поэтому расчет материальных затрат проводить не будем.

5.3.5. Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 5.9.

Таблица 5.9 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	2351	9404
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11	1523	16753
3	Описание объекта модернизации	Инженер	7	1523	10661
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7	2351	16457
№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	2351	9404
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11	1523	16753
3	Описание объекта модернизации	Инженер	7	1523	10661
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7	2351	16457
5	Разработка структурной схемы	Инженер	10	1523	15230
6	Расчет параметров силового оборудования	Инженер	8	1523	12184
7	Расчет рабочих характеристик	Инженер	12	1523	18276
8	Разработка системы защиты	Инженер	5	1523	7615
9	Разработка математической модели сварочного инвертора	Руководитель	3	2351	7053
10	Оптимизация сварочного инвертора	Инженер	10	1523	15230

Продолжение таблицы 5.9.

11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер	11	1523	16753
12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	2	2351	4702
13	Технико-экономические расчеты	Инженер	8	1523	12184
14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	8	1523	12184
15	Составление пояснительной записки	Инженер	4	1523	6092
Итого:					180778

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 5.8);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o} = \frac{53594 \cdot 10,4}{237} = 2351 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл.5.10).

Таблица 5.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 27484 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53594 \text{ руб}$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от Z_{TC});

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата Z_{TC} находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_T и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в табл.5.11.

Таблица 5.11 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{гс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	27484	0,3	0,2	1,3	53594	2351	16	37616
Инженер	17808	0,3	0,2	1,3	34725	1523	95	144685
Итого $Z_{осн}$								182301

5.3.6. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 37616 = 4514 \text{ руб}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

5.3.7. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (37616 + 4514) = 11417 \text{ руб}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представляем в табличной форме (табл.5.12).

Таблица 5.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	37616	4514
Студент-дипломник	144685	17362
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	11417	
Инженер	43914	

5.3.8. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{нр} = (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \cdot 0,16 = \\ = (182301 + 21876 + 55331) = 41521$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

5.3.9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл.5.13.

Таблица 5.13 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	182301	Пункт
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21876	Пункт
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	182301	Пункт
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21876	Пункт
5. Отчисления во внебюджетные фонды	55631	Пункт
6. Накладные расходы	41521	16 % от суммы ст.
7. Бюджет затрат НИИ	301329	Сумма ст.

5.4. Определение ресурсоэффективности проекта

Финансовую эффективность проекта можно оценить при помощи интегрального финансового показателя:

$$I_{фин}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}},$$

где:

$I_{фин}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Расчёт интегрального финансового показателя проводим в виде табличной формы.

Таблица 5.14 – Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Вариант схемы	Φ_{\max} , руб.	Φ_{pi} , руб.	$I_{фин.и}^{исп.i}$, о.е.
1	32182	32182	1
2		24521	0,762
3		22010	0,684

Величина интегрального финансового показателя разработки схемы 3 (сварочный инверторный аппарат) отражает соответствующее численное удешевление стоимости аппарата при одинаковой мощности. Схема 3 имеет наименьший интегральный показатель среди трёх конкурентных технических решений, и, следовательно, вариант схемы является наиболее финансово эффективным, что является определяющим критерием.

Определение ресурсоэффективности проекта схемы 3 можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности схем проводим в виде табличной формы.

Таблица 5.15 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Сварочные трансформаторы	Сварочные выпрямители	Сварочные инверторы
1. Безопасность	0,25	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5	5	5
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	4
4. Энергосбережение	0,15	4	4	5
5. Надёжность	0,25	4	5	5
6. Материалоёмкость	0,15	4	4	4
Итого:	1,00	4,35	4,5	4,75

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,75.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение, что говорит об эффективности использования разработок технического проекта.

Таким образом, применение сварочных инверторов остается эффективным и в настоящее время. Переход к использованию таких аппаратов целесообразен при замене устаревшего оборудования, или в тех случаях, когда применение других аппаратов не целесообразно, ввиду широкого ряда преимуществ среди конкурентной продукции, а также из-за высоких энергоэффективных показателей.

Вывод

В ходе выполнения экономической части выпускной квалификационной работы проведены оценка коммерческого потенциала и перспективности поведения научных исследований, SWOT-анализ, благодаря которым была доказана целесообразность применения данной разработки и ее конкурентоспособность. Планирование ограничило выполнение работы в 111 дней. Бюджет научно-технического исследования составил 301329 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был рассчитан и спроектирован автономный инвертор напряжения резонансного типа.

Был произведен выбор схемного решения для реализации заданной работы. Проанализировав заданные параметры, были рассчитаны основные силовые элементы, выбраны IGBT-транзисторы, дроссель и трансформатор. Выбранные элементы соответствуют необходимым условиям и требованиям. В качестве системы управления был выбран метод управления, посредством широтно-импульсной модуляции. Для ее реализации были выбраны основные элементы, а именно ШИМ-контроллер и генератор импульсов. Благодаря использованию ШИМ, достигается стабильная дуга и снижается разбрызгивание металла электрода во время сварки. В качестве системы защиты были выбраны демпфирующие цепочки, защищающие от перенапряжения, а также тепловое реле с термическими выключателями, которые разъединяют цепь, идущую к электроду сварочного аппарата.

В совокупности выбранные силовые элементы, системы управления и защиты, составляют автономный инвертор, имеющий высокие энергоэффективные показатели.

Были рассмотрены вопросы, связанные с охраной труда и безопасностью жизнедеятельности. Произведен расчет искусственного освещения в производственном помещении, для соблюдения норм на рабочем месте сотрудника. Описаны мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

Проведя оценку конкурентоспособности данной разработки, были выявлены его сильные стороны. Так как АИН занимают обширную долю рынка сварочной аппаратуры, данное исследование является перспективным для дальнейших модернизаций и усовершенствований.

Список литературы

1. Глизманенко Д.Л. Сварка и резка металлов: учебно-методическое пособие. – Москва: Изд-во Высшая школа, 1968. – 448 с.
2. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов: учебно-методическое пособие. – Москва: Изд-во ФОРУМ, 2010. – 352 с.
3. Кортес А.Р. Сварка и резка металлов – Москва: Изд-во: Арфа СВ, 2000. – 190 с.
4. Типы сварочных трансформаторов. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://podvi.ru/elektrotexnika/svarochnyj-transformator.html> – 9.04.2016 г.
5. Описание сварочных выпрямителей. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.osvarke.com/vypryamitel.html> – 9.04.2016 г.
6. Типы сварочных инверторов. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://tool-land.ru/tipy-svarochnykh-apparatov.php> – 9.04.2016 г.
7. Лихачев В. Л. Электросварка: справочник. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2004. – 672 с.
8. Рейтинг сварочных аппаратов. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.e-katalog.ru/z227.htm> – 9.04.2016 г.
9. Васильев В.И., Ильященко Д. П., Павлов Н. В. Введение в основы сварки: учебное пособие. – Томск: Изд-во: Томского политехнического университета, 2011. – 317 с.
10. Коваль С. А. Применение современных инверторных сварочных аппаратов в производстве / С. А. Коваль; науч. рук. С. Н. Кладиев //Интеллектуальные энергосистемы: труды III Международного молодежного форума, 28 сентября - 2 октября 2015 г., г. Томск: в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2015. – Т. 2. – [С. 158-162].
11. Розанов Ю.К. Силовая электроника: учебник для вузов. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. – 632 с.

12. Мишуров В.С. Устройства преобразовательной техники: методические указания по выполнению курсового проекта. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2002. – 127 с.
13. Описание диодного моста 36MB60A. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.chipdip.ru/product/36mb60a/> – 11.04.2016 г.
14. Соотношения между емкостью и индуктивностью. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://md4u.ru/viewtopic.php?t=344> – 11.04.2016 г.
15. Описание IGBT-транзистора IRG4PC50UD. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://alltransistors.com/ru/igbt/transistor.php?transistor=522> – 11.04.2016 г.
16. Описание резистора АН-25. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.chipdip.ru/product0/9000199263/> – 11.04.2016 г.
17. Описание стабилитрона КС213Б. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.chipdip.ru/product/ks213b/> – 11.04.2016 г.
18. Описание резистора СФ-100. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.chipdip.ru/product0/1703/> – 11.04.2016 г.
19. Описание конденсатора К50-35. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.chipdip.ru/product0/14333340/> – 11.04.2016 г.
20. Володин В.Я. Современные сварочные аппараты своими руками. – СПб.: Наука и техника, 2008. – 304 с.
21. Белопольский И.И. Расчет трансформаторов и дросселей малой мощности. – М.: Энергия., 1973 – 399 с.
22. Параметры сердечника В66387-G-X187. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.chipdip.ru/product/b66387-g-x187/> – 19.04.2016 г.
23. Характеристики ШИМ-контроллера UC3825. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/uc3825.pdf> – 19.04.2016 г.
24. Описание MOSFET IRF530. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.vishay.com/docs/91019/91019.pdf> – 19.04.2016 г.
25. Технические характеристики задающего генератора IR53HD420. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/88223/IR53HD420.html> – 19.04.2016 г.

26. Параметры диода 150EВU04. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/83119/150EВU04.htm>–19.04.2016 г.
27. Параметры диода [Электронный ресурс]: Режим доступа: VS-10ETF06PBF. <http://www.chipdip.ru/product/10etf06/> – 19.04.2016 г.
28. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
29. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление
30. ГОСТ 12.0.004–90 ССБТ. Обучение работающих безопасности труда
31. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1)
32. ГОСТ 12.1.019 -2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
33. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
34. СНиП П-12-77. Защита от шума.
35. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
36. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
37. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.