

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

Институт ИНК

Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение

Кафедра ОТСП

МАГИСТЕРСКАЯ ДИСЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка системы активного управления процессом сварки короткой дугой УДК <u>621.791.75.01:629.78.</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM51	Табанов Арутр Меирканович		

Руководитель

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

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	Гусельников М.Э.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев А.С.	к.т.н., доц.		

Томск – 2017 г.

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

Институт ИНК

Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение

Кафедра ОТСП

Утверждаю:

Зав. Кафедрой ОТСП

_____ Киселев А.С.

ЗАДАНИЕ

На выполнение выпускной квалификационной работы

В форме: _____ магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ51	Табанов Артур Меирканович

Тема работы:

Разработка системы активного управления процессом сварки короткой дугой	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.02.2017, №861/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т.д.) вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т.д.)	Системы активного управления процессом сварки короткой дугой.
---	---

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>	1. Анализ современного состояния разработки систем управления процессом сварки с короткими замыканиями. 2. Обоснование алгоритма управления процессом сварки с короткими замыканиями. 3. Разработка функциональной схемы. 4. Разработка принципиальной схемы. 5. Силовая часть. 6. Датчик коротких замыканий с закрытым входом. 7. Схема управления сварочным циклом. 8. Технологическая проверка. 9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 10. Социальная ответственность. 11. Заключение
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Методы управления процессом сварки в CO₂ с короткими замыканиями. 2. Системы управления. 3. Алгоритм управления. 4. Функциональная схема. 5. Принципиальная схема. 6. Силовая часть. 7. Система управления сварочным циклом. 8. Датчик коротких замыканий. 9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 10. Социальная ответственность.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
1-8,11 пп	Князьков Анатолий Федорович
9.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Николаенко В.С.
10.Социальная ответственность	Гусельников М.Э.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.03.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM51	Табанов Артур Меирканович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 107 страниц, 23 рисунков, 38 литературных источников, 5 таблиц, 16 слайдов графической информации в Power Point.

Ключевые слова: система, управление, схема, циклограмма, импульсно-дуговая сварка, короткое замыкание, разбрызгивание.

Объект исследования: системы активного управления процессом сварки короткой дугой.

Целью работы – разработать систему импульсного управления механизмом коротких замыканий.

Задачи:

- провести анализ существующих систем управления механизмом коротких замыканий;
- обосновать алгоритм управления механизмом коротких замыканий;
- разработать функциональную схему импульсной системы;
- разработать схемные решения узлов и блоков импульсной системы;
- произвести технологическую проверку.

Полученные результаты и их новизна: разработанное оборудование для управления процессом сварки с короткими замыканиями имеет улучшенную и более надёжную систему контроля каплепереноса расплавленного металла в сварочную ванну в сравнении с аналогичным оборудованием.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, графический материал выполнен с помощью графического редактора КОМПАС 3DV13.

Диск CD-R с графическим материалом в конверте на обороте обложки.

Abstract

Graduate work contains: 107 pages, 23 figures, 38 references, 5 tables, 16 slides graphic information in Power Point.

Keywords: system, management, diagram, sequence diagram, pulsed arc welding, short circuit, spatter.

The object of research system with impulse control mechanism of short circuits.

The purpose of work - to develop a system of impulse control mechanism for short circuits.

Objectives:

- To analyze existing systems management mechanism of short circuits;
- Justify the engine control algorithm short circuits;
- To develop a functional block diagram of the pulse system;
- Develop schematics units and blocks the pulse system;
- Produce a technological test.

The results obtained during the experiment, it was found that the surfacing at the plate with a controlled mechanism for short circuit on the line polarity area of the weld metal is greater than in other cases.

Graduate work done in a text editor Microsoft Word 2010, graphic material is made using a graphical editor COMPASS 3DV13.

CD-R disc with graphic pictures in an envelope on the back cover.

Основные обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.702 – 2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем

ГОСТ 2.710 – 81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах

ГОСТ 2.721 – 74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах общего применения

ГОСТ 2.725 – 68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие

ГОСТ 2.728 – 74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы

Определения

В работе применены следующие термины с соответствующими определениями:
импульсно – регулируемое сопротивление (ИРС), сопротивление, зашунтированное тиристором с принудительной коммутацией;
пинч-эффект: эффект сжатия токового канала под действием магнитного поля, индуцированного самим током;

Обозначения и сокращения

ИП – источник питания;

ИУ – импульсный усилитель;

f_n – частота коротких замыканий [пер/сек];

$V_{пп}$ – скорость подачи электродной проволоки [м/сек];

U_d – среднее напряжение на дуге [В];

U_{xx} – напряжение холостого хода источника питания [В];

t_d – длительность дугового разряда [сек];

$t_{ц}$ – длительность цикла изменения тока и напряжения процесса сварки [сек];

U_p – среднее рабочее напряжение [В];

$I_{кз}$ – ток короткого замыкания [А];

$I_{п}$ – ток паузы [А];

$t_{гд}$ - продолжительность горения дуги [сек];
 $t_{кз}$ - продолжительность короткого замыкания [сек];
 $U_{оп}$ - опорное напряжение [В];
 $I_{и}$ - импульс сварочного тока [А],
 $U_{фа}$ - фаза питающего напряжения [В];
 T — период действия импульса подачи [сек];
 k_1, k_2 — тиристорные ключи;
 R – секционированный резистор;
 $Д$ – датчик непрерывного контроля дугового напряжения;
 RS_1, RS_2 – триггеры типа RS;
 VS – силовой тиристор;
 C_k –коммутирующий конденсатор;
 L_k – коммутирующий дроссель;
 L – зарядный дроссель;
 VD – диоды шунтирующие дугу в обратном направлении;
 V_p – оптодиод действующий на размыкание;
 V_z – оптодиод действующий на замыкание;
 V_d – оптотранзистор;
 U_{VD} – напряжение стабилизации стабилитрона.

Оглавление

Введение	10
1 Анализ существующих систем управления механизмом коротких замыканий	12
1.1 Существующие системы повышения эффективности процесса сварки с короткими замыканиями	12
1.1.1 Экстремальные системы	13
1.1.2 Системы регулирования по средним показателям процесса	15
1.1.3 Системы с токоограничивающим устройством	16
2 Обоснование алгоритма управления механизмом коротких замыканий	31
2.1 Существующие методы управления механизмом коротких замыканий	31
2.2 Разработка требований к процессу	39
3 Разработка функциональной схемы управления импульсной системы	42
3.1 Разработка циклограммы	42
3.2 Функциональная схема системы управления механизмом коротких замыканий	43
4 Разработка принципиальной электрической схемы	47
5 Силовая часть	50
6 Датчик коротких замыканий	53
7 Схема управления сварочным циклом	56
8 Технологическая проверка	62
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	65
10 Социальная ответственность	78
Заключение	95
Приложение	101
CD	107

Введение.

Актуальность. Разработка новых способов сварки с управляемым каплепереносом ставит перед собой целью достижение положительной динамики в борьбе с отрицательными факторами присущими сварке в углекислом газе с короткими замыканиями.

В настоящее время принято считать, что дальнейшее повышение эффективности сварки в углекислом газе можно достичь только научившись надежно управлять микропроцессами в зоне сварочной дуги и сварочной ванне.

Массоперенос электродного металла происходит в несколько стадий: касание капель сварочной ванны с образованием жидкой перемычки в зоне контакта; слияние капли с ванной; изменение формы капли (перетекание капли) с утонением перемычки (шейки капли) в зоне капли – электродная проволока, разрыв шейки капли и поглощение капли ванной.

Каждая из этих стадий поддается управлению. То или иное сочетание управляющих воздействий приводит к созданию нового способа сварки. Данные управляющие воздействия призваны усилить положительные факторы, влияющие на процессы в дуге и сварочной ванне и ослабить или исключить слабые.

В настоящий момент разрабатывается все больше способов управляющих переносом электродного металла на стадии капли, т.е. осуществляется контролируемый перенос каждой капли электродного металла в сварочную ванну.

Такие методы позволяют широко раздвинуть рамки технологической устойчивости процесса сварки по сравнению с традиционной сваркой в CO_2 .

Возникают всё новые и новые задачи разработки более совершенной технологии сварки, широко применяемых и новых материалов, что требует или модернизации существующего оборудования и технологии, или разработки более совершенных методов сварки. С целью повышения качества сварных швов, значительные усилия в настоящее время направлены на разработку и создание новых источников питания сварочной дуги, которые отвечали бы

требованиям, предъявляемым к их динамическим свойствам. Более перспективным является система импульсного управления механизмом коротких замыканий разработанный на кафедре сварки.

В данной работе проведен анализ существующих систем управления механизмом коротких замыканий и разработана система импульсного управления механизмом коротких замыканий.

Объект исследования: системы активного управления процессом сварки короткой дугой.

Предмет исследования: система управления механизмом коротких замыканий при сварке.

Научно-практическая новизна: разработанное оборудование для управления процессом сварки с короткими замыканиями имеет улучшенную и более надёжную систему контроля каплепереноса расплавленного металла в сварочную ванну в сравнении с аналогичным оборудованием.

Практическая значимость результатов ВКР: результаты разработанной системы управления процессом сварки с короткими замыканиями могут быть использованы для сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов.

Реализация и апробация работы: результаты исследования были представлены в лаборатории на кафедре ОТСП ТПУ, на международной научно-практической конференции «Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении» и отобраны для публикации библиографической базе данных Scopus.

1 Анализ существующих систем управления механизмом коротких замыканий

1.1 Существующие системы повышения эффективности процесса сварки с короткими замыканиями

Для получения управляемого переноса металла при дуговой сварке плавящимся электродом применяют различные способы управления; механические, газодинамические, магнитные, электрические, изменением химического состава электрода, защитной среды и комбинированные. Характер переноса металла при дуговой сварке плавящимся электродом в значительной степени влияет на технологические возможности способа сварки, металлургические реакции, устойчивость процесса, разбрызгивание металла, формирование шва [1].

Механическое управление переносом электродного металла осуществляется при помощи поперечных и продольных колебаний электрода. При сварке короткой дугой относительно низкое напряжение (менее 18 В) не обеспечивает необходимое значение тока короткого замыкания, при котором устойчиво происходит разрыв перемычки между электродом и сварочной ванной. Применение в этом случае поперечных колебаний (вибрации) электрода позволяет повысить стабильность процесса путем механического разрыва перемычки между электродом и сварочной ванной. Применение вибрации также позволяет получить мелкокапельный перенос электродного металла.

Управление переносом при помощи продольных колебаний осуществляется благодаря программированию скорости подачи электродной проволоки. Возникающие при этом принудительные замыкания и размыкания дугового промежутка способствуют переносу металла с электрода в сварочную ванну.

Газодинамическое управление переносом осуществляется путем изменения расхода газа, а также при дополнительном воздействии на дугу газовой струи применительно для дуг в плазматронах.

Магнитные способы основаны на взаимодействии собственного магнитного поля дуги с магнитными полями управляющих систем. Под действием магнитного поля при сварке в защитных газах можно получить мелкокапельный перенос металла.

В основе электрических способов лежит программное изменение электрических параметров режима - тока и напряжения дуги.

Изменяя химический состав электрода и защитной среды можно создать условия для управления переноса электродного металла [2].

Особый интерес представляет способ с электрическим управлением процесса переноса электродного металла.

Уменьшить разбрызгивание электродного металла и повысить стабильность процесса сварки возможно путем воздействия через источник питания, схему управления и иными путями на величину и скорость нарастания тока короткого замыкания, напряжения на дуге и частоту коротких замыканий. Анализируя эти работы можно выделить группы систем для управления механизмом коротких замыканий:

- а) экстремальные;
- б) регулирование по средним показателям процесса;
- в) с токоограничивающим устройством;
- г) с управлением отдельными фазами микроцикла;
- д) с управлением периода каплеобразования;
- е) с управлением всеми фазами периода каплеобразования.

1.1.1 Экстремальные системы

Частота коротких замыканий между электродом и деталью зависит от параметров режима сварки и что эта зависимость имеет максимум при изменении большинства параметров процесса.

На рис. 1 представлена одна из таких зависимостей. Установлено также, что лучшие качественные и экономические показатели процесса при максимальном числе коротких замыканий.

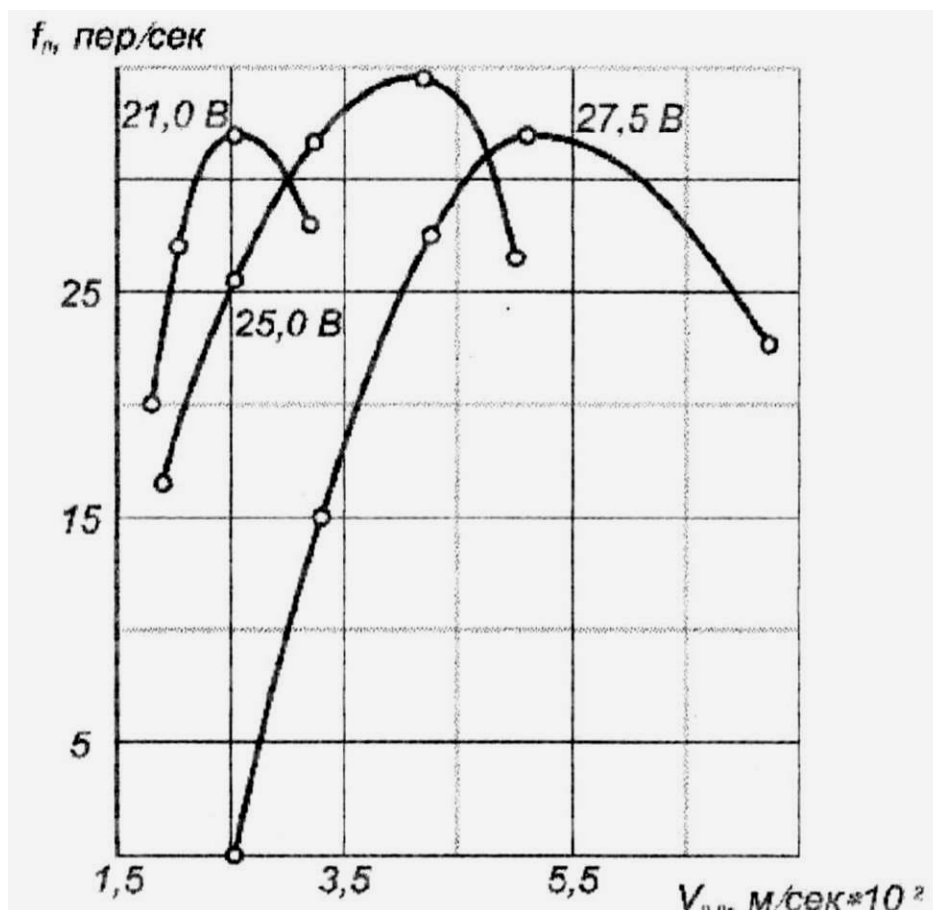


Рисунок 1 - Зависимость частоты коротких замыканий f_n от скорости подачи электродной проволоки $V_{пп}$

При этом процесс сварки в углекислом газе короткой дугой протекает наиболее стабильно [3], то есть отклонение параметров режима минимальны. Следовательно, расплавленный электродный металл переходит в жидкую ванну, имеющую сравнительно небольшой размер, равномерными каплями, что обуславливает равномерную периодичность кристаллизации, и, как следствие, шероховатость наплавленных валиков и слоев будет минимальной. Минимальны и потери металла на угар и разбрызгивание (3-5 %).

В реальном процессе сварки параметры режима не остаются постоянными. В связи с этим удержание системы источник питания сварочная дуга в положении, соответствующем максимуму числа коротких замыканий, без принудительного регулирования параметров практически невозможно.

Для решения указанной задачи при сварке плавящимся электродом с короткими замыканиями используют оптимальное регулирование системы

источник питания дуга в окрестностях экстремума зависимости частоты коротких замыканий от регулируемого параметра (напряжение холостого хода источника питания, скорости подачи электродной проволоки, эквивалентного сопротивления сварочной цепи). Системы экстремального регулирования снижают потери на угар и разбрызгивание и стабилизируют качество сварки на заданном уровне.

Изменением тока в сварочном контуре вызывается подстройка частоты коротких замыканий до их максимального значения.

Недостатками экстремальных систем регулирования является отсутствие возможности обеспечения ими идентичных условий для расплавления и переноса каждой капли электродного металла, а также отсутствие возможности учитывать состояние дугового промежутка в момент повторного возбуждения дуги. Кроме того, экстремальное регулирование процесса не отрабатывает мгновенные возмущения в течении одного микроцикла. Все это не позволяет получить периодический процесс, из-за случайного, вероятного характера перехода электродного металла в сварочную ванну.

1.1.2 Системы регулирования по средним показателям процесса

Эта группа систем базируется на способах регулирования процесса дуговой сварки, в которых производят поддержание среднего дугового напряжения [4], либо среднего рабочего к среднему дуговому в определенных пределах [5]:

$$U_d = \frac{U_{xx}}{2}, \quad (1)$$

$$\frac{t_d}{t_{\text{ц}}} = \frac{U_p}{U_d} 0,6 \div 0,7, \quad (2)$$

где U_d – среднее напряжение на дуге;

U_{xx} - напряжение холостого хода источника питания;

t_d - длительность дугового разряда;

$t_{\text{ц}}$ -длительность цикла изменения тока и напряжения процесса сварки;

U_p - среднее рабочее напряжение.

Авторы этих способов считают, что процесс протекает устойчиво с небольшими отклонениями и минимальным разбрызгиванием (4-6 %).

Недостатками данных способов и устройств является отсутствие возможности обеспечения или идентичных условий для расплавления и переноса каждой капли электродного металла, а также отсутствие возможности учитывать состояния дугового промежутка в момент повторного возбуждения дуги. Кроме того, регулирование процесса сварки по его средним показателям не эффективно при воздействии постоянных возмущений (например, колебаний сетевого напряжения, изменения скорости подачи электродной проволоки и т.д.) и не обрабатывает мгновенных возмущений в течении одного цикла. Все это не позволяет получить периодический процесс, из-за случайного, вероятного характера перехода электродного металла в сварочную ванну.

1.1.3 Системы с токоограничивающим устройством

Установлено, что чем меньше амплитудное значение тока короткого замыкания $I_{кз}$ тем меньше разбрызгивание металла. При сварке в нижнем положении минимальная амплитуда $I_{кз}$ ограничивается только условием устойчивости процесса [6].

В настоящее время известно много способов ограничения пикового значения тока короткого замыкания, при котором происходит разрушение перемычки. В основном эти способы реализуются за счет включения дросселя или активного сопротивления в сварочную цепь.

При включении дросселя в сварочную цепь, ток короткого замыкания $I_{кз}$ нарастает к своему пиковому значению по экспоненте, рис. 2. При этом с увеличением индуктивного сопротивления дросселя пиковое значение $I_{кз}$ и частота коротких замыканий уменьшаются, что способствует уменьшению разбрызгивания электродного металла. Кроме того, наличие сглаживающего дросселя в сварочной цепи, повышает эластичность дуги и устойчивость ее горения на интервале плавления электрода.

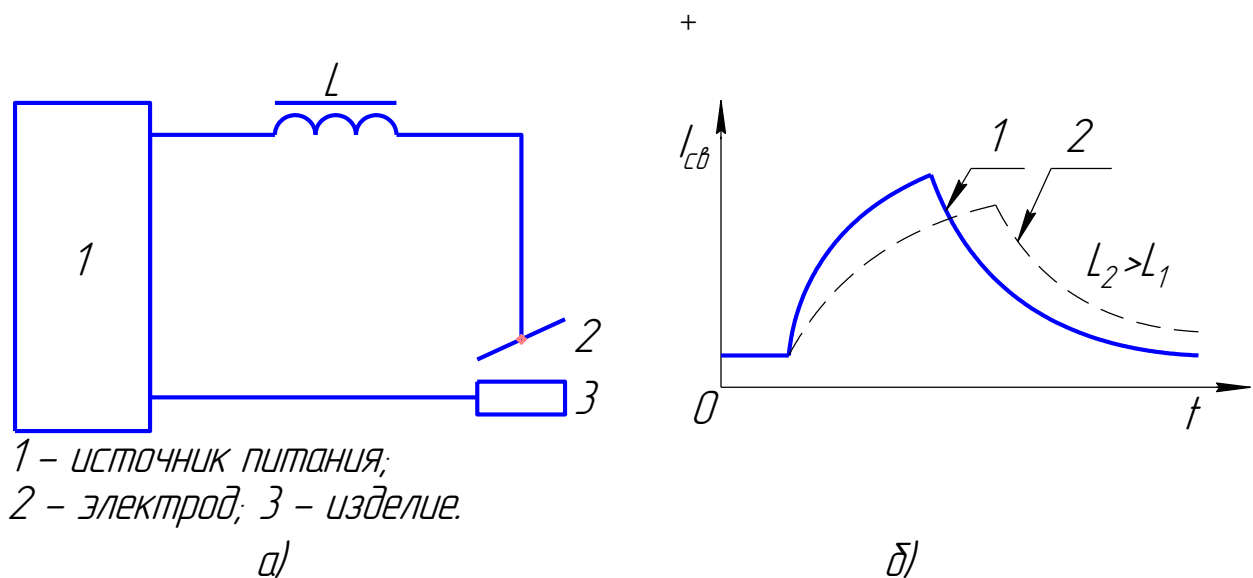


Рисунок 2 - Ограничение тока короткого замыкания индуктивным сопротивлением сварочной цепи (сварочным дросселем): а - принципиальная электрическая схема сварочной цепи; б - эпюра сварочного тока

При включении резистора в сварочную цепь, ток короткого замыкания $I_{кз}$ достигает своего пикового и установившегося значения в первый момент и остается неизменным до его окончания, рис. 3. В момент окончания короткого замыкания ток быстро снижается до величины тока горения. Такое быстрое снижение тока способствует уменьшению газодинамического удара на сварочную ванну и благоприятно сказывается на уменьшении разбрызгивания электродного металла [5]. По оценке автора этой работы Зарубы И.И. оба способа ограничения пикового значения тока короткого замыкания равноценны, так как каждый из них имеет предпочтительные области применения.

В данном способе электродуговой сварки амплитуда тока короткого замыкания может регулироваться изменением индуктивности дросселя.

Однако устройство не обеспечивает управление формой тока в переходном режиме и не стабилизирует амплитуду тока короткого замыкания на заданном уровне независимо от длительности короткого замыкания.

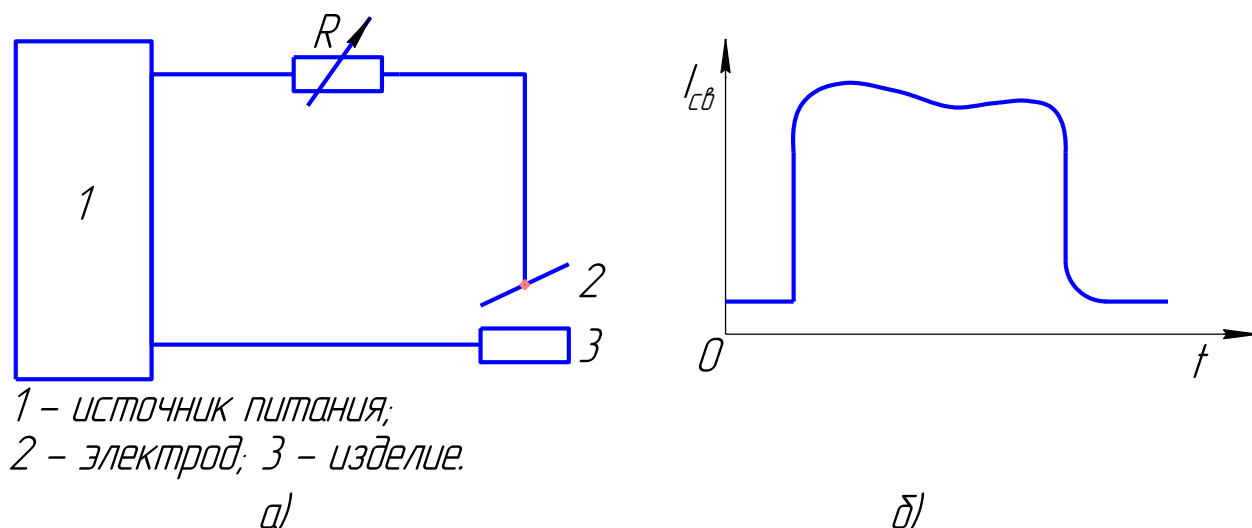


Рисунок 3 - Ограничение тока короткого замыкания активным сопротивлением сварочной цепи (балластным реостатом): а - принципиальная электрическая схема сварочной цепи; б - эпюра сварочного тока

1.1.4 Система с управлением отдельными фазами микроцикла

Уменьшение разбрызгивания электродного металла можно достичь путем ограничения тока короткого замыкания в отдельных его фазах и на стадии повторного возбуждения дуги.

При анализе данного направления следует отметить, что имеется две гипотезы о причинах разбрызгивания электродного металла. С одной стороны отмечается, что сварочная ванна в момент повторного возбуждения дуги испытывает сильный удар [7,8,9,10]. При этом еще не разрушившаяся перемычка шунтируется дугой и разбрызгивание электродного металла происходит за счет силового воздействия дуги в момент ее повторного возбуждения [8].

С другой стороны, причиной разбрызгивания является взрыв перемычки [11,12,13], вызываемый прохождением по ним тока и нагревом джоулевым теплом, в момент действия, которых перемычка перегревается с последующим взрывообразным испарением. По времени взрыв предшествует последующему силовому действию дуги.

Между сторонниками отмеченных гипотез на протяжении длительного времени идет полемика о значимости и достоверности каждой из них. При этом

авторы отмеченных выше работ едины во мнении о необходимости кратковременного уменьшения тока в конце короткого замыкания.

Во всех указанных способах сварки разрушение перемычки происходит при небольшом значении тока паузы, что обеспечивает уменьшение разбрызгивания электродного металла в момент повторного возбуждения дуги.

Более полное устранение взрывных процессов при разрушении перемычки жидкого металла достигают дополнительным использованием механических и инерционных сил.

В процессе сварки наряду с разбрызгиванием в момент повторного возбуждения дуги имеет место разбрызгивание в начальной стадии короткого замыкания за счет большой скорости нарастания тока короткого замыкания и пространственного положения капли электродного металла и сварочной ванны перед коротким замыканием.

Причем не каждое соприкосновение капли, образовавшейся на торце электрода, с поверхностью сварочной ванны приводит к переносу металла. Это объясняется действием пинч-эффекта, способствующего разрыву образовавшейся перемычки между каплей и ванной. Силы поверхностного натяжения, наоборот, стремятся расширить перемычку.

Указанные способы сварки позволяют стабилизировать процессы каплеобразования и переноса электродного металла в сварочную ванну. Однако при практической реализации этих способов не удастся полностью устранить основные недостатки процесса, так как расплавление и перенос электродного металла не осуществляются при строго повторяющихся микроциклах, что является непременным условием стабильности процесса сварки [14].

1.1.5 Системы с управлением периодом каплеобразования

Отличительными чертами систем этой группы являются:

- а) обеспечение дозирования энергии, потребляемой на плавление каждой переносимой капли электродного металла;
- б) создание условий для принудительного переноса электродного металла в сварочную ванну;

в) обеспечение ступенчатого уменьшения тока короткого замыкания на интервале разрушения жидкой перемычки между электродом и сварочной ванной и в момент повторного возбуждения дуги.

Такое протекание процесса возможно только при условии непрерывного контроля за состоянием дугового промежутка в течение всего сварочного микроцикла (с использованием обратных связей) по мгновенным значениям технологических параметров сварки.

Эти способы сварки кроме общепринятых показателей характеризуются дополнительными параметрами, а именно: $t_{ц}$ - периодом повторения микроциклов; τ_1 - паузой в протекании сварочного тока к моменту разрыва перемычки; τ_2 - длительностью импульса тока (плавления электрода); τ_3 - паузой в протекании сварочного тока перед коротким замыканием; $I_{кз}$ - пиковым значением тока короткого замыкания; $I_{п}$ - током паузы.

На рис. 4 [15] изображена блок-схема типичного представителя устройств этой группы систем.

Устройство работает следующим образом.

В процессе сварки, по началу короткого замыкания, датчик начала и конца коротких замыканий 5 выдает импульс на включение тиристорного ключа с принудительной коммутацией 4 (фаза а, рис. 5а). При этом в сварочной цепи протекает ток короткого замыкания.

В момент разрыва перемычки между каплей и ванной (фаза б, рис. 5а). датчик 5 выдает импульсы на выключение тиристорного ключа 4 и на запуск линии задержки 6, которая определяет длительность паузы в протекании сварочного тока после окончания короткого замыкания. Снижение тока от своего максимального значения до минимального определяется величиной активного сопротивления R и выбирается из условия возможности горения дуги в течении паузы. После окончания работы линии задержки 6 с выходных каналов ее снимаются импульсы, поступающие на включение тиристорного ключа 4 и на запуск линии задержки 7 (фаза с, рис. 1.13а), которая определяет длительность

времени, дозирующего энергию, идущую на расплавление электродного металла.

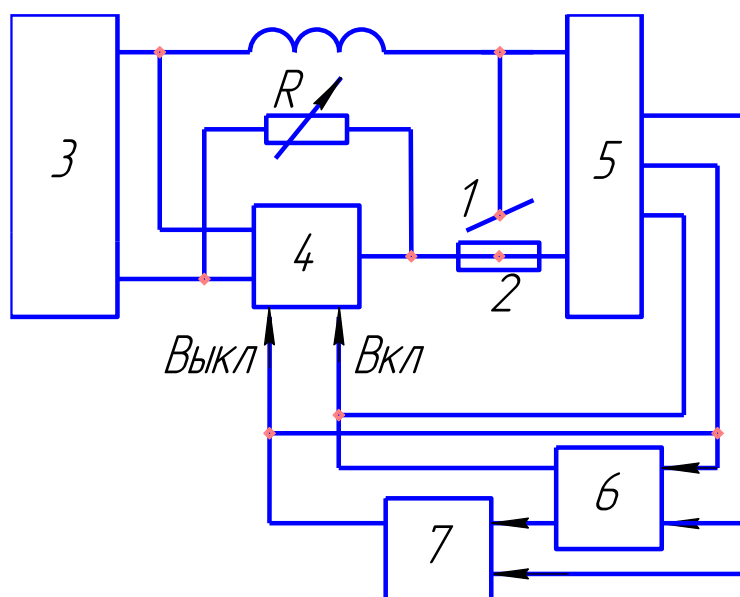


Рисунок 4 – Блок схема устройства

где: 1-сварочная головка; 2 - изделие; 3 - источник питания; 4 - тиристорный ключ с принудительной коммутацией; 5 датчик начала и конца коротких замыканий; 6-линия задержки, определяющая длительность паузы в протекании сварочного тока после окончания короткого замыкания; 7 линия задержки, дозирующая энергию, идущую на расплавление электродного металла.

После окончания работы линия задержки 7 с выходного канала ее снимается импульс, поступающий на выключение тиристорного ключа 4 (фаза d, рис. 5a). При этом сварочный ток снижается до минимального и вследствие встречного движения электрода с расплавленной каплей, находящейся на его торце, и ванны, происходит принудительное короткое замыкание. Далее процесс повторяется.

В случае случайного короткого замыкания во время работы линии задержки 6 или 7 по третьему выходному каналу датчика 5 осуществляется возврат линии задержки 6 и 7 в исходное состояние, что значительно повышает устойчивость работы устройств подобного типа.

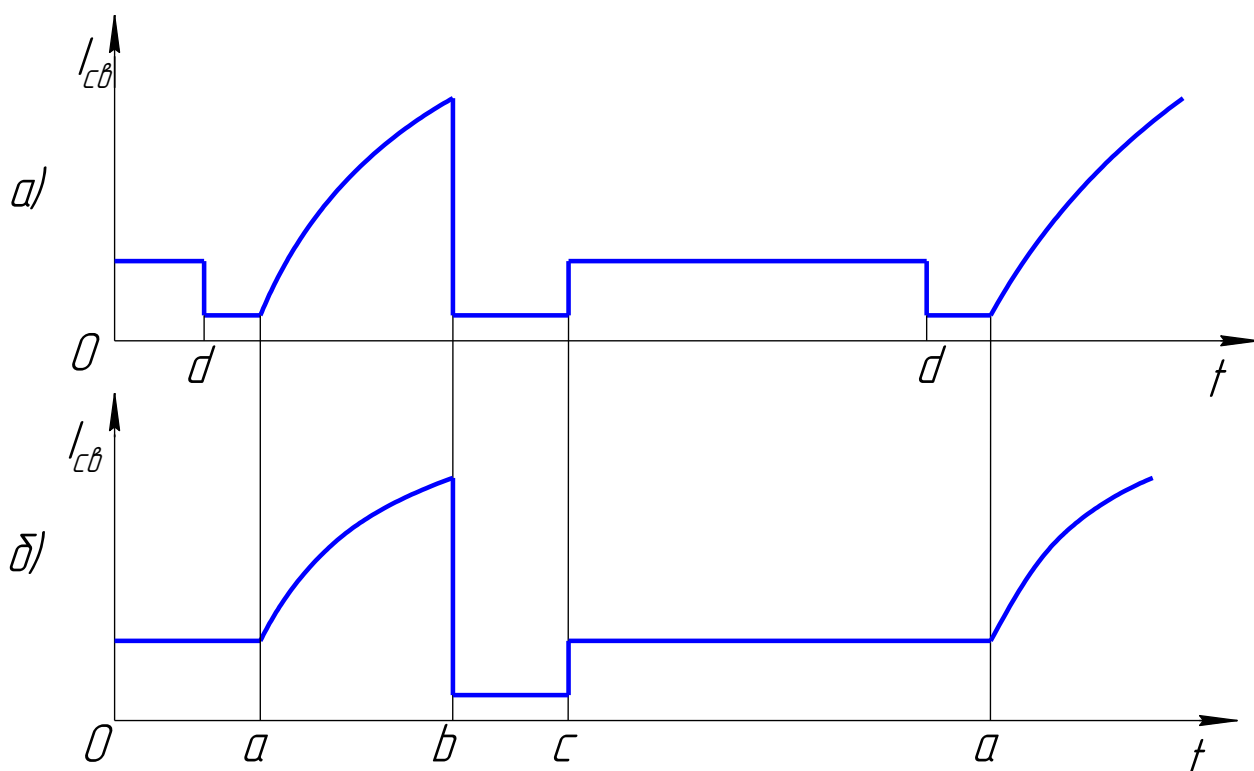


Рисунок 5 - Эпюры сварочного тока:

а- при сварке с использованием предлагаемого устройства; б- при сварке с использованием устройства только ограничивающего ток при разрыве перемычки.

Поскольку процесс коротких замыканий носит случайный характер (зависит от положения капли на торце электрода к моменту начала короткого замыкания, от объема расплавленного металла и т.д.), то их длительность будет различна, поэтому длина дуги в момент повторного возбуждения дуги будет различной, при этом на торце электрода будет оставаться разное количество расплавленного электродного металла. Следовательно, начальные условия дозирования энергии, идущей на расплавление электродного металла будут также различны, а это приводит к расплавлению разного количества электродного металла, а значит и к неодинаковому расположению капли расплавленного металла перед коротким замыканием. Все это приводит к повышению нестабильности процесса и увеличению разбрызгивания из-за случайных коротких замыканий. Может иметь место такой момент, когда короткое замыкание наступит на интервале дозирования. При этом будет иметь

место повышенное разбрызгивание электродного металла в первой фазе короткого замыкания. Поэтому при параметрическом дозировании энергии, идущей на расплавление электродного металла, необходимо учитывать состояние дугового промежутка в момент повторного возбуждения дуги и начинать дозирование необходимо при постоянных начальных условиях (например, постоянной длине дуги). При этом условия дозирования энергии на расплавление, будут почти постоянны, следовательно, отклонение длительностей коротких замыканий от своих средних величин будут минимальные.

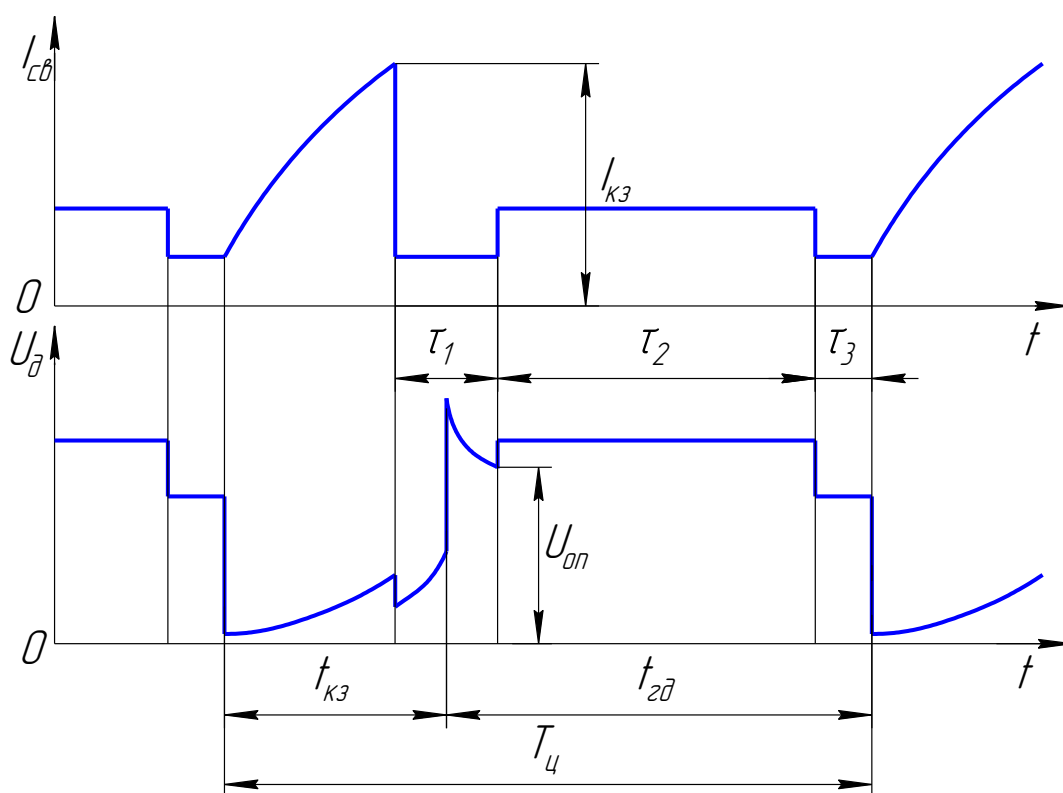


Рисунок 6 - Эпюры тока и напряжения дугового напряжения.

$t_{гд}$ -продолжительность горения дуги; $t_{кз}$ -продолжительность короткого замыкания; $U_{оп}$ -опорное напряжение.

В способе сварки [16] постоянные начальные условия дозирования достигаются тем, что повышение тока и дозирование энергии начинают в момент достижения на дуге заданной величины опорного напряжения после его повторного возбуждения (рис. 6).

Структурная схема устройства [17] для осуществления этого способа приведена на рис. 7.

Поставленная цель, повышения качества сварки и уменьшение разбрызгивания путем создания одинаковых начальных условий в момент начала дозирования энергии идущей на расплавление электродного металла, достигается тем, что предложенное устройство дополнительно снабжено блоком задания напряжения сварки и блоком сравнения заданного напряжения сварки и действительного его значения.

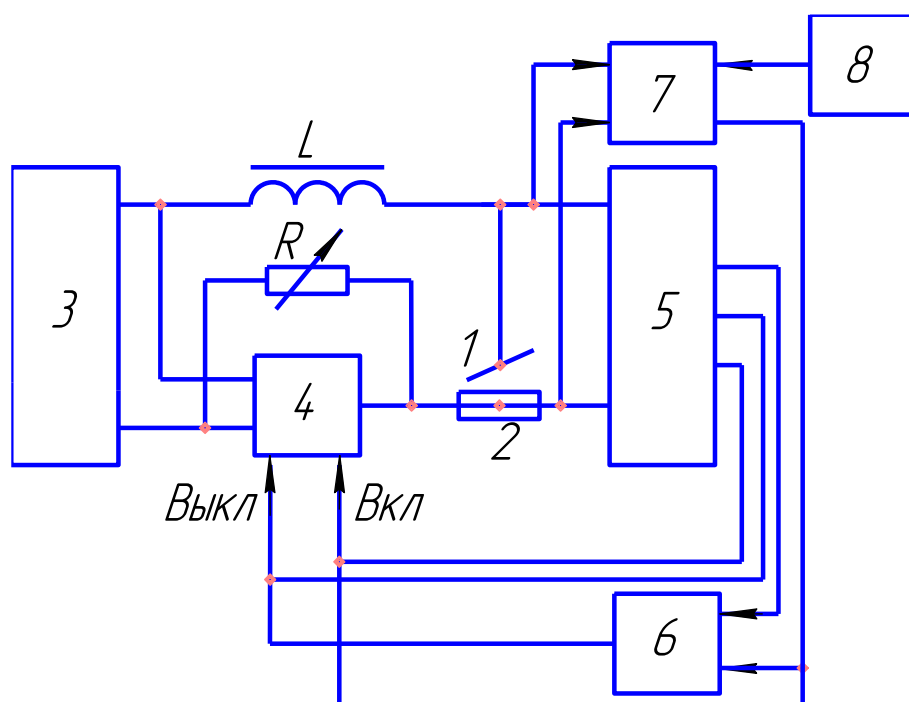


Рисунок 7 - блок - схема устройства.

1-сварочная головка; 2-изделие; 3-источник тока; 4-тиристорный ключ с принудительной коммутацией; 5-датчик непрерывного контроля размеров перемычки; 6 - линия задержки, дозирующая энергию, идущую на расплавление электродного металла; 7 - блок сравнения; 8-блок задания напряжения сварки

Более полно исключить случайные короткие замыкания, тем самым повысить качество сварки и уменьшить разбрызгивание удастся достичь за счет автоматического регулирования длительности импульса горения дуги в зависимости от интегрирующей во времени паузы величины напряжения на дуге.

Таким образом, за счет полного отказа от параметрического дозирования энергии.

Основными достоинствами этой группы систем является возможность дозировать энергию, идущую на расплавление электродного металла, а так же возможность осуществлять последующие принудительные короткие замыкания, что позволяет стабилизировать процесс сварки на стадии микроцикла (периода каплеобразования). За счет исключения случайных коротких замыканий снижается уровень разбрызгивания и составляет 1 - 2%.

1.1.6 Импульсная подача электрода

Используя совершенные системы подачи можно существенно снизить потери электродного металла, расширить диапазон толщин свариваемого или наплавляемого металла, изменить форму сварного соединения, валика наплавленного металла и другое. Такие системы должны содержать управляемый механизм, сообщаящей проволоке импульсный характер движения, и гибкий направляющий канал, характеристики которого обеспечивают минимальные искажения параметров генерируемых импульсов.

Шаг во многом определяет влияние импульсной подачи как на устойчивость процессов сварки и наплавки, так и прохождение импульсов по длинному направляющему каналу.

Диапазон изменения шага подачи механизма, конкретного полуавтомата должен быть ограничен по двум причинам: упрощение конструкции механизма и оптимизация влияния импульсной подачи на дуговой процесс. Максимальное значение шага подачи обуславливает устойчивость процессов сварки и наплавки. При его превышении происходит нарушение стабильности процесса, т.е. обрыв дуги. Именно устойчивость процессов сварки и наплавки является основным показателем технологической пригодности системы подачи электродной проволоки для дуговых механизированных процессов.

Сущность процесса сварки с импульсной подачей проволоки заключается в использовании дополнительной силы, которая, будучи приложенной к капле, изменяет характер переноса металла аналогично импульсу электродинамической

силы при импульсно-дуговой сварке. Такой силой в данном случае является сила инерции, возникающая при ускоренном движении системы электрод-капля.

При сварке с импульсной подачи электродной проволоки частота коротких замыканий однозначно определяется частотой импульсной подачи f_n .

Диапазон допустимых изменений напряжения на дуге при заданном сварочном токе является одним из наиболее важных критериев оценки надежности процесса дуговой сварки. При этом верхний предел напряжения в основном ограничивается ростом разбрызгивания электродного металла, а нижний- ухудшением формирования швов.

При прочих равных условиях швы, выполненные с импульсной подачей электродной проволоки, на 20...30% шире сваренных с постоянной скоростью подачи электрода. При этом они имеют меньшую высоту выпуклости и более плавные переходы к основному металлу. Благодаря импульсной подаче электродной проволоки возможна качественная сварка металла малой толщины и упрощается техника выполнения швов, расположенных в различных пространственных положениях.

В зависимости от сварочного тока и напряжения на дуге, частоты и шага подачи электродной проволоки процесс сварки происходит с короткими замыканиями дугового промежутка или без них. При оптимальных режимах сварки частота коротких замыканий в 3 - 5 раз выше, чем при непрерывной подаче электродной проволоки, а потери металла на угар и разбрызгивание в 1,8 - 2 раза ниже.

Диапазон рабочих токов при дуговой сварке плавящимся электродом может быть значительно расширен путем изменения скорости подачи электродной проволоки, по программе обеспечивающей принудительный перенос расплавленного металла в ванну. Устойчивый управляемый процесс дуговой сварке в аргоне и смесях на его основе с программированной подачей электродной проволоки достигается при токах, в два-три раза меньше требуемых для начала струйного переноса при стационарном режиме.

Граничным условием устойчивости процесса дуговой сварки в углекислом газе с импульсной подачей электродной проволоки является условие равенства времени, когда ток дуги принимает нулевое значение и времени цикла процесса $t > t_u$.

При $t < t_u$ (t_u - время цикла) скорость подачи такова, что ток дуги достигает нулевого значения при формировании капли электродного металла в период горения дуги. Очевидно, что в этом случае происходит нарушение процесса горения дуги.

При $t = t_u$ скорость подачи такова, что в конце цикла выполняется условие нулевого значения тока дуги, т.е. происходит переход капли в ванну, затем разрыв перемычки и начинается процесс повторного возбуждения дуги и новый цикл t_u , состоящий из времени горения дуги (формирование капли электродного металла) и короткого замыкания.

Равенство циклов принудительного переноса электродного металла при реализации процесса с импульсной подачей электродной проволоки позволяет не учитывать форму капли и ее размеры. При полной идентичности циклов размеры капли в начале и конце каждого цикла переноса одинаковы.

1.1.7 Импульсная подача электрода, совмещенная с импульсом тока

Сущность этого способа заключается в том что совмещены во времени импульс подачи сварочной проволоки и импульс сварочного тока, причем питание дуги осуществляется от источника с жесткой внешней характеристикой, а импульсы сварочного тока подаваемые синхронно с импульсами подачи сварочной проволоки формируются в виде отрезков полусинусоиды на спадающей ее части от сварочного трансформатора. На рисунке 8 представлена эпюра формирования импульсов подачи электродной проволоки и импульсов сварочного тока [14].

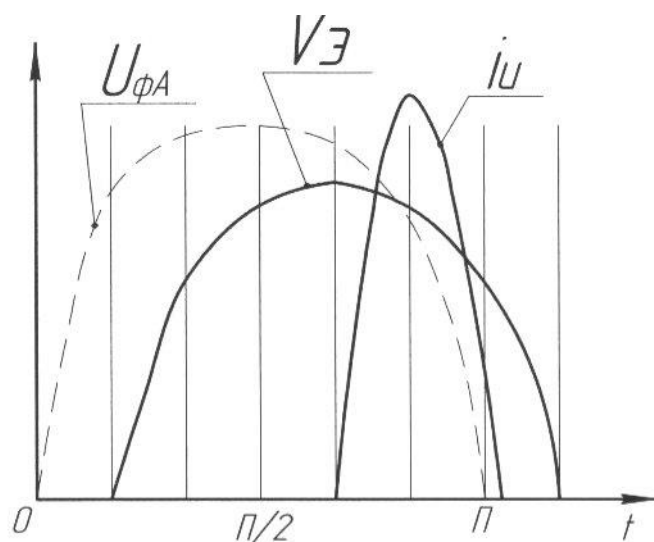


Рисунок 8 - Форма импульсов сварочного тока и импульсов подачи проволоки.

где: $VЗ$ - импульс подачи электродной проволоки, $I_ш$ - импульс сварочного тока, $U_{\phi A}$ - фаза питающего напряжения

Частота импульсов привязана к сети и равна 100 Гц. Длительность импульсов определяется углом открывания тиристоров полууправляемого мостового выпрямителя включенного между сварочным трансформатором и сварочной дугой. Налагаемые импульсы в зависимости от параметров импульсов тока и сдвига по фазе импульсов сварочного тока относительно начала полу периода питающего напряжения сети, от которого запитываются и электромагниты импульсной подачи, что обеспечивает переход капли в сварочную ванну, как во время короткого замыкания, так и без него. На рисунке 9 представлены осциллограммы фазы питающего напряжения и скорости подачи проволоки в отрицательный полупериод питающего напряжения.

Когда импульс подачи по фазе совпадает с импульсом от генератора достигается влияние на процесс переноса электродного металла в некоторой узкой зоне управления периодом горения дуги, когда длительность импульса составляет 4—6 мс. Следует отметить, что импульс подачи отстает по времени от импульса тока, его расширение, просто захватывает зону времени, в которой уже начинает проявляться действие импульса подачи. Процесс в данном случае устойчив, формирование валика сварного соединения удовлетворительное, однако потери электродного металла велики. Рассмотренный вариант

управления является недостаточно эффективным и затратным по мощности импульса управления, которая дополнительно расходуется на плавление [14].

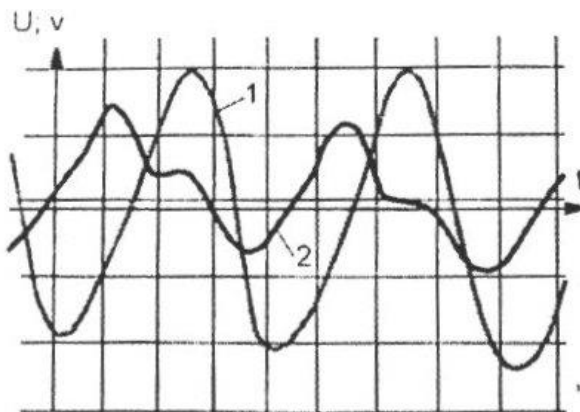


Рисунок 9 - Осциллограммы фазы питающего напряжения 1 и скорости подачи проволоки 2

Если время действия импульсов тока и время действия импульсов подачи не синхронизированы или существенно сдвинуты друг относительно друга, например, в рассматриваемой системе, когда генератор импульсов и импульсный механизм подачи получают питание от разных фаз трехфазной сети, процесс сварки неустойчив и формирование сварного соединения не происходит.

При комбинированном управлении, когда импульс тока следовал с некоторым отставанием от импульса подачи проволоки, отставание импульса тока должно быть таковым, чтобы его генерирование производилось во время t , определяемое следующим образом [14]:

$$t_{к.з.} \geq t \geq \frac{T}{2} \quad (3)$$

где: t — время, отсчитываемое от начала действия импульса подачи;

$t_{к.з.}$ — время возникновения короткого замыкания, также отсчитываемое от начала действия импульса подачи; T — период действия импульса подачи.

Недостатками способа является: ограниченные регулировочные возможности, так как возможны только два фиксированных значения частоты 50 и 100 Гц; расплавление капель электродного металла происходит при различных значениях базового тока в случае изменения средней скорости подачи сварочной; во время паузы плавление капли происходит при уменьшающемся

базовом токе и уменьшающемся анодном пятна, через которое тепловой поток дуги вводится в электрод, что приводит к перегреву капли, что отрицательно сказывается на качестве сварного соединения. Кроме того формирование импульсов в виде отрезков синусоид на ее спадающей части существенно снижает коэффициент мощности системы питания.

Заключение.

Анализ существующих методов и систем импульсного управления проведенный выше показал, что наиболее полно требования к процессу управления механизмом коротких замыканий отражены в способе с управлением всеми фазами периода каплеобразования, на основе которых могут быть сформулированы требования к системе и цель работы в следующем виде.

Цель работы: разработать систему импульсного управления механизмом коротких замыканий.

Задачи исследования:

- провести анализ существующих систем управления механизмом коротких замыканий;
- обосновать алгоритм управления механизмом коротких замыканий;
- разработать функциональную схему импульсной системы;
- разработать схемные решения узлов и блоков импульсной системы;
- произвести технологическую проверку.

2 Обоснование алгоритма управления механизмом коротких замыканий

2.1 Существующие методы управления механизмом коротких замыканий

Анализ процесса сварки в CO_2 показывает, что основной причиной недостатков является большая подверженность механизма коротких замыканий внешним возмущениям. Процесс переноса электродного металла при сварке короткой дугой осуществляется во время коротких замыканий (далее КЗ). Изучение механизма КЗ и возможность управления им является актуальной задачей, поскольку процесс сварки в CO_2 с КЗ является одним из массовых процессов сварки.

По современным представлениям механизм КЗ можно представить следующим образом. Основной причиной КЗ является то, что сварку ведут при длине дуги соизмеримой с размерами капли. Уменьшение длины дуги, приводящее к закорачиванию дугового промежутка, обуславливается следующими причинами:

- ростом размеров капли
- стремлением капли занять соосное положение с электродом
- подачей электрода
- встречным движением сварочной ванны перед коротким замыканием в процессе её колебаний под действием сил, возникающих при КЗ и разрыве перемычки.

Изучение осциллограмм тока и напряжения дугового промежутка показывает, что длительность КЗ и ток в момент его окончания различны при каждом КЗ, поэтому удлинение дугового промежутка при разрыве перемычки непостоянно для различных периодов каплеобразования, что порождает не периодичность каплеобразования и приводит к неодинаковым начальным условиям процесса каплеобразования. Это приводит к ухудшению формирования шва особенно в положениях отличных от нижнего и увеличивает разбрызгивание. Особо следует отметить значительную роль колебания сварочной ванны в механизме коротких замыканий. Сварочная ванна имеет предельную амплитуду и частоту собственных колебаний, которые не могут быть превышены т.к. это может привести к нарушению процесса. Это особенно опасно в положениях сварочной ванны отличных от нижнего.

Математически описать процесс и рассчитать момент начала короткого замыкания затруднительно, поэтому при исследовании процесса сварки в CO_2 с КЗ пользуются методами математической статистики.

Начальные условия, соответствующие моменту начала КЗ непостоянны (размеры каплей, их соосность с электродом, фазы колебания сварочной ванны, величина тока, длина дугового промежутка и др.). Это в свою очередь приводит к нестабильности параметров режима как во время КЗ так и во время расплавления капли, порождая в свою очередь нестабильность начальных условий. Вследствие этого для процесса сварки характерны:

- большая подверженность внешним возмущения и связанная с этим нестабильность процесса (периода каплеобразования)

- низкие регулировочные возможности т.к. процесс нормально протекает в узком диапазоне напряжений дугового промежутка

- повышенное разбрызгивание

- неоптимальная форма шва.

В литературе известны многие работы, направленные на устранение этих недостатков. Их можно разделить по принципу воздействия на процесс сварки:

- стабилизация средних значений параметров режима (U_d , I_d , f_k).

- воздействие на параметры режима на отдельных фазах периода каплеобразования.

- стабилизация в целом периода каплеобразования и одновременно отдельных этапов на основе импульсного питания.

Наиболее перспективным является последний вариант. Сущность процесса заключается в принудительном обеспечении коротких замыканий путем импульсного управления энергетическими параметрами сварочной дуги.

Устранения перечисленных недостатков и вообще совершенствования процесса сварки плавящимся электродом в защитной среде CO_2 признано создание методов и средств, обеспечивающих управление кинетикой плавления и переноса электродного металла в пределах периода каплеобразования по мгновенным значениям параметров режима.

Так в работе было предложено периодически вводить снижение тока для принудительного образования КЗ с целью перехода капли в сварочную ванну и

обеспечения почти периодического их перехода. В дальнейшем число алгоритмов управления переносом капель электродного металла значительно увеличилось. Разработано достаточно много методов управления механизмом коротких замыканий, как отдельными фазами каплеобразования, так и в целом периодом каплеобразования во всех фазах.

Для разработки моделей механизма коротких замыканий, алгоритмов управления ими и систем питания сварочной дуги для их реализации необходимо знать роль капли и сварочной ванны в сокращении дугового промежутка при резком снижении сварочного тока, обеспечивающим принудительное КЗ и переход капли в сварочную ванну. Однако в научно-технической литературе кроме, пожалуй, нет подробного анализа движения капли и ванны и их долевого участия в сокращении дугового промежутка и образовании КЗ при резком снижении сварочного тока. В некоторых работах приводятся результаты движения ванны при обычном процессе сварки в CO_2 с КЗ, но с управляемым механизмом КЗ такие данные отсутствуют. В то время как достоверная информация о данном процессе важна для изучения кинетики плавления и переноса электродного металла особенно в положениях отличных от нижнего.

Для этого рассмотрим процесс для которого кинограммы синхронные с осциллограммами тока и напряжения представлены на рис.10.

В таком процессе для перехода капли в сварочную ванну создаются принудительные КЗ путем снижения сварочного тока до значения в несколько десятков ампер. При этом резко снижаются силы действующие на каплю и сварочную ванну. Металл сварочной ванны по поверхности фронта кристаллизации, частично кристаллизуясь, по существу под собственным весом начинает возвращаться под электрод. Капля, отжатая действием сил стремится занять соосное положение с электродом. В результате встречных движений капли и сварочной ванны контакт их происходит с первого касания, так как сварочный ток незначителен. Происходит образование устойчивой перемычки между непрерывно подаваемым электродом и сварочной ванной.

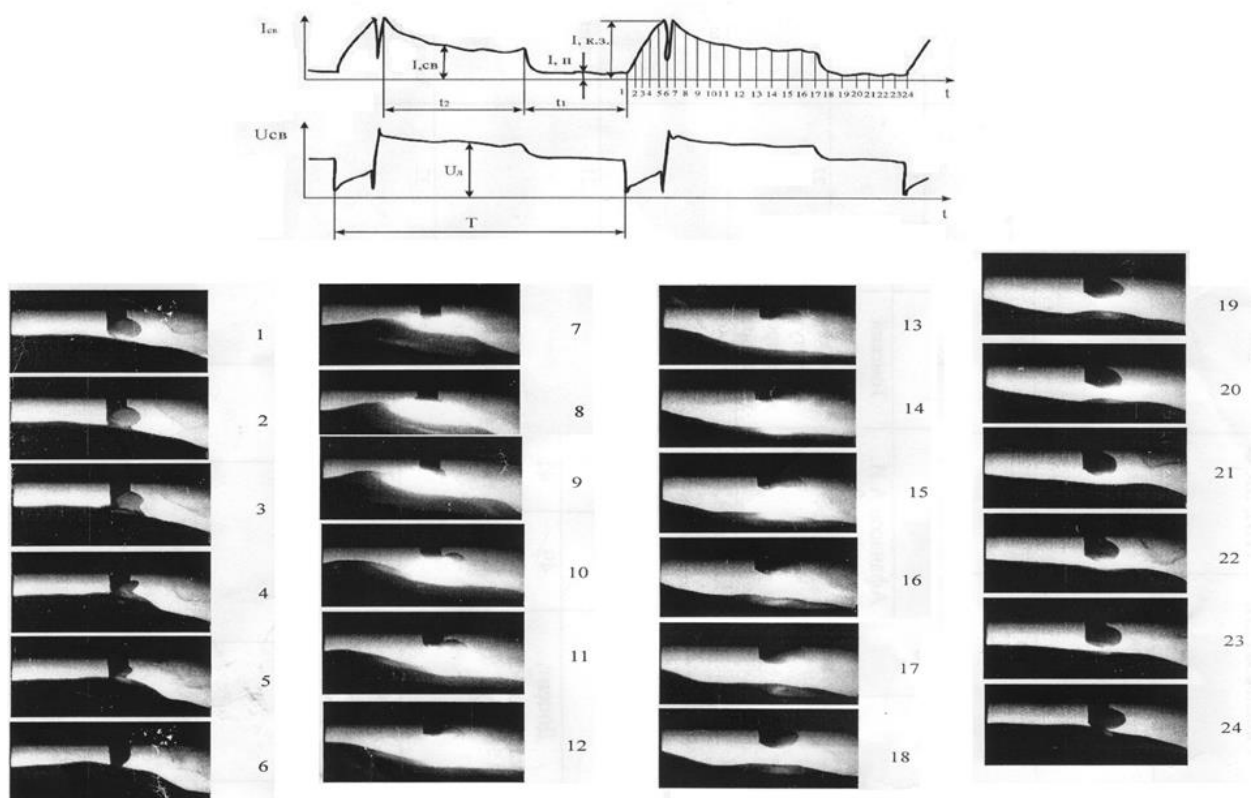


Рисунок 10 - Осциллограммы тока и напряжения сварочного цикла с управляемым механизмом КЗ синхронно с кинодрамами. ($U_{xx}=37$ В, $U_d=26-26.5$ В, $I_{св}=155-165$ А, $V_{св}=15$ м/час, $L_B=11$ мм.)

Капля электродного металла перетекает в сварочную ванну под действием комплекса сил. Образуется перемычка на время разрыва которой ток резко снижается до дежурного порядка (15-30) ампер.

С момента разрыва перемычки и возбуждения дуги в момент времени t_7 дозируется энергия, идущая на расплавление капли (вариант дозирования по времени расплавления). После расплавления капли заданных размеров в момент времени t_{17} сварочный ток снижается до величины нескольких десятков ампер, обеспечивая тем самым принудительное короткое замыкание. На интервале t_7-t_{17} происходит уменьшение длины дугового промежутка до его закорачивания за счет подачи проволоки, встречного движения сварочной ванны и движения расплавленной капли к положению соосному с электродом.

Т.к. на этом интервале давление дуги незначительно из-за небольшой величины тока, то роль движения сварочной ванны (также как и капли) значительно возрастает по сравнению с обычным процессом.

В момент времени t_{24} (как и в момент времени t_1) происходит очередное КЗ и т.к. к этому моменту начальные условия практически одинаковы для каждого процесса каплеобразования, поскольку на интервале t_7 - t_{17} энергетические параметры неизменны, то кривая тока КЗ будет практически одинакова для каждого КЗ, также как и длительность КЗ.

Таким образом кинетика процессов каплеобразования оказывается втянутой в синхронизм с изменением энергетических параметров. Совокупность описанных выше действий обеспечивает одинаковые начальные условия в момент начала КЗ. и почти периодический процесс.

Такой процесс, как и обычный характеризуется средними значениями тока и напряжения дугового промежутка и контролируется стрелочными приборами. При сварке необходимо устанавливать следующие параметры:

U_{xx} – напряжение холостого хода (В); $V_{под}$ – скорость подачи электрода (м/ч); $V_{св}$ – скорость сварки (м/ч); L_b – вылет электрода (мм); $t_{гор}$ – время горения дуги на расплавление капли (мсек); $I_{д.д.}$ – ток дежурной дуги (А); α – угол наклона электрода ($^{\circ}$);

При этом будут производными следующими параметры:

$I_{ср}$ – среднее значение тока, $U_{д.ср}$ – среднее значение напряжения дуги, I_{max} – максимальное значение тока короткого замыкания, I_{min} – минимальное значение тока горения дуги, $U_{гор.max}$ – максимальное значение напряжения горения дуги, $U_{гор.min}$ – минимальное значение напряжения горения дуги, $I_{гор.ср}$ – среднее значение тока за цикл сварки (период каплепереноса), $U_{гор.ср}$ – среднее значение напряжения дуги за цикл сварки (период каплепереноса), $t_{кз}$ – длительность короткого замыкания, t_p – длительность паузы перед КЗ, b – ширина шва, g – высота усиления шва, h – глубина проплавления.

Настройка режима при всех прочих равных условиях должна производиться в первую очередь за счет двух параметров режима U_{xx} и $t_{гор}$. Особенностью процесса сварки с управлением механизмом коротких замыканий является повышенное напряжение холостого хода по сравнению с обычным процессом, что позволяет в достаточно широких пределах регулировать ширину шва. Пауза в протекании тока перед КЗ обуславливает увеличение тока на интервале горения дуги, что повышает интенсивность саморегулирования и воздействие на основной металл, усиливает колебания ванны и способствует некоторому отставанию сварочной ванны от электрода. Поскольку в момент

начала КЗ ток значительно меньше, чем при обычном процессе, то можно допустить большие скорости нарастания тока КЗ.

Данный метод заимствован и переработан предприятием Линкольн Электрик и под аббревиатурой STT применяется в различных отраслях производства. Предприятие выбрало приоритетным направлением исследовательской деятельности и практических разработок в области полуавтоматической сварки. [15]

Сварочный процесс получил аббревиатуру STT («Surface Tension Transfer» - перенос за счет сил поверхностного натяжения).

На рисунке 11 представлены диаграммы кривых тока и напряжения, характерные для источника реализующего STT [20]. Каждое замыкание проволоки в сварочную ванну - цикл переноса - разбито на несколько характерных этапов:

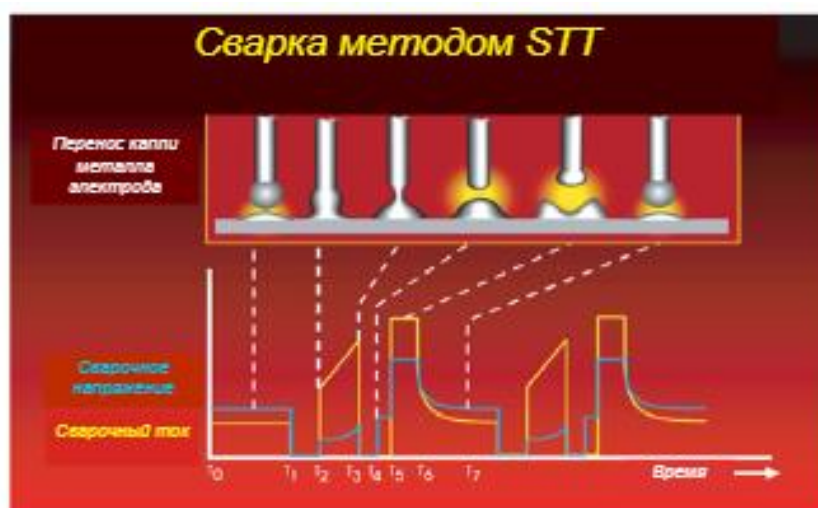


Рисунок 11 - Формы кривых сварочного тока и напряжения при полуавтоматической сварке STT

Стадия подготовки капли T0-T1. На данной стадии действует базовый ток 50 – 100 А. Форма капли приближается к сферической за счет сил поверхностного натяжения, создавая благоприятные условия для перехода в сварочную ванну. Контроль и управление базовым током обеспечивает дугу энергией достаточной для преодоления потерь на излучение и поддержания объема расплавленного металла.

Начальный период короткого замыкания T1-T2. На пониженном токе происходит слипание сварочной капли и сварочной ванны, образуется пятно контакта. Ток понижается, чтобы предотвратить процесс разбрызгивания в следствии резкого отрыва сварочной капли при сварочном токе выше базового. С помощью датчика контура обратной связи в момент времени T1 подается сигнал микропроцессору сигнал о том что произошло короткое замыкания и на временной интервал до 0,75 мсек. понижается ток до 10 А. В этот момент происходит встраивание сварочной капли в сварочную ванну [20].

По окончанию начального периода K3 (0,75 мс, момент T2) микропроцессор увеличивает величину сварочного тока. На этапе T2-T3 происходит стремительный рост электромагнитных сил осесимметричного обжатия жидкой перемычки и образование на ней шейки. Величина, до которого источник повышает ток на первой стадии, зависит от диаметра сварочной проволоки (повышается с увеличением диаметра). В момент короткого замыкания напряжение между сварочной ванной и электродной проволокой и не равно нулю, так как при температуре плавления (1550 C°) металл имеет высокое электрическое сопротивление. Появление шейки связано с ростом электрического сопротивления этого участка проводника за счет уменьшением поперечного сечения перемычки. На этом этапе начинает действовать контур обратной связи, передающий микропроцессору информацию о сварочном напряжении. Скорость изменения сопротивления рассчитывается косвенно, методом последовательных замеров изменения напряжения в единицу времени. Когда скорость изменения сопротивления достигает определенной величины, источник принимает от датчика напряжения дуги сигнал, сообщающий о том, что шейка готова к разрушению момент T3. В тот же момент источник заканчивает плавное наращивание тока и резко уменьшает его до величины 5 А.

Переход капли момент T4. Протекает без разбрызгивания, в отличии от традиционного полуавтомата с жесткой внешней вольтамперной

характеристикой. Силы поверхностного натяжения уже соединённых капли и ванны втягивают каплю вглубь, формируя сварочный шов.

Увеличение капли Т5-Т6. На всём этом этапе действует, максимальный уровень сварочного тока, настраиваемый сварщиком. После отделения капли от электродной проволоки дуговой промежуток восстанавливается и резко повышается напряжение. Для продолжения процесса необходимо сформировать новую каплю на торце электрода. Для этого на источник питания, поступает сигнал о восстановлении дуги, при этом почти мгновенно повышает ток до максимального уровня и увеличивает плазменный столб. Максимальная величина тока задает скорость нарастания плазмы и увеличения дугового промежутка. На торце электрода нарастает расплавленная капля. В тоже время усиливается давление дуги на сварочную ванну, порождая ее сжатие и увеличивая удлинение дуги. Утончение жидкой прослойки под дугой приводит к возрастанию глубины проплавления. Оптимальное время действия максимального тока программируется процессором в диапазоне 1 - 2 миллисекунд. Если максимальный ток будет действовать в течение более длительного периода может привести к значительному увеличению разбрызгивания из-за большого объема, расплавленного металла образуемой капли. Максимальный ток влияет на длину дуги и обеспечивает нужную величину проплавления. Уровень максимального тока довольно высок - обычно порядка 350 - 400 А. На таком токе обычный полуавтомат мог бы вести сварку проволокой диаметром 1,2 мм на скоростях сварки порядка 5 м/мин. Но в случае СТТ такой уровень тока действует только после отделения капли и ее перехода в ванну, что значительно повышает качество сварного шва.

Переход на базовый ток на этапе Т6-Т7. По окончании действия максимального тока, когда образована капля необходимого объема, источник экспоненциально уменьшает величину тока до базового уровня. Быстрое уменьшение тока в данном случае недопустимо, так как мгновенный сброс действия дуги может привести к возникновению возмущений. Также,

замедление падения тока приводит к увеличению общего тепловложения в сварочную ванну без изменения длины дуги, что важно при сварке высоколегированных и нержавеющей сталей. Увеличение тепловложения способствует улучшению сплавления с основным металлом и позволяет увеличить скорость сварки. С переключением тока на базовый уровень вновь созданная капля начинает приобретать сферическую форму и цикл переноса повторяется.

Существенным недостатком описанных процессов является возможность существования длинной утончающейся перемычки между каплей и электродом, приводящее к ложному срабатыванию системы на размыкание дугового промежутка, взрыву перемычки и нарушению процесса сварки, так как падение напряжения достаточно для одновременного возникновения дуги и система реагирует на дугу как на разрыв перемычки, что приводит к взрыву перемычки и увеличению разбрызгивания.

Приоритетным направлением дальнейшего развития данной технологии считается устранение зависимости всего процесса сварки от датчика улавливающего момент разрыва перемычки.

2.2 Разработка требований к процессу

Для создания системы управления исключаящей рассмотренный выше недостаток сформулированы необходимые требования.

Анализ существующих систем для управления механизмом коротких замыканий позволяет сформировать требования к циклограмме сварочного тока и напряжения, которые заключаются в следующем:

а) в первый момент короткого замыкания, когда площадь соприкосновения капли с ванной меньше сечения ее шейки и электродинамическая сила имеет отрицательный знак (направлена от сварочной

ванны), необходимо ограничить ток до минимального значения, обеспечивающего непрерывность горения дуги (дежурный ток);

б) в момент, когда площадь соприкосновения капли и ванны становится равной сечению электрода, необходимо обеспечить включение импульса сварочного тока. При этом осевая составляющая электродинамической силы направлена от электрода к изделию и способствует переходу электродного металла в сварочную ванну;

в) импульс тока должен заканчиваться до разрыва перемычки. При этом разрушение перемычки будет происходить при минимальной величине тока в сварочной цепи;

г) с момента повторного возбуждения дуги, необходимо увеличить сварочный ток и дозировать энергию, идущую на плавление электродного металла. Это необходимо для создания идентичных условий для расплавления каждой капли электродного металла;

д) после расплавления определенного количества электродного металла, необходимо уменьшить величину сварочного тока с тем, чтобы резко ограничить скорость плавления электрода и уменьшить силы отталкивания между каплей и ванной. Это обеспечивает короткое замыкание и создает тем самым идентичные условия для переноса электродного металла.

Вывод:

Выбранный алгоритм управления механизмом коротких замыканий, при котором для ускорения перехода капли в сварочную ванну во время короткого замыкания за счет наложения импульса сварочного тока, начинающегося с запозданием по отношению к началу короткого замыкания и заканчивающегося заведомо раньше окончания короткого замыкания, позволяет осуществить стабильный процесс без контроля разрыва перемычки между каплей и электродом без обратной связи.

Благодаря выбранному алгоритму повышается надежность работы системы, гарантированный переход капли при каждом коротком замыкании и упрощаются схемные решения.

3 Разработка функциональной схемы управления импульсной системы

3.1 Разработка циклограммы

В соответствии с требованиями к процессу разработан предлагаемый метод сварки с управлением КЗ плавящимся электродом в защитной среде CO_2 .

Способ электродуговой сварки с принудительными короткими замыканиями [32], с обеспечением сварочного тока перед короткими замыканиями, снижением тока на интервале разрыва перемычки и регулированием амплитуды тока коротких замыканий, отличающийся тем, что сварочный ток на интервале короткого замыкания оставляют минимальным до окончания короткого замыкания, но с запаздыванием относительно начала короткого замыкания подают дозированный импульс тока, причем окончание импульса происходит до момента разрыва перемычки, а дозирование энергии на расплавление капли осуществляют в функции времени с момента размыкания дугового промежутка.

Временные диаграммы такого алгоритма I и U дуги представлены на рисунке 12.

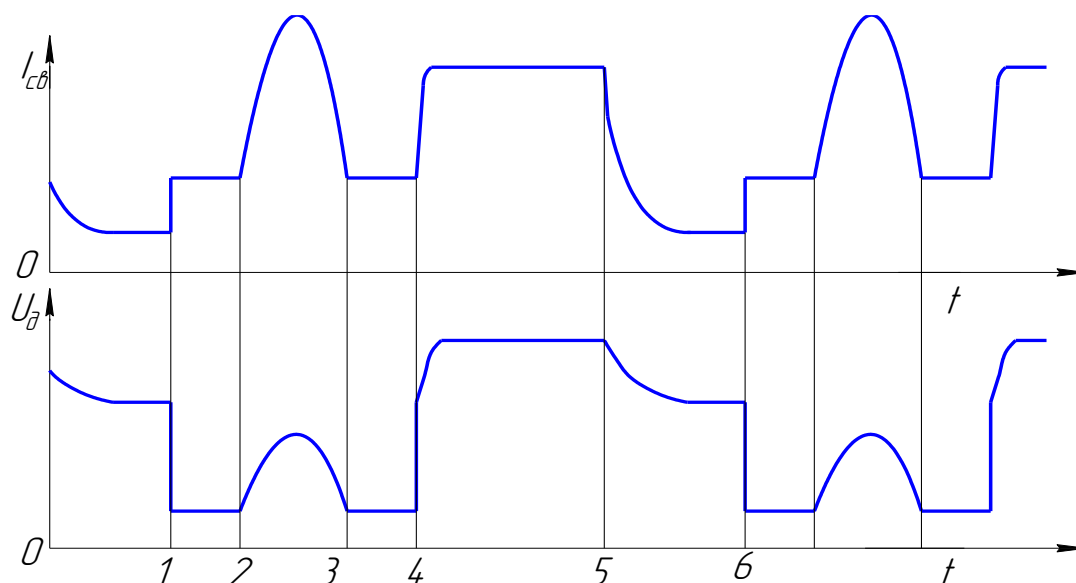


Рисунок 12 – временные диаграммы I и U дуги.

В момент времени 1 происходит короткое замыкание. На интервале 1-2 при токе равном дежурному (30-40 А) происходит слияние капли и ванны, и

увеличение площади контакта до величины равной площади сечения электрода. В момент 2 включается импульс сварочного тока, величина которого определяется диаметром электрода. Импульс тока создает импульс силы и придает ускорение движению кали в сторону ванны. На интервале времени 2-3 действует импульс, при котором происходит переход кали в сварочную ванну. В момент времени 3 импульс заканчивается до окончания короткого замыкания. На интервале 3-4 протекает дежурный ток, во время которого происходит разрыв перемычки между электродом и ванной. Поскольку дежурный ток имеет небольшую величину разрыв перемычки происходит без взрыва и разбрызгивания. После окончания короткого замыкания в момент времени 4 происходит включение сварочного тока на расплавления капли. В момент времени 5 сварочный ток снижается повторяется.

Вывод:

Выбранный алгоритм управления механизмом коротких замыканий, при котором для ускорения перехода капли в сварочную ванну во время короткого замыкания за счет наложения импульса сварочного тока, начинающегося с запозданием по отношению к началу короткого замыкания и заканчивающегося заведомо раньше окончания короткого замыкания, позволяет осуществить стабильный процесс без контроля разрыва перемычки между каплей и электродом без обратной связи.

Функциональная схема системы управления механизмом коротких замыканий

Импульсные системы позволяют наиболее полно устранить недостатки процесса сварки, т.к. они реализуют сконструированные методы сварки, в которых осуществляется строгое дозирование энергии плавления электрода и уменьшение сил отталкивания капли и ванны перед короткими замыканиями.

Импульсные системы, реализующие разработанные выше методы сварки, должны иметь следующие основные блоки [19,21,22,23,24,25,26,27,28];

- источники постоянного тока для питания сварочной цепи и элементов блоков системы (может применяться любой серийный, имеющий жесткую или

пологопадающую внешнюю характеристику, например, ЦСГ-500, ВС-300, ВС-500, ВС-600, ВДГ-301, ВДУ-302, ВДУ-504 и др.);

- токоограничивающие устройства (в данном случае может использоваться стандартный сварочный дроссель, встроенный в источник питания типа ВС-300, ВС-600, ВДГ-302, ВДУ-504 и др.);

- тиристорный ключ с принудительной коммутацией последовательного типа [29,30,31,32,33], работающий с обратными связями по мгновенным показателям процесса и обеспечивающий требуемую форму тока короткого замыкания;

- секционированный резистор, необходимый для протекания тока паузы на интервале выключенного состояния тиристорного ключа;

- схему управления тиристорным ключом, обеспечивающую управление по мгновенным показателям процесса. В общем случае схему управления ИС имеет: датчик непрерывного контроля размеров перемычки, линии задержки, определяющую паузу в протекании сварочного тока и дозирования энергии плавления электрода, блоки задания, сравнения, интегрирования и др., необходимые для удовлетворения алгоритма управления разработанных методов сварки.

Разработанная функциональная схема рассмотрена на рисунке 13.

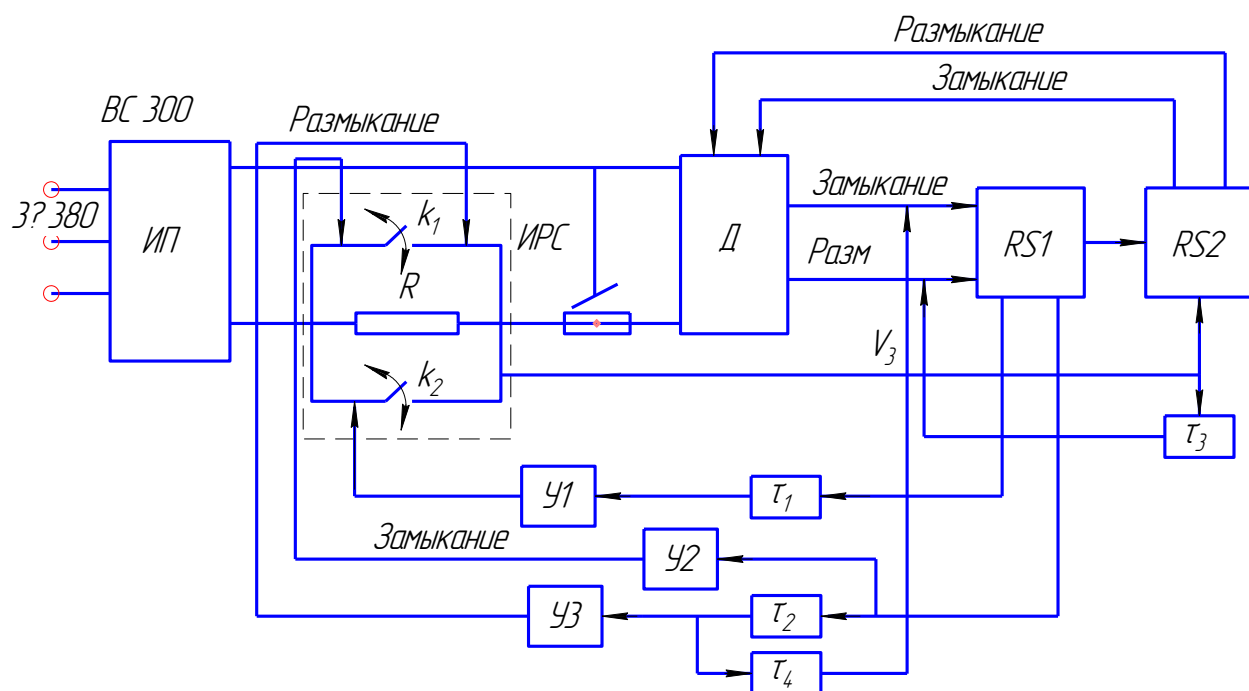


Рис. 13 функциональная схема управления импульсной системы.

где ИП – источник питания;

k_1, k_2 – тиристорные ключи;

R – секционированный резистор;

Д – датчик непрерывного контроля дугового напряжения;

RS_1, RS_2 – триггеры типа RS;

ИУ₁, ИУ₂, ИУ₃ – импульсные усилители;

τ_1 – таймер определяющий длительность задержки на включение импульса ускоряющего переход капли после начала короткого замыкания;

τ_2 – линия задержки, дозирующая энергию расплавление капли.

В момент начала короткого замыкания импульс с датчика Д поступает на один из входов триггера RS_1 . Триггер изменяет свое состояние на положение в котором с выхода триггера поступает сигнал на запуск таймера τ_1 и на один из входов триггера RS_2 . При этом таймер τ_1 отсчитывает время задержки на включение ключа k_2 через усилитель ИУ₁, а с одного из выходов RS_2 поступает сигнал на закорачивание входа датчика напряжения. После отсчета времени таймер τ_1 через усилитель ИУ₁ замыкает ключ k_2 и через дуговой промежуток протекает импульс сварочного тока ускоряющий переход капли.. В момент окончания импульса сигнал с ключа k_2 поступает на второй вход триггера RS_2 .

При этом сигнал со второго выхода триггера RS_2 поступает на размыкание входа датчика напряжения. Импульс, ускоряющий переход капли, заканчивается до окончания короткого замыкания. Через небольшое время происходит разрыв перемычки и на выходе датчика напряжения появляется сигнал фиксирующий размыкание дугового промежутка, который поступает на второй вход триггера RS_1 . Сигнал с выхода RS_1 запускает таймер τ_2 и усилитель ИУ₂, который включает ключ k_1 , вследствие чего через дуговой промежуток протекает ток расплавляющий каплю. После отчета времени на расплавление капли таймер τ_2 включает усилитель ИУ₃, сигнал с которого поступает на размыкание ключа k_1 , вследствие чего через дуговой промежуток начинает протекать только небольшой ток дежурной дуги. При этом вследствие практически прекращения расплавления электрода и встречных движений капли и ванны происходит короткое замыкание и цикл повторяется (рисунок 14).

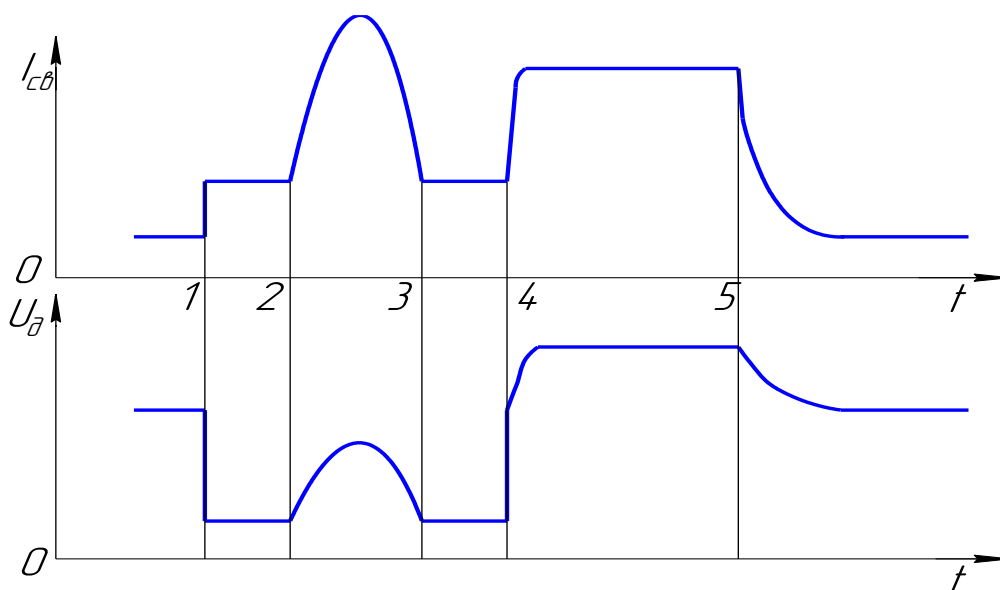


Рис. 14 временные диаграммы I и U дуги

Вывод:

Разработанная функциональная схема импульсной системы управления механизмом коротких замыканий с исполнительным устройством в виде импульсно-регулируемого сопротивления (ИРС), реализует разработанный алгоритм управления механизмом коротких замыканий с гарантированным переходом капли в сварочную ванну без взрыва перемычки между каплей и электродом.

4 Разработка принципиальной электрической схемы

Разработанная принципиальная электрическая схема (рисунок 15) состоит из следующих узлов: сварочный источник питания (ИП), силовая часть, датчик коротких замыканий, блок питания схемы управления, блок импульсных усилителей, схема управления. В схеме использованы следующие элементы:

R1-R29 – резистор.

VS1-VS4 – силовые тиристоры;

VT1-VT4 - транзистор

VS5– коммутирующий тиристор;

VD1-VD16 – диоды;

C1-C26 – конденсатор

τ_1 - τ_4 – таймер;

RS₁-RS₂ – триггер.

V1-V9 – оптодиод;

C_к – коммутирующий конденсатор;

L_к – коммутирующий дроссель;

L2 – зарядный дроссель;

R9 – балластный реостат;

В качестве силового выпрямителя используется стандартный сварочный выпрямитель ВС-300. Поскольку в использованном алгоритме управления механизмом коротких замыканий используется резонансная цепь C_к – L₂ и импульс сварочного тока начинается с величины дежурного тока, дроссель выпрямителя заменен на дроссель с меньшей индуктивностью, при этом длительность импульса сварочного тока определяется приблизительно полупериодом собственных колебаний резонансной цепи.

$$t_u = \pi \sqrt{L_2 \times C_k}, \quad (1)$$

При этом амплитуда импульса будет определяться выражением:

$$J_u = \frac{U_{xx} + U_{ck}}{\rho}, \quad (2)$$

Где U_{xx} (В) напряжение холостого хода силового источника питания

U_{ck} напряжение на коммутирующем конденсаторе C_k

ρ – волновое сопротивление резонансной цепи, которое определяется следующим выражением.

$$\rho = \sqrt{L_2 / C_k} \quad (3)$$

Подробное описание работы узлов и блоков принципиальной электрической схемы представлены в следующих разделах.

Вывод:

Разработанная принципиальная электрическая схема отличается простотой, надежностью и возможностью совмещения формирования импульсов переносящие каплю в сварочную ванну.

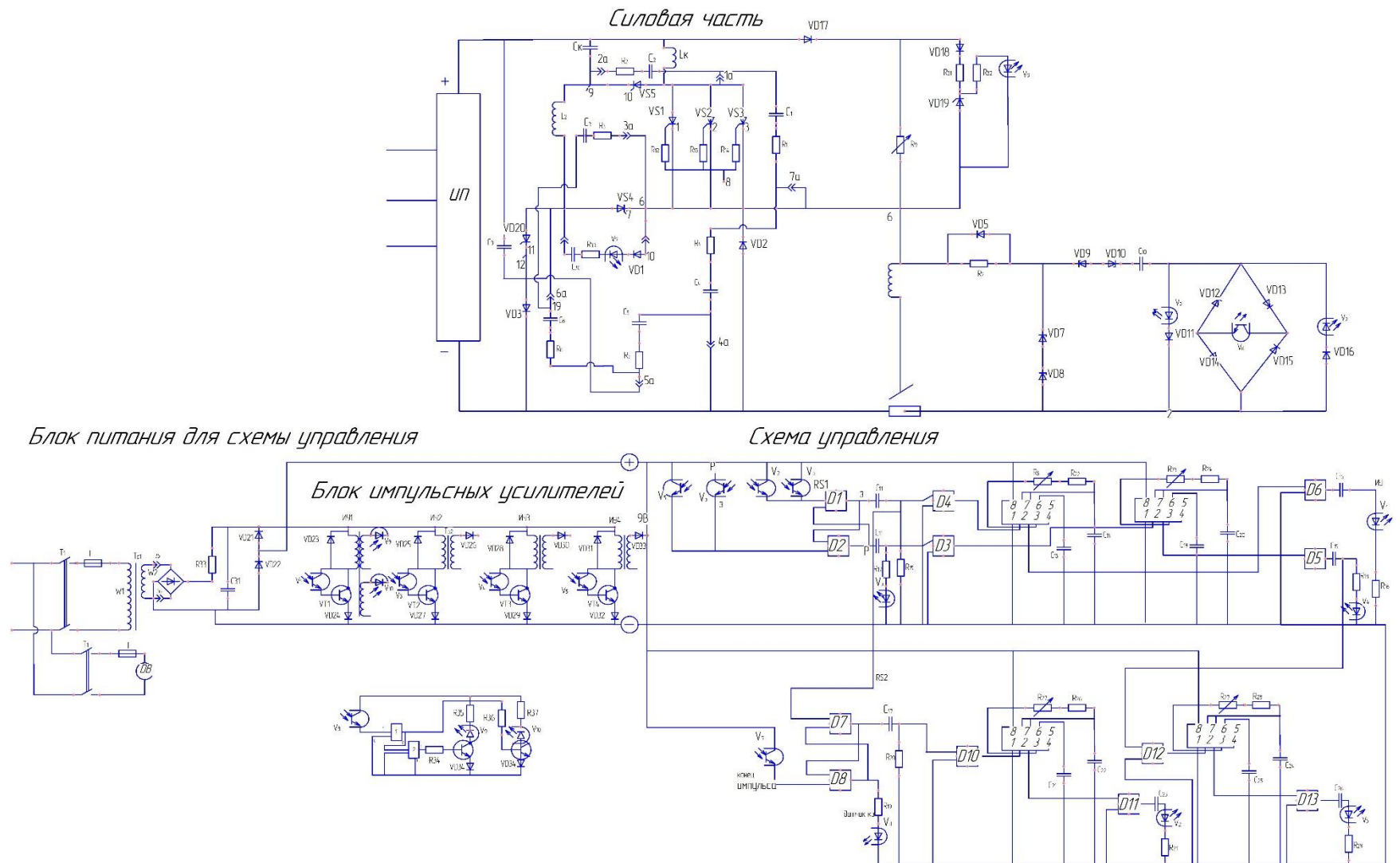


Рисунок 15 - Принципиальная электрическая схема

5 Силовая часть

Импульсно – регулируемое сопротивление ИРС представляет собой сопротивление шунтированное тиристором с принудительной коммутацией. В работе [17] показано, что наиболее полно всем требованиям работы в сварочных цепях переменного тока удовлетворяет схема двухступенчатой принудительной коммутации последовательного типа.

На рисунке 16 представлена силовая часть импульсной системы питания.

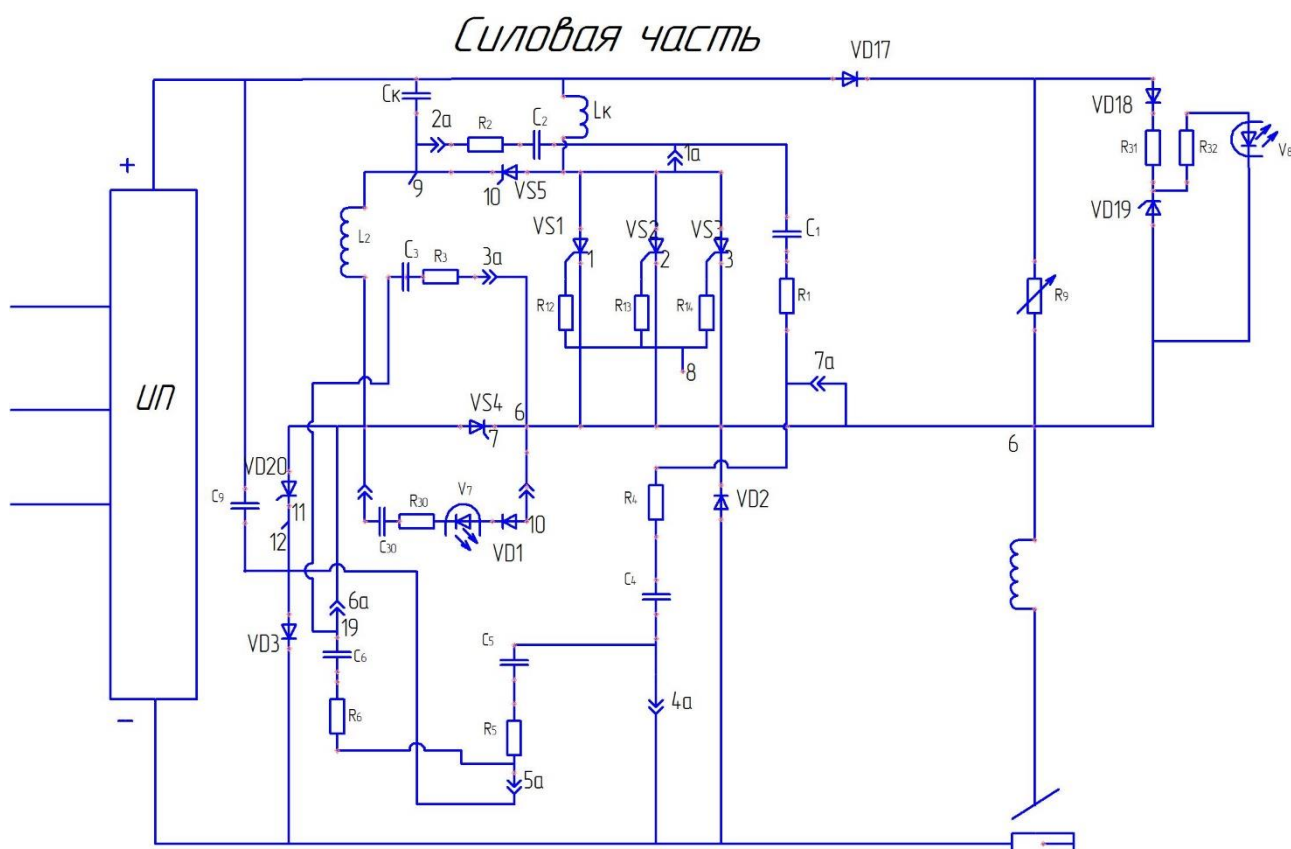


Рисунок 16 – Силовая часть импульсной системы питания

Схема состоит из следующих элементов:

ИП – стандартный сварочный источник с внешней жесткой характеристикой;

VS₁, VS₂, VS₃ – силовые тиристоры;

VS₅ – коммутирующий тиристор;

VS₄ – силовой тиристор;

C_к – коммутирующий конденсатор;

L_к – коммутирующий дроссель;

L_2 – зарядный дроссель;

R_9 – балластный реостат для протекания дежурного тока;

VD_1 - VD_{16} – диоды шунтирующие дугу в обратном направлении;

C_9 – фильтрующий конденсатор.

R_8C_8 ; R_7C_7 ; R_6C_6 ; R_5C_5 ; R_4C_4 ; R_3C_3 – защитные фильтры;

V_7 – оптодиод оптотранзистора;

VD_1 – диод блокирующий приложение обратного напряжения к оптодиоду V_7 .

Работа схемы иллюстрируется временными диаграммами (рис. 17).

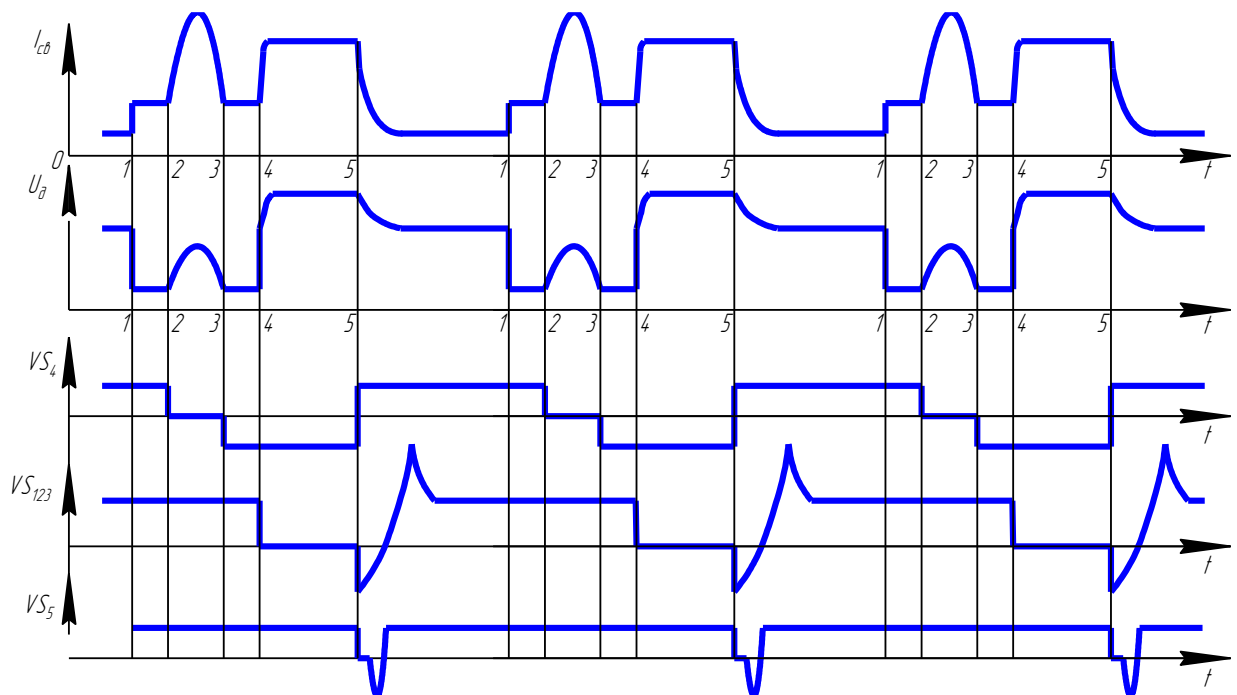


Рисунок 17 – временные диаграммы работы электрической схемы

Рассмотрение работы схемы начнем с момента времени 4. При разрыве перемычки между каплей переходящей в ванну и электродом происходит возбуждении дуги. Начинается расплавление капли, которое заканчивается в момент времени 5. Для выключения сварочного тока подается управляющий импульс на коммутирующий тиристор VS_5 .

Тиристор VS_5 отпирается в результате чего происходит резонансный перезаряд коммутирующего конденсатора C_k через коммутирующий дроссель L_k .

Во время положительной волны перезаряда конденсатора C_K напряжение на коммутирующем дросселе L_K , включенное встречно с напряжением источника питания и превышающее его, оказывается приложенным в обратном направлении к силовым тиристорам VS_1 , VS_2 , VS_3 и они запираются. Обратная волна перезаряда C_K запирает вспомогательный тиристор VS_5 , а конденсатор C_K остается заряженным с минусом на верхней обкладке.

После выключения силовых тиристоров сварочный ток ограничивается балластным реостатом R_9 . При этом плавление электрода практически прекращается, резко уменьшается давление дуги на ванну и вследствие встречных движений капли электрода и ванны происходит короткое замыкание в момент времени $t(1)$. Через время необходимое для установления надежного контакта между каплей и ванной подается импульс на управляющей переход тиристора VS_4 , в результате он отпирается и происходит перезаряд конденсатора C_K по цепи: плюс источника питания – C_K - L_2 - VS_4 - дуга - минус источника питания. Импульс перезарядного тока ускоряет переход капли в сварочную ванну, но заканчивается до разрыва перемычки.

В момент окончания процесса заряда конденсатора C_K , его напряжение будет приложено в обратном направлении к тиристоры VS_4 , поэтому в момент приложения этого напряжения произойдет заряд конденсаторе C_5 по цепи: VD_1 - V_7 - R_5 - C_5 . В результате чего оптоэлектронный транзистор V_7 кратковременно откроется и подаст сигнал на разблокирование датчика состояния дугового промежутка.

Через некоторое время, при котором будет протекать дежурный ток, произойдет разрыв перемычки, сработает датчик состояния дугового промежутка на размыкание и все повторится.

Вывод:

Силовая часть создана на базе импульсного регулирования сопротивления является универсальной, так как позволяет при сварке плавящимся электродом использовать протекание импульса тока через дуговой промежуток для переноса капли в сварочную ванну при перезаряде коммутирующего конденсатора, а при сварке неплавящимся электродом минуя дуговой промежуток.

6 Датчик коротких замыканий

Датчик коротких замыканий содержит ограничительную цепь и пороговые элементы. При этом ограничительная цепь состоит из резистора R_2 зашунтированным диодом VD_5 и стабилитронов VD_7 и VD_8 . Параллельно стабилитронам VD_7 и VD_8 подключена цепь, состоящая из последовательно соединенных конденсатора C_{10} , двух встречно-последовательно включенных стабилитронов VD_9 и VD_{10} , двух включенных встречно-параллельно оптодиодов оптотиристоров V_p , фиксирующего разрыв перемычки и V_3 , фиксирующего короткое замыкание, причем последовательно с оптодиодами включены диоды VD_{11} и VD_{16} , исключающее приложение обратного напряжения к оптодиодам. При этом оптодиоды VD_9 и VD_{10} играют роль пороговых элементов на размыкание и замыкание дугового промежутка.

Следует заметить, что уровень срабатывания датчика на размыкание и замыкание определяется напряжением стабилизации стабилитронов VD_9 и VD_{10} .

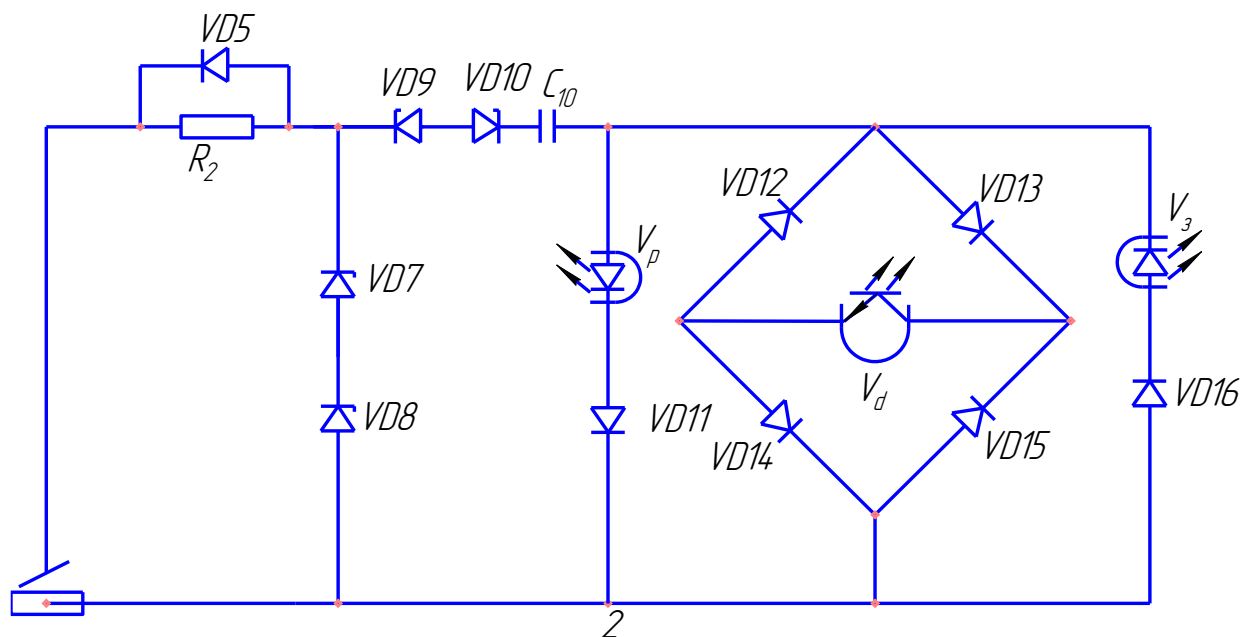


Рисунок 18 - Датчик коротких замыканий.

Оптодиоды V_p и V_3 являются выходными элементами датчика. В датчик дополнительно введен диодный мост на диодах VD_{12} - VD_{15} . Диагональ с выпрямленным напряжением которого включен оптотранзистор V_d , а к другой диагонали подводится знакопеременное напряжение через конденсатор C_{10} при

замыкании размыкании дугового промежутка. Включением оптотранзистора V_d закрывается (закорачивается) вход датчика на интервале импульса ускоряющего переход капли.

Как видно на рис. 18, в датчике отсутствует дополнительный (индивидуальный) источник питания, поскольку его питание осуществляется непосредственно от сварочной цепи.

Датчик коротких замыканий работает следующим образом.

На интервале горения дуги $t_4 - t_5$, где t_4 – момент окончания короткого замыкания, конденсатор C_{10} заряжен до напряжения определяемого стабилитронами VD_7 , VD_8 , VD_9 . В начале процесса короткого замыкания входная цепь датчика оказывается замкнутой накоротко. При этом конденсатор C_{10} разряжается по цепи $C_{10} - VD_{10} - VD_9 - VD_5$ – дуга – $VD_{16} - V_3$, при условии, если напряжение на дуговом промежутке снизится до величины:

$$U_d < U_{VD_7} + U_{VD_8} - U_{VD_{10}}, \quad (5)$$

где U_d – напряжение на дуговом промежутке; U_{VD_7} – напряжение стабилизации стабилитрона VD_7 ; U_{VD_8} – напряжение стабилизации стабилитрона VD_8 ; $U_{VD_{10}}$ – напряжение стабилизации стабилитрона VD_{10} .

При размыкании дугового промежутка и момента достижения на разрушающейся перемычке напряжения, равного напряжению стабилизации стабилитрона VD_9 , начнется зарядка конденсатора C_{10} по цепи: плюс дуги - VD_9 - VD_{10} - C_{10} - V_p – VD_{11} - минус дуги. При этом импульс зарядного тока, проходящий через светодиод V_p , откроет оптотранзистор V_p и это будет выходным сигналом об окончании короткого замыкания. Поскольку оптодиоды V_p и V_3 подключены параллельно и встречно, они автоматически разделяют сигналы на начало короткого замыкания и его окончание.

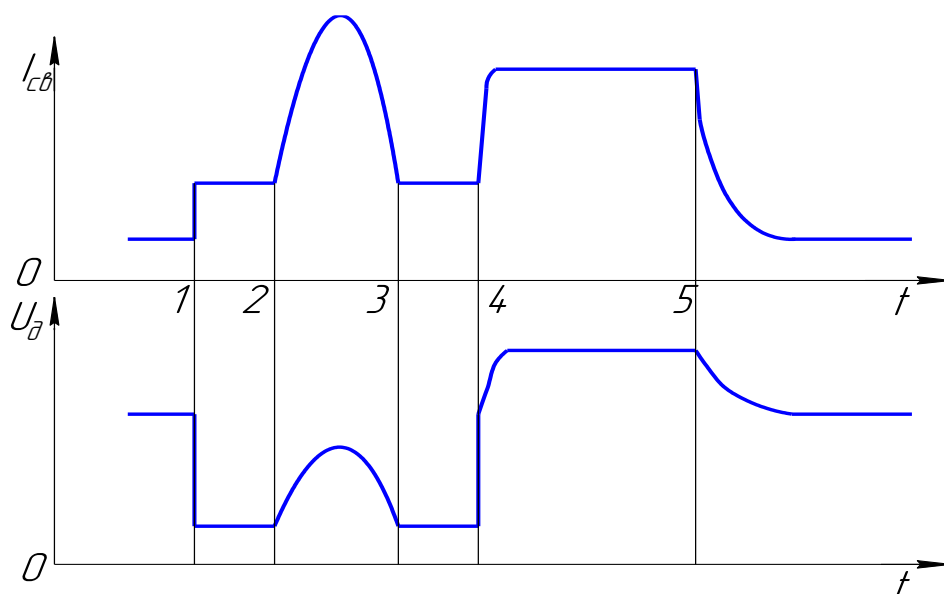


Рисунок 19 - временные диаграммы I и U дуги

Пороги срабатывания датчика определяются напряжением стабилизации стабилитронов VD_9 и VD_{10} . Для ступенчатой регулировки порогов срабатывания датчика достаточно иметь набор стабилитронов и переключатель.

Вывод:

По сравнению с существующими конструкциями датчиков короткого замыкания предлагаемый обладает следующими достоинствами и преимуществами:

- повышается надежность работы датчика;
- обеспечивается высокая помехоустойчивость в условиях сильных электрических полей;
- датчик имеет достаточное быстродействие;
- схема датчика достаточно проста.
- на интервале импульса тока, переносящего сварочную каплю в сварочную ванну вход датчика закрыт, что исключает ложное срабатывание.

7 Схема управления сварочным циклом

Рассмотрим работу схемы управления с момента короткого замыкания (рисунок 20). В этот момент датчик короткого замыкания за счет разряда конденсатора C_{10} через замкнутый дуговой промежуток подсвечивает оптодиод оптотранзистора V_3 , который кратковременно подает логическую единицу на один из входов RS₁-триггера, выполненного на элементах 2ИЛИ – НЕ (D_1, D_2). В результате на выходе элемента D_1 триггера появляется логическая единица, а на выходе элемента D_2 логический 0. Затем передний фронт выходного сигнала D_1 дифференцируется цепью $C_{11} - R_{15}$ и в виде сигнала U_{R15} поступает одновременно на вход элемента D_4 (2ИЛИ - НЕ) и на вход RS-триггера на элементах D_7 и D_8 . При этом в выходном напряжении элемента D_4 , поступающем на вход таймера τ_1 , возникает провал напряжения, который запускает таймер τ_1 и на выходе 3 появляется положительное напряжение (1), которое подается на вход элемента D_6 , вследствие чего на выходе его появляется логический 0. Таймер τ_1 отсчитывает время необходимое для развития контакта капли и ванны перед включением импульса переносящего каплю. Одновременно RS₂-триггер (D_7, D_8) изменяет свое состояние. На выходе D_8 появляется логическая единица (9В). В результате через светодиода V_d протекает ток, который ограничивается сопротивлением R_{19} . В результате этого отпирается оптотранзистор V_d и закорачивает датчик. После отчета времени таймером τ_1 времени на выходе его появляется логический 0, а на выходе элемента D_6 логическая единица (9В). Передний фронт дифференцируется и поступает на оптодиод оптотранзистора V_1 импульсного усилителя ИУ₁. С выхода усилителя усиленный импульс поступает на управляющий переход тиристора VS_4 . В результате чего он отпирается и импульс сварочного тока протекающий при перезаряде коммутирующего конденсатора C_k (минус на верхней обкладке)+источник питания - $C_k - L_2 - VS_4$ – дуговой промежуток - L_3 – минус ИП, оканчивающийся до конца короткого замыкания сообщает капле импульс силы, ускоряющей переход в сварочную ванну. В момент окончания перезаряда конденсатора и прекращения тока заряда

конденсатор C_K будет заряжен с «+» на верхней обкладке. В результате приложения этого напряжения к тиристор VS_4 в обратном направлении через конденсатор C_5 и светодиод оптоотристора V_7 пройдет импульс тока. В результате оптоотристор откроется и на второй вход RS-триггера на элементы D_7 и D_8 поступит логическая единица, триггер изменит свое состояние. На выходе D_8 появится логический 0, ток через светодиод V_d станет равным 0.

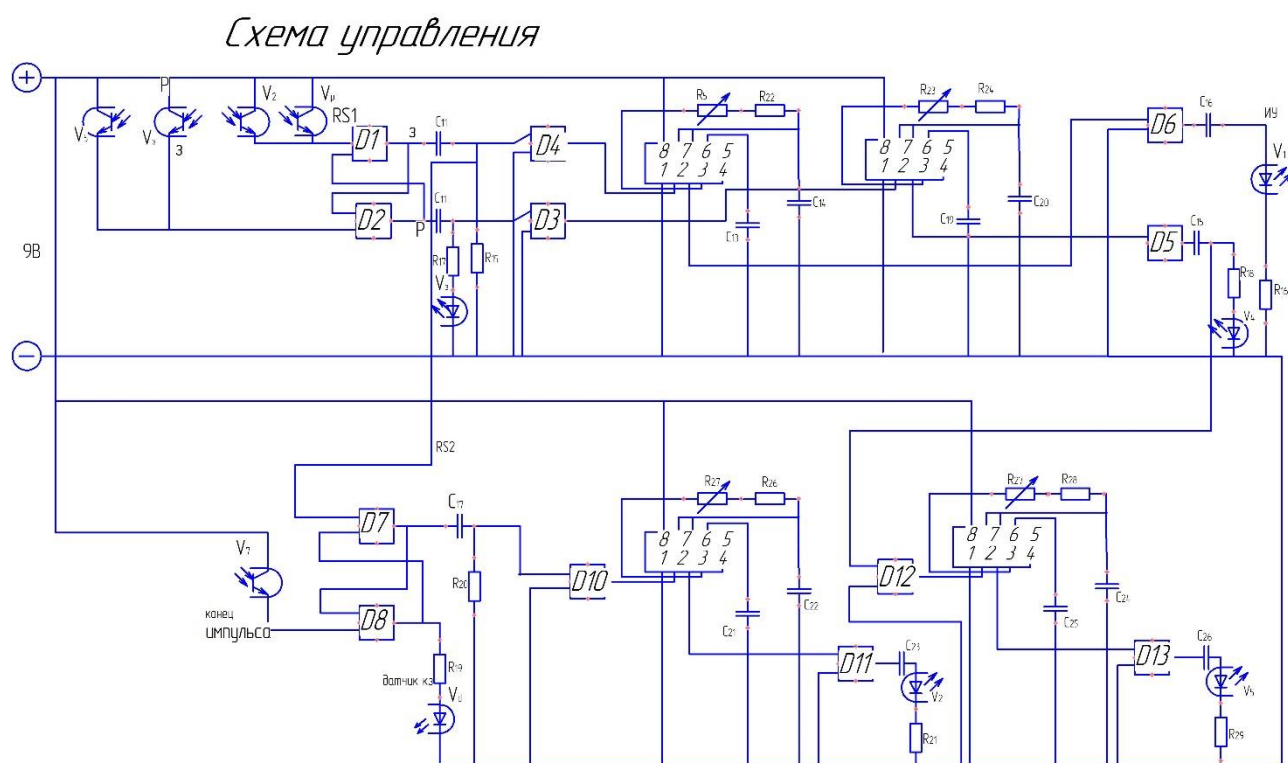


Рисунок 20 – схема управления сварочным циклом

При этом транзистор V_d закроется и вход датчика короткого замыкания будет открытым. Через некоторое время произойдет размыкание, вследствие окончательного перехода капли в сварочную ванну. В этот момент на выходе датчика появляется сигнал на размыкание. При этом при заряде от дугового напряжения конденсатора C_{10} через оптодиод оптоотристора V_p пройдет импульс тока. Оптоотристор V_p откроется и подаст логическую единицу на вход триггера RS_1 . В результате триггер изменит свое состояние и на выходе D_2 появится логическая единица. Передний фронт при этом дифференцируется цепью $C_{12}R_{17}$ и импульс поступит на вход элемента D_3 , на выходе которого кратковременно появится логический 0 и запустит таймер τ_2 , который

определяет время на расплавление капли. Одновременно импульс тока пройдет через оптодиод оптотранзистора V_3 , который запустит импульсный усилитель ИУ₂, выходной импульс которого поступит на управляющие электроды силовых тиристоров VS_1 , VS_2 , VS_3 (8-6). При открытии которых начнет протекать сварочный ток и расплавляться капля электродного металла по цепи: ИП - L_K - $VS_{1,2,3}$ – дуга - L_3 – минус ИП.

Возможен случай, например, при первоначальном возбуждении дуги, когда после прохождения импульса ускоряющего переход капли в сварочную ванну не произойдет размыкания дугового промежутка. Тогда сработает резервный канал, работа которого состоит в следующем. Одновременно с сигналом на размыкание датчика короткого замыкания продифференцированным сигналом с выхода элемента D_7 триггера RS₂ через элемент D_{10} запускается таймер τ_3 , время срабатывания которого устанавливается в пределах 5 – 10 мсек. Когда на выходе 3 таймера τ_3 появится логический 0, поступающий на вход элемента D_{11} , на выходе D_{11} появится логическая единица. Через оптодиод оптотранзистора V_2 пройдет импульс зарядного тока конденсатора C_{23} дифференцирующей цепи $C_{23}R_{21}$. Оптотранзистор V_2 откроется и подаст логическую единицу на вход триггера RS₁ и тем самым снова запустит таймер τ_2 и включит силовые тиристоры $VS_1 - VS_3$, то есть включится импульс на расплавление капли. Если же размыкание произошло и триггер RS уже сменил состояние за счет подачи логической единицы на вход оптотранзистором V_p , то триггер не отреагирует на срабатывание оптотранзистора V_2 .

На выходе 3 таймера τ_2 появится логическая единица, которая поступит на вход элемента D_5 . На выходе D_5 установится логический 0. После отсчета времени на выходе таймера τ_2 установится логический 0, а на выходе D_5 – логическая единица, передний фронт которой будет продифференцирован цепью $C_{15}R_{18}$ и при этом через оптодиод оптотранзистора V_4 пройдет импульс тока. При этом будет запущен импульсный усилитель ИУ₃. Выходной импульс

усилителя ИУ₃ поступит на управляющий электрод коммутирующего тиристора VS_5 . После этого начинается процесс отключения силовых тиристоров $VS_1 - VS_3$, который можно разбить на этапы. Первый этап начинается в момент включения коммутирующего тиристора VS_5 и характеризуется протеканием импульса обратного тока через находящиеся во включенном состоянии силовые тиристоры $VS_1 - VS_3$. Так как нагрузка зашунтирована в обратном направлении диодами VD_1 и VD_3 это время пренебрежимо мало (5 – 7 мксек). На втором этапе происходит резонансный перезаряд конденсатора C_k по цепи $VS_5 - L_k$ (интервал времени). Энергия дросселя L_k запасенная от тока нагрузки переходит в конденсатор.

На третьем этапе (интервал времени) коммутирующий конденсатор под действием своего напряжения и напряжения источника перезаряжается до напряжения U_{C0} , которое является начальным для следующего цикла коммутации. Поскольку сварочный источник обладает сопротивлением, дополнительных мер для ограничения напряжения на конденсаторе C_k не требуется. Вопрос заключается лишь в правильном подборе добротности зарядного контура.

Дальше через дуговой промежуток будет протекать ток дежурной дуги (5-6). Вследствие встречных движений капли и ванны произойдет короткое замыкание и далее процесс повторяется.

Возможен случай, что дуговой промежуток находится в состоянии короткого замыкания, поэтому датчик короткого замыкания не выдаст сигнал на размыкание. В этом случае сработает резервная линия, работы которой состоит в следующем. Одновременно с срабатыванием таймера τ_2 (появлением на выходе логического нуля и выключением силовых тиристоров $VS_1 - VS_3$), продифференцированный положительный импульс поступает на вход D_{12} и на выходе появляется кратковременно логический 0, который запускает таймер τ_4 . Время таймера τ_4 в пределах 15 – 20 мсек. По окончании этого времени на выходе 3 появляется логический 0, а на выходе D_{13} логическая единица, которая

дифференцируется. В результате через оптодиод V_5 протекает импульс тока, открывается оптотранзистор V_5 и запускается следующий цикл каплеобразования, но при замкнутом состоянии дугового промежутка. То есть по существу реализуется форсированное возбуждение дуги.

В схеме предусмотрены резервные дополнительные элементы, которые обеспечивают форсированный процесс первоначально возбуждения дуги с короткого замыкания и при случайном не предусмотренном коротком замыкании.

Так в случае отсутствия перехода капли в сварочную ванну после прохождения импульса ускоряющего переход капли (импульс перезарядного тока конденсатора C_k по цепи «+» источника – $C_k - L_2 - VS_7$ – дуга – «-» источник) включается резервная линия состоящая из следующих элементов: D_{10} (2ИЛИ - НЕ) – таймер τ_3 (NE555) - D_{11} (2ИЛИ - НЕ) – дифференцированная цепь $C_{23}R_{21}$ – оптотранзистор V_2 .

Если после прохождения импульса сварочного тока не произошло размыкания сварочной цепи (разрыва перемычки), то таймер τ_3 , запускаемый в момент окончания импульса сварочного тока V_7 отсчитает установленное время и дифференцированным сигналом с выхода (3) через D_{13} откроет оптотранзистор V_2 и тем самым симитирует разрыв перемычки. В результате включится импульс сварочного тока на расплавление капли.

Вторая резервная линия выполнена из следующих элементов: D_{12} (2ИЛИ - НЕ) – таймер τ_4 (NE555) - D_{13} (2ИЛИ - НЕ) - дифференцирующая цепь $C_{26}R_{29}$ оптотранзистор V_5 . Если после окончания дозирования энергии на расплавление капли и срабатывание таймера τ_2 не произошло короткого замыкания, то таймер τ_4 запускаемый в момент окончания импульса сварочного тока на плавление капли отсчитает установленное время и дифференцированным сигналом с выхода 3 через D_{13} включит оптотранзистор V_5 , и тем самым симитирует короткое замыкание и включит таймер τ_1 и далее процесс повторится, то есть произойдет форсированное возбуждение дуги.

Вывод:

1. Схема управления выполнена на интегральных микросхемах, что обеспечивает ее четкость и надежность работы.
2. В схеме предусмотрены резервные дополнительные каналы управления, которые обеспечивают форсированный процесс первоначального возбуждения дуги с короткого замыкания и при случайном не предусмотренном коротком замыкании.

8 Технологическая проверка

Для проверки работоспособности системы производилось наплавка валиков на пластину из стали 09ГС толщиной 8 мм проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Режимы наплавки валиков: при сварке с короткими замыканиями обеспеченными параметрически и с управляемым механизмом коротких замыканий на обратной полярности. Фотография с наплавленными валиками представлена на рисунке 21.



Рисунок 21 – наплавленные валики

Режимы наплавки:

1 - Автоматическая сварка на обратной полярности с переходом электродного металла во время коротких замыканий обеспечиваемыми параметрически:

$$V_{\text{под}}=147 \text{ м/час}; V_{\text{св}}=12 \text{ м/час}; U_{\text{ХХ}}=28 \text{ В.}$$

2 - Сварка управляемым механизмом коротких замыканий обратная полярность:

$$V_{\text{под}}=147 \text{ м/час}, V_{\text{св}}=12 \text{ м/час}, U_{\text{ХХ}}=36 \text{ В}, t_{\text{гор}}=10 \text{ мс.}$$

Вывод:

Технологическая проверка показала что по сравнению с процессом сварки при котором короткие замыкания обеспечиваются параметрическим,

процесс сварки с управляемым механизмом коротких замыканий позволяет в достаточно широких пределах регулировать ширину шва при одном и том же значении скорости подачи проволоки.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1BM51	Табанов Артур Меирканович

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машины и технологии сварочного производства

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1.Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
2.Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета.
3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	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
1BM51	Табанов А.М.		

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Сравнительно-экономический анализ устройств автоматической сварки в CO_2 (ВС – 300) и автоматической сварки в CO_2 с импульсным управлением механизмом коротких замыканий (ВС – 300 и ИРС – 300 АК).

Выбор рационального варианта на основе расчета частных показателей может быть сделан обоснованно лишь в тех случаях, когда выбираемый вариант имеет преимущества по основным показателям.

Поэтому приходится прибегать к расчету обоих экономических показателей, которые позволяют оценить достоинства и недостатки, привести к общему знаменателю и на основе сделанного выбрать подходящий способ сварки. Для этого необходимо провести расчет режимов, нормирование обоих способов сварки.

9.1 Качественный анализ

Системы с импульсным управлением механизмом коротких замыканий позволяют стабилизировать процессы каплеобразования и переноса электродного металла в сварочную ванну. Это обеспечивается дозированием энергии, потребляемой на плавление каждой переносимой капли электродного металла. Потому что процесс протекает при непрерывном контроле за состоянием дугового промежутка в течение всего сварочного микроцикла

Применение такой системы повышает стабильность процесса и значительно уменьшает разбрызгивание электродного металла (до 1%), и тем самым увеличивается качество шва.

9.2 Сравнительно – экономический анализ

Проведен сравнительный экономический анализ устройств ВС-300 и ВС – 300 вместе с ИРС – 300 при сварке в CO_2 , позволяющий обосновать экономическую эффективность разработки нового устройства ВС – 300 и ИРС – 300 АК.

Таблица 1 - Исходные данные

№	Наименование исходных данных	Вариант сварки	
		ВС-300	ВС-300 и ИРС-300 АК
1	Протяженность шва, мм	1000	1000
2	Тип сварного шва	стыковое	стыковое
3	Толщина свариваемого изделия, мм	3	3
4	Источники питания	ВС-300	ВС-300 и ИРС-300 АК
5	Сварочное оборудование	АДПГ-500	АДПГ-500
6	Скорость сварки, м/час	28,5	30
8	Стоимость источника питания, руб.	40000	70000
9	Стоимость сварочного оборудования, руб	90000	90000
11	Коэффициент наплавки, г-а/ч	17	20
11	Коэффициент разбрызгивания, %	7	1
12	Площадь поперечного сечения шва, мм ²	5,4	7,2
13	Диаметр электродной проволоки, мм	1,0	1,0
14	Рабочее напряжение на дуге, В	25	23
16	Сварочный ток, А	160	160
17	Разряд сварщика	3	3
18	Расход углекислого газа, л/мин	7	7
19	Удельный вес наплавленного металла, г/см ²	7,8	7,8
20	Сварочная проволока	Св08Г2С	Св08Г2С

9.3 Определение норм времени

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых (автоматической сварки в СО₂ и автоматической сварки в СО₂ с импульсным управлением механизмом коротких замыканий) при сварке.

Определим нормы времени на выполнение сборочно – сварочных работ по вариантам. Штучно – калькуляционное время определим по формуле [34]:

$$t_{\text{шк}} = [(t_0 + t_{\text{вш}}) \cdot l + t_{\text{виз}}] \cdot k_{\text{об}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}, \text{ мин/изделие}, \quad (4)$$

Где $t_{\text{шк}}$ - норма штучно-калькуляционного времени, мин/изделие;

t_0 - основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;

$t_{\text{вш}}$ - вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м;

l - протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

$t_{\text{виз}}$ - вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие;

$k_{\text{об}}$ - коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на автоматическую сварку – 1,15; на полуавтоматическую – 1,12; на ручную – 1,10);

$t_{\text{пз}}$ - подготовительно-заключительное время, мин/партия;

n - размер партии свариваемых изделий.

Для автоматической и полуавтоматической однопроводной сварки основное время может быть рассчитано через заданную скорость сварки [34]:

$$t_0 = \frac{60}{v_{\text{св}}}, \quad \text{мин/пог. м}, \quad (5)$$

В нашем случае $t_0 = 60/30 = 2.0$ мин/пог. м.

Для первого случая:

$$t_0 = \frac{60}{28,5} = 2,1, \quad \text{мин/пог. м}$$

Определение основного время на сварку показало, что для автоматической сварки в CO_2 с импульсным управлением механизмом коротких замыканий меньше, чем при обычной автоматической сварке в CO_2 это достигается тем, что коэффициент наплавки при автоматической сварке в CO_2 с импульсным управлением механизмом коротких замыканий больше, чем при обычной автоматической сварке в CO_2 .

Необходимые данные для расчета значений времени $t_{\text{в.из}}$, $t_{\text{в.из}}$ а также коэффициента $k_{\text{об}}$ для автоматической сварки в CO_2 и автоматической сварки с импульсным управлением механизмом коротких замыканий получены из [34].

Таблица 2 – Время (вспомогательное), зависящее от длины шва при автоматической сварке

Элементы работы	Сравниваемые процессы		Изменение мин/по г.м
	BC - 300 Св08Г2С	BC-300 и ИРС-300 АК Св08Г2С	
Проверка установки автомата по центру шва и прокатка вхолостую	1,0	1,0	–
Откусывание огарков проволоки	0,5	0,5	–
Удаление остатка проволоки из мундштука головки автомата, смена кассеты, подача проволоки в мундштук	0,5	0,5	-
Осмотр, промер, и клеймение шва	1,0	1,0	=
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла пневмоинструментом	1,0	0,5	0,5
Итого	4	3,5	0,5

Таблица 3 - Время сварки (вспомогательное), зависящее от сварочного оборудования

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	BC-300	BC-300 и ИРС-300 АК
Время на установку изделия	1,0	1,0
Время на закрепление и открепление изделия	0,5	0,5
Время на перемещение сварщика	0,2	0,2
Итого	1,7	1,7

Так как технологический процесс автоматической сварки в CO_2 и автоматической сварки в CO_2 с импульсным управлением механизмом коротких замыканий одинаковый то разница в вспомогательном времени, зависящего от сварного шва небольшая, а вспомогательном времени, зависящее от сварочного оборудования одинаковое.

Определим штучно – калькуляционное время:

$$t_{\text{шк}} = [(2,1 + 4) \cdot 1 + 1,7] \cdot 1,15 = 8,97, \quad \text{мин/изделие,}$$

$$t_{\text{шк}} = [(2,0 + 3,5) \cdot 1 + 1,7] \cdot 1,15 = 8,28, \quad \text{мин/изделие,}$$

Таблица 4 – Определим штучное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменени е <u>мин</u> изделие
	BC-300	BC-300 и ИРС-300 АК	
t_o – основное время на сварку, мин/м	2,1	2,0	0,1
$t_{\text{виз}}$ – Время (вспомогательное), зависящее от длины шва при автоматической сварке 1 пог. м шва, мин	4,0	3,5	0,5
l – длинна шва, м	1	1	–
$t_{\text{виз}}$ – Время сварки (вспомогательное), зависящее от сварочного оборудования, мин	1,7	1,7	–
$K_{\text{об}}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,15	1,15	–
$t_{\text{шк}}$	8,97	8,28	0,69

Изменение произошло из-за основного времени на сварку и вспомогательного времени, связанного со свариваемым швом.

9.4 Экономическая оценка сравниваемых устройств при сварке

Рассмотрим возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат.

При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта. Очевидно при сравнении автоматической сварки в CO_2 и автоматической сварки в CO_2 нет необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного материала.

9.4.1 Определение затрат на сварочные материалы

Для этого определим массу наплавленного металла:

$$g_{\text{нм}} = F \cdot l \cdot \gamma / 1000, \text{ кг/изд} \quad (6)$$

Где F – поперечное сечение шва, мм^2 , 1- $F = 5,4 \text{ мм}^2$, 2- $F = 7,2 \text{ мм}^2$;

l – длина шва, $l=1000 \text{ мм}$;

γ – плотность наплавленного металла, г/см^3 , $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$.

$$g_{\text{нм1}} = 5,4 \cdot 1 \cdot 7,8 / 1000 = 0,042 \text{ кг/изд}$$

$$g_{\text{нм2}} = 7,2 \cdot 1 \cdot 7,8 / 1000 = 0,056 \text{ кг/изд}$$

Коэффициент, учитывающий отношение веса расплавленного электродного металла к весу наплавленного металла. $K_{\text{п}}$ равен соответственно $K_{\text{п1}} = 1,08$ и $K_{\text{п2}} = 1,02$.

$\text{Ц}_{\text{см}}$ – цена сварочной проволоки, $\text{Ц}_{\text{см}}=77,5 \text{ руб/кг}$.

Затраты на электродную проволоку определяем по формуле [1. с.12]:

$$G_{\text{см}} = g_{\text{нм}} \cdot k_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{см}}, \text{ руб/изд} \quad (7)$$

$$G_{\text{см1}} = 0,042 \cdot 1,08 \cdot 77,5 = 3,52 \text{ руб/изд};$$

$$G_{\text{см2}} = 0.056 \cdot 1.02 \cdot 77,5 = 4,42 \text{ руб/изд.}$$

Затраты на электродную проволоку для разрабатываемого устройства немного больше обычного из-за массы наплавленного металла.

Затраты на защитный и горючий газ:

$$C_{\text{газ}} = g_{\text{газ}} \cdot t_0 \cdot l \cdot \Pi_{\text{газ}} \quad (8)$$

где $g_{\text{газ}}$ - норма расхода газа, л/мин; м³/мин;

t_0 - основное время на сварку (резку) мин/м;

l - длина сварного шва (реза), м/издел.;

$\Pi_{\text{газ}}$ - цена за единицу газа (руб/л, руб/м³).

$g_{\text{газ}}=7$ л/мин; $t_0=2,1$ мин/м, (I вариант); $t_0=2,0$ мин/м, (II вариант); $\Pi_{\text{газ}}=7,5$ руб/л.

I вариант: $C_{\text{газ}}=7 \cdot 2,1 \cdot 7,5=110,25$ руб/изд,

II вариант: $C_{\text{газ}}=7 \cdot 2 \cdot 7,5=105$ руб/изд.

Изменение затрат произошло из-за основного времени.

9.4.2 Затраты на заработную плату производственных рабочих

При использовании приближенных методов затраты на оплату труда могут быть получены по формуле:

$$C_z = \frac{C_{\text{мз}} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{мр}} \cdot 60}, \text{ руб/изд} \quad (9)$$

где $C_{\text{мз}}$ - среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий, $C_{\text{мз}} - 35000$ руб;

$t_{\text{шк}}$ - норма штучно – калькуляционного времени на выполнении операции, мин/изд;

$F_{\text{мр}}$ - месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц ($F_{\text{мр}} - 170$ часов/месяц).

По вариантам:

$$C_{z1} = \frac{35000 \cdot 8,97}{170 \cdot 60} = 30,8, \text{ руб/изд}$$

$$C_{32} = \frac{35000 \cdot 8,28}{170 \cdot 60} = 28,4, \text{руб/изд}$$

Изменение затрат произошло из-за штучно-калькуляционного времени на выполнение операции.

9.4.3 Отчисления на социальные цели (социальный налог)

$$C_{\text{отч}} = \frac{C_z \cdot k_{\text{отч}}}{100}, \text{руб/изд} \quad (10)$$

где $k_{\text{отч}}$ - процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы ($k_{\text{отч}}=30\%$).

$$C_{\text{отч1}} = \frac{30,8 \cdot 30}{100} = 9,24, \text{руб/изд}$$

$$C_{\text{отч2}} = \frac{28,4 \cdot 30}{100} = 8,52, \text{руб/изд}$$

Изменение произошло из-за затрат на заработную плату рабочих.

9.4.4 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию по формуле [34. с.15]:

$$C_{\text{эт}} = \frac{U \cdot I \cdot t_0 \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \text{Цэл, руб/изд} \quad (11)$$

где U - напряжение, $U=25$ В, $U=23$ В (I и II вариант);

I - сила тока, $I=160$ А, (I и II вариант);

t_0 - основное время сварки, $t_0=2.1$ мин/м, (I вариант); $t_0=2.0$ мин/м, (II вариант);

η - коэффициент полезного действия источника питания (берется по паспорту равен 0,7);

$\text{Ц}_{\text{эл}}$ - стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, $\text{Ц}_{\text{эл}}=0,7437$ руб,

$$C_{\text{эт1}} = \frac{25 \cdot 160 \cdot 2,1 \cdot 1}{60 \cdot 0,7 \cdot 1000} 0,7437 = 0,15, \text{руб/изд}$$

$$C_{\text{эт2}} = \frac{23 \cdot 160 \cdot 2,0 \cdot 1}{60 \cdot 0,7 \cdot 1000} 0,7437 = 0,13, \text{руб/изд}$$

Изменение затрат произошло из-за основного времени сварки.

9.4.5 Затраты на амортизацию оборудования

Расчет амортизационных отчислений выполняем для разрабатываемого устройства:

$$C_{\text{эт2}} = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{T_{\text{пи}}}, \quad \text{руб/год} \quad (12)$$

где n - количество видов оборудования, используемого для выполнения операций технологического процесса сварки (наплавки);

C_j - цена оборудования соответствующего вида (источники питания, приспособления, сварочные аппараты и пр.);

$T_{\text{пи}}$ - срок полезного использования оборудования (для сварочного оборудования $T_{\text{пи}} = 5-7$ лет).

$$C_{\text{эт2}} = \frac{160000}{5} = 32000, \quad \text{руб/год}$$

9.4.6 Затраты на ремонт оборудования

Затраты на ремонт оборудования рассчитывают по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot k_{\text{рем}} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{го}} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad \text{руб/изд} \quad (13)$$

где $k_{\text{рем}}$ - коэффициент, учитывающий затраты на ремонт, ($k_{\text{рем}} = 0,2 - 0,3$);

$F_{\text{го}}$ - годовой фонд времени работы оборудования, $F_{\text{го}} = 2000$ час/год;

k_3 - коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

$$C_{p1} = \frac{130000 \cdot 0,2 \cdot 8,97}{2000 \cdot 0,8 \cdot 60} = 2,43 \text{ руб/изд}$$

$$C_{p2} = \frac{160000 \cdot 0,2 \cdot 8,28}{2000 \cdot 0,8 \cdot 60} = 2,76 \text{ руб/изд}$$

Изменение затрат произошло из-за количества видов оборудования, используемого для выполнения операций технологического процесса сварки (для автоматической сварки в CO_2 использовали ВС-300, а для автоматической сварки в CO_2 с импульсным управлением механизмом коротких замыканий ВС-

300 и ИРС–300 АК), цены оборудования соответствующего вида и штучно – калькуляционного времени на выполнение операции.

Таблица 5 – Изменение затрат

Наименование затрат	ВС-300	ВС-300 и ИРС-300 АК	Изменение затрат ΔC , руб/изд.
Сварочные материалы	113,77	109,42	+4,35
Заработная плата	30,8	28,4	+2,4
Социальные отчисления	9,24	8,52	+0,72
Электроэнергия	0,15	0,13	+0,02
Ремонт	2,43	2,76	+0,33
Итого:	156,39	149,23	+7,16

Годовой объем производимой продукции может быть принят равным годовой производительности оборудования по лучшему варианту сварки [6]:

$$Q_{\Gamma} = \frac{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{ШК_{\text{пр}}}}, \quad (14)$$

где $t_{ШК_{\text{пр}}}$ – норма времени на сварку по лучшему процессу сварки, мин/изд.

$$Q_{\Gamma} = \frac{2000 \cdot 0,8 \cdot 60}{8,28} = 11594 \text{ ед/год}$$

В условиях многономенклатурного производства годовой объем производства целесообразно выразить через массу наплавленного металла. Приняв в качестве условного изделия сварную конструкцию, рассматриваемую в дипломной работе, можно получить годовой объем производства, выраженный через массу наплавленного металла:

$$M_{\Gamma} = Q_{\Gamma} \cdot \frac{F_{\text{н}} \cdot l \cdot \gamma}{1000}, \quad (15)$$

где $F_{\text{н}}$ – площадь поперечного сечения сварного шва, мм²;

l – длина сварного соединения, м;

γ – плотность металла, гм/см³.

$$M_r = 11594 \frac{7,2 \cdot 1 \cdot 7,8}{1000} = 651 \text{ кг/год}$$

Годовой экономический эффект от применения лучшего варианта можно рассчитать через массу наплавленного металла по формуле:

$$\mathcal{E}_r = M_r \cdot \frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}, \quad (16)$$

где выражение $\frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}$ представляет собой удельную экономию на 1 кг наплавленного металла ($\overline{\Delta C}_{\text{кг}}$).

$$\mathcal{E}_r = 651 \frac{7,16 \cdot 1000}{7,2 \cdot 1 \cdot 7,8} = 82998 \text{ руб/год}$$

Вывод

Проводя в данной экономической части дипломной работы технико – экономический анализ можно сделать вывод, что автоматическую сварку в СО₂ с импульсным управляемым механизмом коротких замыканий в данном случае применять целесообразно и экономически выгодно. Так как при использовании системы с импульсным управлением механизмом коротких замыканий при автоматической сварке в СО₂ протекает более стабильный процесс сварки, что приводит к уменьшению разбрызгивания электродного металла. При этом заметно увеличивается качество сварных соединений, что приводит к снижению брака.

Наряду с этим данная система позволяет существенно снизить затраты на сварочные материалы, электроэнергию, рабочего времени на выполнение работ и др. Поэтому применение данной системы более предпочтительнее с точки зрения технико – экономического анализа.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1BM51	Алексеев Алексей Александрович

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машины и технологии сварочного производства

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Рабочим местом является отдельное помещение (научная лаборатория). Поскольку данное помещение находится внутри здания, на проектировщика возможны действия следующих факторов: Вредные факторы: монотонный режим работы, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, превышение уровня шума, повышенный уровень электромагнитных излучений. Опасные факторы: повышенный уровень ультрафиолетовой радиации, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	1. Техника пожарной безопасности на производстве (ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ). 2. Техника безопасности при работе с электро- и радиотехническими устройствами (ГОСТ 12.1.006-84). 3. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.) ССБТ. 4. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	– Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; – Воздействие ионизирующего излучения при проведении рентгеноскопии; – Превышение уровня шума; – Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; – Анализ показателей микроклимата; – Воздействие инфракрасного излучения.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности	При работе со сварочной установкой, которая соединена с сетью напряжения, возможны

– механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	электрические замыкания (удары) для персонала и пожары. Согласно нормам, установлены средства пожаротушения. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ).
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Воздействие на окружающую среду сводиться к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Возможные ЧС на объекте: пожары, землетрясения. К мерам по предупреждению будут относиться: 1. Планирование защиты населения и территории от ЧС на уровне предприятия (организации); 2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности; 3. Выявление угроз пожара и оповещение персонала; 4. Подготовка работающих к действию условиях ЧС; 5. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении, а также контроль за исправностью работы в помещении.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников М.Э.	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ51	Табанов А.М.		

10 Социальная ответственность

10.1 Анализ выявления вредных и опасных факторов

Широкое применение электродуговой сварки в нашей стране требует такой организации сварочных работ, которая обеспечила бы максимально возможную безопасность труда.

Целью данного раздела является выявление и предупреждение всех возможных опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при сварке и при работе в сварочной лаборатории с другими приборами.

При проведении экспериментальной сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа необходимо предупредить следующие виды опасных и вредных факторов [1]:

- Опасность поражения человека электрическим током. Эта опасность возникает при непосредственном соприкосновении с токоведущими проводами установок, с ее металлическими частями, которые могут случайно оказаться под напряжением, вследствие поражения изоляции.
- Опасность ожога электродом, дугой или каплями расплавленного металла.
- Опасность поражения глаз и открытых участков кожи лучами дуги, вследствие чего могут возникать ожоги, ухудшения остроты зрения.
- Опасность и вредность отравления парами и газами, выделяющихся в процессе сварки.
- Опасность засорения глаз.
- Опасность ушибов при снятии и установке заготовок, что может привести к временной потере трудоспособности.

Для предотвращения поражения сварщиков электрическим током необходимо, чтобы в сварочных установках провода имели надежную изоляцию, регулярно проверяемую в процессе эксплуатации. Корпуса электросварочного оборудования, а также сварочные приспособления и стенды должны быть

заземлены. Все рукоятки, моховики, кнопки управления, которые могут оказаться под напряжением должны быть выполнены из диэлектрического материала или надежно защищены и изолированы от корпуса. Провода должны быть рассчитаны на номинальный ток. Соединение проводов должно производиться жестко с помощью специальных зажимов. В местах подключения сварочных аппаратов устанавливаются специальные настенные ящики с закрытыми рубильниками и предохранителями в трех фазах. Напряжение сети, к которой подключают сварочные аппараты, не должны превышать 500В [35].

При работе во влажных или сырых помещениях применяют диэлектрические перчатки и калоши.

Для предотвращения ожогов необходимо снабдить сварщика брезентовой одеждой, рукавицами, ботинками из кирзово́й кожи, брюки должны быть на выпуск во избежание попадания капель расплавленного металла на открытые участки кожи ног. На голове должен быть берет и защитная маска, закрывающая лицо.

Защита зрения является очень существенным мероприятием. Поскольку одним из наиболее часто встречающихся профессиональных заболеваний сварщиков является помутнение хрусталика, которое приводит к ухудшению, а в конечном счете к потере зрения. Это заболевания возникает при воздействии на зрение лучистой энергии, обильно выделяемой при сварке. Меры защиты зрения и кожи лица от воздействия лучистой энергии заключается в использовании щитков и масок, снабженных затемненными стеклами, которые ставятся различными в зависимости от вида сварки и величины сварочного тока:

от 0 до 100А – Э1;

от 100 до 200А – Э2;

от 200 до 300А – Э3;

от 300 и выше – Э4.

Для защиты окружающих от воздействия лучистой энергии дуги рабочее место сварщика должно быть ограждено специальными щитами или ширмой.

Процесс сварки сопровождается выбросом тепловой энергии, выделением в воздух пыли и газа, такие как оксиды марганца и кремния, кроме того, в воздух выделяется вольфрам и ванадий, железо и алюминий, никель и медь, а также иные элементы, вредные для организма человека.

Для предотвращения отравления парами и газами, выделяющихся при сварке должны быть предусмотрена приточно вытяжная и местная вентиляция. В зимнее время приточная вентиляция должна быть снабжена подогревом.

Расчет вентиляции должен вестись таким образом, чтобы загрязненность воздуха, вызванная процессом сварки не превышала санитарно-технические нормы, однако, в тоже время, скорость движения воздуха от местной вентиляции не должна привести к сдуванию струи защитного газа и ухудшению, вследствие этого, защиты расплавленного металла от воздействия атмосферы.

При работе в лаборатории возможны также ушибы, и порезы, ожоги. Они возникают вследствие неисправности инструмента или неумелого пользования ими. Необходимо знать правила пользования различными инструментами. Например. При пайке мелких деталей (диоды, резисторы и т.п.) необходимо придерживать их пинцетом, так как они, сильно нагреваясь, могут стать причиной небольших ожогов. Обращаться с паяльником нужно осторожно, так как брызги припоя, падая на кожу, также могут вызывать ожоги. Необходимо пользоваться местной вентиляцией, так как пары некоторых видов припоя ядовиты.

При обращении с баллонами углекислоты нужно помнить, что газ содержится в них под большим давлением 150атм. Поэтому следует оберегать их от резких толчков, ударов. Запрещается применять неисправные манометры, редукторы, расходомеры. При откручивании вентиля баллона необходимо пользоваться баллонным ключом. В израсходованных баллонах должно быть остаточное давление.

Важную роль в создании нормальных условий работы играет освещение производственных помещений. Недостаточное освещение приводит к ухудшению зрения и утомляемости. Для предотвращения этого необходимо устранить искусственное освещение в соответствии с санитарно – техническими нормами [35].

10.2 Расчет вытяжной вентиляции

Необходимым условием при работе сварщика в закрытом помещении является удаление образующихся в процессе сварки вредных паров и газов.

Приведем расчет вытяжной вентиляции, как наиболее эффективной при очистке воздуха у рабочего места в закрытом помещении.

Известны нормы объема удаляемого газа при электродуговой сварке плавящимся электродом. Объем удаляемого газа должен быть не менее $V = 820 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{час}$.

Определим количество расплавленного металла в час при сварке плавящимся электродом, вес одного метра электродной проволоки [35].

$$P = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma}{4} = 3,14 \cdot 0,002^2 \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 0,024 \text{ кг}, \quad (17)$$

где d – диаметр электродной проволоки, $d=2\text{мм}$;

γ – удельный вес стали, $7,8 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{час}$.

Длина расплавляемой проволоки в час:

$$l = V_g \cdot 3600 = 0,065 \cdot 3600 = 234 \text{ м/час}, \quad (18)$$

где V_g – скорость подачи проволоки, $V=0,065 \text{ м/час}$.

Объем воздуха, который необходимо удалить от места сварки в течении часа:

$$V_{уд} = V \cdot P = 820 \cdot 5,6 = 4400 \text{ м}^3/\text{час}. \quad (19)$$

Требуемая производительность вентилятора:

$$V_B = V_{уд} \cdot k = 4400 \cdot 1,12 = 4950 \text{ м}^3/\text{час}, \quad (20)$$

где k – коэффициент учитывающий потери, $k = 1,12$.

На основании расчетов выбираем вентилятор МЦ-5 производительность 5000 м³/час, при котором вращение вала $n = 2800$ об/мин.

Для подобных систем принимаем напор воздуха $\sum H_i = 150 \text{ кг/м}^3$.

Требуемая мощность на валу вентилятора:

$$P = 9,81 \cdot \frac{V_B \cdot \sum H_i}{3600 \cdot n_B} = \frac{4950 \cdot 150}{3600 \cdot 0,64} \cdot 9,81 = 3,18 \text{ кВт}, \quad (21)$$

где n_B – коэффициент полезного действия вентилятора, $n_B = 0,64$.

Установленная мощность вентилятора:

$$P_{уст} = k \cdot P = 1,17 \cdot 3,18 = 3,7 \text{ кВт}, \quad (22)$$

где k – коэффициент запаса, $k = 1,17$.

Выбираем для вентилятора двигатель асинхронный, обдуваемый, тип АО, $P_H = 4 \text{ кВт}$ – номинальная мощность, $n = 2880$ об/мин – скорость вращения при номинальном моменте. $\eta = 85,5\%$ - коэффициент мощности двигателя.

Номинальный момент нагрузки вентилятора:

$$M_B = \frac{P_{уст}}{n \cdot \frac{\pi}{30}} = \frac{3,7}{2800 \cdot \frac{\pi}{30}} = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (23)$$

Номинальный момент нагрузки двигателя:

$$M_B = \frac{P_H}{n \cdot \frac{\pi}{30}} = \frac{4}{2800 \cdot \frac{\pi}{30}} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (24)$$

Отсюда видно, что система вентилятор – двигатель устойчива.

Схема вентиляции, рис. 22.

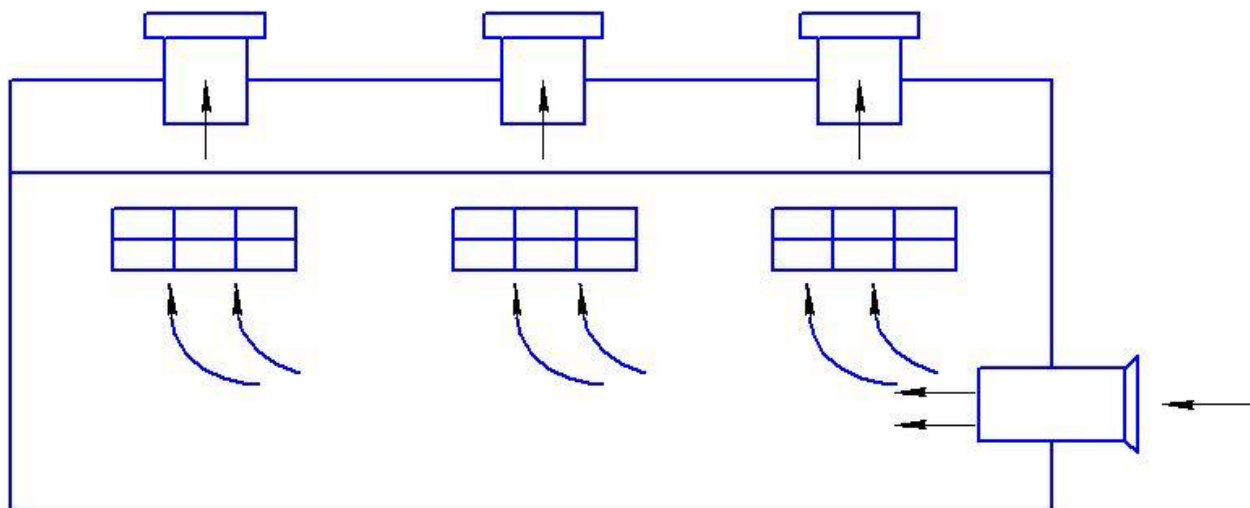


Рисунок 22 – Схема вентиляции.

10.3 Анализ причин электротравматизма

В общей массе травм на производстве с временной утратой трудоспособности вес электротравм незначителен - не более 2%. Однако среди травм с летальным исходом электротравмы занимают ведущее место - более 12%, то есть каждая седьмая смертельная травма вызвана электрическим током [36].

Основные причины массовости смертельного электротравматизма можно сформулировать следующим образом:

- физиологическая несовместимость электрического тока и биологических процессов в организме;
- отсутствие внешних признаков опасности оголенных токоведущих частей или металлических конструкций, случайно оказавшихся под напряжением (отсутствуют дым, свечение и другие устрашающие признаки);
- непонимание большинством работающих конкретной опасности контакта с токоведущими частями.

Проходя через организм человека, электрический ток производит:

- термическое действие;
- электролитическое действие;

- механическое действие;
- биологическое действие.

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, нервов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, в том числе и крови, что сопровождается значительными нарушениями их физико-химического состава.

Механическое (динамическое) действие тока выражается в расслоении, разрыве и других подобных повреждениях тканей организма, в том числе мышечной ткани, стенок кровеносных сосудов, сосудов легочной ткани и др., в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара от перегретой током тканевой жидкости и крови.

Биологическое действие тока проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, а также в нарушении внутренних биологических процессов [36].

10.3.1 Однополюсное (однофазное) прикосновение

В режиме однофазного прикосновения человек касается токоведущей части только одной точкой тела.

Однако режим однофазного прикосновения чаще возникает в условиях, когда человек этих правил не нарушает, прикасаясь не к токоведущей части, а лишь к корпусу электротехнического изделия.

Если в изделии имеется неисправность типа замыкания фазы на корпус, то корпус оборудования находится под напряжением. Именно в этом режиме происходит наибольшая часть травм от электрического тока.

В зависимости от вида электроустановки, условий эксплуатации и назначения электроприемников применяют защитное заземление, зануление,

защитное отключение, защитное шунтирование, защитное разделение сетей и контроль изоляции [36].

10.3.2 Расчет заземления

Расчет заземления ведем для оборудования, работающего под напряжением $U=380\text{В}$.

Используем трубы $\phi 45 \times 2,5\text{мм}$ длиной 3м и полосовую сталь сечением $40 \times 4\text{мм}$.

Заземление размещаем в ряд рис. 23. Устанавливаем на глубину 0,8м. а расстояние между трубами принимаем равным $l=3\text{м}$, $l_{mp}=9\text{м}$.

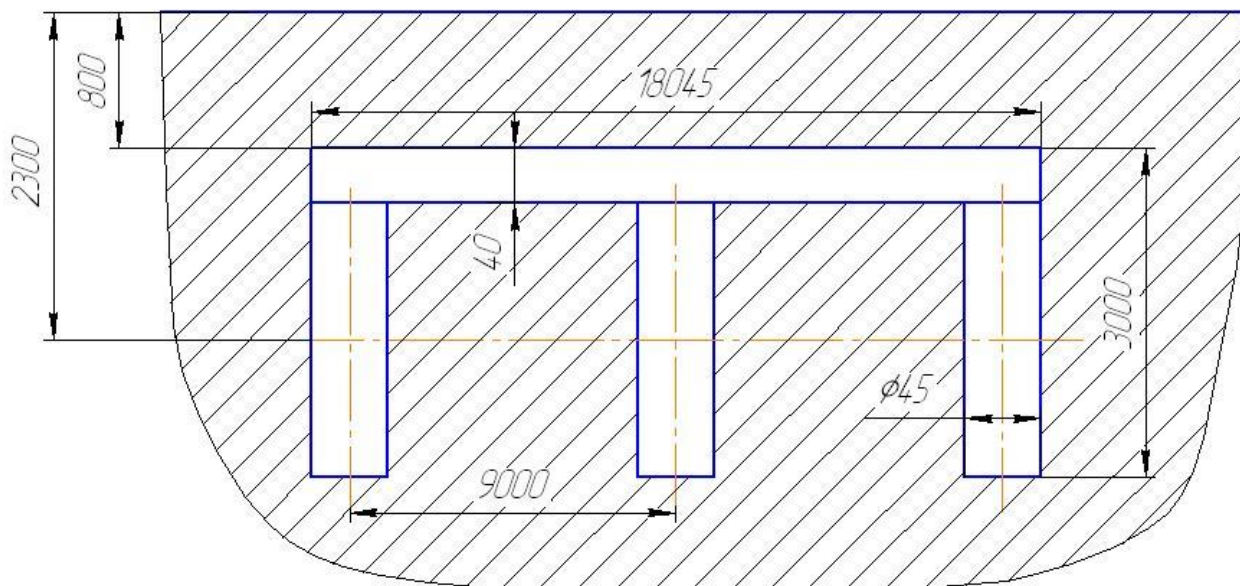


Рисунок 23 – Схема устройства искусственного группового заземления

По таблице [1] определяем допустимое сопротивление заземления $\rho_d = 4,0\text{ Ом}$. Удельное сопротивление грунта $\rho_r = 2 \cdot 10^4\text{ Ом}$.

Учитывая возможность промерзания грунта зимой и просыхание летом определяем расчетное значение удельного сопротивления заземления одной трубы ρ_3 и удельное сопротивления соединяющих полос.

$$\rho_3 = \rho_r \cdot k_3; \quad (25)$$

$$\rho_n = \rho_r \cdot k_n. \quad (26)$$

где $k_э$ и k_n – коэффициенты повышения для определения районов (климатических).

Эти коэффициенты находим по таблице: $k_э = 1,5$; $k_n = 1,8$.

$$\rho_э = 2 \cdot 10^4 \cdot 1,5 = 3 \cdot 10^4;$$

$$\rho_n = 2 \cdot 10^4 \cdot 1,8 = 3,6 \cdot 10^4.$$

Величину сопротивления одной трубы по формуле [1].

$$R_э = \frac{\rho_э}{2 \cdot \pi \cdot l_{тр}} \cdot \left(lg \frac{2 \cdot l_{тр}}{d} + 0,5 \cdot lg \frac{4 \cdot n_{тр} + l_{тр}}{4 \cdot n_{тр} - l_{тр}} \right); \quad (27)$$

где $l_{тр}$ - длина трубы, см;

$n_{тр}$ - глубина заложения трубы в землю, см;

d - диаметр трубы, см.

$$R_э = \frac{3 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 300} \cdot \left(lg \frac{2 \cdot 300}{45} + 0,5 \cdot lg \frac{4 \cdot 80 + 300}{4 \cdot 80 - 300} \right) = 45,4 \text{ м.}$$

Требуемое число трубчатых заземлений определяем по формуле [1].

$$n = \frac{R_э}{\rho_д} = \frac{45,4}{45} = 11,38 \quad (28)$$

Учитывая, что трубы соединены заземляющей полосой, которая выполняет роль заземления, принимаем $n=11$.

Длина соединительной полосы определяется по формуле:

$$l_n = 1,05 \cdot Q \cdot (n - 1); \quad (29)$$

где Q – расстояние между трубами.

$$l_n = 1,05 \cdot 9 \cdot (11 - 1) = 90,5 \text{ м.}$$

Сопротивление соединительной полосы:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot lg \frac{2 \cdot l_n^2}{n_{тр} \cdot b}; \quad (30)$$

где b – ширина полосы.

$$R_n = \frac{3,6 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 9050} \cdot \lg \frac{2 \cdot 9050^2}{80 \cdot 0,4} = 8,56 \text{ Ом.}$$

Результирующее R_e с учетом коэффициента использования труб $\eta_{тр} = 0,87$; $\eta_n = 0,4$.

Определяем по формуле:

$$R_e = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_{тр} \cdot n} = 3,78 \text{ Ом.} \quad (31)$$

Результат проверки подтвердил правильность расчета.

10.4 Противопожарные мероприятия

Пожары на предприятиях представляют большую опасность для работающих и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопрос обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и помещений имеет государственное значение. Пожары могут возникнуть либо из-за халатности работников, либо как стихийное бедствие [35].

В процессе эксплуатации экспериментальных установок пожар может возникнуть в случае короткого замыкания. Для предотвращения этого обязательно должны быть устройства защиты от короткого замыкания. К ним относятся: плавкие вставки, токовые реле, автоматы и т.п.

Пожар также может возникнуть в результате перегрузок установок и вследствие этого перегрева проводов, при попадании брызг расплавленного металла на легко воспламеняющиеся материалы. Пожар также может возникнуть из-за самовозгорания промасленной ветоши и других материалов склонных к самовозгоранию.

Работы выполняются на сварочном участке по взрывопожарной и пожарной опасности категории помещений «Г».

Необходимо проводить следующие мероприятия по предупреждению пожаров [35]:

- по возможности в помещении должно находиться минимальное количество сгораемых материалов;
- в помещении, где постоянно проводятся сварочные работы, должны быть бетонные полы;
- не допускать перегрузки источников питания сварочной дуги, для этого в цепи питания источника должен быть автомат, отключающий источник питания при перегрузке;
- во избежание искрения, соединительные провода и кабель подключать в соответствии с правилами электробезопасности и тщательно изолировать.
- каждый сварочный пост должен иметь средства пожаротушения огнетушители ОП-3 и ПУ-3, бачок или ведро с водой, а также ящик с песком и лопатой.
- после окончания сварочных работ следует проверять рабочее место, помещение и зону, где производились сварочные работы и не оставлять открытого пламени и тлеющих предметов.

При возникновении пожара необходимо отключать от сети сварочный аппарат и принять меры к тушению пожара первичными средствами. Включение сварочного аппарата после ликвидации пожара допускается лишь после очистки и продувки всего электрооборудования и проверки установки.

При возникновении пожара люди должны покинуть помещение в течение минимального времени, которое определяется кратчайшим расстоянием от места их нахождения до выхода наружу [35].

10.5 Охрана окружающей среды

Проблема загрязнения окружающей среды очень актуальна в наше время, она носит глобальный характер. Несомненно, загрязнение отрицательно влияет на развитие и жизнь живых организмов биосферы, а также неблагоприятно отражается на будущих поколениях людей. Я рассматриваю искусственные (автомобильный транспорт, бытовые отходы) загрязнения окружающей среды.

Также, выделяю физические загрязнения, к которым относятся тепловые, шумовые, радиационные загрязнения.

В России утвержден ряд ГОСТов, которые регламентируют нормы выбросов в атмосферу, рекомендуют методы измерений содержания в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, правила размещения пунктов наблюдения, состав, частоту и программы наблюдений. Разработан ГОСТ терминов и определений, имеющих отношение к охране атмосферного воздуха, к составу загрязняющих веществ по токсичности. Основными документами, регулирующими охрану и рациональное использование атмосферного воздуха, служат ГОСТы ряда «Охрана природы. Атмосфера»:

- Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеводородов в отработанных газах автомобилей с бензиновыми двигателями;
- Нормы и методы измерений дымности отработанных газов тракторных и комбайновых дизелей;
- Правила контроля качества воздуха населенных пунктов;
- Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями;
- Правила контроля качества воздуха населенных пунктов;
- Инструкция о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохраных мероприятий и выдаче разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу.

Кроме общегосударственной нормативной базы, регулирующей глобальные вопросы охраны атмосферы и ее рациональное использование, государственное природопользование регулируется также в каждом субъекте Российской Федерации государственными комитетами экологии и природных ресурсов, комитетами по геологии и использованию недр, территориальными комитетами государственного мониторинга геологической среды [37].

10.5.1 Искусственные источники загрязнения

К искусственным (антропогенным) источникам загрязнения атмосферы относятся промышленные и теплоэнергетические предприятия, транспорт, системы отопления жилищ, сельское хозяйство, бытовые отходы. Этот источник загрязнения наиболее опасен для атмосферы, так как способствует поступлению в атмосферный воздух инородных, не свойственных естественным условиям газов и веществ. По агрегатному состоянию все загрязняющие вещества антропогенного происхождения подразделяются на твердые, жидкие и газообразные, причем последние составляют около 90 % от общей массы выбрасываемых в атмосферу искусственных загрязняющих веществ [38].

Быстрый рост промышленности и транспорта в XX в. привел к тому, что выброшенные в воздух вещества не успевают рассеяться к моменту поступления в атмосферу новой порции загрязнения. Их концентрация увеличивается, и они становятся причиной вредных и даже фатальных последствий для биосферы.

Загрязнение атмосферного воздуха в промышленных городах и городских агломерациях значительно выше, чем на прилегающих территориях. Так, по данным американских ученых, концентрация различных веществ в городах следующим образом относится к средним (фоновым) показателям этих веществ в тропосфере (в частях на 1млн частей): SO_2 – 0,3/0,0002 – 0,0004; NO_2 – 0,05/0,001 – 0,003; O_3 – во время смогов – до 0,5/0,01 – 0,03; CO - 4/0,1; NH_3 - 2/1 – 1,5; пыль (в мкг/м^3) – 100/1 – 30 [38].

10.5.2 Физические загрязнения

Физические загрязнения – загрязнения, изменяющие физические свойства окружающей среды. Они связаны с поступлением во внешнюю среду различных энергетических загрязнителей. Выделяют: тепловые, шумовые, радиационные физические загрязнения.

Тепловые физические загрязнения. В промышленных центрах и крупных городах атмосфера подвергается тепловому загрязнению в связи с тем, что в

атмосферу поступают вещества с более высокой температурой, чем окружающий воздух. Температура выбросов обычно выше средней многолетней температуры приземного слоя воздуха. Из труб промышленных предприятий, выхлопных труб двигателей внутреннего сгорания, при отоплении домов, лесных пожарах выделяются вещества, нагретые до 60° и более. Среднегодовая температура атмосферного воздуха над крупными городами и промышленными центрами на 6-7 °С выше температуры воздуха прилегающих территорий [38].

10.5.3 Шумовые физические загрязнения

Шум стал фактором социального значения. Слабые шумы до 30 дБ (шелест листвы, тихая музыка, шум прибора) действуют на человека успокаивающе. Шум в 90-120 дБ (от автотранспорта, метро, реактивных самолетов, строительных механизмов и даже музыки на дискотеках) воспринимается как грохот. Такие шумы раздражают, разрушают нервные клетки, приводят к возникновению опасных психических заболеваний. От длительного воздействия шума возникают нарушение и потеря слуха, патологические изменения в вегетативной нервной системе, расстройство периферического кровообращения, гипертония. Шум в 80 дБ снижает работоспособность, увеличивает колебания артериального давления, резко ухудшает ориентацию в пространстве и восприятие происходящего [38].

10.5.4 Радиационные физические загрязнения

К источникам данного загрязнения относятся экспериментальные взрывы атомных, водородных и нейтронных бомб, различные производства, связанные с изготовлением термоядерного оружия, атомные реакторы и электростанции, предприятия, где используются радиоактивные вещества, станции по дезактивации радиоактивных отходов, захоронения отходов атомных предприятий и установок, аварии или утечки на предприятиях, где производится и используется ядерное топливо. Естественные источники радиоактивного загрязнения атмосферы связаны с выходами на поверхность урановых руд и

горных пород, имеющих повышенную природную радиоактивность (граниты, гранодиориты, пегматиты). Радиационное загрязнение атмосферы чрезвычайно опасно, так как радионуклиды с воздухом попадают в организм и поражают жизненно важные органы человека. Его влияние сказывается не только на ныне живущих поколениях, но и на их потомках (появление многочисленных мутаций). Даже в районах умеренного радиационного загрязнения увеличивается число людей, заболевших лейкозами. Наибольшее загрязнение атмосферы происходит при взрыве термоядерных устройств. Образующиеся при этом изотопы становятся источником радиоактивного распада в течение длительного времени. Радиоактивные вещества распространяются не только воздушным путем. В миграции радиоактивных элементов большую роль играют цепи питания : из воды эти элементы поглощаются планктоном, который служит пищей для рыб, они, в свою очередь, поедаются хищными рыбами, рыбоядными птицами и зверями и т.д.

10.6 Чрезвычайные ситуации

Главная задача при чрезвычайных ситуациях – защита населения от возможных средств поражения. Выполнение этой задачи достигается укрытием населения в защитных сооружениях, эвакуацией его из городов и обеспечением индивидуальными средствами защиты от оружия массового поражения.

В современных условиях защита осуществляется путем проведения комплекса мероприятий, включающих при способа защиты:

1. Укрытие людей в защитных сооружениях;
2. Рассредоточение и эвакуация;
3. Обеспечение индивидуальными средствами защиты.

Радиоактивное заражение местности, воды и воздушного пространства возникает в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва. Местность считается зараженной при уровне радиации от 0,5 р/час и выше. Заражение предметов, техники и кожаных покровов человека измеряется в миллирентгенах в час. Характерной особенностью радиоактивного взрыва

является то, что постоянно происходит спад радиации во времени в следствие распада радиоактивных веществ, выпадающих из ядерного взрыва. Заражение человека радиоактивными веществами ведет к облучению, которое может вызвать лучевую болезнь.

На промышленных объектах здания могут обеспечивать частичную от радиации в случае заражения местности и воздуха. Предельно допускаемая величина зараженности оборудования 200 мр/ч. При таком заражении можно пользоваться оборудованием, не подвергаясь опасности поражения.

Дезактивация – это удаление радиоактивных веществ с зараженных объектов, а также очистка от радиоактивных веществ вода, пищевых продуктов.

Дезактивация проводится в тех случаях, когда степень заражения превышает допустимые пределы. Дезактивацию территории проводят следующими способами:

- Сметанием радиоактивных веществ подметальном – уборочным машинами с участков территории, имеющих асфальтное или бетонное покрытие;
- Смытием радиоактивной пыли струей воды под большим давлением;
- Срезанием зараженного слоя грунта толщиной 5-10 см дорожными машинами;
- Засыпкой зараженных участков территории незараженным грунтом толщиной 8-10см;
- Перепахиванием зараженной территории тракторами плугами на глубину до 20см;
- Устройством настилов для проездов и проходов по незараженной территории (такой способ применяется в том случае, когда другие способы применить нельзя);
- В зимнее время дезактивацию проводят, убирая снег и лед (срезается верхний слой толщиной до 20см и скалывается лед).

В цехах промышленных предприятий и гаражах, имеющих водостоки и цементный пол, дезактивацию проводится обмыванием водой из шланга

потолка, стен и пола. Станки и оборудование дезактивируются водой или мыльно – содовым раствором, а смазанные части керосином или бензином.

Полнота дезактивации проверяется радиометром (внутри помещения заражение не должно превышать 90 мр/ч). Если степень заражения превышает 200 мр/ч, то проведение дезактивации обязательно.

При проектировании новых цехов необходимо предусмотреть строительство убежища для защиты работающей смены. Убежища должны обеспечивать защиту от проникающей радиации и радиоактивного заражения, оборудоваться вентиляционными установками, санитарно – техническими приборами, а также средствами очистки воздуха от отравляющих веществ и биологических аэрозолей.

В убежище необходимо предусмотреть отсеки для укрытия людей, фильтровентиляционную камеру, медицинскую камеру, санитарные узлы, кладовую для хранения продуктов питания, вход и аварийный выход.

Убежище должно иметь телефонную связь с пунктом управления предприятия и репродуктор, подключенный к городской или местной радиотрансляционной сети.

Канализация и водоснабжение убежища осуществляется на базе городских сетей. В убежищах должно предусматриваться отопление от теплоцентрали. Для регулирования температуры и отключения отопления устанавливается запорная арматура.

В мирное время предусматривается использование убежища под учебный пункт гражданской обороны. Перевод таких помещений на режим чрезвычайных ситуаций должен осуществляться в кратчайший срок.

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы проведен анализ существующих методов и систем импульсного управления. Проведенный выше показал, что наиболее полно требования к процессу управления механизмом коротких замыканий отражены в способе с управлением всеми фазами периода каплеобразования, на основе которых могут быть сформулированы требования к системе и цель работы и задачи исследования.

Выбранный алгоритм управления механизмом коротких замыканий, при котором для ускорения перехода капли в сварочную ванну во время короткого замыкания за счет наложения импульса сварочного тока, начинающегося с запозданием по отношению к началу короткого замыкания и заканчивающегося заведомо раньше окончания короткого замыкания, позволяет осуществить стабильный процесс без контроля разрыва перемычки между каплей и электродом без обратной связи.

Благодаря выбранному алгоритму повышается надежность работы системы, гарантированный переход капли при каждом коротком замыкании и упрощаются схемные решения.

Для реализации выбранного алгоритма создана импульсная система управления механизмом коротких замыканий. Принцип действия системы иллюстрируется функциональной схемой и принципиальной электрической схемой, и блоками входящих в ее состав. В работе предложены и практически проверены новые схемные решения: датчик с закрытым входом на время импульса ускоряющего переход капли; схемные решения перезаряда коммутирующего конденсатора через дуговой промежуток, формирующее одновременно импульс ускоряющего переход капли в сварочную ванну; резервные цепи обеспечивающие форсировку первоначального возбуждения дуги и надежную работу системы при различных возмущениях.

Электрическая схема выполнена на интегральных микросхемах. Использование этих решений обеспечивает надежную работу системы и формирования сварного шва, что иллюстрируется наплавленными валиками.

При создается возможность в широких пределах регулировать ширину шва за счет изменения напряжения дуги без нарушения процесса сварки.

Автоматическую сварку в CO_2 с импульсным управляемым механизмом коротких замыканий в данном случае применять целесообразно и экономически выгодно. Так как при использовании системы с импульсным управлением механизмом коротких замыканий при автоматической сварке в CO_2 протекает более стабильный процесс сварки, что приводит к уменьшению разбрызгивания электродного металла, снижается разбрызгивание до 1 %, повышается эффективность использования (годовой экономический эффект при годовом объеме продукции 11594 ед/год составляет 82998 рублей) и повышается комфортность работы сварщика.

При этом заметно увеличивается качество сварных соединений, что приводит к снижению брака.

Наряду с этим данная система позволяет существенно снизить затраты на сварочные материалы, электроэнергию, рабочего времени на выполнение работ и др. Поэтому применение данной системы более предпочтительнее с точки зрения технико – экономического анализа.

При этом рассмотрены вопросы социальной ответственности.

Список используемых источников

- 1 Кавешников С.П., Белоусов А.Н., Павлов В.Ф., Полосков С.И. Безредукторные механизмы импульсной подачи сварочной проволоки// Сварочное производство.-1984.-№5.-С. 12-17
- 2 Ленивкин В.А., Дюргеров Н.Г., Сагиров Х.Н. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах.-М: Машиностроение, 1986.-264С.
- 3 Попков А.М. О длительности циклов при сварке с систематическими короткими замыканиями дугового промежутка//Сварочное производство.-1970.-№7.-С.27-29
- 4 Доронин В.П., Попков А.М., Еланцев А.И. Уменьшение разбрызгивания металла при сварке с короткими замыканиями. – В. КН.: Вопросы сварочного производства, сб. научных трудов ЧПИ.- 1975.-№168.- С. 138-143
- 5 Заруба И.И. Механизм разбрызгивания металла при дуговой сварке// Автоматическая сварка.- 1970.- №11.- С.12-16
- 6 Заруба И.И. Условие устойчивости процесса сварки с короткими замыканиями//Автоматическая сварка.-1971.-№2.-С.1-4
- 7 Акулов А.И. и др. Действие газодинамического удара, возникающего при разрыве перемычки электродного металла, при сварке в CO_2 // Сварочное производство.-1967.-№12.-С.15-18
- 8 Белоусов В.Н., Остров Д.Д. К вопросу о разбрызгиванию металла при сварке в CO_2 с систематическими короткими замыканиями.- В сб.: Теория и практика сварочного производства, УПИ, Свердловск.-1978.-С. 15-18
- 9 Дюргеров Н.Г. Уменьшение разбрызгивания металла и стабилизация процесса сварки короткой дугой//Автоматическая сварка.-1972.-№6.-С. 48-49
- 10 Чернышов Г.Г., Акулов А.И. Воздействие газодинамического удара на ванну металла при сварке на весу в CO_2 // Сварочное производство.- 1971.-№5.-С. 12-14
- 11 Заруба И.И. Электрический взрыв как причина разбрызгивания металла//Автоматическая сварка.-1970.-№3.-С.14-18

- 12 Заруба И.И., Андреев В.В. Особенности применяемых способов ограничения тока короткого замыкания при сварке в углекислом газе// Автоматическая сварка.-1978.-№1.-С.5-9
- 13 Хейфенс А.Л., Пинчук И.С., Постушкин В.Ф. Роль электрического взрыва переключки и силового воздействия дуги в разбрызгивании металла при сварке с короткими замыканиями//Автоматическая сварка.-1978.-№10.-С. 26-28
- 14 Патон.Б.Е., Лебедев В.А., Микитин Я.И. Способ комбинированного управления переносом электродного металла при механизированной дуговой сварке//Сварочное производство.-2006.-№8-С.27-32
- 15 Гецкин О.Б., Вышемирский Е.М. Опыт разработки и применения современных отечественных технологий и оборудования для автоматической орбитальной сварки магистральных газопроводов// Сварка и диагностика.-2010.-№6-С.51-57
- 16 А.с. 768108 СССР, М.кл³. В 23 К9/00. Способ электродуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка./ Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Дедюх Р.И. – Оpubл. 15.01.84, Бюл. №2
- 17 А.с. 1098144 СССР, М.кл⁴. В 23 К9/00. Устройство для дуговой сварки с короткими замыканиями./ Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Дедюх Р.И. и др. – Оpubл. 23.10.85, Бюл. №39
- 18 А.с. 1058170 СССР, М.кл⁴. В 23 К9/00. Устройство для дуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка./ Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Тимошенко А.К. и др. – Оpubл. 23.06.85, Бюл. №23
- 19 Разработка системы автоматической стабилизации процесса сварки в среде CO₂ с короткими замыканиями: заключительный отчет № г.р. 75042842, тема 4-9/75 ТПИ/Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Томск, 1978, с.2-14.
- 20 Квасов Ф.В. Особенности механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла //Сварочное производство. - 1999. - № 8.
- 21 А.С. № 768108 (СССР). Способ для двухэлектродной сварки с короткими замыканиями дугового промежутка и устройство для его реализации/Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Тимошенко А.К., Колесин С.А.

- 22 А.С. № 1098144 (СССР). Устройство для дуговой сварки с короткими замыканиями/Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Дедюх Р.И. и др.
- 23 А.С. № 1058170 (СССР). Устройство для дуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка/Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Тимошенко А.К.
- 24 А.С. № 1098146 (СССР). Устройство для дуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка /Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Мазель А.Г. и др.
- 25 Импульсный стабилизатор дугового напряжения при сварке в среде защитных газов: заключительный отчет № г.р. 78045096, тема 4-70/77 ТПИ/Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Тимошенко А.К., Томск, 1979, с. 6-32.
- 26 Разработка системы импульсной стабилизации процесса сварки с короткими замыканиями и исследование повышения качества длинной дугой: заключительный отчет № г.р. 79048159, тема 4-11/79 ТПИ/Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Долгун В.Г. и др., Томск, 1980, с. 40-61.
- 27 Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н. Система импульсной стабилизации процесса сварки в среде CO_2 короткой дугой.- В кн.: Разработка, исследование и внедрение новых источников питания сварочной дуги. Тезисы докл., Вильнюс, 1981, с. 26-28.
- 28 А.с. № 487728 (СССР). Устройство для сварки/Зайцев А.И., Князьков А.Ф., Щепкин Е.В., Максимов А.С., Сараев Ю.Н. – опубл. в Б.И., 1975, № 38.
- 29 А.с. № 579112 (СССР). Устройство для сварки/Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Ушаков С.В. и др. – опубл. в Б.И., 1977, № 41.
- 30 А.С. № 2884984 (СССР). Устройство для дуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка/ Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н.
- 31 А.С. № 2911363 (СССР). Устройство для электродуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка/ Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н., Костюков Ю.П.
- 32 А.с. № 893441 (СССР). Многопостовое устройство для электродуговой сварки/ Князьков А.Ф., Сараев Ю.Н. – опубл. в Б.И., 1981, № 48.

- 33 Менеджмент. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности (150202) оборудование и технология сварочного производства /Сост. Ю.С.Прокофьев. - Томск: Изд – во ТПУ, 2006. – 56с.
- 34 Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении. – М., 1976 г.
- 35 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.– М.: Энергия, 1979. - 408 с.
- 36 Константинов В.М., Челидзе Ю.Б. учебное пособие «Экологические основы природопользования», 3-е изд., М.: Издательский центр «Академия», 2004.
- 37 Акимова Т.А., Хаскин В.В. «Уч. экология», М.: Издательское объединение «ЮНИТИ», 1998 г.

Приложение

Раздел №2

Обоснование алгоритма управления механизмом коротких замыканий

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM51	Табанов Артур Меирканович		

Консультант кафедры ОТСП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Слободян Михаил Степанович	к.т.н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯФТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Казанцев Андрей Юрьевич	к.ф.н.		

2 Justification of the algorithm for controlling the mechanism of short circuits

The process of CO₂ shielded consumable electrode welding [1] got a wide use in the industry due to its advantages. But existing disadvantages in some cases limit the extension of its application area.

The analysis of the process of CO₂ welding shows that large exposure of short circuits' mechanism to external disturbances is the main reason of these disadvantages. The process of metal transfer during short-arc welding exists during short circuits (further named SC). The study of SC's mechanism and the possibility of its management is an actual aim because the process of CO₂ welding with SC is one of the mass welding processes.

According to modern concepts, SC's mechanism can be imagined in the following way. The main reason of SC is that welding is led along the length of arc just the same as the size of drop. Decreasing length of arc, leading to short-circuiting of arc space, is determined by the following reasons:

- Increase of drop's size;
- Drop's intention to take coaxial position with an electrode;
- Electrode feed;
- Counter movement of welding pool before short circuit in the process of its oscillation under forces' impact, appearing during SC and rupture of short-circuiting jumper.

The study of current's oscillograms and voltage of arc space shows that SC's duration and current at the moment of its termination are different during every certain SC, so extension of arc space during short-circuiting jumper's rupture is unstable for different periods of drops' formation that it generates non-periodicity of drops' formation and leads to different primary conditions of drops' formation process. It leads to impairment of welded seam's formation especially in the positions different from low one and increase splashing. It should be mentioned the significant role of welding pool's oscillations in the short circuits' mechanism. Welding pool has ultimate amplitude and frequency of its oscillations, which cannot be exceeded as it can lead to interruption of process. It is especially dangerous in the positions of welding pool different from low one.

It is difficult to describe the process mathematically and to calculate the moment of short circuit's start, so while studying CO₂ welding process with SC people use the methods of mathematical statistics.

The primary conditions, appropriate to the moment of SC's start, are unstable (the sizes of drops, their coaxiality with an electrode, the phases of welding pool's oscillations, current level, arc space's length, etc.). It leads in its turn to instability of regime's parameters at the time of SC as well as at the time of drop melting, producing in its turn instability of the primary conditions. Due to this welding process is characterized by:

- large exposure to external disturbances and connected with this one instability of process (period of drops' formation);
- low regulating abilities, as process proceed normally in the narrow range of arc space's voltages;
- increased splashing;
- non-optimal form of seam.

Many works are known in the literature that directed to removal of these disadvantages. they can be divided in some groups according to principle of impact on welding process:

- stabilization of average parameters of regime ($U_d I_d f_k$);
- impact on regime's parameters during particular phases of period of drops' formation [6,7,9,11];
- stabilization of period of drops' formation at whole and at the same time of particular stages based on impulse supply.

In our opinion the last variant is more perspective. the meaning of process is forced providing of short circuits by impulse management of energetic parameters of welding arc.

Nowadays priority directions of removal of the mentioned disadvantages and of improvement of CO₂ shielded metal welding process are creation of methods and means, providing management of melt kinetics and electrode metal's transfer during period of drops' formation by instantaneous values of regime's parameters [10,11].

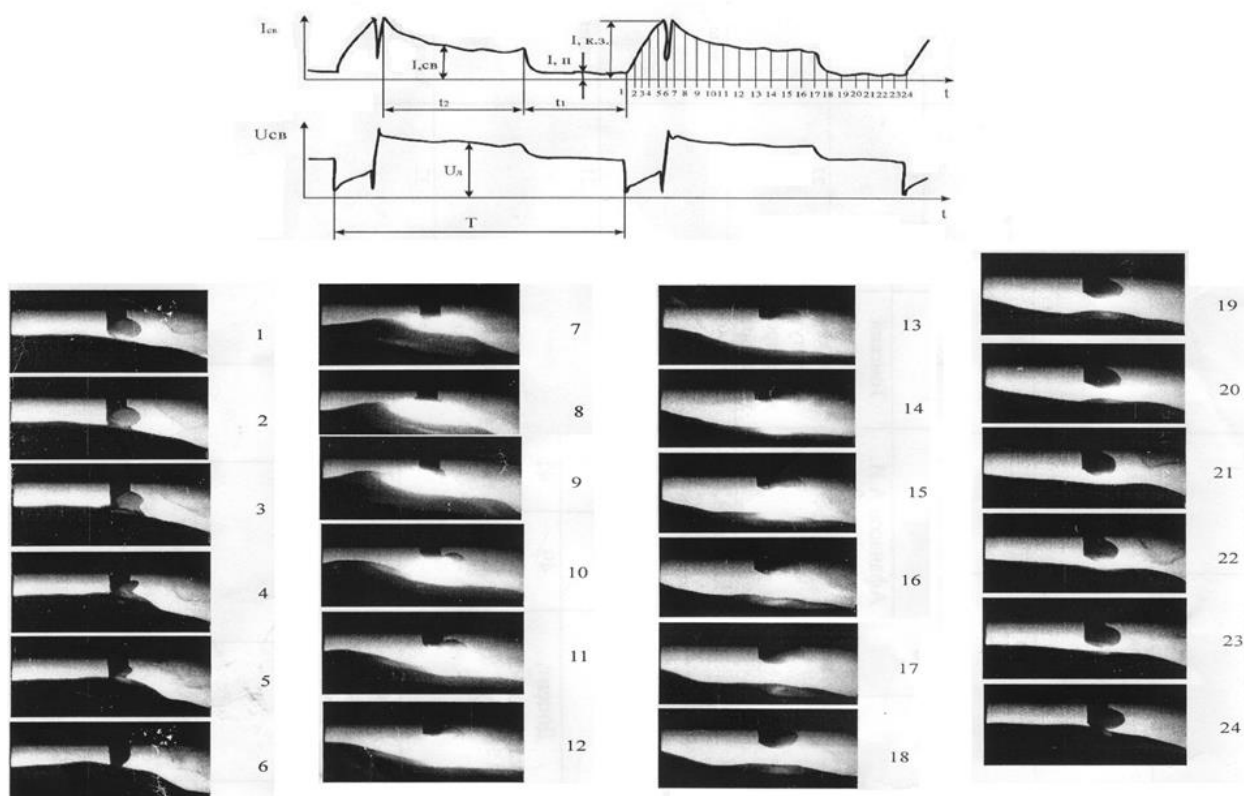
So in the work [2] it was proposed to enter periodically current decrease for forced formation of SC with the aim of drop's transfer to welding pool and to providing their almost periodic transfer. Further the amount of algorithms of drops' transfer management increased notably. It was developed so many methods of management of short circuits' mechanism by particular phases of drops' formation as well as by period of drops' formation at whole in all the phases.

For creation of models of short circuits' mechanism, of algorithms of their management and systems of welding arc's supply it is necessary to know the role of drop and welding pool in the decreasing arc space during sharp current decrease, providing forced SC and drop's transfer to welding pool. But in scientific and technical literature except [3], there is not detailed analysis of drop's movement and welding pool and their shared parts in arc space's decrease and SC's creation during sharp current decrease. In some works it is shown the results of welding pool's movements during ordinary CO₂ welding process with SC, but there are not such data during controlled SC's mechanism [12]. While reliable information about this process is very important for studying kinetics of melting and transfer of electrode metal, especially in the positions different from low one.

The aim of this work is determination of the role of drop and welding pool in the creation of SC of arc space during CO₂ welding.

For this purpose we should observe the process [4], for which in the picture 1 synchronous kinograms with the oscillograms of current and voltage are represented. At the present time this process abbreviated as STT is widely used in the welding practice.

In this process for drop's transfer in the welding pool forced SC are created by current decrease until the meaning of a few dozens of ampere. At the same time the forces that influence on the drop and welding pool acutely fall. Metal of welding pool along the surface of crystallization's front, partly crystallized, under its own weight start to return under an electrode. The drop, pressed by forces' action, aims to take coaxial position with an electrode. In the results of counter movements of drop and welding pool, their contact appears in the first touching, as welding current is minor. The creation of stable jumper appears between continuous electrode and welding pool.



Pic.1 Oscillograms of current and voltage of welding cycle with controlled SC's mechanism synchronously with kinograms ($U_i=37\text{ B}$, $U_a=26-26.5\text{ B}$, $I_w=155-165\text{ A}$, $V_w=15\text{ m/h}$, $L_e=11\text{ mm}$.)

The drop of electrode metal transfers into welding pool under influence of the complex of forces. The jumper appears at the time of rupture of which current decrease until 15-30 ampere.

From the moment of jumper's rupture and arc starting at the moment of time t_7 the energy is dosed, that is used for drop's melting (the variant of dosing by melting's time). After melting drop of certain size at the moment of time t_{17} welding current decrease until the meaning of a few dozens of ampere, providing forced short circuit. On the interval from t_7 to t_{17} it is decreasing the length of arc space till its shorting by supply of wire, counter movement of welding pool and movement melting drop to the coaxial position with an electrode.

As on this interval arc pressure is minor due to small amount of current, so the role of welding pool's movement (as well as drop) greatly increases compared ordinary process.

At the moment of time t_{24} (as well as at the moment of time t_1) next SC happens, and as to this moment primary conditions almost similar for every process of drops' formation, so far as on the interval from t_7 to t_{17} energetic parameters are unchangeable, so current curve of SC will be almost the same for every SC, as well as SC's duration.

So kinetics of processes of drops' formation is drawn into synchronism with the change of energetic parameters. The complex of actions, describing above, provides similar primary conditions at the moment of SC's start and during the whole periodic process.

This process as well as ordinary one is characterized by average current and arc space's voltage and is controlled by indicated instruments. It is necessary to install the following parameters:

U_i - voltage of idling (V); V_f - speed of electrode feed (m/h); V_w - speed of welding (m/h); L_e - electrode extension (mm); t_a - time of arcing for drop's melting (msec); $I_{p.a.}$ - pilot arc's current (A); α - angle of electrode's inclination ($^\circ$).

The following parameters will be derivative:

I_a - average current, $U_{a.a.}$ - average voltage of arc, I_{max} - maximal current of short circuit, I_{min} - minimal arcing, $U_{a.max}$ -maximal voltage of arcing, $U_{a.min}$ - minimal voltage of arcing, $I_{a.a}$ -average current during welding cycle (period of drop's transfer), $U_{a.a}$ - average voltage of arcing during welding cycle (period of drop's transfer), t_{sc} - duration of short circuit, t_p - duration of pause before SC, b - seam's width, g - height of seam's strengthening , h - depth of penetration.

Regime's installation on equal conditions should be made by two parameters of regime U_a and t_a . The peculiarity of welding process with management of short circuits' mechanism is overvoltage of idling compared with ordinary process, that allows to regulate the seam's width in a wide range. The pause of current before SC determines current increase on the interval of arcing, that increases intensity of self-regularity and impact on the main metal, strengthens welding pool's oscillations and contributes some setting of welding pool from an electrode. Due to current is lower at the moment of SC's start than in the ordinary process, it can be admitted high speeds of current increase of SC.