М370439

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

КОРЯЖКИН ВИКТОР ВАЛЕНТИНОВИЧ

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПИТАНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ГОРЕНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УЧЕТОМ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В МОНТАЖНЫХ УСЛОВИЯХ

(Специальность 05.04.05 – Технология и машины сварочного производства)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва – 1980

Работа выполнена в Брянском ордена Знак Почета институте транспортного машиностроения.

Научные руководители:
кандидат технических наук, доцент Г.Д.Шевченко
кандидат технических наук, доцент В.П.Лугин

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, доцент Э.А.Гладков
кандидат технических наук, доцент [illegible].В.Вавуло

Ведущее предприятие – указано в решении специализированного Совета

Защита состоится "___"_____ ____ 1980 г.
на заседании специализированного Совета Д053.15.07
по техн[illegible]
Москов[illegible]асного
Знамен[illegible]мана
по ад[illegible], д. 5.

[illegible]ечатью
просим[illegible]
([illegible]ека
МВТУ [illegible]

А[illegible]1980 г

У[illegible]
с[illegible]
д[illegible]
п[illegible]Стеклов

Подп[illegible].Л.
Тира[illegible] ЗАК. 789

М 370439

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана
1370439
Коряжкин В.В. Разработка и

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Комплексная программа развития сварочного производства страны в десятой пятилетке предусматривает значительное расширение номенклатуры и объема выпуска технологических и строительных конструкций из легких сплавов на основе алюминия и из низколегированных сталей.

Простота в обслуживании, надежность и мобильность сварочных трансформаторов обуславливают их преимущественное применение в качестве основных источников питания для ручной дуговой сварки в промышленности и, особенно, в ремонтных и строительных организациях. Однако наличие громадного парка сварочных трансформаторов не может решить проблемы обеспечения строительства необходимым количеством источников питания для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов и ручной сварки сталей неактивированными электродами фтористокальциевого типа вследствие низкой стабильности процесса горения дуги переменного тока.

М370439

В силу этого, совершенствование сварочных источников питания переменного тока, расширение их возможностей и сферы применения, разработка нового сварочного оборудования и технологических процессов являются важным резервом повышения эффективности сварочных работ. Об актуальности этой задачи также свидетельствует включение ее в планы новой техники Главтепломонтажа Минмонтажспецстроя СССР, Главэнергоремонта Министерства энергетики и электрификации СССР и важнейшей тематики научно-исследовательских работ Минвуза РСФСР на 1974 – 1980 годы.

Целью работы являлись исследование электродинамических процессов в сварочном контуре с малоустойчивой дугой переменного тока, разработка устройств для стабилизации ее горения и на их основе малогабаритных установок для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов, а также внедрение их в производство.

Методы исследования, использовавшиеся в работе, включали аналитические и экспериментальные исследования электрофизических явлений в межэлектродном промежутке, переходных процессов в сварочной цепи и анализ их нелинейных моделей на аналоговых и цифровых вычислительных машинах, а также применение новых методик оценки динамических свойств источников питания переменного тока при пов-

торных возбуждениях дуги и регистрации быстротечных электродинамических процессов с помощью электронных и запоминающих осциллографов, специально разработанных измерительных устройств и другой техники эксперимента.

Научная новизна работы состоит в разработке новой методики оценки динамических характеристик источников питания при повторных возбуждениях дуги переменного тока и стабилизирующих свойств сварочных материалов с применением машинных методов расчета на основе предложенной модели системы "Источник-Дуга" для сварочной цепи переменного тока, отражающей взаимосвязь линейности динамических характеристик источника питания с устойчивостью повторных возбуждений дугового разряда и новых устройств для зажигания и стабилизации горения сварочной дуги переменного тока с высокой эффективностью действия, схем их замещения, методики и программ расчета.

Практическая ценность работы состоит в разработке нового облегченного малогабаритного оборудования для сварки алюминиевых сплавов неплавящимся электродом в среде инертных газов и стабилизирующих импульсных генераторов для ручной сварки электродами с неактивированными фтористокальциевыми покрытиями с учетом их применения в монтажных условиях и использованием для питания дуги серийных сварочных трансформаторов, а также оборудования и технологии точечной дуговой сварки покрытий теплоизоляции из тонколистовых алюминиевых сплавов. Практическую ценность представляют также методика и устройство для оценки пригодности источников питания переменного тока и полученные сравнительные характеристики динамических свойств основных серийно выпускаемых сварочных трансформаторов.

Апробация работы. Основное содержание работы доложено на IУ Всесоюзной межвузовской конференции "Научные основы автоматизации производственных процессов в машиностроении и приборостроении" (Москва, 1975 г.), II и Ш Белорусских республиканских научно-технических конференциях "Механизация и автоматизация сварочного производства" (Могилев, 1975 г., 1978 г.), Литовской республиканской конференции "Пути ускорения технического прогресса и повышение эффективности сварочного производства в республике" (Вильнюс, 1977г.), отраслевом совещании-семинаре Главтепломонтажа Минмонтажспецстроя СССР "Дальнейшее развитие механизации теплоизоляционных работ"

Думана
РУКОПИСНАЯ
БИБЛИОТЕКА

(Казань,1976 г.), IУ конференции молодых исследователей ИЭС имени Е.О.Патона (Киев, 1977 г.).

Технология и оборудование для сварки покрытий теплоизоляции из алюминиевых сплавов, а также полупроводниковая аппаратура для возбуждения и стабилизации горения дуги переменного тока экспонировались на ВДНХ СССР (1977 и 1978 гг.) и отмечены бронзовыми медалями и дипломом НТТМ-78.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 28 печатных работ, в том числе 7 авторских свидетельств.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, изложенных на 191 странице машинописного текста, включая 83 рисунка и 5 таблиц, списка используемой литературы из 202 наименований и приложения, в котором приведены программы расчета и акты промышленного внедрения результатов выполненных разработок.

В первой главе проведен анализ отечественной и зарубежной облегченной сварочной аппаратуры, рассмотрены особенности эксплуатации оборудования для дуговой сварки на монтаже, основные требования к оборудованию для сварки алюминиевых сплавов неплавящимся электродом в среде инертных газов, а также процессы зажигания и горения дуги переменного тока.

Работами Б.Е.Патона, В.К.Лебедева,А.М.Залесского, И.Я.Рабиновича, Г.И.Лескова, И.И.Зарубы, И.К.Походни, В.А.Троицкого, А.И.Лаужадиса, А.А.Печенина, С.М.Белинского, а также зарубежных авторов А.Карера, И.Каса, А.Бесона, М.Шельгазе и др. показано,что надежность зажигания и устойчивость горения сварочной дуги переменного тока являются безусловными технологическими требованиями. Устойчивость протекания этих процессов определяется стабилизирующими свойствами сварочных материалов и защитной среды, динамическими характеристиками источников питания, а также воздействием дополнительных элементов сварочной цепи и вспомогательных устройств.

Систематизация экспериментальных и расчетных данных о взаимном влиянии вышеуказанных факторов и анализ методов повышения надежности зажигания и устойчивости горения сварочных дуг переменного тока, а также характеристик и конструктивных особенностей устройств для стабилизации ее горения показали, что решение задачи использования сварочных трансформаторов для питания низкоустойчивых дуг требует, прежде всего, дальнейшего совершенствования

методик оценки динамических свойств источников питания дуги и расчетной модели сварочной цепи переменного тока, выбора оптимальных критериев для определения пригодности сварочных трансформаторов, повышения эффективности и надежности стабилизирующих устройств, создания методики их расчета, а также определения оптимальных путей улучшения первоначального зажигания дуги при ручной сварке. Кроме этого, при разработке оборудования для сварки в монтажных условиях необходимо решить вопросы максимально возможного снижения массы различных элементов аппаратуры, ее рациональной компоновки при обеспечении высокой эффективности действия, мобильности и удобства эксплуатации.

Во второй главе исследовано влияние динамических свойств серийных сварочных трансформаторов на процессы повторных возбуждений дуги переменного тока.

Электрическая сварочная цепь, кроме дуги, содержит источник э.д.с., активные и реактивные элементы основного источника питания, соединительных проводов и, очень часто, различные элементы вспомогательных устройств. Поэтому ток и напряжение между электродами после погасания дуги определяются не только остаточными явлениями в межэлектродном промежутке, но и переходными процессами в других звеньях электрической цепи.

Как отмечено в первой главе, для определения стабилизирующих свойств сварочных материалов и оценки динамических характеристик источников питания при повторных возбуждениях дуги Б.Е.Патоном, Г.И.Лесковым, А.А.Печениным и В.А.Жуковым, И.К.Походней и другими авторами предложен ряд критериев, большинство из которых основано на измерении скорости нарастания сварочного тока или тока короткого замыкания после его перехода через нуль посредством электрического или графического дифференцирования экспериментальных данных, а также аналитического расчета с использованием гармонического анализа полученных осциллограмм, что по мнению многих исследователей не обеспечивает необходимой точности оценки и достаточно трудоемко.

Для упрощения экспериментального определения пригодности источников питания переменного тока и стабилизирующих свойств сварочных материалов, а также проверки и анализа основных критериев, применяющихся для оценки динамических свойств сварочных трансформаторов разработана универсальная методика, в основу которой поло-

жены одновременные наблюдения и регистрация фазовых траекторий тока в сварочной цепи $di_c/dt = f(i_c)$ и эквивалентного ему по амплитудному значению синусоидального тока $di_э/dt = f(i_э)$ с помощью двухлучевого электронного осциллографа и специального измерительного устройства. Методика обеспечивает необходимую точность измерений при фазовых и частотных искажениях напряжения питающей сети и предусматривает снятие фазовых траекторий тока как в режиме короткого замыкания (для критериев, предложенных А.Карером, А.А.Печениным и В.А.Жуковым, И.Касом и др.), так при горящей дуге (для критерия А.Бесона и видоизмененного В.Ю.Арлаускисом критерия И.Каса).

Сопоставление экспериментальных данных пригодности серийных сварочных трансформаторов, полученных при коротком замыкании сварочной цепи и в режиме движущейся дуги при сварке электродами УОНИ-13/55 и МР-3, показало в ряде случаев их существенное отличие.

Для изучения переходных процессов, происходящих в сварочной цепи переменного тока, особенностей его фазовых портретов, а также упрощения оценки пригодности источников питания предложена нелинейная схема замещения сварочного контура (рис.1), реализованная на двух АВМ МН-7М по уравнению

$$\frac{\tilde{X}_L}{\omega}\,\frac{di_c}{dt} + (\tilde{R}_м + R_ц)\,i_c = U_m \sin(\omega t + \Psi) \qquad (1)$$

где $R_ц$ - активное сопротивление цепи, а $X_L, R_м$ - нелинейные индуктивное и активное сопротивления источника питания и сварочной дуги, аппроксимируемые в виде кусочно-линейной непрерывной функции от величины напряжения, пропорционального времени ее моделирования, по уравнению

$$\tilde{x} = kt + b_i \sum_{i=1}^{i=n} (t - t_{i\,нач}) \qquad (2)$$

с помощью блоков нелинейных функций.

При отсутствии флуктуационных изменений проводимости межэлектродного промежутка, вызываемых переносом капель электродного металла, и постоянном фазовом сдвиге φ между током дуги и напряжением питающей сети, можно считать, что сопротивление $\tilde{R}_м$ является функцией времени. Точное аналитическое описание зависимости $R_м = f(t)$ в настоящее время не найдено, а известное выра-

жение, полученное А.М.Залесским из уравнения динамической дуги О.Майра, пригодно только для качественного анализа процессов при малых значениях токов. Кроме того, и в этом случае требуется очень сложное экспериментальное определение теплосодержания дуги и ее постоянной времени. Поэтому зависимости $R_м = f(t)$ для электродов различных марок, показанные на рис.2 получали экспериментально-расчетным путем по методике И.В.Кирдо. Адекватность схемы замещения проверялась сопоставлением фазовых траекторий "тока" модели с реальными фазовыми траекториями горящей дуги.

Предложенная схема замещения позволяет не проводя измерений на дуге, что сопряжено с определенными техническими трудностями, рассчитать скорость изменения преддугового тока, длительность процесса повторных возбуждений, величину напряжения зажигания и т.д. при заданной длине межэлектродного промежутка.

Исследованиями на модели, а также экспериментальной проверкой установлено, что асимметрия сварочного тока в течение полупериода горения дуги относительно эквивалентной синусоиды, определяемая термической инерционностью дуги, зависит от проводимости межэлектродного промежутка и динамических характеристик источника питания. При этом верхний предел скорости нарастания преддугового тока определяется только характеристиками источника питания при заданном положении регулятора сварочного тока. Анализ изменения составляющих, используемых в различных критериях для оценки динамических свойств сварочных трансформаторов показал, что оценка пригодности по критерию А.Бесона, несмотря на простоту его определения, в большинстве случаев дает ошибочный результат. Наибольшую точность оценки стабилизирующих свойств источников питания и сварочных материалов при повторных возбуждениях дуги обеспечивает критерий $K_{ф.э} = \frac{di_{min}/dt}{di_э/dt}$ при регистрации скоростей изменения токов в режиме движущейся дуги, где di_{min}/dt - минимальная величина скорости нарастания преддугового тока.

Анализом полученных экспериментальных и расчетных данных установлено, что для разработки сварочного оборудования с повышенными стабилизирующими свойствами наиболее целесообразно использовать серийные отечественные трансформаторы общего применения типа ТД-300 и ТД-500, а также монтажные трансформаторы типа ТДП-I, оценка которых по критерию $K_{фэ}$ составляет 0,68...0,75.

В третьей главе изучены процессы в сварочной цепи при стабилизации горения дуги переменного тока импульсными генераторами, принцип действия которых основан на перезаряде накопительного элемента через межэлектродный промежуток. Как показано работами Б.Е.Патона, В.К.Лебедева, Г.И.Лескова, И.И.Зарубы и М.Соммерида, применение стабилизирующих устройств такого типа позволяет существенно повысить надежность повторных зажиганий малоустойчивых дуг и технологическую маневренность процесса сварки. Однако данные о систематизации этих устройств, электродинамических процессах в сварочной цепи и импульсных генераторах, методиках их расчета и определении оптимальных параметров в литературе отсутствуют, что свидетельствует о недостаточной изученности вопроса.

Анализом принципиальных схем рассматриваемых стабилизирующих генераторов установлено, что такие устройства могут быть сведены к схемам замещения двух типов: 1) с включением накопительного и дополнительных элементов последовательно с источником э.д.с. и межэлектродным промежутком; 2) с включением накопительного и дополнительных элементов параллельно источнику питания и межэлектродному промежутку.

Экспериментальное исследование переходных процессов в сварочной цепи и импульсных генераторах производилось при сварке алюминиевых сплавов неплавящимся W -электродом и стали В СтЗсп электродами УОНИ-13/55 на разработанном лабораторном стенде с САР дугового напряжения и системой регистрации на базе запоминающего осциллографа С8-9А с дополнительным коммутирующим устройством типа СI-I5/3. Теоретический анализ переходных процессов выполнялся по схемам замещения моделированием их на АВМ, аналитическим расчетом кусочно-припасовочным и операционным методами, а также разложением функции и ее производных в ряд Тейлора с применением стандартных программ решения на ЭВМ.

Для этих устройств получены следующие расчетные зависимости параметров стабилизирующих импульсов:

амплитуда тока

$$J_{m_2} = \frac{U_{m_2} \sin \varphi_2 + U_{c0}}{\rho} e^{-\frac{\alpha_2}{\omega_1} \operatorname{arc\,tg} \frac{\omega_1}{\alpha_2}}, \qquad (3)$$

длительность импульсов

$$t_{c2} = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{1}{L_2 C} - \frac{R_э^2}{4 L_2^2}}}, \qquad (4)$$

а также напряжение заряда накопительного элемента

$$U_{C2} = \frac{U_{m2} \sin \varphi_2 \left(1 + e^{-\frac{\alpha_2 \pi}{\omega_1}}\right)}{1 - e^{-\frac{\alpha_2 \pi}{\omega_1}}}, \qquad (5)$$

где

$$\rho = \sqrt{\frac{L_2}{C}}, \quad \alpha_2 = \frac{R_э}{2L_2}, \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{L_2 C} - \alpha_2^2},$$

L_2 - индуктивность цепи перезаряда, а $R_э$ - эквивалентное сопротивление межэлектродного промежутка.

Как видно из приведенных формул, амплитуда тока выходных импульсов стабилизирующих генераторов, работающих по принципу перезаряда накопительного элемента через межэлектродный промежуток, зависит от напряжения его заряда в предыдущем полупериоде и при одинаковом выходном напряжении источников э.д.с. почти в два раза превышает амплитуду тока выходных импульсов генераторов, построенных по "классической" схеме - разряд предварительно заряженного от вспомогательного источника конденсатора на межэлектродный промежуток.

Характерной особенностью стабилизирующих устройств второго типа является возможность резкого подъема напряжения выходных импульсов при работе генераторов в режиме холостого хода источника питания, что существенно улучшает надежность возбуждения дуги и технологическую маневренность процесса сварки. Теоретически процесс подъема напряжения в рассматриваемой цепи может продолжаться до нескольких киловольт. В реальных конструкциях стабилизаторов насыщение сердечников трансформаторов и увеличение потерь в соединительных цепях ограничивают максимальное напряжение заряда конденсатора до 800...1500 В. Прикладываемое к межэлектродному промежутку в виде коротких биполярных импульсов оно способствует легкому возбуждению дуги. Однако, с целью повышения электробезопасности сварочных работ и защиты источников питания при их работе в режиме холостого хода в такие стабилизирующие устройства целесообразно вводить специальные защитные элементы, автоматические уменьшающие емкость накопительных элементов до величины $(0{,}05...0{,}1)\, C_\rho$, где C_ρ - емкость накопительного элемента в режиме стабилизации дуги.

Практические конструкции стабилизирующих генераторов, разра-

бстанные на основе исследований, выполненных в настоящей главе, содержат новые принципиальные решения схем их запуска с автоматической коррекцией момента подачи стабилизирующих импульсов в зависимости от величины дугового напряжения, защитных и коммутирующих элементов, совмещенных бесконтактных блоков стабилизации и зажигания дуги, а также устройств с однополупериодной подачей выходных импульсов.

В четвертой главе выполнены анализ и исследование процессов в сварочной цепи при возбуждении дуги разведением электродов.

Для выяснения влияния параметров сварочной цепи на возможности интенсификации процесса возбуждения дуги за счет автоэлектронной эмиссии рассматривалась задача Л.А.Сены о напряженности электрического поля между расходящимися электродами, но с учетом наличия в цепи индуктивности L, практически всегда имеющейся в сварочном контуре. Анализ процесса в силу нелинейности скорости движения электрода, установленной экспериментально В.Т.Золотых и др., выполнялся на АВМ МН-7М по уравнению

$$L\frac{di}{dt} + iR + \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_0 nS}\int_0^t \tilde{d}(t)\,i\,dt + U_{co} = E, \qquad (6)$$

где R – активное сопротивление цепи, d – расстояние между электродами, nS – площадь соприкасающихся микроконтактов. Аппроксимация межэлектродной емкости производилась блоками нелинейных функций. Адекватность модели проверялась решением задачи Л.А.Сены для цепи без индуктивности.

В результате анализа модели сварочного контура установлено, что введение в цепь индуктивности величиной $2\cdot10^{-3}$ Гн приводит к процессу колебательного подъема напряжения на межэлектродной емкости, при этом максимальная напряженность электрического поля снижается более чем на два порядка по сравнению с безиндуктивной цепью, а время ее нарастания увеличивается в 15 раз. Полученные зависимости позволяют сделать вывод о том, что введение индуктивности в сварочный контур приводит к резкому уменьшению напряженности электрического поля, ухудшая тем самым условия зажигания дуги. Однако такое заключение не соответствует имеющимся в литературе экспериментальным данным А.И.Лаужадиса, что свидетельствует о преобладающем действии в процессе возбуждения дуги другого физического механизма ионизации.

Экспериментальное исследование процесса первоначального за-

жигания дуги разведением электродов производилась ликвидацией дугового разряда по методике В.И.Раховского. При этом установлено, что даже без возникновения дугового разряда, разведение электродов после их короткого замыкания сопровождается выбросом перегретых частиц электродного металла, носящим взрывной характер, что подтверждается их практически прямолинейными траекториями и образованием на поверхности электродов эрозионных лунок. Считая, что максимальный диаметр лунок соответствует размерам "а-пятен" (или область стягивания тока), определена плотность тока в жидкой перемычке, которая даже на начальной стадии ее существования составляет $(2,5...4)\cdot10^3$ кА·мм$^{-2}$. Такая плотность тока в металлическом или жидком проводнике, как известно по экспериментальным данным И.И.Зарубы, соответствует процессу его электрического взрыва.

Проведенные эксперименты показали, что в диапазоне токов короткого замыкания 80...300 А их величина и увеличение шероховатости поверхности от 9 кл. до 4 кл. не оказывают заметного влияния на процесс первоначального зажигания дуги. Это свидетельствует, по нашему мнению, о малой эффективности действия "стартовых" устройств, имеющихся в некоторых зарубежных установках для сварки в монтажных условиях и обеспечивающих увеличение тока короткого замыкания в момент возбуждения дуги.

В пятой главе приведены результаты разработки нового оборудования на базе серийных сварочных трансформаторов и его промышленной проверки.

При разработке аппаратуры решались вопросы обеспечения механической стойкости оборудования и изоляции токоведущих элементов к вибрации, ударной нагрузке и повышенной влажности во избежании повреждений при частых перемещениях, транспортировке и длительном нахождении на открытых площадках в различных климатических условиях. Повышенная надежность его управляющих и регулирующих систем обеспечивается выполнением их в виде модульных бесконтактных схем, использованием новых полупроводниковых приборов и схемных решений, повышенной помехоустойчивостью регулятора цикла сварки за счет импульсной связи между отдельными блоками и отсутствия прямой гальванической связи между силовыми элементами и аппаратурой управления, применением только серийных деталей и узлов.

Сварочная установка типа УДБ-3, опытная партия которых внедрена на нескольких предприятиях, предназначена для ручной сварки

неплавящимся электродом в инертных газах изделий из алюминиевых сплавов на токах до 315 А. Выполнена по бесконтактной схеме на полупроводниковых приборах и содержит силовой тиристорный контактор, конденсаторный блок компенсации постоянной составляющей сварочного тока с быстродействующей тиристорной защитой от коммутационных перенапряжений, малогабаритное охлаждающее устройство типа ВОМ-134, универсальный регулятор цикла сварки, стабилизирующий импульсный генератор-осциллятор последовательного включения, устройство фазировки источника питания и газорегулирующую аппаратуру. В качестве источника питания могут применяться любые сварочные трансформаторы, оценка которых по критерию $K_{Фэ}$ составляет не ниже 0,6 (ТД-300, ТДП-1 и др.). Габаритные размеры установки 590 х х 450 х 400 мм, масса - 36 кг.

Сварочные установки типа УДТБ-1, прошедшие опытно-промышленную проверку в Государственном союзном тресте "Монтажтермоизделия", предназначены для точечной дуговой сварки покрытий теплоизоляции из тонколистовых алюминиевых сплавов на токах до 120 А. Габаритные размеры установки 280 х 220 х 250 мм, масса (без горелки и соединительных проводов) - 12,5 кг. Сварка осуществляется специальными горелками пистолетного типа, обеспечивающими точную постановку электрода на верхнюю кромку покрытия и его поджатие к нижнему листу. Рекомендуемые режимы точечной сварки покрытий теплоизоляции из сплава АДІ-Н приведены в таблице.

Таблица

Вариант сварки	Параметры режима	Толщина листов, мм		
		0,8	1,0	1,2
Оплавлением кромки верхнего листа	Сварочный ток, А	85...90	95...100	110...125
	Время сварки, с	1,4...1,6	1,6...1,8	1,8...2,0
	Расход аргона, л/мин	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5

Применение точечной дуговой сварки покрытий теплоизоляции из алюминиевых сплавов взамен ручной сборки самонарезающимися винтами по предварительно просверленным отверстиям позволяет более чем в 4 раза повысить производительность труда и упростить конструкцию покрытия.

Установка типа УДБ-4, прошедшая опытно-промышленную проверку на предприятии "Туркменэнергоремонт", предназначена для аргоно-

дуговой сварки неплавящимся электродом на постоянном токе (до 400 А) ответственных соединений из легированных сталей и цветных металлов в монтажных условиях. Ее основные узлы унифицированы с установкой УДБ-3. Масса установки - 20 кг. Габаритные размеры 440 х 250 х 430 мм.

Разработанное оборудование используется в промышленности для сварки шинопроводов и поверхностей нагрева энергооборудования, узлов технологических и строительных конструкций, ремонтных работ, что обеспечило получение экономии от его внедрения свыше 250 тыс.рублей. Основные технические решения разработок защищены авторскими свидетельствами.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. Использование малогабритной и мобильной вспомогательной аппаратуры позволяет эффективно применять серийные сварочные трансформаторы для процессов аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и ручной сварки электродами с покрытиями фтористокальциевого типа в монтажных и стационарных условиях.

2. Предложенная методика определения стабильности горения дуги переменного тока, основанная на синхронной регистрации фазовых траекторий тока в сварочной цепи и эквивалентного ему по амплитудному значению эталонного синусоидального тока, позволяет наглядно оценить динамические свойства сварочных трансформаторов любых типов как в режиме короткого замыкания, так и при горящей дуге.

3. Оценка динамических свойств источников питания по критерию А.Бесона, несмотря на простоту его определения, приводит в большинстве случаев к ошибочному результату и не может быть использована для определения стабилизирующих свойств сварочных трансформаторов. Наиболее достоверно стабилизирующие свойства источников питания и сварочных материалов определяются в режиме движущейся дуги по критерию $K_{фд}$.

4. Предложенная нелинейная модель сварочного контура переменного тока, примененная для изучения в динамике с помощью фазовых траекторий тока процессов в сварочной цепи при повторных возбуждениях дуги, позволяет определять скорость изменения преддугового тока, длительность процесса возбуждения, напряжение зажигания дуги, асимметрию сварочного тока в течение полупериода и другие параметры дугового разряда при заданных сварочных материалах и может быть использована для анализа переходных процессов и расчета ис-

точников питания переменного тока на стадии их проектирования.

5. Асимметрия сварочного тока относительно эквивалентной синусоиды в течение полупериода горения дуги, определяемая ее тепловой инерционностью, зависит от проводимости межэлектродного промежутка и динамических характеристик источника питания. При этом верхний предел скорости нарастания преддугового тока определяется только характеристиками источника питания при заданном положении регулятора тока.

6. Сварочные трансформаторы с подвижными катушками типов ТД-300, ТД-500 и ТДП-I обладают наилучшими динамическими свойствами и могут успешно применяться совместно со стабилизирующими импульсными генераторами для питания низкоустойчивых дуг.

7. Исследование предложенных схем замещения и стабилизирующих импульсных генераторов, работающих по принципу перезаряда накопительного элемента через межэлектродный промежуток, позволило получить аналитические и графические зависимости, а также расчетные модели для определения параметров стабилизирующих импульсов и коммутационных токов и напряжений в сварочной цепи и элементах устройств. Установлено, что работа генераторов в режиме холостого хода источников питания обуславливает процесс резкого подъема напряжения выходных импульсов, прикладываемых к межэлектродному промежутку, что увеличивает технологическую маневренность процесса сварки и надежное возбуждение дуги при перерывах в ее горении до нескольких секунд. Однако для повышения электробезопасности сварочных работ и защиты источников питания при их работе в режиме холостого хода в такие стабилизирующие устройства необходимо вводить специальные защитные элементы, автоматически уменьшающие емкость накопительных элементов до 0,05 ... 0,I ее величины в режиме стабилизации дугового разряда.

8. Теоретическим анализом установлено, что в сварочной цепи с индуктивностью автоэлектронная эмиссия не может быть основным механизмом ионизации межэлектродного промежутка при возбуждении дуги разведением электродов. Процесс зажигания сварочной дуги при разведении стальных электродов обуславливается электрическим взрывом жидкого мостика при плотности тока в нем порядка $(2,5...4)\times 10^3$ кА.мм$^{-2}$. Надежность зажигания существенно увеличивается при введении в межэлектродный промежуток в момент разрушения перемычки веществ с низким потенциалом ионизации, например, через электропроводные пасты.

9. Эффективность работы и надежность сварочного оборудования, предназначенного для использования в монтажных условиях, обеспечивается выполнением управляющих и регулирующих систем в виде модульных бесконтактных функциональных блоков, обладающих легкой взаимозаменяемостью на месте эксплуатации, применением простых встроенных или автономных устройств диагностики и настройки, а также схем однокнопочного управления.

IO. Опыт промышленной эксплуатации оборудования для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и ручной сварки электродами с покрытиями фтористокальциевого типа на базе серийных сварочных трансформаторов показал, что разработанная аппаратура обладает высокой эффективностью действия, мобильностью и удобством конструкции при малых габаритных размерах и массе, обеспечивает получение экономического эффекта, что позволяет рекомендовать ее для широкого промышленного применения.

Основное содержание диссертации опубликовано в 28 работах, в том числе:

I. Коряжкин В.В., Лугин В.П., Нестеров Н.В. Оценка пригодности источников питания для ручной сварки переменным током.-Сварочное производство, I978, № 3, с.53-55.

2. Трофимов Н.Н., Лугин В.П., Коряжкин В.В. и др. Полупроводниковый возбудитель дуги последовательного включения.- Сварочное производство, I975, № I0, с.49-5I.

3. Коряжкин В.В., Лугин В.П., Васильев В.Л. и др. Точечная аргонодуговая сварка теплоизоляционных покрытий из алюминиевых сплавов.- В сб.:Тезисы докладов Литовской республ.конференции по сварке.Вильнюс,I977, с.I22-I25.

4. Лугин В.П., Светлов А.Т., Коряжкин В.В. Автоматизация процессов первоначального и повторного возбуждения сварочной дуги.- В сб.:Управление сварочными процессами. Тула: ТПИ, I977.с.46-5I.

5. Коряжкин В.В., Зайцев А.М., Васильев В.Л. Универсальный бесконтактный регулятор цикла аргонодуговой сварки.-В сб.: Управление сварочными процессами. Тула: ТПИ, I979, с.I07-II2.

6. Лугин В.П.,Коряжкин В.В., Светлов А.Т. Исследование процессов в зарядных цепях возбудителей и стабилизаторов сварочной дуги.-В сб.:Технология машиностроения. Тула: ТПИ,I979,с.98-I02.

7. Трофимов Н.М., Коряжкин В.В., Зайцев А.М. Стабилизатор горения дуги с индуктивным накопителем для сварки на переменном токе.-Информлисток № 200-75. Брянск: ЦНТИ, 1975, 4с.

8. А.С.484058 (СССР). Устройство для стабилизации сварочной дуги переменного тока. Трофимов Н.М., Коряжкин В.В., Попов В.А.- Опубл.в Б.И.,1975, № 34.

9. А.С.488668 (СССР). Устройство для стабилизации сварочной дуги переменного тока. Трофимов Н.М., Коряжкин В.В.,Свиридов Р.Р.- Опубл.в Б.И.1976, № 39.

10. А.С.499994 (СССР). Устройство для стабилизации сварочной дуги переменного тока. Трофимов Н.М., Коряжкин В.В., Лукашов В.Н. и др. -Опубл. в Б.И., 1976, № 3.

11. А.С.633685 (СССР). Устройство для стабилизации сварочной дуги переменного тока. Трофимов Н.М., Коряжкин В.В.,Лукашов В.Н., Зайцев А.М. -Опубл. в Б.И.,1978, № 43.

12. А.С.536017 (СССР). Источник питания переменного тока для сварки плавящимся электродом. Трофимов Н.М.,Коряжкин В.В., Зайцев А.М., Лукашов В.В. - Опубл. в Б.И.,1977, № 43.

13. А.С. 592537 (СССР). Осциллятор для возбуждения и стабилизации горения сварочной дуги. Лугин В.П., Светлов А.Т., Коряжкин В.В.- Опубл.в Б.И.,1978, № 6.

14. А.С.593853 (СССР). Сварочный осциллятор. Лугин В.П., Светлов А.Т., Коряжкин В.В. и др. - Опубл. в Б.И.,1978, № 7.

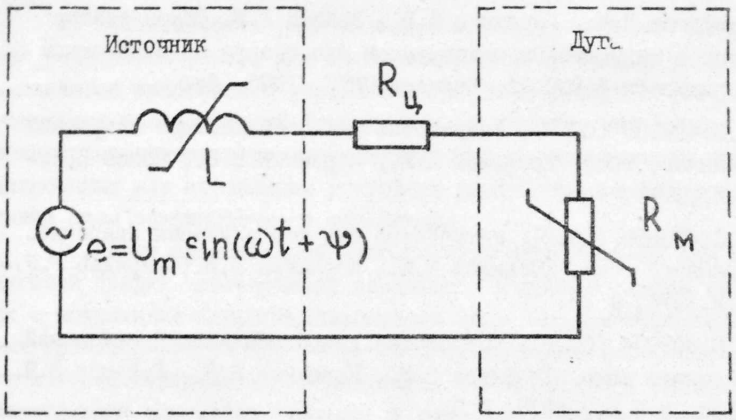


Рис.I. Схема замещения сварочной цепи с дугой переменного тока.

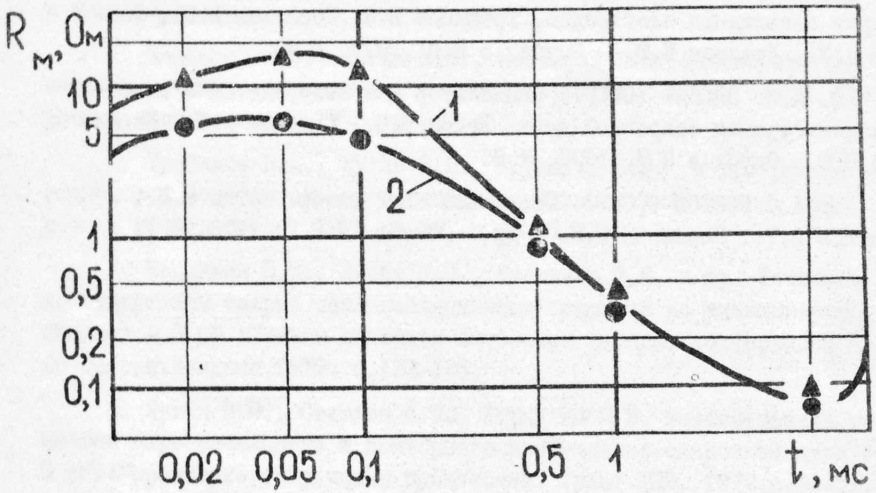


Рис.2. Зависимости изменения сопротивления межэлектродного промежутка $R_м$ при повторных возбуждениях дуги для электродов УОНИ-I3/55 (I) и МР-3 (2).