

Источники питания сварочной дуги

Виды источников питания сварочной дуги.

Внешние характеристики источников питания дуги.

Выбор режимов горения дуги, регулирование сварочного тока.

Источники питания постоянного и переменного тока: выпрямители, преобразователи, сварочные агрегаты, трансформаторы.

Источники питания сварочной дуги.

Основные требования.

Важным условием получения сварного шва высокого качества является устойчивость процесса сварки. Для этого источники питания дуги должны обеспечить возбуждение и стабильное горение дуги.

Возбуждение сварочной дуги начинается с короткого замыкания сварочной цепи — контакта между электродом и деталью. При этом происходит выделение теплоты и быстрое разогревание места контакта. Эта начальная стадия требует повышенного напряжения сварочного тока. В дальнейшем происходит некоторое уменьшение сопротивления дугового промежутка (вследствие эмиссии электронов с катода и появления объемной ионизации газов в дуге), что вызывает снижение напряжения до предела, необходимого для поддержания устойчивого горения дуги.

В процессе сварки при переходе капля электродного металла в сварочную ванну происходят очень частые короткие замыкания сварочной цепи. Вместе с этим изменяется длина сварочной дуги. При каждом коротком замыкании напряжение падает до нулевого значения. Для последующего восстановления дуги необходимо напряжение порядка 25...30 В. Такое напряжение должно быть обеспечено за время не более 0,05 с, чтобы поддержать горение дуги в период между короткими замыканиями. Следует учесть, что при коротких замыканиях сварочной цепи развиваются большие токи (токи короткого замыкания), которые могут вызвать перегрев в проводке и обмотках источника тока.

Для обеспечения устойчивого процесса сварки источники питания дуги должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Напряжение холостого хода должно быть достаточным для легкого возбуждения дуги и в то же время не должно превышать норм безопасности. Максимально допустимое напряжение холостого хода установлено для источников постоянного тока — 90 В; для источников переменного тока — 80 В.

2. Напряжение устойчивого горения дуги (рабочее напряжение) должно быстро устанавливаться и изменяться в зависимости от длины дуги. С увеличением длины дуги напряжение должно быстро возрастать, а с уменьшением — быстро падать. Время восстановления рабочего напряжения от 0 до 30 В после каждого короткого замыкания (при капельном переносе металла от электрода к свариваемой детали) должно быть менее 0,05 с.

3. Ток короткого замыкания не должен превышать сварочный ток более чем на 40...50 %. При этом источник тока должен выдерживать продолжительные короткие замыкания сварочной цепи. Это условие необходимо для предохранения обмоток источника тока от перегрева и повреждения.

4. Мощность источника тока должна быть достаточной для выполнения сварочных работ ($P=I*U= I^2*R=U^2/R$)

Кроме того, необходимы устройства, позволяющие регулировать сварочный ток в требуемых пределах.

Промышленностью выпускаются следующие типы источников питания сварочной дуги: сварочные преобразователи, сварочные аппараты переменного тока, сварочные выпрямители.

Сварочные преобразователи.

Сварочные преобразователи подразделяют на следующие группы: по количеству одновременно подключенных постов — однопостовые, предназначенные для питания одной сварочной дуги; многопостовые, питающие одновременно несколько сварочных дуг; по способу установки — стационарные, устанавливаемые неподвижно на фундаментах; передвижные, монтируемые на тележках; по роду двигателей, приводящих генератор во вращение — машины с электрическим приводом; машины с двигателем внутреннего сгорания (бензиновым или дизельным); по способу выполнения — однокорпусные, в которых генератор и двигатель вмонтированы в единый корпус; отдельные, в которых генератор и двигатель установлены в единой рамке, а привод осуществляется через специальную соединительную муфту.

Однопостовые сварочные преобразователи состоят из генератора постоянного тока и электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания. Сварочные генераторы изготавливают по электромагнитным схемам, которые обеспечивают падающую внешнюю характеристику и ограничение тока короткого замыкания. Внешняя вольт-амперная характеристика I (рис. 2.15) показывает зависимость между напряжением и током на клеммах сварочной цепи генератора. Для устойчивости горения сварочной дуги характеристика генератора I должна пересекать характеристику дуги III . Возбуждение дуги осуществляется при соприкосновении электрода и изделия. При этом напряжение изменяется от точки 1 к точке 2.

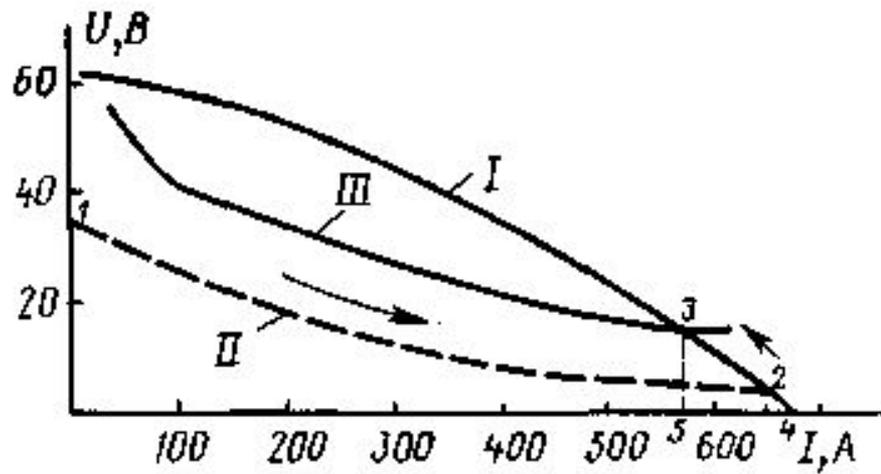


Рис. 2.15 – Зависимость между напряжением и током на клеммах сварочной цепи генератора

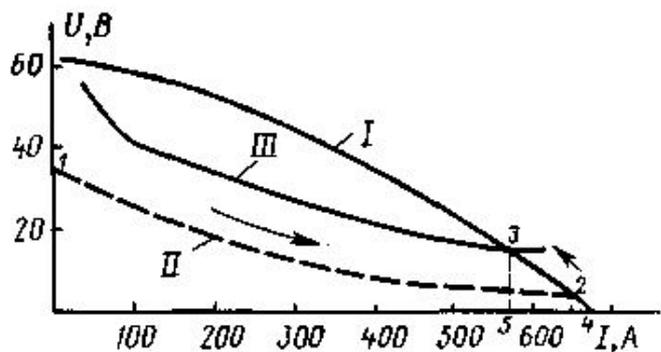


Рис. 2.15 – Зависимость между напряжением и током на клеммах сварочной цепи генератора

При возникновении и устойчивом горении сварочной дуги ее характеристика смещается с положения *II* и занимает положение *III*, а напряжение возрастает до значения, указанного точкой 3. Эта точка соответствует режиму устойчивого горения сварочной дуги. Ток короткого замыкания (точка 4) не должна превышать сварочный ток (точка 5) более чем в 1,5 раза, т. е.

$$I_{\text{к}} \leq 1,5I_{\text{р}}$$

По принципу действия различают Генераторы с расщепленными полюсами и Генераторы с размагничивающим действием последовательной обмотки возбуждения.

Генераторы с расщепленными полюсами работают по принципу использования магнитного потока якоря для получения падающей внешней характеристики. На **рис. 2.16** показана схема сварочного генератора такого типа. Генератор имеет четыре основных (N_r, S_r — главные; N_p, S_p — поперечные) и два дополнительных (N, S) полюса. При этом одноименные основные полюсы расположены рядом, составляя как бы один раздвоенный полюс.

Обмотки возбуждения имеют две секции: регулируемую 1 и нерегулируемую 2. Нерегулируемая обмотка расположена на всех четырех основных полюсах, а регулируемая помещена только на поперечных полюсах генератора. В цепь регулируемой обмотки возбуждения включен реостат 3. На дополнительных полюсах расположена обмотка 4. По нейтральной линии симметрии $O—O$ между разноименными полюсами на коллекторе генератора расположены основные щетки a и c , к которым подключается сварочная цепь. Дополнительная щетка z служит для питания обмоток возбуждения.

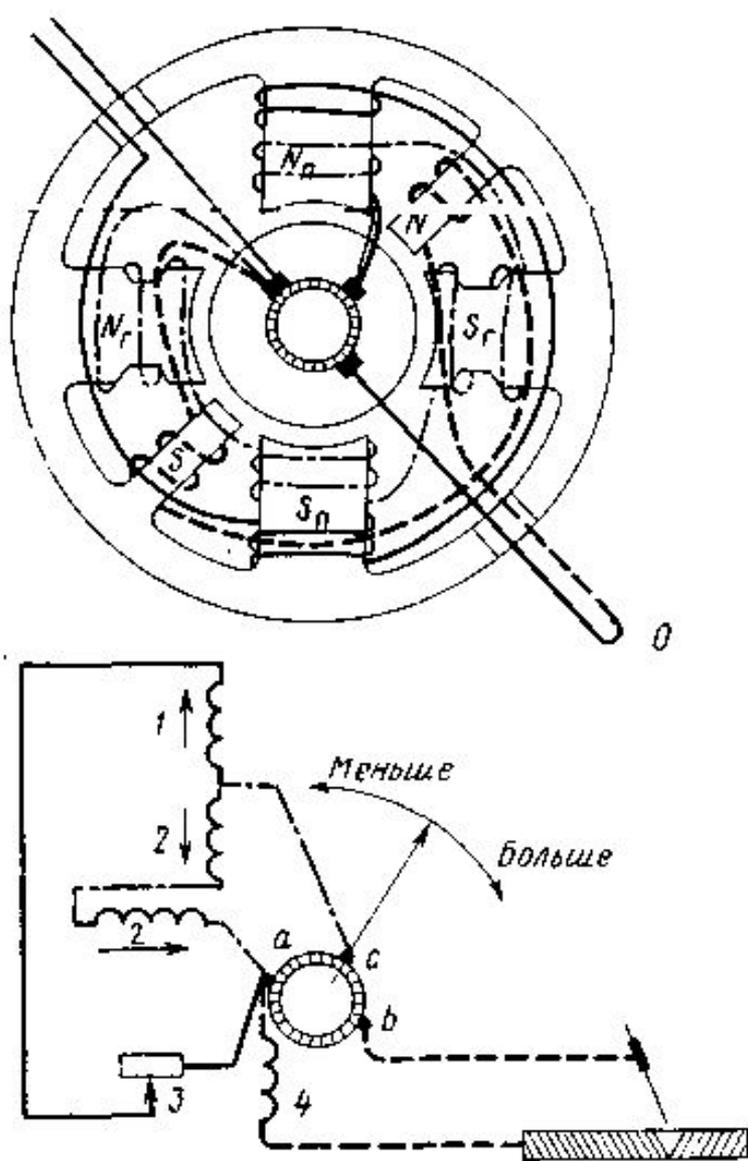


Рис. 2.16 – Схема генератора с расщепленными полюсами

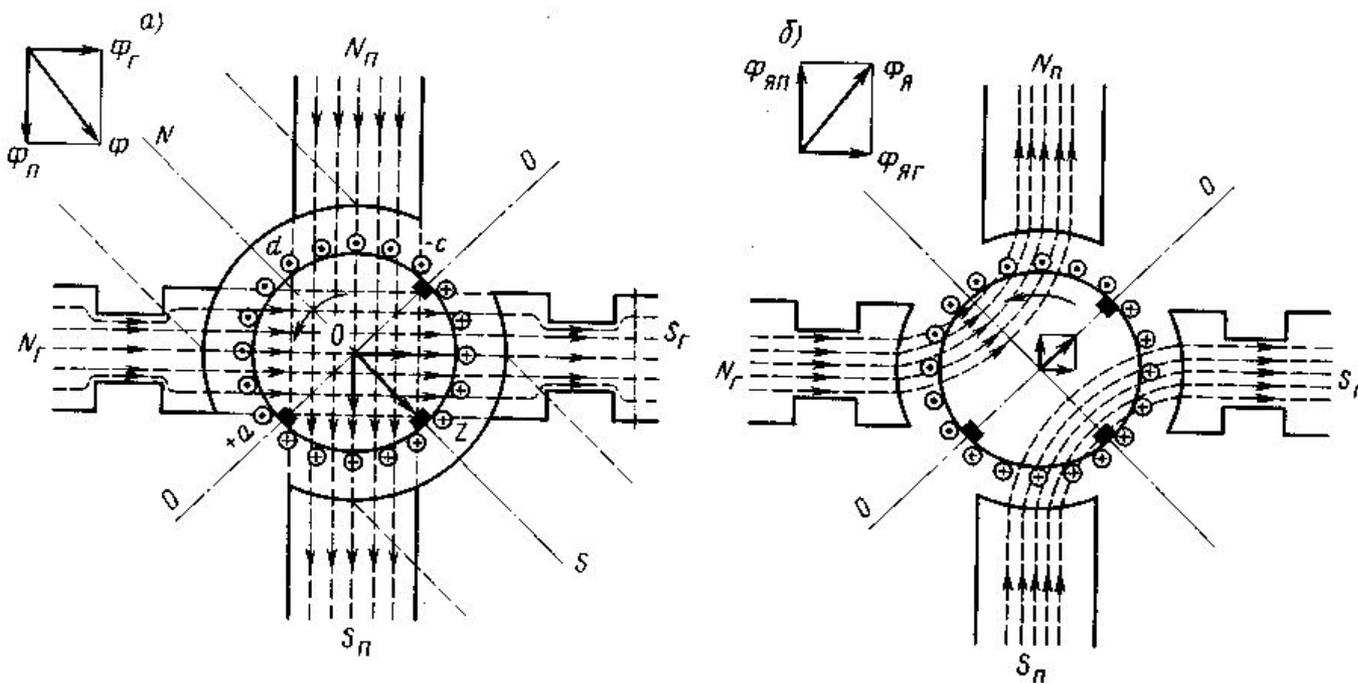
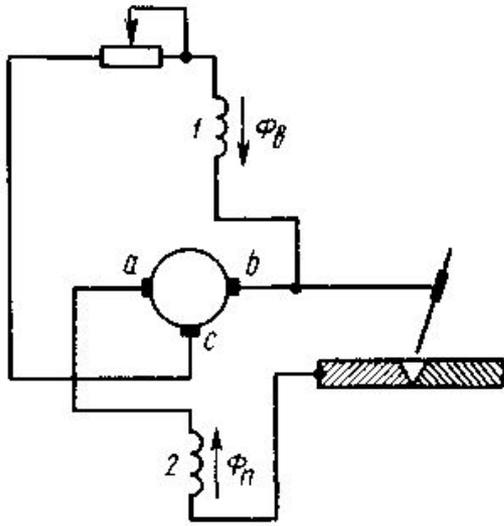


Рис. 2.16 – Схема работы генератора с расщепленными полюсами: а – при холостом ходе генератора; б – при замыкании сварочной цепи

При холостом ходе генератора (рис. 2.17, а) обмотки полюсов создают два магнитных потока главного Φ_r и поперечного Φ_p полюсов, которые индуцируют э.д. с. в обмотке якоря. При замыкании сварочной цепи (рис. 17, б) по обмотке якоря потечет ток, который создает магнитный поток якоря $\Phi_{я}$, направленный по линии основных щеток и замыкающийся через полюсы генератора. Магнитный поток якоря можно разложить на два составляющих потока $\Phi_{яг}$ и $\Phi_{яп}$. Поток $\Phi_{яг}$ по направлению будет совпадать с потоком Φ_r , главных полюсов, но усилить его не может, так как главные полюсы генератора имеют вырезы, уменьшающие площади их поперечных сечений, и поэтому они работают при полном магнитном насыщении (магнитный поток этих полюсов независимо от нагрузки остается практически постоянным).

Поток $\Phi_{яп}$ направлен против потока $\Phi_{п}$ поперечных полюсов и поэтому ослабляет его и даже может изменить направление суммарного потока. Такое действие магнитного потока якоря приводит к ослаблению суммарного магнитного потока генератора, а отсюда к уменьшению напряжения на основных щетках генератора. Чем больший ток протекает по обмотке якоря, тем больше магнитный поток $\Phi_{я}$ и тем больше снижается напряжение. При коротком замыкании сварочной цепи напряжение на основных щетках почти достигает нулевого значения.

Сварочный ток регулируют в два приема — грубо и точно. *Грубое регулирование* производят смещением щеточной траверсы, на которой расположены все три щетки генератора. Если сдвигать щетки по направлению вращения якоря, то размагничивающее действие потока якоря увеличивается и сварочный ток уменьшается. При обратном сдвиге размагничивающее действие уменьшается и сварочный ток увеличивается. Таким образом, устанавливают интервалы больших и малых токов. Плавное и точное регулирование тока производят реостатом, включенным в цепь обмотки возбуждения. Увеличивая или уменьшая реостатом ток возбуждения в обмотке поперечных полюсов, изменяют магнитный поток $\Phi_{п}$, тем самым изменяют напряжение генератора и сварочный ток. В генераторах с расщепленными полюсами поздних выпусков регулирование сварочного тока производится изменением числа витков секционированных обмоток полюсов генератора и реостатом, включенным в цепь обмотки возбуждения. Реостат устанавливается на корпусе генератора и имеет шкалу с делениями А. По такой схеме работают генераторы СГ-300М-1, используемые в преобразователях ПС-300М-1.



Генератор с размагничивающим действием последовательной обмотки возбуждения, включенной в сварочную цепь имеет принципиальную схему, представленную на **рис. 2.18**.

Генератор имеет две обмотки: обмотку возбуждения 1 и размагничивающую последовательную обмотку 2. Обмотка возбуждения питается либо от основной и дополнительной щеток (в и с), либо от специального источника постоянного тока (от сети переменного тока через селеновый выпрямитель). Магнитный поток Φ_B , создаваемый этой обмоткой, постоянен и не зависит от нагрузки генератора. Размагничивающая обмотка включена последовательно с обмоткой якоря так, что при горении дуги сварочный ток, проходя через обмотку, создает магнитный поток Φ_n , направленный против потока Φ_B . Следовательно, э.д.с. генератора будет индуцироваться результирующим магнитным потоком $\Phi_B - \Phi_n$. С увеличением сварочного тока магнитный поток Φ_n возрастает, а результирующий магнитный поток $\Phi_B - \Phi_n$ уменьшается. Как следствие, уменьшается индуцируемая э.д.с. генератора. Таким образом, размагничивающее действие обмотки 2 обеспечивает получение падающей внешней характеристики генератора.

Рис. 2.18 – Генератор с размагничивающим действием последовательной обмотки возбуждения

Сварочный ток регулируют переключением витков последовательной обмотки (грубая регулировка—два диапазона) и реостатом обмотки возбуждения (плавная и точная регулировка к пределам каждого диапазона). По такой схеме выпускаются генераторы ГСО-120, ГСО-300, ГСО-500, ГС 500 и др.

Краткая техническая характеристика сварочных преобразователей представлена в [табл. 2.1](#).

Табл. 2.1 - Краткая техническая характеристика сварочных преобразователей

Марка преобразователя	Марка генератора	Напряжение, В		Пределы регулирования сварочного тока, А	Потребляемая мощность, кВт	Масса, кг
		холостого хода	рабочее			
ПСО-300-2	ГСО-300	90	32	115...315	13	435
ПСО-315М	ГСО-300	90	32	115...315	13	393
ПСО-500	ГСО-500	80	40	120...600	28	960
ПД-305	ГД-312	90	32	40...350	10,4	310
ПД-501	ГСО-500	90	40	125...600	28	545

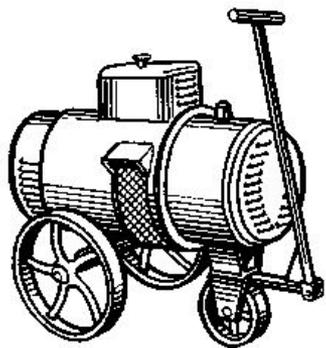


Рис. 2.19 – Сварочный преобразователь ПСО-500

На **рис. 2.19** представлен сварочный преобразователь этой группы типа ПСО-500, выпускаемый серийно и нашедший широкое применение в строительномонтажных работах. Он состоит из генератора ГСО-500 и трехфазного асинхронного электродвигателя АВ-72-4, смонтированных в едином корпусе на колесах для перемещения по строительной площадке. Преобразователь предназначен для ручной дуговой сварки, полуавтоматической шланговой и автоматической парки под флюсом.

Для выполнения сварочных работ при отсутствии электроэнергии (на новостройках, на монтажных работах в полевых условиях, при сварке газонефтепроводов, при установке мачт электропередач высокого напряжения и других работах) применяют подвижные сварочные агрегаты, состоящие из сварочного генератора и двигателя внутреннего сгорания.

Краткая техническая характеристика сварочных агрегатов с двигателями внутреннего сгорания представлена в [табл. 2.2](#).

Табл. 2.2 - Краткая техническая характеристика сварочных агрегатов с двигателями внутреннего сгорания

Марка агрегата	Напряжение, В		Пределы регулирования сварочного тока, А	Потребляемая мощность, кВт·А	Масса, кг
	холостого хода	рабочее			
АДБ-3122	100	32,6	15...350	29	720
АСД-300М	100	32,6	100...315	15	920
АДД-303	100	32,0	100...315	15	940
АДД-3114	95	32,6	15...350	19,5	750
ПАС-400VIII	90	40	120...600	44	1900

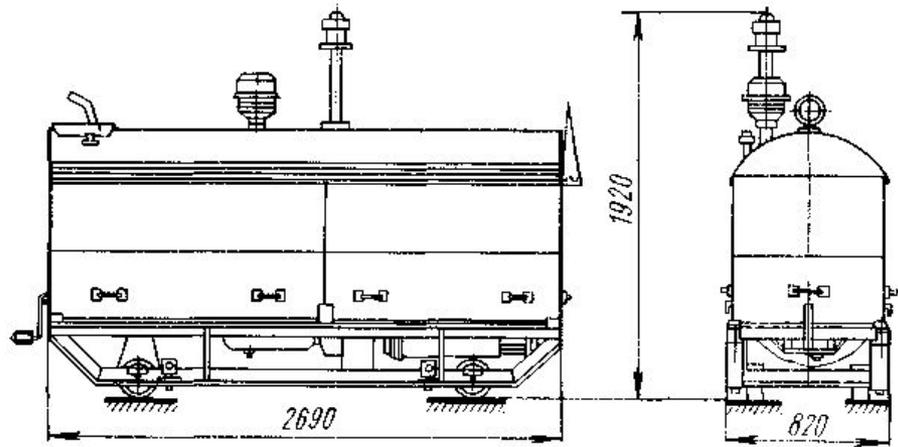


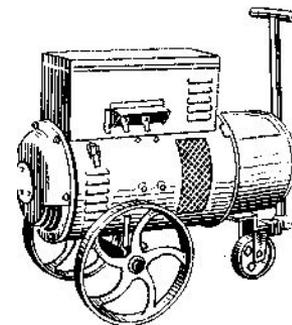
Рис. 2.20 - сварочный агрегат типа ПАС-400-VIII.

На **рис. 2.20** представлен сварочный агрегат этой группы типа ПАС-400-VIII. Агрегат состоит из генератора СГП-3-VI и двигателя внутреннего сгорания ЗИЛ-120 или ЗИЛ-164. Генератор работает по схеме с размагничивающей последовательной обмоткой. Регулирование тока производят реостатом цепи основной обмотки возбуждения. Двигатель сварочного агрегата специально переоборудован для режима длительной стационарной работы. Он имеет автоматический центробежный регулятор скорости вращения, ручное регулирование для работы при малых скоростях, автоматическое выключение зажигания при внезапном увеличении скорости. Сварочный агрегат смонтирован на жесткой металлической раме с катками для перемещения. Наличие крыши и боковых металлических штор, защищающих от атмосферных осадков, позволяет работать на открытом воздухе на монтажно-строительной площадке.

Для сварки в защитных газах, а также для полуавтоматической и автоматической сварок применяют генераторы с жесткой или возрастающей внешней характеристикой. Такие генераторы имеют обмотки независимого возбуждения и подмагничивающую последовательную обмотку. При холостом ходе э.д.с. генератора наводится магнитным потоком, который создается обмоткой независимого возбуждения. При рабочем режиме сварочный ток, проходя через последовательную обмотку, создает магнитный поток, совпадающий по направлению с магнитным потоком обмотки независимого возбуждения. Тем самым обеспечивается жесткая или возрастающая вольт-амперная характеристика.

На [рис. 2.21](#) представлен преобразователь такого типа ПСГ-350, состоящий из сварочного генератора постоянного тока ГСГ-350 и трехфазного асинхронного электродвигателя АВ-61-2 мощностью 14 кВт. Генератор имеет обмотку независимого возбуждения и подмагничивающую последовательную обмотку. Обмотка независимого возбуждения питается от внешней сети через селеновые выпрямители и стабилизатор, который исключает влияние колебания напряжения в сети на ток возбуждения. Последовательная обмотка разделена на две секции: При включении в сварочную цепь части витков генератор работает на режиме жесткой характеристики, а при использовании всех витков обмотки генератор дает возрастающую внешнюю характеристику.

Рис. 2.21 - преобразователь типа ПСГ-350



Универсальные преобразователи ПСУ-300 и ПСУ-500-2 предназначены для ручной сварки, автоматической сварки под флюсом, а также автоматической и полуавтоматической сварок в защитных газах. В генераторах типов ГСУ-300 и ГСУ-500-2, переключая независимую и последовательную обмотки, можно создавать размагничивающий и подмагничивающий поток и таким образом получать падающую или жесткую характеристику.

При работе на строительной площадке или заводе нескольких сварочных постов, расположенных недалеко друг от друга, применяют *многопостовые сварочные преобразователи*. Внешняя характеристика многопостового генератора должна быть жесткой, т. е. независимо от количества работающих постов напряжение генератора должно быть постоянным. Для получения постоянного напряжения многопостовой генератор (рис. 2.22) имеет параллельную обмотку возбуждения 1, создающую магнитный поток Φ_1 , и последовательную обмотку 3, создающую магнитный поток Φ_2 того же направления.

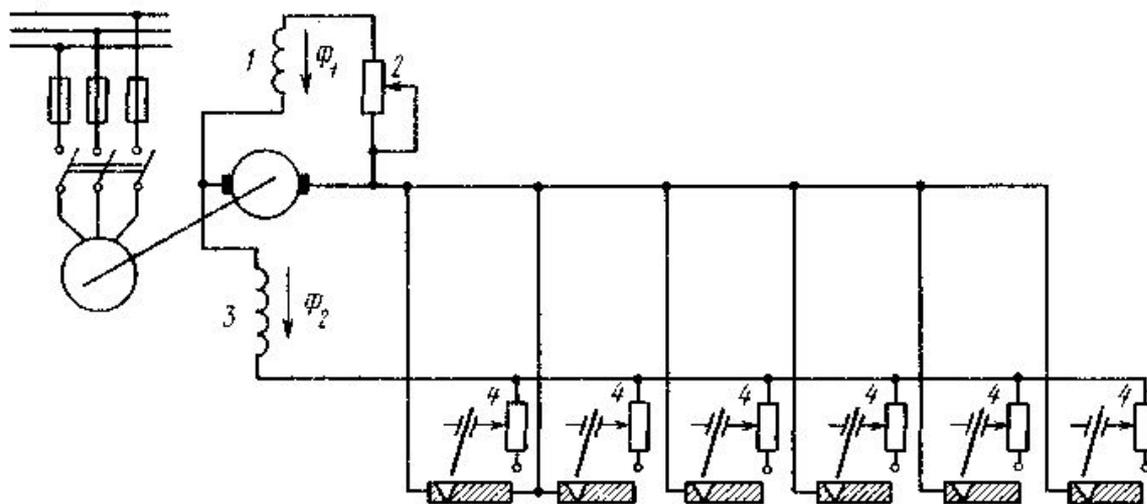


Рис. 2.22 – Схема многопостового сварочного генератора: 1, 3 – обмотка возбуждения магнитного потока Φ_1 и Φ_2 соответственно; 2 – реостат; 4 – балластные реостаты

При холостом ходе э. д.с. генератора индуцируется только магнитным потоком Φ_1 , так как в последовательной обмотке ток отсутствует. Напряжение генератора достаточно для зажигания дуги. Во время сварки появляется ток в обмотке якоря и, следовательно, в последовательной обмотке возбуждения. При этом появляется магнитный поток Φ_2 и э.д.с. будет индуцироваться суммарным потоком $\Phi_1 + \Phi_2$. Падение напряжения внутри генератора при рабочем режиме компенсируется увеличивающимся магнитным потоком, и поэтому напряжение остается равным напряжению холостого хода. Для получения падающей внешней характеристики сварочные посты включают в цепь генератора через балластные реостаты 4. Напряжение генератора регулируют реостатом 2, включенным в цепь параллельной обмотки возбуждения. Сварочный ток устанавливают изменением сопротивления балластного реостата.

Многопостовой сварочный преобразователь ПСМ-1000 (рис. 2.23) состоит из сварочного генератора постоянного тока типа СГ-1000 и трехфазного асинхронного двигателя, смонтированных в одном корпусе. Генератор СГ-1000 шестиполюсный с самовозбуждением имеет параллельную и последовательную обмотки, создающие магнитные потоки одинакового направления. В комплект сварочной машины входят девять балластных реостатов РБ-200, позволяющие развернуть девять постов. Реостатом РБ-200 можно устанавливать сварочный ток в пределах 10...200 А.

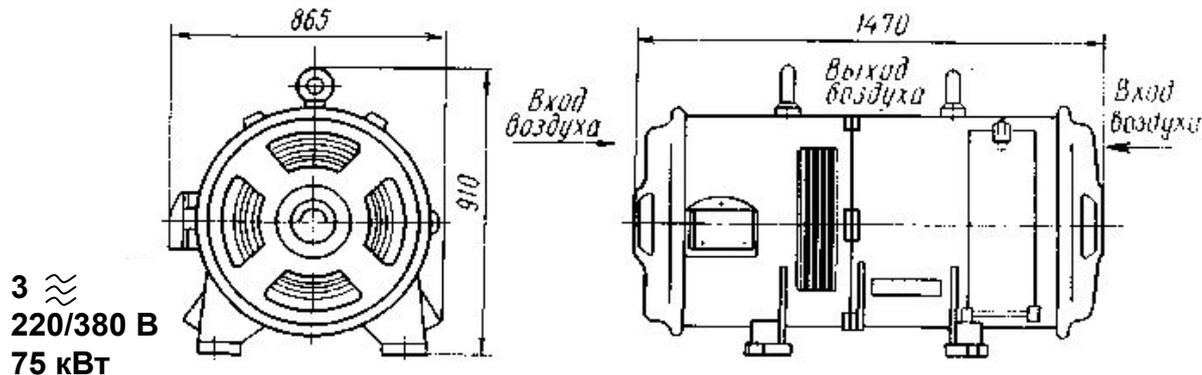


Рис. 2.23
 Многопостовой
 сварочный
 преобразователь
 ПСМ-1000

Балластный реостат РБ-200 (рис. 2.24) имеет пять рубильников, переключением которых устанавливают сопротивление реостата. Эти переключения позволяют регулировать сварочный ток ступенчато через каждые 10 А в пределах 10...200 А.

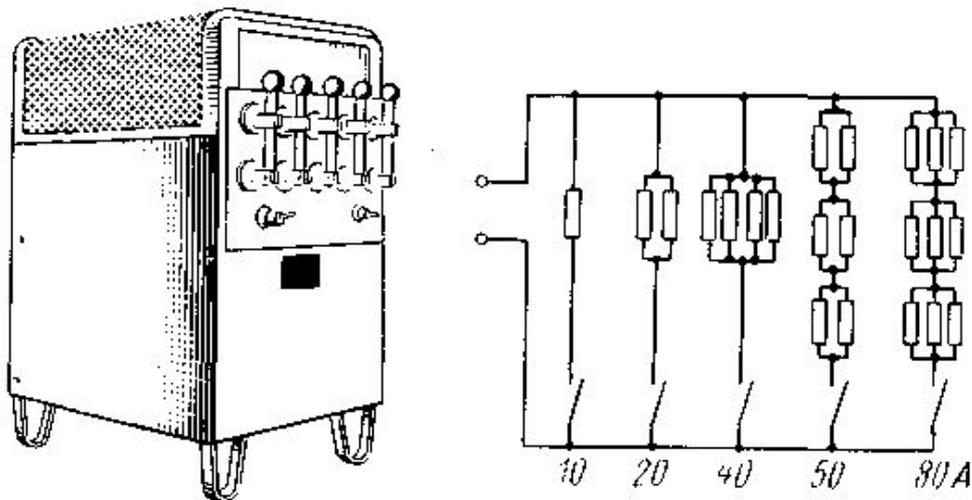


Рис. 2.24 – Балластный реостат РБ-200

Применение многопостовых сварочных преобразователей позволяет значительно уменьшить площади под сварочным оборудованием, сократить расходы на ремонт, уход и обслуживание. Однако к.п.д. сварочного поста значительно ниже, чем при однопостовом преобразователе, вследствие больших потерь мощности в балластных реостатах. Поэтому выбор многопостовых или однопостовых сварочных агрегатов следует обосновать технико-экономическим расчетом для каждого конкретного условия.

Если мощность одного генератора недостаточна для работы сварочного поста, то включают параллельно два сварочных агрегата. При параллельном включении генераторов необходимо соблюдать следующие условия. Генераторы должны быть одинаковыми по типу и внешним характеристикам. До включения необходимо отрегулировать генераторы на одинаковое напряжение холостого хода. После включения в работу следует с помощью регулирующих устройств установить по амперметру одинаковую нагрузку генераторов. При неодинаковой нагрузке напряжение одного генератора будет выше другого и генератор с низким напряжением, питаемый током второго генератора, будет работать как двигатель. Это приведет к размагничиванию полюсов генератора и выходу его из строя. Поэтому следует постоянно следить за показаниями амперметров и при необходимости отрегулировать равномерность нагрузок генераторов.

Для уравнивания напряжения параллельно работающих генераторов с падающими внешними характеристиками применяют перекрестное питание их цепей возбуждения: обмотки возбуждения одного генератора питаются от щёток якоря другого генератора (рис. 2.25). Для этой цели генераторы имеют уравнивательные контакты, которые надо при параллельной работе соединить между собой.

При параллельном включении многопостовых генераторов типа ПСМ-1000 необходимо клеммы на щитках генераторов ГС-1000, обозначенные буквой У (уравнивательный), соединить между собой уравнивательным проводом. Этим проводом последовательные обмотки генераторов соединяются параллельно, и таким образом, исключаются колебания в распределении нагрузки между генераторами.

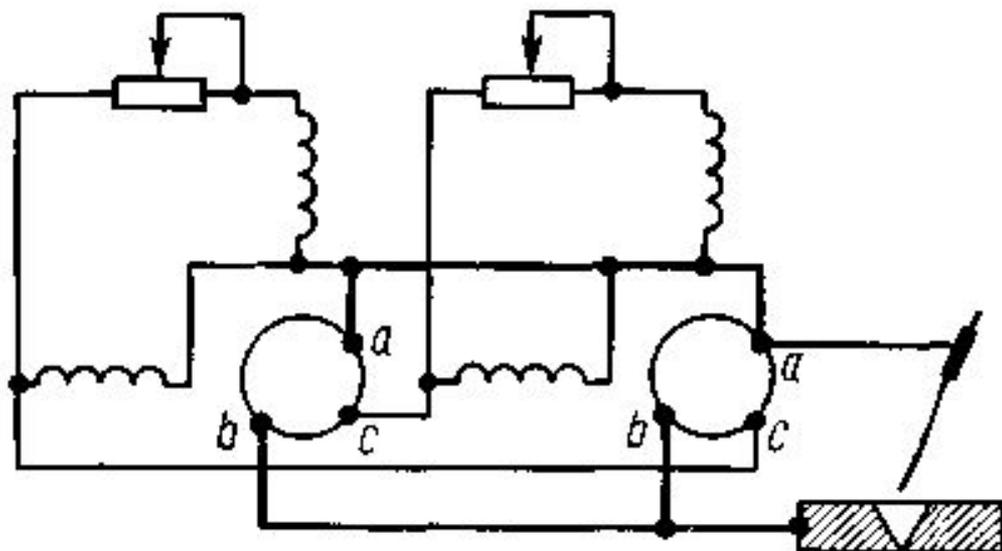


Рис. 2.25 – Схема уравнивания напряжения параллельно работающих генераторов

Сварочные аппараты переменного тока.

Сварочные аппараты переменного тока состоят из понижающего трансформатора и специального устройства, создающего падающую внешнюю характеристику и регулирующего сварочный ток. Они подразделяются на две основные группы: аппараты, состоящие из трансформатора с жесткой внешней характеристикой и дросселя, и аппараты, имеющие трансформатор с падающей внешней характеристикой, создаваемой усиленными полями рассеяния в самом трансформаторе. Сварочные аппараты первой группы могут быть с отдельным дросселем (на отдельном магнитопроводе) и со встроенным дросселем (на общем магнитопроводе трансформатора).

Сварочные аппараты с отдельным дросселем (рис. 2.26) состоят из понижающего трансформатора и дросселя регулятора тока. Трансформатор Tp имеет сердечник (магнитопровод) 2 из отштампованных пластин, изготовленных из тонкой трансформаторной стали толщиной 0,5 мм. На сердечнике расположены первичная 1 и вторичная 3 обмотки. Первичная обмотка из изолированной проволоки подключается к сети переменного тока напряжением 220 или 380 В. Во вторичной обмотке, изготовленной из медной шины индуцируется ток напряжением 60...70 В. Небольшое магнитное рассеивание и малое омическое сопротивление обмоток обеспечивают незначительное внутреннее падение напряжения и высокий к. п. д. трансформатора. Последовательно вторичной обмотке в сварочную цепь включена обмотка 4 (из голый медной шины) дросселя Dp (регулятора тока).

Сердечник дросселя набран из пластин тонкой трансформаторной стали и состоит из двух частей: неподвижной 5, на которой расположена обмотка дросселя, и подвижной 6, перемещаемой с помощью винтовой пары 7. При вращении рукоятки по часовой стрелке воздушный зазор a увеличивается, а против часовой стрелки — уменьшается.

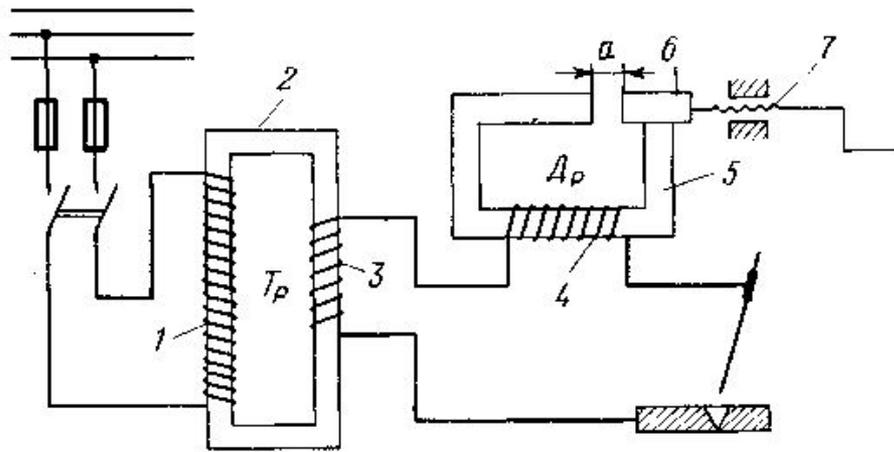


Рис. 2.26 – Сварочный аппарат переменного тока с отдельным дросселем: 1 – первичная обмотка; 2 – магнитопровод; 3 – вторичная обмотка; 4 – обмотка дросселя (регулятора тока); 5 – неподвижная обмотка дросселя; 6 – подвижная обмотка дросселя; 7 – винтовая пара

При возбуждении дуги (при коротком замыкании) большой ток, проходя через обмотку дросселя, создает мощный магнитный поток, наводящий э. д. с. дросселя, направленную против напряжения трансформатора. Вторичное напряжение, развиваемое трансформатором, полностью поглощается падением напряжения в дросселе. Напряжение в сварочной цепи почти достигает нулевого значения. При возникновении дуги сварочный ток уменьшается; вслед за ним уменьшается э. д. с. самоиндукции дросселя, направленная против напряжения трансформатора и в сварочной цепи устанавливается рабочее напряжение $U_{\text{раб}}$ необходимое для устойчивого горения дуги, меньше, чем напряжение холостого хода.

Изменяя зазор a между неподвижным и подвижным магнитопроводом, изменяют индуктивное сопротивление дросселя и тем самым ток в сварочной цепи. При увеличении зазора магнитное сопротивление магнитопровода дросселя увеличивается, магнитный поток ослабляется, уменьшается э.д.с. самоиндукции катушки и ее индуктивное сопротивление. Это приводит к возрастанию сварочного тока. При уменьшении зазора сварочный ток уменьшается. По этой схеме изготовлены и эксплуатируются сварочные трансформаторы типа СТЭ. Трансформаторы СТЭ-24-У и СТЭ-34-У не сложны по устройству и безопасны в работе и поэтому широко применяются при ручной дуговой сварке.

На [рис. 2.27](#) представлен трансформатор СТЭ-34-У с регулятором (дросселем) типа РСТЭ-34. Трансформатор 1 и регулятор 2 заключены в отдельные кожухи из тонкой листовой стали с жалюзи для естественного охлаждения и установлены на колесики для перемещения. Первичная обмотка размещена отдельно на двух катушках, что позволяет включать трансформатор в сеть с напряжением 220 В (параллельное соединение обмоток катушек) или 380 В (последовательное соединение). Вторичная обмотка расположена поверх первичной обмотки на тех же катушках и соединена всегда последовательно. На торцевой стенке кожуха на клеммовой доске расположены выводные концы первичной обмотки. На другой торцевой стенке на клеммовую доску выведены концы вторичной обмотки.

Обмотка регулятора тока размещена на нижней неподвижной части сердечника. Обмотка имеет асбестовые прокладки, пропитанные теплостойким лаком. Верхняя подвижная часть сердечника перемещается при помощи рукоятки и винтовой пары.

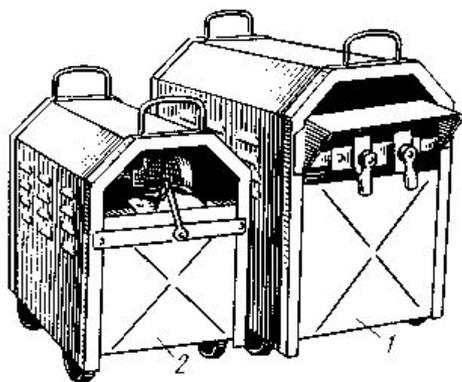
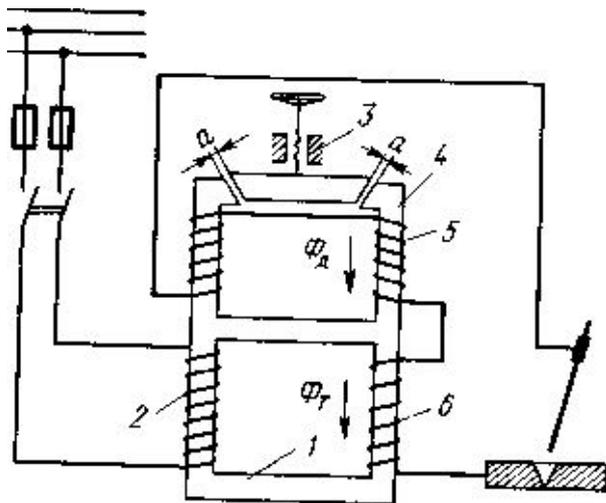


Рис. 2.27 – Трансформатор СТЭ-34-У с регулятором типа РСТЭ-34:
1 – трансформатор; 2 - регулятор



Сварочные аппараты со встроенным дросселем (рис. 2.28) имеют электромагнитную схему, разработанную акад. В. П. Никитиным. Сердечник трансформатора состоит из основного магнитопровода 1, на котором расположены первичная 2 и вторичная 6 обмотки собственно трансформатора, и добавочного магнитопровода 4 с обмоткой дросселя 5 (регулятор тока). Добавочный магнитопровод расположен над основным и состоит из неподвижной и подвижной частей, между которыми при помощи винтового механизма 3 устанавливается необходимый воздушный зазор a .

Рис. 2.28 – Схема сварочного аппарата переменного тока со встроенным дросселем: 1 – основной магнитопровод; 2 – первичная обмотка; 3 – винтовой механизм; 4 – добавочный магнитопровод; 5 – обмотка дросселя; 6 – вторичная обмотка

Магнитный поток, создаваемый обмоткой дросселя, может иметь попутное или встречное направление с потоком, создаваемым вторичной обмоткой трансформатора, в зависимости от того, как включены эти обмотки. При встречном соединении магнитные потоки, возникающие при прохождении тока во вторичной обмотке трансформатора Φ_T и обмотке регулятора тока Φ_D , будут направлены навстречу друг другу. При этом напряжение холостого хода $U_{xx} = U_{Tx} + U_{Dx}$, где U_{Tx} — напряжение во вторичной обмотке трансформатора, В; U_{Dx} — напряжение в обмотке дросселя, В.

При попутном включении магнитные потоки Φ_T и Φ_D будут иметь одинаковое направление и напряжение холостого хода $U_{xx} = U_{Tx} - U_{Dx}$. Регулирование сварочного тока производится изменением воздушного зазора a (чем больше зазор, тем больше сварочный ток).

Сварочный аппарат СТН-500 (рис. 2.29) имеет встречное включение вторичной обмотки трансформатора и обмотки дросселя. Обмотки трансформатора размещены на двух катушках. Каждая катушка содержит слой первичной обмотки и с верху слой вторичной обмотки. Обмотка дросселя расположена в верхней части сердечника. Регулирование сварочного тока производится вращением рукоятки, как и в регуляторе типа РСТЭ. На торцах кожуха аппарата установлены клеммовые доски, к которым выведены с одной стороны концы первичной обмотки, а с другой — один конец вторичной обмотки и один конец обмотки дросселя.

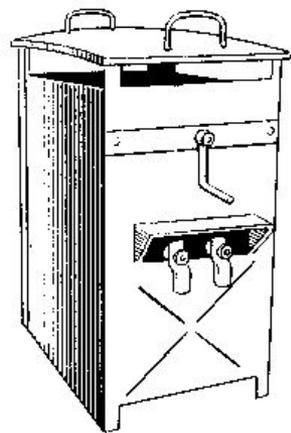


Рис. 2.29 – Сварочный аппарат СТН-500

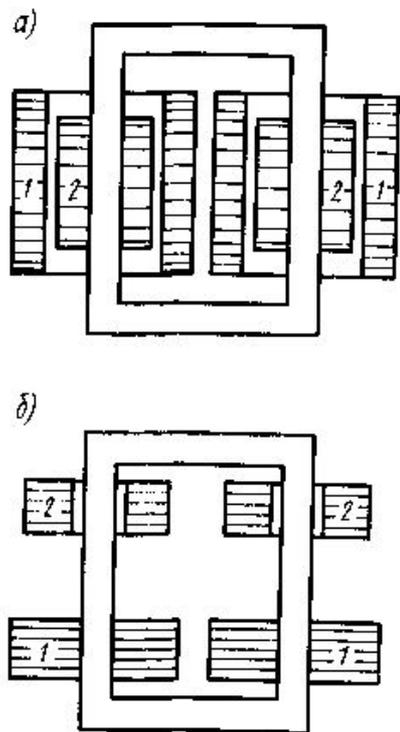
Сварочные аппараты ТСД имеют дистанционное управление для регулирования сварочного тока. Перемещение подвижной части сердечника производится при помощи червячной передачи специальным электродвигателем. Включение привода производится с помощью двух магнитных пускателей. При включении одного из них сварочный ток возрастает, а второй пускатель служит для уменьшения сварочного тока. Для охлаждения аппарата установлен вентилятор с электродвигателем трехфазного тока мощностью 0,25 кВт. Применяется аппарат ТСД главным образом при автоматической сварке.

Однако в процессе эксплуатации при сварке наблюдается вибрация подвижной части магнитопровода дросселя, в результате чего нарушается установленный режим сварки (особенно при малых сварочных токах). Кроме того, эта вибрация постепенно приводит к разрушению регулирующего механизма дросселя. Эксплуатационные недостатки и относительно низкие технико-экономические показатели послужили причиной снятия сварочных аппаратов этого типа с производства.

Табл. 2.3 - Основные данные, характеризующие сварочные аппараты с дросселем

Марка сварочного аппарата	Напряжение, В		Пределы регулирования сварочного тока, А	Масса, кг	
	холостого хода	номинальное		Трансформатор	Дроссель
СТЭ-24-У	60	30	100...500	130	90
СТЭ-34-У	60	30	150...700	160	100
СТН-350	70	30	80...450	220	-
СТН-500	60	30	150...700	260	-
СТН-700	60	30	200...900	380	-
ТСД-500	80	45	200...600	445	-
ТСД-1000	80	42	400...1200	540	-
ТСД-2000	85	59	800...2200	950	-

Сварочные аппараты с увеличенным магнитным рассеянием делятся на две группы: с подвижными обмотками и с магнитным шунтом. У обычных силовых трансформаторов (рис. 2.30, а) первичная 1 и вторичная 2 обмотки максимально сближены, потоки рассеяния минимальные и поэтому внешняя характеристика жесткая. У трансформаторов сварочных аппаратов с увеличенным магнитным рассеянием (рис. 2.30, б) первичная 1 и вторичная 2 обмотки разведены, потоки рассеяния большие, а внешняя характеристика падающая. Сварочный трансформатор с подвижными обмотками имеет магнитопровод, на обоих стержнях которого расположены по две катушки, одна с первичной обмоткой, а вторая со вторичной обмоткой.



Катушки первичной обмотки закреплены неподвижно в нижней части сердечника; катушки вторичной обмотки перемещаются по стержням с помощью винтовой пары. Сварочный ток регулируют изменением расстояния между первичными и вторичными обмотками. При увеличении этого расстояния магнитный поток рассеяния возрастает, а сварочный ток уменьшается. По этому принципу изготовлены сварочные аппараты типа ТС, ТСК, ТД с алюминиевыми обмотками.

Сварочные аппараты типа ТСК имеют конденсаторы, которые включены параллельно первичным обмоткам. Они способствуют повышению коэффициента мощности. Трансформатор типа ТД имеет два диапазона сварочных токов: большие токи — при параллельных соединениях (рис. 2.31, а) катушек первичной (ОП) и вторичной (ОВ) обмоток, и малые токи — при последовательных соединениях обмоток (рис. 2.31, б). При этом небольшая часть первичной обмотки отключается и этим повышают напряжение холостого хода, что обеспечивает устойчивое зажигание и горение дуги при малых токах. Переключение обмоток производится одновременно пакетным переключателем (ПД).

Рис. 2.30 – Сварочные аппараты с увеличенным рассеянием: а – обычный силовой трансформатор; б – трансформатор с увеличенным магнитным рассеянием

В каждом диапазоне сварочный ток плавно регулируют, изменяя расстояние между катушками первичной и вторичной обмоток. Внешняя характеристика трансформатора ТД представлена на рис. 2.31, в (диапазон малых токов — 2, 4; диапазон больших токов 1, 3). Сварочные аппараты применяют как передвижные (типов ТД-300, ТД-500), так и переносные (типов ТД-306, ТД-102).

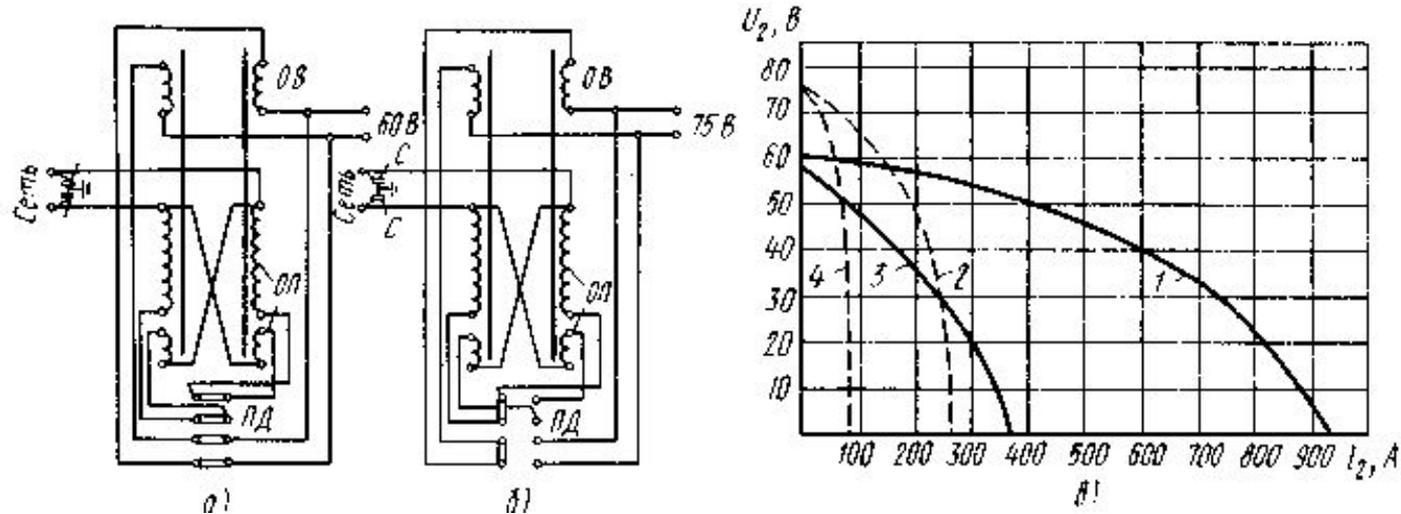


Рис. 2.30 – Схема работы трансформатора типа ТД: а – схема включения большого сварочного тока – при параллельных соединениях катушек первичной и вторичной обмоток; б - схема включения малого сварочного тока – при последовательных соединениях катушек первичной и вторичной обмоток; в – внешняя вольт-амперная характеристика трансформатора ТД; 1, 3 – диапазон больших токов; 2, 4 – диапазон малых токов

Для автоматической дуговой сварки под флюсом получили широкое распространение *трансформаторы с управляемым магнитным шунтом*. Принцип действия основан на создании повышенных магнитных полей рассеяния при изменении магнитного насыщения управляемого шунта. Шунт имеет обмотку управления, которую подключают к источнику постоянного напряжения. Промышленность выпускает стабилизированные сварочные трансформаторы с управляемым шунтом типа ТДФ, состоящие из трансформатора, регулятора тока и блока защитной и вспомогательной аппаратуры. Трансформатор имеет магнитопровод стержневого типа. Первичная обмотка имеет две секции и расположена на стержнях в нижней части магнитопровода; вторичная обмотка — многосекционная. Основные ее части расположены на стержнях в верхней части магнитопровода, а дополнительные секции, с меньшим числом витков, размещены совместно с первичной обмоткой на стержнях в нижней части магнитопровода. Такое расположение вторичной обмотки обеспечивает хорошее качество при переключении ступеней сварочного тока и получение крутопадающей внешней характеристики. Переход от ступени малых токов на ступень больших токов выполняется пакетным выключателем. Магнитный шунт с четырьмя обмотками управления расположен в центре между первичной и вторичной обмотками.

Табл. 2.4 - Основные данные о сварочных аппаратах типов ТС, ТСК и ТД

Тип сварочного аппарата	Потребляемая мощность, кВ·А	Вторичное напряжение, В	Пределы регулирования сварочного тока, А	Масса, кг
ТС-120	12	68	50..160	90
ТС-300	20	63	110...385	180
ТС-500	32	60	165...650	250
ТСК-300	20	63	110...385	215
ТСК-500	32	60	165...650	280
ТД-300	19,4	61 и 79	60...400	137
ТД-500	32	60 и 76	85...700	210

Сварочные аппараты с увеличенным магнитным рассеянием и подвижным магнитным шунтом (рис. 2.32) имеют целый замкнутый магнитопровод, на стержнях которого расположены первичная 2 и вторичная 3 обмотки. Катушки первичной обмотки неподвижно закреплены у нижнего ярма; катушки вторичной обмотки — у верхнего ярма магнитопровода трансформатора. Между ними находится стержень — магнитный шунт 1. Шунт замыкает магнитные потоки, создаваемые первичной и вторичной обмотками. При этом образуются магнитные потоки рассеяния, которые создают значительное индуктивное сопротивление. Таким образом, обеспечивается падающая внешняя характеристика трансформатора.

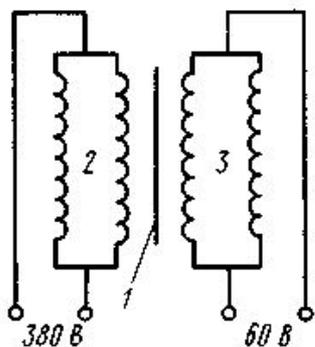


Рис. 2.32 – Схема сварочного аппарата с увеличенным магнитным рассеянием и подвижным магнитным шунтом: 1 – магнитный шунт; 2 – первичная обмотка; 3 – вторичная обмотка

Регулирование сварочного тока производится перемещением магнитного шунта вдоль направления магнитного потока. При выдвигении шунта рассеяние магнитных потоков первичной и вторичной обмоток уменьшается, вследствие чего уменьшается индуктивное сопротивление трансформатора. При этом сварочный ток возрастает. По этому принципу работают сварочные аппараты типов СТАН и СТШ.

Сварочные аппараты типа СТШ имеют магнитный шунт, состоящий из двух половин, которые могут сдвигаться и раздвигаться. Положение частей шунта изменяют ходовым винтом с рукояткой и гайками, вмонтированными в шунты. При вращении пинта по часовой стрелке половины шунта раздвигаются, против часовой стрелки — сдвигаются. При полностью сдвинутых половинах шунта сварочный ток будет минимальный. Если раздвигать половины шунта, то магнитный поток рассеяния уменьшается и поэтому сварочный ток возрастает. Магнитопровод трансформатора и магнитный шунт набраны из листовой электротехнической стали толщиной 0,5 мм, обмотки трансформатора — из алюминия и армированы на концах медью.

Трансформатор установлен на тележке. Зажимы для подключения сетевого напряжения расположены на левой боковой стенке кожуха, а зажимы для сварочных проводов — на правой; на передней стенке кожуха — рукоятка регулятора тока и токоуказатель. В строительстве и промышленности применяют сварочные аппараты типов СТШ-300, СТШ-500 и СТШ-500-80. Аппарат СТШ-500-80 (рис. 2.33, а, б) отличается от первых двух типов тем, что имеет два диапазона сварочных токов. Катушки обмоток могут переключаться с последовательного соединения (рис 2.33, а) для малых сварочных токов на параллельное соединение (рис. 2.33, б) для больших сварочных токов. Он имеет повышенное напряжение холостого хода 80 В. Рабочее напряжение при параллельном соединении обмоток составляет 25 В, а при последовательном — 50 В. Трансформатор имеет устройство, отключающее первичную обмотку от сети через 0,5...1 с после прекращения сварки.

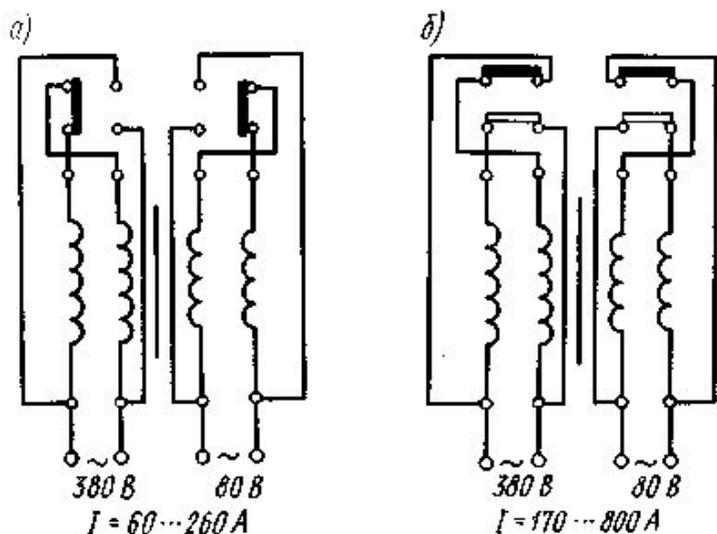


Рис. 2.33 – Схема аппарата СТШ-500-80: а – последовательное соединение обмоток для малых сварочных токов; б - параллельное соединение обмоток для больших сварочных токов

Табл. 2.5 – Краткая характеристика сварочных аппаратов типа СТШ

Тип сварочного аппарата	Потребляемая мощность, кВ·А	Вторичное напряжение, В	Пределы регулирования сварочного тока, А	Масса, кг
СТШ-250	15,3	61	80..260	44
СТШ-300	20,5	60	110...405	158
СТШ-500	33,0	60	145...650	220
СТШ-500-80	44,5	80	60...800	320

Трехфазные сварочные аппараты применяют при сварке трехфазной дугой спаренными электродами. Процесс сварки осуществляется сварочными дугами, которые возбуждаются между каждым электродом и свариваемой деталью и между электродами. Сварочный аппарат (рис. 2.34) состоит из трехфазного трансформатора 1, регулятора сварочного тока и магнитного контактора 3. Первичная обмотка включается в силовую сеть напряжением 220 В (соединение обмоток в треугольник) или 380 В (соединение обмоток в звезду). Вторичная обмотка имеет по две катушки на каждом стержне и выполнена из голой медной шины. Регулятор сварочного тока состоит из двух магнитопроводов с изменяющимися воздушными зазорами и трех обмоток. Две обмотки 5 и 6 расположены на одном магнитопроводе и подключены к спаренным в едином электрододержателе электродами 7 и 8, изолированных друг от друга.

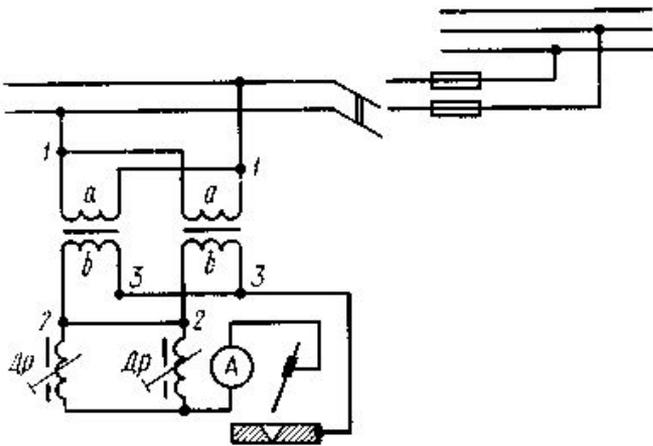


Рис. 36

Рис. 2.36 – Схема включения трансформаторов (параллельное включение 2-х трансформаторов) для обеспечения большого сварочного тока: а – первичная обмотка; б – вторичная обмотка; 1 – одноименные клеммы первичной обмоток; 2, 3 – клеммы вторичной обмоток

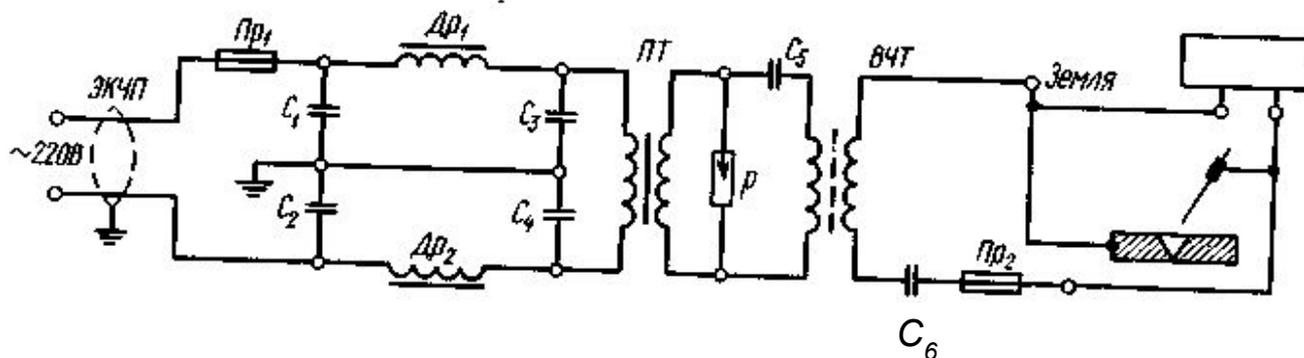
Если необходимо обеспечить большой сварочный ток при отсутствии сварочных аппаратов достаточной мощности, можно применять параллельное включение трансформаторов. Схема такого включения сварочных аппаратов представлена на рис. 2.36. Для параллельной работы можно применять трансформаторы с одинаковыми внешними характеристиками и одинаковыми значениями напряжений первичной и вторичной цепей. Одноименные концы первичных обмоток *a* соединяют между собой и общие клеммы 1 включают в силовую сеть переменного тока. Одноименные концы вторичной обмотки *b* также соединены между собой. От одной клеммы 2 провод подключен к дросселю *Др*, а от второй клеммы 3 – к детали. Дроссели соединяют между собой также параллельно. Регулирование сварочного тока производят вращением рукояток дросселей так, чтобы обеспечить равенство нагрузок на трансформаторы. Равенство нагрузок проверяют амперметром. 40

В некоторых случаях для повышения устойчивости горения дуги, питаемой переменным током, применяют способ наложения на сварочный ток частотой 50 Гц токов высокой частоты (150...500 кГц) и высокого напряжения (1500...6000 В). Такие меры предпринимают при сварке тонкостенных изделий дугой малой мощности и при сварочном токе 20...40 А, а также при сварке в защитных газах, сварке специальных сталей и некоторых цветных металлов.

Для получения токов высокой частоты и высокого напряжения применяют *осцилляторы параллельного и последовательного включений*. Принципиальная схема осциллятора параллельного включения ОСПЗ-2М и его включения в сварочную цепь показаны на рис. 2.37.

Осциллятор ОСПЗ-2М включают непосредственно в питающую сеть напряжением 220 В. Он состоит из повышающего трансформатора ПТ и колебательного контура. Трансформатор ПТ повышает напряжение с 220 В до 6000 В. Колебательный контур, состоящий из высокочастотного трансформатора ВЧТ, конденсатора C_5 и разрядника P , вырабатывает высокочастотный ток. Контур связан со сварочной цепью индуктивно через трансформатор ВЧТ, выводы вторичной обмотки которой присоединяют один — к клемме «земля» выводной панели, а другой — ко второй клемме через конденсатор C_2 и предохранитель $Пр_1$. Конденсатор C_6 препятствует прохождению тока высокого напряжения и низкой частоты в сварочную цепь и служит для защиты сварщика в случае пробоя конденсатора C_5 . Предохранитель $Пр_2$ выключает осциллятор в случае пробоя конденсатора C_6 . Для устранения радиопомех в питающей сети осциллятор снабжен фильтром из двух защитных дросселей $Др_1$ и $Др_2$ и четырех конденсаторов C_1 , C_2 , C_3 и C_4 . Фильтр защищает цепь питания от токов высокой частоты. Для общей защиты от радиопомех осциллятор имеет экранирующий металлический кожух.

Рис. 2.37 – Осциллятор ОСПЗ-2М



Осцилляторы последовательного включения (М-3, ОС-1) применяют в установках для дуговой сварки в защитных газах. Они обеспечивают более надежную защиту генератора (или силового выпрямительного блока) от пробоя высокочастотным напряжением осциллятора.

При применении осциллятора дуга загорается легко даже без прикосновения электрода к изделию (при зазоре 1...2 мм), что объясняется предварительной ионизацией воздушного промежутка между электродом и свариваемой деталью.

ИЭС им. Е. О. Патона разработан импульсный генератор ГИ-1, который подает ток высокого напряжения (200...300 В) импульсами в те моменты, когда напряжение в сварочной цепи переходит через нулевое значение. Такие генераторы более надежны в работе и более экономичны, так как требуют меньше энергии, чем осцилляторы.

Сварочный инвертор — это один из видов источника питания сварочной дуги. Основное назначение всех сварочных источников — обеспечивать стабильное горение сварочной дуги и ее легкий поджиг. Одним из самых важных параметров сварочного процесса является его устойчивость к колебаниям и помехам. Инверторный сварочный аппарат появился в 20 веке и стал одним из самых популярных сварочных аппаратов.

Принцип действия: Сварочный инвертор представляет собой силовой трансформатор для понижения напряжения сети до необходимого напряжения холостого хода источника, блок силовых электрических схем, в основу которых заложены транзисторы и стабилизирующего дросселя для уменьшения пульсаций выпрямленного тока. Принцип действия инверторного источника сварочной дуги следующий. Сетевое напряжение переменного тока подается на выпрямитель, после которого силовой модуль преобразует постоянный ток в переменный с повышенной частотой, который подается на высокочастотный сварочный трансформатор, имеющий существенно меньшую массу, чем сетевой, напряжение которого после выпрямления подается на сварочную дугу. Дуга на постоянном токе более устойчива.

Преимуществом инверторного источника питания сварочной дуги является уменьшение размеров силового трансформатора и улучшение динамической характеристики дуги. Использование инверторных технологий привело к уменьшению габаритов и массы сварочных аппаратов, улучшению качественного показателя сварочной дуги, повышению КПД, минимальному разбрызгиванию при сварке, позволило реализовать плавные регулировки сварочных параметров.

2.6.4 Сварочные выпрямители.

Сварочные выпрямители — это статические преобразователи энергии трехфазной сети переменного тока в энергию выпрямленного (пульсирующего постоянного) тока.

В настоящее время разработаны и выпускаются сварочные выпрямители для ручной или механизированной дуговой сварки под флюсом, сварки в защитной среде и др. Они получили широкое применение благодаря их большим конструктивным и технологическим преимуществам: высокий к.п.д. и относительно небольшие потери холостого хода; высокие динамические свойства при меньшей электромагнитной индукции; отсутствие вращающихся частей и бесшумность в работе; равномерность нагрузки фаз; небольшая масса; возможность замены медных проводов алюминиевыми. Однако следует иметь в виду, что для выпрямителей продолжительные короткие замыкания представляют большую опасность, так как могут вывести из строя диоды. Кроме того, они чувствительны к колебаниям напряжения в сети. Все же по основным технико-экономическим показателям сварочные выпрямители являются более прогрессивными, чем, например, сварочные преобразователи.

Сварочные выпрямители состоят из двух основных блоков: понижающего трехфазного трансформатора с устройствами для регулирования напряжения или тока и выпрямительного блока. Кроме того, выпрямитель имеет пускорегулирующее и защитное устройства, обеспечивающие нормальную его эксплуатацию.

Выпрямление тока производится используя свойства полупроводниковых элементов (селеновых или кремниевых вентилей) проводить ток только в одном направлении. Выпрямление тока осуществляется по трехфазной мостовой схеме, состоящей из шести плеч. В каждом плече моста установлены вентили, выпрямляющие оба полупериода переменного тока в трех фазах (рис. 2.38). В каждый момент времени ток проходит через два вентиля и, таким образом, в течение одного периода происходит шесть пульсаций выпрямленного тока, что соответствует частоте пульсаций 300 Гц. Сварочные выпрямители подразделяются на однопостовые с падающими, жесткими, пологопадающими и универсальными характеристиками и многопостовые с жесткими характеристиками.

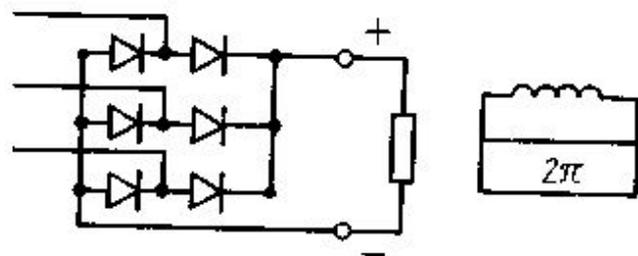


Рис. 2.38 – Схема выпрямительного блока

Падающая характеристика в выпрямителе создается включением в сварочную цепь реактивной катушки или применением трансформатора с усиленным магнитным рассеянием. У многопостовых сварочных выпрямителей для создания падающей внешней характеристики и регулирования сварочного тока в сварочную цепь каждого поста включают балластный реостат типа РБ.

Выпрямители типа ВД, предназначенные для ручной и механизированной сварки и наплавки, имеют крутопадающую внешнюю характеристику. Регулирование сварочного тока производят ступенчато (два диапазона) и плавно (в пределах каждого диапазона). Переключатель диапазонов сварочного тока расположен на лицевой панели выпрямителя и производит одновременное переключение первичной и вторичной обмоток со «звезды» (диапазон малых токов) на «треугольник» (диапазон больших токов). Переключение производят только после отключения выпрямителя от силовой сети. При переключении со «звезды» на «треугольник» пределы изменения тока увеличиваются примерно в три раза. Плавное регулирование тока в пределах каждого диапазона производится изменением расстояния между катушками первичной и вторичной обмоток. Катушки вторичной обмотки закреплены неподвижно у верхнего ярма, а катушки первичной обмотки с помощью ходового винта перемещаются по стержню сердечника трансформатора. Вращая рукоятку ходового винта по часовой стрелке, сближают катушки обмоток, уменьшают индуктивность рассеяния обмоток и, как следствие, увеличивают сварочный ток.

Сварочные выпрямители с *жесткими и пологопадающими внешними характеристиками* применяются при сварке плавящимся электродом в углекислом газе, под флюсом, порошковой проволокой. Они различны как конструктивно так и по электрической схеме. Например, выпрямитель типа ВС состоит из силового трехфазного понижающего трансформатора и выпрямительного блока из селеновых вентилей. В сварочную цепь после выпрямительного блока включен дроссель, позволяющий регулировать нарастание тока короткого замыкания и снижающий потери металла на разбрызгивание. Выпрямитель имеет два переключателя числа витков первичной обмотки трансформатора, которыми путем изменения коэффициента трансформации регулируется выходное напряжение. Один переключатель для ступенчатого регулирования имеет три положения; второй — для плавного регулирования имеет восемь положений. Таким образом, выпрямитель имеет 24 значения сварочного тока. Регулирование сварочного тока можно производить только при холостом ходе, что является серьезным недостатком выпрямителя. В промышленности и строительстве они применяются, но с производства сняты.

Выпрямители типа ВДГ (ВДГ-301, ВДГ-302, ВДГ-303) состоят из трансформатора с нормальным магнитным рассеянием и трехфазного дросселя насыщения. Рабочие обмотки дросселя включены в плечи выпрямительного блока. Регулирование выходного напряжения ступенчато-плавное. Ступенчатое регулирование задает три диапазона, получаемые изменением коэффициента трансформации силового трансформатора изменением числа витков первичной обмотки. Плавное регулирование и пределах каждого диапазона осуществляется дросселем насыщения. Выпрямитель имеет дистанционное управление.

Выпрямители типа ВСЖ (ВСЖ-303) имеют силовой трехфазный трансформатор с магнитной системой особой конструкции, которая позволяет путем изменения магнитной проводимости частей магнитопровода трансформатора регулировать выходное напряжение выпрямителя. Вторичная обмотка трансформатора имеет отводы для ступенчатого регулирования выходного напряжения (три диапазона). Переключение производят поворотом переключателя, установленного на передней стенке кожуха.

В пределах каждого диапазона плавное регулирование напряжения осуществляется потенциометром, рукоятка которого вынесена на панель управления. Для уменьшения разбрызгивания расплавленного металла в сварочную цепь включают линейный дроссель. Выпрямитель обладает более плавной регулировкой напряжения холостого хода, независимостью процесса сварки от колебаний напряжения в силовой сети и высокими технико-экономическими показателями.

Многопостовые сварочные выпрямители типа ВДМ выпускают серийно на номинальные токи 1000, 1600, 3000 А. Выпрямители имеют жесткую внешнюю характеристику и состоят из силового трехфазного понижающего трансформатора, выпрямительного блока из кремниевых вентилей с вентилятором, пускорегулирующей и защитной аппаратуры. Получение падающей внешней характеристики и регулирование сварочного тока каждого поста производятся подключением балластных реостатов типа РБ-301 (соответственно 6, 9, 18 шт.), которые входят в комплект выпрямителя.

Сварочные выпрямители типов ВСУ и ВДУ являются универсальными источниками питания дуги. Они предназначены для питания дуги при автоматической и полуавтоматической сварок под флюсом, в защитных газах, порошковой проволокой, а также при ручной сварке. Выпрямители ВСУ кроме обычных блока трехфазного понижающего трансформатора и выпрямительного блока имеют дроссель насыщения с четырьмя обмотками. Переключением этих обмоток можно получать жесткую, пологопадающую и крутопадающую внешние характеристики. Выпрямители ВДУ основаны на использовании в выпрямляющих силовых обмотках управляемых вентилей — тиристоров. Схема управления тиристорами позволяет получать необходимый для сварки вид внешней характеристики, обеспечивает широкий диапазон регулирования сварочного тока и стабилизацию режима сварки при колебаниях напряжения питающей сети.

Табл. 2.6 – Технические данные некоторых сварочных выпрямителей

Выпрямители	Напряжение, В		Сварочный ток, А пределы регулирования	Номинальная мощность, кВт·А	Масса, кг
	рабочее	холостого хода			
ВД-306	32	70	45...315	24	174
ВДГ-303	40	60	50...315	21	230
ВСЖ-303	32	48	50...315	20	200
ВДУ-506	50	80	50...315	40	310
ВДМ-1001	60	70	12...315	52 ⁷⁴	420
ВДМ-1601	60	70	12...315	96	750

Спасибо за внимание!