

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для магистрантов специальности
7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении»
очной и заочной форм обучения*

Часть 1



Могилев 2024

УДК 621.791
ББК 30.61
Д44

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» «12» декабря 2023 г., протокол № 6

Составитель канд. техн. наук, доц. С. М. Фурманов

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Приведены задания к лабораторным работам по дисциплине «Диагностика и испытания сварочного оборудования», указания по их выполнению, а также перечень необходимой литературы.

Учебное издание

ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Часть 1

Ответственный за выпуск	А. О. Коротеев
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Виды неисправностей при работе сварочных установок	4
2 Лабораторная работа № 2. Разработка этапов диагностики сварочных трансформаторов	12
3 Лабораторная работа № 3. Разработка этапов диагностики универсальных сварочных выпрямителей	20
4 Лабораторная работа № 4. Разработка этапов диагностики инверторных сварочных источников	26
5 Лабораторная работа № 5. Вычисление потребляемой мощности сварочного инвертора	34
6 Лабораторная работа № 6. Разработка этапов диагностики сварочных полуавтоматов	37
7 Лабораторная работа № 7. Разработка этапов диагностики сварочных автоматов для сварки под флюсом	42
Список литературы.....	47

1 Лабораторная работа № 1. Виды неисправностей при работе сварочных установок

Цель работы: изучить основные виды неисправностей при работе сварочных установок и способы их устранения.

1.1 Оборудование и материалы

- 1 Постоянные и переменные резисторы различных номиналов.
- 2 Конденсаторы различных номиналов.
- 3 Цифровые мультиметры.

1.2 Этапы диагностики сварочного оборудования

1.2.1 Методы поиска неисправностей.

Поиск неисправностей начинают с внешнего осмотра аппарата со снятым кожухом. При обнаружении подозрительного элемента или блока его заменяют заведомо исправным и включают источник, наблюдая поведение этого элемента и работу оборудования в целом.

Перед поиском неисправностей следует ознакомиться с устройством, принципом действия и электрической схемой сварочного аппарата по его техническому описанию.

Способ поочередного отключения блоков или элементов заключается в том, что после каждого отключения на источник подают напряжение и одновременно наблюдают, не исчез ли при этом признак дефекта. Возможен и обратный этому способ последовательного подключения элементов и блоков.

Способ измерения сопротивлений элементов (прозвонка) и напряжений в контрольных точках (осциллографирование) является более эффективным.

Перед проведением ремонта важно определить, в чем проблема. При этом выделяют несколько этапов диагностики сварочных установок.

1 Визуальный осмотр. Внешне можно определить большинство проблем с электронными схемами. Это могут быть как сгоревшие компоненты, так и дефекты пайки или механические повреждения элементов и самой печатной платы.

2 Проверка работоспособности сварочной установки. Нужно проверить, включается она или не включается совсем либо же не работают какие-то конкретные кнопки или функции.

3 Измерения. Если плата и детали выглядят нормально, то следует переходить к измерениям. Их проводят в основном с помощью мультиметра и осциллографа. В отдельных случаях используют специализированные приборы.

Обобщенным алгоритмом поиска неисправности является:

- осмотр платы;
- определение чрезмерного нагрева электронных компонентов платы;
- измерения и прозвонка мультиметром;

- использование осциллографа и других приборов;
- проверка и замена вышедшего из строя блока или отдельной детали.

1.2.2 Визуальный осмотр.

Осмотр следует проводить от общего к частному. Вначале нужно осмотреть общий вид сварочной установки, проверить целостность кабелей и проводов питания. Их покров должен быть ровным и целым, без изломов и резких перегибов, шишек и других неравномерностей на оболочке.

Осмотр внутренностей установки следует начинать с проверки целостности шлейфов, проводов других межблочных соединений. Важно не порвать их еще при разборке.

Далее проверяют целостность предохранителя в цепи питания, часто, если он перегорел, это можно определить невооруженным взглядом.

После этого осматривают наличие следов нагрева или сажи на плате и поврежденные компоненты. Например, корпуса неисправных транзисторов и сгоревших диодов разрывает или они трескаются.

На интегральных микросхемах появляется трещина или мелкая точка. В некоторых случаях элементы сгорают, оставляя в результате следы гари на плате. Появляется характерный запах горелой изоляции.

Резисторы обычно сгорают или темнеют; реже происходит обрыв резистивного слоя, и деталь выглядит исправной.

Сгоревшие конденсаторы в основном пробиваются «накоротко» между обкладками, а если стоят в силовой цепи, то повреждаются дорожки платы или корпус конденсатора. Если цепь была слаботочной, пробитый конденсатор просто закортит её без видимых следов протекания больших токов. Реже трескаются корпуса конденсаторов.

Электролитические конденсаторы можно вычислить по деформированной крышке корпуса или следам протекшего вниз электролита. На крышке конденсатора есть две диагональные борозды. Они нужны, чтобы корпус не разорвало в аварийной ситуации. Крышка в таком случае вздувается либо трескается.

С SMD-компонентами дело обстоит несколько сложнее. Часто их крайне сложно рассмотреть на предмет целостности. Когда подается питание на плату, пробитая накоротко деталь перегревается. Наиболее безопасный и точный поиск короткого замыкания в плате с SMD осуществляется с помощью тепловизора.

Для определения короткого замыкания по нагреву в большинстве случаев понадобится лабораторный блок питания с ограничением тока. Если проводится диагностика цепей 220 В, можно воспользоваться контрольной лампой, если есть короткое замыкание, то лампа загорится в полный накал. Фактически она выступит в роли токоограничивающего резистора.

При визуальном осмотре важно определить состояние контактов всех разъемных соединений. Они должны быть чистыми, без окислов, с характерным медным или серебряным блеском.

Также внимательно осматривают дорожки печатной платы, они могут перегорать, трескаться при изгибе платы, отслаиваться и окисляться. Их восстанавливают либо каплей олова, либо кусочком провода. Когда дорожки расположены

слишком плотно, их замещают куском провода (тонким обмоточным проводом либо жилой витой пары), припаявая его к началу и концу печатной дорожки.

Таким образом, итоги по внешней диагностике электроники.

1 Большинство неисправностей можно найти при внешнем осмотре.

2 Внимательно проверяются качество пайки и наличие микротрещин.

3 Особое внимание уделяется силовым цепям.

4 Вздутые электролитические конденсаторы в большинстве случаев являются как причиной полной неработоспособности, так и неработоспособности каких-то отдельных функций.

5 Не всегда внешне исправная деталь является таковой.

1.2.3 Измерения и прозвонка цепей.

Если внешний осмотр не принес результатов, то следует проводить ряд измерений. Если устройство «не подаёт признаков жизни» и у него сторел предохранитель, то с помощью мультиметра прозванивают цепь и находят, на каком участке есть короткое замыкание. Режим прозвонки в мультиметрах совмещен с режимом проверки диодов. Если предохранитель исправен, проверяют вольтметром, приходит ли питающее напряжение на плату. Если напряжение не приходит, то проблема, скорее всего, в кабеле. Определить это можно, прозвонив кабель от вилки до места подключения к печатной плате.

Не следует включать сварочный аппарат напрямую в сеть, если нет уверенности, что устранены все неполадки. Далее подключается последовательно лампочка накаливания.

Следующий шаг – проверка цепи питания. Для этого включают устройство и проверяют наличие выходных напряжений блока питания.

Дальнейшая диагностика платы электронного устройства заключается в пошаговом измерении параметров каждого из компонентов и сравнении их с номинальными величинами. Задача диагностики сильно упрощается, если есть схема ремонтируемого устройства и осциллограф.

Ремонт электроники – это не только знания принципа работы элементов, но и интуиция, опыт и удача. Главное, помнить при ремонте о технике безопасности, не следует трогать руками электронные платы, если на них подано напряжение. Фильтрующие конденсаторы блоков питания необходимо разряжать, поскольку на их выводах может быть напряжение до 300 В. При диагностике интегральных микросхем следует найти техническую документацию к ним.

1.3 Порядок выполнения работы

1.3.1 Проверка резисторов.

Постоянные резисторы проверяют внешним осмотром на отсутствие механических повреждений, целостность корпуса, его покрытия, прочность выводов (рисунок 1.1, а). По маркировке и размерам определяют номинальную величину сопротивления, допустимую мощность рассеяния и класс точности, а также соответствие параметров, указанных на корпусе, принципиальной электрической

схеме. Омметром измеряют действительную величину сопротивления и определяют отклонение от номинала. Целостность выводов проверяют измерением сопротивления резистора при их покачивании.



Рисунок 1.1 – Постоянные, переменные резисторы и фоторезисторы

Обычно перегретые резисторы чернеют. После нагрева их сопротивление может измениться по сравнению с номинальным, что плохо повлияет на работу устройства в целом. Если сопротивление резистора при измерении отличается от номинального и находится вне допустимых пределов для данного класса точности, то его следует заменить.

Переменные и подстроечные резисторы (рисунок 1.1, б, в) после внешнего осмотра проверяют на плавность изменения сопротивления путем его измерения при вращении оси, а также обращают внимание на сопротивление резистора при крайних положениях оси. Наблюдаемые при измерении скачки сопротивления при вращении оси свидетельствуют о неисправности и необходимости замены резистора. В работающем устройстве, например усилителе, это может проявляться в скачкообразном изменении громкости звука при его регулировке.

При проверке подстроечных и переменных резисторов сначала надо проверить величину сопротивления, замерив его между крайними выводами, а затем убедиться в надежности контакта между токопроводящим слоем и ползунком. Для этого надо подключить омметр к среднему выводу и поочередно к каждому из крайних выводов. При вращении оси резистора в крайние положения изменение сопротивления переменного резистора должно быть плавным.

Для переменных (подстроечных) резисторов характерны неисправности:

- 1) нарушения контакта движка с проводящим слоем;
- 2) механический износ проводящего слоя с частичным нарушением контакта и изменением величины сопротивления резистора в большую сторону;
- 3) выгорание проводящего слоя, как правило, у одного из крайних выводов.

Фоторезисторы (рисунок 1.1, з) проверяются аналогично обычным резисторам, но для них будет два значения сопротивления: одно – темновое сопротивление до засветки (указывается в справочниках), второе – при засветке любой лампой (оно будет в 10–150 раз меньше темнового сопротивления).

Кодированное обозначение номинальных сопротивлений резисторов состоит из трех или четырех знаков, включающих две цифры и букву или три цифры и букву (таблица 1.1). Буква кода является множителем, обозначающим сопротивление в омах, и определяет положение запятой десятичного знака. Последняя буква латинского алфавита – это кодированное обозначение допустимого отклонения. В скобках указано старое обозначение.

Таблица 1.1 – Кодированное обозначение номинального сопротивления и допуска

Сопротивление		Допуск		Пример обозначения	
Множитель	Код	Допуск, %	Код	Полное обозначение	Код
1	R(E)	±0,1	B(Ж)	3,9 Ом ± 5 %	3R9J
		±0,25	C(У)	215 Ом ± 2 %	215RG
1000	K(K)	±0,5	D(Д)	1 кОм ± 5 %	1K0J
		±1	F(P)	12,4 кОм ± 1 %	12K4F
1000000	M(M)	±2	G(Л)	10 кОм ± 5 %	10KJ
		±5	J(И)	100 кОм ± 5 %	M10J
1000000000	G(Г)	±10	K(С)	2,2 МОм ± 10 %	2M2K
		±20	M(B)	6,8 ГОм ± 20 %	6G8M
1000000000000	T(T)	±30	N(Ф)	1 ТОм ± 30 %	1T0N

В радиолубительской практике наибольшее применение находят резисторы трех классов точности: I, II и III. К I классу относится допуск отклонения сопротивления от номинального значения ±5 %, II – ±10 %, III – ±20 %.

Резисторы более высокого класса точности с допуском 2 % и менее относятся к прецизионным. Они имеют более высокую стоимость, поэтому их применение оправдано только в измерительной и высокоточной технике.

Переменные резисторы СП изготавливают на допустимые мощности рассеяния 0,25; 0,5; 1 и 2 Вт с номинальными величинами сопротивления от 470 Ом

до 5 МОм. Допустимое отклонение от номинала составляет для резисторов до 250 кОм – $\pm 20\%$, выше 250 кОм – $\pm 30\%$.

Резисторы СПО (переменные объемные) выпускаются следующих видов: СПО-0,15, СПО-0,5, СПО-1 и СПО-2 (цифры обозначают рассеиваемую мощность в ваттах) по III классу точности. Все виды резисторов СПО имеют только линейную зависимость изменения сопротивления от угла поворота оси.

Резисторы СПЗ. Резисторы СПЗ-1а представляют собой неэкранированные резисторы и применяются в качестве подстроечных в радиовещательных и телевизионных приемниках с печатным монтажом. Резисторы СПЗ-3 выпускаются дисковыми небольших габаритов, с выключателем. Резисторы СПЗ-4 применяются в транзисторных радиоприемниках в качестве регулятора громкости и тембра. Они имеют выключатель питания. Резисторы СПЗ-6 и СПЗ-6А применяются для радиоприемников с печатным монтажом. Резисторы СПЗ-7 состоят из двух переменных резисторов, управляемых общей осью. Резисторы СПЗ-8 применяются в автомобильных радиоприемниках в качестве регулятора тембра, громкости и выключателя питания. Резисторы СПЗ-12 выполняются одинарными, без выключателя источника питания. Используются они для регулирования громкости и тембра в радиоприемниках и радиолах I и высшего классов.

Резисторы ППЗ переменные регулировочные проволочные, одинарные, однооборотные, со стопорением вала. Предназначены для работы в электрических цепях постоянного и переменного токов, для навесного монтажа. Данные резисторы бывают в одинарном (ППЗ-40, ППЗ-41, ППЗ-43) и вдвоенном исполнении (ППЗ-44, ППЗ-45, ППЗ-47). Резисторы ППЗ-40 устанавливаются в основном в военную, измерительную и промышленную технику.

Технические характеристики и результаты измерения сопротивлений постоянных и переменных резисторов должны быть занесены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты измерения сопротивления резисторов

Номер измерения	Тип резистора (постоянный, переменный), условное обозначение	Номинальное значение сопротивления, Ом, кОм, МОм	Рассеиваемая мощность, Вт	Допуск отклонения сопротивления от номинального значения, %	Измеренное значение, Ом, кОм, МОм	Отклонение сопротивления от номинального значения, %	Вывод (годен, негоден)

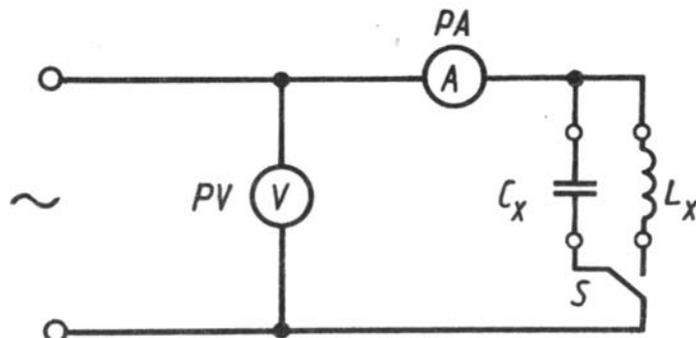
1.3.2 Проверка конденсаторов.

Простейший способ проверки исправности конденсатора – внешний осмотр, при котором обнаруживаются механические повреждения. Если при внешнем осмотре дефекты не замечены, проводят электрическую проверку. Она включает проверку на короткое замыкание, пробой, целостность выводов, а также проверку тока утечки (сопротивление изоляции) и измерение емкости.

Емкость конденсаторов и индуктивность катушки измеряют при помощи

измерителя RLC методом амперметра-вольтметра (рисунок 1.2), при этом пренебрегают активными потерями в конденсаторе и катушке индуктивности. Измеренные значения U и I подставляют в следующие формулы:

$$L_x = U / (2\pi f \cdot I); \quad C_x = I / (2\pi f \cdot U). \quad (1.1)$$



C_x – емкость; L_x – индуктивность; S – переключатель

Рисунок 1.2 – Схема измерения емкости и индуктивности

Конденсаторы большой емкости (1 мкФ и выше) на короткое замыкание проверяют омметром на максимальных пределах измерения, измеряя сопротивление между выводами и между выводами и корпусом, если корпус металлический. При этом от конденсатора отпаивают детали, если он в схеме, и разряжают его. Прибор подготавливают для измерения больших сопротивлений, общий провод должен быть соединен с положительным выводом конденсатора, а измерительный – с корпусом.

Если емкость конденсатора больше 1 мкФ и он исправен, то после присоединения омметра конденсатор заряжается, стрелка прибора быстро отклоняется в сторону нуля (причем отклонение зависит от емкости конденсатора, типа прибора и напряжения источника питания), потом стрелка медленно возвращается в положение «бесконечность».

При наличии утечки омметр показывает малое сопротивление – сотни и тысячи ом, величина которого зависит от емкости и типа конденсатора. При пробое конденсатора его сопротивление будет около нуля. При проверке исправных конденсаторов емкостью меньше 1 мкФ стрелка прибора не отклоняется, потому что ток и время заряда конденсатора незначительны.

При проверке омметром нельзя установить пробой конденсатора, если он происходит при рабочем напряжении. В таком случае можно проверить конденсатор мегаомметром при напряжении прибора, не превышающем рабочее напряжение конденсатора.

Сопротивление изоляции конденсатора между выводами и каждым выводом и корпусом проверяют мегаомметром. При этом сопротивление изоляции бумажных конденсаторов должно составлять сотни и тысячи мегаом, других – десятки и сотни мегаом.

Технические характеристики и результаты измерения емкости конденсаторов и ее отклонения от номинального значения должны быть занесены

в таблицу 1.3. Последняя буква латинского алфавита – это кодированное обозначение допускаемого отклонения емкости, которое определяется так же, как и для резисторов (см. таблицу 1.2).

Таблица 1.3 – Результаты измерения емкости конденсаторов

Номер измерения	Тип конденсатора, условное обозначение	Номинальное значение емкости, pF, nF, μ F	Напряжение зарядки, В	Допуск отклонения емкости от номинального значения, %	Измеренное значение емкости, pF, nF, μ F	Отклонение емкости от номинального значения, %	Вывод (годен, негоден)

1.3.3 Проверка катушки индуктивности.

Проверка исправности катушек индуктивности начинают с внешнего осмотра, в ходе которого необходимо убедиться в исправности каркаса, экрана, выводов, в правильности и надежности соединений всех деталей катушки, в отсутствии видимых обрывов проводов, замыканий, повреждения изоляции и покрытий. Особое внимание обращают на места обугливания изоляции, каркаса, почернение или оплавление заливки.

Электрическая проверка катушек индуктивности включает проверку на обрыв, поиск короткозамкнутых витков и определение износа изоляции обмотки. Проверка на обрыв выполняется омметром. Увеличение сопротивления означает обрыв или плохой контакт одной или нескольких жил литцендрата. Уменьшение сопротивления свидетельствует о межвитковом замыкании.

При коротком замыкании выводов сопротивление равно нулю. Для точного представления о неисправности элемента необходимо измерить индуктивность (см. рисунок 1.2). В заключение рекомендуется проверить работоспособность катушки в исправном аппарате, подобном тому, для которого она предназначена.

1.4 Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Таблицы с результатами измерений сопротивлений резисторов, емкостей конденсаторов и выводами.

Контрольные вопросы

- 1 Какие виды неисправностей бывают при работе сварочных установок разного типа? Их характерные признаки.
- 2 Опишите методы поиска неисправностей в электронных схемах.
- 3 Как проверить исправность резистора, конденсатора, катушки индуктивности?

2 Лабораторная работа № 2. Разработка этапов диагностики сварочных трансформаторов

Цель работы: изучить этапы диагностики сварочных трансформаторов и способы устранения основных неисправностей.

2.1 Оборудование и материалы

- 1 Сварочный трансформатор типа ТДМ-503.
- 2 Балластный реостат.
- 3 Мультиметр ОВЕН ИМС-Ф1 (измеритель параметров сети).
- 4 Цифровой мультиметр Mastech M890G.

2.2 Неисправности при работе сварочных трансформаторов

Наиболее часто встречающиеся неисправности сварочных трансформаторов и методы их устранения сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Основные неисправности сварочных трансформаторов

Неисправность	Причина неисправностей	Метод устранения
Перегрев обмоток трансформатора	Сварочный ток выше допустимого значения. Применяются сварочные электроды, модель и диаметр которых не соответствуют данному виду сварки. Работа происходит без достаточного количества технологических перерывов. Чрезмерный нагрев может привести к полному разрушению изоляции обмоток и необходимости капитального ремонта	Устранение дефекта заключается в неукоснительном соблюдении требований «Инструкции по эксплуатации сварочного трансформатора»
Самопроизвольное отключение за счет срабатывания электрозащиты при включении в питающую сеть	Короткое замыкание в высоковольтной или низковольтной цепях: между подводящими проводами и корпусом; проводов между собой; межвитковое замыкание в катушках; замыкание проводов на магнитопровод; электрический пробой конденсаторов; выход из строя других компонентов	Замена проводов и восстановление разрушенной изоляции; замена конденсаторов и других вышедших из строя деталей и узлов на исправные
Сильное гудение трансформатора, часто сопровождающееся перегревом, сильная вибрация трансформатора	Длительная работа без технологических перерывов на остывание. Неправильно выбран режим сварки. Ослабление крепежа узлов оборудования. Неисправности в креплении магнитопровода. Нарушена изоляция между листами магнитопровода	Проверка сопротивления изоляции; подтяжка крепежа; устранение нарушений в механизме перемещения катушек

Окончание таблицы 2.1

Неисправность	Причина неисправностей	Метод устранения
Сильный нагрев контактов на клеммной колодке	Плохой электрический контакт приводит к большому «переходному сопротивлению». Через контакты протекает электрический ток, который создает выделение большого количества тепловой энергии. Это приводит к сильному нагреву соединения и подсоединенных к нему проводов. В итоге разрушается механическое соединение, сгорает изоляция на концах проводов, разрушается электрическое соединение	Перебрать и проверить состояние контактов; при необходимости зачистить их или заменить на исправные; обеспечить плотный зажим всех элементов
Низкое значение сварочного тока	Пониженное напряжение в питающей электросети. Неисправность регулятора величины сварочного тока	Если напряжение питания соответствует норме, проверить регулятор величины сварочного тока и устранить неисправность
Слишком высокое значение сварочного тока	Повышенное напряжение источника электропитания. Резкое увеличение возможно в случае аварии (обрыв «нулевого провода») на трансформаторной подстанции. Неисправность регулятора величины сварочного тока	При повышении напряжения в сети срочно отключить все потребители электроэнергии. При нормальном напряжении питания проверить регулятор величины сварочного тока
Плохая регулировка сварочного тока	Неисправности в механизмах регулирования сварочного тока: неисправность в механизме ходового винта регулятора тока; короткое замыкание между контактами на зажимах регулятора; ограничена подвижность катушек вторичной обмотки; замыкание в катушке дросселя	Снять кожух и осмотреть механизм регулирования тока: заменить катушку дросселя; проверить контакты на зажимах регулятора; отрегулировать механизм ходового винта
Внезапный обрыв сварочной дуги и невозможность зажечь ее снова	Нарушение изоляции обмотки высокого напряжения (первичной) и её замыкание на сварочную цепь. Замыкание между сварочными проводами. Ослабло соединение сварочных проводов с клеммами аппарата	При нарушении изоляции обмоток последние следует перемотать; на сварочных проводах восстановить изоляцию или их заменить; восстановить соединение сварочных проводов с клеммами аппарата
Потребление большого тока из сети без нагрузки	Короткое замыкание витков обмоток трансформатора	Локальное восстановление изоляции или замена катушки

Прежде чем ремонтировать сварочный трансформатор, который «перестал варить», проверьте следующее:

- соответствуют ли выбранная полярность и величина сварочного тока обрабатываемому материалу и применяемому штучному электроду (материал и диаметр);

- достаточно ли хороший контакт зажима сварочного кабеля со свариваемой деталью;

- нет ли превышения времени непрерывной работы сварочного аппарата или обрыва кабеля.

Если ничего из вышеперечисленного не обнаружено, то необходимо определить проблему и заняться её устранением. Снимается корпус оборудования, и проводится внешний осмотр.

Часто вышедшие из строя узлы можно выявить визуально: изменившаяся внешний вид контактная колодка, нарушение изоляции подводящих проводов, ослабленные контактные крепления и т. п.

Если отсутствует напряжение холостого хода на вторичной обмотке сварочного трансформатора, то необходима его перемотка.

Капитальный ремонт сварочного трансформатора представляет собой наибольший по объему вид планового ремонта, при котором производится разборка аппарата и замена всех изношенных узлов и деталей.

При этом замене подлежат катушки первичной и вторичной обмоток, дроссель, конденсаторы, все контактные узлы: зажимы, колодки, подвижные узлы и механизмы.

После проведения капитального ремонта технические параметры сварочного трансформатора должны соответствовать его исходным паспортным данным.

Неисправности оборудования, для устранения которых потребуется перемотка катушек первичной и вторичной обмоток, указаны в таблице 2.1. Начинать ремонт следует с подготовки материалов:

- провод для первичной и вторичной обмоток (марку и количество можно узнать только после разборки сгоревшего аппарата);

- цапонлак или краска ПФ;

- оправка (брусок) для намотки вторичной обмотки (по размерам каркаса катушки). Изготавливать ее рекомендуется из клиньев, иначе после намотки с цельного бруска снять будет очень проблематично. Размеры снимаются после разборки;

- лакоткань.

Разбирают трансформатор, разматывают обмотки и считают витки и слои (обязательно записывают).

Рассчитывают длину провода по:

- длине «среднего витка» – это среднее арифметическое между максимальной длиной витка наружного слоя и минимальной – внутреннего;

- количеству слоев и витков.

Длина провода определяется как произведение длины «среднего витка», количества витков в слое и количества слоёв.

На несгоревшей части обмотки визуально определяют марку провода и, измерив диаметр, рассчитывают его сечение. Теперь известно, какого и сколько нужно провода.

Наматывают новые катушки: первичную обмотку из тонкого провода можно прямо на каркас, вторичную из провода большого сечения – на оправку. Предварительно наматывают один слой лакоткани. Витки наматывают плотно «один к одному», повторяя сгоревшую обмотку и строго придерживаясь количества витков.

Каждый слой обмотки тщательно промазывают цапонлаком и прокладывают слой лакоткани. После высыхания цапонлак будет предотвращать перемещение проводов, вызванное их расширением при нагревании (по обмоткам протекает большой электрический ток), и разрушение изоляции. Вместе с лакотканью это предотвратит межвитковое короткое замыкание и необходимость повторного ремонта.

После намотки собирают катушки сварочного трансформатора и просушивают их (в домашних условиях для этого можно использовать духовку). Температура и продолжительность зависит от применяемых материалов.

Производят окончательную сборку трансформатора. Тестером или омметром «прозванивают» (проверяют целостность) обмотки. Первичная должна иметь электрическое сопротивление около 20 Ом, вторичная – 0 Ом, между обмотками – «бесконечность».

Проверяют работоспособность трансформатора путем измерения напряжения холостого хода, которое обычно составляет 50...80 В.

Первичную обмотку через автомат включают в электрическую сеть и вольтметром переменного тока замеряют напряжение вторичной обмотки. Величина этого напряжения должна соответствовать напряжению холостого хода, указанному в паспорте трансформатора.

2.3 Порядок выполнения работы

По конструкции и технологии изготовления силовые сварочные трансформаторы, трансформаторы и дроссели низкой частоты весьма похожи. Все они состоят из обмоток, выполненных изолированным проводом, и сердечника. Проверку начинают с внешнего осмотра, в ходе которого находят и устраняют все видимые механические дефекты.

Сварочные трансформаторы серии ТДМ относятся к группе ИП с повышенным магнитным рассеянием и подвижными обмотками. Обладая высокими сварочными и энергетическими показателями, они нашли широкое применение в промышленности для ручной дуговой сварки. Однако из-за наличия подвижных частей при работе возникают вибрации от действия электромагнитных сил. Повышенные вибрации являются основной причиной выхода их из строя. Чаще всего при эксплуатации повреждаются изоляции обмоток трансформатора, что приводит к витковым замыканиям, сильным перегревам, повышенной потребляемой силе тока на холостом ходу и гудению.

Проверка на короткое замыкание между обмотками, между обмотками и корпусом производится с помощью омметра. Прибор включают между выводами разных обмоток, а также между одним из выводов и корпусом. Также мегаомметром проверяется сопротивление изоляции, которое должно быть не менее 100 МОм – для герметизированных трансформаторов и не менее десятков мегаом – для негерметизированных.

При поступлении трансформатора в текущий ремонт сначала выполняют все операции технического обслуживания: очищают от пыли и грязи, продувают сухим сжатым воздухом; осматривают для выявления механических повреждений; проверяют состояние электрических контактов (очищают от грязи, пыли, налетов и смазывают тугоплавкой смазкой); заменяют смазку на ходовом винте и поверхностях магнитопровода в местах скольжения плоских пружин подвижных обмоток; измеряют мегаомметром на 500 В сопротивление изоляции в первичных, вторичных цепях и с корпусом, отключая при этом от земли фильтр подавления радиопомех (сопротивление изоляции должно быть не ниже 2,5 МОм; если оно ниже, то обмотки просушивают при температуре не выше 100 °С). Затем зачищают и подтягивают контактные соединения, осматривают и очищают пускорегулирующую аппаратуру, ремонтируют электропроводки сварочной и питающей цепей, подтягивают болтовые соединения магнитопровода, крепления кожуха.

Самая сложная проверка – проверка на межвитковые замыкания. Существует несколько способов проверки трансформаторов.

1 Измерение омического сопротивления обмотки и сравнение результатов с паспортными данными (способ простой, но не слишком точный, особенно при малой величине омического сопротивления обмоток и небольшом количестве короткозамкнутых витков). Сопротивление постоянному току обмоток трансформатора измеряют методами амперметра-вольтметра. Схема измерения методом амперметра-вольтметра приведена на рисунке 2.1. Данные показаний приборов подставляют в формулу $R = U / I$ и вычислением находят сопротивление обмотки при измеряемой температуре. Сила тока при измерениях не должна превышать 20 % номинального тока обмотки. Сопротивление должно соответствовать приведенному в таблице 2.2.

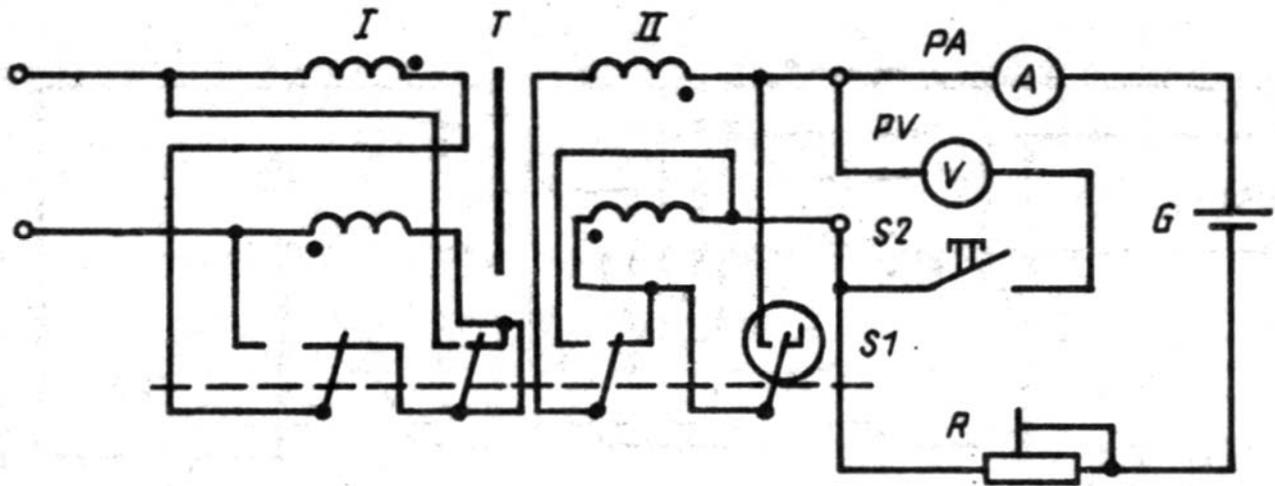
2 Для проверки целостности обмоток трансформатора и правильности установки переключателя токов измеряют коэффициент трансформации на холостом ходу методом двух вольтметров $PV1$ и $PV2$ (рисунок 2.2) при всех положениях переключателя диапазонов токов. Результаты измерений должны соответствовать паспортным данным. При наличии межвитковых замыканий коэффициент трансформации будет меньше нормы.

3 Измерение индуктивности обмотки.

4 Измерение потребляемой мощности на холостом ходу. У силовых трансформаторов одним из признаков короткозамкнутых витков является чрезмерный нагрев обмотки.

Далее трансформатор готовят к приемосдаточным испытаниям. Его устанавливают в пункте питания и, проверив соответствие напряжения сети напря-

жению, указанному на заводской табличке трансформатора, подключают к рубильнику или автоматическому выключателю. Корпус трансформатора и клемму обратного провода заземляют (стол сварщика должен быть заземлен). Ко второй клемме трансформатора подсоединяют сварочный кабель.

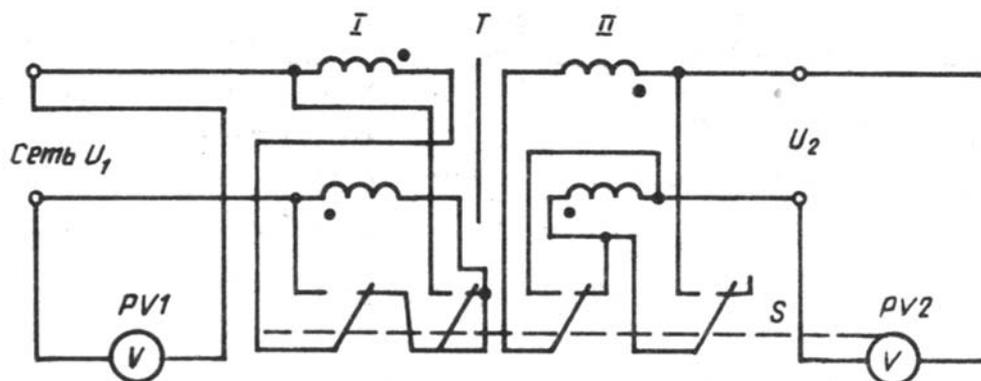


T – трансформатор; I и II – первичная и вторичная обмотки; S1 – переключатель; S2 – кнопка; R – подстроечный резистор; G – источник тока

Рисунок 2.1 – Схема измерения сопротивления постоянному току обмотки трансформатора

Таблица 2.2 – Сопротивление обмоток постоянному току

Тип трансформатора	Первичная обмотка				Вторичная обмотка	
	220 В		380 В		Число витков	Сопротивление, Ом
	Число витков	Сопротивление, Ом	Число витков	Сопротивление, Ом		
ТДМ-317	107	0,054	187	0,167	31	0,0030
ТДМ-401	90	0,032	154	0,094	26	0,0022
ТДМ-503	73	0,068	128	0,068	22	0,0016



I и II – первичная и вторичная обмотки; S – переключатель

Рисунок 2.2 – Схема измерения коэффициента трансформации

Испытывают трансформатор по схеме, приведенной на рисунке 2.3. Со стороны первичной обмотки сварочного трансформатора T мультиметр ИМС-Ф1 измеряет подводимое напряжение U_1 , ток I_1 , активную P_1 , реактивную Q_1 и полную S_1 мощности и коэффициент мощности $\cos\varphi$. Со стороны вторичной обмотки трансформатора измеряют вторичное напряжение U_2 и ток нагрузки I_2 , создаваемый балластным реостатом R_H . Питание установки осуществляется от сети переменного тока (фазы A, B) через рубильник Q . Для измерения тока используются трансформаторы тока $TA1$ и $TA2$.

Признаками правильной настройки трансформатора при сварочных испытаниях являются легкое возбуждение сварочной дуги, устойчивое ее горение, хорошее формирование наплавленного валика металла.

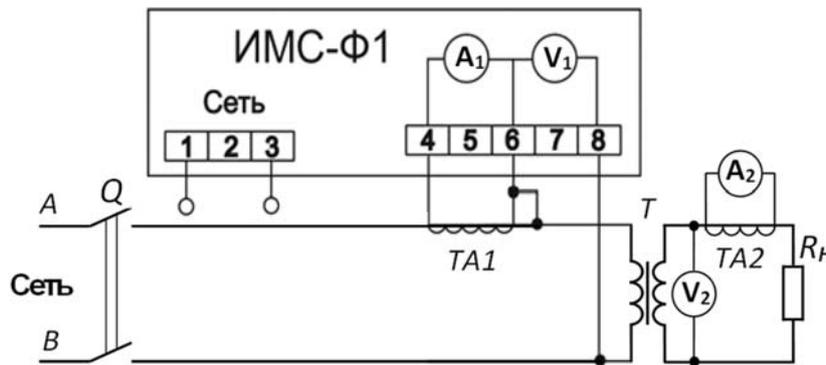


Рисунок 2.3 – Схема установки для испытания сварочного трансформатора

Определение характеристик силового трансформатора. Первичная обмотка понижающего трансформатора предназначена для подачи сетевого питания 220 В. В самых простых вариантах первичная обмотка может иметь всего два вывода. Однако бывают и такие, в которых выводов, например, четыре. Это значит, что изделие рассчитано на работу от 230 или 110 В.

Для определения выводов первичной обмотки трансформатора используется мультиметр с функцией омметра. С его помощью нужно измерить сопротивление между всеми имеющимися выводами. Где оно будет больше всего, там и есть первичная обмотка. Визуально диаметр проволоки у первичной обмотки меньше, чем у вторичной. Сопротивление у вторичной обмотки будет намного меньше, чем у первичной.

Для определения напряжения вторичной обмотки на трансформатор подается сетевое питание. Поэтому нужно соблюдать технику безопасности.

Во-первых, при тестировании подсоединять трансформатор к сети следует последовательно через лампу накаливания. Лампочка будет служить в роли предохранителя на случай, если вы что-то сделаете неправильно или же исследуемый трансформатор неисправен (закорочен, сгоревший, намокший и т. д.). Если она светится, значит, что-то пошло не так, потому вилку из розетки лучше сразу же вынуть. Если лампа не светится – работу можно продолжать.

Во-вторых, все соединения между выходами и вилкой должны быть тщательно заизолированы.

К выводам вторичной обмотки подсоединяется мультиметр в режиме вольтметра переменного напряжения. Результаты измерений параметров обмоток силового трансформатора занести в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Определение характеристик первичной и вторичной обмоток

Тип трансформатора	Первичная обмотка			Вторичная обмотка			Мощность, Вт
	Напряжение питания, В	Сопротивление, Ом	Индуктивность, Гн	Вторичное напряжение, В	Сопротивление, Ом	Индуктивность, Гн	

Вычисление мощности силового трансформатора. Самый доступный способ определить мощность понижающего трансформатора – измерение диаметра проволоки во вторичной обмотке. Для этого понадобится штангенциркуль.

Сначала измеряется диаметр проволоки. Для примера возьмем значение в 1,5 мм. Теперь нужно вычислить сечение проволоки. Для этого необходимо половину диаметра (радиус) возвести в квадрат и умножить на число π . Для данного примера сечение будет около 1,76 мм².

Далее для расчета понадобится общепринятое значение плотности тока на 1 мм² проводника. Для бытовых понижающих трансформаторов это 2,5 А/мм². Соответственно, по вторичной обмотке трансформатора сможет «безболезненно» протекать ток силой около 4,3 А.

Теперь берем вычисленное ранее напряжение вторичной обмотки и умножаем его на полученный ток. В результате получим примерное значение мощности трансформатора. При 12 В и 4,3 А мощность будет около 50 Вт.

Измерение индуктивности первичной и вторичной обмоток трансформатора. Оно осуществляется с помощью мультиметра в режиме измерения индуктивности (Гн).

2.4 Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Таблицы с результатами измерений характеристик сварочных и силовых трансформаторов.
- 3 Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1 Какие виды неисправностей возникают при работе сварочных трансформаторов? Методы их устранения.
- 2 В случае каких неисправностей и в какой последовательности осуществляется перемотка трансформаторов и дросселей?
- 3 Как осуществляются проверка сварочных трансформаторов, ремонт и приемосдаточные испытания?

3 Лабораторная работа № 3. Разработка этапов диагностики универсальных сварочных выпрямителей

Цель работы: изучить этапы диагностики универсальных сварочных выпрямителей и способы устранения основных неисправностей.

3.1 Оборудование и материалы

- 1 Сварочный выпрямитель типа ВДУ-506.
- 2 Набор диодов и тиристоров различных типов.
- 3 Цифровой мультиметр.

3.2 Этапы диагностики универсальных сварочных выпрямителей

Универсальные тиристорные сварочные выпрямители для работы с жесткими или падающими вольт-амперными характеристиками (ВАХ) осуществляют функции выпрямления, регулирования сварочного тока и стабилизации режима дуговой сварки. Перечень неисправностей универсальных сварочных выпрямителей типа ВДУ-506 приведен в таблице 3.1.

Сварочный выпрямитель, поступивший в текущий ремонт, отключают от сети и размещают на ремонтной площадке. Затем выполняют работы технического обслуживания: очищают от пыли и грязи; продувают сухим сжатым воздухом и протирают снаружи и внутри чистой ветошью; осматривают с целью выявления механических повреждений и других дефектов; проверяют электрические контакты и соединения на клеммниках; измеряют сопротивление изоляции токоведущих частей (допускается не ниже 5 МОм); проверяют конденсаторы фильтра защиты от радиопомех; заменяют смазку в подшипниках электродвигателя вентилятора; очищают и осматривают контактные поверхности автоматического выключателя, магнитного пускателя и переключателя диапазона, проверяют исправность измерительных приборов, защитных РС-цепей.

Текущий ремонт силового трансформатора сварочного выпрямителя начинается с его осмотра для выявления механических повреждений. Затем измеряют мегомметром на 500 В сопротивление изоляции в первичных, вторичных цепях и с корпусом, отключая при этом от земли фильтр подавления радиопомех (сопротивление изоляции должно быть не ниже 2,5 МОм, иначе обмотки просушивают при температуре не выше 100 °С). Повреждение изоляции обмоток трансформатора приводит к витковым замыканиям, сильным перегревам, повышенной силе тока на холостом ходу и гудению. Незначительное повреждение изоляции обмоток не требует их демонтажа с магнитопровода, их восстанавливают без разборки. В случае значительного повреждения изоляции, требующего демонтажа обмоток, трансформатор отправляют в капитальный ремонт.

При осмотре автоматического выключателя все доступные места очищают от копоти и грязи чистой тряпкой, увлажненной бензином. Очищают пластины дугогасительной камеры от копоти и брызг металла. Проверяют провалы контактов на толщину их металлокерамического слоя; если она окажется менее 0,5 мм,

выключатель заменяют. Контакты очищают хлопчатобумажной салфеткой, смоченной в бензине. Мегомметром измеряют сопротивление изоляции, которое должно быть не ниже 1 МОм.

Таблица 3.1 – Неисправности универсальных сварочных выпрямителей типа ВДУ-506

Неисправность	Причина	Метод устранения
Выпрямитель автоматически отключается от сети	Пробит один или несколько тиристоров выпрямительного блока. На жестких внешних характеристиках произошло короткое замыкание на выводах выпрямителя. Вторичную обмотку трансформатора пробило на корпус	Отключить выпрямитель от сети; отключить тиристоры от трансформатора; проверить все тиристоры. Внимательно осмотреть внутренние соединения, шинопроводы, выводы; ликвидировать короткое замыкание. Проверить наличие замыкания на корпус; проверить сопротивление изоляции выпрямителя
На выходе выпрямителя нет напряжения	Не работает вентилятор или воздух засасывается не со стороны лицевой панели. Неисправно ветровое реле SQ8. Нарушена цепь реле KV3. Вышли из строя тиристоры. Обрыв цепи обратной связи по току. Неисправность в печатной плате А1, в результате чего отсутствует регулирование напряжения U_y	Проверить работу вентилятора и пусковой аппаратуры; при необходимости изменить направление вращения двигателя вентилятора. Проверить работу ветрового реле и надежность замыкания его контактов. Проверить наличие напряжения на катушке реле KV3 при включении выключателя SA5. Проверить тиристоры. Проверить цепь обратной связи по току. Проверить работу элементов платы
Выпрямитель не обеспечивает жесткие внешние ВАХ	Обрыв обратной связи по напряжению	Проверить цепь обратной связи по напряжению
Неустойчивая сварка на падающих и жестких внешних ВАХ	Не на все тиристоры подаются импульсы управления	Проверить наличие импульсов управления на управляющих электродах тиристоров VS1–VS6. При отсутствии импульсов одного из каналов проследить последовательность его формирования внутри платы А2 от обмоток синхронизации трансформатора Т3.3 до выхода с платы
Неустойчивая сварка на жестких внешних ВАХ	Разорвана цепь вспомогательной обмотки дросселя L2 сварочной цепи	Проверить цепи обмоток дросселя и исправность тиристоров VS7 и VS8. Проверить напряжение на управляющих электродах тиристоров

С целью выявления пригодности выключателя к эксплуатации проверяют соответствие уставок-расцепителей паспортным данным. При проверке электромагнитных расцепителей автоматический выключатель вручную включают, присоединив к одному из полюсов нагрузочный реостат (например, РБ-301). Реостатом, включенным последовательно с катушкой проверяемого электромагнитного элемента, и амперметром устанавливают такую силу испытательного тока (на 30 % ниже силы тока уставки), при которой выключатель не отключается. Затем силу испытательного тока повышают до отключения выключателя, при этом сила тока срабатывания не должна превышать номинальную силу тока уставок более чем на 30 %. После отключения автоматического выключателя силу испытательного тока снижают до нуля и в указанном порядке проверяют электромагнитные элементы других полюсов. Если автоматический выключатель соответствует заводской калибровке, то он годен к эксплуатации.

Магнитный пускатель, установленный в сварочном выпрямителе, осматривают, очищают от пыли и грязи. Проверяют работу втягивающих катушек пускателя: они должны надежно работать при напряжении не выше 85 % номинального и выключаться при снижении напряжения до 35 %...40 % номинального. Измеряют сопротивление изоляции пускателя мегаомметром напряжением 500 В, оно должно быть не ниже 1 МОм. Измеряют зазор между средними выступами якоря и магнитопроводом пускателя, он должен быть 0,15...0,20 мм.

Проводят наладку тепловых реле, встроенных в магнитный пускатель и предназначенных для защиты трансформатора от длительных перегрузок. Проверяют состояние нагревательных элементов и биметаллических пластин. Термоэлемент заменяют новым, если выгорел или деформировался термобиметалл, оборвались жгуты проводов в местах приварки. Измеряют сопротивление изоляции между входом и выходом каждого полюса при разомкнутых контактах, оно должно быть не менее 10 МОм. Проверяют время срабатывания реле при токе $I = 1,21 I_N$, которое не должно превышать 20 мин.

Текущий ремонт сварочного выпрямителя выполняют без разборки. В случае необходимости его разбирают в такой последовательности: снимают переднюю и заднюю решетки с жалюзи; снимают рым-болты, вывинтив винты, отделяют крышку и боковые листы кожуха; отвернув винты, снимают вилки разъемов и извлекают блок управления; демонтируют двигатель вентилятора с крыльчаткой; снимают блоки аппаратуры защиты и ошиновку выпрямителя; отделяют сглаживающий дроссель, уравнивательный реактор, трансформатор, автоматический выключатель, пускатель и переключатель диапазона. Сборку ведут в обратной последовательности.

3.3 Порядок выполнения работы

Отказы сварочного оборудования происходят из-за выхода из строя полупроводниковых приборов, проверку исправности которых осуществляют с помощью мультиметров, микро- и миллиамперметров, омметров и других устройств. В большинстве случаев наладки аппаратуры применяют способ оценки неисправности полупроводниковых приборов по принципу «годен-негоден».

Диоды проверяют с помощью пробника, подключаемого при прямой (рисунок 3.1, *а*) и обратной (рисунок 3.1, *б*) полярностях. Об исправности диода судят по изменению показаний прибора. Такой проверкой обнаруживают как обрыв, так и электрический пробой в диоде. При обрывах заменяют все диоды, а при пробоях только германиевые и кремниевые, т. к. селеновые диоды способны к самовосстановлению.



Рисунок 3.1 – Проверка диодов при прямой (*а*) и обратной (*б*) полярностях

При тестировании диодов с помощью аналогового мультиметра (АММ) следует использовать нижние пределы измерений. При проверке исправного диода сопротивление в прямом направлении составит несколько сотен ом, в обратном направлении – бесконечно большое сопротивление. Если диод неисправен, АММ покажет в обоих направлениях сопротивление, близкое к нулю, или разрыв при пробое диода.

Проверка диодов с помощью цифрового мультиметра (ЦММ) производится в режиме их тестирования. При этом, если диод исправен, на дисплее отображается напряжение на р–п-переходе в прямом направлении или разрыв – в обратном направлении. Величина напряжения на переходе в прямом направлении для кремниевых диодов составляет 0,5...0,8 В, для германиевых – 0,2...0,4 В. При проверке исправного диода с помощью ЦММ в режиме измерения сопротивления обычно наблюдается разрыв как в прямом, так и в обратном направлении из-за того, что напряжение на клеммах мультиметра недостаточно для того, чтобы переход открылся.

Диодный мост иногда нелегко протестировать из-за соединения с вторичной обмоткой трансформатора. В таком случае его необходимо предварительно демонтировать. При проверке диодных мостов надо присоединить один из измерительных щупов к отрицательному или положительному выходу моста и протестировать подключенные к этому выводу диоды. Для проведения полной проверки необходимо выполнить восемь тестов (по два на каждый диод). При этом полезно иметь под рукой эквивалентную схему, которая отражает внутреннее строение диодного моста.

Например, диодная сборка GBPC3508 из четырех диодов рассчитана на прямой ток $I_0 = 35$ А, обратное напряжение $V_R = 800$ В (рисунок 3.2). Исправные диоды в прямом направлении проводят, а в обратном – не проводят электрический ток. Прямым считается направление, когда к катоду диода приложен минус (–), а к аноду – плюс (+) испытательного напряжения.

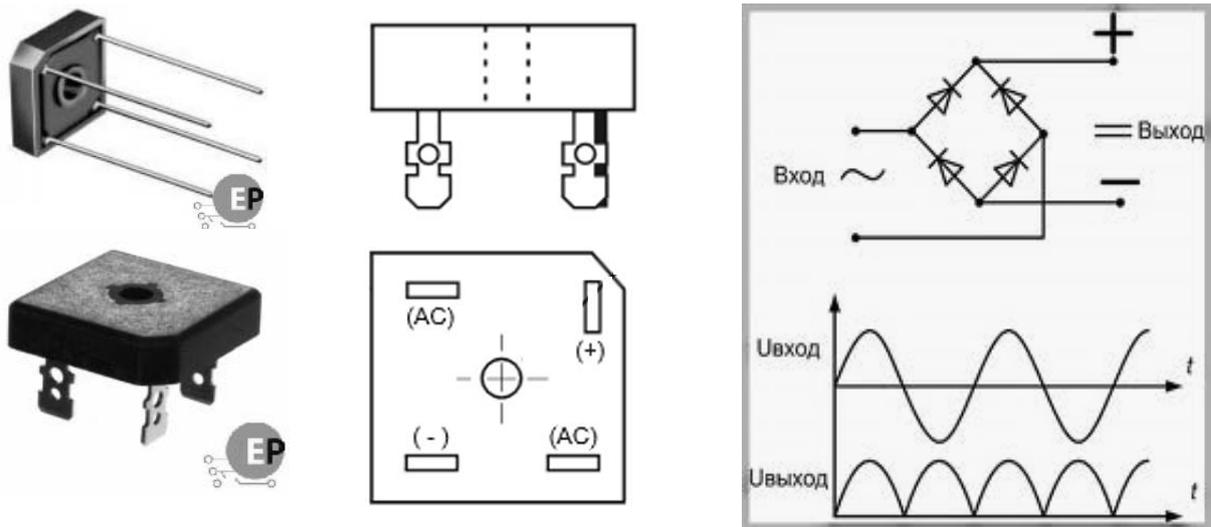


Рисунок 3.2 – Выпрямительный диодный мост GBPC3508W

Технические характеристики и результаты измерения параметров диодов заносятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты измерения параметров диодов

Номер измерения	Тип диода, условное обозначение	Обратное напряжение (амплитудное) U_{OBR} , В	Средний выпрямленный ток $I_{ПР}$, А (мА)	Постоянное прямое напряжение $U_{ПР}$, В (мВ)	Измеренное постоянное прямое напряжение $U_{ПР.И}$, В (мВ)	Вывод (годен, негоден)

Тиристоры в цеховых условиях проверяют простым устройством со световой индикацией (рисунок 3.3). Устройство состоит из батарейки для карманного фонарика GB (4,5 В), кнопки SB и сигнальной лампочки HL . Тиристор VS для проверки включают, как показано на рисунке 3.3, «+» – к аноду, «-» – к катоду. Если лампочка HL не загорается, значит, тиристор VS не пробит. При кратковременном нажатии кнопки SB на управляющий электрод УЭ тиристора VS подается напряжение и лампочка загорается. Следовательно, тиристор работоспособен и обрывов нет.

Параметры тиристоров:

– U_y – отпирающее постоянное напряжение управления – наименьшее постоянное напряжение на управляющем электроде, вызывающее переключение тиристора из закрытого состояния в открытое;

– $U_{OBR\max}$ – максимальное импульсное обратное напряжение;

– $I_{OC.CP}$ – среднее значение тока, который может протекать через тиристор в открытом состоянии;

– сопротивление перехода тиристора «управляющий электрод – катод» $R_{УЭ-К}$, величина которого должна быть в пределах 50...500 Ом и примерно одинакова при прямом и обратном измерении.

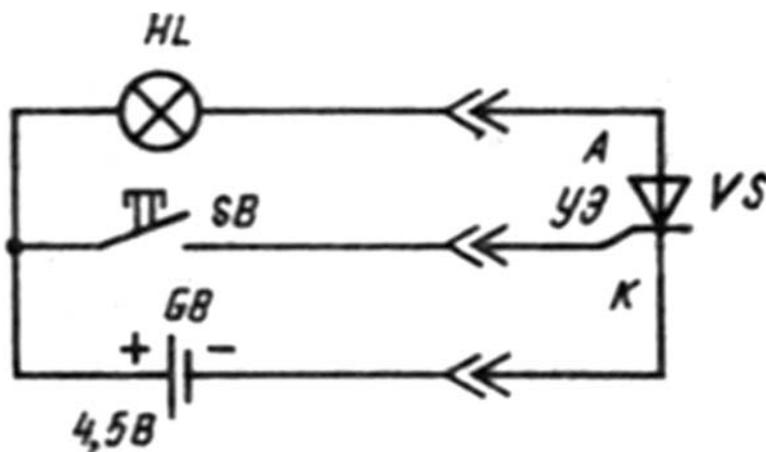


Рисунок 3.3 – Проверка работоспособности тиристорov

Технические характеристики и результаты измерения параметров тиристорov должны быть занесены в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Характеристики и результаты измерения параметров тиристорov

Номер измерения	Тип тиристора, условное обозначение	Максимальное импульсное обратное напряжение $U_{OBR\ max}$, В	Средний выпрямленный ток в открытом состоянии, $I_{oc.cр}$, А	Отпирающее напряжение управления U_y , В	Сопротивление перехода «анод – катод» в закрытом состоянии R_{A-K} , Ом	Сопротивление между управляющим электродом и катодом $R_{УЭ-K}$, Ом	Вывод (годен, негоден)

3.4 Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Таблицы с результатами измерений характеристик диодов и тиристорov.
- 3 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие виды неисправностей возникают при работе универсальных сварочных выпрямителей? Методы их устранения.
- 2 Какие работы технического обслуживания выполняют при текущем ремонте сварочных выпрямителей?
- 3 Назовите основные параметры полупроводниковых приборов: диодов, тиристорov.
- 4 Как осуществляется проверка полупроводниковых приборов: диодов, диодных мостов, тиристорov?

4 Лабораторная работа № 4. Разработка этапов диагностики инверторных сварочных источников

Цель работы: изучить особенности технического обслуживания и ремонта сварочных аппаратов инверторного типа, основные неисправности аппаратов и способы их устранения.

4.1 Оборудование и материалы

- 1 Инверторные сварочные аппараты для MMA-, TIG- и MIG-MAG-сварки.
- 2 Балластные реостаты типа РБ-301.
- 3 Набор биполярных транзисторов.
- 4 Набор силовых MOSFET- и IGBT-транзисторов различных типов.
- 5 Цифровой мультиметр Mastech M890G.

4.2 Особенности диагностики сварочных инверторов

Особенностью сварочных аппаратов инверторного типа является более сложная электротехническая схема по сравнению с трансформаторами или тиристорными выпрямителями.

Начинать ремонт инверторных сварочных аппаратов следует с проверки следующих элементов: силовых транзисторов инверторного преобразователя, диодного моста, блока питания, системы охлаждения. Неисправные детали, например транзисторы или диоды, иногда можно выявить визуально и заменить.

Если инверторные аппараты для сварки комплектуются инструкциями, то проводить обслуживание данных устройств проще по схемам, имеющимся в соответствующем разделе документации.

Перед ремонтом инверторного сварочного аппарата следует ознакомиться с типовыми неисправностями и наиболее эффективными методами диагностики, представленными в таблице 4.1.

В общем случае ремонт инверторных аппаратов следует производить по следующей методике.

- 1 Изучение конструкции инвертора по технической документации.
- 2 Визуальный осмотр всех узлов инвертора.
- 3 Зачистка окислившихся контактов.
- 4 Диагностика неисправности.
- 5 Замена нерабочих электронных компонентов.
- 6 Пробный запуск.

Неисправности, при которых может потребоваться ремонт сварочных аппаратов, делятся на три вида:

- 1) возникшие из-за попадания пыли или посторонних предметов в корпус инверторного источника питания;
- 2) возникшие из-за неправильного выбора режима сварки;
- 3) возникшие из-за нарушений в работе элементов электронной схемы.

Таблица 4.1 – Неисправности инверторных сварочных аппаратов

Неисправность	Причина	Метод устранения
Нестабильное горение дуги или сильное разбрызгивание металла при сварке	Неправильно подобран сварочный ток. Сила тока должна соответствовать рекомендуемым значениям, указанным на пачке электродов, или 25...40 А на 1 мм диаметра электрода	Установите силу тока, соответствующую диаметру электрода
Постоянное прилипание электрода при правильном выборе силы сварочного тока	Низкое напряжение питающей сети, напряжение должно соответствовать 220 В ($\pm 15\%$)	Нет
	Не зажаты кабельные вставки в панельных гнездах	Зажмите их поворотом по часовой стрелке
	Сечение провода питающей сети менее 2,5 мм ²	Используйте провод сечением не менее 2,5 мм ²
	Подгорание контактов в соединениях питающей сети	Устраните причину подгорания контактов
Сварки нет, хотя инвертор включен, индикатор сети горит	Нет контакта или плохой контакт зажима «массы» и детали	Восстановите контакт
	Обрыв сварочных кабелей	Восстановите целостность сварочных кабелей
Отключение напряжения при сварке	Автоматический выключатель питающей сети неисправен или не соответствует номиналу по току (менее 25 А)	Поменяйте автоматический выключатель
Загорается индикатор перегрева при сварке	Превышен параметр «продолжительности нагрузки». Индикатор перегрева включается при нагреве свыше 80 °С	Прекратите сварку и дайте аппарату остыть до отключения индикатора

Перед тем как проверить сварочный аппарат на предмет неисправных радиодеталей, следует провести полную чистку от пыли и грязи. Засорение элементов охлаждения системы поддержания дуги может пагубно сказаться на работоспособности многих электронных компонентов.

Если при предварительной визуальной проверке не выявлены неисправности, то следует переходить к более глубокой диагностике.

Типичные причины выхода из строя инвертора обусловлены:

- попаданием жидкости внутрь корпуса инвертора, повлекшим за собой окисление токопроводящих дорожек и коррозию основных радиоэлементов;
- обилием пыли и грязи внутри корпуса, вследствие которых существенно ухудшилось охлаждение и произошел перегрев силовых микросхем;
- перегревом элементов инвертора из-за выбора неправильного режима работы по нагреву.

Неисправности и ремонт сварочных аппаратов в большинстве случаев связаны с поломкой силового блока, в состав которого входят следующие компоненты.

1 Первичный и вторичный диодные выпрямители (мосты) различной мощности. Первый мост способен выдерживать ток до 40 А и напряжение до 250 В.

Второй диодный мост собран из более мощных элементов и способен поддерживать силу тока до 250 А при напряжении около 100 В. Возможные неисправности данных модулей связаны с выходом из строя диодов первичного или вторичного моста.

2 Инверторный преобразователь. Выход из строя силового транзистора инверторного преобразователя часто является причиной отказа работы сварочного аппарата. Ремонт инвертора можно произвести путем замены блока транзисторов на аналоги с такими же параметрами по току и напряжению.

3 Высокочастотный трансформатор. Как правило, трансформатор состоит из нескольких обмоток, расположенных на ферритовом сердечнике, повышающих силу тока до 250 А при понижении напряжения до 80 В.

Ремонт сварочного инверторного источника может потребоваться при возникновении следующих неисправностей.

1 Нестабильное горение дуги или сильное разбрызгивание материала электрода. Неисправность в большинстве случаев связана с неправильным выбором рабочего тока. В инструкции по эксплуатации сказано, что на 1 мм диаметра электрода должна приходиться сила тока от 20 до 40 А.

2 Прилипание электрода к свариваемому металлу. Такое поведение характерно для устройств, работающих при недостаточном напряжении. Подобные неисправности и способы их устранения четко описаны в сопроводительной документации. При прилипании электрода к свариваемому материалу не лишним будет замерить напряжение в электрической сети.

3 Отсутствие дуги при включении аппаратуры. Дефект зачастую связан с перегревом устройства или повреждением силовых кабелей в процессе длительной эксплуатации при повышенных температурах.

4 Аварийное отключение инвертора. Если в процессе проведения работ аппарат внезапно отключился, то наверняка сработала защита от короткого замыкания между проводами и корпусом. Ремонт устройства в случае возникновения подобного дефекта состоит в нахождении и замене поврежденных элементов силовой цепи инвертора.

5 Повышенное потребление электрического тока на холостом ходу. Типичная неисправность, возникающая вследствие замыкания витков в катушках трансформаторов. Восстановление работоспособности устройства после такой неисправности состоит в полной перемотке катушек и наложении слоя дополнительной изоляции.

6 Отключение сварочного оборудования через определенный промежуток времени. Подобное поведение характерно при перегреве элементов инвертора.

7 Посторонние звуки при работе блока питания. Устранение дефекта заключается в затягивании болтов, стягивающих элементы магниторода. Помимо этого, неисправность может быть связана с дефектом в крепеже сердечника или замыканием между кабелями.

Выполняя ремонт сварочных аппаратов инверторного типа, следует придерживаться определенной методики.

1 При возникновении неисправности нужно немедленно отключить электрический прибор от сети, дать ему остыть и лишь после этого следует открывать

металлических кожух.

2 Диагностику необходимо начинать с визуального осмотра электротехнических компонентов инвертора. Нередки случаи, когда ремонт инверторного сварочного аппарата заключается в простейшей замене поврежденных деталей или пропайке токопроводящих контактов. Визуально увеличившиеся конденсаторы или треснувшие транзисторы нужно заменять в первую очередь.

3 Если при визуальном осмотре не удалось определить причину неисправности сварочного аппарата, необходимо перейти к проверке параметров деталей при помощи мультиметра, вольтметра и осциллографа. Наиболее частые поломки силовых блоков связаны с нарушением работы транзисторов.

4 После замены электротехнических элементов следует перейти к проверке печатных проводников, расположенных на плате инвертора. При обнаружении оторванных или поврежденных дорожек на печатной плате сварочного инструмента нужно немедленно устранить дефект путем запаивания перемычек или восстановления дорожек при помощи медной проволоки необходимого сечения.

5 По завершении работы с дорожками имеет смысл перейти к проверке разъемов. Если работа инверторного аппарата ухудшалась постепенно, то, возможно, есть плохой контакт в соединительных разъемах. В таком случае достаточно замерить все контакты при помощи мультиметра и зачистить разъемы.

6 Проверить работоспособность диодных мостов. Проводить диагностику данных элементов лучше в выпаянном виде. Если все ножки моста прозваниваются накоротко, то следует выполнить поиск неисправного диода и произвести его замену.

7 Последним этапом в ремонте инвертора служит проверка платы управления. Диагностика всех компонентов платы должна производиться при помощи высокочастотного осциллографа.

Большинство инверторных аппаратов поставляется в комплекте с сопроводительной документацией. В этих бумагах можно отыскать описание наиболее типичных неисправностей и методы ремонта. Поэтому при возникновении неисправностей следует внимательно изучить документацию и лишь потом приступить к ремонтным работам.

4.3 Порядок выполнения работы

4.3.1 Проверка биполярных транзисторов.

Биполярные транзисторы тестируются аналогично тестированию диодов, т. к. саму структуру транзистора $p-n-p$ или $n-p-n$ можно при проверке представить как два диода с соединенными вместе либо выводами катода, либо анода, представляющими собой вывод базы транзистора (рисунок 4.1).

При тестировании с помощью ЦММ напряжение на переходе исправного транзистора в прямом направлении составит $0,45...0,9$ В. Дополнительно следует проверять сопротивление (падение напряжения) между коллектором и эмиттером, которое для исправного транзистора должно быть определено как очень большое, за исключением некоторых типов мощных транзисторов со встроенным демпферным диодом между коллектором и эмиттером, а также резистором

сопротивлением около 50 Ом между базой и эмиттером. При проверке таких транзисторов следует сравнивать проверяемые параметры с такими же параметрами заведомо исправного однотипного транзистора.

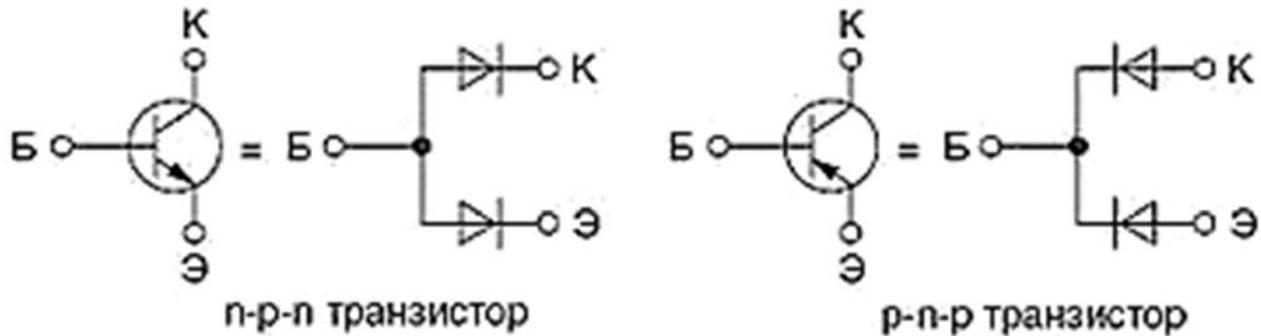


Рисунок 4.1 – Проверка исправности биполярных транзисторов

Усилительные свойства транзисторов характеризует статический коэффициент передачи тока базы – параметр $h_{21Э}$. Буква Э указывает, что при измерении $h_{21Э}$ транзистор включают по схеме с общим эмиттером. Параметр $h_{21Э}$ равен частному от деления силы тока коллектора $I_{КО}$ на силу тока базы I_B , т. е.

$$h_{21Э} = I_{КО} / I_B.$$

Для измерения коэффициента передачи транзистора в мультиметре есть разъем «hFE» с выводами: «Е» – эмиттер, «В» – база, «С» – коллектор. У разъема есть маркировка типа транзисторов. Предварительно в справочнике узнают коэффициент усиления транзистора и расположение его выводов. Подключают транзистор к гнезду и переводят переключатель мультиметра в положение «hFE». Если цифры на дисплее мультиметра соответствуют данным из справочника, то транзистор годен. Результаты измерения параметров биполярных транзисторов должны быть занесены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты измерения параметров биполярных транзисторов

Номер измерения	Тип и структура транзистора (р–п–р, п–р–п), условное обозначение	Сопротивление перехода «коллектор – эмиттер» $R_{К-Э}$, «эмиттер – коллектор» $R_{Э-К}$, Ом	Падение напряжения на переходе «база – коллектор», прямое / обратное $U_{Б-К}$, мВ	Падение напряжения на переходе «база – эмиттер», прямое / обратное $U_{Б-Э}$, мВ	Статический коэффициент передачи тока базы $h_{21Э}$, паспортные данные / измеренное значение «hFE»	Вывод (годен, негоден)

4.3.2 Проверка силовых транзисторов преобразователя.

При внешнем осмотре транзисторов преобразователя нужно убедиться в том, что они не имеют дефектов корпуса и выводов. Обычно в преобразователях современных инверторных сварочных источников используются MOSFET- или

IGBT-транзисторы. Транзисторы MOSFET имеют внутренний паразитный диод подложки, подключенный катодом к стоку транзистора, а анодом – к истоку. Соответственно, этот диод прекрасно «прозванивается» между стоком и истоком транзистора. Однако исправность данного диода не гарантирует того, что транзистор также исправен. Например, у транзисторов MOSFET с пробитым затвором паразитные диоды обычно нормально «прозваниваются». Поэтому, чтобы гарантировать исправность транзисторов, их необходимо проверить, предварительно выпаяв из схемы.

В отличие от диодов и конденсаторов MOSFET- и IGBT-транзисторы преобразователя требуют более сложного алгоритма проверки. Рассмотрим, например, алгоритм проверки IGBT-транзистора, который во многом справедлив и для MOSFET. Перед тем как приступить к проверке транзистора, необходимо воспользоваться справочником, чтобы определить его расположение выводов. На рисунке 4.2 приведено типичное расположение выводов IGBT, расположенного в корпусе TO-247AC.

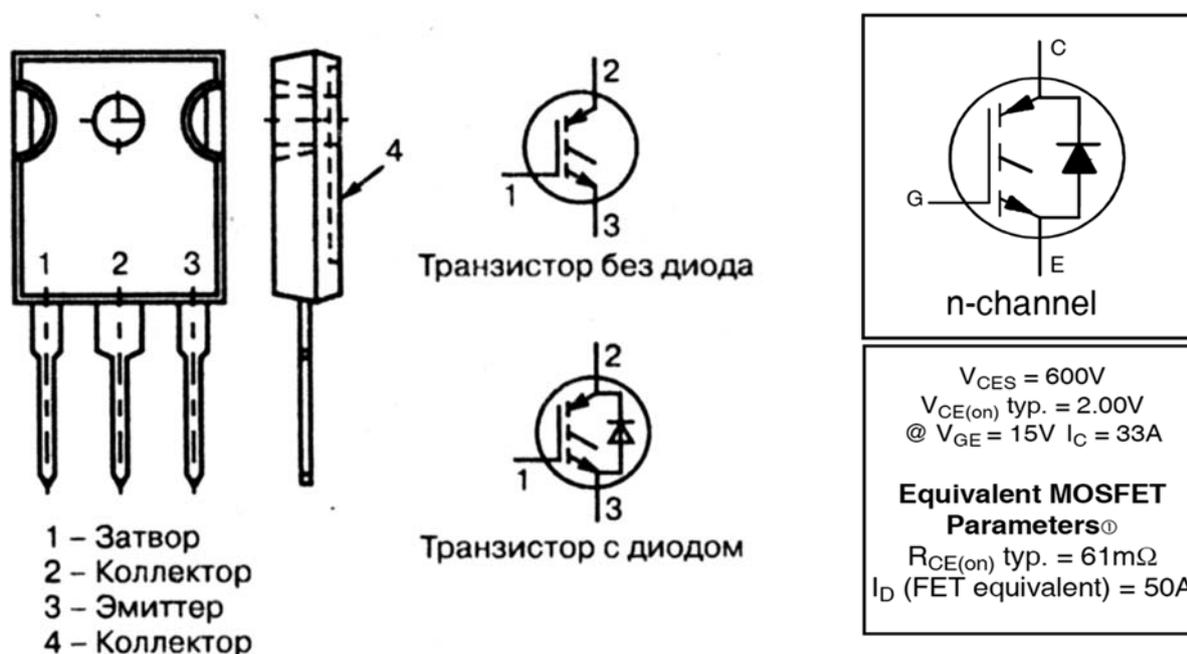


Рисунок 4.2 – Расположение выводов и характеристики IGBT-транзистора типа IRGP50B60PD1 в корпусе TO-247AC: G – Gate (Затвор); C – Collector; E – Emitter

Некоторые IGBT-транзисторы, например транзистор IRGP50B60PD1 (см. рисунок 4.2), как и MOSFET-транзистор типа IRF520N (рисунок 4.3), имеют встроенный встречно-параллельный диод, подключенный катодом к коллектору транзистора, а анодом к эмиттеру. Если транзистор имеет такой диод, то последний должен соответствующим образом прозвониться между эмиттером и коллектором транзистора.

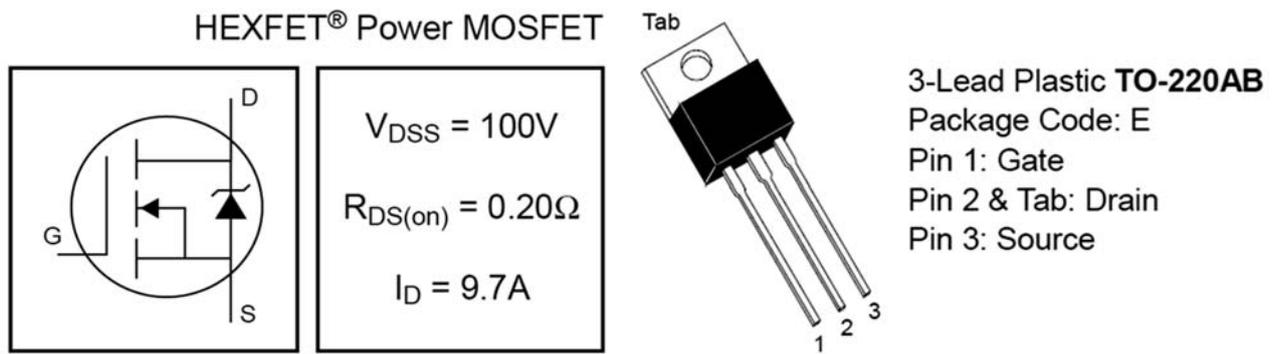


Рисунок 4.3 – Расположение выводов и характеристики MOSFET-транзистора n-канального типа IRF520N в корпусе TO-220AB

4.3.3 Порядок проверки силовых IGBT- и MOSFET-транзисторов.

Шаг 1. Необходимо убедиться в отсутствии коротких замыканий между затвором и эмиттером IGBT (затвором и истоком MOSFET), прозвонив сопротивления между соответствующими выводами в обоих направлениях.

Шаг 2. Необходимо убедиться в отсутствии коротких замыканий между коллектором и эмиттером IGBT (истоком и стоком MOSFET), прозвонив сопротивления между соответствующими выводами в обоих направлениях. Перед этим необходимо перемычкой закоротить выводы затвора и эмиттера транзистора. Но лучше будет не закорачивать затвор и эмиттер транзистора, а просто зарядить входную емкость «затвор – эмиттер» отрицательным напряжением. Для этого кратковременно и одновременно прикасаются щупом «СОМ» мультиметра к затвору, а щупом «У/Ω/f» – к эмиттеру.

Шаг 3. Следует убедиться в функциональности транзистора. Для этого необходимо зарядить входную емкость «затвор – эмиттер» положительным напряжением. Для этого кратковременно и одновременно прикасаются щупом «V/Ω/f» мультиметра к затвору, а щупом «СОМ» – к эмиттеру. Проверяют состояние перехода «коллектор – эмиттер», подключив щуп «V/Ω/f» мультиметра к коллектору, а щуп «СОМ» – к эмиттеру. На переходе «коллектор – эмиттер» должно быть падение напряжения величиной 0,5...1,5 В. Меньшее значение напряжения соответствует низковольтным транзисторам, а большее – высоковольтным. Величина падения напряжения должна быть стабильной в течение нескольких секунд, что свидетельствует об отсутствии утечки входной емкости транзистора.

Шаг 4. Соединить щуп мультиметра «V/Ω» с эмиттером, щуп «СОМ» с коллектором. Мультиметр должен показать падение напряжения на внутреннем диоде.

Иногда напряжения мультиметра может не хватить для того, чтобы полностью открыть IGBT-транзистор (характерно для высоковольтных IGBT). В этом случае входную емкость транзистора можно зарядить от источника постоянного напряжения величиной 9...15 В через резистор величиной 1...2 кОм.

Исправные транзисторы необходимо установить на место, предварительно очистив его от следов старой теплопроводной пасты. Затем наносится слой свежей теплопроводной пасты и транзистор прижимается к охладителю.

Для более надежной проверки IGBT-транзистора можно собрать следующую схему (рисунок 4.4, а). При замыкании контактов кнопки лампочка должна загораться, при размыкании – гаснуть.

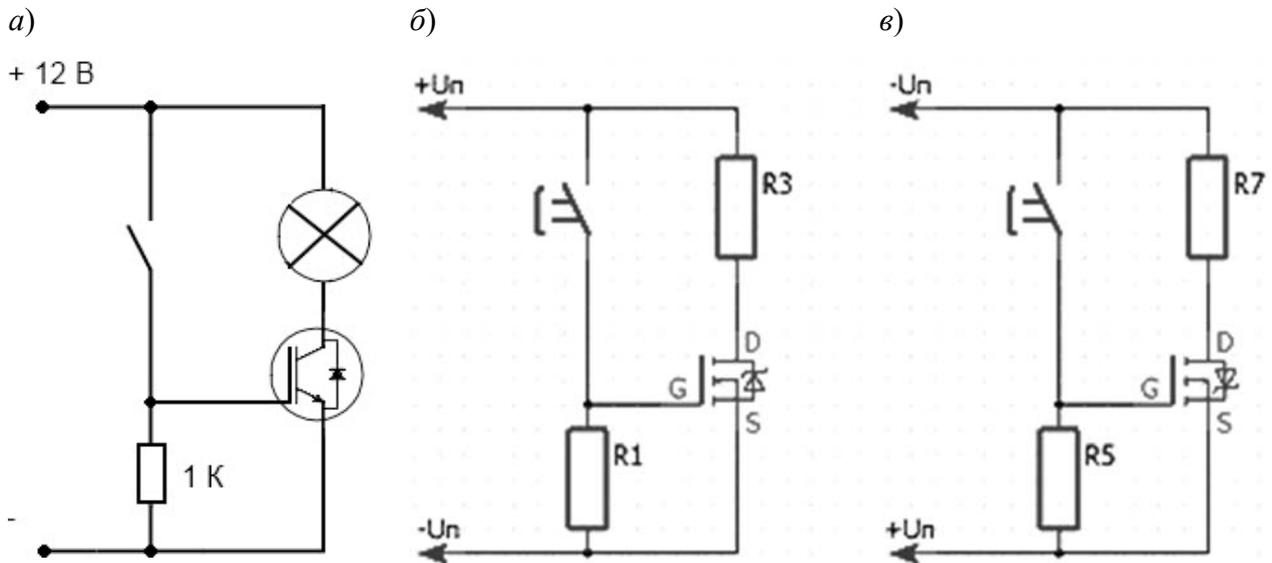


Рисунок 4.4 – Схема проверки силовых IGBT-транзисторов (а), n-канального (б) и p-канального (в) MOSFET-транзисторов

Сравнивая полевой MOSFET-транзистор с биполярным, можно сказать, что затвор соответствует базе, исток – эмиттеру, сток полевого транзистора – коллектору биполярного транзистора. Типовое включение полевого n-канального и p-канального силовых MOSFET-транзисторов для проверки показано на рисунке 4.4, б, в.

4.4 Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Таблицы с результатами измерений параметров биполярных транзисторов.
- 3 Таблицы с результатами измерений характеристик силовых IGBT- и MOSFET-транзисторов.
- 4 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие виды неисправностей возникают при работе инверторных сварочных источников? Методы их устранения.
- 2 Опишите методику диагностики инверторных сварочных аппаратов.
- 3 Как осуществляется проверка биполярных транзисторов?
- 4 Как осуществляется проверка силовых MOSFET- и IGBT-транзисторов?

5 Лабораторная работа № 5. Вычисление потребляемой мощности сварочного инвертора

Цель работы: определить потребляемую мощность сварочного инвертора, используя паспортные данные и результаты измерений.

5.1 Оборудование и материалы

1 Инверторные сварочные аппараты различных типов для MMA-, TIG- и MIG-MAG-сварки.

2 Балластные реостаты типа РБ-301.

3 Мультиметр ОВЕН ИМС-Ф1 (измеритель параметров сети).

4 Цифровой мультиметр Mastech M890G.

5.2 Типы сварочных инверторов

Аппараты инверторного типа делятся на три категории. Бытовые инверторы рассчитаны на небольшую продолжительность включения и работу от однофазной сети переменного тока 220 В. Работать таким аппаратом на предельных мощностях можно лишь непродолжительное время – 20...30 мин, давая ему отдых, равный этому времени. Полупрофессиональные аппараты позволяют увеличивать время работы до 5...8 ч без перерыва благодаря особенностям конструкции. Профессиональные инверторы рассчитаны на потребление тока 220/380 В зачастую от трехфазной сети электрического тока.

Бытовые, полупрофессиональные и некоторые профессиональные сварочные агрегаты бывают рассчитаны на работу от сети 220 В. Однако следует помнить, что для бытовых электросетей ток максимальной нагрузки не может превышать 16 А. Потребляемая мощность розеток, штепсельных вилок и силовых автоматов не рассчитана на превышение этого порога. Поэтому подключение инверторного сварочного аппарата с более высокими показателями либо спровоцирует срабатывание автоматов, либо вызовет выгорание контакта на стыке «вилка – розетка», либо, что самое опасное, приведет к выгоранию электрической проводки.

Главное свойство сварочного аппарата инверторного типа – это экономное потребление электроэнергии. Потребляемая мощность инверторного сварочного аппарата почти полностью расходуется на сварку, коэффициент полезного действия составляет $\eta = 85 \% \dots 95 \%$.

5.3 Порядок выполнения работы

Перед началом расчета потребляемой мощности сварочного инвертора нужно узнать следующее.

1 Диапазон входного напряжения.

2 Диапазон сварочного тока.

3 Напряжение сварочной дуги.

4 Коэффициент полезного действия сварочного аппарата.

5 Продолжительность включения.

6 Коэффициент мощности конкретной модели.

Диапазон сварочного тока нужен для того, чтобы знать, при каких характеристиках сети электрического тока придется работать. Следует запомнить: просадка напряжения при подключении сварочного инвертора бытового типа составляет 5 %...10 % от общего номинала сети. Потому лучшие показатели мощности будут у таких инверторов, которые рассчитаны на напряжение питания от 150...170 В и до 220...250 В.

Диапазон сварочного тока дает значения максимального и минимального уровня, мощность аппарата напрямую зависит от этих параметров. Для бытовых инверторов данные показатели в нижней границе разнятся от 10 до 50 А, а в верхней – 100...160 А. Напряжение сварочной дуги колеблется для недорогих бытовых моделей от 20 до 30 В. Коэффициент полезного действия у инверторов с максимальным показателем выходного тока 160 А, как правило, редко превышает 85 %. Высокий КПД сварочного аппарата напрямую зависит от продолжительности включения ПВ%.

Максимальный сварочный ток задается производителем. От него зависит толщина металла, который можно сваривать. Под металл подбирается электрод. От величины тока зависит:

- стабильность горения электрода;
- прогрев металла;
- надежность сварного соединения.

Установка сварочного тока производится регулятором на лицевой панели аппарата.

Рекомендуется устанавливать ток с запасом по следующим причинам:

- теряется часть мощности при подключении удлинителя или переноски;
- необходима дополнительная нагрузка при резке металла;
- нельзя работать на критической нагрузке.

Продолжительность включения ПВ% – это процентный показатель времени непрерывной работы сварочного инвертора относительно общего времени его использования. По стандартам стран СНГ ПВ% должна указываться при 20 °С и 10-минутном интервале. Показатель на уровне 50 % скажет о том, что при работе 5 мин аппарат должен отдыхать 5 мин. Чем ниже показатель, тем дольше должны отдыхать цепи и тем быстрее сработает автоматическое реле отключения при перегреве. Напротив, высокий процент покажет, что аппарат можно использовать достаточно долго, прерываясь лишь на замену электродов и проверку сварочного шва. Оптимальное значение ПВ% – около 60 %, т. е. 6 мин работы и 4 мин перерыва.

Продолжительность включения вычисляется путем деления времени непрерывной работы на сумму времени непрерывной работы и времени паузы до следующего включения аппарата. Результат умножается на 100. Например, аппарат исправно работал 6 мин, пока не сработала защита от перегрева, затем он находился в покое 4 мин, после чего вновь был готов к работе:

$$ПВ\% = 6 \text{ мин} / (4 \text{ мин} + 6 \text{ мин}) \cdot 100 = 60 \%$$

Продолжительность включения для бытовых или полупрофессиональных сварочных аппаратов инверторного типа редко превышает порог 60 %...70 %.

Представим, что для примера имеется сварочный аппарат, питающийся от сети переменного тока 160...220 В, имеющий максимальное значение сварочного тока 160 А при максимальном напряжении сварочной дуги в 23 В. КПД этой модели инвертора $\eta = 0,89$, а показатель ПВ, продолжительность включения, составляет 60 %.

Далее вычисляют максимальную потребляемую мощность инвертора с приведенными ранее параметрами. Для этого сначала умножают максимальное значение выходной силы тока на максимальное выходное напряжение. Получившийся результат делят на значение КПД аппарата.

$$P = 160 \text{ А} \cdot 23 \text{ В} / 0,89 = 4135 \text{ Вт.}$$

Мощность $P = 4135 \text{ Вт}$ аппарат потребляет непосредственно при сварке. Средняя мощность вычисляется путем умножения значения максимальной мощности на показатель продолжительности включения:

$$P_{CP} = 4135 \text{ Вт} \cdot 0,6 = 2481 \text{ Вт.}$$

Средняя мощность инвертора P_{CP} является наиболее актуальным показателем, потому что сварка обычно прерывается. Случаются паузы, когда сварщику требуется сменить электрод или подготовить детали к последующей обработке. Нередко сварочные работы можно провести на более низком токе, в этом случае снизится и общая мощность, потребляемая инвертором.

5.4 Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Результаты расчета потребляемой мощности сварочного инвертора.
- 3 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 На какие типы делятся сварочные инверторы и по каким признакам они различаются?
- 2 Какие параметры сварочного аппарата надо знать перед началом расчета потребляемой мощности?
- 3 Опишите порядок расчета максимальной и средней потребляемой мощности инвертора с учетом продолжительности включения.

6 Лабораторная работа № 6. Разработка этапов диагностики сварочных полуавтоматов

Цель работы: изучить этапы диагностики сварочных полуавтоматов, характерные неисправности, вероятные причины их возникновения и способы устранения.

6.1 Оборудование и материалы

- 1 Сварочные полуавтоматы для MIG-MAG-сварки.
- 2 Балластные реостаты типа РБ-301.
- 3 Цифровой мультиметр Mastech M890G.

6.2 Техническое обслуживание сварочных полуавтоматов

В состав сварочного полуавтомата входят механизм подачи электродной проволоки, кассета для проволоки, блок управления, горелка со шлангом, сварочные кабели, источник питания. При сварке в защитном газе полуавтомат снабжают редуктором и аппаратурой для регулирования и измерения расхода газа, подогревателем газа (при сварке в CO_2) и шлангом для его подачи.

Токоподводящие наконечники служат для подвода сварочного тока к электродной проволоке. Качество электрического контакта определяет контактное давление, которое зависит главным образом от жесткости электродной проволоки, ее диаметра и изогнутости мундштука. Проволока, изгибаясь в мундштуке, прижимается к стенке наконечника за счет своих пружинящих свойств.

В устойчивости процесса сварки важную роль играет электрический контакт электродной проволоки с наконечником. Плохой контакт приводит даже к привариванию электродной проволоки к наконечнику и аварийному прекращению сварки. При наладочных работах устанавливают новый наконечник.

Для направления электродной проволоки при подаче горелки снабжают шлангами. Длину шлангов устанавливают 3 или 5 м. Для проталкивания или протягивания электродной проволоки через шланг подающий механизм (в зависимости от системы) развивает тяговое усилие 100...200 Н. При образовании подающим шлангом петли это усилие возрастает до 1,5 раза. Внутреннее загрязнение канала шланга во много раз повышает тяговое усилие на подающий механизм, вплоть до прекращения подачи электродной проволоки. При этом нагрузка на электропривод резко возрастает и может вывести его из строя.

Механизм подачи электродной проволоки определяет технологические возможности сварочного полуавтомата, т. к. от конструкции механизма зависят вид и диаметр применяемой электродной проволоки, способ и скорость ее подачи, а также характер регулирования. По способу подачи электродной проволоки существуют системы толкающего, тянущего и тянуще-толкающего типов. Более широкое распространение получила система толкающего типа, обеспечивающая наименьшую массу горелки, что является наиболее важной характеристикой для

сварщика. К недостаткам этой системы можно отнести изгибы проволоки внутри канала шланга, возникающие при ее подаче, что ограничивает длину шланга и повышает тяговые усилия.

Возможные основные неисправности при работе сварочных полуавтоматов и способы их устранения приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Неисправности сварочных полуавтоматов и методы их устранения

Неисправность	Причина	Метод устранения
Неравномерная подача электродной проволоки при нормально работающем двигателе	Слабый зажим проволоки в механизме подачи. Чрезмерный износ подающих роликов. Засорился канал для подачи электродной проволоки. Много перегибов горелки	Отрегулировать давление прижимной обоймы. Сменить комплект подающих роликов. Заменить направляющий канал. Расположить горелку так, чтобы перегибы были плавными
Обрывы дуги при нормально работающем двигателе подачи проволоки	Повышенное напряжение сварки при недостаточной скорости подачи электродной проволоки	Уменьшить напряжение сварки, увеличить скорость подачи электродной проволоки
«Примерзание» электродной проволоки	Пониженное напряжение сварки	Увеличить напряжение сварки
При нажатии на гашетку горелки отсутствует сварка	Отсутствует питание схемы управления. Нарушение контакта в разъемных соединениях вследствие их ослабления	Обеспечить питание цепей управления. Обеспечить фиксацию разъемов
Нет истечения газа из сопла горелки при открытом редукторе	Отверстие редуктора забито льдом. Не работает газовый клапан	Отогреть редуктор и включить подогреватель газа. Проверить работу клапана

Пользователю сварочного полуавтомата должны быть известны основные его составные части, чтобы уметь устранять самые элементарные поломки аппарата. Сварщику необходимо знать не только устройство горелки, но также принцип работы и расположение остальных компонентов сварочного полуавтомата.

Нередко бывает, что сразу нельзя понять, что происходит со сварочным аппаратом и где начать искать причину. Например, он не включается вообще или включается, но не варит, а если варит, то дуга нестабильная. В таких случаях возможными причинами могут стать плохие контакты, причем как в соединениях подачи электричества к аппарату, так и в самом аппарате.

Возможна ситуация, при которой происходит внезапное отключение сварочного аппарата во время работы. Одной из вероятных причин такой неприятности является срабатывание защиты от короткого замыкания в электрических цепях сварочного оборудования.

Еще одной частой неисправностью сварочных полуавтоматов является перегрев. Причины здесь кроются либо в некачественных контактах, либо в настройках недопустимо высокой силы тока для сварки.

Отсутствие дуги в некоторых случаях также является результатом плохих контактов в кабелях и месте присоединения к свариваемой детали. Случаются проблемы с подачей присадочной проволоки: подача запаздывает или возникает сильное трение в канале подачи. Это может происходить при ослаблении прижимного механизма или нарушении его регулировки.

Все вышеперечисленные неисправности в большинстве случаев нетрудно исправить самостоятельно, не прибегая к помощи специалистов.

6.3 Порядок выполнения работы

6.3.1 Проверка электронных компонентов.

Проверку электроники сварочного полуавтомата производят по следующему алгоритму.

1 В первую очередь проверяются все предохранители в системе.

2 Демонтируется плата управления, визуально оценивается работоспособность деталей на ней (пайка, целостность, внешний вид и другие признаки).

3 Если визуальный осмотр не дал результатов, следует проверить исправность деталей платы тестером.

4 В заключение можно заменить подозрительные элементы схемы и поменять термостойкое покрытие радиаторов охлаждения полупроводников.

Прежде чем начинать диагностику и ремонт сварочных полуавтоматов, следует позаботиться о мерах безопасности, необходимых при работе с электрооборудованием. Необходимо подготовить инструменты для работы, в том числе аппаратуру для тестирования электронных деталей и расходный материал, например, изоляционную ленту, термопасту, имеющиеся запасные детали.

Сначала следует заняться диагностикой и устранением возможных причин неисправностей в механической части оборудования. Для этого осматривается сварочный аппарат, очищаются и подтягиваются все контакты, болтовые и винтовые соединения, восстанавливается изоляция. Нужно понимать, что большинство проблем возникает из-за ослабленных и загрязненных контактов в электрических соединениях. В этом кроются и перегревы оборудования, и нестабильная дуга или полное ее отсутствие, и повышенное гудение аппарата.

К перегреву сварочного агрегата приводят нарушения его эксплуатации: превышение допустимых значений сварочного тока и времени непрерывной работы. В результате этого быстро изнашиваются детали. Изношенные части оборудования следует своевременно заменить, а величину сварочного тока отрегулировать согласно инструкции.

Если неисправен натяжной механизм или стерлись ролики, выполняется регулировка натяжения и замена роликов.

Если изношен канал подачи проволоки, то его полностью меняют на новый. Только нужно подобрать подходящий канал (и по длине, и по диаметру), который внутри должен быть гладким.

Электронная плата управления очищается от пыли и загрязнений, неисправные детали заменяются на запасные. При коротких замыканиях в катушках, кабеле, проводах, трансформаторе следует принять меры по изолированию

оголенных участков обмоток (или полной замене неисправных элементов), кабельных жил и проводов.

6.3.2 Периодичность технического обслуживания.

Чтобы избежать многих поломок сварочного полуавтомата, ему необходим надлежащий уход и правильная эксплуатация. Аппарат нередко работает в тяжелых условиях (повышенная влажность помещения, запыленность или задымленность рабочей зоны, низкая или, наоборот, высокая температура воздуха, продолжительные сварочные работы с короткими паузами и т. д.). Все это приводит к уменьшению сроков безотказной работы аппарата.

Для обеспечения бесперебойной и длительной работы полуавтоматов, а также для своевременного устранения мелких неисправностей при эксплуатации необходимо проводить ежедневное техническое обслуживание. Перед началом работы следует:

- проверить состояние наконечника мундштука и газового сопла, при загрязнении очистить от брызг и нагара, восстановить надежный контакт;
- проверить место крепления мундштука к шланговому кабелю;
- проверить крепление сварочной горелки к шланговому кабелю;
- проверить состояние контактов реле и контактов в местах подключения проводов, при необходимости их зачистить; осмотреть изоляцию соединительных проводов, при необходимости восстановить изоляцию;
- опробовать работу полуавтомата пробными включениями пусковой кнопки;
- в полуавтоматах для сварки в защитном газе проверить все соединения газоподводящей сети, которые должны быть плотными и не пропускать газ.

Специалисты и производители сварочного оборудования рекомендуют не реже одного раза в месяц производить технический осмотр всего оборудования, включая в это мероприятие не только выявление очевидных (или возможных) неисправностей или нарушений с оборудованием, но и следующие работы:

- проверить состояние подающего ролика, при износе заменить;
- проверить уровень смазки в редукторе подающего механизма и долить в случае необходимости;
- очистить от накопившейся грязи канал подачи электродной проволоки;
- проверить состояние коллектора и щеток электродвигателя механизма подачи, неисправности устранить;
- очистить и подтянуть клеммные колодки, контакты, винты и зажимы;
- заменить подгоревшую изоляцию проводов и кабелей;
- обдуть сжатым воздухом внутренние и внешние устройства с целью удаления пыли и других сухих загрязнений;
- очистить нейтральным растворителем электронную плату управления;
- проверить правильность работы вентилятора и охладителей.

Раз в год рекомендуется промыть и смазать зубчатые колеса и подшипники редуктора подающего механизма.

Кроме того, один раз в год полуавтомат следует полностью разобрать, тщательно очистить от любых загрязнений, произвести полную диагностику деталей

с заменой ненадежных или подозрительных элементов, а также очистить двигатель вентилятора и смазать его подшипники.

Проверка сопротивления изоляции электрических цепей между собой, а также между электрической цепью и корпусом проводится измерением в соответствии с паспортом или инструкции по эксплуатации, но не менее одного раза в три года. В случае отсутствия указаний в эксплуатационной документации проверку необходимо проводить для полуавтоматов дуговой сварки по ГОСТ 18130. Перечень основных проверок полуавтоматов представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Перечень основных проверок полуавтоматов для сварки

Проверяемый параметр	Метод или средство проверки
Стабильность и точность поддержания скорости подачи проволоки	Визуально, секундомер
Герметичность газовых и водяных магистралей	Визуально с подачей воздуха (воды) установленного давления
Наличие газа до зажигания дуги и запаздывание выключения подачи газа после окончания сварки	Визуально
Проверка управления режимом сварки с блока управления и/или дистанционного пульта	Визуально. Стрелочные индикаторы сварочного тока, напряжения на дуге, скорости сварки и подачи проволоки

6.4 Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Таблицы с результатами основных проверок сварочных полуавтоматов и выявленными неисправностями.
- 3 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие основные неисправности возникают при работе сварочных полуавтоматов? Методы их устранения.
- 2 Какие операции необходимо проводить ежедневно перед началом работы сварочных полуавтоматов?
- 3 Назовите технические работы со сварочными полуавтоматами, которые выполняют не реже одного раза в месяц, раз в год, раз в три года.
- 4 Перечислите основные проверяемые параметры и средства проверки сварочных полуавтоматов.

7 Лабораторная работа № 7. Разработка этапов диагностики сварочных автоматов для сварки под флюсом

Цель работы: изучить этапы диагностики сварочных автоматов, вероятные причины возникновения дефектов, особенности ремонта и наладки.

7.1 Оборудование и материалы

- 1 Универсальный сварочный автомат А1401.
- 2 Запоминающий осциллограф типа GDS-71022.
- 3 Цифровой мультиметр Mastech M890G.

7.2 Особенности ремонта и наладки сварочных автоматов

В общем случае сварочный автомат состоит из следующих частей: сварочного инструмента; механизма подачи электродного материала; механизма перемещения вдоль линии сварки; механизмов колебательных, настроечных и корректировочных; устройств для размещения и транспортирования электродного материала; аппаратуры для подачи флюса или защитного газа; систем автоматического управления; источника питания и средств защиты и сигнализации.

Мундштуки для сварки плавящимся электродом под флюсом снабжены наконечниками для подвода тока к электроду. При износе наконечника нарушается электрический контакт с электродом, что сразу сказывается на качестве формирования шва. Срок службы наконечников обычно не превышает 8 ч. Электродная проволока в мундштук поступает из правильного механизма, состоящего из нескольких (от трех до пяти) правильных роликов. Правильный механизм увеличивает усилие проталкивания электродной проволоки до 300 Н (~30 кгс).

Механизмы подачи электродных проволок автомата имеют большую мощность, чем у полуавтомата. Высокой надежностью обладают механизмы подачи электродных проволок с нерегулируемыми электроприводами с асинхронными электродвигателями. Однако большинство сварочных автоматов обладают плавным регулированием скорости подачи электродной проволоки за счет примененных электродвигателей постоянного тока независимого возбуждения и тиристорных регуляторов.

Роликовое устройство состоит из одной или двух пар подающих роликов, прижатых упругим элементом к электродной проволоке. От усилия прижатия, диаметра роликов, формы контактирующей поверхности зависит устойчивая работа механизма подачи и работоспособность его электропривода. С целью повышения коэффициента сцепления подающего ролика с электродной проволокой его рабочую поверхность выполняют с насечками и т. д.

При износе подающих роликов возникают явления пробуксовок и неравномерной подачи электродной проволоки, нарушающие режим сварки. Стойкость роликов зависит от применяемых марок электродных проволок, скорости их подачи, жесткости прижимной пружины и колеблется от одной до четырех смен.

Самоходные сварочные автоматы снабжены механизмами перемещения вдоль линии шва, смонтированными в отдельном корпусе, служащем основанием для крепления остальных его частей. Эти механизмы обеспечены колесным ходом. По расположению колес их делят на два типа: велосипедного и кареточного. Велосипедные тележки имеют два опорных колеса и поддерживающий ролик, размещенный над ними. Кареточные тележки собраны на трех или четырех колесах, оси которых расположены в горизонтальной плоскости.

Легкие сварочные автоматы маршевые перемещения осуществляют с помощью ручного привода, включаемого муфтой. Привод рабочих перемещений механизированный. Он обеспечивает требуемые скорости сварки (12...240 м/ч). Его регулирование может быть плавным, ступенчатым и плавно-ступенчатым.

В тяжелых автоматах применяют электроприводы тележек с двумя электродвигателями: первый – плавно регулируемый постоянного тока обеспечивает рабочие скорости сварки; второй – более мощный асинхронный нерегулируемый для маршевой скорости (300...900 м/ч). Переключения электропривода с одного электродвигателя на другой осуществляют магнитные муфты.

Перед началом сварки требуются настроечные и вспомогательные перемещения аппарата, электрода, штанги, наклона мундштука и т. д. Во время сварки выполняют корректировочные перемещения, которые сохраняют заданную траекторию движения электрода вдоль шва. Механизмы для этих перемещений представляют собой колебатели, суппорты, работающие как от ручного, так и от механизированного приводов.

Широкое применение в сварке и наплавке нашли различные механизмы колебаний электрода поперек оси шва. Одни из них основаны на преобразовании вращательного движения электродвигателя в возвратно-поступательное или колебательное с использованием кривошипно-ползунных, кулисных или кулачковых механизмов, другие осуществляют колебания за счет реверсов электродвигателя. Каждая из этих систем имеет свои положительные и отрицательные стороны: первая устойчива в работе и долговечна в эксплуатации, но лишена возможности корректировки на ходу и регулирования скорости в различных точках амплитуды колебаний; вторая обладает большей гибкостью в изменении скорости колебаний в любой точке траектории, способна к программному управлению всем циклом колебаний, но имеет крупный недостаток – тяжелый режим работы электродвигателя, приводящий к преждевременному выходу его из строя.

От легкости вращения кассеты при подаче электродной проволоки в зону дуги и правильности ее намотки зависит тяговое усилие в подающем механизме, что влияет на процесс сварки.

Флюсовые аппараты служат для подачи флюса в зону сварки и уборки нерасплавившейся ее части, шлаковой корки.

Установки для автоматической дуговой сварки плавящимся электродами снабжаются устройствами для автоматического управления определенными операциями цикла сварки. Блоки управления различной степени сложности управляют сварочными процессами – от управления скоростью сварки до программирования и поиска шва.

Средства защиты (предохранители, автоматы, РС-цепи) проверяют и настраивают при наладке. Средства сигнализации – это в основном сигнальные лампы; реже применяют звуковую сигнализацию. Средства техники безопасности сварочных автоматов защищают обслуживающий персонал от поражения электрическим током, светового излучения дуги, выделяемых газов, аэрозолей и механических травм.

7.3 Порядок выполнения работы

7.3.1 Ремонт и наладка сварочного автомата А1401.

Самоходный универсальный сварочный автомат А1401 предназначен для дуговой сварки под флюсом электродными проволоками диаметром 2...5 мм на переменном токе низкоуглеродистых, среднеуглеродистых и легированных сталей. Комплектуется источником питания типа ТДФЖ-1002. Автомат смонтирован на тележке, перемещающейся вдоль линии шва. Тележка имеет две скорости перемещения: маршевую (950 м/ч) и рабочую (12...120 м/ч). Привод маршевой скорости состоит из асинхронного электродвигателя и червячной пары. Для его работы электромагнитную муфту выключают. Рабочие перемещения тележки со скоростями сварки осуществляются от электропривода, состоящего из электродвигателя постоянного тока и многоступенчатого редуктора. Для работы этого привода электромагнитную муфту включают. На тележке установлены конечные выключатели.

Механизм подъема, служащий для регулирования положения мундштука перед сваркой, снабжен асинхронным электродвигателем и редуктором. Вертикальные перемещения ограничивают два микропереключателя. Скорость вертикального движения 0,43 м/мин при максимальном пути 250 мм.

Механизм подачи электродной проволоки содержит электропривод, состоящий из электродвигателя постоянного тока и редуктора. Редуктор состоит из червячной и двух цилиндрических пар, одна из которых является перекидной и обеспечивает два диапазона скоростей подачи (13...133 и 53...532 м/ч).

Правильный механизм – четырехроликовый. Электродную проволоку подают два подающих ролика: ведущий и прижимной. Сварочный ток подводится к электродной проволоке через прижимной ролик. Мундштук снабжен концентрической воронкой для ссыпания флюса в зону дуги.

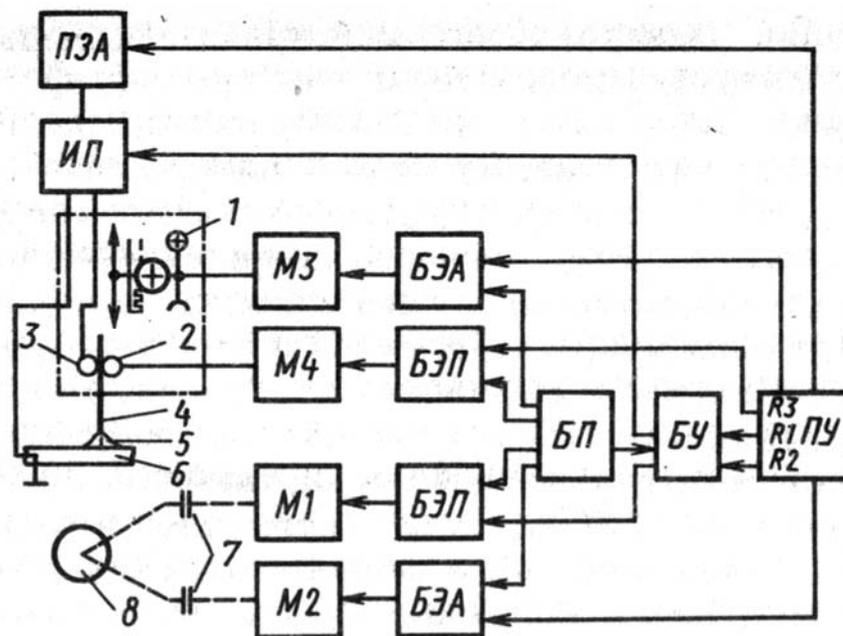
Автомат обеспечен световым указателем положения электрода, который крепится к ссыпному патрубку и действует на принципе фокусировки луча света на поверхности изделия, совмещенного в вертикальной плоскости с положением электрода перед сваркой. При сварке под флюсом электрод не виден, а сварщик контролирует его положение по сфокусированному на изделии лучу света, движущемуся впереди электрода.

Питание автомата осуществляется от трехфазной сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 380 В. Схему управления и электродвигатели защищают автоматические выключатели.

Электрическая схема управления выполнена на унифицированных блоках, размещенных в шкафу управления: блок питания цепей управления (БП), блоки

управления электроприводов с плавным регулированием электродвигателей постоянного тока (БЭП), блоки управления электроприводов с асинхронными электродвигателями (БЭА), блок управления (БУ). Аппаратура управления и контроля смонтирована в пульте управления (ПУ), который размещен непосредственно на автомате. На рисунке 7.1 приведена функциональная схема автомата, показывающая действие блоков в процессах настройки и сварки.

Управление механизмами автомата и процессом сварки осуществляют с пульта управления ПУ. Вылет электрода устанавливают вертикальным перемещением головки механизма подъема 1 включением от ПУ БЭА–М3 (асинхронный электродвигатель привода штанги). Силу тока дуги регулируют резистором $R1$ через БУ–ИП. Резистором $R2$ плавно регулируют скорость движения тележки через БУ–БЭП–М1 (электродвигатель постоянного тока). Резистором $R3$ устанавливают заданную скорость подачи электродной проволоки через БЭП–М4 (электродвигатель постоянного тока). Кнопками управления с ПУ включают маршевую скорость тележки через БЭА–М2 (асинхронный электродвигатель) и пускозащитную аппаратуру ПЗА для подключения ИП.



1 – механизм подъема; 2 – подающий ролик; 3 – прижимной ролик; 4 – электродная проволока; 5 – сварочная дуга; 6 – изделие; 7 – электромагнитная муфта; 8 – ведущее колесо тележки; М1 – электродвигатель постоянного тока рабочего перемещения тележки; М2 – асинхронный электродвигатель маршевой скорости тележки; М3 – асинхронный электродвигатель привода штанги; М4 – электродвигатель постоянного тока подающего механизма; БЭА – блок управления электроприводом с асинхронным электродвигателем; БЭП – блок управления электроприводом с электродвигателем постоянного тока; БП – блок питания цепей управления; БУ – блок управления; ПУ – пульт управления

Рисунок 7.1 – Функциональная схема сварочного автомата А1401

Текущий ремонт автомата начинают с выполнения работ по техническому обслуживанию: очищают автомат от грязи и пыли, аппаратный шкаф управления

продувают сухим сжатым воздухом; проверяют внешнее состояние изоляции проводов и состояние роликов (правильных, контактных, подающих); зачищают мундштук и воронку от брызг металла и пыли; проверяют соединения водоохлаждающей сети; зачищают контакты в разъемах сварочного кабеля; проверяют контакты в цепях управления и исправность заземления; подтягивают болтовые соединения; измеряют мегаомметром сопротивление изоляции, оно должно быть не менее 1 МОм для цепей, связанных с питающей сетью.

Затем заменяют смазку в редукторах механизмов подачи, подъема и в картерах тележки маршевой и рабочей скоростей. Тщательно очищают и тонким слоем смазки смазывают ходовые рейки, направляющие поверхности штанг и винта суппорта. Проверяют монтаж внутренних и внешних соединений, укладку проводов, кабелей, надежность подключений их на клеммниках, состояния выводов аппаратов и всей маркировки согласно паспорту.

Проводят внешний осмотр релейно-контакторной аппаратуры: автоматических выключателей, магнитных пускателей, реле и предохранителей. Проверяют работу механической части, состояние контактов, дугогасящих камер, изоляции и измеряют ее сопротивление, которое должно быть не менее 1 МОм. У предохранителей проверяют правильность выбора номинального тока плавкой вставки. Далее приступают к проверке релейно-контакторной аппаратуры, автомата под напряжением (при обесточенных силовых цепях).

Электрические машины подвергают внешнему осмотру, при котором контролируют заполнение подшипников смазкой и отсутствие ее течи; отсутствие во внутренних частях машины посторонних предметов (для этого пространство просвечивают, осматривают и продувают сухим сжатым воздухом); целостность изоляции и соединений, видимых частей обмоток и выводов; состояние коллектора со щеткодержателями и щетками; исправность электромагнитной муфты, надежность болтовых креплений. Измеряют сопротивление изоляции обмоток роторов, которое должно быть (при температуре 10 °С...30 °С) не ниже 0,5 МОм.

Завершают наладку автомата опробованием работы механизмов вхолостую и испытанием их под нагрузкой.

7.3.2 Виды технического обслуживания сварочных автоматов и их периодичность.

При эксплуатации сварочных автоматов для обеспечения их бесперебойной и длительной работы, а также для своевременного устранения мелких неисправностей необходимо проводить контрольно-профилактические работы.

Ежедневно перед началом работы следует:

- проверить контактные поверхности токоподводящих роликов или мундштуков (при износе роликов с одной стороны их нужно повернуть на некоторый угол до восстановления контакта в новом положении, в случае износа – заменить);
- проверить затяжку всех болтовых соединений автомата (особенно токоведущих) и, если необходимо, подтянуть их;
- проверить контактные соединения проводов;
- проверить изоляцию сварочных проводов и цепи управления;

– в случае повреждения изоляцию восстановить; опробовать работы кнопок пульта управления.

Не реже одного раза в месяц необходимо:

- проверить и подтянуть крепления всех узлов автомата;
- проверить, не появились ли люфты в корректировочных механизмах, и устранить их с помощью компенсаторов;
- осмотреть рабочие поверхности подающих и прижимных роликов механизма подачи электродной проволоки; при значительном износе, нарушающем бесперебойную подачу электродной проволоки, заменить ролики новыми;
- проверить изоляцию электрических аппаратов и всех токоведущих частей, а также подающих и прижимных роликов.

Не реже одного раза в три месяца необходимо:

- произвести профилактический осмотр электрической схемы автомата (при этом необходимо удалить пыль с элементов схемы и монтажных проводов, обратить внимание на затяжку гаек и болтов);
- замерить якорный ток электродвигателей ходовой тележки и подающего механизма (он не должен превышать номинального значения).

7.4 Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Таблицы с результатами основных проверок сварочного автомата.
- 3 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите особенности ремонта и наладки сварочных автоматов.
- 2 Опишите порядок ремонта и наладки самоходного универсального сварочного автомата А1401 для дуговой сварки под флюсом.
- 3 Какова периодичность технического обслуживания сварочных автоматов?

Список литературы

- 1 Сварочные процессы и оборудование: учебное пособие / В. А. Ленивкин [и др.]; под ред. В. А. Ленивкина. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 308 с.
- 2 **Овчинников, В. В.** Источники питания для сварки: учебник / В. В. Овчинников. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
- 3 **Бардин, В. М.** Высокочастотные инверторы для сварки на переменном токе / В. М. Бардин, А. В. Земсков. – Москва: ДМК Пресс, 2023. – 145 с.
- 4 **Милютин, В. С.** Источники питания для сварки / В. С. Милютин, М. П. Шалимов, С. М. Шанчуров. – Москва: Айрис-пресс, 2007. – 384 с.

5 **Милютин, В. С.** Источники питания и оборудование для электрической сварки плавлением: учебник / В. С. Милютин, Р. Ф. Катаев. – Москва: Академия, 2013. – 368 с.

6 **Володин, В. Я.** Как отремонтировать сварочные аппараты своими руками? / В. Я. Володин. – Санкт-Петербург: Наука и техника, 2011. – 304 с.

7 **Резницкий, А. М.** Ремонт и наладка электросварочного оборудования / А. М. Резницкий, В. С. Коцюбинский. – Москва: Машиностроение, 1991. – 256 с.

8 **Александров, А. Г.** Эксплуатация сварочного оборудования. Справочник рабочего / А. Г. Александров, И. И. Заруба, И. В. Пиньковский. – Киев: Будивэльник, 1990. – 224 с.