



Институт ИНК
Направление подготовки машиностроение 15.03.01
Кафедра ОТСП

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка системы питания для сварки в динамическом режиме

УДК 621.791.754.264

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Шачек А.Л.		

Руководитель

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
Ассистент	Николаенко В.С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев А.С.	К.Т.Н., доцент		



Институт ИНК
 Направление подготовки машиностроение 15.03.01
 Кафедра ОТСП

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Киселёв А.С.

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Шачек А.Л.

Тема работы:

Разработка системы питания для сварки в динамическом режиме
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2016
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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>Системы питания для сварки в динамическом режиме</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ принципов построения существующих систем для импульсного питания дуги; 2. Разработка функциональной схемы; 3. Разработка принципиальной электрической схемы; 4. Обоснование и расчет параметров элементов силовой части импульсной системы; 5. Проверка импульсной системы при работе на дугу; 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения; 7. Социальная ответственность; 8. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности; 9. Заключение.

<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Название темы, цель, задачи 2. Существующие системы импульсного питания дуги 3. Функциональная схема импульсной системы 4. Силовая часть импульсной системы 5. Эпюры токов и напряжений основных элементов системы 6. Результаты экспериментальной проверки 7. Менеджмент и социальная ответственность 8. Выводы по работе-
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
1-5	Князьков А.Ф.
6	Николаенко В.С.
7-8	Анищенко Ю.В.

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

Реферат
-
-

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Князьков Анатолий Федорович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Шачек Артем Леонидович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 79 с., 14 рис., 20 табл., 31 источник информации.

Ключевые слова: система питания в динамическом режиме, искусственная формирующая линия, униполярные импульсы.

Объектом исследования является система импульсного питания для сварки в динамическом режиме.

Предмет исследования – система питания для сварки в динамическом режиме неплавящимся электродом униполярными импульсами тока.

Цель работы – исследование и разработка системы питания для сварки неплавящимся электродом в аргоне дугой горячей в динамическом режиме.

Создана действующая экспериментальная установка для сварки дугой горячей в динамическом режиме.

Достоверность результатов и выводов подтверждена их сходимостью с экспериментальными данными, полученными методом осциллографирования разработанной системы питания для сварки дугой горячей в динамическом режиме.

Область применения: данный способ сварки может применяться в разных отраслях: нефтяной, газовой, электрической промышленности.

В будущем планируется запатентовать данный способ сварки.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 и графическом редакторе Компас 3DV14

Диск CD-R с материалом на обороте обложки.

Abstract

Graduation thesis contains 79 pg., 14 illustrations, 20 tables, 31 sources of information.

Key words: power system in the dynamic mode, artificial forming line, unidirectional pulses.

Object of research is pulsed power system for welding in dynamic mode.

Subject of research – power system for welding in dynamic mode nonconsumable electrode unidirectional pulses of current.

Purpose of research – research and development of the power system for non-consumable electrode arc welding in argon in dynamic mode.

The acting experimental setup for non-consumable electrode arc welding in argon in dynamic mode was created.

The validity of results and inferences was confirmed by their convergence with experimental data obtained by oscillographic testing of developed power system for non-consumable electrode arc welding in argon in dynamic mode.

Field of application: this welding method can be used in different industries such as oil, gas, electrical industry.

In the future it is planned to take out a patent for this welding method.

The graduation thesis was done with the text editor Microsoft Word 2010 and graphic editor Compass 3DV15.

The CD-R disc with graphic material is provided on the reverse of the cover.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

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

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 2.708 – 81 – ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
- ГОСТ 2.730 – 73 – ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.
- ГОСТ 2.728–74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.

В настоящей работе использованы следующие сокращения.

- Тл – единица измерения индукции магнитного поля.
- $I_{св}$ – сварочный ток.
- $I_{и}$ – ток импульса.
- $I_{п}$ – ток паузы.
- $U_{д}$ – напряжение на дуге.
- $V_{св}$ – скорость сварки.
- Гц – единица частоты периодических колебаний.
- $C_{я}$ – ячейка конденсатора.
- $L_{я}$ – ячейка дросселя.
- R – резисторы.
- VS - тиристоры.
- VD – диоды.
- Тр – импульсные трансформаторы.
- Т – тиристорный триггер.
- W – вторичные обмотки.
- М- трехфазный асинхронный короткозамкнутый двигатель.

- S – пакетный выключатель.
- SB – пусковые кнопки.
- VT – транзисторы.
- FU- предохранители
- ФЭ – формирующий элемент.
- БНД – быстронасыщающийся дроссель.
- ИФЛ – искусственная формирующая линия.
- БП – блок питания.
- ЗУГ – задающий управляющий генератор частоты.
- ОПТ – однопереходной транзистор.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1 АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ ДУГИ.....	14
1.1 Питание дуги модулированным током	14
1.2 Модуляторы-приставки	16
1.3 Импульсное устройство.....	18
1.4 Импульсное устройство с быстронасыщающимся дроссем.....	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	21
2 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ	22
2.1 Требования к системе импульсного питания	22
2.2 Выбор системы импульсного питания.....	24
2.3 Функциональная схема устройства	26
2.4 Функциональная схема импульсного устройства.....	28
2.5 Функциональная схема электрической схемы управления импульсным устройством	29
3 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ.....	31
3.1 Силовая часть	32
3.2 Общая схема управления.....	32
3.3 Импульсное устройство.....	33
3.4 Схема управления импульсным устройством.....	34
ВЫВОДЫ	36
4 ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЧАСТИ ИМПУЛЬСНОЙ СИСТЕМЫ.....	37
5 ПРОВЕРКА ИМПУЛЬСНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РАБОТЕ НА ДУГУ	40
5.1 Методика снятия осциллограмм тока и напряжения	40

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ	45
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	47
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.	47
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений.	48
6.1.3 SWOT – анализ	49
6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.	51
6.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	52
6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.	53
6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.	53
6.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.	53
6.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).	57
6.3.5 Расчет материальных затрат НТИ.	57
6.3.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.	58
6.3.7 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	58
6.3.8. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).	60
6.3.9 Накладные расходы.....	61
6.3.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.	61
6.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	62
7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	66
7.1 Введение.....	66
7.2 Производственная безопасность.....	66
7.3 Экологическая безопасность	71

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	72
7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	77

ВВЕДЕНИЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Повышение эффективности и улучшение качества производимых металлоконструкций является актуальной задачей на сегодняшний день. Одним из путей ее решения можно обозначить (выделить) – разработку и внедрение оборудования, отвечающего мировым стандартам (автоматизированные и роботизированные системы, гибкость управления).

Сварка занимает лидирующее положение среди технологических способов получения неразъемного соединения металлоконструкций различного назначения. Перспективным направлением считается развитие автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом корневого слоя многослойного шва и изделий малых толщин. Данный способ позволяет получать с минимальными затратами в цеховых или монтажных условиях неразъемные соединения, идентичные основному металлу по химическому составу, механическим и служебным свойствам. По мобильности и экономичности составляет конкуренцию электронно-лучевым и лазерным способам соединения.

Несмотря на достоинства процесса сварки, неплавящимся электродом в аргоне производительность желает оставить лучшего. Поэтому существует тенденции разработки мероприятий, повышающих эффективность этого процесса. Известны методы повышения эффективности внутренние и внешние, которые в какой-то степени улучшают процесс и повышают его производительность, но имеются существенные трудности в их практическом применении. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы считается сжатие дуги, за счет перевода ее в динамический режим горения. Данный перевод осуществляется за счет протекания через дуговой промежуток кратковременных мощных униполярных импульсов тока, большого амплитудного значения.

Исследованиями по изучению динамического режима горения дуги в свое время занимались Пентегов И.В., Славин Г.А., Лебедев В.К. и т.д. В их работах показано влияние динамического режима на геометрические

размеры шва, структуру, обоснована длительность импульсов, представлены математические зависимости. Однако не освещены вопросы технической реализации процесса сварки и не составлены технологические рекомендации.

В соответствии с этим в работе проведен анализ современного состояния вопроса сварки дугой горячей в динамическом режиме. Разработана система питания, позволяющая повысить эффективность сварки неплавящимся электродом в аргоне.

ЦЕЛЬЮ РАБОТЫ является исследование и разработка системы питания для сварки неплавящимся электродом в аргоне дугой горячей в динамическом режиме.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Работа состоит из введения, семи глав, общих выводов, списка литературы. Работа выполнена на 79 страницах, содержит 14 рисунков, 20 таблиц.

ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ подтверждена их сходимостью с экспериментальными данными, полученными методом осциллографирования разработанной системы питания для сварки дугой горячей в динамическом режиме.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ – система импульсного питания для сварки в динамическом режиме.

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ – система питания для сварки в динамическом режиме неплавящимся электродом униполярными импульсами тока.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА проведенного исследования.

Разработана система для питания сварочной дуги униполярными импульсами в динамическом режиме, построенная на базе искусственной формирующей линии.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ.

Создана действующая экспериментальная установка для сварки дугой горячей в динамическом режиме.

ПУБЛИКАЦИИ. Материалы работы опубликованы в 3 работах.

1) Шачек А. Л., Тясто А. А., Пустовых (Бирюкова) О. С. Система питания для дуги, горящей в динамическом режиме // Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 2 т., Томск, 25-29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 2 - С. 147-151 [950210-2015].

2) Pulsed welding plasma source [Electronic resource] / A. F. Knyazkov, A. Shachek [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2016. — Vol. 124 : Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS2015). — [012164, 6 p.]. — Title screen.

3) Control of the electrode metal transfer by means of the welding current pulse generator [Electronic resource] / A. F. Knyazkov, A. Shachek [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2016. — Vol. 124 : Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS2015). — [012146, 6 p.]. — Title screen.

По результатам работы подготовлен патент на изобретение.

1. АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ ДУГИ.

Известно, что работы по использованию импульсного питания для дуговой сварки относятся к концу 50-х и началу 60-х годов. Импульсное питание привлекло внимание сварщиков, прежде всего с точки зрения повышения стабильности процессов дуговой сварки, в особенности тонколистовых материалов. Исследование характеристик импульсного питания дуги, горящей с вольфрамового электрода, по сравнению с дугой постоянного тока показали, что благодаря наличию в дуговом промежутке остаточной плазмы нарушение стабильности горения дуги не наблюдается. Подача в сварочную цепь импульсов тока, накладываемых на постоянный ток, вызывает перемешивание жидкого металла и изменяет структуру металла шва в благоприятную сторону при сварке неплавящимся электродом.

1.1 Питание дуги модулированным током

Питание дуги униполярным импульсно-модулированным током осуществляется с помощью приставки к источнику постоянного тока. Принципиальная силовая электрическая схема приставки, выполнена на базе тиристорного мультивибратора представленная на рисунке 1

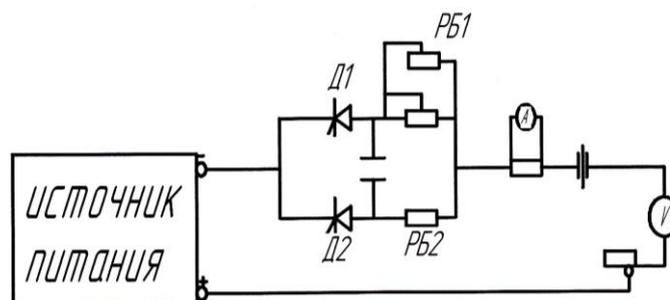


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема приставки

Сварочный ток от серийного источника питания с жесткой характеристикой через два параллельно включенных тиристора Д1 и Д2

подается к электроду. В цепь тиристора Д1 последовательно включен балластный реостат РБ1, который определяет величину базового тока, а в цепь тиристора Д2 – параллельно два балластных реостата РБ2, которые определяют величину тока в импульсе. При этом тиристор Д1 работает в течение времени, равным τ_n , а тиристор Д2 $t_{\text{имп}}$ (импульса).

Управление тиристорами, а, следовательно, и регулировка времени импульса и паузы осуществляет блок управления приставки. Этот же блок отключает во время импульса сварочного тока схему автоматического поддержания напряжения дуги применяемого сварочного аппарата. При этом за время импульса напряжение дуги возрастает, и глубина проплавления увеличивается. Осциллограмма режима сварки с помощью разработанной приставки представлена на рисунке 2. Блок управления приставкой обеспечивает два режима работы механизма перемещения сварочной головки – непрерывный и шаговый. В последнем случае сварочная головка перемещается только во время паузы. Выбор необходимого режима перемещения осуществляется переключением тумблера.

При сварке проникающей дугой униполярным импульсно-модулированным током шов формируется периодическим расплавлением отдельных точек в промежутке времени $\tau_{\text{имп}}$ под действием тока $I_{\text{имп}}$. При этом сварочная дуга проникает через свою толщину свариваемой пластины, образуя сварочную ванну с кратером типа «замочной скважины». Поэтому шов имеет чешуйчатое строение и форму, близко к равнобокой трапеции.

Сварка модулированным током приводит к возрастанию полного теплового КПД сварки с 19 до 25%.

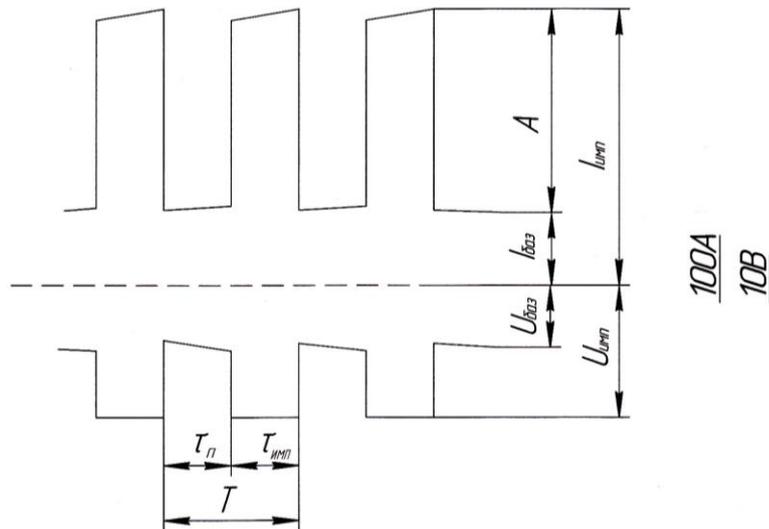


Рисунок 2 – Типичная осциллограмма сварки

1.2 Модуляторы-приставки

Модуляторы-приставки представляют собой импульсно-регулируемое сопротивление сварочной цепи. Различают следующие типы модуляторов:

- модуляторы на базе генераторов с независимой или параллельной обмоткой возбуждения;
- модуляторы на базе полупроводниковых ключей, включенных во вторичный контур источника питания для сварки (ИП).

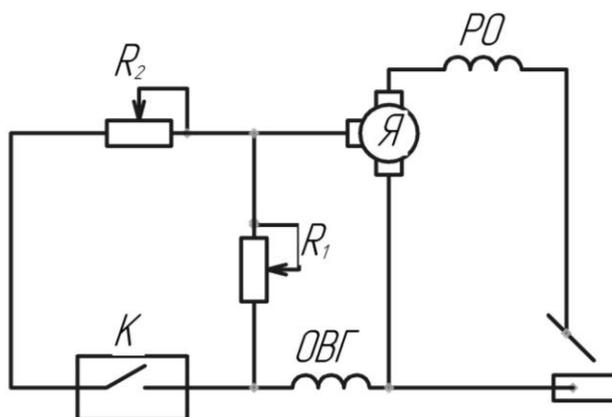
Первый тип модулятора представлен на рисунке 3, второй – на рисунке 4.

В первом типе модуляторов сопротивлением R_1 обеспечивается протекание тока в нагрузке во время паузы. Во время протекания тока импульса, параллельно сопротивлению R_1 , при помощи полупроводникового ключа K , подключается сопротивление R_2 .

Во втором типе модуляторов полупроводниковый ключ K периодически замыкается на определенное время и осуществляет модуляцию сварочного тока. При разомкнутом ключе в сварочной цепи протекает небольшой по величине ток паузы, определяемый суммой сопротивлений ИП и импульсно-регулируемого R . При замкнутом состоянии ключа в сварочной

цепи протекает ток импульса, который определяется сопротивлением ИП.

Рисунок 3 – Модулятор на базе генератора с управлением по цепи



обмотки возбуждения

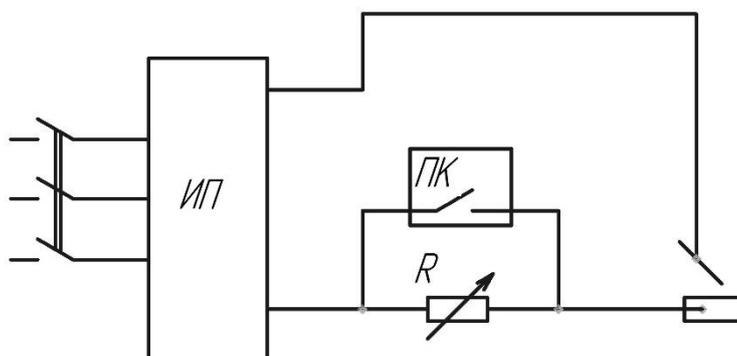


Рисунок 4 – Модулятор на базе полупроводникового ключа встроенный в сварочную цепь

Отличительными особенностями второго типа модуляторов от первого являются универсальность, то есть их можно применять со всеми стандартными ИП, и относительно лучшее быстродействие. Однако независимо от конструкции модулятора на сегодняшний день они не находят широкого применения вследствие несовершенств процесса СМТ.

1.3 Импульсное устройство

Известно устройство формирования импульсов сварочного тока, состоящее из трехфазного мостового полууправляемого выпрямителя питаемого от трехфазного понижающего трансформатора, накопительного устройства в виде искусственно формирующей линии, состоящей из n ячеек, каждая из которых состоит из последовательно включенных конденсатора и дросселя, причем у всех ячеек свободные выводы обкладок конденсаторов соединены вместе и подключены к минусу полууправляемого выпрямителя, а точки соединения конденсатора и дросселя последующих ячеек соединены со свободными выводами дросселей предыдущих ячеек, причем начало искусственной формирующей линии подключено к плюсу полууправляемого выпрямителя через разрядный тиристор к сварочному электроду. Форма тока импульса близка к трапециидальной.

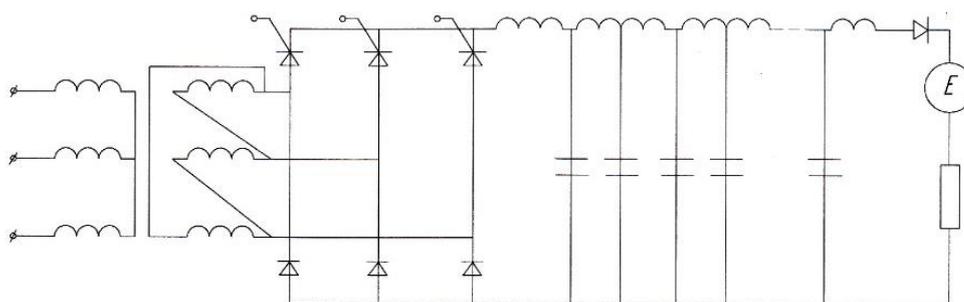


Рисунок 5 – Импульсное устройство

Несмотря на все достоинства перечисленных выше способов формирования импульсов и их применение в сварке все они имеют свои недостатки: цикл работы состоит из заряда искусственной формирующей линии через зарядный дроссель и затем ее разряд на дуговой промежуток через разрядный тиристор, причем для нормальной работы длительность заряда как минимум на порядок должна быть больше длительности разряда, что ограничивает частоту следования импульсов, а также наличие предварительного заряда ухудшает энергетические показатели устройства; кроме того, при большой частоте возможен срыв генерирования и

протекание сквозного тока через дугу непосредственно от выпрямителя. Недостатками такого устройства являются: в процессе работы для формирования импульса тока требуется предварительный заряд конденсаторов, через зарядный тиристор, что ограничивает максимальную частоту следования импульсов, и разряд через разрядный тиристор на дуговой промежуток. При этом импульсы тока, протекающие через быстронасыщающийся дроссель, являются однополярными, что снижает эффективность использования материала сердечника быстронасыщающегося дросселя.

1.4 Импульсное устройство с быстронасыщающимся дросселем

Известно устройство (рисунок 6) для формирования импульсов сварочного тока, содержащее полууправляемый трехфазный мостовой выпрямитель, питаемый от трехфазного понижающего трансформатора, зарядный дроссель, зарядный и разрядный тиристоры и накопительное устройство. Накопительное устройство представляет собой искусственно формирующую линию, состоящую из n ячеек, каждая из которых состоит из последовательно включенных конденсатора и дросселя. Начало формирующей линии через зарядный дроссель и зарядный тиристор подключено к полууправляемому выпрямителю, а окончание – через разрядный быстронасыщающийся, одновременно являющийся дросселем последней ячейки линии, и через разрядный тиристор к сварочной дуге.

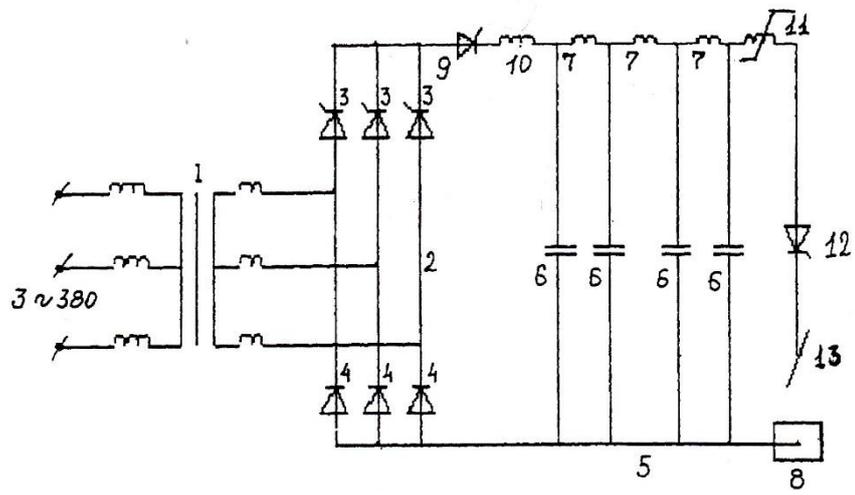


Рисунок 6 – Устройство для формирования импульсов сварочного тока

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ существующих устройств для импульсного питания сварочной дуги показал, что наиболее перспективным является построение систем, в которых для формирования импульсов используются однородные искусственные линии (ОИЛ)

На основании этого можно сформулировать цель настоящей работы в следующем виде: разработка системы питания для сварки неплавящимся электродом в аргоне дугой горячей в динамическом режиме.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. разработать функциональную схему системы импульсного питания;
2. разработать принципиальную электрическую схему системы импульсного питания;
3. разработать методику расчета основных элементов силовой части;
4. разработать методику проведения эксперимента.

2 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Проведенный литературный обзор показал недостаточность научно-технической информации по источникам питания обеспечивающих динамический режим горения сварочной дуги. Имеется лишь информация о форме, длительности и частоте следования импульсов. Поэтому вопрос разработки источников питания для этой цели является актуальным.

2.1 Требования к системе импульсного питания

На основе теоретических и экспериментальных исследований, в том числе и проведенных в настоящей работе, требования к техническим средствам, реализующим процесс горения сварочной дуги с неплавящимся электродом в аргоне в динамическом режиме для разработки, конструирования и последующего анализа можно представить в следующем виде:

- амплитуда импульсов, которая кроме технологических требований будет ограничиваться допустимой нагрузкой на электрод и возможностями коммутирующих приборов по величине тока и скорости его нарастания. (С технологической стороны имеет значение, максимально требуемое давление дуги для формирования технологического отверстия и динамики процессов в столбе дуги, а так же постоянной времени столба);

- длительность импульсов ограничивается величиной в несколько сотен микросекунд (до 450мкс) [1]. Данный предел по длительности импульса позволит получить динамически горящую дугу, за счет отставания процессов эмиссии за изменением параметров дуги. По технологическим характеристикам малая длительность импульса позволит получить ширину шва соизмеримую с диаметром электрода;

- частота следования импульсов будет регламентироваться как допустимой нагрузкой на электрод, не позволяющей нарушения рабочей

поверхности, так и пропускной способностью коммутирующих элементов. Помимо этого, предел регулирования зависит от технологических свойств самой дуги;

- форма импульса тока находится в зависимости от постоянной времени столба дуги, которая показывает время запаздывания процессов протекающих в столбе относительно его размеров. С технологической стороны форма импульса влияет на условия защиты зоны сварного шва. Крутой передний фронт импульса обеспечивает быстрое нарастание тока, а более пологий срез импульса (задний фронт) позволяет исключить эффект «захлопывания» столба;

- введение дежурного тока, между импульсами, необходимо для непрерывности горения дуги и пространственной устойчивости. Дежурный ток позволяет держать дуговой промежуток в ионизированном состоянии, в результате чего возбуждение дуги происходит с торца электрода и происходит поддержание постоянства параметров сварки. С технологической стороны дежурная дуга позволяет получать сварной шов, отвечающий требованиям, без видимых дефектов и полученных при качественной защите;

- возможность плавно управлять частотой следования импульсов;

- возможность управления длительностью импульсов – ступенчато.

На основании предварительного анализа параметров импульсного режима дуги горячей в динамическом режиме по литературным данным можно определить ориентировочно их следующие величины:

- ток импульса должен находиться в диапазоне от 120 до 400А.

- частота следования импульсов от нескольких сотен герц до десятков килогерц.

- длительность импульса не должна превышать 500 мкс.

- форма импульса должна быть близка к прямоугольной.

- ток дежурной дуги составляет порядка 12-15А.

- характеристика источника дежурного тока крутопадающая.

2.2 Выбор системы импульсного питания

Основываясь на ориентировочные величины динамического режима по длительности и амплитуде импульсов, произведен выбор из разработанных систем импульсного питания сварочной дуги. В качестве накопителей энергии электрической сети и перевода ее в импульсную систему питания могут быть рассмотрены: конденсаторы; химические элементы; маховые массы; магнитные элементы; коаксиальные кабели и формирующие линии.

При разряде конденсатора накопленная энергия варьирует частоту следования разрядных импульсов от долей герц до нескольких сотен и даже тысяч герц [16, 17]. В импульсных режимах могут быть использованы конденсаторы, специально сконструированные для этих целей и общего применения. Однако в любом случае при выборе конденсаторов должны быть учтены особенности их работы при импульсных нагрузках. Учет особенностей должен производиться по следующим показателям: способен ли конденсатор данного типа обеспечить формирование или передачу импульса, не является ли такой режим разрушающим для конденсатора. Допустимая импульсная нагрузка, на конденсаторе определяется исходя из следующих параметров импульсного режима: значений положительных и отрицательных пиков напряжения и тока, размаха переменного напряжения на конденсаторе, длительности нарастания и спада напряжения, периода и частоты следования импульсов, наличия постоянной составляющей [17].

Катушка индуктивности или дроссель также являются накопителями энергии, только здесь, в отличие от конденсатора, энергия электрического тока преобразуется в энергию магнитного поля. При замыкании электрической цепи напряжение на катушке изменится, достигнув своего максимума, и далее плавно спадает до нуля. Ток в этот период плавно изменяется по тому же закону, но от нуля до максимума. [19] Использовать магнитные элементы в качестве накопителя энергии при сварке предложено в работе [20].

Помимо конденсаторов и дросселей в качестве накопителей энергии применяют химические элементы. Электрохимические накопители энергии используют энергию химических реакций для накопления и возврата энергии. Такие накопители называются «гальваническими элементами» или «батареями» [21, 22]. Процесс накопления энергии при использовании аккумуляторов происходит за счет химических реакции протекающих между электродами, погруженными в раствор электролита. Энергия, освобождающаяся при химическом превращении, может использоваться как электрическая. Токи, протекающие через аккумулятор, имеют предел по верхнему значению, который равен 300А. Использование аккумулятора в качестве накопителей энергии, в частности для дуги, горячей в динамическом режиме не целесообразно, из-за повышенных тепловых потерь и как следствие низкого КПД по сравнению со стационарным режимом, и другими накопителями энергии.

Вращающиеся маховые массы при использовании ударных генераторов являются наиболее экономичными по сравнению с другими накопителями энергии: конденсаторами и дросселями [23]. Накопление энергии в ударном генераторе осуществляется в две стадии: 1) первичный двигатель небольшой мощности разгоняет ротор ударного генератора до номинальной скорости; 2) ударный генератор преобразует запасенную кинетическую энергию в электромагнитную и передает ее в нагрузку. Потери энергии вращающихся маховых масс не большие по сравнению с передаваемой энергией, т.е. КПД общей зарядной установки высокий. В применении к сварке и к системам импульсного питания, вращающиеся маховые массы практически не применяются.

В работе [24, 25] в качестве накопителя энергии и устройства для формирования импульсов предложено использовать однородную искусственную линию, выполненную в виде формирующего элемента. Такая линия состоит из некоторого числа идентичных n -ячеек. Разряд формирующего элемента позволяет получать импульсы прямоугольной формы, с крутыми фронтами. Достижение полного разряда линии

осуществляется при прохождении разрядной волной двойной длины линии и отражении ее от замкнутого конца.

Кроме однородной искусственной линии в качестве устройства для формирования импульса и накопителя энергии используют коаксиальные кабели или полосковые линии [26]. Такие линии используются для формирования импульсов наносекундного диапазона длительности. Но их практическое применение сопряжено с конструктивными трудностями; ограниченным диапазоном длительности (от 20нс до 0,5мкс); невысоким рабочим напряжением.

Анализ литературных данных по разным видам накопителей энергии и их принципы работы, по формированию импульсов (разряд на сварочную дугу), позволяет считать, что наиболее оптимальным является использование искусственной формирующей линии. Формирующая линия, выполненная из идентичных ячеек, отвечает требованиям, предъявляемым к создаваемой системе импульсного питания по форме импульсов, амплитуде, длительности.

2.3 Функциональная схема устройства.

Для проведения исследования процесса сварки дугой горячей в динамическом режиме разработана экспериментальная установка, функциональная схема которой представлена ниже на рис. 7.

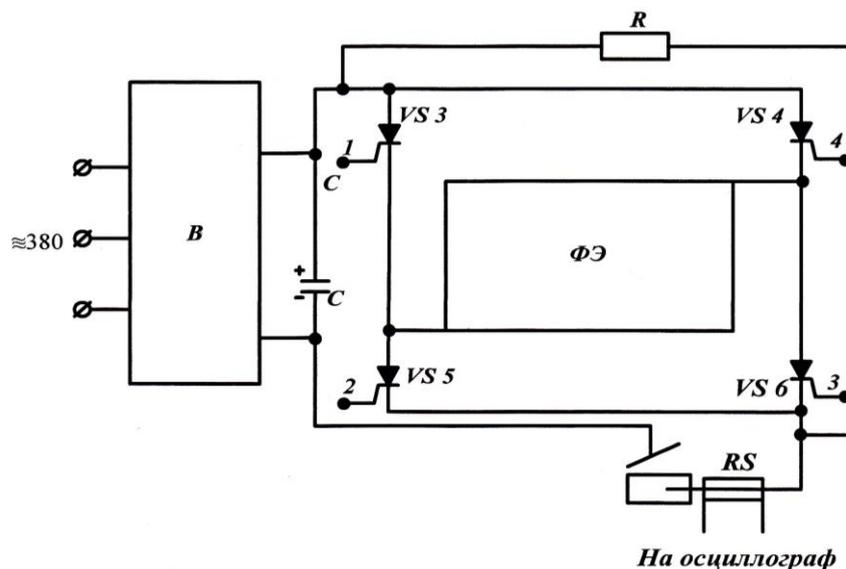


Рисунок 7 – Функциональная схема устройства

Устройство состоит из трехфазного выпрямителя В, обладающего жесткой внешней характеристикой и регулируемым напряжением холостого хода. Для уменьшения внутреннего сопротивления к выходным клеммам В, подключена батарея конденсаторов большой емкости С. Импульсная часть устройства выполнена в виде мостового преобразователя выполненного на тиристорах VS1 – VS4, в одну диагональ которого включен формирующий элемент ΦЭ с ненулевыми начальными условиями. Другая диагональ включена последовательно в сварочную цепь.

Включение ΦЭ в диагональ тиристорного моста и наличие батареи конденсаторов С, позволяет при поочередном открытии пар тиристоров VS1, VS3 и VS2, VS4 перезаряжать ΦЭ на противоположную полярность через дуговой промежуток, без предварительного заряда от источника питания.

Для обеспечения непрерывности горения дуги на интервале между импульсами импульсная часть зашунтирована резистором – R, обеспечивающим протекание дежурного тока через дуговой промежуток в диапазоне 8 – 12 А.

4.4 Функциональная схема импульсного устройства

Импульсное устройство, представленное на рисунке 8 состоит из формирующего элемента Φ , в виде искусственной формирующей линии, состоящей из n $L_{я} - C_{я}$ ячеек, каждая из которых состоит из последовательно включенных конденсатора $C_{я}$ и дросселя $L_{я}$, причем свободные выводы обкладок конденсаторов соединены вместе, а точки соединения конденсатора и дросселя предыдущих ячеек соединены со свободными выводами дросселя последующих ячеек, а в качестве последнего дросселя использован быстронасыщающийся дроссель БНД, индуктивность которого, в насыщенном состоянии, равна индуктивности дросселей ячеек и однофазной мостовой схемы, выполненной на тиристорах $VS3 - VS6$.

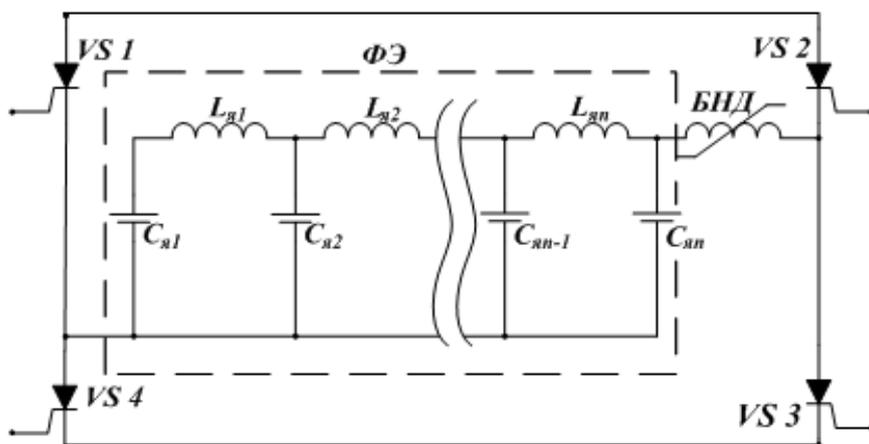


Рисунок 8 – Схема импульсного устройства

В диагональ мостовой схемы между точками соединения анодов с катодами тиристоров включена искусственная формирующая линия - к одной точке общей точкой соединения обкладок конденсаторов, а к другой оставшимся свободным выводам быстронасыщающегося дросселя. Другая диагональ тиристорного моста включена последовательно в сварочную цепь. Благодаря включению искусственной формирующей линии в диагональ тиристорного моста и наличию батареи конденсаторов, подключенной к выходным клеммам выпрямителя, при поочередном включении пар тиристоров, находящихся в противоположных плечах Т моста $VS3, VS6$ и

VS4, VS5, будет происходить перезаряд искусственной формирующей линии на противоположную полярность через дуговой промежутки, без предварительного её заряда от источника питания минуя дуговой промежутки.

4.5 Функциональная схема электрической схемы управления импульсным устройством

Управление тиристорами VS3 – VS6 мостовой схемы импульсного устройства осуществляется схемой управления, функциональная схема которого представлена на рисунке 9.

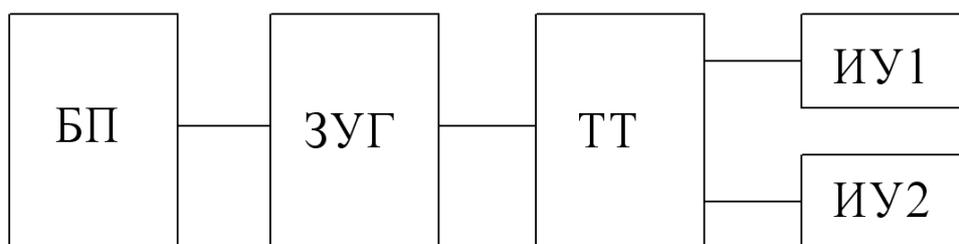


Рисунок 9 - Функциональная схема электрической схемы управления импульсным устройством

Питание схемы управления осуществляется от блока питания БП, состоящего из понижающего трансформатора Тр4, первичная обмотка которого подключается тумблером Т2 через предохранитель FU5 к напряжению 220 В. Напряжение вторичной обмотки выпрямляется выпрямителем на диодах VD28 - VD31. Выпрямленное напряжение стабилизируется стабилитроном VD15 с падением части напряжения на балластном сопротивлении R1 и сглаживается конденсаторным фильтром. От этого напряжения питается схема управления. Частота работы установки задаётся задающим управляющим генератором частоты ЗУГ, частоту которого можно изменять от нескольких герц до десятков килогерц при соответствующем снижении длительности импульсов.

3 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

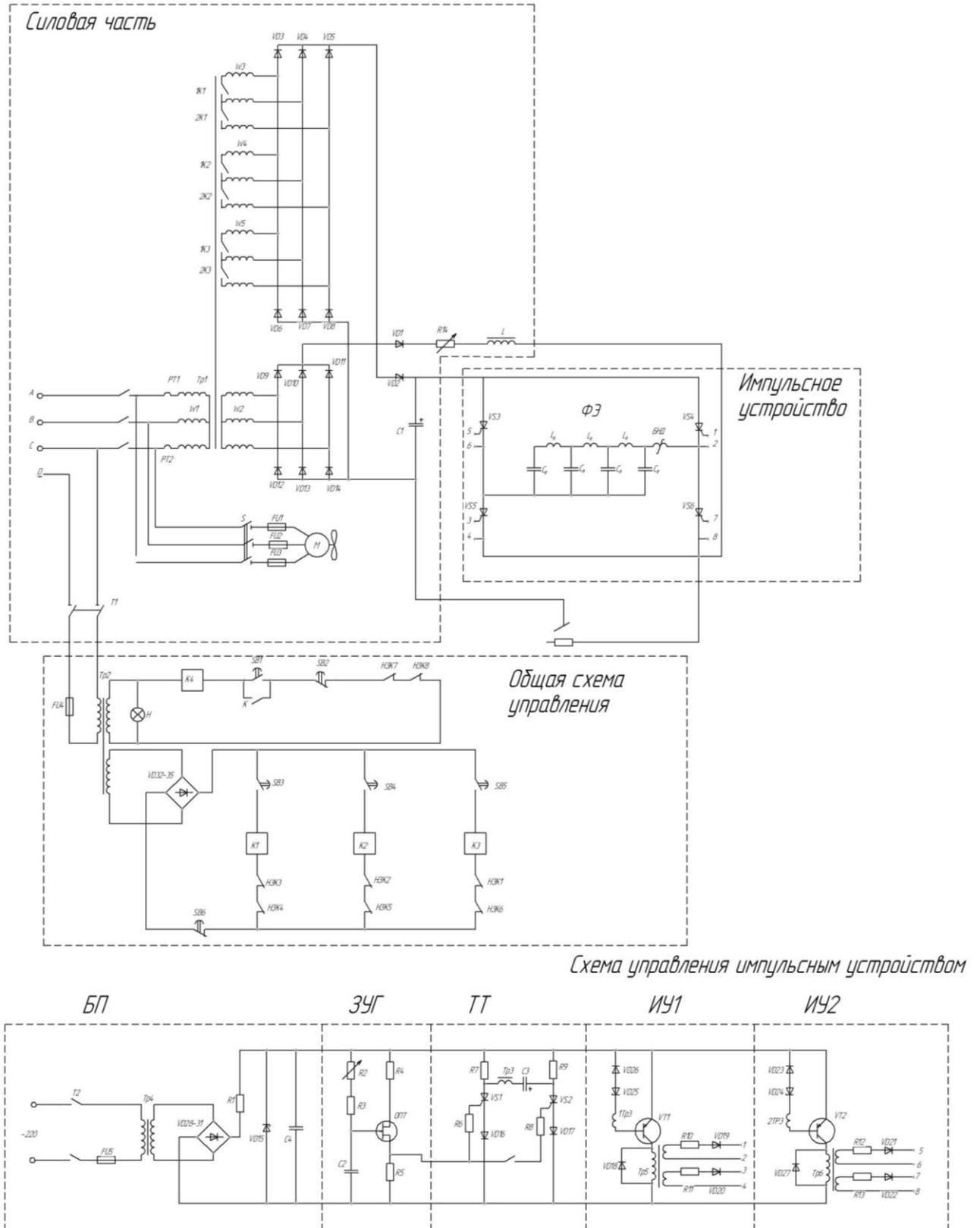


Рисунок 10 – Принципиальная электрическая схема

3.1 Силовая часть

Силовая часть включает в себя понижающий трехфазный трансформатор Tr1 с четырьмя комплектами вторичных обмоток W2 и W3, W4, W5, соединённых в звезду; два силовых выпрямителя; трехфазный асинхронный короткозамкнутый двигатель М - привод вентилятора; два выпрямителя, собранных по трехфазной мостовой схеме; выпрямитель на вентилях VD9...VD14 через блокирующий диод VD1. регулируемый резистор RI4 и дроссель L питает дежурную дугу прямой полярности. Этот выпрямитель питается от трёх фазной обмотки W2. Выпрямитель на вентилях VD3...VD8 через импульсное устройство питает дугу импульсами тока. Параллельно выпрямителю подключена батарея конденсаторов С1. Вентиль VD2 блокирует частично разряд конденсатора через выпрямитель за счет обратных токов.

Выпрямленное напряжение может иметь три различных значения, в зависимости от того, какой комплект вторичных обмоток (W3, W4 или W5) подключен к выпрямителю.

Охлаждение выпрямительных мостов осуществляется вентилятором, который при настройке схемы можно отключать пакетным выключателем S.

3.2 Общая схема управления

Общая схема управления включает в себя понижающий трансформатор Tr2, первичная обмотка которого подключается к фазному напряжению 220 В тумблером Т1 через предохранитель FU4. Одной из вторичных обмоток трансформатора запитывается обмотка магнитного пускателя К. Для включения трансформатора следует нажать кнопку пуск (SB1), при этом при срабатывании контактора замыкаются три контакта в цепях первичной обмотки силового трансформатора Tr1 и контакт К, шунтирующий пусковую кнопку. Для выключения трансформатора нажать кнопку стоп (SB2). Лампа накаливания Н показывает наличие напряжения на вторичной обмотке

трансформатора. От вторичной обмотки трансформатора Тр2 через мостовую схему выпрямления, выполненную на диодах VD32...VD35, запитываются обмотки магнитных пускателей K1, K2, K3, которые включаются пусковыми кнопками соответственно SB3, SB4, SB5, а выключаются кнопкой стоп (SB6). Причём благодаря включению нормально закрытых контактов каждого магнитного пускателя в цепи питания обмоток двух других контакторов исключается одновременное включение более одного контактора. Благодаря этому, к выпрямителю на диодах VD3...VD8 может быть подключено только одна из вторичных обмоток силового трансформатора Тр1.

3.3 Импульсное устройство

Устройство работает следующим образом. При подаче управляющих импульсов на тиристоры VS3 и VS6 находящихся в противоположных плечах тиристорного моста конденсаторы C_{α} имеют заряд с минусом на нижних обкладках и с плюсом на верхних обкладках. Конденсатор C_1 всегда заряжен от выпрямителя с плюсом на верхней обкладке. При открытии тиристоров VS3 и VS6 под действием суммарного напряжения источника питания и напряжения заряженных конденсаторов C_{α} происходит перезаряд искусственной формирующей линии по цепи: плюс выпрямителя - тиристор VS3 - искусственная формирующая линия - быстронасыщающийся дроссель БНД - тиристор VS6 - изделие - дуговой промежуток (между изделием и электродом) - электрод - минус выпрямителя. В конце процесса перезаряда полярность конденсаторов C сменится на противоположную - плюс на нижних обкладках, минус на верхних обкладках.

При открытии пары тиристоров VS4 и VS5 процесс перезаряда искусственной формирующей линии происходит аналогично.

При очередном открытии пар тиристоров VS3 и VS6, VS4 и VS5 через дуговой промежуток будет протекать импульс тока перезаряда

искусственной формирующей линии, что исключает необходимость предварительного её заряда от источника питания.

3.4 Схема управления импульсным устройством

Управляющий генератор выполнен на однопереходном транзисторе ОПТ, базой которого через сопротивления R4 и R5 подключены к питающему сопротивлению, а эмиттер подключен к конденсатору C2 время задающей цепи, выполненной на упомянутом конденсаторе C2 и сопротивлениях R2, R3. Генератор является релаксационным генератором. При заряде конденсатора C2 по экспоненциальному закону через сопротивления R2 и R3 от источника питания до пробивного напряжения перехода эмиттер – база 2 – ОПТ происходит мгновенный разряд конденсатора на сопротивление R5. Изменяя величину сопротивления R2 можно в широких пределах изменять частоту генерации. Последовательность импульсов R5 поступает на два входа тиристорного триггера, который осуществляет деление частоты на два. С двух выходов триггера далее передаются две последовательности импульсов с частотой уменьшенной в два раза и смещённых относительно друг друга на пол периода. Тиристорный триггер выполнен на тиристорах VS5, VS6, в катодные цепи которого включены соответственно диоды VD16, VD17, защищающие тиристоры от обратных напряжений. В анодные цепи тиристоров включены сопротивления R7 и R9. Между анодами тиристоров VS5 и VS6 включена цепочка из последовательно соединённых конденсатора C3 и первичной обмотки импульсного трансформатора Tr3. Вторичные обмотки 1Tr3 и 2Tr3 импульсного трансформатора являются выходами тиристорного триггера, которые выдают импульсы при смене состояния триггера. Входами триггера являются управляющие электроды тиристоров VS5 и VS6, на которые через сопротивления R6 и R8 одновременно поступает последовательность импульсов с сопротивления R5 генератора частоты. По типу тиристорный

триггер является Т – триггером, у которого, при каждом поступлении импульса на оба входа одновременно, изменяется состояние, и первичная обмотка трансформатора Тр3 поочерёдно генерирует разнополярные импульсы во вторичных обмотках 1Тр3 и 2Тр3. Эти обмотки включены: 1Тр3 через диоды VD25, VD26 в базовую цепь транзистора VT1; 2Тр3 через диоды VD23, VD24 в базовую цепь транзистора VT2, таким образом, что каждый из этих транзисторов открывается импульсами одной полярности сдвинутых относительно друг друга на пол периода. На транзисторах VT1 и VT2 выполнены импульсные усилители. В коллекторные цепи транзисторов включены импульсные трансформаторы Тр5 и Тр6, первичные обмотки которых зашунтированы в обратном направлении диодами VD18 и VD27 для снятия перенапряжения. При поочерёдном срабатывании импульсных усилителей с их вторичных обмоток снимаются импульсы напряжений, которые поочерёдно открывают попарно тиристоры импульсного устройства VS1, VS3 – VS2, VS4. В результате этого при открытии указанных пар тиристоров через дуговой промежуток проходят импульсы сварочного тока. Тумблер Т3 служит для включения и выключения импульсов импульсного устройства.

ВЫВОДЫ:

1. созданная установка обеспечивает питание дуги импульсами длительность которых не превышает 80 мкс, с формой импульсов близкой к трапецеидальной. При этом срез импульса превышает фронт импульса по длительности в 4 раза, что предотвращает схлопывание столба дуги. Установка имеет широкие регулировочные возможности по частоте следования импульсов (за счет исключения этапа предварительного заряда конденсаторов формирующей линии) в диапазоне от 600 до 5000Гц;

2. Для подвода высокочастотной энергии от источника к сварочной дуге используется коаксиальный кабель;

4 ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЧАСТИ ИМПУЛЬСНОЙ СИСТЕМЫ

Сварочная дуга в аргоне неплавящимся электродом имеет статистическую вольтамперную падающую характеристику, переходящую в области больших токов в жесткую, независимую от тока

$$U_{\delta} = U_a + U_k + \beta \cdot l_{ст}, \quad (1)$$

где U_a – анодное падение напряжения; U_k – катодное падение напряжения; β – градиент напряжения столба; $l_{ст}$ – длина дуги (столба).

По литературным данным можно предположить, что столб сварочной дуги имеет две постоянные времени: электрическую, оцениваемую величиной $10^{-4} \dots 10^{-5}$ сек и тепловую, которая определяет динамику расширения (или уменьшения) сечения столба при быстрых изменениях сварочного тока.

Поэтому чтобы процессы ионизации дугового газа отставали от изменения тока электрическая постоянная времени сварочной цепи (источника питания) должна быть меньше как минимум в несколько раз по отношению к электрической постоянной дуги, а длительность импульсов питающих сварочную дугу не превышать 400...500 мсек.

В известной научно-технической литературе для формирования кратковременных импульсов тока рассматриваются однородная искусственная линия (ОИЛ), работающая в двухтактном режиме – заряд от источника и разряд на нагрузку.

Разряд осуществляется в два этапа. Вначале пробегает прямая волна. При этом конденсаторы всех ячеек разряжаются до половины напряжения. Затем пробегает обратная волна и если ОИЛ нагружена на эквивалентное сопротивление $\rho_c = \sqrt{\frac{L_y}{C_y}}$, то все конденсаторы разрежаются до нуля.

Амплитуда импульсов определяется половинным напряжением конденсаторов ячеек:

$$I_{um} = \frac{U_c - U_d}{2\rho_c} \quad (2)$$

Применение такой линии целесообразно и в сварочных цепях для реализации задач

Фронт импульса, генерируемого линией (ОИЛ) определяется параметрами первой ячейки. В таком случае параметры ячеек ОИЛ должны определяться с учетом электрической постоянной времени дуги, учитывая, что длительность фронта составляет $\frac{\pi}{2}$.

Также при выборе коммутирующего элемента необходимо учитывать допустимые скорости нарастания напряжения $\frac{dU}{dt}$ и тока $\frac{dI}{dt}$.

Электрическая постоянная времени дуги лежит в пределах $10^{-4} \dots 10^{-5}$ сек. С учетом этого, приняв постоянную равной 10^{-5} сек, можно записать равенство:

$$\frac{\pi}{2} \sqrt{L_y C_y} = 10^{-5}. \quad (3)$$

Равенство (21) позволяет определить величину ρ_c с учетом требуемого тока и напряжения:

$$\rho_c = \frac{U_c - U_d}{2I}. \quad (4)$$

В то же время

$$\rho_c^2 = \frac{L_y}{C_y} \text{ и } L_y = \rho_c^2 \cdot C_y. \quad (5)$$

При подстановке (23) в (21) получится

$$\frac{\pi}{2} \cdot \rho_c \cdot C_y = 10^{-5}. \quad (6)$$

Из (24) величина емкости конденсатора ячейки определяется как

$$C_y = \frac{2}{\pi \cdot \rho_c \cdot 10^5} = \frac{4I}{\pi(U_c - U_d) \cdot 10^5}. \quad (7)$$

Недостатками применения ОИЛ в рассматриваемом варианте является трехэтапный цикл работы: заряд от источника питания – разряд до половины напряжения заряда конденсаторов ячеек во время волны – разряд до нуля во время обратной волны. Это ограничивает максимальную частоту следования

генерируемых импульсов, требует повышенного напряжения источника питания и при высокой частоте генерирования импульсов возможно протекание сквозного тока.

Для питания сварочной дуги в динамическом режиме, когда частота следования генерируемых импульсов может достигать нескольких килогерц наиболее целесообразно применение модернизированной схемы ОИЛ, исключающей перечисленные недостатки

5 ПРОВЕРКА ИМПУЛЬСНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РАБОТЕ НА ДУГУ

5.1 Методика снятия осциллограмм тока и напряжения

Физические процессы, протекающие в дуге, питаемой мощными импульсами тока, изучены мало. Более доступные экспериментальному исследованию вольт - амперные характеристики электрической импульсной дуги изучены при сварке в аргоне [31].

Изучение динамических характеристик дуги при импульсно-дуговой сварке необходимо для определения свойств импульсной дуги как нагрузки и позволяет получить необходимые исходные данные для расчета и конструирования источников питания, а также для технологических целей [31].

Вследствие больших скоростей изменения напряжения и тока при импульсно-дуговой сварке динамические характеристики могут быть определены только при использовании регистрирующих приборов с малой инерционностью, например с помощью электронного осциллографа [32].

На рисунке 11 представлена принципиальная схема проведения записи и измерения напряжения и тока дуги, горящей в динамическом режиме. Для регистрации напряжения и тока дуги используем осциллограф универсальный запоминающий С8 - 13.

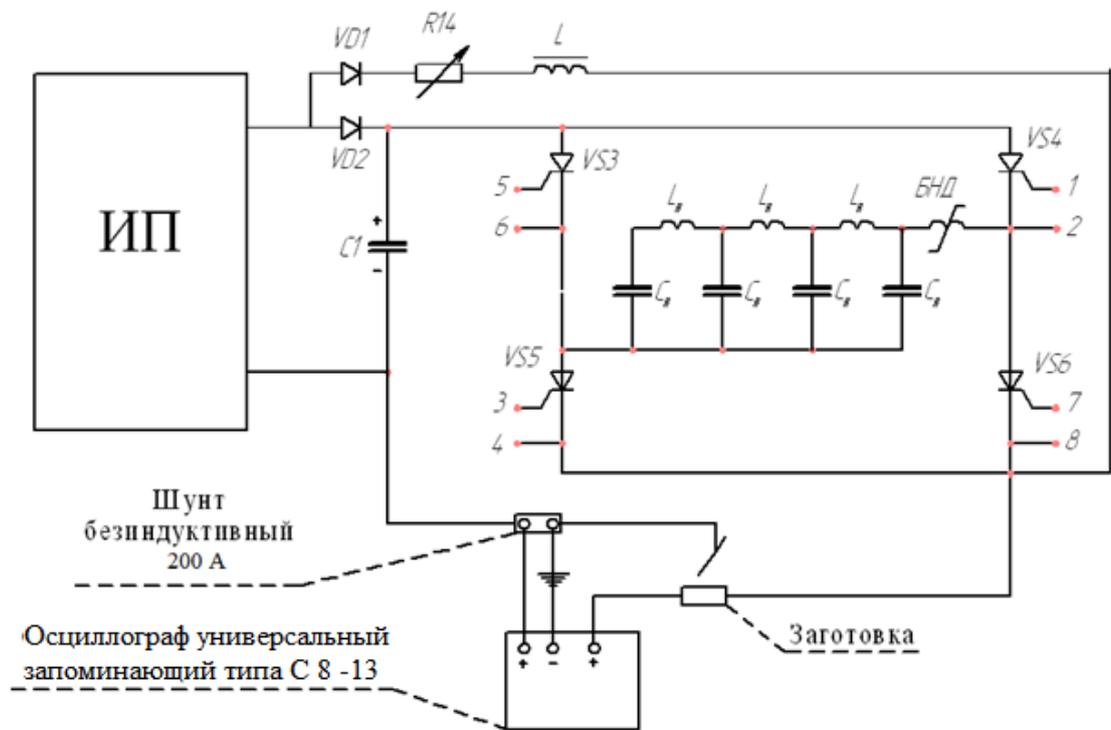


Рисунок 11 – Принципиальная схема проведения записи и измерения напряжения и тока дуги, горящей в динамическом режиме

На рисунке 12 представлена принципиальная схема проведения записи динамической вольт - амперной характеристики дуги, горящей в динамическом режиме.

Для регистрации динамической вольт - амперной характеристики дуги используем электронный осциллограф С1 – 19Б с двумя блоками управления БПУ - 1. В данном случае осциллограф имеет два блока усиления, что позволяет снимать ток и напряжение одновременно и получать динамическую характеристику на экране осциллографа (петлю гистерезиса). По оси ординат - напряжение, по оси абсцисс - ток. Петля гистерезиса определяется амплитудой и скоростью нарастания, накладываемого на дугу возмущения. Чем больше скорости изменения тока, тем больше динамические характеристики отличаются от статической.

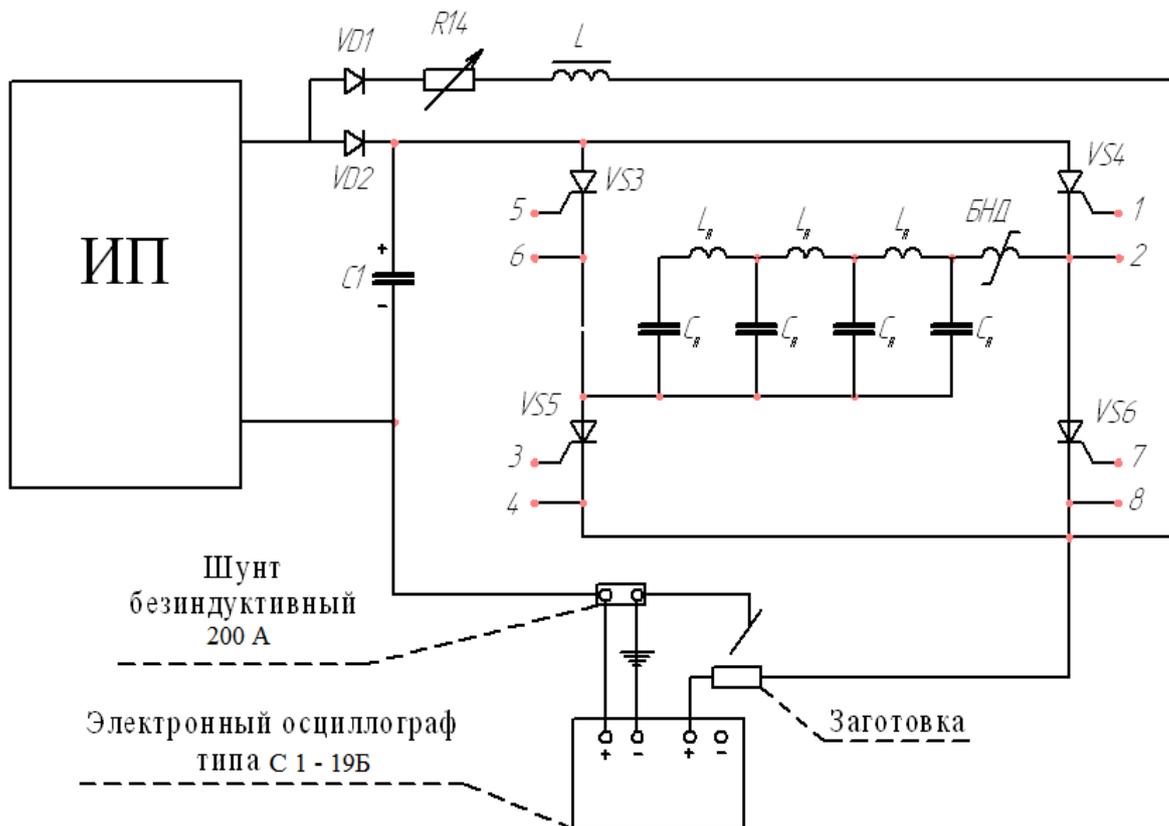


Рисунок 12 – Принципиальная схема проведения записи динамической вольт – амперной характеристики дуги, горящей в динамическом режиме

Цель эксперимента:

- получить реальные зависимости тока и напряжения от времени;
- получить динамическую характеристику.

Оборудование, приспособления, инструмент:

- экспериментальная установка для питания динамической дуги;
- сварочный автомат АДСВ-5;
- осциллограф универсальный запоминающий С1 - 70;
- электронный осциллограф С1 – 19Б;
- шунт безиндуктивный 150 А.

Параметры режима сварки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры режима сварки

$I_u,$	$I_{d.d.},$	$U_u,$	$U_{d.d.},$	$l_d,$	$f,$
A	A	B	B	$мм$	$кГц$
350	15	32	6	1,2	0,6 - 3,2

Ход эксперимента:

Опыт 1. Получить реальные зависимости тока и напряжения от времени:

- подключить осциллограф С1 - 70, как показано на рисунке 10;
- включить выпрямитель, питающий цепь дежурной дуги и выпрямитель, питающий импульсное устройство;
- включить подачу аргона;
- зажечь дежурную дугу угольным электродом;
- включить автомат АДСВ - 5 с постоянной скоростью движения сварочной головки;
- включить импульсное устройство;
- на осциллографе С1 - 70 зарегистрировать осциллограммы тока и напряжения.

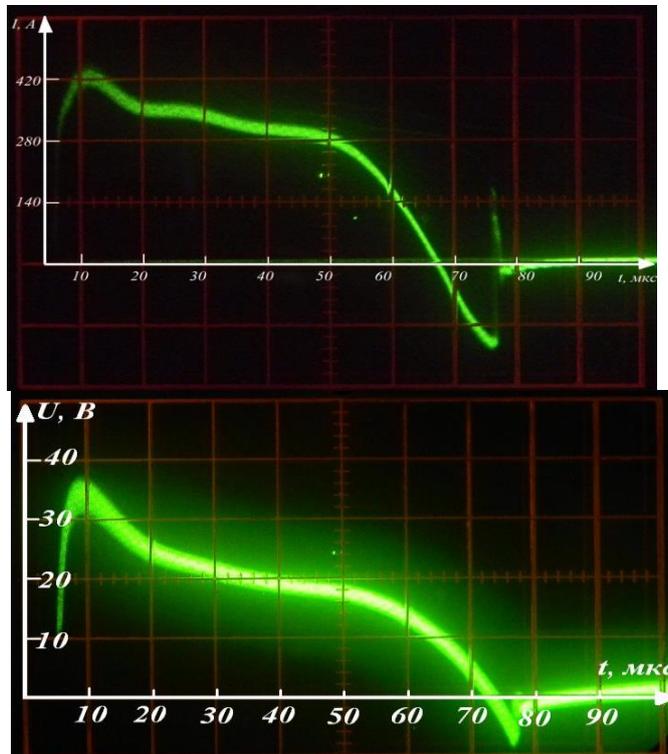


Рисунок 13 – Типичные осциллограммы тока и напряжения

Опыт 2. Получить динамическую вольт – амперную характеристику:

- подключить осциллограф С1 - 19Б, как показано на рисунке 11;
- включить выпрямитель, питающий цепь дежурной дуги и выпрямитель, питающий импульсное устройство;
- включить подачу аргона;
- зажечь дежурную дугу угольным электродом;
- включить автомат АДСВ - 5 с постоянной скоростью движения сварочной головки;
- включить импульсное устройство;
- на осциллографе С1 – 19Б зарегистрировать динамическую вольт - амперную характеристику дуги.

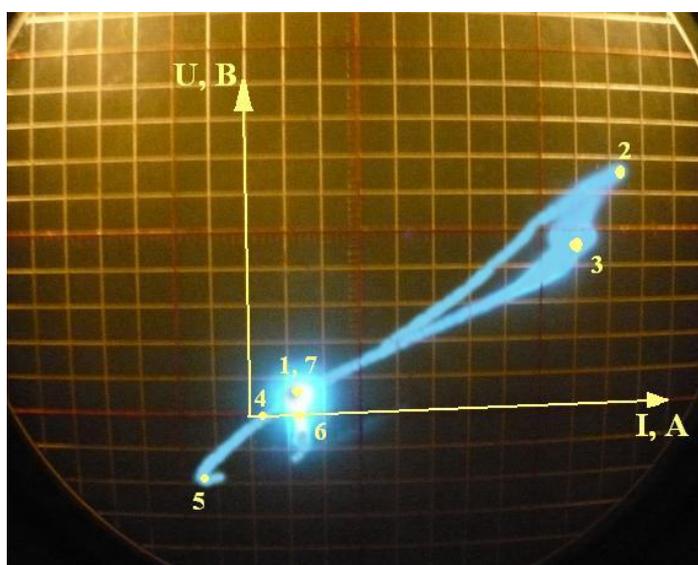


Рисунок 14 – Динамическая вольт амперная характеристика дуги

В ходе эксперимента были получены зависимости тока и напряжения дуги от времени, и динамическая вольт – амперная характеристика дуги. На представленных осциллограмме тока дуги и напряжения видно, что импульсы по форме близки к прямоугольной, скорость нарастания импульсов и их продолжительность обеспечивает динамический режим горения дуги. При быстром изменении тока недостаток термической эмиссии восполняется автоэлектронной, что в свою очередь приводит к увеличению напряжения.

Ввиду большей концентрации теплового потока при сварке дугой горячей в динамическом режиме требуется среднее значение тока меньшее на 30 - 40 %, чем при сварке в непрерывном режиме при сохранении высокой

устойчивости физического горения дуги и сохранении высокой технологической устойчивости процесса сварки.

ВЫВОДЫ:

Отрицательная часть динамической характеристики может быть объяснена тем, что при резком снижении тока и напряжения процессы деионизации отстают от изменения параметров режима и в столбе дуги избыточный отрицательный заряд. И столб дуги превращается в активную противоЭДС за счет которой протекает обратный ток, через тиристоры моста до рассасывания заряда на р-п переходах.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Шачек А.Л.

Институт	Институт неразрушающего контроля (ИНК)	Кафедра	Оборудование и технология сварочного производства (ОиТСП)
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение 15.03.01

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

<i>1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и технологических</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.
<i>2.Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчисления, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1.Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
<i>2.Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета.
<i>3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Шачек А.Л.		

6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка системы питания для сварки в динамическом режиме» 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, горячей в динамическом режиме Таблица 2 - Сегментирование рынка

		Показатель		
		Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Технологические показатели качества сварного соединения	Качество сварного шва	3	2	1
	Скорость сварки	2, 3	2	1
	Возможность сварки тонколистового металла	3	2	1, 2

1- Сварка неплавящимся электродом в аргоне дугой, горячей в динамическом режиме;

2- Аргонно-дуговая сварка;

3- Ручная дуговая сварка.

Результат сегментирования показал, что уровень конкуренции низок.

Сварка неплавящимся электродом в аргоне дугой, горячей в динамическом

режиме, как видно из сегментирования, хороший способ сварки, который может получать качественные сварные соединения.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Удобство в эксплуатации	0,1	3	4	3	0,5	0,2	0,3
2. Затраты сварочного материала	0,2	5	3	4	1	0,2	1
3. Качество сварного соединения	0,1	5	4	3	0,5	0,3	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1 цена	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,25
2 Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,3
3 Конкурентно-способность работы	0,25	5	5	3	1,25	0,5	1
Итого	1	28	26	21	5	2,35	3,75

Где сокращения: Б_ф- Сварка неплавящимся электродом в аргоне дугой, горячей в динамическом режиме; Б_{к1} – Аргонно-дуговая сварка; Б_{к2}- Ручная дуговая сварка.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (8)$$

где: К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

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

6.1.3 SWOT – анализ

Таблица 4 - Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
Отсутствие конкурентов на рынке Наличие бюджетного финансирования. Широкая область применения Использование современного оборудования Актуальность проекта Наличие опытного руководителя Наличие патента на разработку Экономия электроэнергии	Развитие новых технологий Перенастройка оборудования Отсутствие квалифицированного персонала.
Возможности	Угрозы
Получение качественных сварных соединений Регулирование производительности Повышение стоимости конкурентных разработок	Появление новых технологий Снижение государством финансирования темы Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.

Таблица 5 – Мероприятия, которые необходимо провести сейчас.

	Ресурс, человек/час	Влияние (0-5)
Повышение квалификации персонала	200	4
Привлечение ВУЗов партнеров, для развития исследования	300-500	5
Улучшение технологии	500-700	5

Таблица 6 – Мероприятия, которые необходимо провести через год.

	Ресурс, человек/час	Влияние (0-5)
Уменьшение габаритов установки	400	3
Привлечение финансирования для развития технологии	500	4
Улучшение технологии	500-700	5

Таблица 7 – Мероприятия, которые необходимо провести через 5 лет.

	Ресурс, человек/час	Влияние (0-5)
Введение нашей установки на предприятие	200	5
Привлечение финансирования для развития технологии	500	4
Улучшение технологии	500	5

6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 8 - Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Диаметр сварочной проволоки, мм	1	1	1
Б. Марка сварочной проволоки	Св-08Г2С	Св-10Г2С	Св-04Х19Н9
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 + CO ₂

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.

6.3 Планирование научно-исследовательских работ

6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 9 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	10	Вывод по цели	Научный руководитель, студент

6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (9)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (10)$$

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

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

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

6.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (11)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (12)$$

где: $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

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

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 10).

После заполнения таблицы 8 строим календарный план-график (табл. 11).

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 10 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									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.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.	1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.	3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент	2	3	3	3	5	5
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент	7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.	2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент	3	3	3	4	4	4

Таблица 11- Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Ра-бо	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				Март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение проекта	Руководитель	3	★										
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2		★	◆								
3	Поиск и изучение материала	Студ.-рук.	2		◆									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2			◆								
5	Календарное планирование	Руководитель	3			◆								
6	Изучение литературы по	Студент	15				★	★	★					
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5					★	◆					
8	Изучение установки	Студент	6						★					
9	Моделирование плазмотрона	Студент	3							★				
10	Изучение результатов	Студент	3								★			
11	Проведение расчетов по теме	Студент	10								★			
2	Анализ результатов	Студ.-рук.										★	◆	
3	Вывод по цели	Студент												★

★ – студент; ◆ – руководитель.

6.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

6.3.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (13)$$

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

$N_{расхи}$ – 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 12 - Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z _м), руб.		
		Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Св-ая пр-ка	кг.	0,5	0,5	0,5	80	80	80	63	63	63

ПГ,СГ,ЗГ	лит.	1	1	1	12	12	12	18	18	18
Итого								1978	1978	1978

6.3.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, 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 13 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Источник питания	1	-	-	30	-	-	40	-	-
Итого:								40	-	-

6.3.7 Основная 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. 14.

Таблица 14 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоёмкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
2.	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4.	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	3,6			4	8	8
5.	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
6.	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7.	Подбор нормативных	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8.	Изучение установки	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9.	Модернизация установки	Студент	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
10.	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8
11.	Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8			2,7	2,7	2,7
Итого:									69,7	74,2	75,1

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).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (14)$$

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:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (15)$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 35504 рублей.

6.3.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (16)$$

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 15 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	И	И	И	Ис	Ис	Ис
Руководитель	48	57	57	57	68	684
Студент-	31	27	28	38	32	337
Коэффициент отчислений	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24190,5 руб.					
Исполнение 2	25556,4 руб.					

Исполнение 3	25829,5 руб.

6.3.9 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (17)$$

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:

$$Z_{\text{накл}} = 357807,5 \cdot 0,16 = 57249,2 \text{ руб.}$$

6.3.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 16 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	37353	36720,5	36636,5	Пункт 3.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	207000	115000	138000	Пункт 3.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79700	84200	85100	Пункт 3.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9564	10104	10212	Пункт 3.3.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5	25556,4	25829,5	Пункт 3.3.4
6. Накладные расходы	57249,2	43452,9	47324,5	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	415056,7	315033,8	343102,5	Сумма ст. 1- 6

6.4 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (18)$$

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).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{415056,7}{415056,7} = 1; I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{315033,8}{415056,7} = 0,76; I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{343102,5}{415056,7} = 0,83.$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (19)$$

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

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная 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. 17).

Таблица 17 - 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	3,15	3,8

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

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

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,8;$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (20)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{1} = 4,55; \quad I_{исп2} = \frac{3,15}{0,76} = 4,14; \quad I_{исп3} = \frac{3,8}{0,83} = 4,57.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.18) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп i}}{I_{исп max}} \quad (21)$$

Таблица 18 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,76	0,83
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,15	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	4,14	4,57
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,89	0,98

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.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Шачек Артему Леонидовичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01-Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Система питания для сварки неплавящимся электродом в среде аргона в динамическом режиме. Создана действующая экспериментальная установка для сварки дугой горячей в динамическом режиме.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	– Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Повышенная температура или влажность воздуха помещения; – Повышенный уровень вибрации; – Недостаточная освещённость рабочей зоны; – Наличие открытых токопроводящих элементов, находящихся под напряжением. – Повышенная температура поверхностей оборудования.
2. Экологическая безопасность:	Воздействие на окружающую среду сводиться к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации. Одной из причин возникновения пожара является короткое замыкание
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	–Правовые нормы трудового законодательства; –Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Шачек А.Л.		

7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

7.1 Введение

Объект исследования

В данном разделе необходимо проанализировать вредные и опасные факторы, которые создает система питания для человека, разработать мероприятия по борьбе с вредным влиянием этих факторов.

7.2 Производственная безопасность

Рассмотрим опасные и вредные факторы, представленные в табл. 19

Таблица 19 - Опасные и вредные факторы при эксплуатации источника питания для сварки дугой горячей в динамическом режиме.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Запуск источника питания: 1) Снятие осциллограмм 2) Проведение ремонтных работ источника питания	1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; 2. Превышение уровня шума и вибрации; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны.	1. Короткие замыкания 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].

Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также

температуры окружающих поверхностей. 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.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость 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	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

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. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик системы питания для сварки в динамическом режиме изложены в ГОСТ 12.1.035–81. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

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 дБ, 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).

Различают естественное и искусственное освещение.

Естественное – обуславливают световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным светом неба, т.е. многократным отражением солнечных лучей от мельчайших взвешенных в атмосфере частиц пыли и воды.

Искусственное освещение осуществляется светильниками общего и местного освещения. Светильник состоит из источника искусственного освещения (лампы) и осветительной арматуры. Основными источниками искусственного освещения являются лампы накаливания и люминесцентные лампы.

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной нагрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (K_p) 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 факторы является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

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;

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

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;

- зануление – замыкание на корпус электроустановок;

- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;

- защитное разделение сетей;

- предохранительные устройства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

7.3 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить, как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Применение сварки в динамическом режиме значительно сокращает время изготовления деталей, но приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии.

При выполнении работы образовывались следующие отходы: излишки электрических проводов и устаревшие конденсаторы, которые были утилизированы в контейнер

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

При написании дипломного проекта была выявлена возможная ЧС, это пожар, короткое замыкание – является частой причиной возникновения пожаров.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожаров.

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», сотовый «010» пожарную службу.

4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности в помещениях имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели). Осуществляется дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с помощью автоматических или ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 19 % кислорода.

7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

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.

Требования к размещению систем питания для сварки в динамическом режиме, 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 ил

и экрана ми) из негоряемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.

- Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.

- Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть негоряемыми, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

- Расстояние от стены до источника питания должно быть не менее 0,5 м.

- Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высоты траектории 2.2.м.

- Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.

- Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.

- Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств.

- Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.

- Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4).

- Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.

- Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола.

- 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований, проведенных в данной работе на базе известной научной информации и собственных результатов экспериментов разработаны методики снятия осциллограмм тока и напряжения дуги. Созданная система питания дуги для сварки в динамическом режиме. Система ориентирована для сварки изделий малых толщин и корневых слоев.

Анализ интегральных показателей эффективности показал, что реализация разработанной системы питания является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Также в работе рассмотрены вопросы социальной ответственности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Славин Г.А., Столпнер Е.А., Некоторые особенности дуги питаемой кратковременными импульсами тока. // Сварочное производство.-1967г.-№2. - С. 3-5.
2. Кулишенко Б.А., Еремин Е.Н. Влияние углекислого газа на некоторые технологические свойства дуги при сварке неплавящимся электродом. // Сварочное производство. – 1978. - №2. – С. 38-39.
3. Бучинский В.Н. Стабильность горения дуги при сварке в смесях аргона с углекислым газом и кислородом. // Автоматическая сварка. – 1982. - №6. – С. 69.
4. Коротов А.Т., Плиско В.П. Полуавтоматическая сварка в смеси аргона и углекислого газа трубопроводов из стали 0X18H10T. // Автоматическая сварка. – 1969. - №3. – С. 69.
5. Новокрещенов М.М., Виноградов В.А., Романенков Е.И., Рыбаков Ю.В., Гума В.В. Влияние азота на свойства столба сварочной дуги в аргоне. // Сварочное производство. – 1974. - №3. – С. 1-3.
6. Патон Б.Е., Замков В.Н., Прилуцкий В.П., Порицкий П.В. Контракция сварочной дуги флюсом при сварке вольфрамовым электродом в аргоне. // Автоматическая сварка. – 2000. - №1. – С. 3-9.
7. Савицкий М.М., Кушниренко Б.Н., Олейник О.И. Особенности сварки сталей вольфрамовым электродом с активирующими флюсами (АТИГ-процесс). // Автоматическая сварка. – 1999. - №12. – С. 20-28.
8. Савицкий М.М., Мельничук Г.М., Карида В.Л., Дмитриев В.И. Применение активирующего флюса при сварке неповоротных стыков трубопроводов на монтаже атомных электростанций // Автоматическая сварка. – 1981. - №11. – С.71-72.
9. Ющенко К.А., Коваленко Д.В., Коваленко И.В. Применение активаторов при дуговой сварке вольфрамовым электродом в инертных газах сталей и сплавов. // Автоматическая сварка. – 2001. - №7. – С. 37-43.

10. Казаков Ю.В., Столбов В.И., Корягин К.Б., Бушев Ю.Г., Кудрявцев Ю.В., Плиско В.Н. Влияние активирующих флюсов на строение сварочной дуги, горящей в аргоне. // Сварочное производство. – 1985. - №4. – С. 30-32.
11. Бурдаков С.М., Чернов А.В., Полетаев Ю.В., Полежаев С.В. Физическая модель электрического дугового разряда с наложением высокочастотного напряжения. // Сварочное производство. – 2001. - №11. – С. 13-16.
12. Селянников В.Н., Блинков В.А., Казаков Ю.В., Баженов В.И. О формировании сварного шва в продольном магнитном поле при аргонодуговой сварке. // Сварочное производство. – 1975. - №11 – С. 5-7.
13. Болдырев А.М., Биржев В.А. Влияние продольного магнитного поля на проплавляющую способность сварочной дуги прямой полярности // Сварочное производство. – 1982. - №4. – С. 10-11.
14. Биржев В.А., Болдырев А.М. О влиянии продольного магнитного поля на сварочную дугу прямой полярности // Автоматическая сварка. – 1982. - №1. – С. 17-19.
15. Чернышев Г.Г., Григоренко В.В., Киселев О.Н. Математическая модель аргонодуговой сварки в квадрупольном магнитном поле // Сварочное производство. – 1989. - №8. – С. 31-33.
16. Бертинов А.И., Мизюрин С.Р., Сериков В.А., Геворкян Р.Л. Энергетика процесса заряда конденсатора от генератора переменного тока через выпрямитель. // Электричество. – 1967. - №8.- С. 54-61.
17. Бертинов А.И., Мизюрин С.Р., Ермилов М.А., Сериков В.А., Хомин В.Д. К расчету главных размеров синхронного генератора работающего на импульсную нагрузку. // Электричество. – 1968. – №12. – С. 29-34.
18. <http://www.amfilakond.ru/prim2.shtml> - Все о конденсаторах. Применение и эксплуатация.
19. Легостаев В.А., Пентегов И.В. Энергетические характеристики индуктивных накопителей для сварки. // Автоматическая сварка. – 1973. - №3. – С. 35-39.

20. http://www.radioradar.net/hand_book/documentation/ind_emk.html - Индуктивности и емкости.
21. Некрасов В.И., Гаврилов Г.Н. Некоторые особенности импульсного разряда аккумуляторной батареи. // Электричество. – 1968. - №12. – С. 82-83.
22. Дитрих Берндт Доклад на тему «Конструкторский уровень и технические границы применения герметичных батарей. Сравнение герметичных и герметизированных батарей». Эрланга. – 1993.
23. Сипайлов Г.А., Ивашин В.В., Лоос А.В. Генератор больших импульсных мощностей со ступенчатой или трапецеидальной формой тока. // Электричество. – 1967. - №5. – С. 71-75.
24. Зайцев А.И., Князьков А.Ф. О формировании импульсов тока. Доклады к 1-ой конференции по автоматизации производства. Томск. - 1969. – С. 97-104.
25. Пат. РФ 2294269, МПК В23К 9/09, Н03К 3/53. Устройство для формирования импульсов сварочного тока. Князьков А.Ф., Князьков С.А., Лолю Я.С., Проняев А.Б. – Заявл. 27.10.2005.
26. Ицкохи Я.С., Овчинников Н.И. Импульсные и цифровые устройства. – М.: Советское радио. 1972. – 592 с.
27. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. – М.: Машиностроение, 1973. -448 с.
28. Елистратов А.П. Некоторые особенности формирования шва при сварке со сквозным проплавлением
29. Полосков С.И., Ищенко Ю.С., Букаров В.А. Анализ факторов, определяющих формирование сварочной ванны при орбитальной сварке неповоротных стыков труб (обзор) // Сварочное производство. – 2003. - №2. – С. 11 -19.
30. Рыкалин Н.Н., Бекетов А.И. Расчет термического цикла околошовной зоны по очертанию плоской сварочной ванны // Сварочное производство. – 1967. - №9. – С. 22-25.

31. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. – М.: Машиностроение, 1973. -448 с.