

**Лабораторно
практическая работа №5**

Лабораторная работа

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ИСТОЧНИКОВ СВАРОЧНОГО ТОКА. РУЧНАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ СВАРКИ

Цель работы: получить представление о сущности процессов ручной дуговой сварки, ознакомиться с ее технологическими возможностями и областями применения, используемыми материалами и оборудованием, изучить основные параметры режима ручной дуговой сварки и определение их значений.

Сварка - технологический процесс получения неразъемных соединений материалов посредством установления прочных межатомных и (или) межмолекулярных связей.

Физическая сущность процесса сварки заключается в образовании прочных связей между атомами или молекулами на соединяемых поверхностях заготовок. Для получения сварного соединения необходимо сблизить соединяемые поверхности на расстояния, при которых начинают действовать межатомные силы сцепления. Указанные условия реализуются путем нагрева или расплавления металла в зоне сварки. В результате поверхностные атомы металлов соединяемых деталей образуют общие кристаллические решетки.

Общая характеристика источников сварочного тока

Источники сварочного тока можно разделить на две группы по виду применяемого тока:

- источники переменного тока (сварочные трансформаторы);
- источники постоянного тока (сварочные преобразователи, полупроводниковые выпрямители и инверторы).

Источники питания сварочной дуги должны удовлетворять следующим требованиям:

- напряжение холостого хода должно быть достаточным для зажигания дуги, но не превышать безопасную для человека величину (60–65 В);
- мощность источника тока должна быть достаточной для питания дуги необходимой величиной сварочного тока;
- источники сварочного тока должны иметь устройства для плавного регулирования тока в нужных для сварки пределах;
- источники сварочного тока должны быть устойчивыми к коротким замыканиям;
- источники питания должны иметь небольшой вес, размеры и эксплуатационную надежность;
- источники сварочного тока должны иметь определенную внешнюю (вольтамперную) характеристику.

Устройство источников сварочного тока

Сварочные трансформаторы. В зависимости от конструкции магнитоэлектрической системы сварочные трансформаторы делятся на две большие группы.

1. Трансформаторы с увеличенным магнитным рассеиванием. Эти источники питания в свою очередь делятся на три подгруппы: с подвижными катушками (рис. 3.1), с магнитным шунтом (рис. 3.2, 3.3) и со ступенчатым (витковым) регулированием.

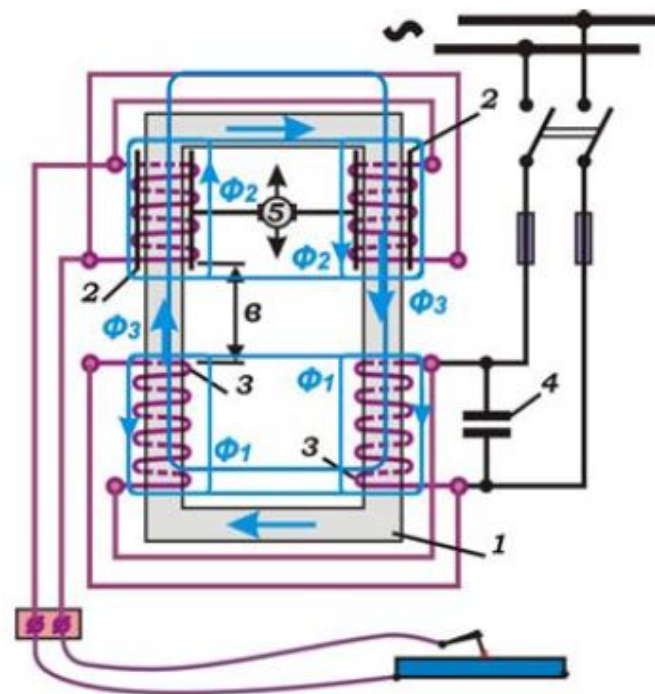


Рис. 3.1. Общий вид и электрическая схема трансформатора типа ТС500 (ТСК500)
 1 – магнитопровод; 2 – вторичная (понижающая) обмотка; 3 – сетевая обмотка; 4 – конденсатор;
 5 – механизм перемещения вторичной обмотки

В трансформаторах с увеличенным магнитным рассеиванием вторичная обмотка может перемещаться по магнитопроводу. При нагрузке вокруг обмоток трансформатора образуются магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 , проходящие в основном по сердечнику и складывающиеся в общий поток Φ_0 . Часть магнитных силовых линий рассеивается и не проходит через сердечник, а замыкается через воздух. Потоки Φ_1 и Φ_2 называют потоками рассеивания. С увеличением нагрузки на трансформатор потоки Φ_1 и Φ_2 возрастают, индуктируют в обмотках ЭДС самоиндукции, противодействующую основной ЭДС. При этом напряжение падает до нуля.

Регулирование силы сварочного тока производят изменением расстояния между обмотками. При увеличении этого расстояния магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 увеличиваются, в результате чего основной поток и сила тока на дуге уменьшаются.

2. Трансформаторы с нормальным магнитным рассеиванием и дополнительной реактивной обмоткой (СТЭ, РСТЭ, СТН) (рис. 3.2, 3.3).

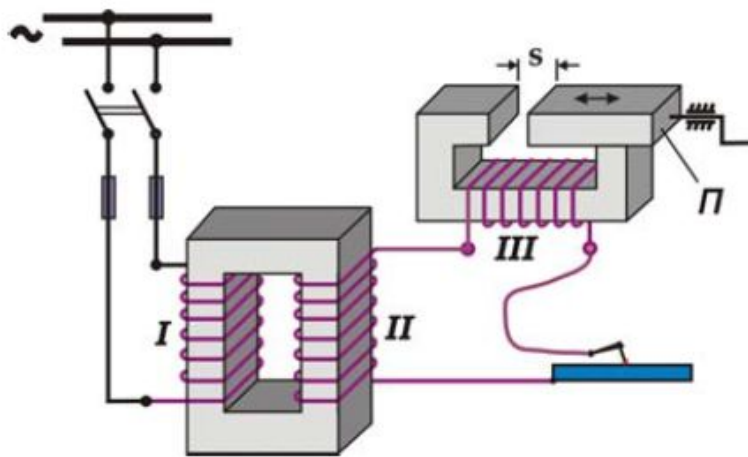



Рис. 3.2. Схема сварочного трансформатора типа СТЭ 34

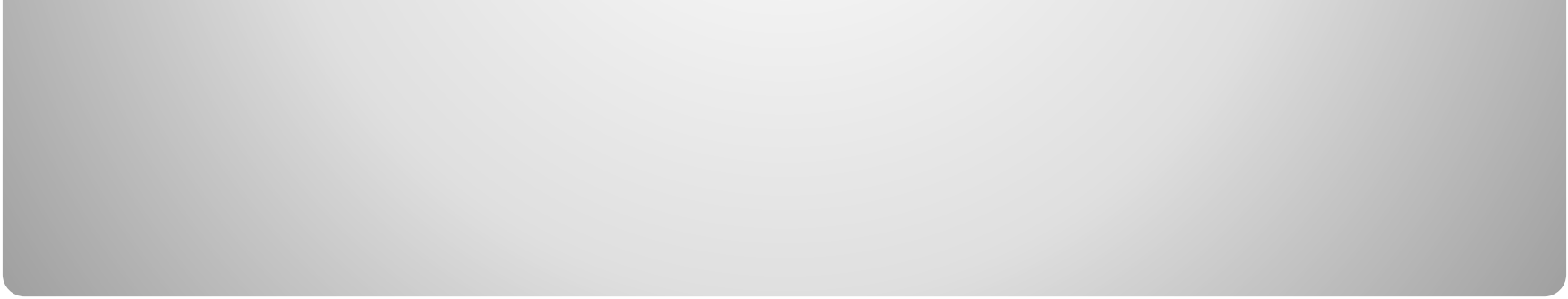
I, II, III – первичная, вторичная и реактивная обмотки; П – подвижный пакет сердечника дросселя; S – воздушный зазор в сердечнике

При работе трансформатора обмотки создают в сердечнике магнитные потоки:

Φ_1 — поток первичной обмотки; Φ_2 — поток вторичной обмотки; Φ_3 — поток реактивной обмотки. Потоки Φ_1 и Φ_2 направлены навстречу друг другу и образуют равнодействующий поток трансформатора $\Phi_0 = \Phi_1 - \Phi_2$. При нагрузке магнитный поток реактивной обмотки Φ_3 размагничивает общий поток, так как имеет одинаковое с Φ_2 направление. При коротком замыкании магнитный поток Φ_3 становится большим, а общий поток $\Phi_0 = \Phi_2 - \Phi_3$ — минимальным. Напряжение на дуге будет равным нулю, а ток — току короткого замыкания.



Таким образом, взаимодействие магнитных потоков обеспечивает падающую внешнюю характеристику. Регулирование силы сварочного тока осуществляется изменением магнитного потока реактивной обмотки Φ_3 , который меняется при изменении зазора между подвижной частью магнитопровода и основным магнитопроводом. Увеличение зазора ведет к уменьшению потока Φ_3 и, следовательно, к возрастанию силы сварочного тока и наоборот.



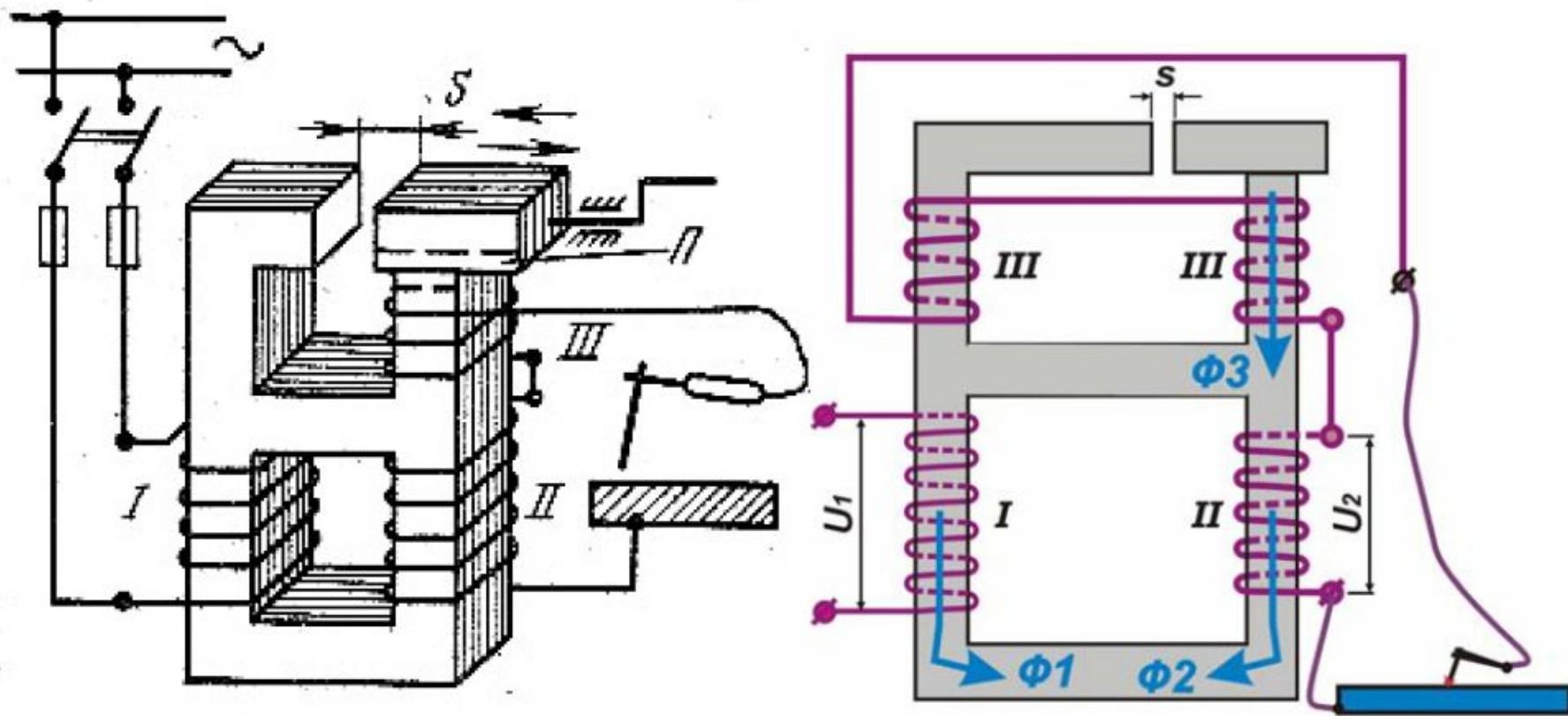


Рис. 3.3. Схема сварочного трансформатора типа СТН

I, II, III – первичная, вторичная и реактивная обмотки; П – подвижный пакет сердечника дросселя;
 S – воздушный зазор в сердечнике

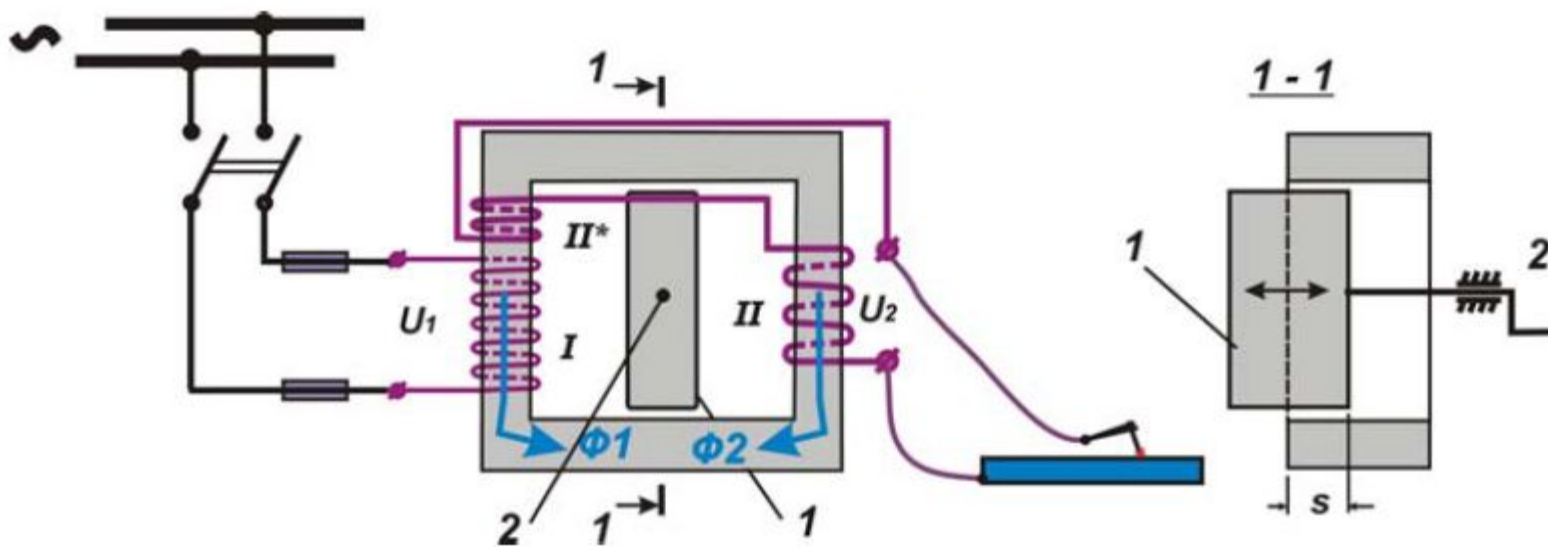
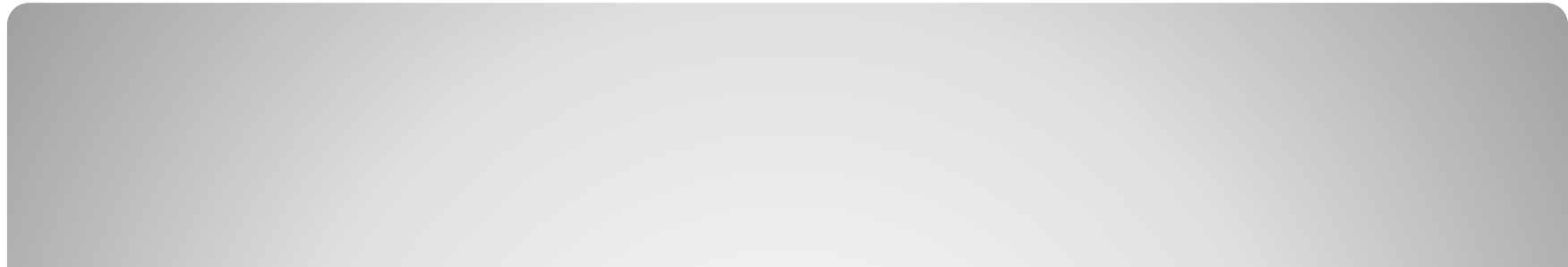


Рис. 3.4. Схема сварочных трансформаторов типа СТАН

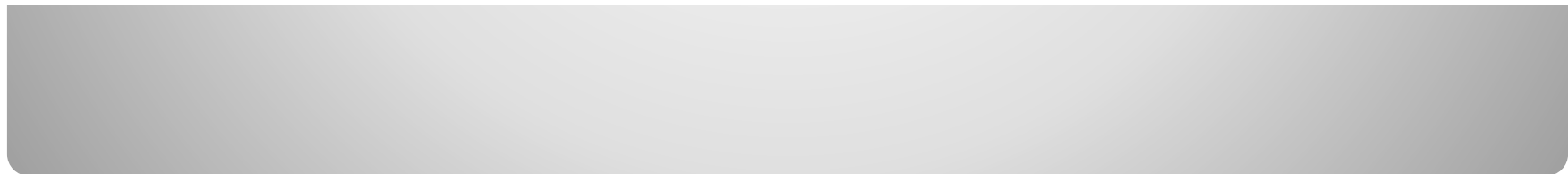
I – первичная обмотка; II – вторичная обмотка основная; II* – вторичная обмотка реактивная;
 1 – магнитный шунт; 2 – винтовой механизм регулятора сварочного тока



Сварочный преобразователь. Наибольшее распространение получили генераторы с падающими внешними характеристиками, работающие по трем основным магнитоэлектрическим схемам:

- сварочный преобразователь с генератором независимого возбуждения и последовательной размагничивающей обмоткой (рис. 3.5);
- сварочный агрегат с генератором с намагничивающей параллельной и размагничивающей последовательной обмотками возбуждения (рис. 3.6);
- сварочный выпрямитель (рис. 3.7).

Преобразует механическую энергию электродвигателя в электрическую напряжением и током, необходимыми для сварки. Конструктивно состоит из трехфазного электродвигателя и сварочного генератора с независимым возбуждением.



Сварочный агрегат. Преобразует механическую энергию двигателя внутреннего сгорания (бензиновый или дизельный) в электрическую напряжением и током, необходимым для сварки. Конструктивно состоит из двигателя внутреннего сгорания и сварочного генератора с самовозбуждением. Генератор работает следующим образом. Магнитный поток Φ_n , создаваемый обмоткой, противоположен по направлению магнитному потоку Φ_p . На холостом ходу, когда сварочный ток равен нулю и размагничивающая обмотка (РО) не действует, ЭДС генератора создается только магнитным потоком Φ_n .

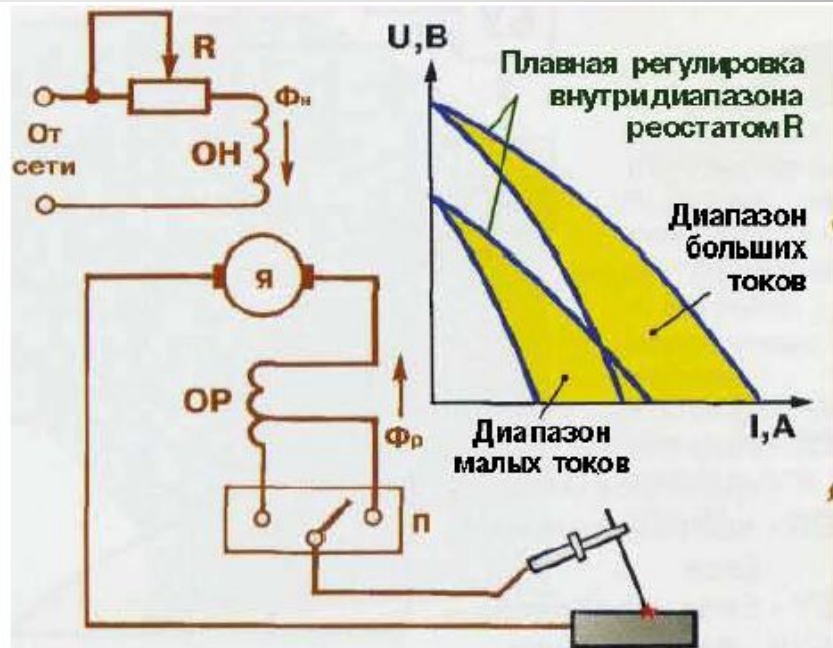
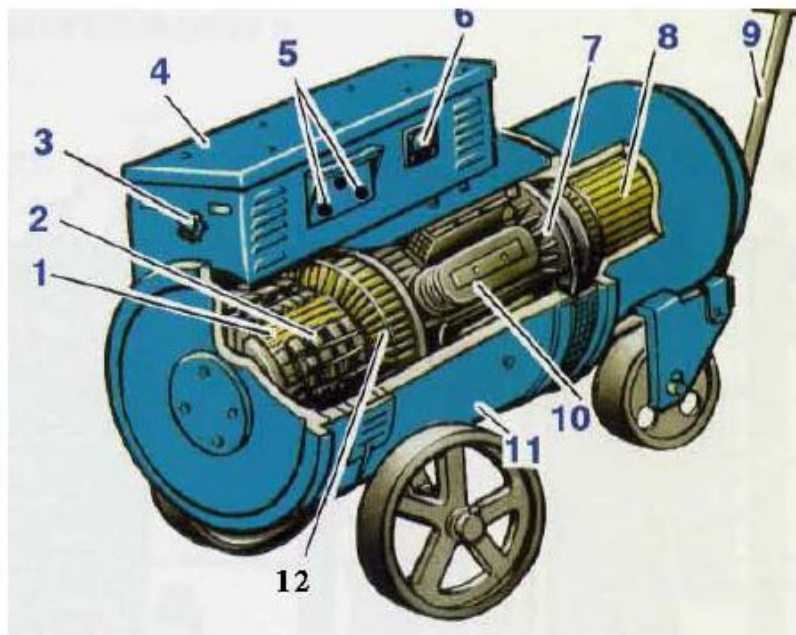


Рис. 3.5. Сварочный преобразователь

1- медные пластинки коллектора; 2 – щетки генератора; 3 – регулировочный реостат;

4 – распределительное устройство; 5 – зажимы подсоединения сварочного кабеля; 6 – вольтметр; 7 – вентилятор; 8 – трехфазный асинхронный двигатель; 9 – тяга; 10 – магнитные полюсы; 11 – корпус; 12 – якорь; ОН – обмотка намагничивающая; ОР – обмотка размагничивающая.

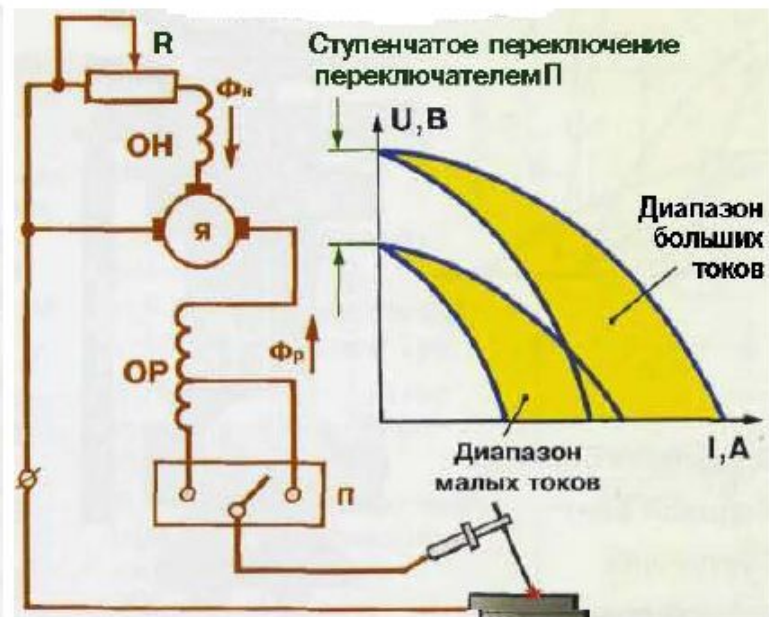
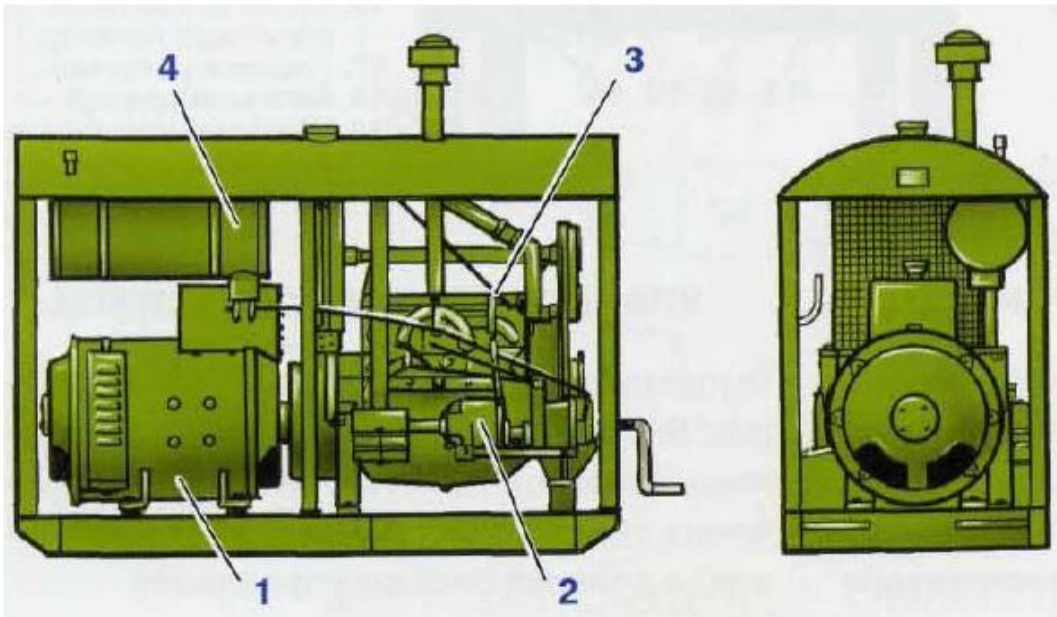


Рис. 3 6. Сварочный агрегат

1 – генератор; 2 – двигатель; 3- регулятор скорости вращения; 4 – бак с горюим; Φ_n – магнитный поток намагничивающей обмотки; Φ_r – магнитный поток размагничивающей обмотки.

При нагрузке сварочный ток начинает создавать магнитный поток Φ_p , направленный навстречу потоку Φ_n . Результирующий магнитный поток генератора $\Phi_{рез}$ равен разности потоков Φ_n и Φ_p : $\Phi_{рез} = \Phi_n - \Phi_p$. Благодаря этому с увеличением сварочного тока результирующий магнитный поток, ЭДС и напряжение генератора уменьшаются.

Силу сварочного тока генератора можно регулировать реостатом (плавная регулировка) и переключением числа витков обмотки РО (грубая регулировка).

Сварочный выпрямитель

Преобразует переменный ток промышленной частоты в постоянный напряжением и величиной, необходимыми для сварки. Конструктивно состоит из понижающего трансформатора и выпрямительного блока.

В отличие от преобразователей, сварочные выпрямители просты в изготовлении и надежны в эксплуатации, имеют более высокий КПД и меньшие потери холостого хода. Основные узлы выпрямителей: понижающий трансформатор, выпрямительный блок из селеновых, кремниевых или германиевых полупроводниковых вентилей; регулирующее устройство и система принудительной вентиляции. Полупроводниковые диоды включаются по различным схемам, наиболее распространенные схемы включения показаны на рис.3.8.

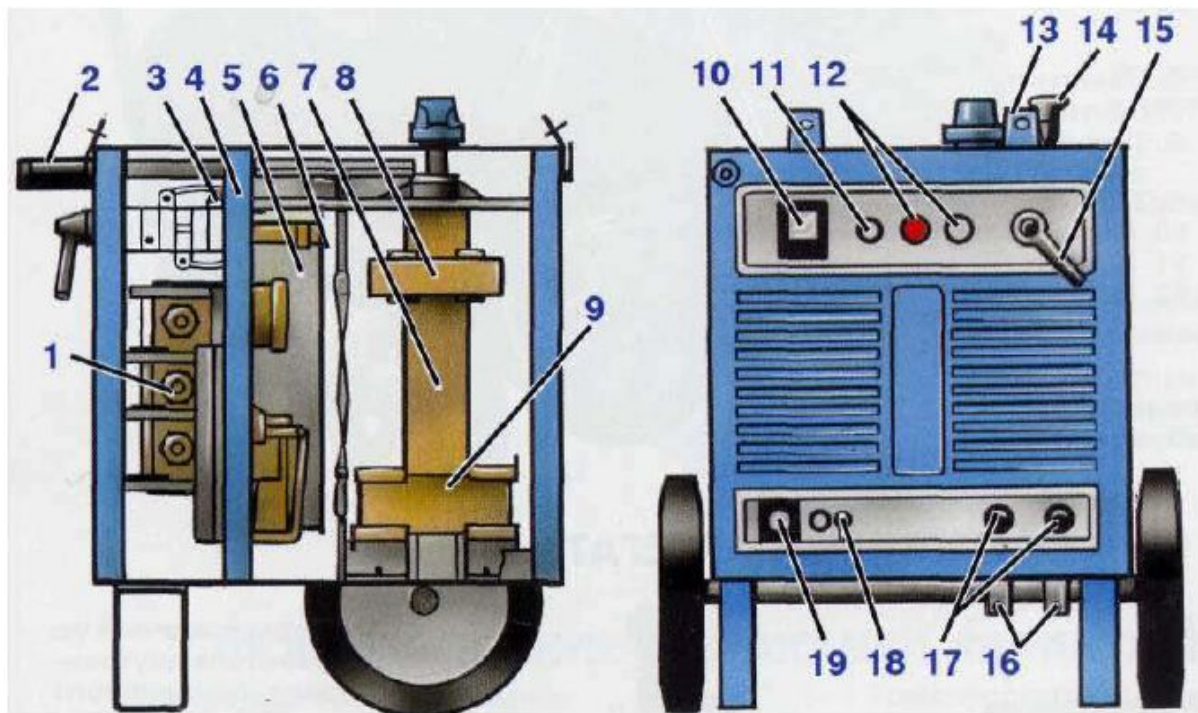


Рис. 3.7. Сварочный выпрямитель.

1 – выпрямительный блок;
 2 – выдвижные ручки для передвижения выпрямителя;
 3 – предохранители; 4 – блок аппаратуры; 5 – вентилятор;
 6 – ветровое реле; 7 – силовой трансформатор; 8 – вторичная обмотка; 9 – первичная обмотка;
 10 – амперметр; 11 – сигнальная лампа; 12 – кнопки включателя; 13 – скобы; 14 – рукоятка регулирования тока; 15 – переключатель диапазонов тока; 16 – шина заземления; 17 – токовые разъемы;

18 – болт заземления; 19 – разъем для подключения сети.

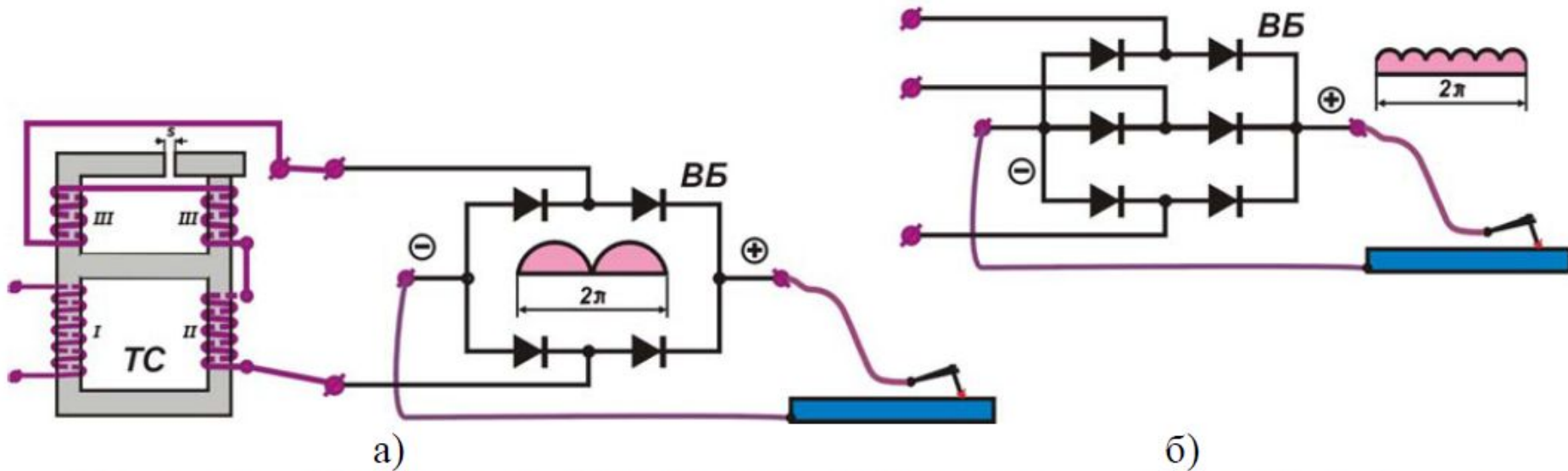


Рис. 3.8. Электрические схемы неуправляемых выпрямителей постоянного сварочного тока.
 а) при однофазной схеме включения; б) при трехфазной схеме включения. ТС = трансформатор сварочный; ВБ = блок выпрямителя.

При однофазном токе и включении диодов по мостовой схеме (рис.3.8а) получается пульсирующий ток постоянного направления. При использовании трехфазного тока (рис.3.8б) получают выровненный сварочный ток постоянного направления. Эта схема чаще всего применяется в сварочных выпрямителях.

Выпрямительный блок состоит из силовых диодов (неуправляемый выпрямитель), Регулировка режимов сварки комбинированная: - ступенчатая за счет переключения обмоток с треугольника на звезду; - и плавная за счет изменения зазора между обмотками трансформатора рис.3.9.

Выпрямительный блок состоит из силовых тиристоров (управляемый выпрямитель), Регулировка режимов сварки комбинированная: - ступенчатая за счет переключения обмоток с треугольника на звезду; - и плавная блоком управления рис.3.10.

Регулирование сварочного тока осуществляется регулятором понижающего трансформатора или дополнительными балластными реостатами (сопротивлениями), включенными последовательно в цепь сварочной дуги.

Инверторные источники питания сварочной дуги.

Преобразуют переменное напряжение и ток сети в величины необходимые для сварки.

Технологические преимущества:

- минимальное разбрызгивание расплавленного металла;
- устойчивое горение при сварке короткой дугой;
- сварка плохо сваривающихся металлов; - минимальный перегрев металла;
- высокое быстродействие; - высокие характеристики, КПД = 95...98%, $\cos\varphi = 1.0$

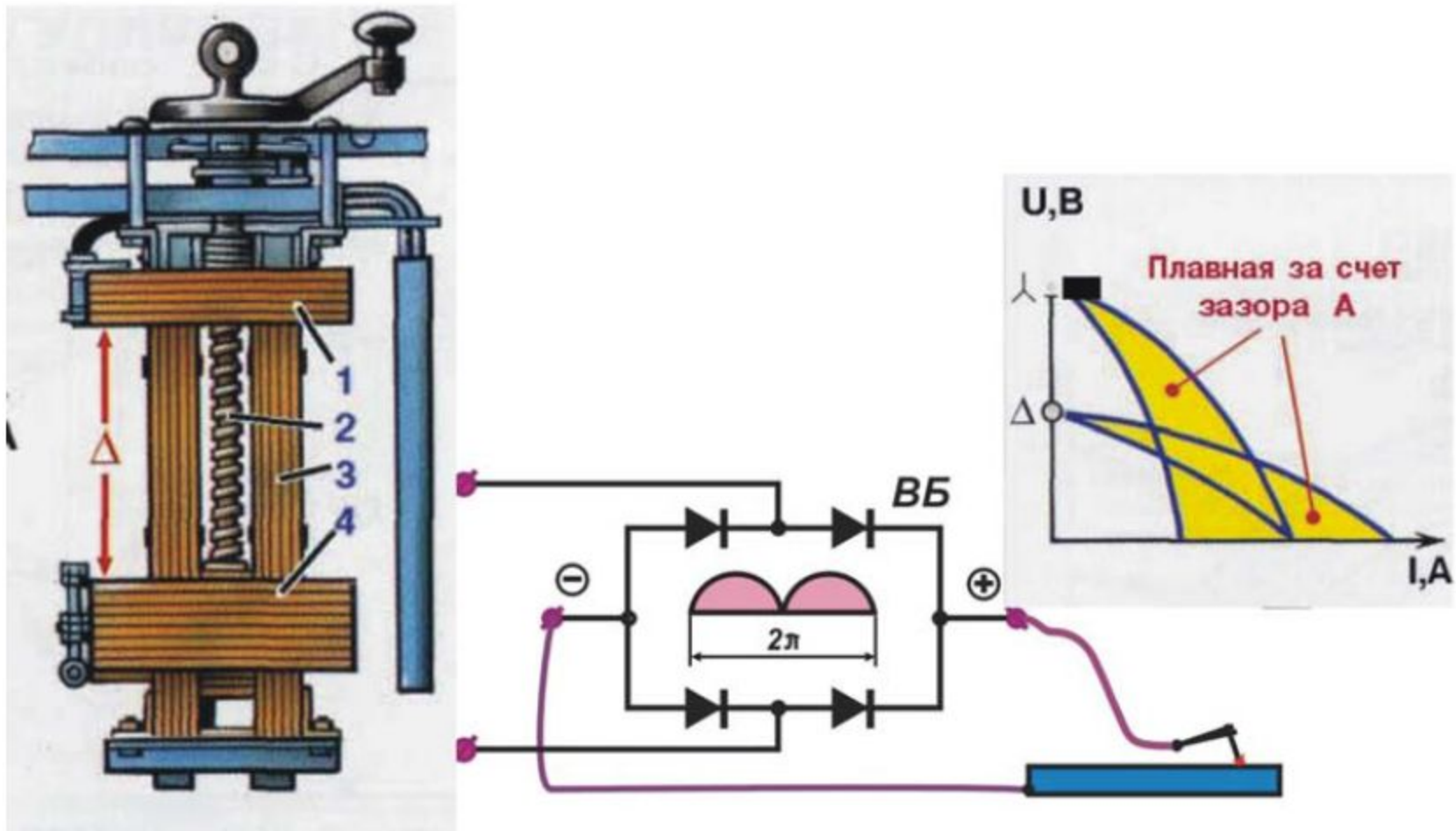


Рис. 3.9. Неуправляемый выпрямитель

1 – вторичная обмотка; 2 – ходовой винт; 3 – сердечник трансформатора; 4 - первичная обмотка.

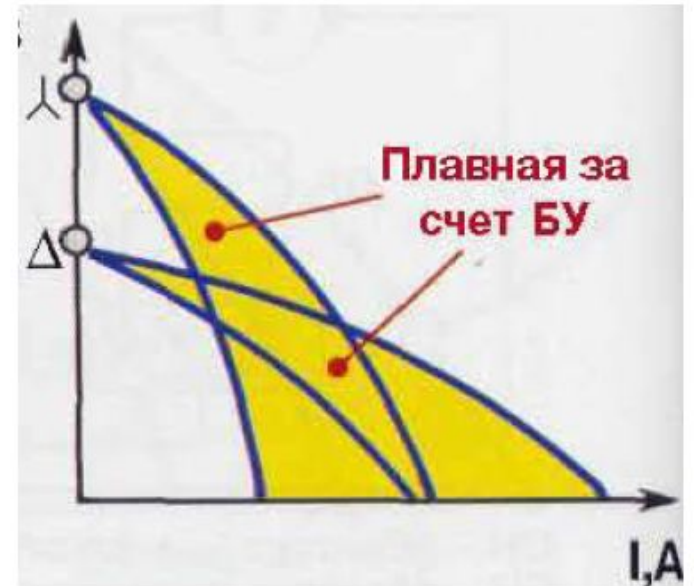
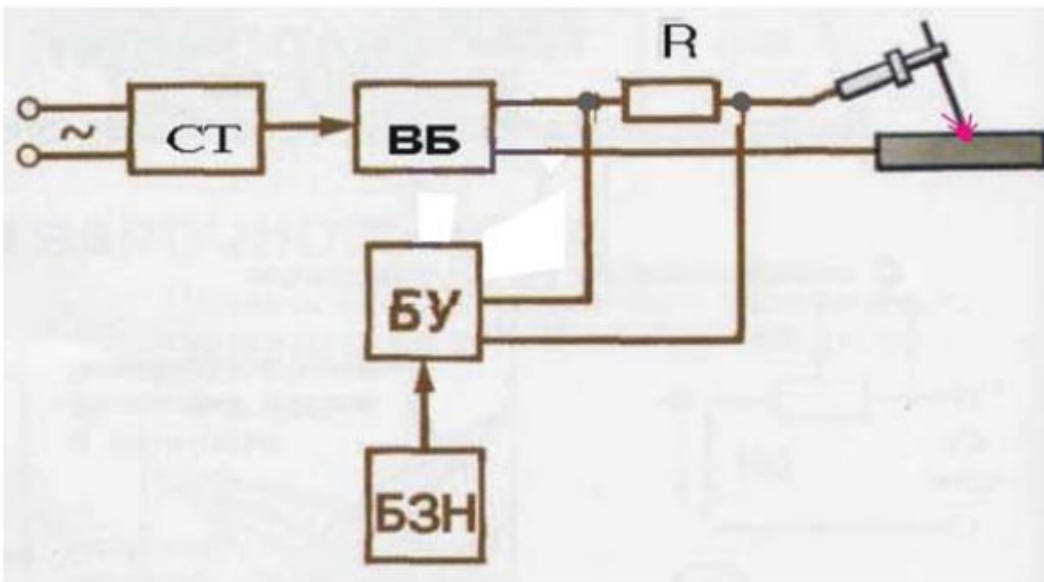


Рис. 3.10. Управляемый выпрямитель

СТ – сварочный трансформатор; ВБ – выпрямительный блок; БУ – блок управления; БЗН – блок задания напряжения.

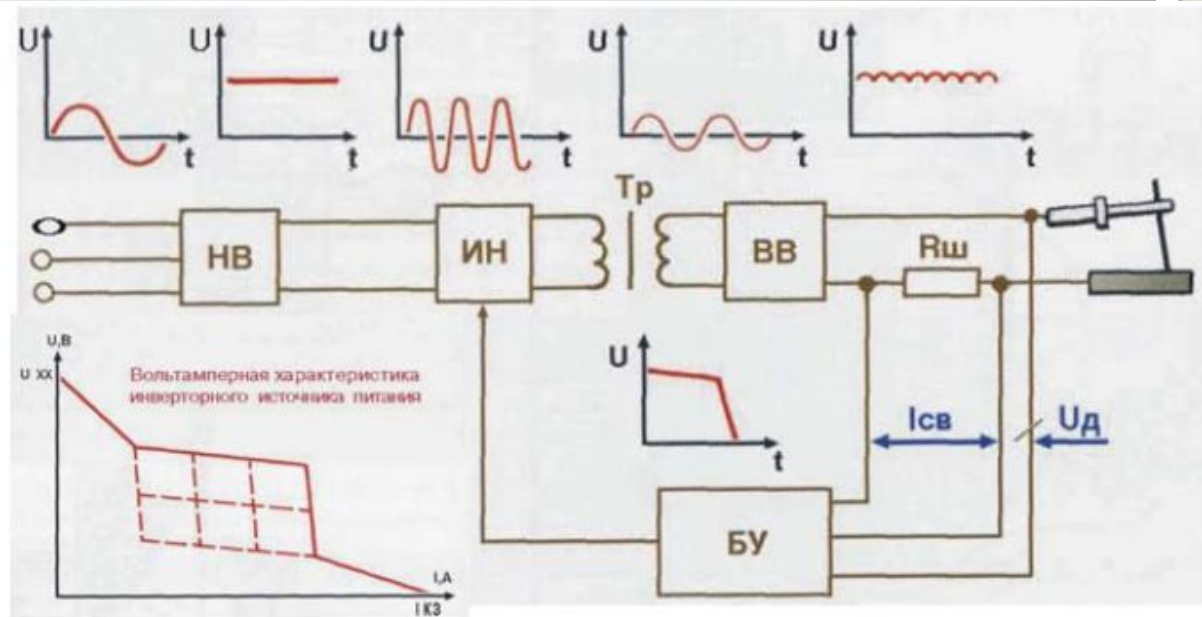


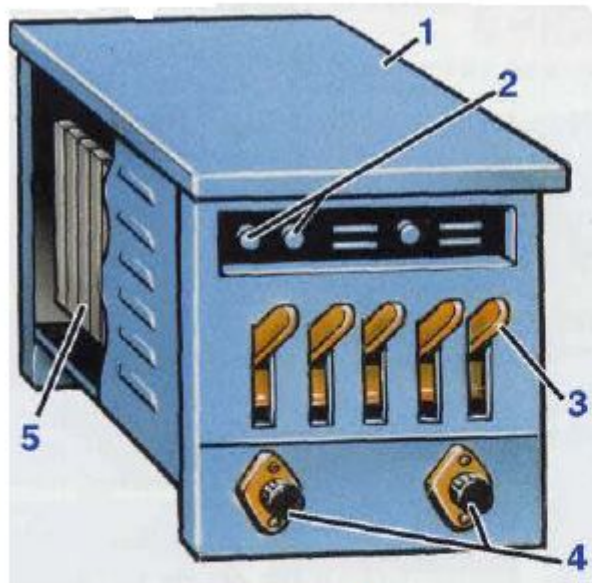
Рис. 3.11. Инверторный источник питания

НВ – низкочастотный выпрямитель; ИН – инвертор; Тр – трансформатор; ВВ – высокочастотный выпрямитель; Рш – шунт; БУ – блок управления.

Дополнительное сварочное оборудование

Балластный реостат. Формирует падающую вольтамперную характеристику источника питания. Ступенчато регулирует режим сварки. Состоит из набора нихромовых проволочек различного сопротивления, соединенных параллельно.

Осциллятор. Обеспечивает бесконтактное зажигание дуги и стабилизирует ее горение при сварке.



а)



б)

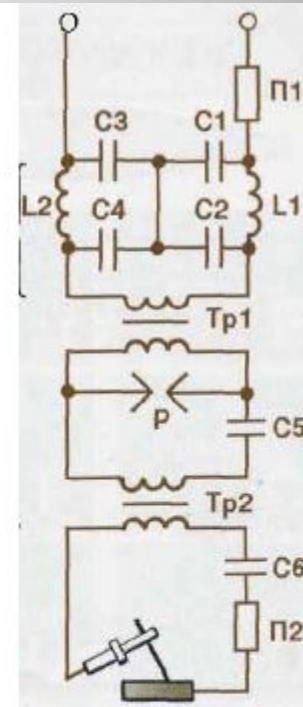


Рис.3.12. Балластный реостат (а) и осциллятор ОССД -300.2 (б).

1 – корпус; 2 – Тумблеры диапазонов регулирования сварочного тока; 3 – рубильник секций сопротивления; 4 – клеммы подключения сварочного кабеля; 5 – секции нихромовой проволоки.

П1 – сетевой предохранитель; П2 – предохранитель трансформатора Tr2; Tr1 – трансформатор, повышающий напряжение до 3...10 кВ; P, C5, Tr2 – колебательный контур, повышающий частоту до 200...400 кГц; C6 – фильтр низких частот; C3, C1, C2, C4, L1, L2 – помехозащитный фильтр.

Вольтамперная характеристика источников питания сварочной дуги

Сварочной дугой называют дугу, представляющую собой длительный устойчивый электрический разряд в газовой среде между электродом и изделием, отличающуюся выделением большого количества тепловой энергии и сильным световым излучением.

Одной из важнейших характеристик источника питания сварочной дуги является *внешняя* (вольтамперная) *характеристика*, представляющая собой зависимость между напряжением и силой тока при постоянной длине дуги (установившемся горении). В зависимости от назначения источники питания имеют различные внешние характеристики (рис.3.13). Источник тока для ручной сварки обладает крутопадающей внешней характеристикой для маломощной дуги, при сварочном токе менее 50 А и плотности тока на электроде 10...12 А/мм². При автоматической сварке под флюсом внешняя характеристика пологая для повышения устойчивости процесса соответствует сварочным токам 50...1000 А и плотности тока на электроде 12...80 А/мм². Если же сварка ведется в защитных средах с применением тонких электродных проволок, источник тока должен иметь жесткую или пологовозрастающую характеристики с плотностью тока на электроде более 80 А/мм².

Важной характеристикой сварочной дуги является *статическая* (вольтамперная) *характеристика*, представляющая собой зависимость между падением напряжения в сварочной дуге от силы тока при постоянной длине дуги (установившемся горении).

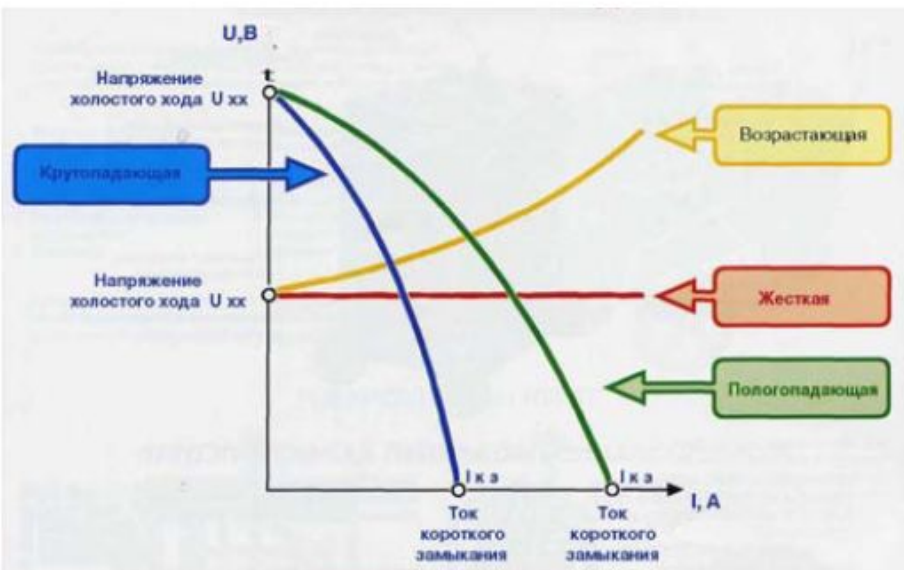


Рис.3.13. Внешние вольтамперные характеристики источников питания

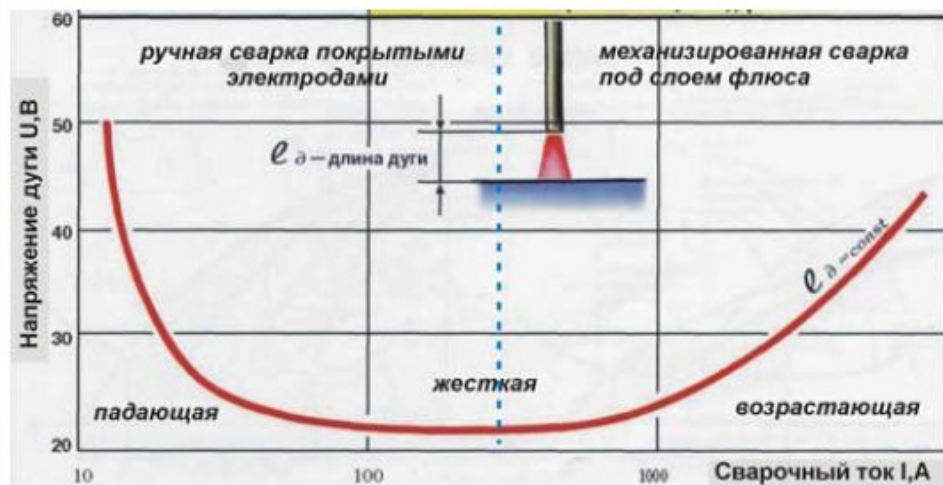


Рис.3.14. Статическая вольтамперная характеристика сварочной дуги

Устойчивое горение дуги возможно при условии пересечения ее статической характеристики с внешней характеристикой источника, т.е. когда

$$U_{\text{дуги}} = U_{\text{ист}}.$$

На рис. 3.15. показана крутопадающая внешняя характеристика источника питания и пересекающие ее статические характеристики сварочной дуги различной длины. Точки пересечения характеризуют устойчивое горение дуги, т.к. $U_{\text{дуги}} = U_{\text{ист}}$. так для сварочной дуги длиной $l_0 = 5$ мм устойчивое горение будет обеспечено при сварочном токе $J = 145$ А и $U_{\text{ист}} = 25$ В. В случае увеличения сварочного тока до $J = 160$ А напряжение источника, как видно из графика, станет $U_{\text{ист}} = 18$ В меньше напряжения дуги, условие $U_{\text{дуги}} = U_{\text{ист}}$ не выполняется, однако при таком токе устойчивой будет дуга длиной $l_0 = 3$ мм.

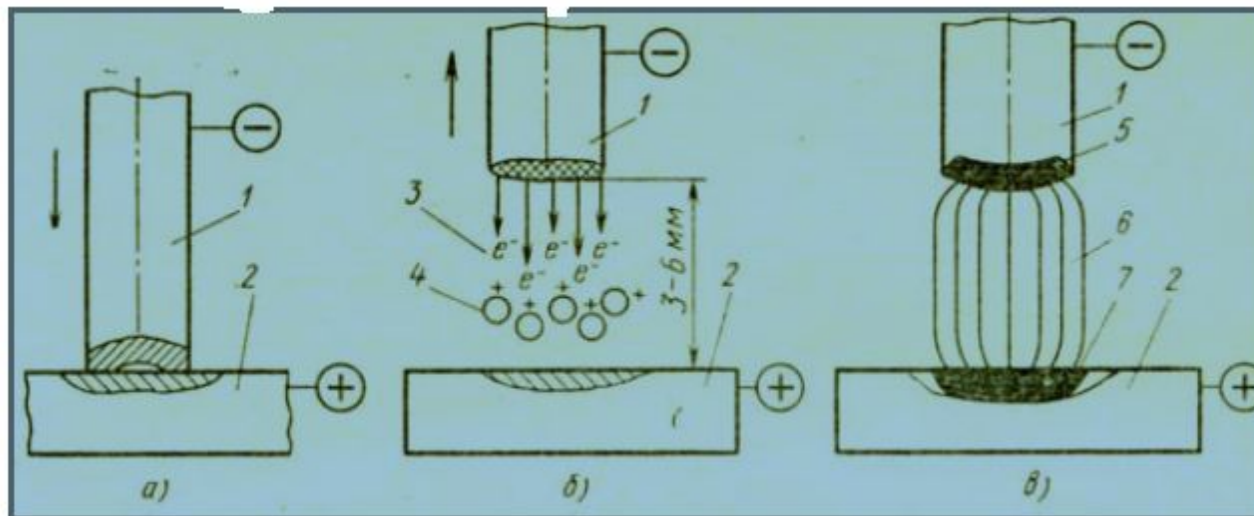
Другим показателем работы источника сварочного тока является продолжительность работы (ПР) или продолжительность включения (ПВ). Эти величины характеризуют повторно-кратковременный режим работы, на который рассчитаны источники питания.



Рис.3.15. Вольт-амперные характеристики сварочной дуги

Сущность процесса ручной дуговой сварки

Источником теплоты при дуговой сварке служит электрическая дуга. Дуга – мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка происходит во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения.



Короткое замыкание

Образование прослойки из жидкого металла

Образование св. ванны

Возникновение св. дуги

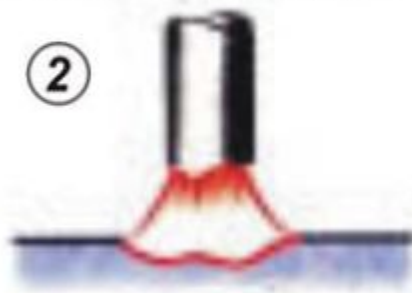
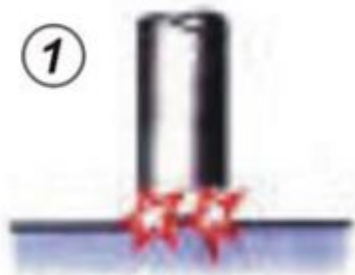



Рис. 3.16. Схема процесса зажигания дуги



Процесс зажигания дуги в большинстве случаев включает три этапа (рис.3.16): короткое замыкание электрода на заготовку (рис. 3.16а) отвод электрода на расстояние 3-6 мм (рис. 3.16 б) и возникновение устойчивого дугового разряда (рис.3.16в). Без короткого замыкания дугу можно зажечь с помощью осциллятора (генератор высокочастотных колебаний).

Ручную дуговую сварку выполняют сварочными электродами, которые вручную подают в дугу и перемещают вдоль заготовки. В процессе сварки металлическим покрытым электродом (рис.3.17) дуга горит между стержнем электрода и основным металлом. Стержень электрода плавится, и расплавленный металл каплями стекает в металлическую сварочную ванну.



Рис. 3.17. Схема процесса сварки

Вместе со стержнем плавится покрытие электрода, образуя газовую защитную атмосферу вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну на поверхности расплавленного металла. Металлическая и шлаковая ванны вместе образуют сварочную ванну. По мере движения дуги сварочная ванна затвердевает и формируется сварной шов. Жидкий шлак после остывания образует твердую шлаковую корку.

Покрyтия электродов предназначены для обеспечения стабильного горения дуги, защиты расплавленного металла от воздействия воздуха

и получения металла шва заданного состава и свойств. В состав покрытия электродов входят стабилизирующие, газообразующие, шлакообразующие, раскисляющие, легирующие и связующие составляющие. Электродные покрытия могут быть: кислыми А (SiO_2 , MnO); основными Б (CaO , CaF_2 , MgCO_3); целлюлозными Ц (целлюлоза и др.); рутиловыми Р (TiO_2 , CaCO_3). Электроды с кислыми и рутиловыми покрытиями при-

меняют для сварки стали обычной и повышенной прочности, с основными – для повышенной и высокой прочности.

По назначению электроды для сварки конструкционных сталей делят на типы Э38, Э42, ..., Э150. Цифры в обозначении типа электрода означают предел прочности (σ_B) наплавленного металла в кГ/мм^2 . Тип электрода обозначает прочностные и специальные свойства наплавленного металла. Каждому типу может соответствовать одна или несколько марок.

Кроме того, электроды подразделяются на марки. Марка электрода (MP-3, УО-НИ-13/45, ЦЛ-11, ЦТ-15 и т.д.) определяет вид и состав покрытия, его технологические свойства: род и полярность тока, возможность сварки в разных пространственных положениях и др.

Расчет режимов ручной сварки

Режимом сварки называют совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных соединений заданных размеров, формы и качества. При ручной сварке такими характеристиками являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, длина сварочной дуги, напряжение горения дуги.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины металла и типа сварного соединения.

Толщина металла, мм	1–2	2–5	6–12	Свыше 12
Диаметр электрода, мм	1,5–2,0	3,0–4,0	4,0–5,0	5,0–8,0

Величина сварочного тока зависит от толщины свариваемого металла, типа соединения, скорости сварки, положения шва в пространстве, толщины и вида покрытия электрода, его диаметра. Практически величину сварочного тока при сварке электродами из малоуглеродистой стали можно определять

$$I_{св} = (20 + 6d) d, \quad \text{в которой } d \text{ — диаметр электрода, мм.}$$

Величина сварочного тока влияет не только на глубину проплавления, но и на форму шва. При ширине шва, равной 3–4 диаметрам электрода, форма шва наиболее благоприятна.

От длины дуги зависит качество шва: чем короче дуга, тем выше качество наплавленного металла.

Длина дуги $l_d = 0,5 (d+2)$.

При сварке на токах более 100 А, напряжение горения дуги U_d зависит только от длины дуги:

$$U_d = \alpha + \beta \cdot l_d,$$

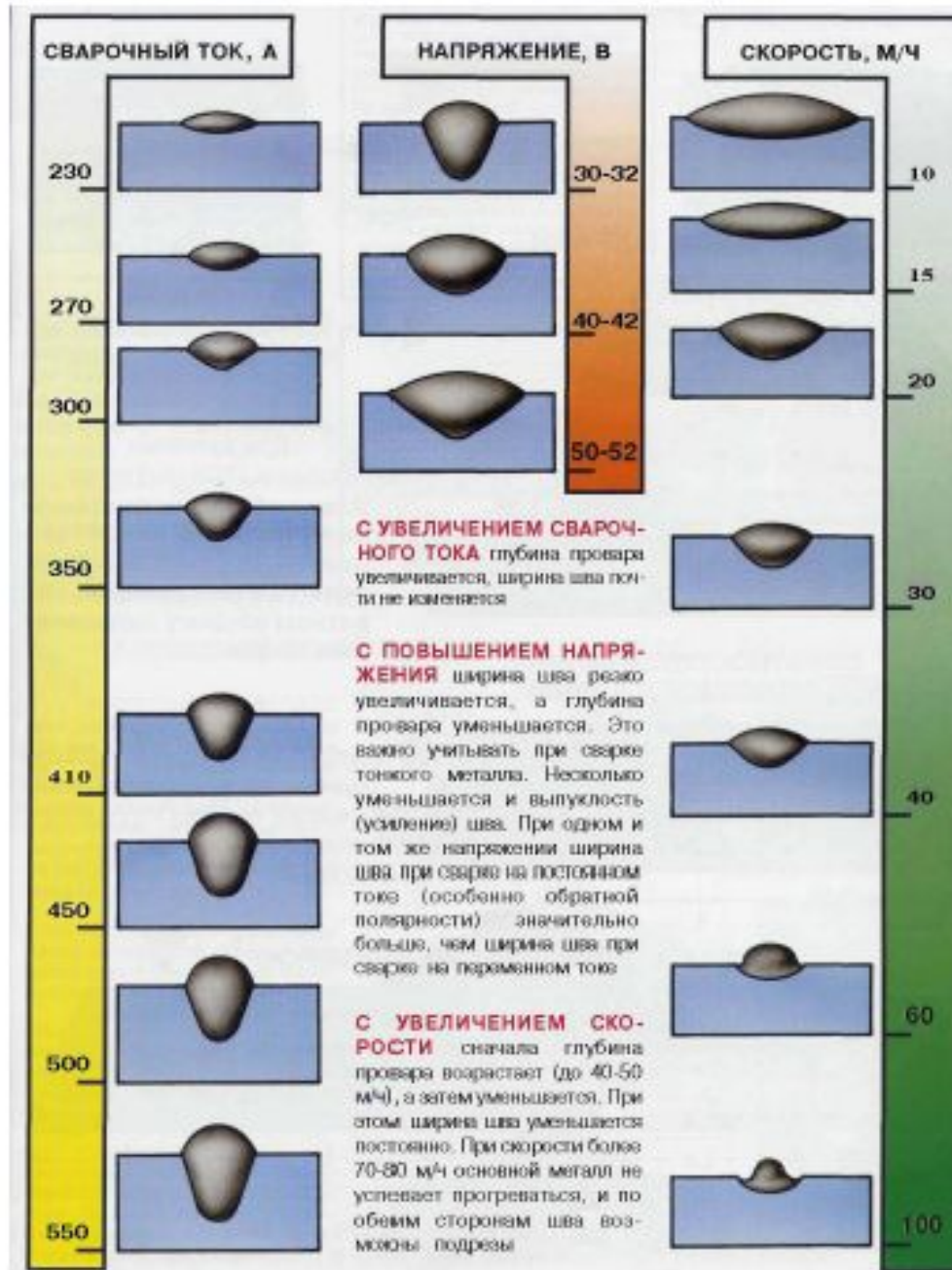
где α — коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах,

(функция внешней характеристики источника тока) $\alpha = 10 \dots 12$;

β — коэффициент, характеризующий падение на 1 мм длины столба дуги, (функция статической вольтамперной характеристики сварочной дуги) $\beta = 2 \dots 2,5$.

Рассчитываемое значение скорости сварки $v_{св}$ применительно к ручной дуговой сварке носит рекомендательный характер и используется при нормировании труда, так как в конечном итоге процесс сварки происходит под контролем сварщика и им же корректируется. Однако существенное отклонение от расчетного значения скорости сварки может привести к формированию некачественного сварного шва и появлению дефектов сварного соединения.

Влияние величины сварочного тока, напряжения дуги и скорости сварки на форму и размеры сварного шва.



Скорость сварки выражается зависимостью:

$$v_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{100 \cdot \gamma \cdot F_n}, \text{ м/ч,}$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч, зависит от марки электрода,

γ – плотность металла, г/см³ (для стали $\gamma=7,8$ г/см³),

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, см².

Время сварки $t_{св}$ определяют по формуле:

$$t_{св} = L/v_{св}, \text{ ч,}$$

где L – длина сварного шва, м.

Контрольные вопросы

1. Как называют источники переменного и постоянного сварочного тока?
2. Что называют электродуговой сваркой: ручной, механизированной?
3. Какую дугу называют сварочной?
4. Что характеризует внешняя характеристика источника сварочного тока?
5. Что характеризует статическая вольтамперная характеристика сварочной дуги?
6. Какова внешняя вольтамперная характеристика сварочного трансформатора?
7. Какова статическая вольтамперная характеристика сварочной дуги?
8. Как регулируют ток в сварочных трансформаторах, генераторах, выпрямителях?
9. Каково напряжение холостого хода сварочных трансформатора и генератора?
10. Каково напряжение горения дуги и короткого замыкания при ручной сварке?
12. Как устроен сварочный трансформатор с отдельным регулятором?
13. Как устроен сварочный трансформатор с встроенным регулятором?
14. Чем отличаются конструкции сварочных трансформаторов от конструкций обычных трансформаторов?
15. Чем характеризуется режим работы источника питания сварочной дуги?
16. Что такое – прямая и обратная полярность сварочного тока?
17. Назначение балластного реостата?
18. Для каких целей предназначены осцилляторы?
19. Особенности инверторного источника питания сварочной дуги.
20. Классификация электродов для ручной сварки по типам и маркам?
21. Основные параметры ручной сварки.