

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

Школа ИШНКБ

Направление подготовки Машиностроение 15.03.01

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка системы импульсного питания сварной дуги с разделением токоподвода к изделию

УДК 621.791.754.01:621.374

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Гордиенко Никита Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Князьков А.Ф.	к.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Николаенко В.С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Машиностроение 15.03.01	Хайдарова А.А	к.т.н		

Томск – 2018 г

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и обработки новых материалов
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
Универсальные компетенции	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Школа ИШНКБ

Направление подготовки (специальность) Машиностроение 15.03.01

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Хайдарова А.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Гордиенко Никите Сергеевичу

Тема работы:

Разработка системы импульсного питания сварной дуги с разделением токоподвода к изделию

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 10186/с от 28.12.2017 г.
---	----------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2018
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(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.).</i></p>	<p>Процесс дуговой сварки неплавящимся электродом в защитной среде аргона</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Характеристика энергетической системы источник питания-дуга; 2. Анализ способов модуляции сварочного тока; 3. Конструкторская часть; 4. Схема управления модулятором;

<p><i>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>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 6. Социальная ответственность; 7. Заключение.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Цель и задачи исследования – демонстрационный лист; 2. Анализ существующих систем импульсного питания сварочной дуги – демонстрационный лист; 3. Силовая часть системы выполненная на базе импульсно – регулируемого сопротивления – демонстрационный лист; 4. Схема управления сварочным циклом – демонстрационный лист; 5. Модель экспериментальная установка – демонстрационный лист; 7. Циклограмма процесса аргодуговой сварки неплавящимся электродом реализующий релейный режим – демонстрационный лист; 8-9. Экспериментальная часть – демонстрационный лист; 10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение – демонстрационный лист. 11. Заключение.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>1-4 разделы</p>	<p>Князьков Анатолий Федорович</p>
<p>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Николаенко Валентин Сергеевич</p>
<p>6. Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	22.02.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Князьков А.Ф.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Гордиенко Никита Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 83 с., 13 рис., 19 табл., 27 источников.

Ключевые слова: сущность сварки дугой, горящей в импульсном режиме, столб дуги, способ сварки корневого слоя, система импульсного питания, модулятор, автоматическая сварка.

Объектом исследования является: процесс сварки неплавящимся электродом в аргоне.

Предмет исследования – сварочная дуга, горящая в импульсном режиме на постоянном токе.

Цель работы – является исследование и разработка системы импульсного питания сварной дуги с разделением токоподвода к изделию.

В процессе исследования проводились анализ методов повышения эффективности и способы сварки неплавящимся электродом с применением импульсного питания сварочной дуги, проведен анализ сварки модулированным током и предложен наиболее перспективный способ.

В результате исследования разработана принципиальная электрическая схема модулятора обеспечивающее двойной токоподвод к изделию.

Основные конструктивные, технологические и технико – эксплуатационные характеристики: простое в изготовлении и эксплуатации оборудование, имеющий высокую надежность и широкий диапазон регулирования сварочных параметров.

Область применения: данный способ сварки может применяться в разных отраслях: котельной, нефтяной, газовой, электрической промышленности, а также в коммунальном, сельском хозяйстве и кораблестроении.

В будущем планируется минимизировать конструкцию сварочного аппарата. Запатентовать данный способ сварки. Подготовить документацию по сборке сварочного аппарата, аттестовать его в национальном агентстве контроля сварки и внедрить его в промышленность.

ABSTRACT

Graduation thesis: 83 pg., 13 illustrations, 19 tables, 27 sources.

Key words: the essence of the welding arc burning in pulsed mode, arc core, method of welding the root layer, pulsed power system, modulator.

Object of research: the process of Non-consumable Electrode Arc welding in argon.

Subject of research: welding arc burning in the pulsed mode at direct current.

Purpose of research: is the research and development of a pulsed power supply system for a welded arc with the separation of the current lead to the product.

In the process of the investigation, methods of increasing efficiency and methods for welding with a non-consumable electrode were analyzed using pulse welding arc welding, an analysis of modulated current welding was performed and the most promising method was proposed.

Results of research: a basic electrical circuit of the modulator was developed to provide a double current lead to the product.

The basic constructive, technological and technical and operational characteristics: easy to manufacture and operate equipment that has high reliability and a wide range of welding parameters control.

Field of application: this method of welding can be applied in different sectors: boiler, oil, gas, electrical industry, as well as in communal, agricultural and shipbuilding.

In the future, it is planned to minimize the design of the welding machine. Patented this welding method. Prepare the documentation for assembling the welding machine, certify it in the national welding control agency and introduce it into the industry.

The graduation work was done using a text editor. Microsoft Word 2010 and the graphic editor Compass 3DV15.

A CD-R with graphic material is shown on the back of the cover.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ, СОКРОЩЕНИЕ И НОРМАТИВНЫЕ СЫЛКИ

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Собственное магнитное поле – это круговое магнитное поле тока, возникающее при прохождении тока по элементам сварочной цепи, в том числе и по основному металлу.

Импульсное питание – подача импульсов тока с высокой величиной и частотой.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 12.1.003-83 – Шум. Общие требования безопасности;
- СНиП 23-03-2003 – Защита от шума;
- ОСП-72/87 – Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений;
- НРБ-99/2009 – Нормы радиационной безопасности.
- ГОСТ 2.708–81 – ЕСКД. Обозначение условные графические в схемах.

Приборы полупроводниковые.

- ГОСТ 2.725–74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах.

Резисторы, конденсаторы.

- ГОСТ 2.725–68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах.

Устройства коммутирующие.

В настоящей работе использованы следующие сокращения.

- U_d – напряжение дуги;
- I_d – ток дуги;
- Dp – дроссель;
- ИП – сварочный источник питания;
- p_d – динамическое сопротивление дуги;

- p_u – динамическое сопротивление источника;
- I_n – амплитуда импульса тока;
- U_n – амплитуда импульса напряжения;
- I_n – ток паузы;
- U_n – напряжение в паузе;
- t_u – длительность импульса;
- t_n – длительность паузы;
- T – период следования импульсов
- $K_{зап.}$ – коэффициент запаса;
- $t_{в.пасп.}$ – паспортное время восстановления запирающей способности тиристора;
- R_1 – сопротивление потерь контура коммутации;
- $I_{св}$ – ток нагрузки;
- U_{c1} – напряжение на первом конденсаторе;
- U_{c2} – напряжение на втором конденсаторе;
- C_k – коммутирующий конденсатор;
- $C\phi$ – конденсатор фильтра;
- L_k – коммутирующий дроссель;
- L_z – зарядный дроссель;
- $L\phi$ – дроссель фильтра;
- R_2, R_3 – балластные реостаты;
- $VS_{1,2}, VS_{3,4}$ – силовые тиристоры;
- VS_5 – коммутирующий тиристор;
- VS_6 – зарядный тиристор;
- $VD_{2,4}$ – диоды шунтирующие дугу в обратном направлении;
- $VD_{1,3}$ – блокирующие диоды;
- VD_5 – диод разряд конденсатор фильтра через силовые тиристоры;
- $R_{22,23,24,25}$ – сопротивление в цепи управляющих электродов силовых тиристоров;

- τ_1 – таймер определяющий длительность импульса сварочного тока;
- τ_2 – таймер определяющий длительность паузы протекающего сварочного тока;
- τ_3 – таймер определяющий задержку на включение зарядного тиристора (используются таймеры NE555);
- К176ЛЕ5 – 4 элемента 2 ИЛИ НЕ;
- К176ТМ1 – Д – триггер преобразованный в Т – триггер;
- C_{11}, C_{14}, C_{20} – фильтрующие конденсаторы;
- $R_{16} - R_{15} - C_{12}; R_{17} - R_{18} - C_{15}; R_{21} - R_{22} - C_{21}$ – времязадающие цепи таймеров;
- $C_8 - R_{11}; C_9 - R_{12}; C_{10} - R_{13}; C_{13} - R_{16}; C_{19} - R_{23}$ – дифференцирующие цепи;
- V_1 – оптотранзистор для форсированного начала сварки.
- ИУ1, ИУ2, ИУ3, ИУ4 – импульсные усилители. Каждый усилитель состоит из составного транзистора ($VT1 - VT2, VT3 - VT4, VT5 - VT6, VT7 - VT8$ – схема Дарлингтона).

Оглавление	
РЕФЕРАТ	5
ВВЕДЕНИЕ	14
1. Характеристика энергетической системы источник питания-дуга	15
1.1 Общая характеристика энергетической системы источник питания-дуга	17
1.2 Статическая характеристика сварочной дуги.....	18
1.3Динамическая характеристика сварочной дуги при переменном токе...	19
1.4 Статическая устойчивость энергетической системы источник питания-дуга.....	21
Заключение	25
2. Анализ способов модуляции сварочного тока	26
2.1 Сварка модулированным током	26
2.2 Преимущества аргодуговой сварки модулированным током.....	27
2.3Способы модуляции сварочного тока	28
2.4 Циклограмма модуляции тока с программным управлением.....	32
Выводы	34
3. Конструкторская часть	35
3.1Разработка принципиальной электрической схемы модулятора.....	35
3.1.1Выбор принципиальной электрической схемы силовой части модулятора.....	35
3.2 Определение параметров элементов схемы принудительной коммутации.....	37
Выводы	38
4. Схема управления модулятором.....	38
4.1 Блок питания	39
4.2 Импульсно-регулируемое сопротивление	39
4.3 Схема управления сварочным циклом	39
4.4 Функциональная схема экспериментальной установки	45
Выводы	45

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	48
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	48
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	48
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	49
5.1.3 SWOT-анализ	51
5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	52
5.3 Планирование научно-исследовательских работ	53
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	53
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	54
5.3.3 Разработка графика поведения научного исследования	55
5.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	59
5.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	59
5.4.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ ..	60
5.4.3 Основанная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	61
5.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	62
5.4.5 Накладные расходы НТИ	63
5.4.6 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта	63
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	64
Выводы	67
6. Социальная ответственность	70
6.1 Профессиональная социальная безопасность	70
6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	70

6.1.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	72
6.2 Экологическая безопасность	76
6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	76
6.2.2 Анализ влияния процессов исследования на окружающую среду.	76
6.2.3 Обоснования мероприятий по защите окружающей среды	77
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	77
6.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	77
6.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	78
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	78
6.4.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	78
6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны ...	79
Выводы	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	82

ВВЕДЕНИЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Повышение эффективности и улучшение качества производимых металлоконструкций является актуальной задачей на сегодняшний день. Одним из путей её решения можно выделить разработку и внедрение технологических процессов и оборудования, отвечающих мировым стандартам.

Предпосылками к разработке способа сварки с импульсным питанием сварочной дуги с автоматическим изменением точки подвода тока к изделию служили разные технологические задачи, направленные на получение конечного результата – качества в геометрии сварного шва, возможность упрощения техники выполнения сварных швов в разных пространственных положениях, а также в узкую щелевую разделку. При этом необходимо использование специального оборудования, т.е. импульсного источника питания сварочной дуги. Следовательно, возникает необходимость в разработке принципиально новых методов аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и родственных процессов соединения металла, основанных на использовании источников нагрева.

В данное время аргонодуговую сварку неплавящимся электродом стали дорабатывать и модернизировать. Одним из перспективных способов автоматического регулирования тепловой мощности дуги в процессе сварки, является модулирование сварочного тока с частотой следования, при которой используется эффект импульса. Достоинствами данного способа сварки является: возможность сварки встык труб и пластин, сварка ведется, как плавящимся электродом так и неплавящимся, при непрерывно горящей дуге

Модулирование сварочного тока можно осуществить путём включения в сварочную цепь стандартного источника питания полупроводникового устройства, работающего в ключевом режиме.

Существенный вклад в развитие способов аргонодуговой сварки модулированным током, внесли сотрудники ИЭС томской, ростовской,

воронежской сварочных школ. Разработке такого устройства для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и посвящена эта работа.

ЦЕЛЮ РАБОТЫ является исследование и разработка системы импульсного питания сварной дуги с разделением токоподвода к изделию.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ – процесс сварки неплавящимся электродом в аргоне.

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ – сварочная дуга, горящая в импульсном режиме на постоянном токе.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА проведенного бакалаврского исследования:

1. Теоретически обоснована и практически подтверждена принципиальная возможность качественного формирования сварного шва с концентрированным тепло вложением дугой горячей в импульсном режиме.
2. Установлено, что для качественного формирования шва дугой горячей в импульсном режиме существует прямо пропорциональная зависимость между толщиной изделия и величиной дежурного тока.
3. Установлено, что физическая устойчивость горения дуги соблюдается при различной геометрии торцы электрода.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ.

Создана действующая экспериментальная установка для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом с разделительным токоподводом к изделию.

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований использованы при создании устройства для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом с разделительным токоподводом к изделию. Материалы об использовании результатов работы имеются в приложении к работе.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Результаты настоящей работы представлены на научных семинарах кафедры «Оборудование и технологии сварочного производства» и на конференциях Всероссийского, Областного уровня.

ПУБЛИКАЦИИ. Гордиенко, Н. С. Импульсное регулирование сварочного тока [Электронный ресурс] / Н. С. Гордиенко, А. Ф. Князьков, Е. О. Маурин; науч. рук. А. Ф. Князьков // Неразрушающий контроль : сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность", Томск, 23-27 мая 2016 г. в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2016. — Т. 2. — [4 с.].

1 Характеристика энергетической системы источник питания-дуга

1.1 Общая характеристика энергетической системы источник

питания-дуга

Источник питания для дуговой сварки и сварочная дуга представляет собой единую энергетическую систему, в которой каждый из них выполняет свои определенные функции, а их характеристики взаимно согласованы. Эта система в общем виде представлена на рисунке 1.

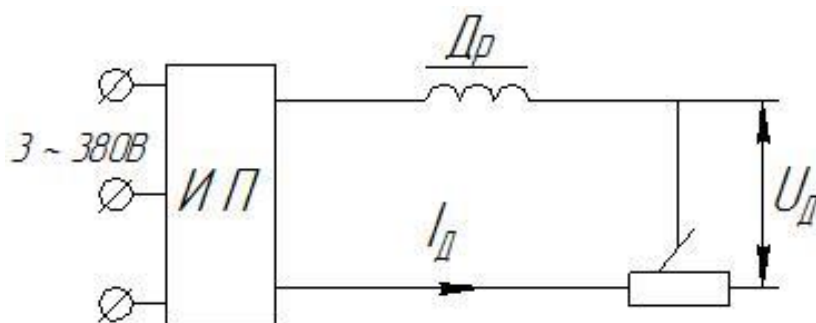


Рисунок 1 – Система источник питания – сварочная дуга

В состав схемы входят следующие элементы:

U_d – напряжение дуги;

I_d – ток дуги;

$Др$ – дроссель;

$ИП$ – сварочный источник питания.

Основная задача источника питания состоит в том, чтобы преобразовать параметры электрической сети к параметрам, необходимым, для питания сварочной дуги. Основным потребителем энергии является сварочная дуга. В сварочной дуге электроэнергия, в основном, преобразована в тепловую энергию, и в некоторых случаях необходимо принять во внимание процессы теплопередачи и металлопереноса через межэлектродный промежуток [1].

1.2 Статическая характеристика сварочной дуги

Сварочная дуга является частью в электрической цепи и представляет собой проводящий элемент. В общем виде вольтамперная статическая характеристика сварочной дуги имеет V – образную характеристику.

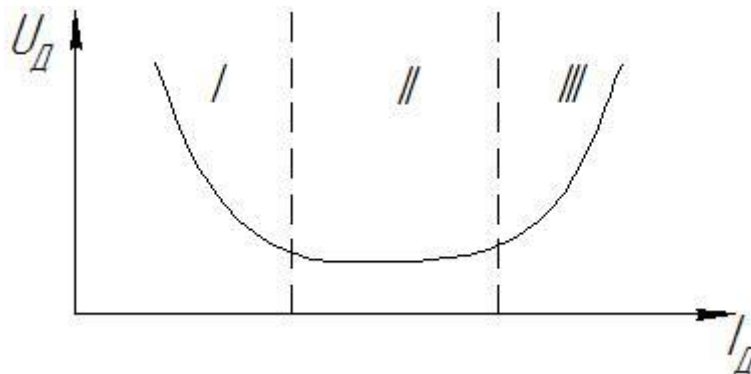


Рисунок 2 – Внешний вид вольтамперной характеристики сварочной дуги

Принять можно три диапазона:

I – диапазон малых режимов (0,5 – 10) А, где форма характеристики падающая

II – диапазон средних режимов с умеренными плотностями тока (сварка электродами с покрытием, неплавящимся электродом в аргоне и др.). В этой области $U_{д} = E_{д}$; $E_{д}$ – пассивная противо э.д.с. сварочной дуги.

III – диапазон сварки при высоких плотностях тока. В этой области напряжения дугового промежутка может быть представлено в виде:

$$U_{д} = E_{д} + I_{д} \cdot R_{д},$$

где, $R_{д}$ – динамическое сопротивление сварочной дуги.

При производстве процесса сварки выделяем два важнейших элемента процесса:

- возбуждение дуги;
- стабильное горение дуги при котором формируется два этапа.

С позиции рабочего режима выделяют два этапа:

- состояния устойчивого равновесия, когда сила тока $I_{д}$ и напряжения $U_{д}$ остаются неизменными в течении длительного

времени. Зависимость между током и напряжением дуги в этом состоянии называется статической ВАХ дуги, а функциональная связь между током и напряжением источника питания называется внешней ВАХ источника питания;

- состояния неустойчивого равновесия то есть – динамический режим (при возбуждении или смещении статической ВАХ дуги). Связь между I_d и U_d называется динамической характеристикой источника, у которой рабочие параметры различные, относительно статических.

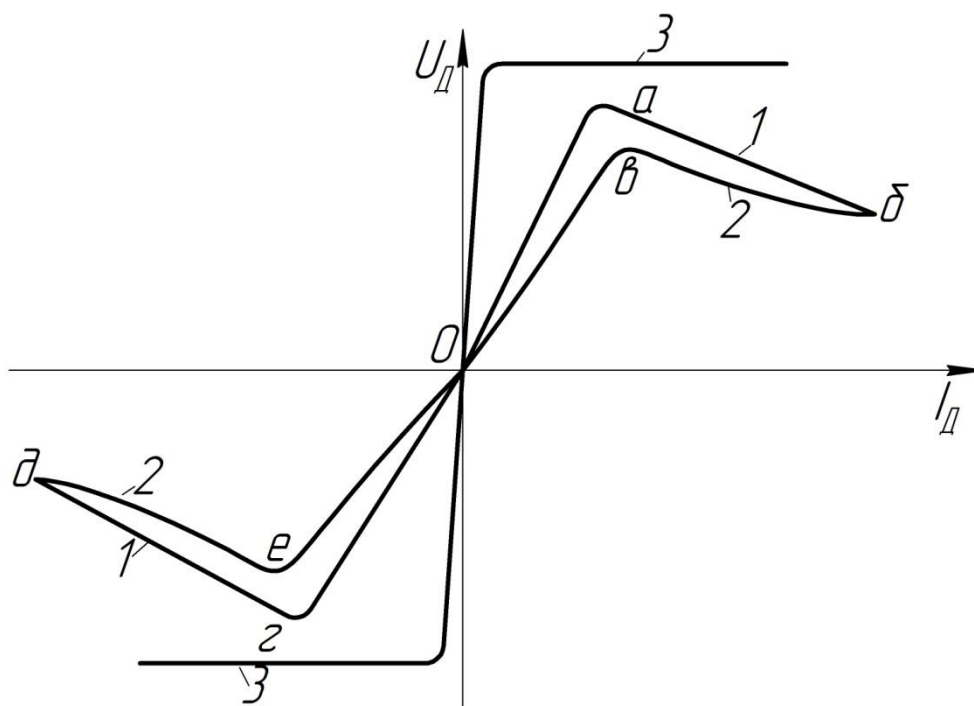
Продолжительность цикла работы источников, рассчитанных для ручной дуговой сварки, имеют перемежающийся и повторно–кратковременного режимы, утверждена временем равной 5 мин, а источников для механизированной сварки и комбинированных 10 мин.

Если величина $ПН\%$ (или $ПВ\%$), можно найти пользуясь известной из курса электропривода формулой $l_n \sqrt{ПН_n\%} / ПН\% = l_n \sqrt{ПВ_n\%} / ПВ\%$.

Вывод: для аргодуговой сварки неплавящимся электродом, применяется 2 диапазон средних режимов с умеренными плотностями тока, вольтамперная характеристика жесткая.

1.3 Динамическая характеристика сварочной дуги при переменном токе

При переменном токе термическое состояние в между электродном пространстве непрерывно изменяется, поэтому дуга переменного тока не имеет статической характеристики, а имеет лишь динамические характеристики (рис.3).



1, 2 – при маломощной дуге; 3 – при мощной дуге и раскаленных электродах.

Рисунок – 3 Динамические характеристики электрической дуги переменного тока

Эти характеристики показывают изменение напряжения на дуге в зависимости от тока при синусоидальном напряжении источника питания. Кроме «*оab*» и «*огд*» соответствует возрастанию напряжения при одной и другой полярности, кривые «*бво*» и «*део*» соответствуют убыванию напряжения.

Точки *a* и *г* – отвечают моментам зажигания дуги, точки *б* и *е* – моментам погасания. При больших токах и максимальной нагрузке, когда термическое состояние столба дуги становится стабильным, напряжение погасания становится равным напряжению зажигания. В этом случае динамическая характеристика приобретает вид кривой 3, а кривая напряжения на дуге утрачивает седлообразную форму, приближаясь к трапецеидальному очертанию.

1.4 Статическая устойчивость энергетической системы источник питания – дуга.

Статическая устойчивость безотносительно рода тока обычно рассматривается при следующих допущениях:

- сварочная дуга не обладает инерцией;
- источник питания обладает некоторой электромагнитной инерцией, которая обуславливается индуктивностью сварочных проводов и обмоток самого источника.

Система будет устойчивой если после окончания переходного процесса вызванного каким – либо возмущением, оно вновь вернется в прежнее состояние или близкое к прежнему состоянию.

На (рис. 4), представлены внешняя характеристика источника питания $U_{II} = f_I(I)$

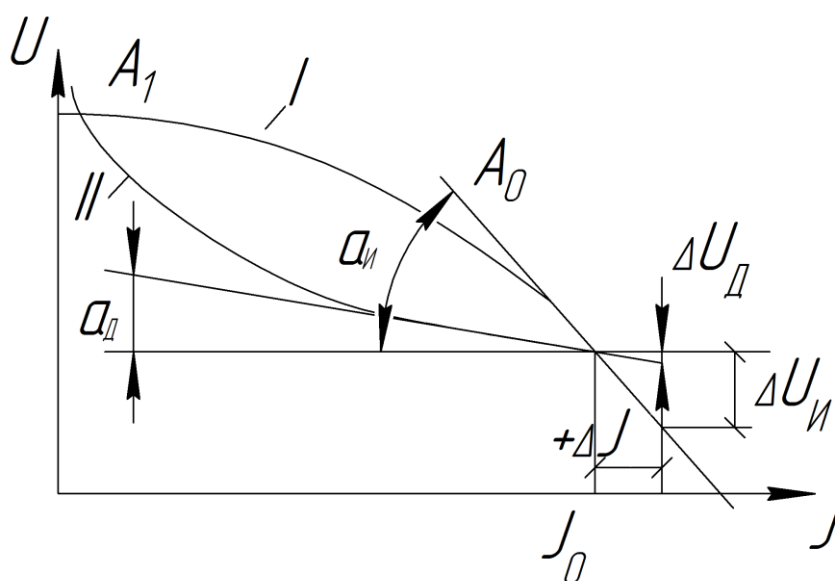


Рисунок 4 – Статическая характеристика источника – I и дуги – II.

Установившееся состояние системы определяется точками пересечения этих характеристик A_0 и A_1 , в которых ток и напряжение дуги в установившемся состоянии равны току и напряжению источника.

Для определения статической устойчивости режимов в т. A_0 и A_1 , необходимо проанализировать поведение системы при малых отклонениях от состояния равновесия. Анализ произведен относительно точки A_0 , а затем

распространим его и на режим в т. A_1 . На (рис. 4) приняты следующие обозначения:

$$\left. \begin{aligned} a_{\partial} &= \arctg p_{\partial} \\ a_u &= \arctg p_u \end{aligned} \right\}$$

где a_{∂} и a_u углы наклона касательной в т. A_0 к характеристике источника и дуги соответственно.

$$\left. \begin{aligned} p_{\partial} &= \frac{dU_{\partial}}{dI} \\ p_u &= \frac{dU_u}{dI} \end{aligned} \right\}$$

где p_{∂} – динамическое сопротивление дуги, p_u – динамическое сопротивление источника.

Пусть в следствии какого либо возмущения ток увеличился на величину $+\Delta I$, при этом возникает своеобразный дефицит напряжения ΔU . Для поддержания горения дуги требуется большее напряжение чем может обеспечить источник питания. Поскольку уменьшение напряжение источника $\Delta U_{И}$, больше чем уменьшение напряжения дуги $\Delta U_{Д}$, то определится следующим выражением

$$\Delta U = \Delta U_{И} - \Delta U_{Д}$$

Источник питания обладает индуктивностью L , то в переходном процессе дефицит напряжения ΔU будет уравниваться э.д.с. самоиндукция и на этапе переходного процесса будет справедливо уравнение

$$L \frac{d\Delta I}{dt} = \Delta U_{И} - \Delta U_{Д} \quad (1)$$

Учитываем, что

$$\left. \begin{aligned} tga_{И} &= \frac{dU_{И}}{dI} = \frac{\Delta U_{И}}{\Delta I} \\ tga_{Д} &= \frac{dU_{Д}}{dI} = \frac{\Delta U_{Д}}{\Delta I} \end{aligned} \right\} (2)$$

$\Delta U_{И}$ и $\Delta U_{Д}$ определяется как:

$$\Delta U_{Д} = tga_{Д} \Delta I$$

$$\Delta U_{И} = tga_{И} \Delta I$$

В выражении (1) заменим tga_H и tga_D через динамические сопротивление и подставим в уравнение (2), в результате получим:

$$L \frac{d\Delta I}{dt} = p_u \Delta I - p_d \Delta I \quad (3)$$

После преобразований в окончательном виде получим однородное дифференциальное уравнение первого порядка относительно переменной ΔI , описывающее переходной процесс в системе источник питания – дуга.

$$L \frac{d\Delta I}{dt} + \Delta I(p_u - p_d) = 0 \quad (4)$$

Согласно критериев оценки устойчивости *САР*, системы в которых переходные процессы описываются дифференциальные уравнением первого порядка, будут устойчивы, если положительны коэффициенты в левой части уравнения.

Следовательно условие устойчивости можно записать в следующем виде:

$$K_y = p_d - p_u > 0,$$

где K_y – коэффициент статической устойчивости энергетической системы источник питания – дуга.

Решением уравнения (4) будет

$$i = \Delta I e^{\frac{K_y}{L} t} \quad (5)$$

где $T_e = \frac{L}{K_y}$ – постоянная времени системы источник питания дуга.

Система будет находится в состоянии устойчивого статического равновесия, если малое отклонение тока от заданного значения с течением времени будет уменьшатся. Если с течением времени это отклонение будет расти, то состояние равновесия системы будет неустойчивым.

В общем виде основное условие устойчивости в следующем виде: коэффициент устойчивости системы при дуговой сварке K_y , равный разности производных уравнений статических характеристик дуги и источника питания в рабочей точке, должен быть положительным. Физический смысл этого определения можно сформулировать следующим образом: в

устойчивой системе источник питания – дуга угол наклона статической характеристики источника питания в рабочей точке к оси токов должен быть больше угла наклона статической характеристики дуги.

Графически для V образной характеристики дуги по областям для устойчивой системы это можно представить в виде следующих сочетаний характеристик дуги и источника.

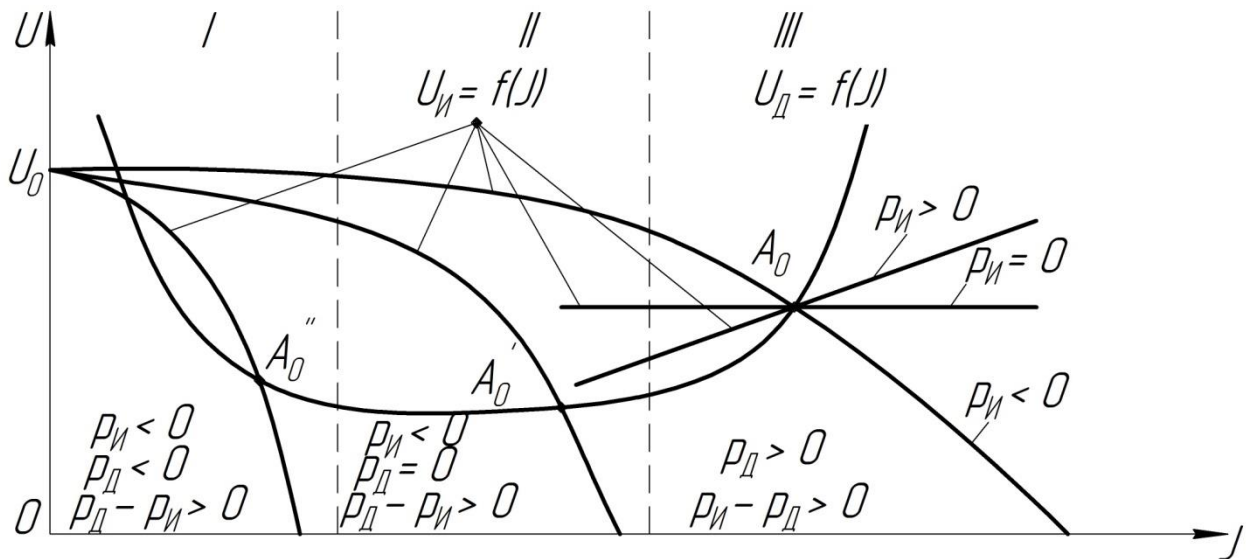


Рисунок 5 – Статические ВАХ сварочной дуги и источника питания.

При умеренных плотностях тока, в частности при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом (как в нашем случае) напряжение дуги мало зависит от тока (2), т.е.

$$\frac{dU_D}{dI} = p_D = 0 \quad (6)$$

Поэтому разрабатываемая импульсная система питания сварочной дуги должна иметь крутопадающую характеристику, т.е.

$$\frac{dU_I}{dI} = p_I < 0 \quad (7)$$

Кроме того при крутопадающей внешней характеристике источника питания отклонение сварочного тока при изменениях длины дуги будет незначительным, что благоприятно сказывается на постоянстве теплового режима и формирования шва [2].

Заключение

На основе проведенного анализа было выяснено что для аргодуговой сварки используют крутопадающую внешнюю характеристику источника, это обеспечивает не только устойчивость режима горения дуги, но и ее эластичность, и ограничение (естественное) тока короткого замыкания.

Для аргодуговой сварки неплавящимся электродом, применяется 2 диапазон средних режимов с умеренными плотностями тока, вольтамперная характеристика жесткая.

2 Анализ способов модуляции сварочного тока.

2.1 Сварка модулированным током

Наиболее важным при аргодуговой сварке неплавящимся электродом можно считать процесс формирования сварных швов. При обычных способах сварки мы лишены возможности, управлять формированием капли на конце электрода, так как характер переноса металла зависит от режима сварки, который задается обычно неизменным во времени в основном из технологических соображений (размеров шва, его пространственного положения и др.).

Следовательно, чтобы управлять процессом образования капли независимо от технологических характеристик шва необходимо периодически изменять мгновенную мощность дугового разряда. Импульс мощности должен быть достаточным для образования на конце проволоки капли металла необходимым размером и переноса ее на изделия. Такой процесс называется импульсно-дуговой сваркой неплавящимся электродом.

Для обеспечения устойчивости процесса весьма важен выбор параметров импульсов тока (амплитуды, длительности и частоты следования), а также отношения амплитуды импульса тока к току дежурной дуги. Тепловая инерция дуги и расплавленного металла оказывают большое влияние на характер переходных процессов при плавлении и переносе присадочного материала.

Вследствие наложения импульсов тока физические явления в дуговом разряде претерпевают существенные изменения. В конце действия импульсов появляется большое количество паров проволоки. Это свидетельствует о том, что импульсное повышение тока дуги существенно влияет на характер протекания дугового разряда. В результате повышается его стабильность, что позволяет значительно уменьшить нижний предел сварочного тока, соответствующий устойчивому горению дуги [3].

Таким образом, наложение импульсов тока на основную дугу значительно расширяет диапазон рабочих токов. Регулируя параметры

импульсов тока и частоту их следования можно задавать определенный размер капель электродного металла и время пребывания их в дуге. Это позволяет достаточно точно задавать ход металлургических реакций при сварке и получать требуемый состав и свойства шва.

Импульсное изменение тока оказывает большое воздействие на ванну жидкого металла и формирование шва. Подбором параметров импульсов тока и частоты их следования представляется возможным изменять форму и размеры шва. Наложение импульсов тока вызывает пульсацию давления дуги, которая улучшает формирование шва. Валик шва становится мелкочешуйчатым с плавным переходом к основному металлу. При сварке угловых соединений легко удастся получить нормальное и ослабленное сечение шва без подрезов. Пульсация давления дуги способствует также поддержанию жидкой металлической ванны и предотвращает её стекание при сварке вертикальных, горизонтальных, и потолочных швов. Благодаря этому можно увеличить сечение шва, выполняемого за один проход во всех пространственных положениях.

Повышение стабильности процесса, увеличения глубины провара и пульсирующее давление дуги значительно облегчают технику сварки вертикальных, горизонтальных и потолочных швов и обеспечивает возможность ведение процесса с более высокими скоростями, чем обычно[3].

2.2 Преимущества аргодуговой сварки модулированным током.

Проведенные эксперименты показали, что осевые и тангенциальные остаточные напряжения при сварке модулированным током значительно ниже, чем при сварке непрерывно горящей дугой.

Упрощается технология однопроходной сварки и выполнение корневых проходов при многослойной сварке труб без подкладок даже при больших допусках на сборку. Повышается эффективность процессов сварки и улучшается формирование швов. Формирование швов практически не зависит от пространственного положения. Автоматически управление

мощностью дуги способствует улучшению термического цикла сварки, облегчает труд сварщика, так как освобождает его от необходимости манипулировать электродом и изменять длину дуги.

2.3 Способы модуляции сварочного тока

В настоящее время для модуляции тока при аргонодуговой сварке неплавящимся электродами применяются три способа. Один из них осуществляется воздействием на ток обмотки возбуждения сварочного генератора [5]. При другом воздействии осуществляется по сварочной цепи путем изменения её сопротивления. Независимо от технических средств реализация указанных способов модуляции сварочного тока сущность их заключается в импульсном регулировании величины сопротивления в цепи обмотки возбуждения или непосредственно в сварочной цепи.

Принципиальная электрическая схема, реализующая первый способ, представлена на (рис. 5) В этом варианте сопротивление R_1 , определяет ток во время паузы. Во время импульса параллельно сопротивлению R_1 , при помощи полупроводникового ключа K подключается сопротивление R_2 . Ток возбуждения при этом определяется сопротивлением:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

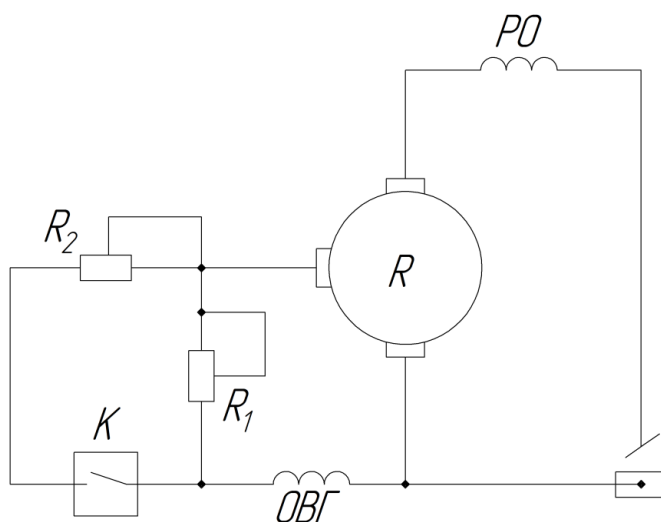


Рисунок 6 – Электрическая схема 1 способ

На (рис. 7) представлена принципиальная электрическая схема, реализующая второй способ. Здесь импульсно-регулируемое сопротивление введено непосредственно в сварочную цепь. Полупроводниковый ключ K периодически замыкается на определенное время и осуществляет модуляцию сварочного тока [4].

При разомкнутом ключе K сопротивление R введено, и в сварочной цепи протекает небольшой по величине ток паузы, определяемый суммой сопротивлений самого источника и импульсно-регулируемого сопротивления R . При замкнутом состоянии ключа, сварочный ток определяется настройкой источника питания.

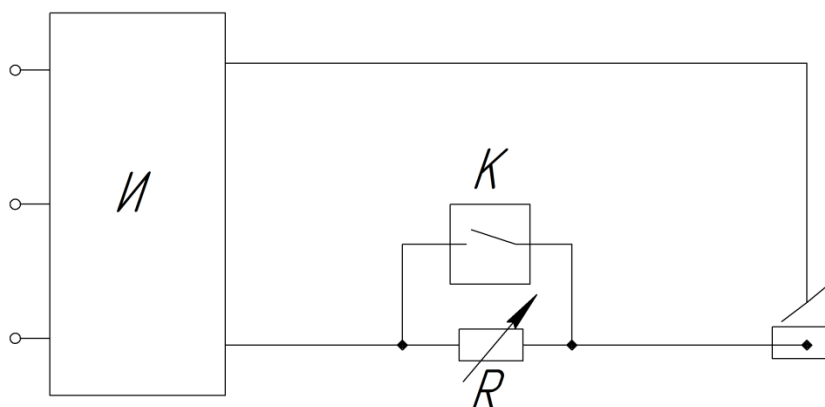


Рисунок 7 – Электрическая схема 2 способ

В работе выпрямителей с крутопадающими характеристиками для аргонодуговой и плазменной сварки на токи до 315А часто наряду с режимом непрерывной сварки предусматривается режим сварки пульсирующей дугой (сварочный ток периодически меняет свой уровень), импульс чередуется с паузой.

Для получения такого тока блок задания снабжается двумя потенциометрами задания, которыми отдельно оператор устанавливает напряжения задания $U_{з.и}$, $U_{з.п}$, определяющие ток во время импульса и во время паузы. Переключения потенциометров осуществляется специальными схемами, содержащими мультивибратор, который одновременно задает длительность импульса и паузы.

На (рис. 8) представлена принципиальная электрическая схема, реализующая третий способ модуляции. Мультивибратор MB имеет два вывода a и b . Когда мультивибратор находится в первом устойчивом состоянии, соответствующем, например, импульсу тока, потенциал вывода a отрицателен, а потенциал вывода b близок к нулю. В другом устойчивом состоянии соответствующем паузе, потенциалы выводов мультивибратора меняются местами. Время его пребывания в каждом состоянии время импульса и паузы поддается регулированию в широких пределах.

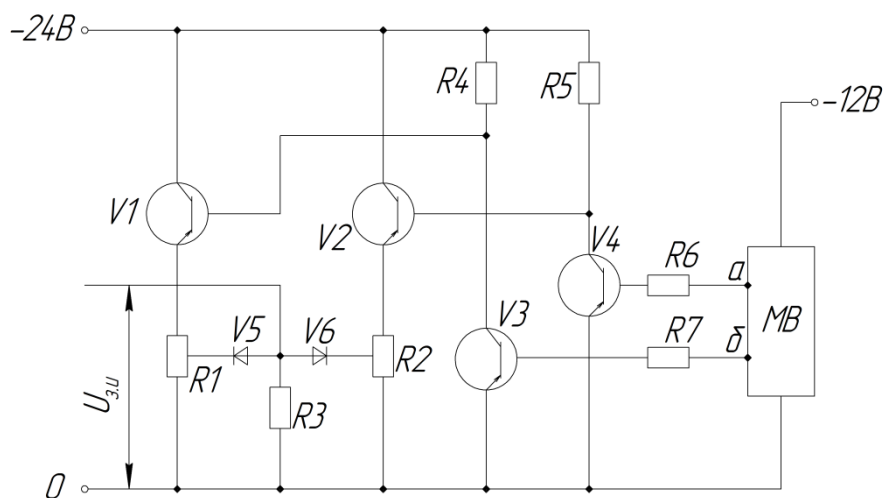


Рисунок 8 – Электрическая схема 3 способ

В первом устойчивом состоянии («импульс») отрицательный потенциал вывода a открывает триод $V4$. Триод $V4$ насыщен, потенциал его коллектора и базы триода $V2$ близок к нулю. Триод $V2$ закрыт и совместно со своим эмиттерным резистором $R2$ в работе не участвует. Триод $V3$ закрыт нулевым потенциалом точки b мультивибратора, ток в его цепи отсутствует.

По базе триод $V1$ через резистор $R4$ проходит ток, достаточный для его насыщения. Триод $V1$ открыт, и напряжения задания $U_{3,u}$ потенциометра $R1$ определяет значение тока импульса.

При другом устойчивом состоянии мультивибратора подключен потенциометра $R2$ и напряжение задания $U_{3,u}$ определяет ток паузы.

Напряжения задания $U_{3,u}$, $U_{3,n}$, через разделительные диоды $V5$ и $V6$ суммируются во времени на резисторе $R3$ и поступают на элемент сравнения как результирующее напряжение блока задания $U_{3,p}$.

Во втором случае варианте обеспечивается большее быстродействие, т.к. в этом случае постоянная времени цепи, определяемая во время импульса соотношением:

$$T_u = \frac{L_u}{R_u}, (8)$$

где: L_u – индуктивность сварочной цепи,

R_u – сопротивление сварочной цепи;

Во время паузы:

$$T_n = \frac{L_u}{R_u + R}. (9)$$

В первом варианте индуктивность обмотки возбуждения в 20-40 раз больше индуктивности сварочной цепи, поэтому нарастание и спад тока возбуждения и, следовательно, сварочного тока будет происходить значительно медленнее.

Каждый вариант модуляции тока имеет свои преимущества и недостатки. При модуляции по сварочной цепи достоинствами являются:

- универсальность (возможность использования со всеми стандартными источниками постоянного тока для сварки);
- быстродействие;
- возможность создания замкнутых систем автоматического регулирования с обратной связью по параметрам процесса.

Недостатком является большая скорость нарастания тока в импульсе, что требует включения небольшой дополнительной индуктивности в сварочную цепь.

При модуляции по цепи возбуждения генератора, приведенные выше достоинства и недостатки, меняются местами.

Достоинством третьего способа является то, что сварка производится импульсной дугой (сварочный ток периодически меняет свой уровень), т.е. импульс чередуется с паузой, что способствует первичной кристаллизации сварочной ванны. Недостаток такого принципа модуляции – достаточно медленное нарастание тока в импульсе из-за наличия уравнивающего

реактора и дросселя в сварочной цепи и потеря управляемости на интервале 3,3 мс [5].

2.4 Циклограмма модуляции тока с программным управлением

Импульсный модулятор сварочного тока создан на кафедре ОиТСП ТПУ. От модулятора производят сварку модулированным током, причем управление длительности импульсов и пауз в момент сварочного тока осуществляет отдельно и независимо. На определенном интервале на средний сварочный ток (18-35А) дополняют импульсами с амплитудой равной амплитуде основных импульсов, частотой не менее 50Гц и длительностью в пределах(0,5-1,5мс).

Управление тепловой мощностью сварочной дуги осуществляется автоматически по желанию сварщика, изменением параметров основных импульсов, незначительным изменением длины дуги (1,5-2,0 В), не нарушающим газошлаковую защиту зону сварки.

Такое управление обеспечивает повышение качества сварного соединения, значительно снижение контраста светового излучения дуги, улучшения топографии шва, управление тепловой мощностью дуги по желанию сварщика.

Для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом к настоящему времени разработаны и применяются достаточно большое количество способов сварки модулированным током(переменным и постоянным) током и устройств – модуляторов сварочного тока для их реализации и их модификации.

Принцип сварки при импульсной модуляции тока или иначе при импульсном питании поясняется эпюрами тока и напряжения дугового промежутка на (рис. 9).

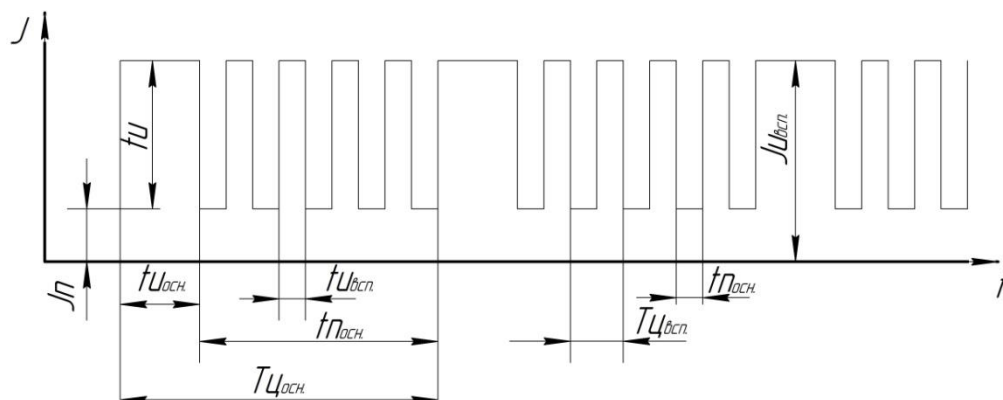


Рисунок 9 – Циклограмма . Эюра тока и напряжения дугового промежутка при импульсном питании с программным управлением
В схему входят следующие элементы:

I_n – амплитуда импульса тока;

U_n – амплитуда импульса напряжения;

I_n – ток паузы;

U_n – напряжение в паузе;

t_u – длительность импульса;

t_n – длительность паузы;

T – период следования импульсов.

Система импульсного питания сварочной дуги должна давать возможность сварщику сваривать в таком темпе, в котором он может, как это делается при достаточно пологой характеристике источника при сварке в непрерывном режиме.

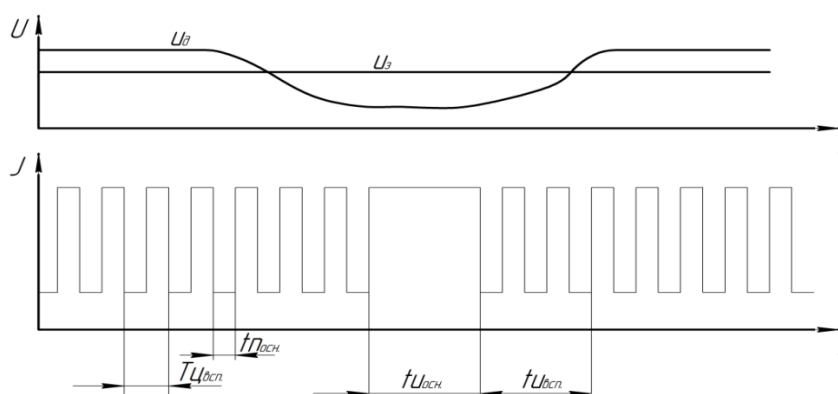


Рисунок 10 – Циклограмма (способ аргодуговой сварки неплавящимся электродом реализующий релейный режим)

В этом варианте в функции отклонения среднего напряжения дуги от заданного, автоматически реализует релейный режим. Дуга может гореть в непрерывном режиме при значении тока основного импульса или при значении тока основной паузы с наложением вспомогательных импульсов.

Длительность протекания основного тока и основной паузы автоматически и устанавливают в функции отклонения среднего напряжения дуги от заданного. При напряжении дуги меньше на 1,0 В выше заданного автоматически снижают ток до тока паузы с наложением вспомогательных импульсов. Такой режим обеспечивает сварку малых толщин. Он удобен для обучения сварке модулированным током.

Выводы

В данной главе были рассмотрены 3 способа модуляции сварочного тока, и выбран наиболее перспективный вариант 3 так как, сварка производится импульсной дугой (сварочный ток периодически меняет свой уровень), т.е. импульс чередуется с паузой, что способствует первичной кристаллизации сварочной ванны.

3. Конструкторская часть

3.1 Разработка принципиальной электрической схемы модулятора

3.1.1 Выбор принципиальной электрической схемы силовой части модулятора.

Вследствие универсальности, возможности создания замкнутой системы автоматического регулирования, учитывающей переход капель расплавленного электродного металла во время короткого замыкания, предпочтение отдано способу модуляции с воздействием на сопротивление сварочной цепи.

Для модуляции величины сварочного тока путём воздействия на сопротивление сварочной цепи используются различные типы полупроводниковых ключей, закорачивающих балластное сопротивление в сварочной цепи принципиально могут быть использованы транзисторы и тиристоры с принудительной коммутацией. Однако, на современном уровне развития полупроводниковой техники наиболее целесообразно использование тиристоров с принудительной коммутацией.

Несмотря на довольно большое количество схем принудительной коммутации тиристоров, применяемых для сварки, в специальной литературе отсутствует обоснование по выбору и применению схем принудительной коммутации тиристоров в сварочных цепях. Для того чтобы правильно выбрать тип схемы необходимо выяснить специфику её работы в комплексе со сварочной дугой и источником питания.

Исходя из указанных факторов, отличительные особенности работы схемы принудительной коммутации тиристора в сварочной цепи, могут быть записаны следующим образом:

1. Напряжение дуги не более 45 В при сварочном токе до 1400 А и напряжении холостого хода до 70 В.
2. Незначительная индуктивность сварочной цепи.
3. Короткие замыкания при переходе капель электродного металла в сварочную ванну.

4. При сварке неплавящимся электродом недопустимость прохождения коммутационных токов через дуговой промежуток.
5. Схема должна быть надёжной при любых возмущениях и универсальной, то есть пригодной для любых процессов дуговой сварки.

3.2 Определение параметров элементов схемы принудительной коммутации

Основными параметрами, служащими для оценки коммутирующего контура являются емкость конденсатора C и индуктивность дросселя L , которые определяются по следующим уравнениям:

$$C = \frac{K_{3.n} \cdot t_{в.насн}}{\frac{U_{c_2}(0) \cdot R_3}{K_1(U_{xx} - \varepsilon_0)} \left\{ \arccos \frac{U_{c_1}(0)}{\sqrt{\left[U_{c_2}(0) - \frac{I_{c_6} \cdot R_l}{2} \right]^2 + I_{c_6}^2 \left[\frac{U_{c_2}(0) \cdot R_3}{(U_{xx} - \varepsilon_0) K_i} \right]^2}} - \operatorname{arctg} \frac{U_{c_2}(0)}{K_i \left[U_{c_2}(0) - \frac{I_{c_6} \cdot R_l}{2} \right]} \right\}}; \quad (10)$$

$$L_1 = \frac{K_{3.n} \cdot t_{в.насн} \cdot \frac{U_{c_2}(0) \cdot R_3}{(U_{xx} - \varepsilon_0) K_i}}{\arccos \frac{U_{c_1}(0)}{\sqrt{\left[U_{c_2}(0) - \frac{I_{c_6} \cdot R_l}{2} \right]^2 + I_{c_6}^2 \left[\frac{U_{c_2}(0) \cdot R_3}{(U_{xx} - \varepsilon_0) K_i} \right]^2}} - \operatorname{arctg} \frac{U_{c_2}(0)}{K_i \left[U_{c_2}(0) - \frac{I_{c_6} \cdot R_l}{2} \right]}}. \quad (11)$$

$K_{зан.}$ – коэффициент запаса;

$t_{в.насн.}$ – паспортное время восстановления запирающей способности тиристора;

R_1 – сопротивление потерь контура коммутации;

I_{c_6} – ток нагрузки;

U_{c_1} – напряжение на первом конденсаторе;

U_{c2} – напряжение на втором конденсаторе.

Расчет по формулам:

$$C = \frac{1,25 \cdot 25}{\frac{370 \cdot 0,125}{2 \cdot 75} \left\{ \arccos \frac{0}{\sqrt{\left[370 - \frac{75 \cdot 0,062}{0,125 \cdot 2}\right]^2 + \left[\frac{75 \cdot 370 \cdot 0,125}{0,125 \cdot 2 \cdot 75}\right]^2}} - \arctg \frac{370}{2 \left[370 - \frac{75 \cdot 0,062}{0,125 \cdot 2}\right]} \right\}} = 75 \text{ мкф};$$

$$L_1 = \frac{1,25 \cdot 25 \frac{370 \cdot 0,125}{2 \cdot 75}}{\arccos \frac{0}{\sqrt{\left[370 - \frac{75 \cdot 0,062}{0,125 \cdot 2}\right]^2 + \left[\frac{75 \cdot 370 \cdot 0,125}{0,125 \cdot 2 \cdot 75}\right]^2}} - \arctg \frac{370}{2 \left[370 - \frac{75 \cdot 0,062}{0,125 \cdot 2}\right]}} = 7,1 \text{ мкГн.}$$

Выводы

Проведенный расчет основных параметров схем показал что:

- 1) для импульсного питания сварочной дуги рационально применять модуляторы в виде импульсно-регулируемого сопротивления с полупроводниковым тиристорным ключём.
- 2) полученные расчетные данные позволяют произвести расчет и выбор основных элементов коммутирующего контура схемы.

4 Схема управление модулятором

Схема управления модулятором состоит из следующих блоков и узлов:

- Блок питания.
- Силовая часть системы импульсно-регулируемого сопротивления.
- Схема управления сварочным циклом.

Схема управления модулятором выполнена на полупроводниковых приборах с гальванической развязкой через оптоэлектронные приборы.

4.1 Блок питания

Блок питания состоит из четырехобмоточного понижающего трансформатора $Tr1$, который подключен к сети $SA3$ и защищается предохранителем $FU2$.

Напряжение вторичных обмоток выпрямляется диодными мостами $VD9, VD21$. Схема управления сварочным циклом питается стабилизирующим напряжением, которое снимается со стабилитронов $VD10, VD11, VD12$. Сопротивление $R12$ служит для ограничения тока.

Импульсный усилитель питания стабилизирующий напряжение, снимается со стабилитронов $VD22, VD23, VD24$. Сопротивление $R39$ служит для ограничения силы тока. Диод $VD36$ служит для питания газового ключа и релейно транзисторной схемы при сварке неплавящимся электродом в аргоне.

4.2 Импульсно-регулируемое сопротивление

Силовая часть системы выполнена на базе импульсно-регулируемого сопротивления. Особенностью схемы является то, что в схеме использованы два силовых тиристора с катодов которых, поочередно подводится ток к разным точкам изделия. Для пояснения работы, ниже на (рис. 10) представлена принципиальная электрическая схема силовой части.

Представленная схема имеет две ветви для формирования импульсов сварочного тока.

Одна ветвь – плюс источника тока $-L_k - VS_{3,4}$ – изделие – дуга – $L\phi$ – минус источника тока R .

Другая ветвь – плюс источника тока $-L_k - VS_{1,2}$ – изделие – дуга – $L\phi$ – минус источника тока. Для протекания тока дежурной дуги на интервале паузы служат балластные реостаты R_2 и R_3 .

Для выключения тока импульса служит общий коммутирующий контур состоящий из элементов $L_k - C_k - VS_5$.

Поскольку работа ветвей формирования импульсов тока одинакова целесообразно рассмотреть электромагнитные процессы при работе одной ветви. Для этого необходимо процесс выключения силового тиристора разбить на этапы. Первый этап начинается в момент включения вспомогательного тиристора VS_5 и характеризуется протеканием импульса обратного тока через находящийся во включенном состоянии силовой тиристор $VS_{1,2}$. Так как нагрузка шунтирована в обратном направлении диодом VD_2 , это время пренебрежимо мало. На втором этапе происходит резонансный перезаряд конденсатора C_k по цепи $VS_5 - L\phi$. Энергия дросселя $L\phi$ запасенная от тока нагрузки переходит в конденсатор.

На третьем этапе коммутирующий конденсатор под действием своего напряжения и напряжения источника перезаряжается до напряжения U_{co} , которое является начальным для следующего цикла коммутации. Поскольку сварочный источник обладает сопротивлением, дополнительных мер для ограничения напряжения на конденсаторе C_k не требуется, вопрос заключается лишь в правильном подборе добротности зарядного контура.

4.3 Схема управления сварочным циклом.

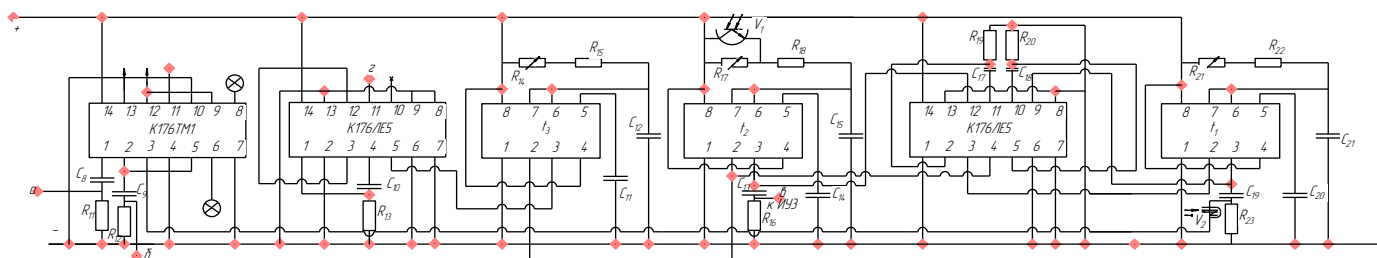


Рисунок 12 – Схема управления сварочным циклом.

Схема управления сварочным циклом состоит из следующих элементов:

- τ_1 – таймер определяющий длительность импульса сварочного тока.
- τ_2 – таймер определяющий длительность паузы протекающего сварочного тока.
- τ_3 – таймер определяющий задержку на включение зарядного тиристора (используются таймеры NE555).
- К176ЛЕ5 – 4 элемента 2 ИЛИ НЕ.
- К176ТМ1 – Д – триггер преобразованный в Т – триггер.
- C_{11}, C_{14}, C_{20} – фильтрующие конденсаторы.
- $R_{16} - R_{15} - C_{12}; R_{17} - R_{18} - C_{15}; R_{21} - R_{22} - C_{21}$ – времязадающие цепи таймеров.
- $C_8 - R_{11}; C_9 - R_{12}; C_{10} - R_{13}; C_{13} - R_{16}; C_{19} - R_{23}$ – дифференцирующие цепи.
- V_1 – оптотранзистор для форсированного начала сварки.
- ИУ1, ИУ2, ИУ3, ИУ4 – импульсные усилители. Каждый усилитель состоит из составного транзистора ($VT1 - VT2, VT3 - VT4, VT5 - VT6, VT7 - VT8$ – схема Дарлингтона).
- Тр2, Тр3, Тр4, Тр5 – импульсные трансформаторы.
- VD14, VD16, VD18, VD20 – диоды шунтирующие первичные обмотки трансформаторов в обратном направлении с целью снятия перенапряжений.

Работа схемы осуществляется следующим образом. При запуске, например таймера τ_1 – который определяет длительность импульса сварочного тока на его выходе (клемма 3) появляется логическая единица, которая поступает на один из входов (9) элемента 2 ИЛИ НЕ, а второй вход (8) заземлен. И одновременно после дифференцирования с сопротивления $R23$ через оптотранзистор $V2$ (который открыт) поступает на вход Т – триггера (3). При этом триггер меняет свое положение и на одном из его выходов появляется логическая единица, а на другом ноль. Пусть логическая единица появляется на выходе (1). Тогда после дифференцирования импульс напряжения с сопротивления $R11$ поступает на вход усилителя ИУ1. При этом на выходе усилителя со вторичной обмотки импульсного трансформатора $Tr2$ импульс поступает на управляющие переходы силовых тиристоров $VS3,4$ начинает протекать импульс сварочного тока. Одновременно при поступлении логической единицы с выхода таймера (1) на вход (9) элемента 2 ИЛИ НЕ, на его выходе (10) устанавливается логический ноль. После отсчета времени на выходе (1) таймера τ_1 появляется логический ноль, который поступает на вход (9) элемента 2 ИЛИ НЕ и на его выходе (10) появляется логическая единица. После дифференцирования импульс сопротивления $R20$ поступает на вход (5) элемента 2 ИЛИ НЕ. В результате на выходе (4) кратковременно появляется логический ноль, который поступает одновременно на входы (2) таймеров τ_2 и τ_3 и запускает их. На выходе (3) таймеров появляется логическая единица. С выхода (3) таймера τ_2 после дифференцирования с сопротивления $R16$ поступает импульс на усилитель ИУ3. С выхода усилителя ИУ3 со вторичной обмотки импульсного трансформатора $Tr4$ импульс поступает на управляющий переход коммутирующего тиристора $VS5$. Тиристор открывается и происходит коммутационный процесс отключения силовых тиристоров $VS3,4$ и импульс сварочного тока прекращается. После отсчета времени таймера τ_3 на его выходе появляется логический ноль, который поступает на вход (5) элемента 2 ИЛИ НЕ, на выходе (4) которого появляется логическая

единица. После дифференцирования с сопротивления R13 импульс поступает на вход (1) элемента 2 ИЛИ НЕ, вследствие чего на его выходе (3) кратковременно появляется логический ноль, который поступает на вход (12) элемента 2 ИЛИ НЕ. На выходе (11) появляется кратковременный импульс, который поступает на импульсный усилитель ИУ4. При этом на выходе усилителя со вторичной обмотки импульсного трансформатора Тр5 импульс поступает на управляющий переход зарядного тиристора VS5. Происходит перезаряд коммутирующего конденсатора Ск с плюсом на верхней обкладке.

После отсчета таймером τ_2 времени паузы между импульсами сварочного тока на выходе его (3) появляется логический ноль, который поступает на вход (12) элемента 2 ИЛИ НЕ на выходе (11) которого появляется логическая единица. После дифференцирования импульс сопротивления R19 поступает на вход (2) элемента 2 ИЛИ НЕ, в следствие этого на выходе (3) кратковременно образуется логически ноль, который поступает на вход (2) таймера τ_1 и запускает таймер, который отсчитывает длительность импульса сварочного тока, а на выходе (3) появляется логическая единица, которая одновременно подается на вход (9) элемента 2 ИЛИ НЕ и на выходе его появляется логический ноль. Одновременно после дифференцирования импульс сопротивления R12 через открытый оптотиристор V2 поступает на вход (3) Т – триггера (К176ТМ1). Триггер изменяет свое состояние. С выхода триггера, на котором появляется логическая единица, после смены состояния сигнал после дифференцирования поступает на вход импульсного усилителя (2). С выхода усилителя ИУ2 со вторичной обмотки импульсного трансформатора Тр3 импульс поступает на управляющий переход тиристоров VS1,2. Тиристоры отпираются и подводят импульс тока уже в другой точке изделия. Далее процесс повторяется.

4.4 Функциональная схема экспериментальной установке

Для проведения исследования импульсного питания сварочной дуги с автоматическим изменением точки подвода тока к изделию разработана экспериментальная установка, функциональная схема которой представлена ниже на (рис. 12).

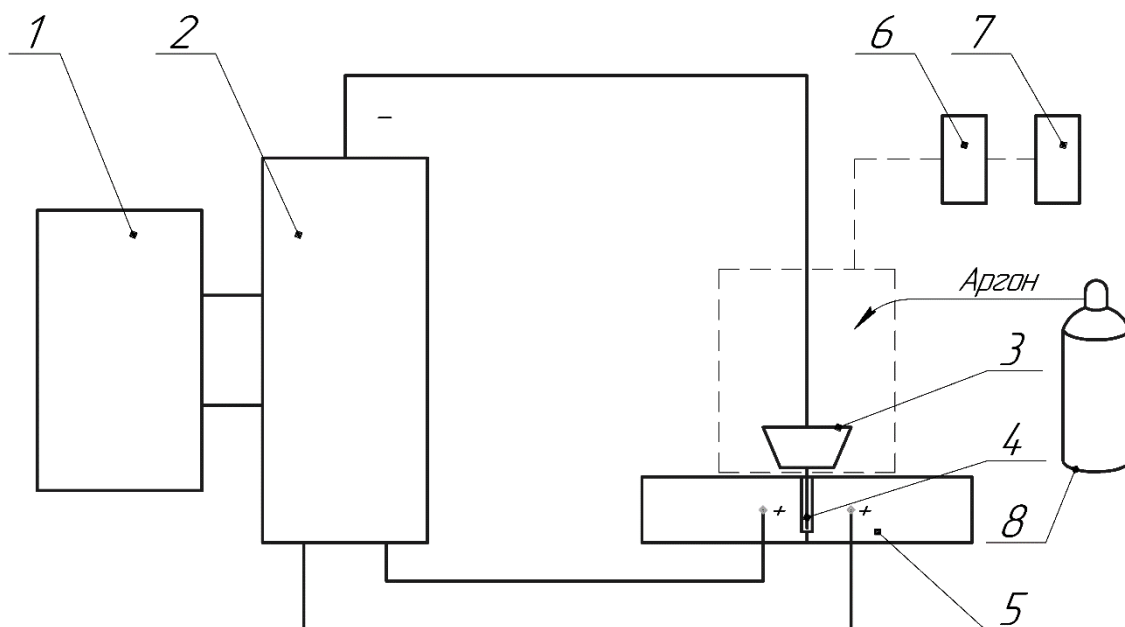


Рисунок 13 – Схема экспериментальной установки

На (рис. 13) показана схема экспериментальной установки, которая содержит 1 – трехфазный выпрямитель 380В., 2 – модулятор, 3 – сварочная головка, 4 – неплавящийся электрод, 5 – изделие, 6 – механизм перемещения горелки, 7 – блок управления механизмом перемещения горелки, 8 – газовый баллон.

Выводы

Выводы по проделанной работе:

1) разработана экспериментальная установка для исследования процесса сварки неплавящимся электродом в защитной среде аргона неплавящимся электродом. Особенностью установки является то, что подвод тока осуществляется к двум точкам изделия с автоматическим изменением точек подвода тока.

2) разработана импульсная система питания сварочной дуги с автоматическим изменением поочередного подвода тока к двум точкам, причем изменение точки подвода совмещено с подачей импульса.

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Гордиенко Никите Сергеевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы(НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01-Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): ма-териально-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
Ст.преподаватель	Николаенко В.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Гордиенко Никита Сергеевич		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоемкость и ресурсосбережение

Введение

Объектом исследования в моей работе является «Разработка системы импульсного питания сварной дуги с разделением токоподвода к изделию», выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Основная задача работы состоит в том, чтобы разработать систему импульсного питания автоматической дуговой сварки, которая будет использоваться для облегчения монтажа котельного оборудования, а именно труб поверхностного нагрева.

Целью данного раздела является сравнение предлагаемой разработки с разработками, которые уже существуют и являются основными в этой сфере.

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка системы импульсного питания сварной дуги с разделением токоподвода к изделию» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации.

Суть работы заключается в исследовании и разработке процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне дугой, управляемой собственным магнитным полем в связи с изменением токоподвода к изделию.

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

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

А так же 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– Сегментирование рынка

	Сварочные трансформаторы	Сварочные выпрямители	Сварочные инверторы с модулятором
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 с модулятором.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы	Конкурентоспособность
-----------------	-----	-------	-----------------------

	критерия	Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
2. Затраты сварочного материала	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
3. Качество сварного соединения	0,3	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
2. Предлагаемый срок эксплуатации	0,2	5	5	4	1	1	0,8
3. Конкурентоспособность	0,25	5	4	3	1,25	1	0,75
Итого:	1	28	26	21	3,8	3,35	2,75

Где сокращения: Б_ф- Сварка неплавящимся электродом в аргоне магнитоуправляемой дугой; Б_{к1}- Аргонно-дуговая сварка; Б_{к2}- Ручная дуговая сварка.

Анализ конкурентоспособности технических решений определили по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл показателя.

Итогами данного анализа является то, что метод, предложенный в дипломе эффективнее, чем методы конкурентов.

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.

Таблица 5.3 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие конкурентов на рынке; – Актуальность проекта; – Высокая производительность сварки; – Сокращения годового брака в 10 раз (в сравнении с РДС); – Снижение квалификации персонала, т.к. работу будет выполнять оператор; – Автоматизация процесса сварки. 	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие квалифицированного персонала, т.к. оператор может не знать особенностей процесса сварки; – Развитие новых технологий
Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"> – Получение качественных сварных соединений; – Регулирование производительности; – Повышение эффективности сварки неплавящимся электродом. 	<ul style="list-style-type: none"> – Появление новых технологий; – Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы, что займет много времени.

5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Таблица 5.4 – Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Диаметр сварочной проволоки, мм	1	1	1
Б. Марка электрода	ЭВЛ-2 Ø 3-150-ТУ	ЭВЛ-2 Ø 4-150-ТУ	ЭВЧ Ø 3-200-ТУ
В. Плазмообразующий газ	Ar (высший сорт)	Ar (Сорт 1)	-
Г. Стабилизирующий газ	Ar (высший сорт)	Ar (Сорт 1)	-
Д. Защитный газ	Ar	CO ₂	Ar

Возможные варианты решения технической задачи:

- 1) А1Б1В2Г2Д3 – В первом случае, сварка низкоуглеродистых сталей при малых затратах на материал.
- 2) А2Б2В2Г2Д3 – Во втором случае, низкоуглеродистых или низколегированных сталей при малых затратах материал.
- 3) А3Б3В1Г1Д1 - В третьем случае, сварка хромистых (нержавеющих) сталей аустенитного класса, с повышенными требованиями к материалу.

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.

Таблица 5.5 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работы	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель темы
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Инженер
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучения влияния	

		магнитного дутья на процесс сварки	
Практические исследования	9	Сварка труб неплавящимся электродом с управлением магнитным дутьем	Руководитель, инженер
	10	Изучение полученных результатов	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Руководитель, инженер
	12	Заключение	

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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (2)$$

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

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

t_{maxi} – 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_{pi} , 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочих днях;

$t_{ожi}$ – 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 поведения 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:

$$T_{ки} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (4)$$

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

T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (5)$$

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 5.6).

После заполнения таблицы 5.6 строим календарный план-график (табл. 5.7).

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 выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 5.6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работы						Исполнители		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							
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Составление и утверждение темы проекта	1	-	3	-	1,8	-	+	-	2	-	3	-
Анализ актуальности темы	1	1	3	3	1,8	1,8	+	+	1	1	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	5	5	2,6	2,6	+	+	2	2	3	3
Выбор направления исследований	1	-	3	-	1,8	-	+	-	2	-	3	-
Календарное планирование работ	1	-	3	-	1,8	-	+	-	2	-	3	-
Изучение литературы по теме	-	7	-	14	-	9,8	-	+	-	10	-	15
Подбор нормативных документов	5	6	8	9	6,2	7,2	+	+	3	4	5	6
Изучение установки	-	6	-	9	-	7,2	-	+	-	4	-	6
Моделирование процесса	-	1	-	3	-	1,8	-	+	-	2	-	3
Изучение результатов	1	2	2	3	1,4	3			2	3	3	5
Проведение расчетов по теме	-	6	-	9	-	7,2	-	+	-	8	-	11
Анализ результатов	1	1	4	4	2,2	2,2	+	+	2	2	3	3
Вывод по цели	1	1	4	4	2,2	2,2	+	+	3	3	4	4

Исп.1 – Научный руководитель; Исп.2 – Инженер.

Таблица 5.7 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение проекта	Руководитель	3	■								
2	Анализ актуальности темы	Рук.-инж.	2		■							
3	Поиск и изучение материала темы	Инж.-рук.	3		■	■						
4	Выбор направления исследований	Руководитель	3			■						
5	Календарное планирование	Руководитель	3				■					
6	Изучение литературы по теме	Инженер	15				■	■	■			
7	Подбор нормативных документов	Инж.-рук.	6					■	■			
8	Изучение установки	Инженер	6						■	■		
9	Моделирование процесса	Инж.-рук.	3							■		
10	Изучение результатов	Инженер	5								■	
11	Проведение расчётов по теме	Инженер	11								■	■
12	Анализ результатов	Инж-рук	3									■
13	Вывод по цели	Инженер	4									■

■ - инженер; ■ - руководитель

5.4 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.

5.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат НТИ осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 5.8 Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, (З _м), руб.	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Бумага	лист	150	100	2	2	345	230
Картридж для принтера	шт.	1	1	1000	1000	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	350	350	402,5	402,5
Св-аяпр-ка	кг.	0,5	0,5	80	80	46	46
ПГ,СГ,ЗГ	лит.	1	1	12	12	13,8	13,8
Итого						1957,3	1842,3

5.4.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 5.9 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Количество ед. оборудования		Цена за ед. оборудования, тыс. руб.		Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
1	Источник питания	1	-	40	-	46	-
Итого:						46	-

5.4.3 Основанная и дополнительная заработная плата исполнителей

темы

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.

5.10.

Таблица 5.10 Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб.	
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
1.	Составление и утверждение темы проекта	Рук.	3	-	3,6	-	10,8	-
2.	Анализ актуальности темы	Рук.-инж.	2	2	3,6	0,8	7,2	1,6
3.	Поиск и изучение материала по теме	Инж.-рук.	3	3	3,6	0,8	10,8	2,4
4.	Выбор направления исследований	Рук.	3	-	3,6	-	10,8	-
5.	Календарное планирование работ	Рук.	3	-	3,6	-	10,8	-
6.	Изучение литературы по теме	Инж.	-	15	-	0,8	-	12
7.	Подбор нормативных документов	Инж.-рук.	5	6	3,6	0,8	18	4,8
8.	Изучение установки	Инж.	-	6	-	0,8	-	4,8
9.	Моделирование процесса	Инж.	-	3	-	0,8	-	2,4
10.	Изучение результатов	Инж.	3	5	3,6	0,8	10,8	4,8
11.	Проведение расчетов по теме	Инж.	-	11	3,6	0,8	-	8,8
12.	Анализ результатов	Инж.-рук.	3	3	3,6	0,8	10,8	2,4
13.	Вывод по цели	Инж.	4	4	3,6	0,8	14,4	3,2
Итого:							104,4	47,2

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (7)$$

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

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

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (8)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,2).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 116 928 рублей, студента – 52 864 рублей.

5.4.4 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:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (9)$$

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

На 2014 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 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 5.11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	104 400	12 528
Студент-дипломник	47 200	5 664
Коэф. Отчислений	0,271	
Итого		
Руководитель	31 687,5 руб.	
Студент-дипломник	14 326,2 руб.	

5.4.5 Накладные расходы НТИ

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:

$$Z_{\text{накл}} = \left(\sum \text{статей} \right) \cdot k_{\text{нр}} \quad (10)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $Z_{\text{накл}} = 359214,3 \cdot 0,16 = 57474,288$ руб.

5.4.6 Формирование бюджета 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. 5.12.

Таблица 5.12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп. 2	
1. Материальные затраты НТИ	1957,3	1842,3	Пункт 5.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	46 000	-	Пункт 5.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	104400	47200	Пункт 5.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12 528	5 664	Пункт 5.4.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	31 687,5	14 326,2	Пункт 5.4.4
6. Накладные расходы	31 451,6	11 045,2	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	210 024,4	80 078,7	Сумма ст. 1-6

5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (11)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{290103,1}{300478,4} = 0,96;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{300478,4}{300478,4} = 1;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{270785,6}{300478,4} = 0,9.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (12)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 5.13).

Таблица 5.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Сварочный материал	0,25	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	2	3

3. ПГ,СГ,ЗГ	0,15	4	4	4
4. Модернизация установки	0,35	4	5	5
ИТОГО	1	4,5	3,6	4,1

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,6;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 4,1.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр.i}} \quad (13)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{0,96} = 4,7;$$

$$I_{исп2} = \frac{3,6}{1} = 3,6;$$

$$I_{исп3} = \frac{4,1}{0,9} = 4,55.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл. 5.14) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{испi}}{I_{исп\ max}} \quad (14)$$

Таблица 5.14 Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,96	1	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,6	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	4,7	3,6	4,55

4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,76	0,96
---	--	---	------	------

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Выводы

В ходе выполнения экономической части квалификационной работы проведены оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований, SWOT-анализ, благодаря которым была доказана целесообразность применения данной разработки и её конкурентоспособность.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО		
1В41	Гордиенко Никите Сергеевичу		
Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Разработка системы импульсного питания сварочной дуги с разделением токоподвода к изделию.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p>	<p>Вредные:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенная яркость света, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – повышенная температура или влажность воздуха помещения; – повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение. <p>Опасные:</p> <ul style="list-style-type: none"> – баллоны под давлением; – электрический ток.
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – при проведении исследований отходами являлись только остатки сварочной проволоки, которая утилизировалась, и макулатура тоже; – не производились вредные выбросы в водные источники и атмосферу, радиационного заражения не происходило, чрезвычайные ситуации не наблюдались.

<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – к самыми распространенными ЧС в процессе разработки импульсного модулятора и исследования технологического процесса аргодуговой сварки неплавящимся электродом, можно отнести возгорание и взрыв; – возгорание возникает ввиду того, что при скапливании пыли и прочего материала внутри корпуса и дальнейшего короткого замыкания обмоток источника питания происходит горение этого материала.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы); – руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Гордиенко Никита Сергеевич		

6. Социальная ответственность

Введение

Объектом исследования в выпускной квалификационной работе является «Система импульсного питания сварочной дуги с отдельным токоподводом к изделию», выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники отделения электронной инженерии ИШНКБ ТПУ. Также потенциальными потребителями результатов разработок будут предприятия, направления деятельности которых связаны с котельным оборудованием.

Основная задача работы состоит в том, чтобы разработать систему импульсного питания сварочной дуги с автоматическим переключением точек подвода к изделию, совмещенным с подачей импульсов сварочного тока, которая позволяет активно управлять формированием шва, с использованием собственного магнитного поля сварочной дуги.

В данном разделе была задача исследовать вредные и опасные факторы на человека и окружающую среду, разработать мероприятия по предотвращению данных факторов.

6.1 Профессиональная социальная безопасность

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

Таблица 6.1 - Опасные и вредные факторы при эксплуатации процесса сварки магнитоуправляемой дугой.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	

Проведение сварочных работ: 1) Сварка труб; 2) Проведение ремонтных работ по заварке дефектных мест.	1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; 2. Превышение уровня шума; 3. Повышенная яркость света; 4. УФ-излучение; 5. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды; 7. освещенность рабочей зоны.	1. Баллоны под давлением; 2. Электрический ток;	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ[5], ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ[6], ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ[7], ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ[8], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03[9], СанПиН 2.2.4.548–96[10], СН 2.2.4/2.1.8.562–96[11], СН 2.2.4/2.1.8.566–96[12], СП 52.13330.2011[13], СанПиН 2.2.2.540-96[14].
--	--	--	---

При эксплуатации данного способа сварки и предлагаемого процесса на работающих действуют следующие опасные и вредные факторы:

- чрезмерная запыленность и загазованность воздуха в результате конденсации паров расплавленного металла, защитного газа и т.п.;
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ). Действие лучистого потока теплоты не ограничивается изменениями, происходящими на облучаемом участке тела, на облучение реагирует весь организм. Под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступают нарушения деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем.
- излишняя яркость при сварке, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация;
- влияние шума имеет место, при работе различного оборудования (вентиляторов, сварочных трансформаторов и др.);
- недостаточная освещенность помещения, снижающая производительность и безопасность работы. В данной работе

важно четкое позиционирование сопла горелки, что требует рационального подбора освещения;

6.1.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Недостаточная влажность, в свою очередь, может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами. Повышенный показатель относительной влажности вызывает перегрев организма. Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, или накоплению теплоты и перегреву организма, а пониженные показатели температуры, особенно при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 6.2.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин [17].

Таблица 6.2 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005-88)

Период	Температура, °С	Относительная	Скорость
--------	-----------------	---------------	----------

года						влажность, %		движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0,1	0,2
Теплый	22-24	28	30	21	19	40-60	60	0,2	0,1- 0,3

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

Уровня шума на рабочем месте

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для сварки изложены в ГОСТ 12.1.035–81.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для

измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 50 дБА, ГОСТ 12.1.003-2014.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) Изоляции источников шумов.
- 2) Проведение акустической обработки помещения.
- 3) Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок.

Освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах помещения составляет 200 лк (СНиП 23-05-2010).

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (Кп) должен быть не больше 10%.

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного фактора является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения оказывает вредное воздействие на человека. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли. Способы устранения: Интенсивность теплового излучения в оптическом диапазоне (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное) на постоянных рабочих местах не должна превышать допустимых величин, приведенных в таблице 6.3 [18].

Таблица 6.3 – Влияние спектра излучения на ПДК

Области спектра	Длина волны, мкм	ПДК Вт/м ²
Ультрафиолетовое	0,22-0,28	0,001
	0,28-0,32	0,05
	0,32-0,4	10
Инфракрасное	0,76-1,4	100
	1,4-3	120
	3-5	150
	более 5	200

Для защиты лица сварщика во время выполнения сварочных операций закрывается щитком, в смотровое отверстие которого вставлен светофильтр по ГОСТ 12.4.080-79.

Электрический ток

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку;
- запрещается при включении установки.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

Баллоны под давлением

Утечка аргона из баллона может способствовать наступлению смерти от удушения. Если требуется проводить работы в среде с аргоном, то в этом случае рекомендуется использовать противогазы и изолирующие приборы, проветривать помещение.

6.2 Экологическая безопасность

6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

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

На предприятиях используются люминесцентные лампы, которые содержат в себе опасные для организма человека вещества. Поэтому данные лампы следует утилизировать на специализированные предприятия. А также скапливается бытовой мусор, который необходимо вывозить для утилизации. Для этого необходимо составлять договоры на вывоз бытового мусора.

6.2.2. Анализ влияния процессов исследования на окружающую среду

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.

6.2.3 Обоснования мероприятий по защите окружающей среды

Утилизация твердых отходов. При использовании нашего аппарата присутствуют твердые неорганические отходы: макулатура и металлические отходы, такие как остатки неиспользуемой сварочной проволоки.

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, либо без покрытия в виде рулонов, и она будет готова к дальнейшему использованию.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

К самыми распространенными ЧС в процессе разработки импульсного модулятора и исследования технологического процесса аргонодуговой сварки неплавящимся электродом, можно отнести возгорание и взрыв.

Возгорание возникает ввиду того, что при скапливании пыли и прочего материала внутри корпуса и дальнейшего короткого замыкания обмоток источника питания происходит горение этого материала. Наличие емкостных элементов на плате источника питания может спровоцировать взрыв.

6.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

На строительной-монтажной площадке опасными факторами пожара являются: открытый огонь (сварочная дуга, пламя газовой сварки и резки); искры и частицы расплавленного металла, которые возникают при электросварке и резке; повышенная температура изделий, которые подвергаются сварке и резке.

6.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники. С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.
3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01» пожарную службу.
4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

Предполагается, что человек будет работать оператором, поэтому он практически не будет подвержен опасным факторам. Но в крайнем случае возможно отравление аргоном, поэтому при повреждении здоровья или в случае смерти работника вследствие несчастного случая на производстве либо профессионального заболевания работнику (его семье) возмещаются его утраченный заработок (доход), а также связанные с повреждением здоровья дополнительные расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию либо соответствующие расходы в связи со смертью работника.

Виды, объемы и условия предоставления работникам гарантий и компенсаций в указанных случаях определяются федеральными законами [19].

6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Требования к размещению машин для сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86.

- Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами и экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.
- Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.
- Ширина проходов между контактными машинами должна быть: при расположении рабочих мест друг против друга для точечных и шовных машин - не менее 3 м, при расположении машин тыльными сторонами друг к другу - не менее 1 м, при

расположении машин передними и тыльным и сторонам и друг к другу - не менее 1,5 м.

- Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть негорючие, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.
- Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами.

Выводы

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне, исходя из технологических и функциональных возможностей модулятора, была разработана электрическая схема, отвечающая современным требованиям, удобством в работе, обладает расширенными функциональными возможностями и низким требованиями к квалификации сварщика.

Разработанная импульсная система питания сварочной дуги с автоматическим переключением точек подвода к изделию, совмещенным с подачей импульсов сварочного тока, которая позволяет активно управлять формированием шва, с использованием собственного магнитного поля сварочной дуги.

В ходе выполнения экономической части квалификационной работы проведены оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований, SWOT-анализ, благодаря которым была доказана целесообразность применения данной разработки и её конкурентоспособность. Были рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности труда. Произведён расчёт освещения рабочего места сотрудника. Описаны мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

На основании проделанной работы можно сказать, что автоматическая аргонодуговая сварка с двухсторонним подводом тока и импульсным питанием сварочной дуги является перспективной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лебедев В.А., Максимов. С.Ю. Современное механизированное оборудования. 2014г.
2. Сварочное производство Дудко Д.А., Корниенко А.Н. 2015г.
3. The effect of pulsed frequency on the plasma jet force with ultra high-frequency pulsed arc welding // Weld World (2015)г. 59:875-882 DOI 10.1007/s40194-015-0261 - 0.
4. Зайцев А.И., Князьков А.Ф., Сараев Ю.И.Щепкин Е.В., Максимов.А.С. Устройство для сварки. 2014.г.
5. Зайцев А.И., Князьков А.Ф., Дедюх Р.И. Сараев Ю.И.Щепкин Е.В., Максимов.А.С. Модулятор сварочного тока типа ИРС.2015г.
6. Ерёмин А.С. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению.2015г.
7. Кашкаров А.Н. Устройства импульсного электропитания для альтернативных энергоисточников.2017г.
8. Князьков А. Ф. Использование собственного магнитного поля сварочной дуги для управления процессом сварки [Текст] / А. Ф. Князьков, Е. О. Маурин, Д. А. Петухов; науч. рук. А. Ф. Князьков // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25-29 мая 2015 г.в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Т. 2. — С. 130 – 133.
9. Смирнов И.В. Управление тепловложением при дуговой сварке неплавящимся электродом [Текст] / И.В. Смирнов, А.И. Захаренко. Тольяттинский государственный университет. Сварочное производство. 2009. № 12. С 61 – 68.
10. Князьков А.Ф. Разработка и исследование импульсных модуляторов тока для сварки: диссертация на соискание ученой степени кандидата

- технических наук. /Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). 1975 г.
11. Дедюх, Р. И. Теория сварочных процессов. Физические и технологические свойства электросварочной дуги [Текст]: учебное пособие / Р.И. Дедюх. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.
 12. Мандельберг С.Л. Влияние расположения токоподвода на формирование швов / Мандельберг С.Л., Сидоренко Б.Г., Лопата В.Е. // Автоматическая сварка. —1976.— № 3.— С. 56 – 61.
 13. Князьков, А. Ф. Модель формирования сварного шва при изменении токоподвода к изделию [Текст] / А. Ф. Князьков, Е. О. Маурин; науч. рук. А. Ф. Князьков // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 26-30 мая 2014 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2014. — Т. 2. — С. 67 – 70.
 14. Маурин, Е.О. Применение автоматической сварки для корневого слоя шва малого диаметра с отдельным токоподводом к изделию [Текст] / Е. О. Маурин, А. Ф. Князьков; науч. рук. А. Ф. Князьков // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 26-30 мая 2014 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2014. — Т. 2. — С. 70 – 75.
 15. Патент РФ № 2008129992/02, 21.07.2008.
 16. Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды.
 17. СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение

18. Трудовой кодекс, № 197-ФЗ/ Ст. 184 ТК РФ. Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и профессиональные заболевания;
19. ГОСТ 12.4.080-79 ССБТ. Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве. Технические условия.
20. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
21. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
22. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
23. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
24. ГОСТ 12.4.051-87 (СТ СЭВ 5803-86) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний.
25. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
26. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
27. Гордиенко, Н. С. Импульсное регулирование сварочного тока [Электронный ресурс] / Н. С. Гордиенко, А. Ф. Князьков, Е. О. Маурин; науч. рук. А. Ф. Князьков // Неразрушающий контроль : сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность", Томск, 23-27 мая 2016 г. в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2016. — Т. 2. — [4 с.].