

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Сварка, обработка металлов давлением и родственные процессы»

Г.М. Короткова, К.В. Моторин

УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Лабораторный практикум

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2019

ISBN 978-5-8259-1473-2



УДК 621.791.754
ББК 34.641.51-5973

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, руководитель центра по аттестации
сварочного оборудования ООО «Средневолжский
сертификационно-диагностический центр «Дельта»

Д.А. Семистенов;

канд. техн. наук, доцент Тольяттинского государственного
университета *А.С. Климов.*

Научный редактор *Д.А. Семистенов*

Короткова, Г.М. Установки для сварки алюминиевых сплавов : лабораторный практикум / Г.М. Короткова, К.В. Моторин. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2019. – 1 оптический диск.

Практикум включает краткие теоретические сведения, варианты лабораторных работ и порядок их проведения по разделу «Установки для сварки алюминиевых сплавов» дисциплины «Источники питания для сварки».

Приведены требования к порядку выполнения работ, содержанию отчета, контрольные вопросы.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Оборудование и технология сварочного производства»), очной и заочной форм обучения.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; ПИИ 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2019



Редактор *О.И. Елисева*

Технический редактор *Н.П. Крюкова*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Художественное оформление,

компьютерное проектирование: *Г.В. Карасева, И.В. Карасев*

Дата подписания к использованию 09.10.2019.

Объем издания 1,6 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-51-18

Издательство Тольяттинского государственного университета

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,

тел. 8 (8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

Введение	5
1. ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В АРГОНЕ	7
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	13
Лабораторные работы 10, 11. Исследование установки переменного синусоидального тока УДГУ-101, ИПК-350	13
Лабораторные работы 12, 13. Исследование установки переменного тока прямоугольной формы ТИР-300 (ИСВУ-80)	18
Лабораторная работа 14. Исследование установки переменного тока прямоугольной формы МПУ-4	24
Лабораторная работа 15. Исследование установки для сварки трехфазной свободной дугой УДГТ-314	29
Лабораторная работа 16. Исследование установки для точечной сварки сжатой трехфазной дугой УДГТ-150У2	34
Библиографический список	40
Приложение	41

ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение алюминиевых и магниевых сплавов — одна из характерных черт современного производства. Благодаря успехам фундаментальных наук, результатам инженерных разработок созданы теоретические и практические основы производства полуфабрикатов из алюминиевых и магниевых сплавов, что привело к созданию технологических производств, позволивших выпускать листы и ленты, профили и прутки, трубы и штамповки различных типоразмеров.

Новые конструкционные материалы на основе алюминия и магния благодаря их малому удельному весу, высокой удельной прочности и коррозионной стойкости широко используются в машиностроительном производстве, несмотря на ряд проблем, которые возникают при создании неразъемных соединений с помощью дуговой сварки.

Технологические свойства сварочной дуги определяются электрофизическими особенностями дугового разряда переменного тока и взаимодействием его с источником питания.

Наиболее качественные швы получаются при сварке неплавящимся электродом на переменном токе в защитной среде инертного газа. Одной из проблем, присущих сварке неплавящимся электродом в защитной среде газа на переменном токе, является низкая стабильность дугового разряда вследствие повторных возбуждений дуги при смене полярности тока. Любой сбой повторного возбуждения дуги приводит к возникновению дефектов.

Алюминиевые сплавы находят широкое применение в сельском хозяйстве при сооружении зернохранилищ и систем мелиорации, в авиастроении, судостроении, где на протяжении нескольких десятилетий используют алюминиевый прокат, трубы, профиль, плиты. Поэтому становится очевидной необходимостью подготовки выпускников по направлению «Оборудование и технология сварочного производства», которые могли бы решать исследовательские и производственные задачи с учетом знания особенностей установок для сварки алюминиевых и магниевых сплавов.

В учебном плане института машиностроения ТГУ предусмотрено изучение дисциплины «Источники питания для сварки», в которую входит лабораторный практикум, состоящий из трех частей: «Сварочные трансформаторы», «Установки для сварки алюминиевых сплавов», «Сварочные выпрямители».

В данном лабораторном практикуме рассмотрены вопросы теории, конструкции, принцип работы и характеристики основных типов установок, разработанных для промышленного применения.

1. ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В АРГОНЕ

Алюминий и его сплавы широко используется во многих отраслях народного хозяйства. При создании неразъемных соединений в конструкциях из алюминия и его сплавов применяется сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов на переменном токе. Целый ряд особенностей дуги переменного тока возникает при сварке вольфрам-алюминия в аргоне.

Известно, что на поверхности сплавов из алюминия образуется тугоплавкий оксид Al_2O_3 ($T_{пл} = 2030$ °С) с плотностью больше, чем у алюминия, что затрудняет сплавление кромок и способствует загрязнению металла шва частицами этой пленки. В связи с этим необходима самая тщательная химическая очистка сварочной проволоки и механическая очистка, обезжиривание свариваемых кромок и химическая обработка изделия.

При сварке на переменном токе механизм разрушения оксидной пленки показан на рис. 1.1. На переменном токе $i_D = I_{max} \sin \omega t$ активное пятно (катод) в один полупериод находится на изделии, а в другой – на вольфрамовом электроде. На обратной полярности $W^+ - Al^-$ идет разрушение оксидной пленки Al_2O_3 , так как катодом является алюминиевый сплав, а на прямой полярности $W^- - Al^+$ происходит плавление металла.

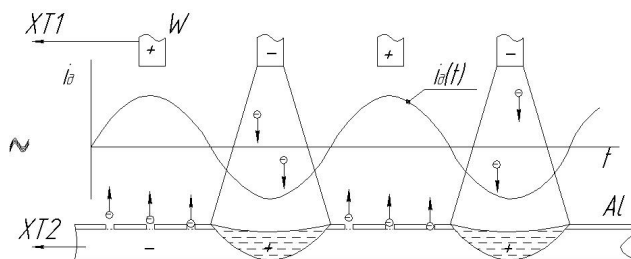


Рис. 1.1. Схема разрушения оксидной пленки при сварке алюминиевых сплавов на переменном токе вольфрамовым электродом

Периодическая смена полярности тока создает условия для обрыва дуги. Особенно затруднен переход с прямой полярности на обратную. Это связано с тем, что неплавящийся вольфрамовый электрод на обратной полярности (W^+) допускает меньшую плотность тока по сравнению с прямой полярностью (W^-). Сплаву алюминия «трудно» выполнять обязанности катода, так как его поверхность покрыта оксидной пленкой Al_2O_3 , температура плавления которой $2030^\circ C$, а разрушение ее целостности – процесс сложный.

К концу каждого полупериода ток дуги уменьшается до нуля, при этом уменьшается и напряженность электрического поля, вследствие чего падает степень ионизации столба дуги. Особенно сложная ситуация возникает при смене полярности тока при переходе его через нуль с прямой $W^- - Al^+$ на обратную полярность $W^+ - Al^-$, так как напряжение повторного возбуждения дуги в 2–3 раза больше, чем при прямой полярности (рис. 1.2). Без дополнительного источника энергии дуга обрывается при $i = 0$. Создаются условия для обрыва дуги.

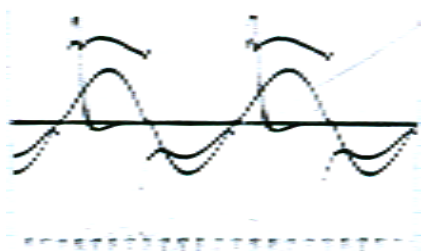


Рис. 1.2. Зависимость $u_d(t)$, $i_d(t)$, $u_{ср}(t)$ при сварке W-Al в среде аргона

Обрыв дуги в момент смены полярности тока предотвращается либо специальным устройством – стабилизатором дуги, который может включаться последовательно или параллельно в сварочную цепь, либо увеличением скорости перехода тока через нуль до 100 кА/с .

Скорость перехода тока через нуль $di/dt \geq 100 \text{ кА/с}$ удается получить, когда синусоидальная форма тока преобразуется специальными устройствами в прямоугольную при $f = 50 \text{ Гц}$ (рис. 1.3) [3].

Стабилизацию повторных возбуждений дуги можно обеспечить, увеличив частоту тока дуги, при этом возрастает di/dt (рис. 1.4).

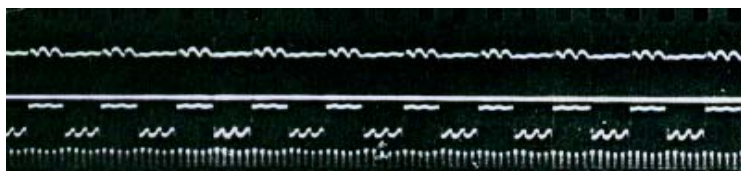


Рис. 1.3. Зависимость $u_d(t)$, $i_d(t)$, $u_{cr}(t)$ при сварке W-Al в среде аргона:
 $I = 250 \text{ A}$, $U = 8 \text{ B}$, $f = 50 \text{ Гц}$

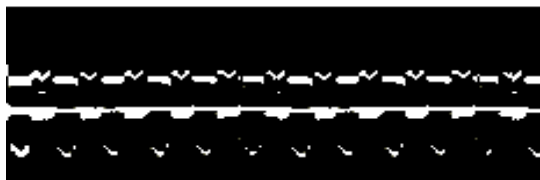


Рис. 1.4. Зависимость $u_d(t)$, $i_d(t)$, $u_{cr}(t)$ при сварке W-Al в среде аргона:
 $I = 140 \text{ A}$, $U = 16 \text{ B}$, $f = 100 \text{ Гц}$

Различие теплофизических свойств неплавящегося электрода (сплав вольфрама) и изделия (сплав алюминия) приводит к появлению постоянной составляющей тока I_0 :

$$I_d(t) = I_0 + I_{\max 1} \sin(\omega t + \psi_1) - I_{\max 2} \cos(\omega t + \psi_2) + \dots + I_{\max n} \sin(\omega t + \psi_n), \quad (1)$$

где $I_d(t)$ – ток дуги, периодически изменяющаяся во времени функция; I_0 – постоянная составляющая тока дуги (выпрямленный ток); $I_{\max 1}$, $I_{\max 2}$ – амплитуды основной и высших гармоник.

Наличие постоянной составляющей тока в сварочной цепи приводит к тому, что оксидная пленка при горении дуги полностью не разрушается, стабильность горения дуги снижается. Поэтому постоянную составляющую тока необходимо уменьшать или уничтожать ($I_0 = 0$).

Один из самых распространенных способов полного уничтожения I_0 – включить последовательно в сварочную цепь емкость из расчета 330 мФ на 1 А сварочного тока [4].

Наиболее полно свойства дуги выражает её статическая вольт-амперная характеристика (ВАХ): $U_d = f(I_d)$ (рис. 1.5) [4].

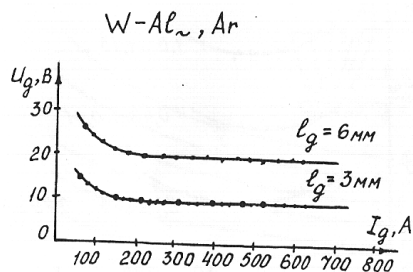


Рис. 1.5. Статические ВАХ дуги при сварке алюминиевых сплавов неплавящимся электродом

При сварке алюминиевых сплавов неплавящимся электродом на переменном токе в защитной среде газа физико-химические свойства среды между вольфрамовым электродом и изделием из алюминиевых сплавов определяются теплофизическими свойствами электродов и свойствами защитного газа (аргон, гелий) или смеси газов. Напряжение на свободной дуге при этом изменяется от 10 до 20 В в зависимости от параметров, влияющих на сопротивление дуги: величины тока, длины дуги, диаметра электрода, расхода и состава защитного газа и др.

Для устойчивости системы «источник питания – дуга» установки и источники питания переменного тока должны обладать падающими внешними вольт-амперными характеристиками: $U_2 = f(I_2)$. При этом наклон внешней ВАХ источника, т. е. падение напряжения в диапазоне режима сварки (рис. 1.6), по требованиям аттестации может составлять [4]

$$\text{ВАХ} = \Delta U / \Delta I = (0,08 - 0,2) \text{ В/А.} \quad (2)$$

Обязательным условием устойчивости системы является наличие точки пересечения двух ВАХ: $U_d = f(I_d)$ и $U_2 = f(I_2)$ (рис. 1.6).

В общем случае уравнение ВАХ $U_2 = f(I_2)$ имеет вид [2]

$$\underline{U}_2 = \underline{U}_{\text{ХХ}} - jI_2 (X_T + X_p) - I_2 (R_T + R_p + R_v + R_B), \quad (3)$$

где $U_{\text{ХХ}}$ – напряжение холостого хода; I_2 – ток источника питания; X_T, X_p – индуктивные сопротивления сварочного трансформатора и дросселя (реактивное); R_T, R_p, R_v, R_B – активные сопротивления сварочного трансформатора, дросселя, тиристоров (транзисторов), дополнительное (балластное) сопротивление.

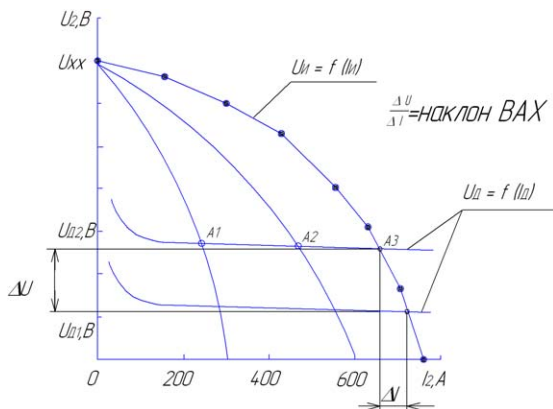


Рис. 1.6. Вольт-амперные характеристики источника питания $U_{II} = f(I_{II})$ и дуги $U_{II} = f(I_{II})$

Регулирование величины сварочного тока – неперенное требование к источникам питания.

Изменение толщины свариваемого изделия, его материала, защитной среды, условий формирования шва требует регулирования величины тока дуги. В современных источниках питания ток дуги может быть функцией X_T или X_p или R_p , или X_T или R_{V3} , или R_B . Величина сварочного тока ориентировочно рассчитывается по уравнению

$$I_{II} \approx \frac{\sqrt{U_{XX}^2 - U_{II}^2}}{z}, \quad (4)$$

где $z = jx + R$ – полное комплексное сопротивление.

Коэффициент полезного действия η сварочных установок определяется в точках устойчивого горения дуги:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2}{U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1}, \quad (5)$$

где P_1 – мощность первичной цепи, В · А; P_2 – мощность сварочной цепи, В · А; $\cos \varphi_1 \approx \cos \varphi_2 \approx 0,45-0,6$.

Начальное возбуждение дуги, т. е. ионизация дугового промежутка при сварке изделий из алюминия и его сплавов, производится специальным генератором высокой частоты – осциллятором, который включается последовательно в сварочную цепь. В отдельных

случаях допускается начальное возбуждение с коротким замыканием на технологических пластинах.

Для изучения конструкции и принципа работы принципиальную схему источника питания разбивают на отдельные блоки и представляют в виде функциональной схемы источника питания переменного тока (установки) для сварки вольфрам-алюминия в защитной среде газа (рис. 1.7).

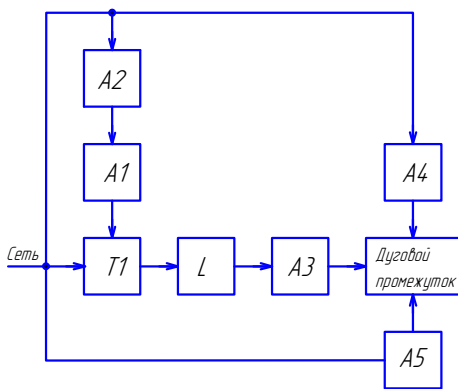


Рис. 1.7. Функциональная схема источника питания или установки переменного тока для сварки в защитной среде газа (пример):
 T_1 – сварочный трансформатор; L – дроссель; A_1 – прерыватель тока;
 A_2 – блок управления током; A_3 – блок уничтожения I_0 ; A_4 – блок стабилизации при смене полярности тока; A_5 – блок начальной ионизации дугового промежутка

- В результате выполнения лабораторных работ студенты должны:
- знать принцип работы современных и перспективных источников питания переменного тока, способы формирования внешних вольт-амперных характеристик и регулирования тока, стабилизации повторных возбуждений дуги и начальной ионизации дугового промежутка;
 - уметь собрать сварочный пост с измерительной аппаратурой, провести исследование и аттестацию установки, определить ее комплектность.

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторные работы 10, 11 Исследование установки переменного синусоидального тока УДГУ-101, ИПК-350

Цель работы

Изучить схему установки переменного синусоидального тока, принцип формирования её внешней ВАХ, приобрести навыки аттестации установки.

Оборудование и приборы

Установка УДГУ-101 или ИПК-350, осциллятор ОСПЗ-300, активное сопротивление РБ-300, лабораторный стенд.

Приборы: pV_1, pV_2, pV_3 – вольтметры; pA_1, pA_2, pA_3, pA_4 – амперметры; RS_1, RS_2 – измерительные шунты; T_3 – трансформатор тока.

Программа работы

1. Изучить конструкцию установки, способ регулирования сварочного тока и формирования внешней ВАХ.
2. Собрать сварочную цепь с измерительными приборами.
3. Снять показания приборов при трех положениях регулятора сварочного тока в разных режимах (холостой ход, нагрузка, короткое замыкание). Заполнить табл. 1.
4. Построить графики, провести расчеты и сделать выводы по работе.

Описание конструкции установок УДГУ-101 и ИПК-350

Назначение

Универсальные источники питания переменного тока УДГУ-101 и ИПК-350 предназначены для ручной и автоматической сварки неплавящимся электродом в защитной среде газа алюминиевых сплавов, а также могут использоваться для ручной дуговой сварки (РДС) покрытыми электродами (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Внешний вид источника питания:
 а – УДГУ-101; б – ИПК-350 и горелка для РДС W-Al в аргоне

Работа схемы источника питания

При изучении разобьём схему источника питания (рис. 2.2) на функциональные блоки.

Для ручной дуговой сварки покрытым электродом задействованы сварочный трансформатор T_1 , схема управления (W_3, T_2, VD_1, A_3).

Для ручной и автоматической сварки алюминиевых сплавов неплавящимся электродом используют сварочный трансформатор T_1 , схему управления (A_2), блок конденсаторов $C_1(A_3)$, блок стабилизации дуги при смене полярности (A_4), блок начального возбуждения дуги (A_5 – осциллятор).

Сварочный трансформатор T_1 с электромагнитным шунтом преобразует напряжение сети 380 В в напряжение холостого хода, формирует внешнюю падающую вольт-амперную характеристику источника питания и регулирует величину тока дуги. Схема управления позволяет плавно и дистанционно регулировать величину тока дуги.

Схема управления состоит из маломощного источника питания, который образован обмоткой W_3 силового трансформатора T_1, T_2, VD_1 . Автотрансформатором T_2 регулируется величина тока в обмотке шунта $W_{ш}$ от 0 до 10 А. Изменением тока в обмотке шунта $I_{ш}$, а следовательно, и величины потоков рассеяния Φ_s регули-

При сварке алюминиевых сплавов неплавящимся электродом в защитной среде газа возникает постоянная составляющая тока, которая может достигать 40...50 % от $I_{\text{д}}$. Для ее «уничтожения» в сварочную цепь включается блок конденсаторов C_1 (контакты S_2 разомкнуты, контакты S_1 замкнуты).

Стабилизацию повторных возбуждений дуги при смене полярности тока производят стабилизатором дуги (A_4), включенным параллельно дуговому промежутку. Начальное возбуждение дуги производится осциллятором последовательного включения (A_3).

Указания и пояснения по выполнению работы

1. Собрать сварочную цепь с измерительной аппаратурой.
2. Установить минимальное значение $I_{\text{ш}}$ в диапазоне от 0 до 10 А.
3. Записать показания приборов в табл. 1, изменяя количество замкнутых ножей R_1 . Изменив значение тока шунта, повторить запись показаний, затем провести измерение при третьем значении тока шунта.
4. Построить в одних координатных осях графики: внешних ВАХ $U_2 = f(I_2)$ для трех значений $I_{\text{ш}}$ и статическую ВАХ дуги для сварки неплавящимся электродом $U_{\text{д}} = f(I_{\text{д}})$ алюминиевого сплава (рис. 1.5). Обозначить точки пересечения A_1, A_2, A_3 ВАХ: $U_{\text{д}} = f(I_{\text{д}})$ и $U_2 = f(I_2)$.
5. Построить для точек устойчивого равновесия системы «источник – дуга» A_1, A_2, A_3 график регулировочной кривой $I_2 = f(I_{\text{ш}})$. Определить кратность регулирования тока дуги $K_p = I_{\text{д max}} / I_{\text{д min}}$.
6. Снять зависимость $i = f(t)$ осциллографом P .
7. Рассчитать значения η по формуле (5) для точек устойчивого равновесия системы. Значения I_1 определить по графику $I_1 = f(I_2)$. Коэффициенты мощности $\cos \varphi_1$ и $\cos \varphi_2$ принять равными 0,55–0,6.
8. Определить коэффициент трансформации в режиме холостого хода:

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1 + W_2}{W_3 + W_4}. \quad (6)$$

Содержание отчета

1. Титульный лист (прил. 1).
2. Название лабораторной работы.
3. Цель работы.
4. Электрическая схема поста с измерительной аппаратурой и функциональная схема источника питания (ИП).
5. Заполненная таблица 1.
6. Графики зависимостей $U_2 = f(I_2)$ для трех значений $I_{\text{ш}}$ и $U_{\text{д}} = f(I_{\text{д}})$ в одних координатных осях; $I_{\text{д}} = f(I_{\text{ш}})$, $i_{\text{д}} = f(I)$.
7. Выводы.

Таблица 1

Результаты измерений и расчетов

$*I_{\text{ш}}, \text{A}$	Ре- жим	Измерение				Расчет			
		U_1, B	U_2, B	I_1, A	I_2, A	$P_1, \text{B} \cdot \text{A}$	$P_2, \text{B} \cdot \text{A}$	η	$K_{\text{РЕГ}}$
$I_{\text{ш}}$ min	XX								
	Н1								
	Н2								
	Н3								
	Н4								
	Н5								
	К3								
$I_{\text{ш}}$ сред- нее	XX								
	Н1								
	Н2								
	Н3								
	Н4								
	Н5								
	К3								
$I_{\text{ш}}$ max	XX								
	Н1								
	Н2								
	Н3								
	Н4								
	Н5								
	К3								

* $I_{\text{ш}}$ задается преподавателем.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких узлов состоит установка УДГУ-101 (ИПК-350)?
2. Какой внешней ВАХ обладает ИП и за счет чего она формируется?
3. За счет чего регулируется величина сварочного тока и чему равен $K_{\text{РЕГ}}$?
4. В каких пределах изменяется величина $I_{\text{д}}$?
5. Какие значения КПД получены в работе?
6. Какие материалы можно сваривать с помощью УДГУ-101?
7. Какие недостатки конструкции вы обнаружили?

Лабораторные работы 12, 13 Исследование установки переменного тока прямоугольной формы ТИР-300 (ИСВУ-80)

Цель работы

Изучить работу схемы источника питания переменного тока прямоугольной формы, принцип формирования внешней ВАХ, способ формирования тока дуги и его регулирования.

Оборудование и приборы

Установка ТИР-300 (рис. 2.3, а) или ИСВУ-80 (рис. 2.3, в).

Горелка для ручной сварки неплавящимся электродом (рис. 2.3, б).

Активное сопротивление РБ-300.

Лабораторный стенд.

Приборы: pA_1 , pA_2 – амперметры; pV_1 , pV_2 – вольтметры; RS – измерительный шунт; P – осциллограф С1-55; T_2 – трансформатор тока.

Программа работы

1. Изучить теоретические сведения (раздел 1).
2. Изучить конструкцию установки ТИР-300, принципиальную схему подключения и определить способ регулирования сварочного тока.
3. Составить функциональную блок-схему установки.
4. Собрать сварочную цепь с измерительными приборами.

5. Снять показания приборов при трех положениях регулятора сварочного тока в разных режимах: на холостом ходу, под нагрузкой, при коротком замыкании. Заполнить табл. 2.
6. Снять зависимости $u(t)$ и $i(t)$ осциллографом.
7. Построить графики, провести расчеты и сделать выводы.
8. Оформить отчет.

Описание установки ТИР-300 (ИСВУ-80)

Назначение

Установка ТИР-300 (ИСВУ-80) (рис. 2.3) предназначена для ручной и автоматической сварки алюминиевых сплавов неплавящимся электродом в защитной среде инертного газа.

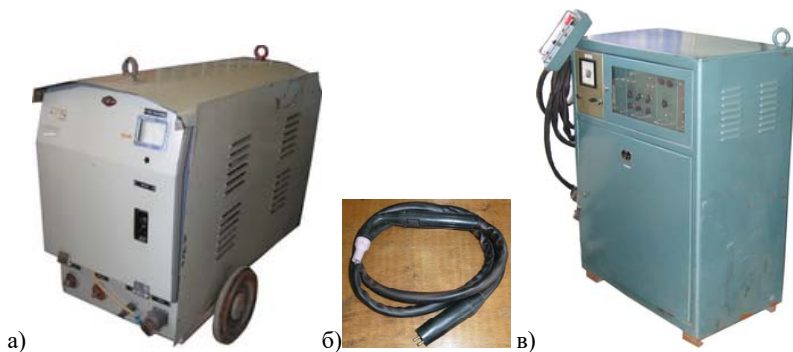


Рис. 2.3. Установки переменного тока: *a* – ТИР-300; *б* – горелка для РДС вольфрамовым электродом в аргоне; *в* – ИСВУ-80

Устройство и работа схемы установки

Схема установки ТИР-300 (ИСВУ-80) состоит из следующих элементов и узлов (рис. 2.4):

- сварочный трансформатор T_1 ;
- линейный дроссель L_2 ;
- тиристорный мост $VS_1 - VS_4$ с дросселем насыщения L_1 ;
- устройство для начального возбуждения дуги и стабилизатор повторных возбуждений A_4 ;
- блок управления A_2 коммутацией тиристоров $VS_1 - VS_4$ и обмотками управления $W_{y1} - W_{y4}$ дросселя насыщения L_1 .

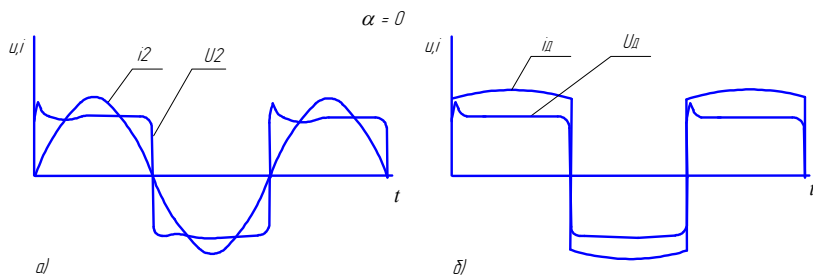


Рис. 2.5. Зависимость тока и напряжения: *а* — до тиристорного моста; *б* — после тиристорного моста

Форма тока, преобразованного тиристорным коммутатором, показана на рис. 2.5, б. Управление тиристорным мостом осуществляется через блок A_2 .

Дроссель насыщения L_1 позволяет регулировать величину тока сварки за счет изменения в нем тока управления I_y и формирует крутопадающую внешнюю вольт-амперную характеристику установки.

Сварка неплавящимся электродом алюминия и его сплавов начинается с начального возбуждения дуги без касания изделия электродом. Для этой цели используют специальное устройство A_4 , включенное в сварочную цепь последовательно с дугой. Ионизация дугового промежутка происходит в течение одной секунды с момента включения устройства.

Прямоугольная форма переменного тока (рис. 2.5, б) дуги позволяет производить сварку без стабилизаторов дуги, так как обеспечивает высокую скорость перехода тока через нуль. В установках типа ТИР (ИСВУ-80) стабилизаторы дуги можно не использовать.

Источник питания работает в режимах холостого хода (х. х.), нагрузки (Н1–Н5), короткого замыкания (к. з.). Технологическими условиями при сварке алюминиевых сплавов короткие замыкания не допускаются.

Для источников этого типа режимы нагрузки и короткого замыкания по величине тока отличаются мало.

Указания и пояснения по выполнению работы

1. Подготовить таблицу 2.
2. Составить функциональную схему ТИР-300 (ИСВУ-80).
3. Собрать силовую схему установки.

Внимание! Получить разрешение на включение установки у преподавателя. Только после этого включить установку!!!

4. Провести исследование установки для трех значений I_y дросселя L_1 и записать результаты измерений в табл. 2. В качестве нагрузки использовать дугу или активное сопротивление (подбирая замыкающими ножами балластного реостата РБ-300 сопротивление, чтобы выполнялось условие $U_2 \approx U_d$).
5. Построить графики $U_2 = f(I_2)$ для трех значений регулятора тока сварки I_y и $U_d = f(I_d)$ (рис. 1.5) в одних координатных осях.
6. Рассчитать КПД для точек устойчивого равновесия системы (5).
7. Снять зависимость $i_d = f(t)$.

Содержание отчета

1. Титульный лист (прил.).
2. Название лабораторной работы.
3. Цель работы.
4. Электрическая схема поста и функциональная схема установки.
5. Заполненные таблицы 2, 3.
6. Зависимости $U_2 = (I_2)$ для трех значений I_y и $U_d = f(I_d)$.
7. Выводы по работе.

Таблица 2

Результаты измерений и расчетов

I_y, A	Ре-жим	Измерение					Расчет			
		U_1, B	I_1, A	U_2, B	I_2, A	I_o, A	$\frac{P_1^*}{B \cdot A}$	$\frac{P_2^*}{B \cdot A}$	h	$\frac{BAX}{B/A}$
I_{y1}	XX									
min	H1									
	H2									
	H3									
	H4									
	H5									
	K3									

I_y, A	Ре- жим	Измерение					Расчет			
		U_1, B	I_1, A	U_2, B	I_2, A	I_0, A	$\frac{P_1^*}{B \cdot A}$	$\frac{P_2^*}{B \cdot A}$	h	ВАХ, B/A
I_{v2}	XX									
сред.	H1									
	H2									
	H3									
	H4									
	H5									
	K3									
I_{v3}	XX									
max	H1									
	H2									
	H3									
	H4									
	H5									
	K3									

$$*P_1 = U_1 \cdot I_1 \cos \varphi_1, P_2 = U_2 \cdot I_2 \cos \varphi_2; \cos \varphi_1 \approx \cos \varphi_2 \approx 0,48-0,5.$$

Таблица 3

Комплектность сварочного поста (*пример*)

№ п/п	Наименование устройства, узла	Количество
1	Сварочная установка типа...	1
2	Осциллятор типа ОСПЗ-300	1
3	Сварочный автомат (полуавтомат)	1
4	Сварочная горелка (держак, держатель со шлангом)	1
5	Подающий механизм	1
6	Баллон с защитным газом (аргон, углекислый газ)	1

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких узлов состоит установка ТИР-300 (ИСВУ-80)?
2. Какой внешней ВАХ обладает установка и за счет чего она формируется?
3. За счет чего регулируется величина сварочного тока и чему равен $K_{рег}$?

4. Какие значения КПД получены в работе?
5. Какие материалы можно сваривать с помощью ТИР-300 (ИСВУ-80)?
6. Какие недостатки конструкции вы обнаружили?

Лабораторная работа 14 **Исследование установки переменного тока** **прямоугольной формы МПУ-4**

Цель работы

Изучить работу установки для микроплазменной сварки на переменном токе прямоугольной формы и приобрести навыки его аттестации.

Оборудование и приборы

Установка МПУ-4, горелка УСДС.Р-45 (рис. 2.6), стенд.

Приборы: pA_1 , pA_2 – амперметры; pV_1 , pV_2 – вольтметры; RS – измерительные шунты; P – осциллограф.

Программа работы

1. Изучить теоретические сведения.
2. Изучить конструкцию установки МПУ-4, принципиальную схему подключения и определить способ регулирования сварочного тока.
3. Составить функциональную схему установки.
4. Собрать сварочную цепь с измерительными приборами.
5. Снять показания приборов при трех положениях регулятора сварочного тока в разных режимах (холостой ход, нагрузка, короткое замыкание). Заполнить табл. 4.
6. Снять зависимости $u(t)$ или $i(t)$ осциллографом.
7. Построить графики, провести расчеты и сделать выводы.
8. Оформить отчет о работе.

Описание установки МПУ-4

Назначение

Установка МПУ-4 предназначена для микроплазменной сварки цветных тяжелых металлов, титановых сплавов и сталей на переменном токе прямоугольной формы и постоянном токе неплавящимся электродом в защитной среде газа (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Внешний вид оборудования:
а – установка МПУ-4; б – горелка

Работа схемы установки и описание конструкции

В состав установки входят следующие узлы (рис. 2.7):

- трехфазный сварочный трансформатор T_1 ;
- сварочный выпрямитель V_1 ;
- прерыватель тока V_2 ;
- сварочный выпрямитель V_3 ;
- активное сопротивление R_1 ;
- устройство для начальной ионизации дуги A_4 .

Источник питания сварочного тока образуют трансформатор T_1 (W_1, W_2, W_4), выпрямитель V_1 и тиристор V_2 .

Трехфазный сварочный трансформатор T_1 с подвижными обмотками понижает напряжение сети U_1 с 380 В до 80 В. Вторичные обмотки сварочного трансформатора W_2 перемещаются относительно первичных неподвижных обмоток W_1 . Перемещение вторичных обмоток производит двигатель через редуктор, ходовой винт и гайку, жестко соединенные с подвижными обмотками. С подвижными

Аппаратура управления, сигнализации, приборы измерения размещены на передней панели и снабжены подсветкой.

В комплект поставки установки входит горелка.

Указания и пояснения по выполнению работы

1. Подготовить таблицу 4.
2. Составить функциональную схему МПУ-4.
3. Собрать силовую схему установки.

Внимание! Получить разрешение на включение установки у преподавателя. Только после этого включить установку!!!

4. Провести исследование установки при трех положениях вторичных обмоток трансформатора и записать результаты измерений в табл. 4. В качестве нагрузки использовать дугу или активное сопротивление (подбирая замыкающими ножами балластного реостата РБ-300 сопротивление, чтобы выполнялось условие $U_2 \approx U_d$).
5. Построить графики: $U_2 = f(I_2)$ для трех положений вторичных обмоток T_1 и $U_d = f(I_d)$ (рис. 1.5) в одних координатных осях.
6. Рассчитать КПД (5) для точек устойчивого равновесия системы.
7. Снять зависимость $i_d = f(t)$.

Содержание отчета

1. Титульный лист (прил.).
2. Название лабораторной работы.
3. Цель работы.
4. Электрическая схема поста и функциональная схема установки.
5. Заполненные таблицы 4, 5.
6. Зависимости $U_2 = f(I_2)$ (для трех положений $W_2 T_1$) и $U_d = f(I_d)$.
7. Выводы по работе.

Таблица 4

Результаты измерений и расчетов

ε , мм	Режим	Измерение					Расчет			
		U_1 , В	I_1 , А	U_2 , В	I_2 , А	I_0 , А	$\frac{P_1^*}{B \cdot A}$	$\frac{P_2^*}{B \cdot A}$	h	$\frac{BAX}{B/A}$
ε_1	XX									
	H1									
	H2									
	H3									
	H4									
	H5									
ε_2	КЗ									
	XX									
	H1									
	H2									
	H3									
	H4									
ε_3	H5									
	КЗ									
	XX									
	H1									
	H2									
	H3									
ε_3	H4									
	H5									
	КЗ									
	КЗ									

$$*P_1 = U_1 \cdot I_1 \cos \varphi_1, P_2 = U_2 \cdot I_2 \cos \varphi_2; \cos \varphi_1 \approx \cos \varphi_2 \approx 0,48-0,5.$$

Таблица 5

Комплектность сварочного поста (пример)

№ п/п	Наименование устройства, узла	Количество
1	Сварочная установка типа...	1
2	Осциллятор типа...	1
3	Сварочный автомат (полуавтомат)	1
4	Сварочная горелка...	1
5	Баллон с защитным газом (аргон, углекислота)	1

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких узлов состоит установка МПУ-4?
2. Какой внешней ВАХ обладает установка и за счет чего она формируется?
3. За счет чего регулируется величина сварочного тока и чему равен $K_{\text{РЕГ}}$?
4. Какие значения КПД получены в работе?
5. Какие материалы можно сваривать с помощью МПУ-4 на переменном токе?
6. Какие недостатки конструкции вы обнаружили?

Лабораторная работа 15 Исследование установки для сварки трехфазной свободной дугой УДГТ-314

Цель работы

Изучить работу схемы трехфазного источника питания переменного тока для сварки алюминиевых сплавов неплавящимися электродами и приобрести навыки аттестации оборудования для сварки.

Оборудование и приборы

Установка УДГТ-314, горелка ГРТ-5 (рис. 2.8), стенд.

Приборы: pA_1, pA_2, pA_3, pA_4 – амперметры; pV_1, pV_2 – вольтметры; T_3, T_4, T_5 – трансформаторы тока.

Программа работы

1. Изучить конструкцию установки, способ регулирования сварочного тока и формирования внешней ВАХ.
2. Собрать сварочную цепь с измерительными приборами.
3. Снять показания приборов при трех положениях регулятора сварочного тока в разных режимах: на холостом ходу, под нагрузкой, при коротком замыкании. Заполнить табл. 6.
4. Построить графики, провести расчеты и сделать выводы по работе.

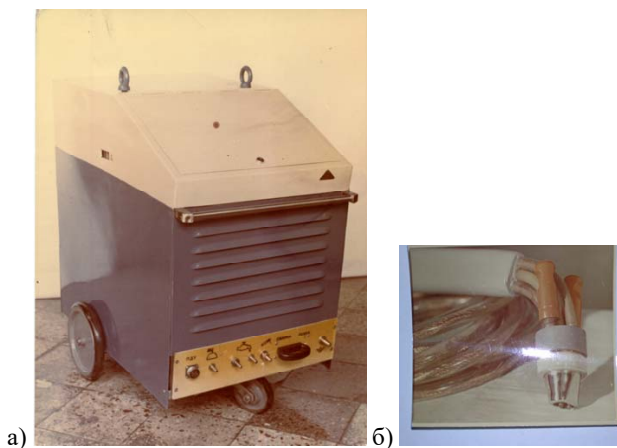


Рис. 2.8 – Внешний вид оборудования:

a – установки УДГТ-314; *б* – горелка ГРТ-5 для РДС

Описание установки УДГТ-314

Назначение

Установка питания трёхфазной дуги типа УДГТ-314 предназначена для ручной сварки трехфазной дугой неплавящимися электродами в защитной среде газа.

Работа схемы установки УДГТ-314

Установку УДГТ-314 (рис. 2.9) функционально разбиваем на блоки:

- силовой блок (сварочные трансформаторы T_1, T_2);
- схема управления током A_2 ;
- блок конденсаторов C (рис. 2.9).

Трёхфазный сварочный трансформатор с витым магнитопроводом T_1, T_2 , обмотки которого по первичной и вторичной сторонам включены открытым треугольником, образует силовой блок установки. При несимметричной схеме включения обмоток трансформатора соотношение токов в сварочной цепи $I_a = I_b, I_c = \sqrt{3}I_a$ (рис. 2.10), что расширяет технологические возможности установки, позволяя за счет большего тока в изделии ($I_c = 1,73I_a$) вести разогрев свариваемой детали.

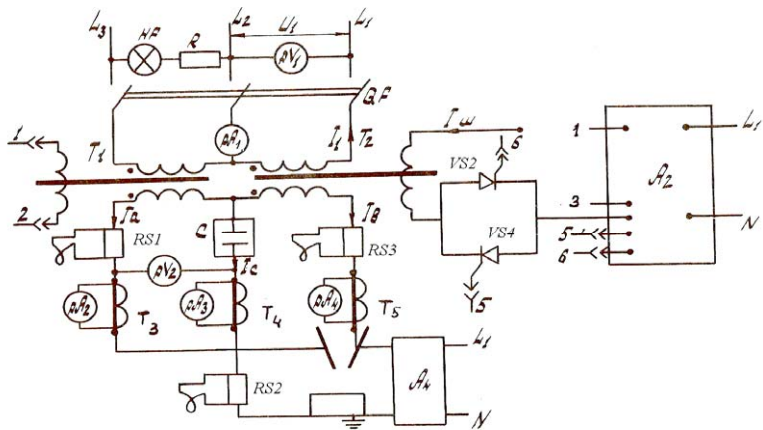


Рис. 2.9. Принципиальная схема установки УДГТ-314 для сварки 3-фазной дугой

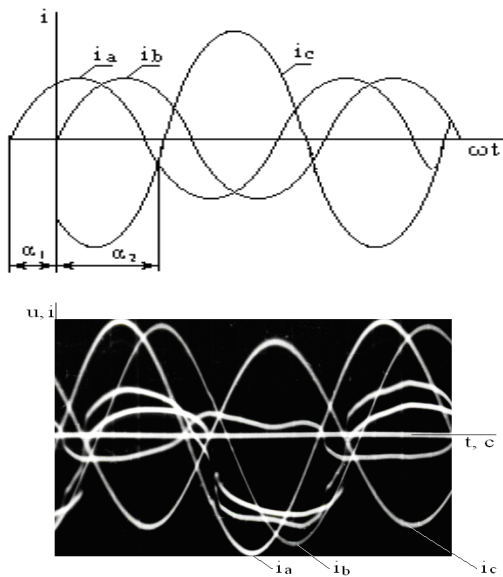


Рис. 2.10. Динамические характеристики 3-фазной дуги при сварке вольфрам-алюминия в аргоне

В установке УДГТ-314 с помощью редуктора вторичные обмотки трансформатора перемещаются в пространстве относительно первичных, за счет чего изменяются потоки рассеяния Φ_s , а следовательно, ток и наклон внешней вольт-амперной характеристики. Схема управления сосредоточена в блоке A_2 .

Уничтожение постоянной составляющей тока производится блоком конденсаторов C , величина емкости рассчитывается из условия: 300 мФ на 1 А сварочного тока. Такой выбор гарантирует $I_0 = 0$ во всем диапазоне изменения сварочного тока.

Указания и пояснения по выполнению работы

1. Подготовить таблицу 6.
2. Составить функциональную схему установки УДГТ-314.
3. Собрать силовую схему установки.

Внимание! Получить разрешение на включение установки у преподавателя. Только после этого включить установку!!!

4. Провести исследование установки для трех положений вторичных катушек T_1, T_2 в пространстве и записать результаты измерений в табл. 6. В качестве нагрузки использовать дугу или активное сопротивление, подбирая замыкающими ножами балластного реостата РБ-300 сопротивление, чтобы выполнялось условие $U_2 \approx U_d$.
5. Построить графики: $U_2 = f(I_2)$ для трех положений вторичных катушек и $U_d = f(I_d)$ в одних координатных осях.
6. Рассчитать КПД (5) для точек устойчивого равновесия системы.
7. Снять зависимость $i_d = (t)$.

Содержание отчета

1. Титульный лист (прил. 1).
2. Название лабораторной работы.
3. Цель работы.
4. Электрическая схема поста и функциональная схема установки.
5. Заполненная таблица 6.
6. Зависимости $U_2 = (I_2)$ для трех значений ϵ и $U_d = f(I_d)$.
7. Выводы по работе.

Результаты измерений и расчетов

ε , мм	Режим	Измерение					Расчет			
		U_{1A} , В	I_{1A} , А	U_{2A} , В	I_{2A} , А	I_0 , А	$\frac{P_1^*}{B \cdot A}$	$\frac{P_2^*}{B \cdot A}$	h	ВАХ, В/А
ε_1	XX									
	H1									
	H2									
	H3									
	H4									
	H5									
КЗ										
ε_2	XX									
	H1									
	H2									
	H3									
	H4									
	H5									
КЗ										
ε_3	XX									
	H1									
	H2									
	H3									
	H4									
	H5									
КЗ										

$$*P_1 = U_1 \cdot I_1 \cos \varphi_1, P_2 = U_2 \cdot I_2 \cos \varphi_2; \cos \varphi_1 \approx \cos \varphi_2 \approx 0,48-0,5.$$

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких узлов состоит установка УДГТ-314?
2. Какой внешней ВАХ обладает установка и за счет чего она формируется?
3. За счет чего регулируется величина сварочного тока и чему равен $K_{\text{РЕГ}}$?
4. Какие значения КПД получены в работе?
5. Какие материалы можно сваривать с помощью УДГТ-314?
6. Какие недостатки конструкции вы обнаружили?

Лабораторная работа 16

Исследование установки для точечной сварки сжатой трехфазной дугой УДГТ-150У2

Цель работы

Изучение принципа работы установки УДГТ-150У2 для точечной сварки алюминиевых сплавов трехфазной сжатой дугой неплавящимися вольфрамовыми электродами в среде защитного газа.

Оборудование и приборы

Установка УДГТ-150У2 (рис. 2.11), лабораторный стенд.

Приборы: pA_1, pA_2, pA_3 – амперметры; T_3, T_4 – трансформаторы тока; pV_1, pV_2, pV_3 – вольтметры; RS_1, RS_2, RS_3 – измерительные шунты; P – осциллограф С1-55; R_1, R_2, R_3 – активные сопротивления.

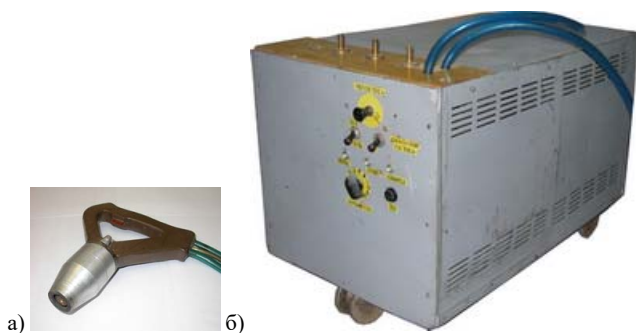


Рис. 2.11. Внешний вид оборудования: *а* – плазматрон для точечной сварки; *б* – установка типа УДГТ-150У2

Программа работы

1. Изучить теоретические сведения.
2. Изучить конструкцию сварочной установки, принципиальную схему подключения и определить способ регулирования сварочного тока.
3. Составить функциональную блок-схему установки.
4. Собрать сварочную цепь с измерительными приборами.

5. Снять показания приборов при трех положениях регулятора сварочного тока и нескольких режимах (холостой ход, балластный реостат, короткое замыкание, сварка). Заполнить табл. 7.
6. Построить графики, провести расчеты и сделать выводы.

Описание установки УДГТ-150У2

Назначение

Установка типа УДГТ-150У2 предназначена для ручной и автоматической точечной сварки алюминиевых сплавов толщиной до 4 мм сжатой трехфазной дугой неплавящимися вольфрамовыми электродами в среде защитных газов.

Принцип работы установки

Выделим в схеме установки отдельные узлы (рис. 2.12):

- силовой блок (сварочные трансформаторы T_1, T_2);
- схема управления временем сварки A_1 ;
- блок начального возбуждения дуги – осциллятор A_2 (отключен);
- прерыватели тока VS_1, VS_2 ; переключатель – S_2 .

Сварочные трансформаторы T_1, T_2 с разнесенными обмотками, которые по первичной и по вторичной сторонам включены по схеме открытого треугольника, образуют силовой блок (рис. 2.12). Трансформаторы изготовлены с витым магнитопроводом, изогнутым в прямоугольную форму.

В сварочной цепи при выбранной схеме включения обмоток устанавливаются соотношения тока $I_A = I_B, I_C = \sqrt{3} \cdot I_A$ (рис. 2.10).

Схема управления A_1 включает формирователь импульсов для управления работой прерывателя на тиристорах VS_1, VS_2 , включенных в среднюю фазу; триггер на полупроводниковых элементах регулирует длительность импульса тока.

Стабилизация повторных возбуждений дуги происходит без дополнительных устройств, так как при сварке трехфазной дугой в каждый момент времени горят две дуги: W-Al и W-W или W-Al, W-Al. Межэлектродная дуга W-W выполняет функцию стабилизатора дуги (рис. 2.13).

Сжатие трехфазной дуги происходит внутри двухэлектродного плазмотрона специальной конструкции (рис. 2.14). Ионизированный поток плазмы, вырываясь из сопла, осуществляет точечное расплавление свариваемых внахлест деталей. В качестве нагрузки в лабораторной работе с этой установкой используется специальная схема из активных резисторов R_1, R_2, R_3 , включенных треугольником (рис. 2.12), сопротивления которых равны сопротивлению дуги $R_1 = R_2 = R_{д1} = R_{д2} = 0,144 \text{ Ом}$, а $R_3 = R_{д3} = 0,1 \text{ Ом}$.

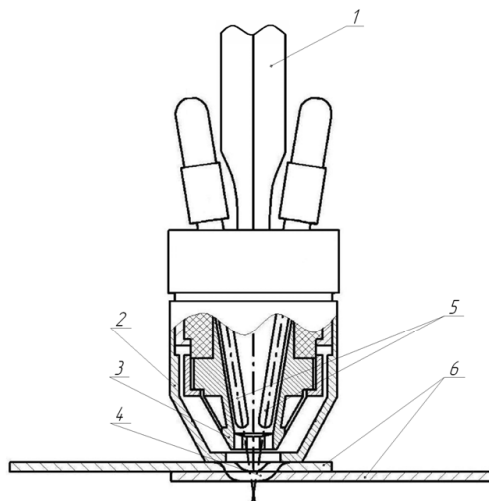


Рис. 2.14. Двухэлектродный плазмотрон:
 1 – ручка; 2 – опорное сопло; 3 – основное сопло; 4 – сварная точка;
 5 – электроды; 6 – свариваемые детали

Указания и пояснения по выполнению работы

1. Подготовить табл. 7. Составить функциональную схему установки.
2. Собрать силовую схему установки.
3. Произвести замеры токов и напряжений в режиме холостого хода, пяти значений нагрузок балластного реостата, принудительно изменяя их величины, короткого замыкания и сварки. Записать результаты измерений в табл. 7.

4. Построить в одних осях графики вольт-амперных характеристик $U_{AB} = f(I_A)$; $U_{AC} = f(I_C)$; $U_{BC} = f(I_C)$ для пяти значений R_1, R_2, R_3 по результатам исследования.

Внимание! Перед возбуждением дуги включить водяное охлаждение и плазмообразующий защитный газ. Получить разрешение у преподавателя.

5. Произвести зажигание межэлектродной дуги графитовым стержнем с изолированной ручкой, выполнить сварку образцов (режим задается преподавателем), снять показания, записать в табл. 7 и сделать выводы.
6. Составить комплектность сварочного поста с установкой и заполнить табл. 8.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Название лабораторной работы.
3. Цель работы.
4. Электрическая и функциональная блок-схемы установки.
5. Заполненные таблицы 7, 8.
6. Зависимости $U_{AB} = f(I_A)$; $U_{AC} = f(I_C)$; $U_{BC} = f(I_C)$.
7. Выводы.

Таблица 7

Результаты измерений и расчетов

Активные сопротивления	Режим	Измерение						Расчет	
		$U_1, В$	$I_1, А$	$U_2, В$	$U_3, В$	$I_2, А$	$I_3, А$	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$
R_1, R_2, R_3	XX								
	Н1								
	Н2								
	Н3								
	Н4								
	Н5								
	К3								
	Сварка								
$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$; $P_2 = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$; $\cos \varphi_1 \approx \cos \varphi_2 \approx 0,48 - 0,5$									

Комплектность сварочного поста

№ п/п	Наименование устройства	Количество
1	Сварочная установка типа...	1
2	Осциллятор типа...	1
3	Плазмотрон...	1

Вопросы для самоконтроля

1. Как формируется внешняя вольт-амперная характеристика установки?
2. Как регулируется величина мощности дуги и тока сварки?
3. Как производится стабилизация повторных возбуждений дуги при точечной трехфазной сварке алюминиевых сплавов сжатой дугой неплавящимися вольфрамовыми электродами в защитной среде газов?
4. Каким способом происходит ионизация дугового промежутка в начале сварки от данной установки?
5. Уничтожается ли постоянная составляющая тока при трехфазной сварке сжатой дугой в среде защитного газа?
6. Каким образом регулируется время сварки?
7. Особенности трехфазной сжатой дуги переменного тока при точечной сварке неплавящимися вольфрамовыми электродами в среде защитного газа.

Библиографический список

1. Милютин, В.С. Источники питания для сварки / В.С. Милютин, М.П. Шалимов, С.М. Шанчуров. — М. : Айрис Пресс, 2007. — 279 с.
2. Оборудование для дуговой сварки / под ред. В.В. Смирнова. — Л. : Энергоиздат, 1986. — 656 с.
3. Браткова, О.Н. Источники питания сварочной дуги / О.Н. Браткова. — М. : Высшая школа, 1982. — 181 с.
4. Короткова, Г.М. Источники питания для сварки / Г.М. Короткова. — Куйбышев : КуАИ, 1980. — 55 с.
5. Короткова, Г.М. Сварочные трансформаторы, установки, выпрямители : методические указания к лабораторным работам / Г.М. Короткова. — Тольятти : ТолПИ, 1988. — 88 с.
6. Короткова, Г.М. Источники питания для сварки / Г.М. Короткова, Р.А. Цепенев. — Куйбышев : КуАИ, 1978. — 40 с.
7. Короткова, Г.М. Технология и оборудование для сварки трехфазной дугой неплавящимся электродом : учеб. пособие / Г.М. Короткова, В.И. Столбов. — Куйбышев : КуАИ, 1984. — 85 с.

Образец оформления титульного листа

Тольяттинский государственный университет
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»

ОТЧЕТ
по лабораторным работам
по дисциплине
Источники питания для сварки

Студент: Иванов И.И.
Группа: МСб-1602
Преподаватель: Моторин К.В.

Тольятти 2019