

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Порошковая металлургия, сварка  
и технология материалов»

Л. С. Денисов

## ОБОРУДОВАНИЕ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

Методическое пособие  
по лабораторным работам

В 2 частях

Часть 1

Минск  
БНТУ  
2012

УДК 621.791 (075.8)

ББК 30.61я7

ДЗЗ

**Р е ц е н з е н т ы :**

*К. Е. Белявин*, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Машины и технология обработки металлов давлением» БНТУ;  
*С. В. Медведев*, д-р техн. наук, заведующий лабораторией синтеза технических систем Объединенного института проблем информатики

**Денисов, Л. С.**

ДЗЗ Оборудование сварки плавлением : методическое пособие по лабораторным работам : в 2 ч. / Л. С. Денисов. – Минск : БНТУ, 2012. – Ч. 1. – 2012. – 50 с.

ISBN 978-985-550-079-8 (Ч. 1).

Представлены требования к современным источникам питания сварочной дуги при сварке плавлением, в том числе обеспечение высокого и стабильного качества технологических процессов, а также надежности источников и оборудования, порядок исследования рационального и экономного расходования электроэнергии и материалов.

Особое внимание уделено изучению состояния устойчивости системы «источник-дуга», динамики статических вольт-амперных характеристик сварочного оборудования, управлению сварочной дугой.

Рекомендуется для студентов высших технических учебных заведений. Может быть полезно инженерам, магистрантам и аспирантам технических специальностей.

**УДК 621.791 (075.8)**

**ББК 30.61е7**

ISBN 978-985-550-079-8 (Ч. 1)

ISBN 978-985-550-080-4

© Денисов Л. С., 2012

© Белорусский национальный  
технический университет, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение. . . . .	5
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГРАФИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВАРОЧНОЙ ДУГИ ИСТОЧНИКОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. . . . .	8
Лабораторная работа № 1 Сварочные трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием и дроссельной катушкой. . . . .	8
Лабораторная работа № 2 Сварочные трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием. . . . .	17
Лабораторная работа № 3 Сварочный трансформатор с фазовым тиристорным управлением. . . . .	20
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГРАФИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВАРОЧНОЙ ДУГИ ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА. . . . .	23
Лабораторная работа № 4 Сварочные выпрямители на базе трансформатора с увеличенным магнитным рассеянием. . . . .	23
Лабораторная работа № 5 Сварочный выпрямитель с инверторным преобразователем – транзистором. . . . .	27
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГРАФИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ВНЕШНИХ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. . . . .	31
Лабораторная работа № 6 Сварочные трансформаторы с нормальным и увеличенным магнитным рассеянием. Трансформаторы с фазовым тиристорным управлением. . . . .	31

<b>МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГРАФИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ВНЕШНИХ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА. . . . .</b>	<b>35</b>
Лабораторная работа № 7 Сварочные выпрямители, методы исследований и построения внешних вольт-амперных характеристик источников постоянного тока. . . . .	35
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ И ГРАФИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ «ИСТОЧНИК-ДУГА». УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ. . . . .</b>	<b>39</b>
Лабораторная работа № 8 Исследование работы системы «сварочный трансформатор – сварочная дуга». . . . .	39
Техника безопасности при эксплуатации источников. . . . .	46
Литература. . . . .	49

## ВВЕДЕНИЕ

Современная сварочная техника характеризуется большим разнообразием применяемого оборудования, что обусловлено широким развитием сварочного производства, разработкой новых способов и приемов сварки. Это прежде всего относится к оборудованию для сварки плавлением, в том числе дуговой сварки и наплавки; электрошлаковой сварки и наплавки; газовой сварки, наплавки и резки; электронно-лучевой сварки, плазменной сварки, наплавки и резки, микроплазменной сварки, ударной конденсаторной сварки, дуговой конденсаторной сварки, сварки контактным плавлением, сварки и резки под водой, сварки и резки в космосе, лазерной сварки, наплавки и резки, сварки световым лучом, термитной сварки, сваркопайки, воздушно-дуговой резки; некоторых способов сварки полимерных материалов.

Широко применяется сварка без плавления основного металла или пайки (высоко- или низкотемпературной), при которой плавится более легкоплавкий присадочный металл (припой), а основной металл не расплавляется.

К оборудованию для сварки предъявляются многочисленные и разнообразные требования, связанные с технологическими особенностями способов сварки, спецификой сварных конструкций различных классов и технико-экономическими особенностями сварочного производства. Наиболее важными требованиями, предъявляемыми к рассматриваемому оборудованию, является обеспечение высоких качества и производительности технологического процесса, надежности работы и эргономических показателей оборудования, а также рационального расходования материалов и электроэнергии, минимальных затрат на его изготовление.

В связи с тем, что большинство сварочных работ выполняется с применением дуговой сварки (наплавки), рассмотрим требования, предъявляемые к сварочному оборудованию

с позиции дуговой сварки плавлением. Обеспечение высокого качества сварных соединений (наплавки) требует:

- точной сборки и фиксации свариваемых соединений в рабочей зоне с учетом особенностей заготовок и сварочных деформаций;

- надежной защиты сварочной ванны от воздействия атмосферы путем подачи в зону сварки защитного газа, флюса, использования самозащитных проволок, вакуумных камер и др.;

- обеспечения заданного положения и ориентации источника нагрева относительно свариваемого соединения с компенсацией случайных отклонений линии соединения от расчетного положения;

- поддержания заданных значений параметров процесса сварки или изменения их по заданному закону с учетом случайных отклонений параметров соединения, подготовленного под сварку, от номинальных значений;

- применения прогрессивных сварочных технологий и материалов (форсированные режимы, использование многодуговой и многоэлектродной сварки, ленточных электродов и др.).

Обеспечение высокого качества сварки связано также с совершенствованием контроля качества, в том числе:

- внедрением в практику сварочного производства статистических методов контроля и регулирования технологических процессов на основе «управляющей» цепочки «фактор-причина-дефект»;

- внедрением системы управления качеством сварных соединений на основе параметрических моделей.

Высокая производительность сварочного процесса и операций по изготовлению сварных конструкций достигается применением прогрессивных сварочных процессов, механизацией, автоматизацией и роботизацией сварочного производства. Автоматизация и роботизация сварки в свою очередь являются факторами значительного улучшения качества и стабильности характеристик сварных соединений. Высокая надежность, мобильность и управляемость сварочного обо-

рудования в свою очередь является одним из важнейших факторов обеспечения требуемого качества сварных соединений и производительности.

В процессе выполнения лабораторных работ изучаются особенности работы источников питания и оборудования, например: устойчивость системы «источник-сварочная дуга», внешние характеристики источника и их взаимосвязь со статической характеристикой сварочной дуги, перенос жидкого металла в сварочную ванну, управление сварочной дугой и другие важные механизмы, обеспечивающие устойчивость сварочного процесса и формирование качественных соединений.

# МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГРАФИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВАРОЧНОЙ ДУГИ ИСТОЧНИКОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*Лабораторная работа № 1*

## СВАРОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ С НОРМАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ РАССЕЯНИЕМ И ДРОССЕЛЬНОЙ КАТУШКОЙ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой измерения статической вольт-амперной характеристики сварочной дуги переменного тока

### Теоретические и технологические основы

#### *Общие положения, энергетические характеристики дуги*

Каждый вид сварки на практике может быть реализован только с помощью определенного источника энергии. Так, для дуговой и других способов сварки термического класса источники энергии должны обеспечивать концентрацию тепловой энергии и температуры в зоне сварки или пятне нагрева, достаточную для проплавления металла на заданную глубину, но без интенсивного испарения.

При дуговой сварке источником теплоты является сварочная дуга (табл. 1.1), в которой электрическая энергия в виде кинетической энергии движения электронов и ионов и их резкого торможения на аноде и катоде преобразуется в тепловую.

К источникам питания для дуговых способов сварки предъявляются требования по высокой концентрации энергии в потоке.



Таблица 1.1

**Энергетические характеристики источников энергии  
для сварки и резки**

Источник энергии	Температура дуги или пламени, °С	Минимальная площадь нагрева, мм <sup>2</sup>	Плотность энергии в пятне, В/мм <sup>2</sup>
Дуга в газах: Н <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> Ar, He	5000–8000 10000–20000	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>3</sup>
Плазменная и микроплазменная дуга	20000–30000	–	–
Газовое пламя	3000–3500	1	5 · 10 <sup>2</sup>
Электронный луч	–	1 · 10 <sup>-5</sup>	1 · 10 <sup>7</sup>
Лазерный луч	–	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>8</sup>

***Требования к источникам питания дуги***

В процессе сварки на дугу действует ряд факторов, нарушающих ее стабильное горение. К таким факторам относятся:

- изменение длины дуги;
- крупнокапельный перенос металла в сварочную ванну;
- колебания напряжения в сети;
- колебания скорости сварки;
- магнитное дутье.

Чтобы обеспечить устойчивое горение дуги, источник питания должен удовлетворять следующим требованиям:

- иметь напряжение холостого хода  $U_{xx}$ , т. е. напряжение при разомкнутой сварочной цепи, достаточное для возбуждения дуги (в современных источниках  $U_{xx} = 60–80$  В);
- обладать достаточной мощностью для выполнения сварочных работ;
- обеспечить ток короткого замыкания, меньший либо равный установочному току;

- иметь устройство для плавного регулирования  $I_{CB}$ ;
- обладать заданной внешней характеристикой. Современные источники питания имеют возможность изменения внешней характеристики в соответствии с решаемой технологической задачей;
- обеспечивать возможность настройки источника питания на различный режим сварки.

Выпускаемые в настоящее время источники разделяются по виду сварочного тока:

1. Источники питания переменного тока (сварочные трансформаторы);
2. Источники питания постоянного тока (выпрямители сварочные, сварочные преобразователи, сварочные генераторы, сварочные агрегаты);
3. Источники питания импульсным током;
4. Универсальные источники питания, обеспечивающие как переменный, так и постоянный ток;
5. Специализированные источники питания (для электрошлаковой сварки, дуговой сварки под флюсом, микроплазменной сварки);
6. Сварочные инверторные преобразователи.

### ***Режимы работы источников***

Для каждого источника питания устанавливается соответствующий режим работы:

ПР – относительная продолжительность работы:

$$ПР = \frac{t_p}{t_{xx} + t_p} \cdot 100 \%,$$

где  $t_p$  – время работы;

$t_{xx}$  – время паузы или холостого хода;

ПН – относительная продолжительность нагрузки;

ПВ – продолжительность включения.

Различие между ПР и ПВ состоит в том, что источники питания при ПР во время паузы не отключаются от сети и работают на холостом ходу, а при ПВ отключаются от сети полностью.

### *Электрическая сварочная дуга*

*Электрической дугой* называется мощный длительный электрический разряд в среде ионизированных газов между электродами, находящимися под напряжением.

Процесс возбуждения дуги начинается с соприкосновения электродов между собой. В момент размыкания электродов между ними проскакивает искра, которая ионизирует газ в межэлектродном пространстве, создавая канал проводимости.

Под действием электрического поля электроны ионизированной газовой среды перемещаются от катода к аноду, развивая при этом значительную скорость. Сталкиваясь с нейтральными атомами газа и выбивая из них электроны, они производят непрерывную ионизацию газового пространства. При этом выделяется большое количество тепла. Газ в дуговом промежутке нагревается до температуры 5000–7000 °С и находится в состоянии плазмы. В свою очередь образовавшиеся положительные ионы движутся к катоду и, отдавая ему свою энергию, вызывают сильный нагрев электрода, образуя при этом катодное пятно. Электроны, прошедшие дуговой промежуток, ударяются о положительный электрод (анод), отдавая ему свою энергию, при этом образуя анодное пятно. Схематически электрическая дуга изображена на рис. 1.1.

Зажигание дуги может происходить и без первичного короткого замыкания, если между электродами при помощи высоковольтного генератора-осциллятора кратковременно приложить высокое напряжение, достаточное для электрического пробоя межэлектродного слоя газа.

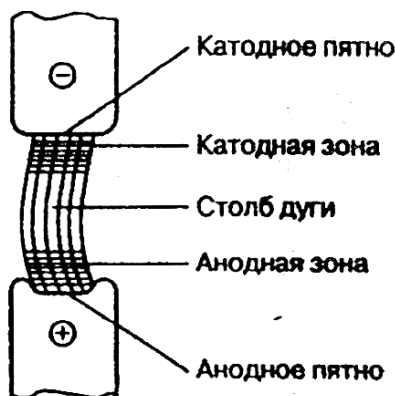


Схема электрической дуги

Рис. 1.1. Электрическая дуга

Электроны, обладая меньшей массой, движутся в дуге значительно быстрее. Поэтому в дуге преобладает электронный ток, направленный от катода к аноду. Вследствие преобладания электронного тока количество тепла, выделяемого электронами на аноде, больше, чем на катоде.

Сказанное подтверждается экспериментальными данными, согласно которым выделяется:

- на аноде – 43 % тепла;
- на катоде – 36 % тепла;
- в столбе дуги – 21 % тепла.

Напряжение дуги между электродом и изделием является сложной функцией от длины дуги:

$$l_d = l_{ан} + l_{кат} + l_{ст.д},$$

где  $l_{ан}$  – длина анодной области (приблизительно  $10^{-3} - 10^{-4}$  см);

$l_{кат}$  – длина катодной области (приблизительно  $10^{-5}$  см);

$l_{ст.д}$  – длина столба дуги, см.

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ан}} + U_{\text{кат}} + U_{\text{ст.д}},$$

где  $U_{\text{ан}}$  – падение напряжения в анодной области;

$U_{\text{кат}}$  – падение напряжения в катодной области;

$U_{\text{ст.д}}$  – падение напряжения в столбе дуги.

На рис. 1.2 приведена статическая вольт-амперная характеристика электрической дуги (СВАХ).

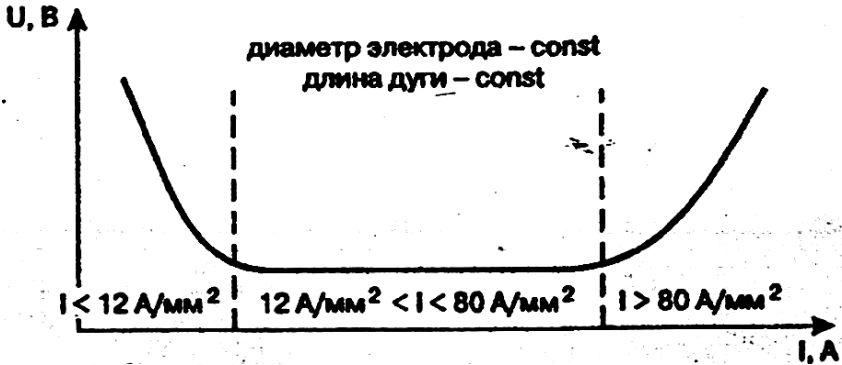


Рис. 1.2. Статическая вольт-амперная характеристика электрической дуги

Из рис. 1.2 видно, что СВАХ дуги имеет три участка, соответствующие различным плотностям тока в сварочном электроде:

– нисходящий участок, соответствующий малой плотности тока;

– горизонтальный участок, соответствующий средней плотности тока;

– восходящий участок, соответствующий большой плотности тока.

Статическая вольт-амперная характеристика дуги представляет зависимость напряжения дуги от ее тока:

$$U_{\text{д}} = f(I_{\text{д}}).$$

Наклон СВАХ оценивают величиной дифференциального сопротивления  $\rho$ :

$$\rho = dU_d/dI_d = \lim (\Delta U_d/\Delta I_d) \\ \text{при } I_d \rightarrow 0.$$

На падающем участке  $\rho_d < 0$ .

На жестком участке  $\rho_d = 0$ .

На возрастающем  $\rho_d > 0$ .

Для питания сварочной дуги применяются специальные источники тока, которые отвечают определенным техническим требованиям. Для оценки источников тока важное значение имеет внешняя статическая вольт-амперная характеристика (ВАХ) источника, выражающая зависимость напряжения на зажимах источника от силы тока отдаваемого источником ( $U = f(I)$ ).

### ***Сварочные трансформаторы***

В зависимости от электромагнитной схемы и способа регулирования различают следующие конструкции трансформаторов:

трансформаторы амплитудного регулирования с нормальным рассеянием:

- дроссельный с воздушным зазором,
- дроссельный насыщения,
- со встроенной реактивной обмоткой;

трансформаторы с амплитудным увеличенным рассеянием:

- с подвижными обмотками,
- подвижным магнитным шунтом,
- реактивными обмотками,
- разнесенными обмотками;

трансформаторы фазового регулирования:

- с импульсной стабилизацией,
- с подпиткой,
- циклоконвертор.

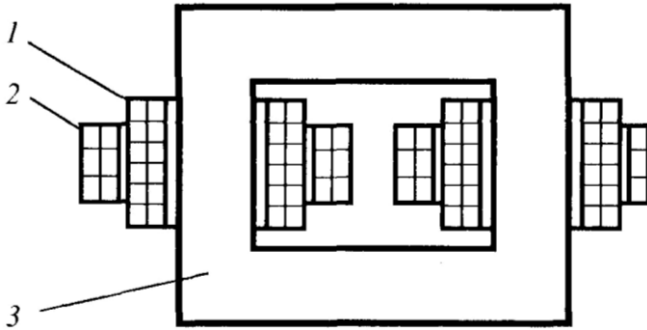


Рис. 1.3. Конструктивная схема трансформатора с нормальным рассеянием:  
 1 – первичная обмотка; 2 – вторичная обмотка;  
 3 – стержневой магнитопровод

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством трансформатора, его рабочими характеристиками и электрической схемой.
2. Под руководством инструктора проверить исправность трансформатора, заземление, работу вентиляции.
3. Включить трансформатор.
4. Получить данные измерения  $U$ ,  $V$ , и  $I$ ,  $A$ , и занести их в табл. 1.2.

Таблица 1.2

#### Измерение $I$ , $A$ , и $U$ , $V$

№ п/п	$I$ , $A$	$U$ , $V$	Наименование источника
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

5. Построить статическую вольт-амперную характеристику дуги в координатах  $U, В$ , и  $I, А$  (рис. 1.4).

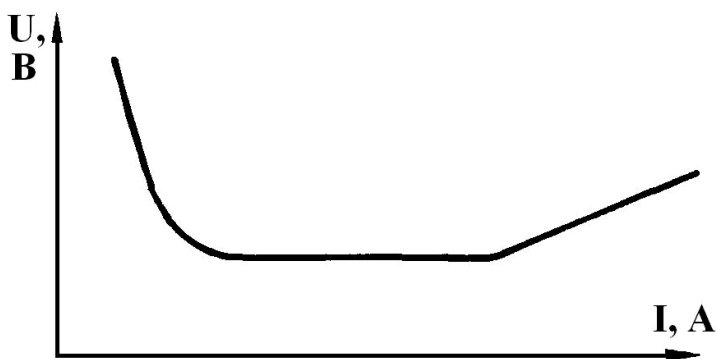


Рис. 1.4. Статическая ВАХ дуги

6. Дать объяснение графика, полученного по измерениям  $I, А$ , и  $U, В$ , и описать полученную СВАЗ дуги. Объяснить полученные неточности в сравнении с классическим графиком СВАЗ дуги, см. рис. 1.2.

7. Составить отчет о лабораторной работе. Дать описание источника, его наименование и техническую характеристику.



## Лабораторная работа № 2

### СВАРОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ С УВЕЛИЧЕННЫМ МАГНИТНЫМ РАССЕЯНИЕМ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой измерения и образования статической вольт-амперной характеристики дуги переменного тока.

#### Устройство и технологические особенности трансформаторов с увеличенным магнитным рассеянием

##### Конструктивная схема трансформатора

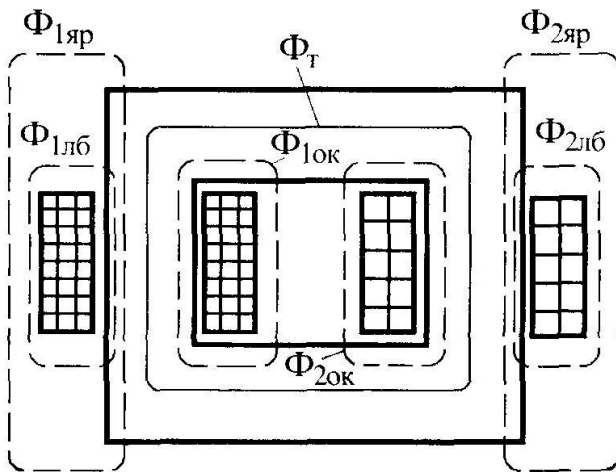


Рис. 2.1. Конструктивная схема и распределение потоков в трансформаторе с разнесенными обмотками

Увеличенное магнитное рассеяние достигается размещением первичной и вторичной обмоток трансформатора на значительном расстоянии друг от друга (возможно, на разных стержнях). При такой конструкции трансформатора, кроме основного потока  $\Phi_{г}$ , замыкающегося по магнитопроводу,

следует учитывать и потоки рассеяния, сцепляющиеся только с первой обмоткой. Силовые линии этих потоков замыкаются внутри окна  $\Phi_{1ок}$  и  $\Phi_{2ок}$ , а также через ярмо  $\Phi_{1яр}$  и  $\Phi_{2яр}$  и лобовые потоки наружной поверхности обмоток  $\Phi_{1лб}$  и  $\Phi_{2лб}$ .

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством трансформатора, его рабочими характеристиками и электрической схемой.

2. С участием инструктора проверить исправность трансформатора, заземление, работу вентиляции.

3. Включить трансформатор в работу.

4. Приступить к измерению показателей  $I$ ,  $A$ , и  $U$ ,  $B$ , по амперметру и вольтметру.

**П р и м е ч а н и е:** в работе участвуют не менее трех-четырёх человек (включение и выключение источника, снятие показаний амперметра и вольтметра, записи результатов в табл. 2.1, возбуждения дуги).

Таблица 2.1

#### Измерение $I$ , $A$ , и $U$ , $B$

№ п/п	$I$ , $A$	$U$ , $B$	Наименование источника (марка)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

5. Построить статическую вольт-амперную характеристику (ВАХ) дуги (рис. 2.2).

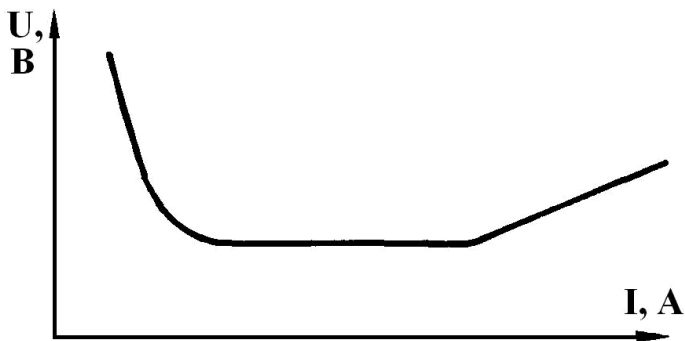


Рис. 2.2. Статическая ВАХ дуги

6. Дать объяснение полученного графика. Объяснить неточности (отдельные выпадения точек), сравнить с рис. 1.2 лабораторной работы № 1.

7. Составить отчет о лабораторной работе с описанием источника (наименование, техническая характеристика и соответствующая его работе СВАЗ), сделать выводы.

## Лабораторная работа № 3

### СВАРОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР С ФАЗОВЫМ ТИРИСТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой измерения и построения СВАХ дуги переменного тока.

#### Устройство и технологические особенности трансформаторов с фазовым тиристорным управлением

##### Конструктивная схема трансформатора

Трансформатор состоит из собственно трансформатора Т и полупроводниковых регуляторов V1 и V2 с системой управления БФУ (блок фазового управления) и БЗ (блок заданий), рис. 3.1.

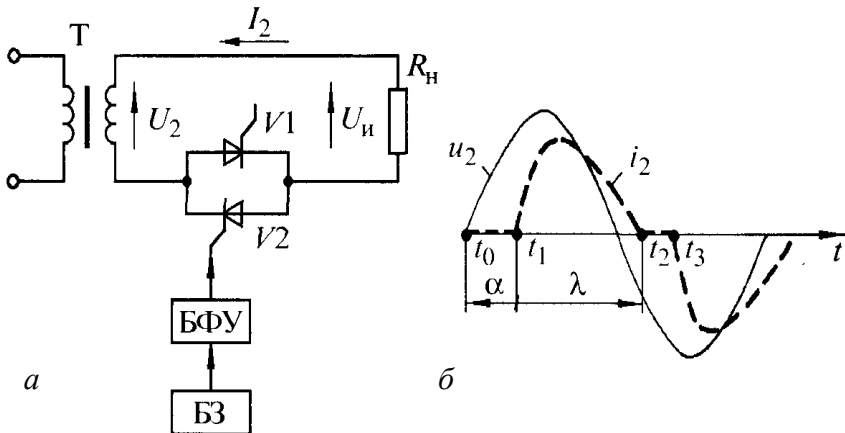


Рис. 3.1. Электрическая схема трансформатора с фазовым управлением (а), осциллограмма (б)

Коммутирующие элементы регулятора включают достаточно мощные управляемые тиристоры. БФУ формирует им-

пульсные сигналы, БЗ настраивает необходимые значения тока и напряжения. С увеличением угла управления  $\alpha$  интервал проводимости  $\lambda$  сократится и вместе с ним уменьшится сила тока:

$$\alpha \uparrow \Rightarrow \lambda \downarrow \Rightarrow U_{и} \downarrow \Rightarrow I_2 \downarrow.$$

### Формирование внешних характеристик в тиристорном трансформаторе

Различают естественную и искусственную характеристики. Естественная падающая характеристика получается при использовании трансформатора с увеличенным (обычно нерегулируемым) рассеянием.

Искусственные характеристики формируются за счет обратной связи по току и напряжению, рис. 3.2.

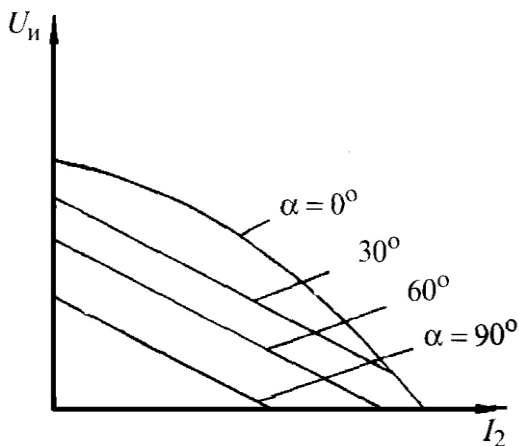


Рис. 3.2. Искусственные внешние характеристики трансформатора

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством трансформатора и электрической схемой.

2. С участием инструктора проверить готовность трансформатора к работе.

3. Включить трансформатор.

4. Приступить к измерению показателей  $I, A$  и  $U, B$ , по амперметру и вольтметру.

П р и м е ч а н и е : в работе участвуют не менее трех-четырех человек (включение и выключение источника, снятие показаний амперметра и вольтметра, записи результатов в табл. 3.1, возбуждение дуги).

Таблица 3.1

Измерение  $I, A$  и  $U, B$

№ п/п	$I, A$	$U, B$	Наименование источника (марка)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

5. Построить СВАХ дуги (рис. 3.3).

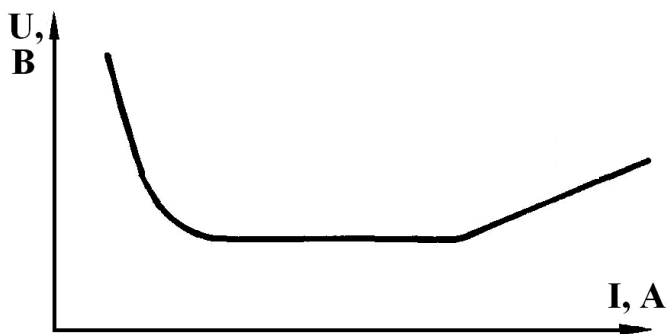


Рис. 3.3. Статическая ВАХ дуги

6. Дать объяснение полученного графика, сравнить с рис. 1.2 лабораторной работы № 1.

7. Составить отчет о лабораторной работе с описанием источника и выводами по работе.

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГРАФИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВАРОЧНОЙ ДУГИ ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

### *Лабораторная работа № 4*

## **СВАРОЧНЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ НА БАЗЕ ТРАНСФОРМАТОРА С УВЕЛИЧЕННЫМ МАГНИТНЫМ РАССЕЯНИЕМ**

### *Цель работы*

1. Ознакомление с методом измерения и построение СВАХ ряда выпрямительных сварочных источников.

2. Изучение переноса расплавленного металла в сварочную ванну и формирование шва.

### **Устройство и технологические особенности сварочных выпрямителей на базе трансформаторов, тиристоров и транзисторов**

Разновидности схем сварочных выпрямителей даны на рис. 4.1.

На рис. 4.1:

1 – ранняя схема. Эти выпрямители регулируются трансформатором Т, далее идет выпрямительный блок VD (диоды не управляемые), L – сглаживающий фильтр;

2 – сварочный трансформатор с включенным дросселем насыщения LS для регулирования тока, VD – выпрямитель-

ный блок,  $L$  – сглаживающий фильтр. Дроссель насыщения применяется для формирования необходимой внешней характеристики и регулирования режимов сварки;

3 – сварочный трансформатор  $T$ , тиристорный выпрямительный блок  $VS$ ,  $L$  – сглаживающий фильтр;

4 – тиристорный выпрямительный блок  $VS$ , трансформатор  $T$ , выпрямительный блок  $VD$ ,  $L$  – сглаживающий фильтр;

5 – сварочный трансформатор  $T$ , выпрямительный блок  $VD$ , транзисторный регулятор  $VT$ ,  $L$  – сглаживающий фильтр;

6 – выпрямительный блок  $VD1$ , инверторный преобразователь  $UZ$ , трансформатор  $T$ , второй блок выпрямления  $VD2$ ,  $L$  – сглаживающий фильтр.

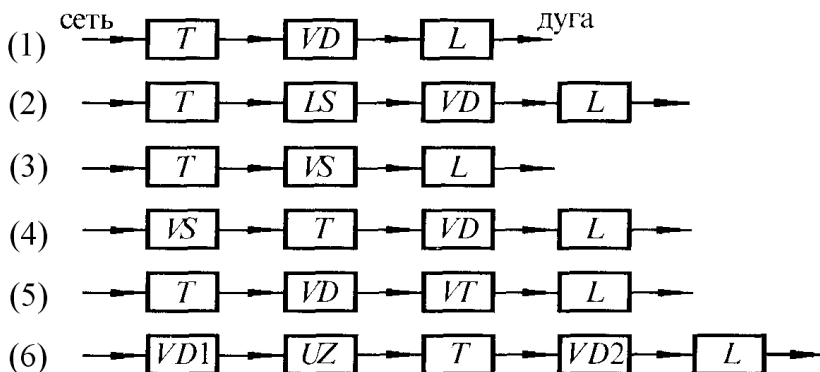


Рис. 4.1. Схемы сварочных выпрямителей

#### Схемы выпрямления:

- однофазная мостовая схема (рис. 4.2);
- трехфазная мостовая схема (рис. 4.3);
- шестифазная схема с нулем;
- шестифазная с уравнительным дросселем.



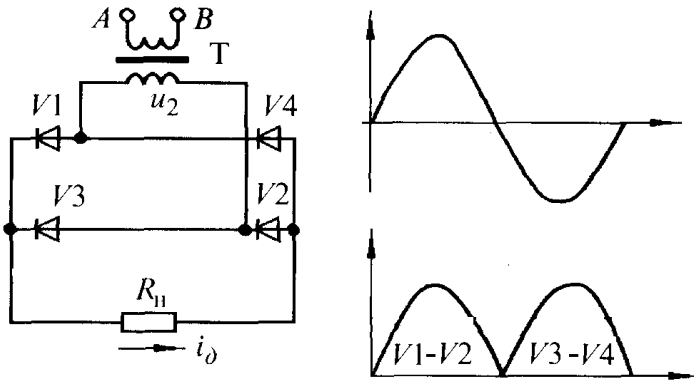


Рис. 4.2. Однофазная мостовая схема

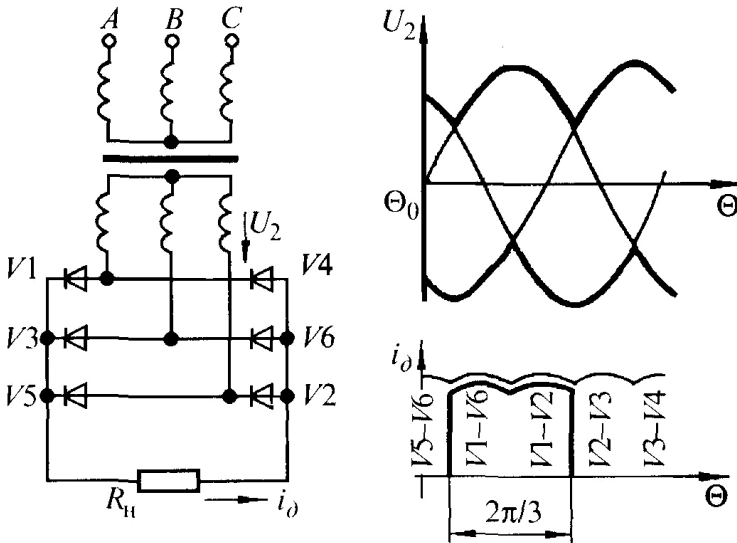


Рис. 4.3. Трехфазная мостовая схема

Вентиль пропускает ток в тот момент, когда потенциал его анода больше потенциала катода.

Наиболее распространенная схема изготовления сварочных выпрямителей – трехфазная.

Вентили V1–V3–V5, из которых соединены катоды, образуют катодную группу. Вентили V2–V4–V6 – анодную группу.

## Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством сварочного выпрямителя и электрической схемой.
2. С участием инструктора проверить готовность выпрямителя к работе.
3. Включить выпрямитель.
4. Провести измерение режимов по току и напряжению, заполнить табл. 4.1.

Таблица 4.1

### Измерение $I$ , А, и $U$ , В

№ п/п	$I$ , А	$U$ , В	Наименование источника (марка)	Замечания, уточнения
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

5. Построить СВАХ дуги (рис. 4.4).

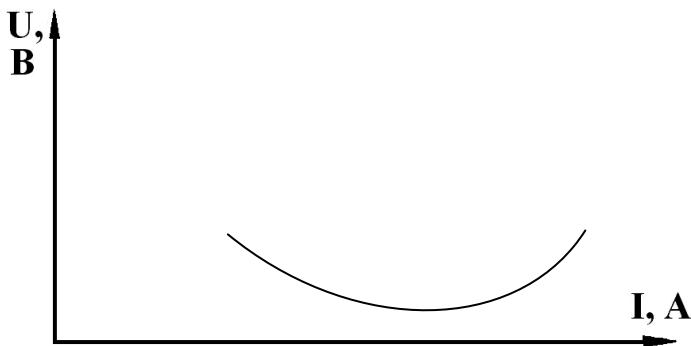


Рис. 4.4. Статическая ВАХ дуги

6. Дать описание ВАХ дуги с выводами и сравнить с рис. 1.2 лабораторной работы № 1.

7. Составить отчет о лабораторной работе с выводами.

### *Лабораторная работа № 5*

## **СВАРОЧНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ С ИНВЕРТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ – ТРАНЗИСТОРОМ**

**Цель работы:** ознакомиться с устройством инверторного преобразователя источника тока, измерением и построением СВАХ дуги, управлением сварочным током.

### **Устройство, технические и технологические особенности инверторных источников тока**

Сетевой выпрямительный блок V1, рис. 5.1, преобразует переменное напряжение в постоянное, которое сглаживается с помощью низкочастотного фильтра L1-C1. Затем выпрямленное напряжение преобразуется в однофазное переменное напряжение высокой частоты с помощью инвертора на двух транзисторах VT1 и VT2. Далее напряжение понижается трансформатором Т до  $U_2$ , выпрямляется блоком V2 и сглаживается высокочастотным фильтром L2-C2. Это напряжение и подается для горения дуги в виде сглаженного напряжения  $U_B$ .

При подаче сигнала на базу транзистора VT1 отпирается его коллектор и по первичной обмотке трансформатора идет ток, затем через некоторую паузу сигнал снимается, ток прекращается и с некоторой задержкой отпирается транзистор VT2. Во втором случае ток идет в обратном направлении, таким образом по трансформатору течет переменный ток частотой от 1 до 60 кГц. Поскольку эта частота не зависит от сети, такой инвертор называется *автономным*. Часто инвертор объединяют конструктивно с трансформатором Т, выпрямительным блоком и фильтром (конверторный).

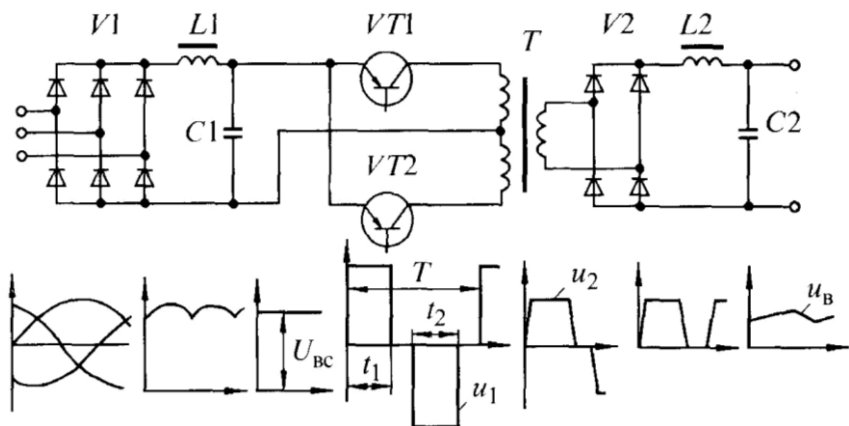


Рис. 5.1. Принципиальная электрическая схема инверторного выпрямителя

*Инвертор* – это устройство, преобразующее постоянное напряжение в высокочастотное переменное.

*Конвертор* – устройство для понижения постоянного напряжения с промежуточным высокочастотным звеном.

Если на входе инвертора установлен мощный накопительный конденсатор  $C1$  или их батарея, то график напряжения инвертора имеет прямоугольную форму. Такую конструкцию называют автономным инвертором напряжения (АИН). Если на входе инвертора установить мощный дроссель  $L1$ , а обмотку трансформатора шунтировать конденсатором, то будет сглажен сам ток. Такую конструкцию называют инвертором тока (АИТ). Если соединить последовательно индуктивность и емкость, то образуется мощный колебательный контур с синусоидальным током – резонансный инвертор (АИР).

### Регулирование режима сварки

При увеличении напряжения сетевого выпрямителя, увеличивается и амплитуда высокочастотного напряжения. Для регулирования в инверторном источнике можно изменять высоту, ширину и частоту импульса (рис. 5.2).

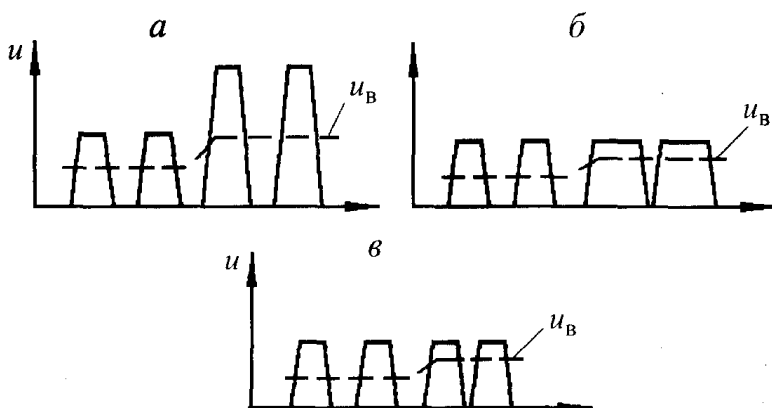


Рис. 5.2. Осциллограмма инверторного выпрямителя при регулировании напряжения изменением амплитуды (а), ширины (б) и частоты (в) импульсов

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством сварочного инвертора, его особенностями и режимом работы.
2. С участием инструктора проверить готовность инвертора к работе.
3. Включить инвертор.
4. Провести измерение режимов по току и напряжению, заполнить табл. 5.1.

Таблица 5.1

#### Измерение $I$ , А, и $U$ , В

№ п/п	$I$ , А	$U$ , В	Наименование источника (марка)	Замечания, уточнения
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

5. Построить СВВХ дуги (рис. 5.3).

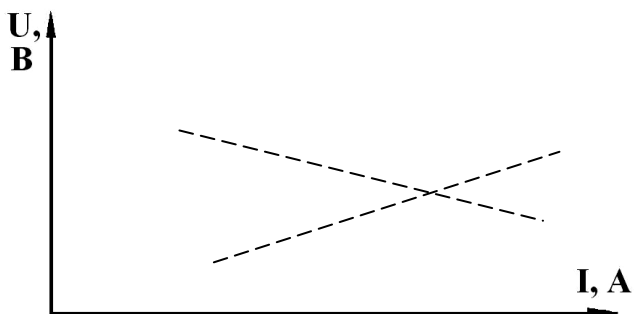


Рис. 5.3. Статическая ВАХ дуги

6. Дать объяснение полученной кривой в сравнении с рис. 1.2 лабораторной работы № 1.
7. Составить отчет о лабораторной работе с выводами.

# МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГРАФИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ВНЕШНИХ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

## *Лабораторная работа № 6*

### СВАРОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ С НОРМАЛЬНЫМ И УВЕЛИЧЕННЫМ МАГНИТНЫМ РАССЕЯНИЕМ, ТРАНСФОРМАТОРЫ С ФАЗОВЫМ ТИРИСТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

**Цель работы:** ознакомиться с методами измерения и построения внешних ВАХ сварочных трансформаторов.

#### **Внешние ВАХ сварочных трансформаторов**

Сварочные свойства источника тока определяются его внешней вольт-амперной характеристикой.

*Внешняя вольт-амперная характеристика (ВАХ) источника* – это функция, характеризующая зависимость выходного напряжения источника от тока.

Для снятия внешней характеристики необходимо:

- последовательно нагружать сварочный источник статической нагрузкой различной величины;
- регистрировать выходные ток и напряжение, соответствующие этой нагрузке.

По полученным результатам строится графическая зависимость. В общем случае нагрузочная характеристика имеет нелинейный характер, зависящий от величины нагрузки источника.

Обычно внешние характеристики источников питания (рис. 6.1) бывают четырех видов:

- крутопадающая;
- пологопадающая;
- жесткая;
- возрастающая.

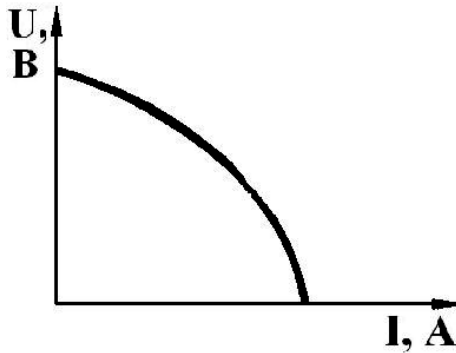


Рис. 6.1. Внешняя вольт-амперная характеристика источника

Различают статическую и динамическую внешнюю характеристику источника. В установившемся режиме процесс горения дуги определяется статическими характеристиками сварочного источника и сварочной дуги.

При ручной дуговой сварке процесс протекает на токах, соответствующих горизонтальному участку вольт-амперной характеристики сварочной дуги. Из-за невозможности стабилизации длины дуги горизонтальный участок ВАХ дуги смещается относительно своего среднего значения, см. рис. 5.2 и 5.3 лабораторной работы № 5.

При постоянном напряжении питающего источника тока загоревшаяся дуга будет непрерывно разрастаться, а сила тока в ней будет неограниченно увеличиваться, пока не произойдет выключение тока предохранительными устройствами или разрушение цепи. Устойчивое горение дуги возможно лишь при падающей внешней характеристике источника. Тогда напряжение на зажимах будет снижаться с возрастанием тока и возрастать с его уменьшением, см. рис. 6.1.

Наличие падающей внешней характеристики делает возможным устойчивое горение дуги при определенном постоянном токе. На рис. 6.2 точка *A* соответствует режиму устойчивого горения дуги при токе  $I$  и напряжении  $U$ . В точке *B* дуга горит неустойчиво.



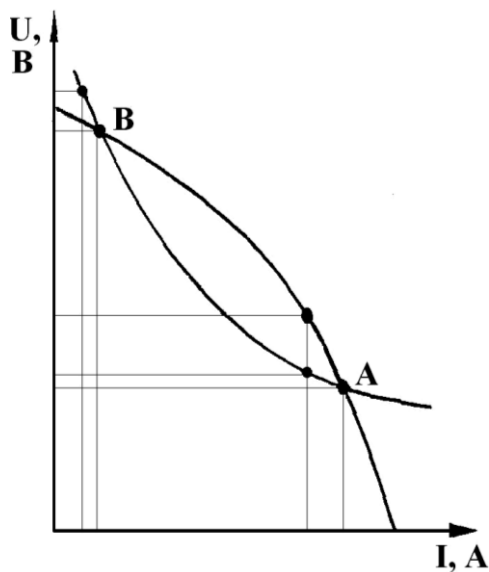


Рис. 6.2. Точки стабильного и нестабильного горения дуги

Характеристика дуги относится к определенной длине дуги. Если длина дуги меняется, то и режим дуги также будет изменяться.

Чем круче внешняя вольт-амперная характеристика источника, тем лучше его технологические свойства.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомление с устройством источника.
2. С участием инструктора проверить готовность источника к работе.
3. Включить источник.
4. Провести измерение режимов  $I$ ,  $A$ ,  $U$ ,  $B$ , для построения внешней ВАХ источника, заполнить табл. 6.1.

Таблица 6.1

Измерение  $I$ , А, и  $U$ , В

№ п/п	$I$ , А	$U$ , В	Наименование источника (марка)	Замечания
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

5. Построить внешнюю ВАХ источника (рис. 6.3).

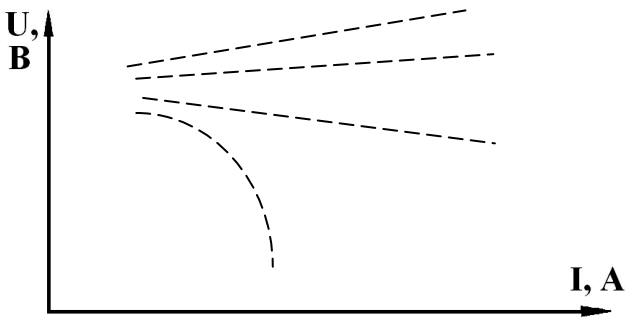


Рис. 6.3. Внешняя ВАХ источника тока

6. Дать объяснение особенностей полученной кривой.
7. Составить отчет о лабораторной работе с выводами.

# МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГРАФИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ВНЕШНИХ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## Лабораторные работы № 7

### СВАРОЧНЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОСТРОЕНИЯ ВНЕШНИХ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Цель работы:** ознакомиться с методами измерения и построения внешних ВАХ сварочных выпрямителей.

#### Внешние ВАХ сварочных выпрямителей

Формирование внешних характеристик в тиристорном выпрямителе выполняют как естественным, так и искусственным способами. Необходимый тип естественной внешней характеристики выпрямителя задается конструкцией трансформатора. Жесткие характеристики получаются при использовании трансформатора с нормальным рассеянием, падающие – трансформатора с увеличенным рассеянием, рис. 7.1, 7.2.

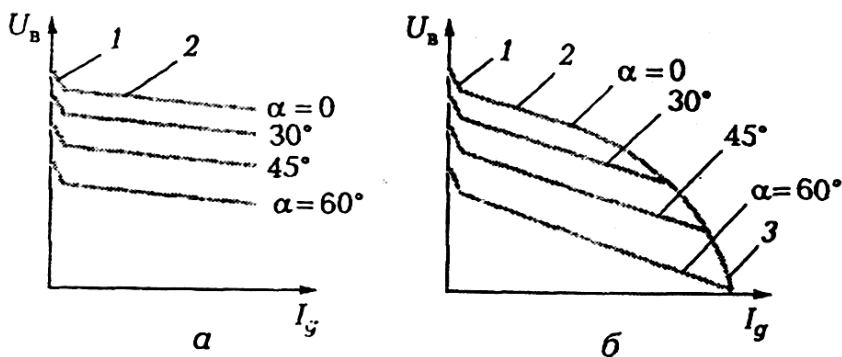


Рис. 7.1. Естественные жесткие (а) и падающие (б) внешние характеристики тиристорного выпрямителя

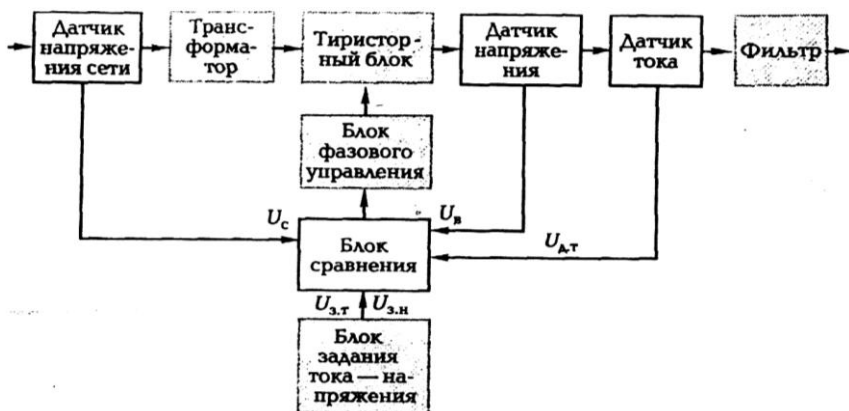


Рис. 7.2. Структурная схема тиристорного выпрямителя с обратными связями

Рассмотрим действие системы автоматического регулирования напряжения в выпрямителе с жесткими характеристиками. Выпрямленное сварочное напряжение  $U_B$  сравнивается в БС с заданным в БЗ напряжением  $U_{з.н}$ , и их  $U_{з.н} - U_B$  воздействует через БФУ на угол управления  $\alpha$  тиристоров. Если при снижении напряжения сети  $U_c$  или увеличении нагрузки выпрямленное напряжение понизится, то угол управления уменьшится, в результате чего выпрямленное напряжение возрастет почти до исходной величины, рис. 7.3.

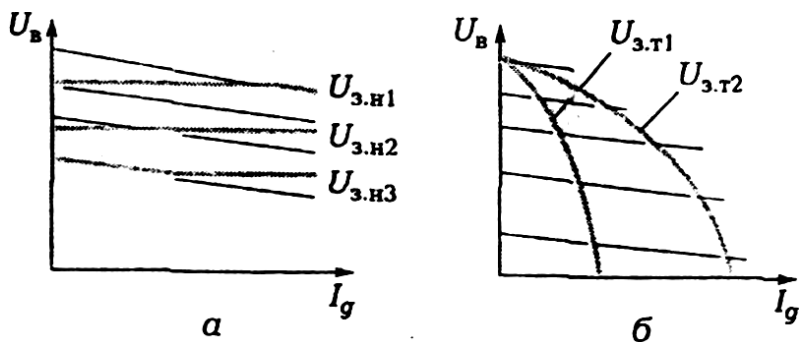


Рис. 7.3. Внешние характеристики тиристорного выпрямителя, полученные за счет обратных связей по напряжению (а) и по току (б)

**Вывод:** падающая внешняя характеристика выпрямления получается благодаря значительным потерям напряжения при затянутой коммутации, вызванной большим сопротивлением трансформатора.

Представителями такой схемы являются выпрямители ВД-306, ВД-307, ВД-403.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством выпрямителя.
2. С участием инструктора проверить готовность источника к работе.
3. Включить источник.
4. Провести измерение режимов  $I, A$ ,  $U, B$ , заполнить табл. 7.1.

Таблица 7.1

#### Измерение $I, A$ , и $U, B$

№ п/п	$I, A$	$U, B$	Наименование источника (марка)	Замечания
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

5. Построить внешнюю ВАХ источника (рис. 7.4).

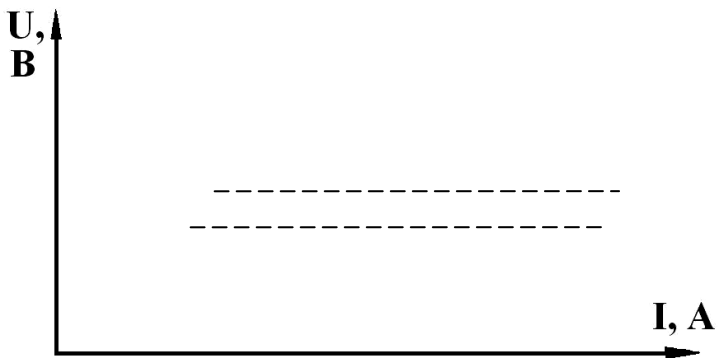


Рис. 7.4. Внешняя ВАХ источника

6. Дать объяснение характера полученной кривой.
7. Составить отчет о лабораторной работе с выводами.

# ИССЛЕДОВАНИЕ И ГРАФИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ «ИСТОЧНИК-ДУГА». УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ

*Лабораторные работы № 8*

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ «СВАРОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР – СВАРОЧНАЯ ДУГА»

**Цель работы:** изучить условия устойчивости системы «источник–дуга». Выполнить графическое построение системы и дать объяснение.

### Устойчивость системы «источник–дуга»

Дуговой разряд считается устойчивым, если он непрерывен в течение длительного времени, без обрывов и замыканий. В качестве критерия оценки устойчивости принимают частоту отрывов дуги за определенное время или количество отрывов дуги при полном расплавлении одного электрода.

Устойчивость процесса и стабильность режима оказывают непосредственное влияние на качество шва. Оценивание устойчивости происходит в несколько этапов. Сначала проверяется принципиальная устойчивость, т. е. устойчивость при малых возмущениях, естественным образом возникающих из-за незначительных колебаний параметров режима даже при аккуратном перемещении дуги, рис. 8.1.

Статические характеристики дуги и источника пересекаются в точках равновесия  $A$  и  $B$ , где мощность, подаваемая источником, равна мощности, потребляемой дугой. Выясним, устойчиво ли это равновесие, например, в точке  $B$ , при малом возмущении, вызвавшем уменьшение тока  $\Delta I_g$ . При этом состояние дуги станет отражаться точкой  $B_1$ , а источника – точкой  $B_2$ , причем  $U_{B1} < U_{B2}$ . Следовательно, равновесие энергетической системы «источник–дуга» будет нарушено –

источник выделяет энергии больше, чем потребляет дуга. Поэтому сварочный ток будет увеличиваться, пока не восстановится до исходного значения в точке  $B$ . Таким образом, возмущение по току отрабатывается успешно и точка  $B$  является точкой устойчивого равновесия системы. Поведение системы в точке  $A$  при небольшом уменьшении тока  $\Delta I_g$ : под действием возмущения состояние дуги станет отражаться точкой  $A_1$ , а источника – точкой  $A_2$ . В этом случае источник выделяет энергии меньше, чем нужно дуге, поэтому ток будет продолжать уменьшаться до обрыва дуги. Следовательно, точка  $A$  отражает состояние неустойчивого равновесия системы.

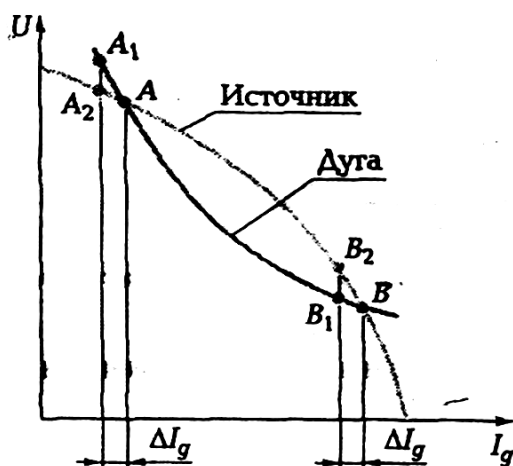


Рис. 8.1. Оценка принципиальной устойчивости системы «источник–дуга»

Очевидно, это объясняется тем, что в отличие от точки  $A$  наклон статической характеристики источника в точке  $B$  круче, чем у дуги. Наклон характеристик источника и дуги принято оценивать величиной дифференциальных сопротивлений:

$$\rho_{и} = dU_{и}/dI_g \text{ и } \rho_g = dU_g/dI_g.$$



Приведем примеры типичных численных соотношений  $\rho_{и}$  и  $\rho_g$  в точках  $A$  и  $B$ . Пусть в точке  $B$  для крутопадающей внешней характеристики источника  $\rho_{и_B} = -0,2$  В/А, а для пологопадающей характеристики дуги  $\rho_{g_B} = -0,08$  В/А, т. е. для точки устойчивого равновесия  $B$   $\rho_g > \rho_{и}$ . Напротив, для точки неустойчивого равновесия  $A$ , где, например, пересекаются пологопадающая характеристика источника с  $\rho_{и_A} = -0,1$  В/А и крутопадающая характеристика дуги с  $\rho_{g_A} = -0,3$  В/А, соотношение дифференциальных сопротивлений иное, а именно  $\rho_g < \rho_{и}$ . Поэтому в качестве косвенного критерия принципиальной устойчивости системы принята разность дифференциальных сопротивлений дуги и источника, названная коэффициентом устойчивости  $k_y$ . Условие устойчивости имеет вид

$$k_y = \rho_g - \rho_{и} > 0.$$

Для повышения запаса устойчивости системы, т. е. для увеличения  $k_y$ , следует увеличивать дифференциальное сопротивление дуги  $\rho_g$  и уменьшать дифференциальное сопротивление источника  $\rho_{и}$ .

Устойчивость системы «источник–дуга» при больших возмущениях оценивают, если уже обеспечена устойчивость при малых возмущениях. Наиболее распространенными считают возмущения по длине дуги и напряжению питающей сети.

Влияние большого возмущения длины дуги  $\Delta l_g$  на устойчивость системы и стабильность параметров режима сварки рассмотрим на рис. 8.2, *а*.

Пусть в исходном состоянии равновесие системы отражается точкой 1. При увеличении длины дуги на  $\Delta l_g$  ее напряжение возрастет на  $\Delta U_g = E_{ст} \Delta l_g$ . Таким образом, отклонение напряжения дуги не зависит от характеристик источника, а определяется только стабильностью длины дуги. Возмущение приведет к смещению статической характеристики дуги вверх на  $\Delta U_g$ .

Равновесное состояние системы будет отражаться точкой 2, следовательно, ток уменьшится на  $\Delta I_g = I_{g2} - I_{g1}$ , а это из-за снижения мощности дуги может привести к ее обрыву, т. е. к нарушению устойчивого течения сварочного процесса.

Способность дуги к значительному удлинению без обрывов называется *эластичностью*. Эластичность оценивают разрывной длиной дуги при ее плавном удлинении. Очевидно, что для повышения эластичности дуги нежелательно значительное снижение тока при ее удлинении. Величина отклонения  $\Delta I_g$  зависит от наклона внешней характеристики источника. Система на рис. 8.2, б отличается от представленной на рис. 8.2, а только более пологим наклоном внешней характеристики источника. Видно, что при одинаковых  $\Delta U_g$  в случае пологого наклона отклонение  $\Delta I_g$  значительно больше. Таким образом, для повышения устойчивости системы наклон характеристики источника следует делать более крутым. Это достигается, например, использованием стабилизированного источника с обратной связью по току, который имеет крутопадающую или даже вертикальную внешнюю характеристику.

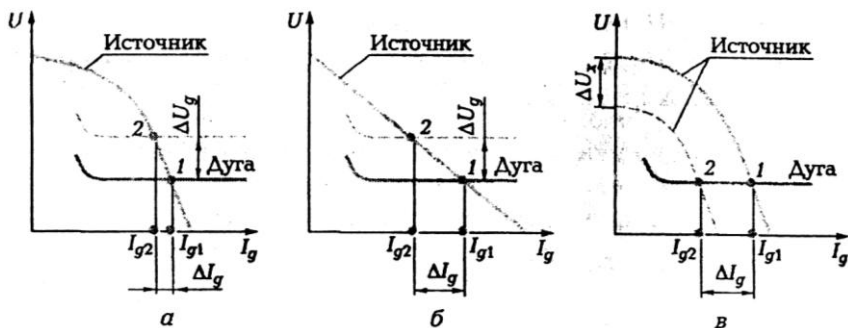


Рис. 8.2. Оценка устойчивости при больших возмущениях по длине дуги (а, б) и напряжению холостого хода (в)

Рассмотрим влияние колебаний напряжения сети на устойчивость. Такие колебания у нестабилизированного источника

приводят к пропорциональному изменению напряжения холостого хода. Особенно опасно его снижение  $\Delta U_x$ , рис. 8.2, в. Видно, что при таком возмущении система из состояния, отражаемого точкой 1, переходит к состоянию, отражаемому точкой 2. При этом ток уменьшится, что может привести к обрыву дуги. Поэтому при значительных колебаниях напряжения сети следует стабилизировать напряжение источника за счет обратных связей по сварочному или сетевому напряжению.

Стабильность энергетических параметров режима – тока и напряжения – имеет смысл рассматривать только после того, как будет установлена устойчивость системы при малых и больших возмущениях. Стабильность обычно характеризуется относительными отклонениями от установленных значений тока  $\Delta I_g / I_g$  и напряжения  $\Delta U_g / U_g$  (или их процентными значениями  $(\Delta I_g / I_g) 100$  и  $(\Delta U_g / U_g) 100$ ). Как уже отмечалось, для стабилизации напряжения следует ограничивать колебания длины дуги. Для стабилизации тока, кроме того, необходимо стабилизировать напряжение холостого хода источника и увеличивать наклон его внешней характеристики. В общем случае и источник и дуга являются нелинейными электрическими элементами, поэтому параметры режима определяют графически – по пересечению статических характеристик источника и нагрузки, см. рис. 8.2. Поскольку из технологических соображений напряжение дуги с ростом тока обычно увеличивают, характеристику дуги заменяют возрастающим графиком условной рабочей нагрузки  $U_p = f(I_g)$ .

На пересечении этого графика с крайними характеристиками источника (соответствующими минимальному  $U_{x\min}$  и максимальному  $U_{x\max}$  напряжению холостого хода и минимальному  $Z_{r\min}$  и максимальному  $Z_{r\max}$  внутреннему сопротивлению) получают минимально допустимый  $I_{g\min}$  и максимально допустимый  $I_{g\max}$  токи. Источник можно характеризовать диапазоном регулирования  $I_{g\min} - I_{g\max}$  или кратностью регулирования тока  $I_{g\max} / I_{g\min}$ .

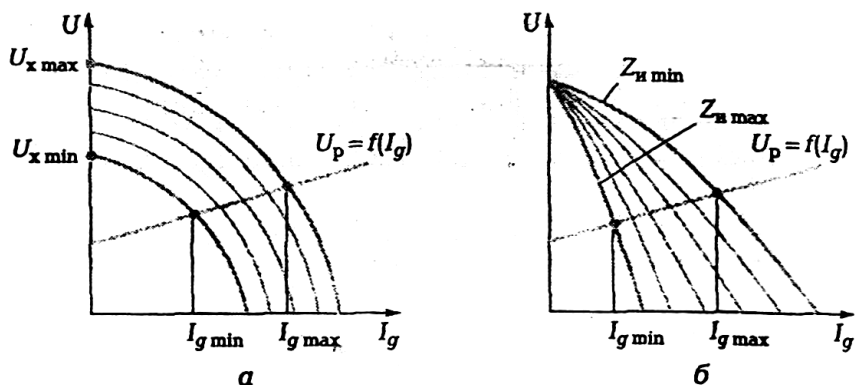


Рис. 8.3. Настройка тока изменением напряжения холостого хода (а) и сопротивления (б) источника

Большинство серийных источников обеспечивает плавное регулирование, но иногда регулятор позволяет изменять  $U_x$  или  $Z_n$  только дискретно. Например, число отпаяк от обмоток при витковом регулировании неэкономично делать слишком большим. В данном случае регулирование получается ступенчатым.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством источника.
2. С участием инструктора проверить готовность источника к работе.
3. Включить источник.
4. Провести измерения и построения внешней ВАХ источника.

Таблица 8.1

СВАХ дуги

№ п/п	$I, A$	$U, B$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Таблица 8.2

ВАХ источника

№ п/п	$I, A$	$U, B$	Наименование источника (марка)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

5. Построить внешнюю ВАХ источника и СВАХ дуги в координатах  $I, A - U, B$  (рис. 8.4).

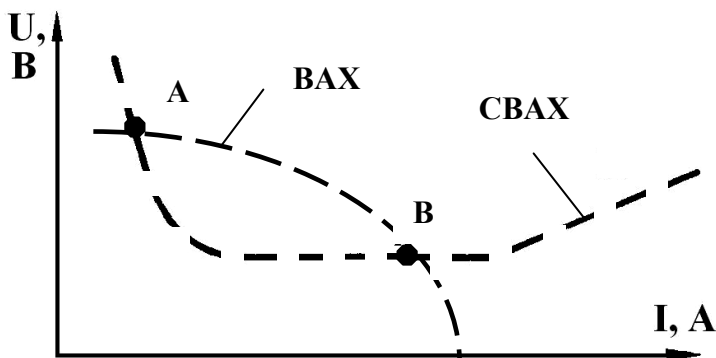


Рис. 8.4. График пересечения статической вольт-амперной характеристики дуги и внешней вольтамперной характеристики источника

6. Дать объяснение пересечениям (точки  $A$  и  $B$ ) кривых – статических характеристик источника и нагрузки, см. также рис. 8.1.

7. Составить отчет о проделанной работе, сделать выводы.

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИСТОЧНИКОВ

Электрическая сварка плавлением как вид работы, связанной с эксплуатацией электрооборудования, а также возможным воздействием на оператора-сварщика сварочной дуги, вредных газов, брызг расплавленного металла и т. д., требует четкой организации лабораторного процесса и строгого соблюдения мер безопасности.

В государственном масштабе правила эксплуатации и меры безопасности при производстве работ регламентируются системой стандартов безопасности труда (ССБТ), на основе которой на каждом предприятии и в каждой отрасли разрабатывают стандарты предприятий и отраслевые стандарты, положения и инструкции по обслуживанию оборудования, в частности сварочного оборудования. Поступаемое в эксплуатацию оборудование должно соответствовать техническим условиям, разработанным на предприятии-изготовителе. Обязательным в технических условиях является раздел «Правила безопасности при эксплуатации оборудования», в котором отражены необходимые меры, обеспечивающие безопасное производство работ.

Создание нормальных условий труда студентов при выполнении лабораторных работ непосредственно на рабочих местах возлагается на мастера производственного обучения. Рабочие места сварщиков должны иметь соответствующие ограждения, защитные и предохранительные приспособления, а также общую и местную вентиляцию. Кроме общих положений по технике безопасности и промышленной санитарии должны быть также учтены и особенности выполнения различных работ, связанных с эксплуатацией оборудования для электрической сварки плавлением: поражение электрическим током; отравление вредными газами или испарениями вредных веществ; получение различного рода ожогов или ослепления как от сварочной дуги, так и от расплавленного металла;

получение различного рода травм при транспортировке баллонов со сжатым или сжиженным газом или сборке громоздких деталей при подготовке их к сварке.

Во избежание поражения электрическим током оборудование для электрической сварки плавлением должно отвечать соответствующим требованиям, зафиксированным в «Правилах по эксплуатации электроустановок», и в частности: корпуса источников питания и сварочных автоматов или полуавтоматов должны быть надежно заземлены; электрические кабели, соединяющие источники питания, сварочные автоматы или полуавтоматы и распределительные щиты, должны иметь надежную изоляцию и быть защищены от механических повреждений; при обнаружении повреждения электрических цепей в источнике питания, сварочном автомате, полуавтомате или распределительной сети выключить оборудование и немедленно сообщить административному лицу данного подразделения.

Перед выполнением сварочных работ внутри замкнутых пространств принять необходимые меры безопасности: установить деревянные щиты или резиновые коврики; получить защитные резиновые перчатки и галоши; работу выполнять с напарником, который должен находиться вне сосуда и наблюдать за производством работ. Источники питания сварочной дуги должны быть оборудованы устройством автоматического снижения напряжения холостого хода.

При поражении электрическим током необходимо немедленно выключить источник питания; освободить пострадавшего от обесточенной электрической цепи и обеспечить доступ к нему свежего воздуха; вызвать врача и приступить к искусственному дыханию.

Во избежание отравления вредными газами или испарениями вредных веществ (флюсов, газов, обмазок и т. д.) рабочие места сварщиков должны иметь необходимую и достаточную местную и общую приточно-вытяжную вентиляцию, а в особо опасных местах (замкнутые сосуды, помещение или отсеке малого объема) студенту должны выдаваться ин-

дивидуальные защитные средства (маски, респираторы и т. д.) или должен быть регламентирован режим его работы (работа не более 30 мин с последующим отдыхом на свежем воздухе).

При работе на установках для электронно-лучевой сварки необходимо соблюдать требования, зафиксированные в «Правилах по эксплуатации высоковольтных электроустановок».

Во избежание получения различного рода производственных травм рабочее место должно быть укомплектовано необходимыми подъемно-транспортными механизмами (тельфером, тележкой и т. д.), также должно быть обеспечено надежное крепление баллонов со сжатым и сжиженным газом.

Во избежание получения различного рода ожогов студент-сварщик должен иметь сухую спецодежду (куртка, брюки, рукавицы, в отдельных случаях капюшон) из брезента или специальной теплостойкой ткани. Обувь сварщика должна закрываться брюками. Поверх брюк надевается куртка. При работе на открытой площадке требуется дополнительная спецодежда, предотвращающая охлаждение тела, а также теплостойкие эластичные подлокотники, подколенники или подстилки.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Технология и оборудование сварки плавлением : учебник для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» / под общ. ред. Г. Д. Никифорова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 320 с.; ил.
2. Закс, М. И. Сварочные выпрямители / М. И. Закс. – Л. : Энергоатомиздат, 1983. – 94 с.
3. Милютин, В. С. Источники питания для сварки : учебное пособие / В. С. Милютин, В. А. Коротков. – Челябинск : Металлургия Урала, 1999. – 368 с.
4. Денисов, Л. С. Источники питания сварочной дуги / Л. С. Денисов. – Минск : Право и экономика, 2010. – 67 с.; ил.
5. Денисов, Л. С. Работы электросварочные. Требования безопасности : комментарии и практика выполнения : ГОСТ 12.3.003–86. ССБТ. – Ж. Охрана труда // Практикум. – 2006. – № 1. – С. 40–51.
6. Денисов, Л. С. Меры обеспечения безопасности и охрана труда при газосварочных работах и термической резке : комментарии и практика выполнения. Ж. Охрана труда // Практикум. – 2010. – № 1. – С. 42–53.
7. Источники питания для дуговой сварки. Требования безопасности : ГОСТ Р МЭК 60974-1–2004. – М. : Стандартинформ, 2005. – 48 с.
8. Источники питания для сварки. Методы испытания сварочных свойств : ГОСТ 25616–83. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 18 с.
9. Сварочные трансформаторы для ручной дуговой сварки. Общие технические требования : ГОСТ 95–92Е.
10. Сварочные однопостовые выпрямители : ГОСТ 13821–92Е.

Учебное издание

**ДЕНИСОВ** Леонид Сергеевич

## **ОБОРУДОВАНИЕ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ**

Методическое пособие  
по лабораторным работам

В 2 частях

Часть 1

Редактор Т. Н. Микулик  
Компьютерная верстка Н. А. Школьниковой

Подписано в печать 10.10.2012. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 2,91. Уч.-изд. л. 2,27. Тираж 100. Заказ 1269.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.