



А.Г. Александров
В.С. Милютин

Источники питания для дуговой сварки

*Одобрено Ученым советом
Государственного комитета СССР
по профессионально-
техническому образованию в качестве
учебного пособия для подготовки рабочих
на производстве*



МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1982

ББК 34.641

A46

УДК 621.791.7.03

Редакционная коллегия: д-р техн. наук А. Е. Аснис (председатель), канд. техн. наук В. И. Галинич, д-р техн. наук С. М. Гуревич, канд. техн. наук А. Е. Марченко, чл.-корр. АН УССР В. И. Махненко, д-р техн. наук В. Ф. Мусияченко, д-р техн. наук Д. М. Рабкин

Рецензент *И. В. Вавуло*

Александров А. Г., Милютин В. С.

A46 Источники питания для дуговой сварки. — М.: Машиностроение, 1982. — 79 с., ил. — (Б-ка электросварщика).
10 к.

В книге изложены основные сведения о современных источниках питания для дуговой сварки. На основе анализа свойств сварочной дуги сформулированы требования к источникам питания для сварки. Описан принцип действия сварочных трансформаторов, выпрямителей и генераторов. Рассмотрены устройство и работа источников, выпускаемых промышленностью, а также специализированные источники, предназначенные для аргонодуговой сварки и плазменной резки. Даны основные правила установки, обслуживания и безопасной эксплуатации источников питания.

A $\frac{2704060000-090}{038(01)-82}$ 90-82

ББК 34.641
6П4.3

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ

Электрическая энергия подается в сварочную дугу от специального устройства — источника питания. Конструкция и параметры источника зависят от его технологического назначения. Источник может быть предназначен для одного из следующих способов: ручной сварки покрытым электродом, механизированной (полуавтоматической) сварки плавящимся электродом в защитном газе или механизированной (автоматической) сварки под флюсом. Если на одном рабочем месте возникает необходимость сварки различными способами, применяют более сложные универсальные источники.

Перечисленные источники объединяют в группу источников общепромышленного назначения. Существенно отличаются от них конструкции так называемые специализированные источники, предназначенные для сварки неплавящимся электродом в защитном газе, для плазменной сварки и резки.

(Источники питания можно классифицировать в зависимости от рода тока и принципа действия. В качестве источников переменного тока используют сварочные трансформаторы и специализированные установки на их основе, в качестве источников постоянного тока — сварочные выпрямители, преобразователи и агрегаты, а также специализированные источники на базе выпрямителей.)

Сварочные трансформаторы преобразуют переменное сетевое напряжение в пониженное, необходимое для сварки. Это наиболее простые и дешевые источники, широко используемые при ручной сварке покрытыми электродами и автоматической сварке под флюсом. Специализированные установки на основе трансформаторов применяют для сварки алюминиевых сплавов неплавящимся электродом в защитном газе.

Постоянный ток имеет некоторые преимущества, в частности более высокую устойчивость дуги по сравнению с дугой переменного тока. В тех случаях, когда устойчивость оказывает заметное влияние на качество

сварки или на возможность сварки (сварка на малых токах, сварка электродами с фтористо-кальциевыми покрытиями, сварка в углекислом газе, наплавка под флюсом), рекомендуется использовать источники постоянного тока.

Из них наиболее совершенны сварочные выпрямители, которые имеют более высокий коэффициент полезного действия, меньшую массу, более удобны в изготовлении и эксплуатации, обладают лучшими технологическими свойствами. Их применяют для ручной, полуавтоматической и автоматической сварки, а также в качестве универсальных источников. В сварочном выпрямителе переменное напряжение сети сначала преобразуется в пониженное, а затем выпрямляется и подается на дугу.

Сварочный преобразователь представляет собой комбинацию электродвигателя переменного тока и сварочного генератора постоянного тока. В этом случае электрическая энергия сети переменного тока преобразуется в механическую энергию электродвигателя, вращает вал генератора и преобразуется в электрическую энергию постоянного сварочного тока. Поэтому коэффициент полезного действия преобразователей невелик; из-за наличия вращающихся частей они менее надежны и удобны в эксплуатации по сравнению с выпрямителями. В настоящее время преобразователи выпускают только для ручной и полуавтоматической сварки.

Сварочный агрегат состоит из двигателя внутреннего сгорания и генератора постоянного тока. Следовательно, в нем химическая энергия сгорания топлива преобразуется в механическую, а затем в электрическую энергию. Агрегаты используют в основном для ручной сварки в монтажных и полевых условиях, где отсутствуют электрические сети.

Специализированные источники постоянного тока представляют собой выпрямители, дополненные различными вспомогательными устройствами, расширяющими их технологические возможности. Так, источник постоянного тока для сварки неплавящимся электродом в защитном газе имеет устройство для возбуждения дуги, а также устройство для заварки кратера.

Обычно отдельный источник предназначен для питания током одной дуги, это однопостовый источник. В цехах с большим числом постов сварки экономично использование многопостовых источников.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРОЧНОЙ ДУГИ И ТРЕБОВАНИЯ К ИСТОЧНИКАМ

Сварочной дугой называется мощный электрический разряд в среде ионизированных газов и паров между электродами, находящимися под напряжением. На рис. 1 схематически изображена дуга, питаемая постоянным током. Дуга, горящая между катодом (электродом) 1 и анодом 2, имеет катодную область 3, столб 4 и анодную область 5. Протяженность катодной и анодной областей очень мала, большую часть дуги составляет столб.

Напряжение дуги, т. е. разность потенциалов между катодом и анодом, зависит от длины дуги и силы тока, а также от материала и размеров электродов, состава и давления плазмы столба дуги. При неизменной силе тока напряжение дуги U_d зависит от ее длины l_d :

$$U_d = a + bl_d,$$

где a — сумма падения напряжения в катодной и анодной областях дуги; b — напряженность столба дуги; для стальных электродов $a = 8 \div 25$ В, $b = 2,3 \div 4,3$ В/мм.

При выборе источника питания решающее значение имеет характер зависимости между напряжением и током дуги.

Графическое изображение зависимости напряжения дуги от тока называют статической вольт-амперной характеристикой, или статической характеристикой дуги. Как видно из рис. 2, статическая характеристика сварочной дуги при постоянных диаметре электрода и длине дуги состоит из трех участков: падающего I, жест-

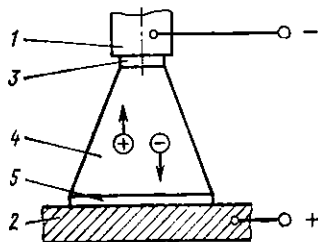


Рис. 1. Сварочная дуга постоянного тока

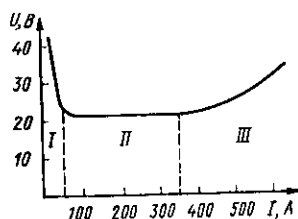


Рис. 2. Статическая характеристика сварочной дуги

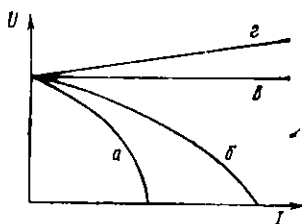


Рис. 3. Внешние характеристики источников питания

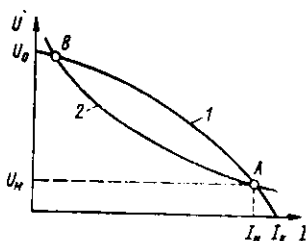


Рис. 4. Работа источника под нагрузкой

кого II, возрастающего III. В зависимости от условий существования сварочной дуги ей соответствует тот или иной участок статической характеристики. Так, при ручной сварке статическая характеристика дуги — падающая с переходом к жесткой. При механизированной сварке под флюсом и в углекислом газе характеристика дуги — жесткая с переходом к возрастающей.)

(Источник питания сварочной дуги должен удовлетворять определенным требованиям: обеспечивать надежное возбуждение дуги, поддерживать ее устойчивое горение, способствовать благоприятному переносу электродного металла и формированию сварного шва, а также обеспечивать возможность настройки требуемого режима сварки.

Электрические свойства источника при работе в статическом режиме выражаются его внешней характеристикой. Внешней характеристикой источника питания называют зависимость между напряжением на его зажимах (клеммах) и током, протекающим через сварочную цепь при нагрузке. Внешняя вольт-амперная характеристика может быть крутопадающей (а), пологопадающей (б), жесткой (в) и возрастающей (з) (рис. 3). Важными параметрами источника питания являются его напряжение холостого хода U_0 , ток короткого замыкания I_0 , номинальное напряжение U_n и ток I_n (рис. 4).

Первоначальное возбуждение дуги чаще всего происходит после касания электродом изделия. При касании происходит короткое замыкание сварочной цепи, ток которого расплавляет и испаряет металл контактных поверхностей. При последующем отрыве электрода от изделия в пространстве, заполненном ионизированными парами и газами, под действием напряжения источника возникает сварочная дуга. (Возбуждение дуги происходит

тем легче, чем выше напряжение холостого хода источника. Для обеспечения надежного возбуждения напряжение холостого хода должно быть не ниже 40 В. По условиям безопасности напряжение холостого хода источников переменного тока не превышает 80 В, источников постоянного тока — 90 В (за исключением специализированных источников). При сварке неплавящимся электродом для возбуждения дуги без касания на промежутке электрод — изделие подают высоковольтный разряд от специального генератора высокочастотного напряжения — осциллятора.

Устойчивое горение дуги обеспечивается правильным выбором внешней характеристики источника питания (см. рис. 4). Например, при падающей статической характеристике 2 дуги источник питания должен иметь еще более крутопадающую внешнюю характеристику 1. Как видно из рис. 4, равенство токов и напряжений дуги и источника в этом случае имеет место в точках А и В. Из них только точка А соответствует устойчивому горению дуги. Если по какой-то причине ток снизится, то напряжение источника станет больше напряжения дуги, и этот избыток приведет к увеличению тока, т. е. к возврату в точку А. Если же ток увеличится, то напряжение источника станет меньше напряжения дуги, поэтому ток уменьшится и режим горения восстановится. Тем самым поддерживается постоянный режим сварки и устойчивое горение дуги.

В точке В дуга устойчиво гореть не будет, так как всякое случайное изменение тока развивается вплоть до обрыва дуги или до тех пор, пока ток не достигнет значения, соответствующего точке устойчивого горения дуги А. Следовательно, устойчивое горение дуги поддерживается только в той точке, где внешняя характеристика источника питания является более крутопадающей, чем статическая характеристика дуги.

При жесткой статической характеристике дуги внешняя характеристика источника питания может быть и круто- и пологопадающей. При возрастающей статической характеристике дуги применяют источники с жесткими внешними характеристиками.

К источникам переменного тока предъявляют специальные требования, связанные с пониженной устойчивостью дуги переменного тока. При частоте 50 Гц напряжение источника в течение секунды 100 раз снижается

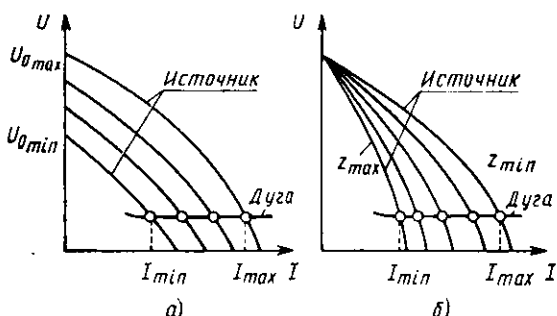


Рис. 5. Характеристики источника при разных режимах

до нуля, при этом дуга угасает. После каждого такого угасания дуга может возбудиться лишь при повышенном напряжении, называемом напряжением повторного возбуждения. Если напряжение источника недостаточно велико, повторного возбуждения может не произойти и в горении дуги наступают значительные перерывы. Для надежного повторного возбуждения дуги переменного тока необходимо увеличивать сварочный ток и напряжение холостого хода источника, а также применять источники с большой индуктивностью.

(Перенос электродного металла в ванну без сильного разбрызгивания и связанное с этим хорошее формирование сварного шва зависят от многих факторов, в частности от свойств источника.

Быстрое нарастание тока короткого замыкания при касании ванны каплей электродного металла приводит к взрыву капли, ее разбрызгиванию и ухудшению формы шва. Для уменьшения разбрызгивания в сварочную цепь последовательно с дугой включают дроссель, обладающий большим индуктивным сопротивлением, или применяют источники с крутопадающей характеристикой, благодаря чему снижается ток короткого замыкания.)

Регулируют силу сварочного тока обычно с помощью источника. Все возможные способы регулирования тока можно свести к двум: изменению напряжения холостого хода U_0 и сопротивления Z источника. Если увеличить напряжение холостого хода источника (рис. 5, а), то его характеристика сместится вправо и пересечется с характеристикой дуги при больших токах. Если увеличить сопротивление источника, что соответствует смеще-

нию его характеристики влево (рис. 5, б), то энергия, отдаваемая источником дуге, уменьшается, и ток снижается. При механизированной сварке с помощью источника регулируют напряжение дуги, сила тока в этом случае задается в автомате скоростью подачи электродной проволоки. Согласно ГОСТу $I_{ср} = 30 \div 130\%$
 $I_{ном.}$

При ручной сварке покрытыми электродами используют источники питания постоянного и переменного тока с крутопадающими внешними характеристиками (см. рис. 4). Благодаря повышенному напряжению холостого хода обеспечивается надежное первоначальное и повторное возбуждение дуги. При сочетании крутопадающей характеристики источника с пологопадающей или жесткой характеристикой дуги выполняется и условие устойчивости дуги. Поскольку на рабочем участке (около точки А) характеристика источника близка к вертикальной, то при увеличении длины дуги и ее напряжения сварочный ток уменьшается незначительно. Следовательно, такой источник обеспечивает высокую устойчивость горения дуги при колебаниях ее длины — эластичность дуги. По этой же причине гарантируется стабильность режима сварки, поскольку на постоянном уровне поддерживается сила тока. При крутопадающей внешней характеристике ток короткого замыкания сравнительно невелик, поэтому разбрызгивание электродного металла при капельном переносе малоб. Источник для ручной сварки имеет также регулятор тока.

При сварке под флюсом используют источники постоянного и переменного тока с пологопадающими внешними характеристиками (см. рис. 3, б). Наибольшее распространение получили автоматические системы с постоянной скоростью подачи проволоки, работающие на принципе саморегулирования дуги. Свойство саморегулирования заключается в том, что при небольшом диаметре электрода в дуге самопроизвольно устанавливается такой ток, при котором скорость плавления проволоки равна скорости ее подачи. При внезапном удлинении дуги сварочный ток уменьшается и снижается скорость плавления проволоки. В результате возникшее отклонение длины дуги (удлинение) уменьшается, а ток увеличивается до тех пор, пока не восстановятся исходные длина и ток дуги. Аналогичные процессы происходят при укорачивании дуги.

Режим будет восстанавливаться тем быстрее, чем больше изменение тока при изменении длины дуги. При изменении длины дуги отклонение тока тем больше, чем меньше наклон внешней характеристики источника. Поэтому источник для сварки под флюсом имеет пологопадающую характеристику. При этом обеспечиваются надежное первоначальное и повторное возбуждение и устойчивое горение дуги. Источник имеет регулятор напряжения дуги. Сила тока зависит от скорости подачи проволоки и поэтому настраивается механизмом ее подачи.

С При механизированной сварке в углекислом газе используют источники постоянного тока с жесткой внешней характеристикой. Постоянный ток необходим для улучшения условий возбуждения дуги. Жесткая характеристика предназначена для повышения быстродействия процесса саморегулирования. При этом и условие обеспечения устойчивости еще выполняется, так как статическая характеристика дуги при сварке в углекислом газе — возрастающая. Для уменьшения разбрызгивания электродного металла последовательно с источником включают дроссель со значительной индуктивностью, ограничивающий пиковое значение тока короткого замыкания. Величина напряжения дуги регулируется источником, а сила сварочного тока — полуавтоматом.)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ

С При выборе источников руководствуются кроме назначения их основными параметрами. При этом главным параметром считается номинальный ток, выбираемый из следующего ряда: 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 1000, 1250, 1600, 2000, 2400, 3150, 5000 А. Источники для ручной сварки изготавливают на токи 125—500 А, для полуавтоматической — на токи 315—1000 А, для автоматической — на токи 500—2000 А, многопостовые источники имеют номинальный ток 1000—5000 А.) Важным параметром является номинальное рабочее напряжение. Например, однопостовые источники с подающей характеристикой, предназначенные для ручной сварки, имеют номинальное напряжение 25—40 В. Указывают также пределы регулирования тока и соответствующие ему пределы регулирования рабочего напря-

жения. Так, выпрямитель для ручной сварки с номинальным током 315 А имеет пределы регулирования тока 50—400 А и пределы регулирования напряжения 22—36 В. Задается также напряжение холостого хода, для источников с падающей характеристикой оно составляет 60—90 В.

Источники работают в одном из следующих режимов: перемежающемся, повторно-кратковременном и продолжительном. В перемежающемся режиме работа с нагрузкой в течение времени t_n чередуется с холостым ходом в течение t_x когда источник не отключается от сети. Такой режим характеризуется относительной продолжительностью нагрузки $ПН = \frac{t_n}{t_n + t_x} 100\%$. Ис-

точники для ручной сварки имеют номинальную ПН, равную 60%. В повторно-кратковременном режиме работа с нагрузкой чередуется с периодическими отключениями источника от сети на время t_0 . Такой режим характеризуется относительной продолжительностью выключения $ПВ = \frac{t_n}{t_n + t_0} 100\%$. В продолжи-

тельном режиме источник питания непрерывно работает с нагрузкой; таковы условия работы многопостовых источников и некоторых однопостовых источников при механизированной сварке.

Кроме перечисленных параметров в технической документации указывается напряжение питающей сети, номинальная мощность, коэффициент полезного действия, габаритные размеры и масса источника.

(Принята единая система обозначения электросварочного оборудования, выпускаемого предприятиями электротехнической промышленности. Условное обозначение, например, источника ВДГМ-1602УЗ расшифровывается следующим образом: В — выпрямитель; Д — для дуговой сварки; Г — в защитных газах; М — многопостовой; 16 — с номинальным током 1600 А; 02 — вторая модификация; У — для стран с умеренным климатом; З — для работы в закрытых помещениях.

В условном обозначении первая буква означает тип изделия (Т — трансформатор, В — выпрямитель, Г — генератор, П — преобразователь, А — агрегат, У — установка); вторая буква — вид сварки (Д — дуговая, П — плазменная); третья буква — способ сварки (Ф — под флюсом, Г — в защитных газах, У — универсальный источник для нескольких способов; отсутствие буквы соответствует ручной сварке покрытыми электродами); четвертая буква дает дальнейшее пояснение назначения источника (М — многопостовой). Одну или две последующие цифры используют для обозначения номинального тока (округленно в сотнях ампер), еще две цифры — в ка-

честве регистрационного номера изделия. Следующая затем буква означает климатическое исполнение (У — для стран с умеренным климатом; Т — для стран с тропическим климатом), последняя цифра соответствует категории размещения источника (1 — для работы на открытом воздухе, 2 — в помещениях, где колебания температуры и влажности несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, 3 — в закрытых помещениях, где колебания температуры и влажности и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе; 4 — в помещениях с искусственным регулированием климатических условий, 5 — в помещениях с повышенной влажностью).

СВАРОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции. Сварочный трансформатор (рис. 6) имеет стержневой сердечник 3 и смонтированные на нем первичную 1 и вторичную 2 обмотки.

Режим холостого хода трансформатора (см. рис. 6, а) устанавливают (при разомкнутой цепи вторичной обмотки) в момент подключения первичной обмотки к сети переменного тока с напряжением U_1 . При этом в первичной обмотке идет ток I_1 , который создает в сердечнике переменный магнитный поток Φ_1 . Поток наводит во вторичной обмотке переменное напряжение U_2 . Поскольку цепь вторичной обмотки разомкнута, то ток в ней не идет и никаких затрат энергии во вторичной цепи нет. Поэтому вторичное напряжение при холостом ходе максимально, эту величину называют напряжением холостого хода U_0 .

Отношение напряжений на первичной и вторичной обмотках при холостом ходе называется коэффициентом трансформации K , оно равно отношению чисел витков

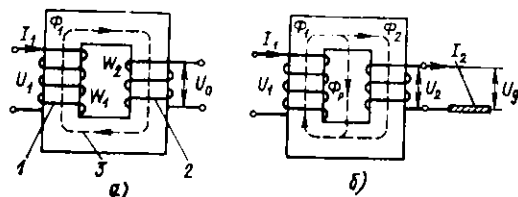


Рис. 6. Работа трансформатора при холостом ходе (а) и нагрузке (б)

шунта его магнитное сопротивление возрастет. При увеличении магнитного сопротивления на пути потока рассеяния этот поток уменьшится, что приведет к увеличению сварочного тока.

Кроме того, сопротивление трансформатора можно регулировать ступенчато, изменяя способы соединения обмоток. Чаще всего трансформатор имеет две первичные и две вторичные обмотки. Пусть при использовании только одной первичной и одной вторичной обмотки сопротивление трансформатора X_T равно X . Тогда при последовательном соединении друг с другом двух первичных обмоток и последовательном же двух вторичных общее сопротивление трансформатора увеличится до $X_T = 2X$. При параллельном соединении первичных и параллельном соединении вторичных обмоток общее сопротивление уменьшится до $X_T = X/2$. Таким образом, при изменении соединения обмоток можно получить три ступени грубого регулирования, обеспечивающего четырехкратное изменение тока.

ТРАНСФОРМАТОРЫ ДЛЯ РУЧНОЙ СВАРКИ

Для ручной сварки применяют сварочные трансформаторы с подвижными катушками (типа ТД) и с подвижными магнитными шунтами (СТШ-500, СТШ-500-80). Кроме того, для выполнения сварочных работ в монтажных условиях выпускают переносные трансфор-

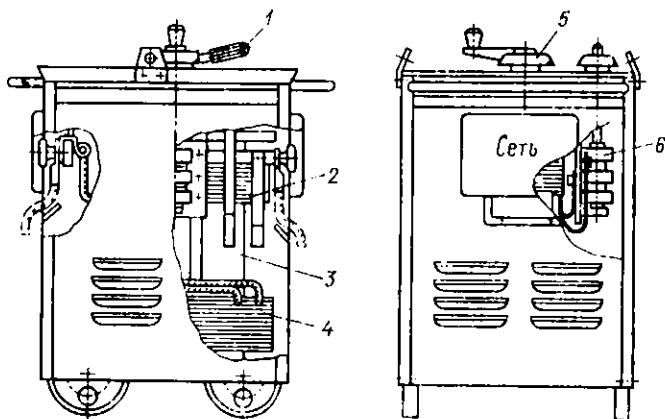


Рис. 8. Трансформатор ТД-500

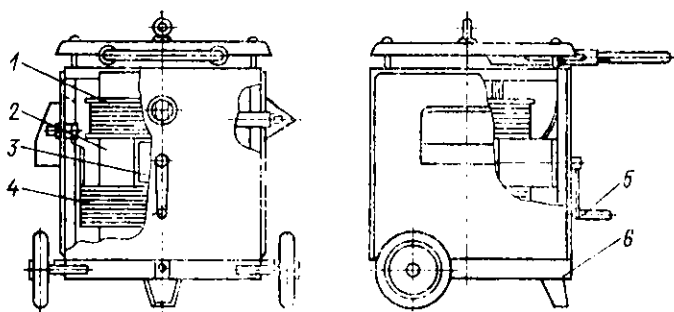


Рис. 9. Трансформатор СТШ-500

маторы с подвижными катушками (ТДП-1, ТСП-2) и трансформаторы, регулируемые катушкой сварочного кабеля (ТСМ-250, ТСМ-500).

Трансформатор ТД-500 (рис. 8) имеет магнитопровод 3, первичную 4 и вторичную 2 обмотки, переключатель диапазона токов 6 с рукояткой 1 и регулятор тока 5.

На обоих стержнях магнитопровода на некотором расстоянии друг от друга расположены катушки первичной и вторичной обмоток. Благодаря этому трансформатор имеет повышенное индуктивное сопротивление и крутопадающую внешнюю характеристику. Катушки первичной обмотки намотаны изолированным алюминиевым проводом и неподвижно закреплены у нижнего ярма. Подвижные катушки вторичной обмотки изготовлены из голой алюминиевой шины. Выводы катушек армированы медью для надежного электрического контакта.

Через верхнее ярмо магнитопровода пропущен ходовой винт, который ввинчивается в ходовую гайку, вмонтированную между катушками вторичной обмотки. При вращении ходового винта рукояткой 5 перемещают вторичные катушки и тем самым изменяют расстояние между обмотками и силу сварочного тока. Вращая рукоятку регулятора тока против часовой стрелки, обмотки сближают, чем достигается уменьшение индуктивности рассеяния и увеличение сварочного тока. При вращении рукоятки по часовой стрелке расстояние между обмотками увеличивается, а ток, напротив, уменьшается.

Трансформатор имеет два диапазона регулирования сварочного тока. Парное параллельное соединение

катушек первичных и вторичных обмоток даст диапазон больших токов, последовательное соединение катушек — диапазон малых токов. Изменяют диапазон при отключенном от сети трансформатора переключателем барабанного типа 6, ручка 1 которого находится над крышкой кожуха. В диапазоне малых токов небольшую часть витков первичной обмотки отключают, и напряжение холостого хода трансформатора возрастает. Это повышает стабильность горения дуги при сварке на малых токах. Силу тока контролируют по шкале токоуказателя через смотровое окно, расположенное на крышке кожуха трансформатора.

Защитный кожух трансформатора крепится болтами к осям, которые, в свою очередь, прикреплены к нижним уголкам магнитопровода. Для удобства перемещения трансформатор имеет четыре колеса и две ручки; для подъема — специальные скобы, расположенные в верхней части кожуха.

Такую же конструкцию имеют другие трансформаторы типа ТД с подвижными катушками.

Трансформаторы СТШ-500 и СТШ-500-80 относятся к трансформаторам с подвижными магнитными шунтами.

Катушки первичной обмотки 4 трансформатора СТШ-500 (рис. 9) неподвижно закреплены у нижнего ярма, а катушки вторичной обмотки 1 — у верхнего ярма магнитопровода 2. В окне магнитопровода в пространстве между первичными и вторичными катушками расположены два магнитных шунта 3. Положение шунтов можно изменять ходовым винтом с рукояткой 5 и гайками, вмонтированными в шунты. Один из шунтов имеет гайку с левой резьбой, другой — с правой. При вращении винта по часовой стрелке шунты раздвигаются, против часовой стрелки — сдвигаются. Этим осуществляется изменение индуктивности рассеяния и плавное регулирование сварочного тока; при сближении шунтов ток уменьшается, при раздвижении — возрастает. Шунты, как и магнитопровод трансформатора, набирают из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Обмотки трансформатора выполнены из алюминия и армированы на концах медью.

Трансформатор устанавливают на раму с колесами и закрывают кожухом 6. Доску зажимов для подключения

Таблица 1

Технические данные трансформаторов для ручной сварки

Параметр	ТД-300	ТД-500	ТД-307	ТД-401
Номинальная мощность, кВ·А	19,4	32	—	—
Номинальный сварочный ток, А	300	500	315	400
Номинальное рабочее напряжение, В	30	40	32,6	36
Напряжение холостого хода, В	61 и 79	59 и 73	80	80
Предел регулирования сварочного тока, А	60—400	100—560	55—350	65—460
КПД, %	86	87	—	—
Коэффициент мощности	0,51	0,53	—	—
Габаритные размеры, мм	692× ×620× ×710	720× ×580× ×850	—	—
Масса, кг	137	210	130	145

Параметр	ТД-503	СТШ-500	СТШ-500-80
Номинальная мощность, кВ·А	—	33	44,5
Номинальный сварочный ток, А	500	500	500
Номинальное рабочее напряжение, В	40	30	50
Напряжение холостого хода, В	80	60	80
Предел регулирования сварочного тока, А	75—580	145—650	60—800
КПД, %	—	90	92
Коэффициент мощности	—	0,53	0,62
Габаритные размеры, мм	—	670×666× ×753	980×765× ×766
Масса, кг	175	220	323

Примечание. Первичное напряжение 220 или 380 В, номинальный режим работы ПН = 60%.

сетевого напряжения располагают на левой боковой стенке кожуха, доску зажимов для присоединения сварочных проводов — на правой. Обе они закрыты защитными крышками. На передней стенке кожуха выполнена рукоятка 5 регулирования тока и токоуказатель.

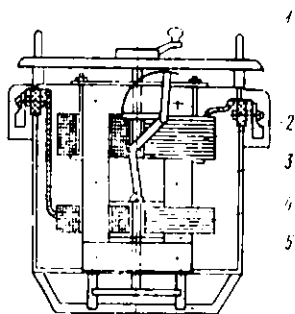


Рис. 10. Трансформатор ТДИ-1

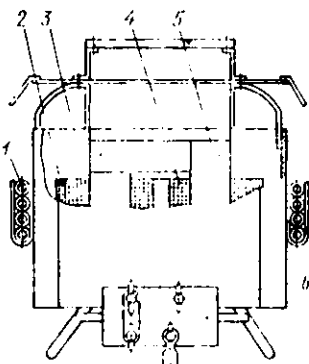


Рис. 11. Трансформатор ТСМ-25

В трансформаторе СТШ-500-80 предусмотрено переключение катушек с параллельного на последовательное соединение для грубого регулирования тока. Он имеет также устройство, отключающее первичное напряжение через 0,5—1 с после прекращения сварки.

Внешние характеристики трансформаторов СТШ-500 и СТШ-500-80 — крутопадающие (табл. 1).

Переносный трансформатор ТДИ-1 (ТД-102) также имеет подвижные катушки. Он состоит (рис. 10) из сердечника 3 с первичными 4 и вторичными 2 обмотками, регулятора 1 сварочного тока, переключателя ступеней, зажимов для подключения сети и сварочных проводов, кожуха 5 и крышки с двумя ручками для перемещения вручную. Благодаря разнесению обмоток трансформатор имеет крутопадающие внешние характеристики.

Обе катушки вторичной обмотки закреплены у верхнего ярма. Сварочный ток регулируется ступенчато при их пересоединении с помощью барабанного переключателя. При параллельном соединении катушек получается ступень больших токов (85—175 А), при включении только одной из катушек — ступень малых токов (55—85 А). Плавное регулирование тока в пределах каждой ступени обеспечивается перемещением первичной обмотки с помощью ходового винта и рукоятки регулятора тока. При вращении рукоятки по часовой стрелке первичная обмотка сближается со вторичной, и ток увеличивается. Величина тока устанавливается с помощью токоуказателя секторного типа.

Таблица 2

Технические данные переносных сварочных трансформаторов для монтажных работ

Параметр	ТДП-1 (ТД-102)	ТСП-2 (ТД-306)	ТСМ-250
Первичное напряжение, В	220 или 380	220 или 380	380
Номинальная мощность, кВ·А	11,4	19,4	6,2
Номинальный сварочный ток, А	160	250	250
Номинальный режим работы ПН, %	20	20	20
Номинальное рабочее напряжение, В	26,4	30	25
Напряжение холостого хода, В	70	62	60
Предел регулирования сварочного тока, А	15—175	90—300	92—250
КПД, %	72	76	69
Коэффициент мощности	0,48	0,6	0,55
Габаритные размеры, мм	450× ×320× ×550	500× ×360× ×595	400× ×370× ×450
Масса, кг	43	71	35
Параметр	ТСМ-500	«Разряд-125»	«Разряд-250»
Первичное напряжение, В	380	220	380
Номинальная мощность, кВ·А	32	—	—
Номинальный сварочный ток, А	500	125	250
Номинальный режим работы ПН, %	40	20	20
Номинальное рабочее напряжение, В	40	25	30
Напряжение холостого хода, В	68	55	60
Предел регулирования сварочного тока, А	60—700	40—125	90—250
КПД, %	82	80	69
Коэффициент мощности	0,69	0,4	0,55
Габаритные размеры, мм	650× ×560× ×580	400× ×250× ×350	400× ×370× ×490
Масса, кг	130	28	44

Аналогичное устройство имеет трансформатор ТСП-2 (ТД-306).

Переносной трансформатор ТСМ-250 состоит (рис. 11) из магнитопровода 5, первичной 3 и вторичной 4 обмоток.

расположенных на разных стержнях, и двух дополнительных обмоток 2, которые охватывают оба стержня. Сварочный кабель 1 навивают непосредственно на кожух трансформатора.

Трансформатор имеет четыре ступени регулирования тока, получаемые при согласном или встречном включении двух дополнительных обмоток со вторичной обмоткой. При согласном включении ЭДС дополнительных обмоток складывается с ЭДС вторичной обмотки и ток увеличивается, при встречном — ток уменьшается. Ступени меняют при подключении сварочных проводов и перемычки к соответствующим клеммам на доске зажимов 6. Плавное регулирование в пределах одной ступени осуществляют наматыванием сварочного кабеля вокруг кожуха до четырех витков в одну или другую сторону.

Трансформаторы имеют крутопадающие внешние характеристики (табл. 2).

СТАБИЛИЗАТОРЫ ДУГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. СВАРОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ДУГИ

Для улучшения горения дуги при сварке на переменном токе предназначены стабилизатор дуги СД-2 на 50 Гц и стабилизатор для малоустойчивых дуг на 100 Гц. Стабилизаторы дуги подают на дуговой промежуток стабилизирующий импульс в момент перехода тока через нулевое значение. Стабилизатор фактически повторно зажигает дугу и поддерживает ее горение, пока напряжение сварочного трансформатора не станет достаточным для питания дугового разряда.

Стабилизатор СД-2 (рис. 12) состоит из зарядного устройства G , конденсатора C , трансформатора тока $T2$, контактора K и блока управления $БУ$. Конденсатор заряжается от зарядного устройства и в момент перехода сварочного тока через нулевое значение разряжается на дуговой промежуток, стабилизируя дуговой разряд.

Стабилизатор выпускается в виде отдельного блока. Этот стабилизатор можно подключить к любому серийно выпускаемому трансформатору для ручной ду-

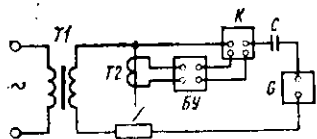


Рис. 12. Схема включения стабилизатора дуги

говой сварки Т1. Он облегчает начальное и повторное зажигание дуги и обеспечивает возможность сварки на переменном токе электродами, предназначенными для сварки на постоянном токе.

Для сварки на переменном токе электродами с низкими стабилизирующими свойствами (например, многими электродами для сварки коррозионно-стойких сталей) на дуговой промежуток необходимо подавать импульсы с частотой 100 Гц. Стабилизаторы дуги на 100 Гц выпускаются промышленностью в комплекте со сварочными трансформаторами на 250 и 125 А, образуя источник питания «Разряд-250» или «Разряд-125».

Источник питания «Разряд-250» состоит из трансформатора, аналогичного по устройству трансформатору ТСМ-250, и стабилизатора на 100 Гц, подобного стабилизатору СД-2.

Источник имеет крутопадающую внешнюю характеристику. Ступенчато ток регулируют переключателем. Плавное регулирование сварочного тока в диапазоне между ступенями осуществляют наматыванием сварочного кабеля на кожух. Для питания схемы стабилизатора дуги служит обмотка, расположенная на магнитопроводе сварочного трансформатора. При этом обеспечивается автоматическое отключение стабилизатора дуги на холостом ходу сварочного трансформатора.

Источник питания «Разряд-125» также укомплектован стабилизатором дуги на 100 Гц. Его трансформатор обеспечивает ступенчатое регулирование сварочного тока с помощью переключателя, который имеет семь позиций (40, 45, 55, 65, 80, 105, 125 А). На первых четырех ступенях сварочный трансформатор может работать от бытовой сети (см. табл. 2).

ТРАНСФОРМАТОРЫ ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ

Трансформатор ТДФ-1601 предназначен для сварки под флюсом. Он состоит (рис. 13) из корпуса с крышками и стенками, магнитопровода 3 с первичными 5 и вторичными 4 обмотками, контактора 7, блока управления 1, блока вентилей 2 и вентилятора 6.

В окне магнитопровода 3 расположен шунт с четырьмя катушками обмотки управления. Вторичная обмотка состоит из двух частей: основная часть 4 располо-

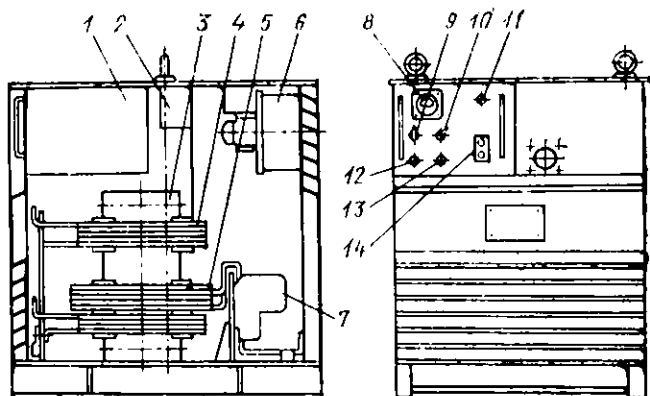


Рис. 13. Трансформатор ТДФ-1601

жена у верхнего ярма основного магнитопровода, дополнительная вместе с первичной обмоткой 5 — у нижнего ярма. Благодаря наличию магнитного шунта и расположению первичной и основной вторичной обмоток на значительном расстоянии трансформатор имеет развитое магнитное рассеяние и падающие внешние характеристики.

Трансформатор обеспечивает ступенчатое и плавное регулирование сварочного тока. Для перехода со ступени малых токов на ступень больших токов пересоединяют сварочные провода на доске зажимов трансформатора. При этом отключают часть витков основной вторичной обмотки и подключают дополнительную часть вторичной обмотки. Плавное регулирование осуществляется подмагничиванием магнитного шунта. При увеличении тока в обмотке управления увеличивается насыщение магнитопровода шунта и его магнитное сопротивление. Поэтому уменьшаются поток рассеяния и индуктивное сопротивление трансформатора, благодаря чему увеличивается сварочный ток.

Обмотка управления питается от вспомогательного трансформатора через управляемый вентиль (тиристор и резистор 9) — регулятор сварочного тока. Схема блока управления обеспечивает также стабилизацию сварочного режима и возможность дистанционного регулирования тока с пульта, вынесенного на сварочный автомат.

Таблица 3

Технические данные трансформаторов для механизированной сварки

Параметр	ТДФ-1001	ТДФ-1002	ТДФ-1601
Первичное напряжение, В	220 или 380	380	380
Номинальная мощность, кВ·А	82	130	182
Номинальный сварочный ток, А	1000	1000	1600
Номинальное рабочее напряжение, В	44	56	60
Напряжение холостого хода, В	68—71	112	96—105
Предел регулирования сварочного тока, А	400—1200	300—1200	600—1800
КПД, %	87	—	88
Габаритные размеры, мм	1200×830× ×1200	925×1660× ×700	1200×830× ×1200
Масса, кг	720	500	1000

Примечание. Номинальный режим работы ПВ=100%.

Трансформаторы ТДФ-1001 и ТДФ-1002 имеют аналогичное устройство (табл. 3).

Порядок включения трансформаторов следующий. В соответствии с необходимым диапазоном токов подключают сварочные провода, устанавливают переключатель 10 на местное или дистанционное регулирование. Замыкают сетевой рубильник, при этом загорается сигнальная лампа «Сеть» 11. Включают автоматический выключатель 14, а затем с помощью кнопки «Пуск» 12 запускают электродвигатель вентилятора. Контактёр 7 включают с пульта сварочного автомата, при этом возбуждается сварочная дуга, и трансформатор включается под нагрузку. Плавное регулирование выполняют регулятором 9 тока или выносным регулятором с пульта автомата. Для контроля за величиной сварочного тока на панели управления имеется амперметр 8. Выключают трансформатор кнопкой «Стоп» 13.

СВАРОЧНЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ВЫПРЯМИТЕЛЯ

Выпрямитель представляет собой устройство, предназначенное для преобразования переменного тока

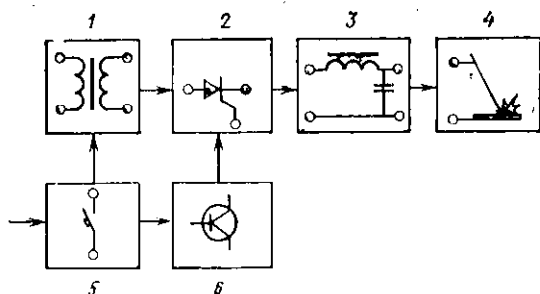


Рис. 14. Блок-схема выпрямителя

в постоянный. Основные элементы выпрямителя (рис. 14): силовой трансформатор 1 для понижения сетевого напряжения до необходимого при сварке значения; блок вентилей 2 для выпрямления переменного тока; стабилизирующий дроссель 3 для уменьшения пульсаций выпрямленного тока дуги 4. Если выпрямитель управляемый, то в схему входит дополнительный узел 6, содержащий систему управления вентилями. Для защиты выпрямителя от повреждений при аварийных режимах в его систему входит блок 5 защиты и сигнализации. Основной узел выпрямителя — выпрямительный блок — представляет собой набор вентилей, включенных по определенной схеме. В качестве силовых вентилей применяют селеновые и кремниевые полупроводниковые диоды и кремниевые управляемые вентили-тиристоры.)

Устройство и принцип действия вентиля рассмотрим на примере кремниевого диода (рис. 15, а, б). В качестве

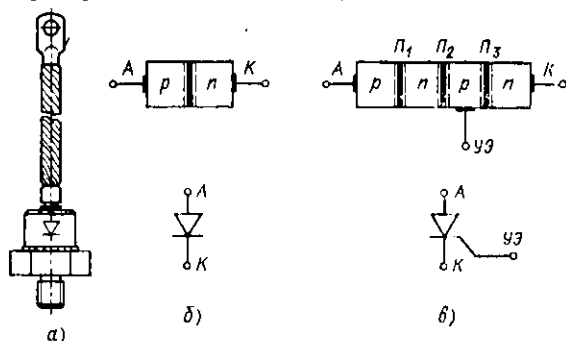


Рис. 15. Устройство и принцип работы диода (а, б) и тиристора (в, г)

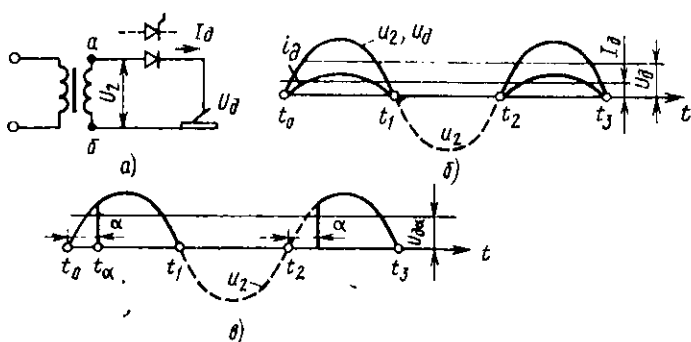


Рис. 16. Схема (а) и диаграммы напряжения и тока однофазного выпрямителя с неуправляемым (б) и управляемым (в) вентилем

материала диодов применяют тонкую кремниевую пластинку, на одну сторону которой нанесен слой алюминия. При непосредственном контактировании двух полупроводников, один из которых обладает электронной n , а другой дырочной p проводимостью, образуется так называемый электронно-дырочный переход. Этот переход легко пропускает электрический ток в одном направлении (от анода A к катоду K) и почти совершенно не пропускает ток в обратном направлении.

Кремниевый диск с p — n -переходом впаян в неразборный герметичный корпус, предохраняющий его от внешних воздействий. Нижняя часть корпуса выполнена в виде шестигранной гайки и заканчивается шпилькой с резьбой для ввинчивания вентиль в охладитель и подсоединения катода к электрической цепи. Внешним выводом анода служит гибкий медный провод с наконечником, изолированный от корпуса. Катодом называется электрод, присоединяемый к диску со стороны кремния, анодом — электрод, присоединяемый к алюминиевой пластине.

Кремниевый тиристор (рис. 15, в) имеет четыре слоя (p, n, p, n) и три перехода (P_1, P_2, P_3). Если даже приложить внешнее напряжение от анода к катоду, средний переход P_2 оказывается включенным в обратном направлении, поэтому тиристор не пропускает ток. Тиристор можно отпереть, если подать на его управляющий электрод $УЭ$ положительный потенциал. В этом случае переход P_2 пробивается, и ток идет по тиристору от анода к катоду. Поэтому тиристор называют управляемым

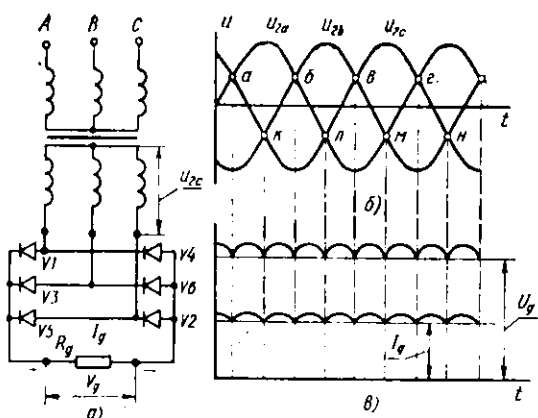


Рис. 17. Схема (а), вторичные напряжения (б) и выпрямленные ток и напряжение (в) трехфазного мостового выпрямителя

вентилем. Конструктивно он выполнен как кремниевый диод, но имеет еще третий (управляющий) электрод.

Работу выпрямительной схемы рассмотрим на примере простейшего однофазного выпрямителя (рис. 16). Ток в цепи нагрузки проходит только тогда (см. рис. 16, б), когда точка *a* вторичной обмотки, к которой присоединен анод вентиля имеет положительный потенциал относительно точки *б* (в интервалах времени t_0-t_1 и t_2-t_3). В интервале времени t_1-t_2 к вентилю прикладывается обратное напряжение и он не пропускает ток.

Напряжение u_d подаваемое на нагрузку, будет совпадать с положительными полуволнами напряжения u_2 вторичной обмотки трансформатора. Ток в нагрузке i_d проходит в одном направлении, т. е. представляет собой выпрямленный ток. Выпрямленное напряжение и ток принято характеризовать их средними значениями U_d и I_d .

В случае замены диода тиристором (на рис. 16, а, показано штриховой линией) он пропускает ток при выполнении двух условий: на его анод подано положительное относительно катода напряжение и на его управляющий электрод подан отпирающий импульс. В момент t_0 будет выполнено только первое условие, отпирание же тиристора произойдет только в момент t_a подачи импульса (см. рис. 16, в). Поэтому среднее значение выпрямленного напряжения U_{da} будет меньше, чем в схеме с диодом. Управляя моментом подачи импульса или электрическим

углом управления α , регулируют выпрямленные напряжение и ток. Кроме того, с помощью тиристорov легко сформировать внешние характеристики необходимого типа, стабилизировать ток и напряжение.

Однополупериодная схема выпрямления имеет много недостатков: плохое использование трансформатора, большие пульсации выпрямленного напряжения и тока, прерывистый ток.

Этих недостатков лишена трехфазная мостовая схема выпрямления. Выпрямитель состоит из трехфазного трансформатора и шести вентиляй, соединенных по схеме моста (рис. 17, а). Вентили V_1 , V_3 и V_5 образуют катодную группу, их общий вывод служит положительным полюсом для внешней цепи. Вентили V_2 , V_4 и V_6 образуют анодную группу, общая точка соединения их анодов служит отрицательным полюсом для внешней цепи.

В катодной группе в течение каждой трети периода работает вентиль с наиболее высоким потенциалом анода (рис. 17, б). В анодной группе в данную часть периода работает тот вентиль, у которого катод имеет наиболее отрицательный потенциал по отношению к общей точке анодов. Вентили катодной группы открываются в момент пересечения положительных участков синусоид (точки $a—г$ на рис. 17, б), а вентили анодной группы — в момент пересечения отрицательных участков синусоид (точки $к—н$). Каждый из вентиляй работает в течение одной трети периода. Ток в любой момент времени проводят два вентиля — один из катодной, другой из анодной группы. Так, от начального момента до точки a ток будет проходить от фазы A трансформатора через вентиль V_1 , нагрузку R_d , вентиль V_6 к фазе B . От точки a до точки $к$ работают вентили V_1 и V_2 , от точки $к$ до точки $б$ — вентили V_2 и V_3 и т. д. Ток в нагрузке все время проходит в одном направлении. Выпрямленное напряжение U_d и ток I_d отличаются малыми пульсациями (рис. 17, в). Такой выпрямитель обеспечивает равномерную загрузку фаз питающей сети, хорошее использование трансформатора и вентиляй. Трехфазная мостовая схема нашла широкое применение в сварочных выпрямителях.

ВЫПРЯМИТЕЛИ ДЛЯ РУЧНОЙ СВАРКИ

Для ручной сварки предназначены выпрямители ВД-201, ВД-301, ВД-306 и ВД-502 (табл. 4).

Таблица 4

Технические данные выпрямителей для ручной сварки

Параметр	ВД-201	ВД-301	ВД-306	ВД-502
Номинальная мощность, кВ·А	16	21	21	42
Номинальный сварочный ток, А	200	315	315	500
Номинальное рабочее напряжение, В	28	32	32	40
Напряжение холостого хода, В, не более	68	68	68	80
Предел регулирования сварочного тока, А	30—200	50—315	50—315	50—500
КПД, %	74	74	75	75
Габаритные размеры, мм	622× ×716× ×775 120	1200× ×800× ×850 230	780× ×780× ×850 170	810× ×550× ×1062 355
Масса, кг				

Примечание. Первичное напряжение 220 или 380 В, номинальный режим работы ПН—60%.

Выпрямитель ВД-301 (рис. 18, а) имеет понижающий трансформатор с магнитопроводом 2, неподвижными вторичными 3 и подвижными первичными 4 обмотками и выпрямительный блок 1 с вентилятором, смонтированным на тележке. На лицевой панели блока аппаратуры расположены амперметр 7, переключатель 9 диапазонов тока, пакетный выключатель 5. Рукоятка 8 плавного регулирования тока расположена на верхней крышке выпрямителя. Для подключения питающей сети имеется специальная клеммная доска с тремя зажимами, для подключения сварочного кабеля — два зажима 6, обозначенные знаками «+» и «—». Снаружи выпрямитель защищен кожухом, для удобства перемещения он снабжен двумя колесами и ручкой, для подъема — рым-болтами.

На рис. 18, б показана электрическая схема выпрямителя. Трехфазный понижающий трансформатор Т1 имеет повышенное индуктивное сопротивление, что обеспечивает необходимую для ручной сварки падающую внешнюю характеристику. Плавное регулирование тока достигается перемещением подвижной первичной обмотки. При сближении обмоток ток увеличивается, при их раздвижении — уменьшается. Ступенчатое регулирова-

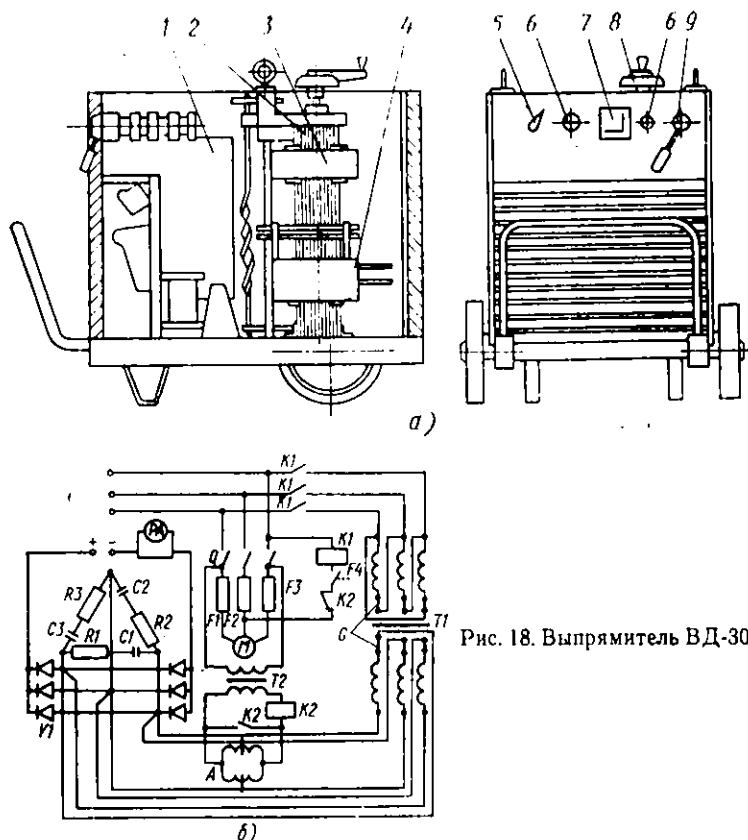


Рис. 18. Выпрямитель ВД-301

ние тока выполняется барабанным переключателем G ; при соединении первичных и вторичных обмоток звездой получается диапазон малых токов, при соединении треугольником — диапазон больших токов. Преобразование переменного тока в постоянный осуществляется выпрямительным блоком VI , собранным на кремниевых вентилях по трехфазной мостовой схеме. Для защиты выпрямительного блока от пиков напряжения включены защитные цепочки $R-C$, содержащие последовательно включенные резистор и конденсатор.

Сварочный выпрямитель снабжен защитой, отключающей его от сети при выходе из строя одного из вентилях выпрямительного блока или пробое на корпус вто-

ричных обмоток трансформатора. Защитный блок состоит из магнитного усилителя *A*, вспомогательного трансформатора *T2* и электромагнитного реле *K2*. Обмоткой управления магнитного усилителя служат четыре провода вторичных обмоток сварочного трансформатора, проходящие через окна сердечников усилителя. Например, при пробое одного из клапанов по обмотке управления усилителя *A* пойдет большой ток, сердечник усилителя насытится. Поэтому в рабочей обмотке переменного тока усилителя, а следовательно, и в катушке реле *K2* ток резко увеличится. При этом реле сработает и обесточит магнитный пускатель, а тот, в свою очередь, отключит выпрямитель от сети.

Пуск выпрямителя в работу осуществляется следующим образом. Включением пакетного выключателя *Q* напряжение сети через предохранители *F1—F3* подается на электродвигатель *M* вентилятора. При нормальной работе вентилятора срабатывает реле контроля вентиляции *F4* и магнитный пускатель *K1* подключает к сети понижающий трансформатор *T1* сварочного выпрямителя. Если по какой-либо причине вентилятор работать не будет, контакт реле контроля вентиляции окажется разомкнутым, и выпрямитель отключится от сети.

Такое же устройство имеют выпрямители ВД-201 и ВД-306.

Выпрямитель ВД-502 предназначен для ручной дуговой сварки токами до 500 А и может быть использован для механизированной сварки под флюсом. Он состоит из силового трансформатора с секционированной первичной обмоткой и переключателем для получения двух ступеней регулирования сварочного тока, дросселя насыщения, выпрямительного блока, стабилизирующего дросселя, включенного последовательно со сварочной дугой, магнитного усилителя, блока управления, электродвигателя с вентилятором и выносного пульта управления.

Крутопадающая внешняя характеристика выпрямителя и регулирование сварочного тока обеспечиваются дросселем насыщения, включенного между трансформатором и выпрямительным блоком. Сварочный ток регулируют путем изменения тока намагничивания дросселя насыщения, большему току намагничивания соответствует больший сварочный ток и наоборот.

Управлять выпрямителем можно с панели управле-

ния или дистанционно с выносного пульта. На лицевой панели расположены амперметр, кнопки «Пуск» и «Стоп», сигнальная лампа, которая показывает наличие напряжения питающей сети на выпрямителе. На пульте дистанционного управления расположены выключатель сварочного напряжения и рукоятка регулятора сварочного тока.

Выпрямитель снабжен защитой, отключающей его от сети при аварийном режиме работы или неработающем вентиляторе, а также устройством стабилизации, которое обеспечивает стабильность сварочного режима при колебаниях напряжения сети.

ВЫПРЯМИТЕЛИ ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ

(Наиболее просты по устройству выпрямители для механизированной сварки в углекислом газе ВС-300, ВС-500 и ВС-600.

Выпрямитель ВС-600 (рис. 19) состоит из трехфазного понижающего трансформатора T с нормальным магнитным рассеянием и секционированной первичной обмоткой, выпрямительного блока $V1-V2$, собранного на кремниевых вентилях по трехфазной мостовой схеме, переключателей $Q1$, $Q2$ и $Q3$ для регулирования напряжения на дуге, стабилизирующего дросселя L в цепи выпрямленного тока, электродвигателя M вентилятора, магнитного пускателя и реле контроля вентиляции.

Выпрямитель имеет ппологонадающие внешние характеристики. Напряжение, подаваемое на дугу, регулируется переключателями путем изменения числа витков первичных обмоток трансформатора. Переключатель следует при отключенной нагрузке.

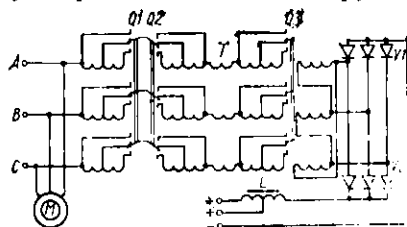


Рис. 19. Электрическая схема выпрямителя ВС-600

Дроссель служит для уменьшения разбрызгивания расплавленного металла. Для расширения диапазона допустимых режимов сварки дроссель выпрямителя секционирован. При сварке тонкой электродной про-

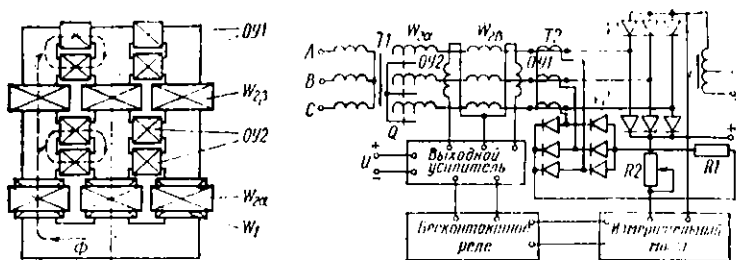


Рис. 20. Трансформатор (а) и электрическая схема (б) выпрямителя ВСЖ-303

волокой 0,8—1,2 мм в сварочную цепь включают часть витков дросселя, при сварке проволокой большего диаметра — всю дроссельную обмотку.

Выпрямитель установлен на металлическую раму с четырьмя колесами для перемещения и закрыт кожухом из листовой стали. С передней стороны выпрямитель имеет дверцу, за которой расположены контактные зажимы для подключения сети и сварочных проводов, ручки пакетных переключателей, вольтметр и таблица регулирования выпрямленного напряжения. Включается выпрямитель кнопкой «Пуск» и магнитным пускателем.

Выпрямитель ВСЖ-303 имеет трансформатор с магнитной коммутацией (рис. 20, а). Вторичная обмотка трансформатора состоит из двух частей — регулируемой с числом витков W_{2a} , расположенной вместе с первичной обмоткой с числом витков W_1 у нижнего ярма, и регулируемой с числом витков W_{2b} , расположенной между средним и верхним ярмами. Среднее и верхнее ярма подмагничиваются с помощью обмоток управления ОУ2 и ОУ1, питаемых постоянным током. Если подмагничивать верхнее ярмо, переменный магнитный поток Φ замкнется через среднее ярмо и ЭДС будет создаваться только основной вторичной обмоткой трансформатора. Напряжение на выходе трансформатора будет минимальным U_{2a} . При подмагничивании среднего ярма переменный магнитный поток будет замыкаться через верхнее ярмо, ЭДС будет наводиться в обеих частях вторичной обмотки. Напряжение трансформатора в этом случае максимально. При подмагничивании обоих ярмов получают любое промежуточное значение вторич-

ного напряжения в пределах диапазона плавного регулирования.

Плавное регулирование напряжения (рис. 20, б) осуществляют резистором $R2$, рукоятка которого вынесена на панель управления, и специальной схемой управления. Для расширения диапазона напряжений в выпрямителе предусмотрено ступенчатое регулирование (три ступени) путем изменения числа витков основной вторичной обмотки. Переключение отпаяек вторичной обмотки осуществляется поворотным переключателем Q , установленным на передней стенке кожуха.

Выпрямительный блок $V1$ собран на шести кремниевых вентилях по трехфазной мостовой схеме.

Внешние характеристики выпрямителя — пологопадающие, стабилизированные от колебаний напряжения сети. С помощью вспомогательных трансформатора $T2$, выпрямителя $V2$ и регулятора R_1 можно в небольших пределах регулировать наклон внешних характеристик, добиваясь уменьшения разбрызгивания металла.

Все узлы выпрямителя смонтированы на каркасе и закрыты кожухом. Клеммы для подсоединения проводов питающей сети расположены на передней стенке шкафа и закрыты защитной крышкой. Клеммы для подключения сварочного кабеля расположены на задней стенке.

Выпрямитель ВДГ-302 выполнен по схеме с дросселем насыщения (рис. 21). Дроссель насыщения A включен между силовым трансформатором T и выпрямительным блоком V_1 , V_2 и служит для плавного регулирования напряжения выпрямителя.

Выпрямитель имеет три диапазона регулирования рабочего напряжения, получаемые изменением числа вит-

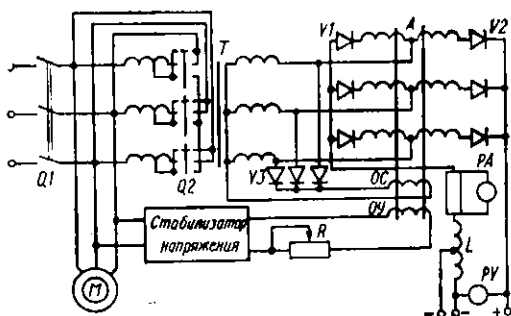


Рис. 21. Электрическая схема выпрямителя ВДГ-302

ков первичной обмотки трансформатора с помощью пакетно-кулачкового переключателя *Q2*. Плавное регулирование напряжения осуществляется изменением тока намагничивания в обмотке управления *OU* дросселя насыщения с помощью потенциала *R*. Обмотка смещения *OC*, питаемая от вспомогательного выпрямителя *V3*, служит для расширения пределов регулирования напряжения. Выпрямительный блок ВДГ-302 выполнен по трехфазной мостовой схеме из кремниевых вентилей. Для улучшения динамических свойств в сварочную цепь выпрямителя включен стабилизирующий дроссель *L*. Режим сварки контролируется амперметром *РА* и вольтметром *PV*.

Выпрямитель снабжен защитой от перегрузок: тепловыми реле, реле максимального тока, плавкими предохранителями, реле контроля вентиляции.

Напряжение можно включать, выключать и плавно регулировать с места или дистанционно с выносного пульта. Внешние характеристики выпрямителя — положопадающие, стабилизированы от колебаний сетевого напряжения.

Все узлы выпрямителя смонтированы на раме и закрыты кожухом. На передней стенке кожуха расположены кнопки «Пуск» и «Стоп», регулятор напряжения, измерительные приборы (амперметр и вольтметр) и зажимы для подключения сварочных проводов. На задней стенке кожуха расположены переключатель ступенчатого регулирования рабочего напряжения, автоматический выключатель и зажимы для подключения сетевого напряжения. В выпрямителе имеются ниша для размещения блока привода сварочного полуавтомата, место для подающего механизма, консоль для крепления газового баллона.

Выпрямитель включается автоматическим выключателем *Q1*. Напряжение на дугу подается нажатием кнопки «Пуск», после чего можно приступить к сварке.

Тиристорные выпрямители ВДГ-601 и ВДГ-1001 состоят из трансформатора с нормальным магнитным рассеянием, тиристорного выпрямительного блока, стабилизирующего дросселя, вентилятора и блока аппаратуры управления.

Регулирование и стабилизация выпрямленного напряжения осуществляется блоком фазового управления путем изменения угла управления тириستоров.

Таблица 5

Технические данные выпрямителей для механизированной сварки

Параметр	ВС-600	ВСЖ-303	ВДГ-302	ВДГ-601	ВДГ-1001
Первичное напряжение, В	380	380	220 или 380	220 или 380	380
Номинальная мощность, кВт·А	35	20	19	69	105
Номинальный сварочный ток, А	600	315	315	630	1000
Номинальный режим работы ПВ, %	60	60	60	60	100
Номинальное рабочее напряжение, В	40	32	40	66	66
Напряжение холостого хода, В, не более	52	50	55	90	90
Предел регулирования рабочего напряжения, В	15—40	18—50	16—40	18—66	24—66
Предел регулирования сварочного тока, А	60—600	50—315	50—315	100—700	300—1000
КПД, %	75	76	75	82	82
Габаритные размеры, мм	840× ×980× ×1200	×710 ×550× ×955	1045× ×748× ×953	1250× ×900× ×1150	1150× ×1850× ×900
Масса, кг	450	280	275	585	850

Выпрямитель ВДГ-601 позволяет настраивать (местно и дистанционно) рабочее напряжение для двух режимов сварки двумя отдельными потенциометрами. При сварке в различных пространственных положениях выпрямитель обеспечивает мгновенное переключение с одного режима сварки на другой (без изменения диаметра электродной проволоки). Стабилизирующий дроссель выпрямителя ВДГ-601 имеет две ступени индуктивности, устанавливаемые предварительно и дистанционно переключаемые в процессе сварки.

Выпрямитель ВДГ-601 выпускают в виде передвижного источника на колесах с внешним блоком управления. Выпрямитель ВДГ-1001 выполнен в виде стационарного шкафа.

Включение выпрямителей ВДГ-601 и ВДГ-1001 осуществляется в следующем порядке. После замыкания сетевого рубильника рукоятку автоматического выключателя устанавливают в положение «Включено», при этом загорается сигнальная лампа на лицевой панели выпрямителя. Переключатель места регулирования устанавливают в положение «Местное» или «Дистанционное». После этого выпрямитель включают кнопкой «Пуск». При местном регулировании сварочный ток включается поворотом рукоятки включения сварочного тока в левое крайнее положение. С помощью регулятора напряжения необходимо подобрать режим сварки. Выпрямитель выключается кнопкой «Стоп», а сетевое напряжение автоматическим выключателем (табл. 5).

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

Универсальные выпрямители можно использовать при ручной сварке, механизированной сварке в защитных газах и под флюсом. Внешние характеристики таких выпрямителей перенастраиваются: при ручной и сварке под флюсом они имеют падающую форму, при сварке в защитных газах — жесткую или пологопадающую форму. Изменение формы внешних характеристик достигается применением в выпрямителях управляемых вентилей-тиристоров и специальной схемы управления.

Промышленность выпускает универсальные тиристорные выпрямители ВДУ-504, ВДУ-504-1, ВДУ-1201, ВДУ-1601.

Выпрямитель ВДУ-504 выполнен передвижным на колесах (рис. 22, а). Тиристорный выпрямительный блок 2, магнитопровод 5 и обмотки 3 силового трансформатора, уравнительный реактор 4 охлаждаются вентилятором 1. На задней стенке выпрямителя расположены зажимы для подключения сетевого напряжения, автоматический выключатель и переключатель 6 диапазонов напряжений. На передней стенке расположены зажимы 14 для подсоединений сварочных кабелей: один «+» и два «—».

Вся аппаратура управления расположена на выдвижном блоке. На панель управления вынесены кнопки «Пуск» 13 и «Стоп» 12, аварийная кнопка «Стоп» 11, переключатель внешних характеристик 8, сигнальная лампа, потенциометр для регулирования тока и напряжения выпрямителя 9, переключатели места регулирования 7

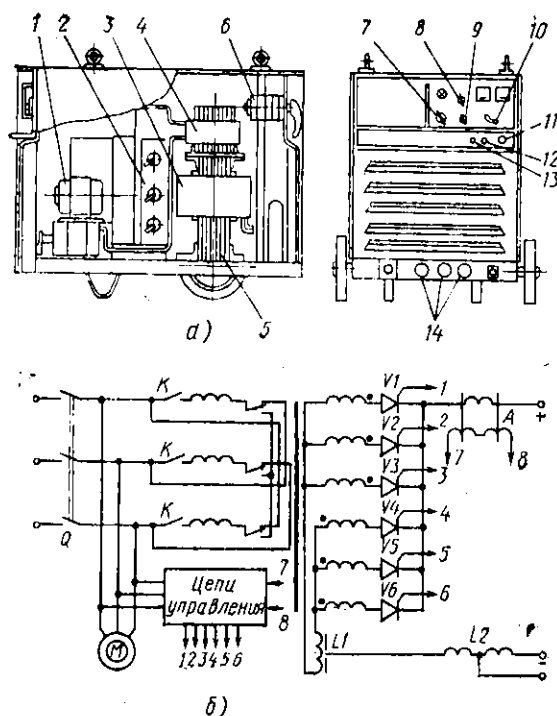


Рис. 22. Универсальный выпрямитель ВДУ-504

и местного включения сварочного тока 10, измерительные приборы.)

На рис. 22, б приведена электрическая схема выпрямителя. Напряжение от сети подается с помощью автоматического выключателя $Q1$ и контактора K на трехфазный силовой трансформатор T с нормальным магнитным рассеянием. Трансформатор преобразует сетевое напряжение в пониженное, которое затем выпрямляется вентильным блоком из шести тиристоров $V1 - V6$, собранных по шестифазной схеме с уравнивающим реактором $L1$. С помощью стабилизирующего дросселя $L2$ выпрямленное напряжение сглаживается. С магнитного усилителя A сигнал обратной связи поступает в блок управления тиристорами (клеммы 7 и 8). Выпрямитель охлаждается вентилятором M и защищен от перегрузок тепловыми реле, от аварийных режимов — автоматическим выключателем $Q1$, от радиопомех — фильтром

из конденсаторов и от перенапряжений — цепочками из резисторов и конденсаторов. Схема управления выпрямителя защищена плавкими предохранителями.

(При сварке в углекислом газе переключатель внешних характеристик на пульте управления устанавливают в положение «Жесткие». Для получения повышенного сварочного напряжения первичные обмотки трансформатора соединяют по схеме треугольника, для получения пониженного напряжения — по схеме звезды. При этом одновременно уменьшают индуктивность стабилизирующего дросселя. Переключение выполняют пакетно-кулачковым переключателем Q2. Плавное регулирование напряжения осуществляют потенциометром и схемой управления путем изменения угла управления тиристоров.)

При ручной сварке переключатель внешних характеристик устанавливают в положение «Крутопадающие». При этом первичные обмотки трансформатора соединяют по схеме треугольника, а дроссель в цепи выпрямленного тока имеет максимальную индуктивность. Плавное регулирование тока выполняют тем же потенциометром, которым настраивают напряжение при сварке на жестких характеристиках.

Включать и регулировать сварочный ток и напряжение выпрямителя можно с места и дистанционно с помощью выносного пульта. Принцип регулирования режима и формирования внешних характеристик поясняет блок-схема выпрямителя (рис. 23).

При механизированной сварке плавное регулирование напряжения осуществляется блоком задания тока —

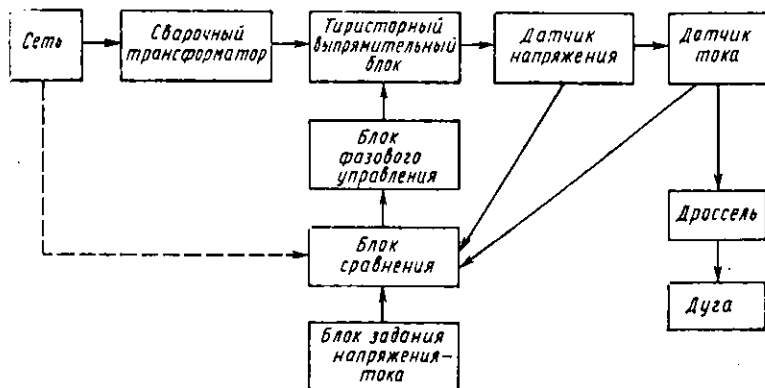


Рис. 23. Блок-схема выпрямителя ВДУ-504

напряжения. Сигнал задания через блок сравнения поступает на блок фазового управления, который формирует управляющие импульсы и подает их в необходимой последовательности на тиристоры. При увеличении напряжения задания уменьшается угол управления тиристором, а поэтому увеличивается сварочное напряжение.

Имея трансформатор с нормальным рассеянием, выпрямитель обладает естественными плогопадающими внешними характеристиками. Для получения более жестких, к тому же независимых от колебания напряжения сети характеристик используют обратную связь по выпрямленному напряжению. Сварочное напряжение с датчика и напряжение задания сравниваются в блоке сравнения. Разность этих напряжений поступает в блок фазового управления. При снижении сварочного напряжения угол управления тиристором уменьшается и выпрямленное напряжение увеличивается. В ранних выпусках выпрямителей стабилизация напряжения выполнялась путем сравнения сетевого напряжения с напряжением задания (на рис. 23 эта связь показана штриховой линией).

Для получения крутопадающих внешних характеристик в схему управления тиристорами вводят обратную связь по току дуги следующим образом. Напряжение от датчика, пропорциональное сварочному току, сравнивается с напряжением задания, и их разность подается в блок фазового управления. При отрицательной связи угол управления тиристорами с ростом тока увеличивается, в результате чего выпрямленное напряжение, подаваемое на дугу, снижается. Так, с помощью тиристором и блока управления из естественных плогопадающих характеристик силового трансформатора получают искусственные крутопадающие внешние характеристики выпрямителя.

Порядок включения выпрямителя ВДУ-504 следующий. Сварочные кабели подключают к соответствующим гнездам. В зависимости от способа и режима сварки устанавливают в необходимое положение переключатель диапазонов на задней стенке и переключатель вида характеристик на лицевой панели. Устанавливают переключатель места регулирования режима в положение, соответствующее местному или дистанционному управлению. Рубильником подключают выпрямитель к сети. Рукоятку автоматического выключателя ставят в поло-

Технические данные универсальных выпрямителей

Параметр	ВДУ-504 (ВДУ-504-1)		ВДУ-1201		ВДУ-1601	
	жест- кие	падаю- щие	жест- кие	падаю- щие	жест- кие	падаю- щие
Первичное напряжение, В	220 или 380		380		380	
Номинальная мощность, кВт·А	40		135		165	
Номинальный сварочный ток, А	500		1250		1600	
Номинальный режим работы						
ПВ, %	60		100		100	
Номинальное рабочее напряжение, В	50	46	66	60	66	66
Напряжение холостого хода, В, не более	85		100		100	
Предел регулирования сварочного тока, А	100—500	60—500	300—1250	300—1250	500—1600	600—1600
Предел регулирования рабочего напряжения, В	18—50	22—46	24—66	26—60	26—66	30—66
КПД, %, не менее	82		83		84	
Габаритные размеры, мм, не более	1100×800× ×940		1400×850× ×1250		1450×850× ×1200	
Масса, кг	380		850		950	

жение «Включено», при этом загорается сигнальная лампа на лицевой панели блока управления. Нажатием на кнопку «Пуск» напряжение сети подключают к силовому трансформатору и цепи управления. Затем зажигают дугу и потенциометром настраивают нужный режим, следя за показаниями амперметра или вольтметра.

Выпрямители ВДУ-1201 и ВДУ-1601 аналогичны по назначению и устройству выпрямителю ВДУ-504 (табл. 6).

МНОГОПОСТОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

Многопостовым называют источник, от которого можно питать несколько сварочных дуг одновременно. Многопостовые источники используют там, где на небольшом расстоянии друг от друга расположена

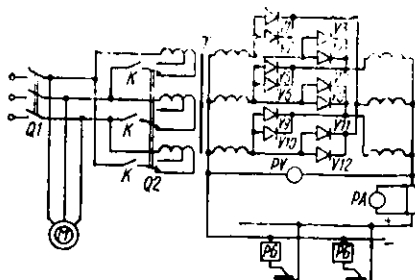


Рис. 24. Электрическая схема многопостового выпрямителя ВКСМ-1000-1-1

группа сварочных постов. В этих условиях многопостовый источник более выгоден, чем однопостовые источники.

Для ручной дуговой сварки, а также для питания установок при сварке под флюсом разработаны многопостовые сварочные выпрямители ВКСМ-1000-1-1, ВДМ-1001 и ВДМ-1601.

Выпрямитель ВКСМ-1000-1-1 (рис. 24) выполнен на базе трехфазного понижающего трансформатора T с нормальным магнитным рассеянием, благодаря чему его внешняя характеристика имеет жесткую форму, необходимую для многопостового питания. Первичная обмотка трансформатора имеет отпайки, позволяющие с помощью переключателя $Q2$ повысить на 5% вторичное напряжение при падении сетевого напряжения. Схема выпрямления — шестифазная кольцевая. В каждой фазе параллельно включены два кремниевых вентиля. В шестифазной схеме каждый вентиль работает лишь $1/6$ часть периода, т. е. вдвое меньше, чем в трехфазной мостовой схеме. Поэтому шестифазную схему вместе с ее разновидностями — шестифазной с уравнительным реактором и шестифазной кольцевой — используют в мощных, в том числе многопостовых выпрямителях. Блок вентилях $V1-V12$ соединен с трансформатором шинами. В выпрямителе предусмотрена защита от перегрузок: автоматический выключатель $Q1$, тепловые реле, плавкие предохранители, защитные цепочки $R-C$, реле контроля вентиляции.

Все узлы выпрямителя смонтированы в шкафу, имеющем две закрывающиеся на ключ двери с электрической блокировкой. Блок управления находится на передней стенке в верхней части кожуха выпрямителя. На блоке управления расположены амперметр PA и вольтметр PV для контроля за выпрямленным током

и напряжением, кнопки «Пуск» и «Стоп» и сигнальная лампа, указывающая о наличии напряжения на выпрямителе.

Перед пуском выпрямителя переключатель Q2 следует установить в положение I «Напряжение номинальное» или положение II «Напряжение пониженное», после чего закрыть двери.

Выпрямитель включают в такой последовательности: замыкают сетевой рубильник, затем включают автоматический выключатель, расположенный на боковой стенке выпрямителя, при этом загорается сигнальная лампа. Пуск следует производить вхолостую при отключенной нагрузке. Выключают выпрямитель (без размыкания автоматического выключателя) нажатием кнопки «Стоп».

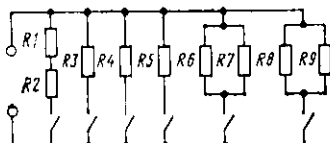


Рис. 25. Электрическая схема балластного реостата РБ-301

Таблица 7

Технические данные балластных реостатов

Параметр	РБ-201	РБ-301	РБ-501	РБГ-301
Номинальный сварочный ток, А	200	315	500	300
Предел регулирования сварочного тока, А	10—200	10—315	10—500	До 300
Разность между токами последующей и предыдущей ступеней, А	10	10	10	—
Число ступеней сопротивления	5	6	7	7
Габаритные размеры, мм	580× ×355× ×648	580× ×410× ×648	580× ×465× ×648	600× ×410× ×390
Масса, кг	30	35	40	29

Примечание. Номинальный режим работы ПВ=60%.

Выпрямитель ВКСМ-1000-1-1 предназначен для одновременного питания током до шести сварочных постов ручной дуговой сварки при токе каждого из них 315А. Выпрямитель ВДМ-1001 обеспечивает питание до семи сварочных постов, а ВДМ-1601 — до девяти сварочных постов.

Подключают сварочные посты от шинпровода выпрямителя через балластные реостаты. Балластный реостат представляет собой набор сопротивлений. При включении сварочной дуги последовательно с балластным реостатом появляется возможность независимо регулировать сварочный ток каждого отдельного поста. Одновременно сварочный пост приобретает необходимую при ручной сварке крутопадающую внешнюю характеристику.

Промышленность выпускает балластные реостаты РБ-201, РБ-301 и РБ-501 на ток 200, 315 и 500 А (табл. 7). Реостаты позволяют ступенчато регулировать сварочный ток через каждые 10 А. С помощью рубильников включают секции в различных наборах (рис. 25).

Для многопостовой сварки в углекислом газе разработаны специальные выпрямители ВДГМ-1001, ВДГМ-1601, ВДГМ-1602, ВДУМ-4×401 и ВМГ-5000. В отличие от многопостовых источников для ручной сварки они имеют регулируемое напряжение холостого хода, а иногда и стабилизацию выпрямленного напряжения.

Выпрямители серии ВДГМ по схеме и устройству подобны выпрямителям ВКСМ и ВДМ. Однако в отличие от последних сетевое напряжение на первичную обмотку силового трансформатора подается через блок тиристоров, служащий для регулирования и стабилизации выпрямленного напряжения. Выпрямитель ВДУМ-4×401 выполнен по схеме универсальных тиристорных выпрямителей и предназначен для питания четырех сварочных постов.

Выпрямитель ВМГ-5000 выполнен по схеме многопостовых выпрямителей ВДМ, имеет естественную жесткую внешнюю характеристику и рассчитан на длительную работу с принудительным водяным охлаждением. Выпрямитель подключают к магистральным алюминиевым шинпроводам, разведенным по цеху. Шинпровод может иметь два плеча длиной до 75 м, к каждому из которых подключают по 15 сварочных постов на ток до 315 А.

Напряжение на дуге сварочного поста при многопостовой сварке в углекислом газе регулируют балластными реостатами РБГ-301, включенными последовательно с дугой. Реостат РБГ-301 позволяет получать 20 сту-

пней напряжения при сохранении положопадающей внешней характеристики, необходимой для саморегулирования и устойчивого горения дуги при сварке полуавтоматами с постоянной скоростью подачи проволоки (см. табл. 7). Кроме того, для уменьшения разбрызгивания расплавленного металла в цепь каждого поста последовательно с балластным реостатом необходимо включить дроссель, например ДР-301, имеющий две ступени индуктивности (0,76 мГн и 0,2 мГн), или другой дроссель подобного типа.

Таблица 8

Технические данные выпрямителей для многопостовой сварки

Параметр	ВКСМ-1000-1-1	ВДМ-1001	ВДМ-1601	ВМГ-5000	ВДУМ-4X401
Номинальная мощность, кВ·А	74	74	118	317	86
Номинальный сварочный ток, А	1000	1000	1600	5000	400
Номинальный режим работы ПВ, %	Продолжительный				60
Номинальное рабочее напряжение, В	60	60	60	60	45
Напряжение холостого хода, В	70	70	70	60	100
КПД, %	90	90	90	92	75
Габаритные размеры, мм	825 × ×808 × ×1300	1100 × ×700 × ×900	1050 × ×820 × ×1500	1500 × ×1150 × ×1685	1350 × ×850 × ×1250
Масса, кг	450	420	650	2490	820

Примечание. Напряжение сети 380 В.

Выпрямитель ВМГ-5000 может быть использован также для ручной сварки и сварки под флюсом. В этом случае сварочные посты подключают через балластные реостаты РБ-301 и РБ-501 (табл. 8).

СВАРОЧНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И АГРЕГАТЫ

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ КОЛЛЕКТОРНОГО И ВЕНТИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРОВ

Принцип преобразования в генераторе механической энергии приводного двигателя в электрическую основан на законе электромагнитной индукции. В рамке проводника, вращающейся в постоянном магнитном поле, возникает ЭДС. Однако наводимая в рамке ЭДС изменяется по величине и направлению.

Переменную ЭДС можно выпрямить с помощью коллекторного устройства (рис. 26). Для этого концы рамки присоединяют к двум половинкам вращающегося с рамкой разрезного кольца. На кольцо опираются две неподвижные щетки, снимающие ЭДС генератора и подающие его на нагрузку R_H . Пока рамка совершает полуоборот в интервале $\alpha = 0 \div 180^\circ$ (см. рис. 26, а), щетка Щ1 скользит по полукольцу б, имеющему положительный потенциал, и является положительной выходной клеммой генератора. В интервале $\alpha = 180 \div 360^\circ$ (см. рис. 26, б) направление ЭДС в активных проводниках а и б рамки изменится, но щетка Щ1 будет соединена уже с полукольцом а, которое в данном интервале сменило свой потенциал на положительный. Щетка Щ1 и в этом интервале останется положительной клеммой генератора.

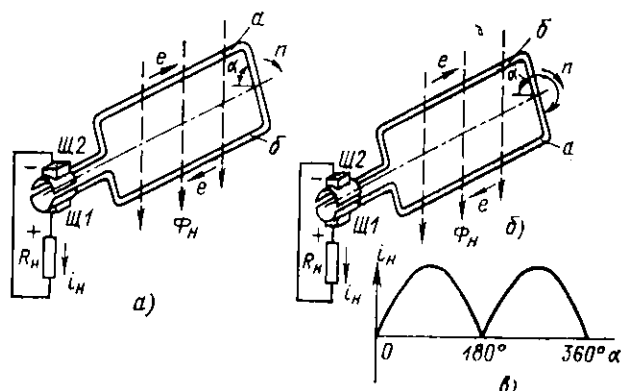


Рис. 26. Схема простейшего коллекторного генератора

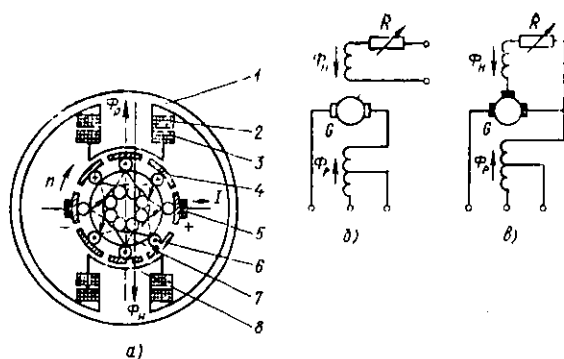


Рис. 27. Устройство (а), принципиальная схема коллекторного генератора с независимым (б) и параллельным (в) возбуждением

В нагрузке пойдет ток i_n одного направления (см. рис. 26, в). Однако ток в простейшем генераторе — пульсирующий. Поэтому реальный сварочный генератор имеет более сложную конструкцию.

В коллекторном сварочном генераторе (рис. 27) ЭДС наводится в обмотке 6, намотанной на стальной цилиндр — якорь 7. Для уменьшения пульсаций тока число секций обмотки якоря выбирают достаточно большим; соответственно увеличивается и число пластин коллектора 4, к которым припаяны выводы секций обмотки. Часть магнитного потока генератора создается намагничивающей обмоткой 3, намотанной на полюса 8 и питаемой постоянным током. Другая часть потока создается последовательной обмоткой 2, по которой идет ток нагрузки. Магнитный поток генератора проходит по полюсам и по якорю и замыкается по корпусу 1 генератора. Сварочный ток снимается с коллектора щетками 5.

При разомкнутых выходных клеммах генератора (режим холостого хода) действует только намагничивающая обмотка. В генераторе с независимым возбуждением намагничивающая обмотка питается от постороннего источника (рис. 27, б). В генераторе с самовозбуждением она получает питание от обмотки якоря. Поскольку обмотка включена параллельно якорю, то она называется обмоткой параллельного возбуждения (рис. 27, в). Создаваемый этой обмоткой намагничивающий поток Φ_n пронизывает вращающуюся обмотку якоря и наводит в ней ЭДС, равную напряжению холостого хода.

В генераторах с падающей характеристикой магнитный поток последовательной обмотки направлен встречно потоку намагничивающей обмотки, т. е. является размагничивающим. Как только в сварочной цепи начинает протекать ток (режим нагрузки), последовательная размагничивающая обмотка создает магнитный поток Φ_p . Этот поток пропорционален числу витков последовательной обмотки и сварочному току. Поток Φ_p направлен встречно потоку Φ_n и уменьшает его. Поэтому при работе под нагрузкой ЭДС генератора индуктируется разностью потоков Φ_n и Φ_p . С увеличением сварочного тока поток Φ_p возрастает, разность потоков Φ_n и Φ_p уменьшается. В результате снижается напряжение генератора. Получается необходимая для устойчивого горения при ручной сварке падающая внешняя характеристика.

Крутизну наклона внешних характеристик генератора можно регулировать, изменяя число витков последовательной размагничивающей обмотки возбуждения. На этом основан способ ступенчатого регулирования сварочного тока путем секционирования последовательной обмотки (обычно две ступени). На ступени с большим числом витков последовательной обмотки ее размагничивающее действие увеличивается, внешняя характеристика становится более крутопадающей, а сварочный ток уменьшается при том же напряжении холостого хода генератора (см. рис. 5, б).

Плавно регулировать сварочный ток в пределах каждого диапазона можно, изменяя ток в намагничивающей обмотке реостатом R . Увеличение тока в обмотке возбуждения вызывает увеличение намагничивающего потока Φ_n , напряжения холостого хода и сварочного тока генератора (см. рис. 5, а).

Генератор с жесткой внешней характеристикой также имеет намагничивающую, а иногда и последовательную обмотку. Но в отличие от ранее рассмотренного генератора последовательная обмотка здесь включена так, что является подмагничивающей — ее поток направлен согласно с потоком намагничивающей обмотки. Следовательно, суммарный поток с ростом тока несколько увеличивается. Этот избыток потока используется для компенсации падения напряжения внутри генератора, которое с ростом тока возрастает. Поэтому на выходных клеммах генератора напряжение поддерживается постоянным, независимо от тока нагрузки, т. е. внешняя характеристика

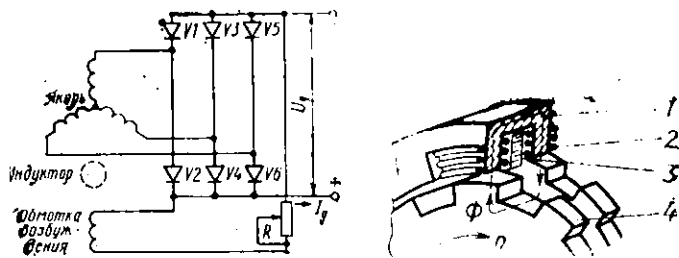


Рис. 28. Электросхема и устройство вентильного генератора.

генератора получается жесткой. Рабочее напряжение генератора регулируется реостатом в цепи намагничивающей обмотки.

Так же устроены универсальные генераторы. При включении последовательной обмотки на размагничивающее действие получают падающие внешние характеристики, при включении ее на подмагничивание — жесткие характеристики.

Вентильный сварочный генератор представляет собой комбинацию генератора переменного тока и выпрямительного блока (рис. 28). Чаще всего используют так называемый индукторный генератор переменного тока. Его обмотка возбуждения 3, так же как и рабочие обмотки 2, расположена на неподвижном зубчатом статоре 1. Вращающийся зубчатый ротор — индуктор 4 — не имеет обмоток. По обмотке возбуждения идет постоянный ток, однако создаваемый ею намагничивающий поток Φ имеет переменный характер. Он максимален при совпадении зубцов ротора и статора, когда магнитное сопротивление на пути потока минимально, и минимален при совпадении впадины ротора с зубцом статора. Следовательно, ЭДС, наводимая этим потоком в рабочих обмотках, тоже переменна.

Три рабочие обмотки расположены на статоре со сдвигом на 120° , поэтому на выходе индукторного генератора получается трехфазное переменное напряжение. Это напряжение подается к выпрямительному блоку, собранному по трехфазной мостовой схеме.

Чаще всего вентильный генератор имеет падающие внешние характеристики. Они формируются благодаря большому индуктивному сопротивлению самого генерато-

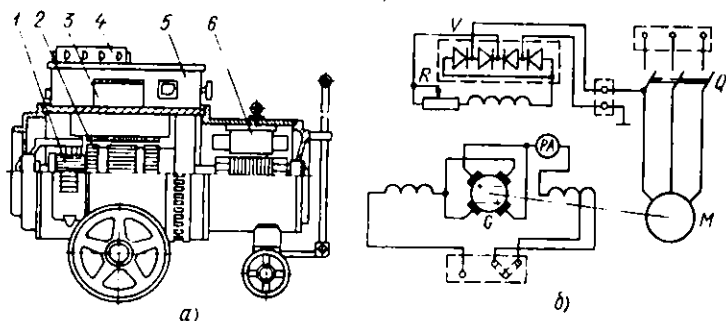


Рис. 29. Преобразователь ПД-501

ра. Плавное регулирование сварочного тока выполняют реостатом в цепи обмотки возбуждения.

В отличие от коллекторного генератора у вентильного нет скользящих контактов, имеющих невысокую стойкость. Поэтому вентильный генератор более надежен, имеет меньшие массу и габаритные размеры.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ РУЧНОЙ И МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ

Для ручной сварки предназначены преобразователи ПСО-300-2, ПСО-315 и ПД-501 с коллекторными генераторами и преобразователь ПД-305 с вентильным генератором.

Преобразователь ПД-501 (рис. 29, а) состоит из коллекторного генератора ГСО-500 с падающими внешними характеристиками и электродвигателя 6, помещенных в одном корпусе 3 на колесах. Якорь 2 генератора с коллектором 1 вращается на одном валу с электродвигателем. Полуса генератора закреплены в корпусе 3. На корпусе в распределительном устройстве 5 расположена вся аппаратура управления: пакетный выключатель, стабилизатор напряжения, выпрямители, зажимы для подключения сварочных кабелей, амперметр для контроля за величиной сварочного тока. На распределительном устройстве закреплен реостат 4 для плавного регулирования сварочного тока. С помощью дополнительного кабеля реостат можно переносить на расстояние до 20 м.

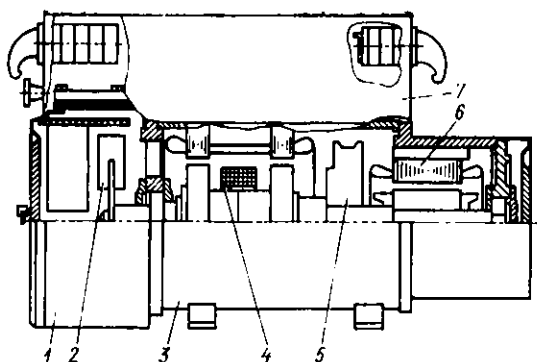


Рис. 30. Преобразователь ПД-305

Независимая обмотка возбуждения питается от одной из фаз сети через феррорезонансный стабилизатор напряжения и селеновый выпрямитель V (рис. 29, б). Одновременно с пуском электродвигателя M включается цепь независимого возбуждения. Падающая внешняя характеристика получается благодаря действию размагничивающей последовательной обмотки. Для ступенчатого регулирования режима последовательная обмотка секционирована. При включении в работу частичного или полного числа ее витков получают диапазоны больших и малых токов соответственно. Перед пуском преобразователя необходимо установить переключку на доске зажимов в положение 300 или 500 в зависимости от выбранного режима сварки.

Пуск преобразователя осуществляют включением электродвигателя с помощью пакетного выключателя Q . При первом пуске следует проверить вращение якоря. Якорь должен вращаться против часовой стрелки, если смотреть со стороны коллектора. При неправильном направлении вращения следует поменять местами два любых провода подключения электродвигателя к питающей сети. После пуска можно приступать к сварке, установив нужный ток регулировочным реостатом R .

Преобразователи ПСО-315М и ПСО-300-2 имеют коллекторные генераторы с самовозбуждением. Подготавливают и включают их в работу так же, как преобразователь ПД-501 (табл. 9).

Преобразователь ПД-305 (рис. 30) состоит из вентиляного блока 1 с вентилятором 2, индукторного генерато-

Таблица 9

Технические данные сварочных преобразователей

Параметр	ПСО-300-2	ПСО-315М	ПД-501
Тип генератора	ГСО-300-2	ГСО-300М	ГСО-500
Номинальный сварочный ток, А	315	315	500
Напряжение холостого хода, В, не более	90	90	90
Номинальное напряжение, В	30	32	40
Предел регулирования сварочного тока, А (напряжения, В)	115—315	100—315	125—500
Внешние характеристики	Крутопадающие		
Тип электродвигателя	AB2-61-48	AB2-61-4В	AB2-71-2В
Мощность, кВт	16	17	30
Габаритные размеры, мм	1070×620× ×1030	1225×485× ×780	1057×650× ×1085
Масса, кг	435	393	570
Параметр	ПД-305	ПСГ-500-1	
Тип генератора	ГД-311	ГСГ-500-1	
Номинальный сварочный ток, А	315	500	
Напряжение холостого хода, В, не более	85	40	
Номинальное напряжение, В	32	40 (16—40)	
Предел регулирования сварочного тока, А (напряжения, В)	40—350	60—500	
Внешние характеристики	Крутопадающие		Жесткие
Тип электродвигателя	AB2-51-2В	AB2-71-2С	
Мощность, кВт	10,4	31	
Габаритные размеры, мм	1300×580×845	1050×560×1015	
Масса, кг	310	460	

Примечание. Напряжение питающей сети 220 или 380 В, номинальный режим работы ПВ=60%.

ра 3 переменного тока с обмоткой возбуждения 4, центрального вентилятора 5 и электродвигателя 6. Зажимы для подключения сварочных проводов размещены на торце коробки управления 7. Там же расположена рукоятка ступенчатого регулирования сварочного тока (две ступени 40 — 180 и 160 — 350 А). Плавное регули-

рование сварочного тока осуществляется дистанционно реостатом, подключенным к коробке управления с помощью кабеля.

Пуск преобразователя выполняют включением электродвигателя в сеть пакетным выключателем. Если после пуска преобразователя на зажимах сварочного генератора нет напряжения, нужно закоротить несколько раз электродом сварочную цепь 1—3 с. Генератор должен возбудиться. При отсутствии возбуждения следует поставить ручку переключателя диапазонов в правое крайнее положение, установить максимальный ток по реостату и повторить закорачивание сварочной цепи электродом. Если и в этом случае генератор не возбудится, то к обмотке возбуждения следует подключить посторонний источник постоянного тока напряжением не выше 12 В.

Преобразователь ПГС-500-1 предназначен для сварки в защитных газах плавящейся электродной проволокой. По конструктивному устройству и электрической схеме преобразователь ПГС-500-1 аналогичен преобразователям для ручной сварки с коллекторными генераторами с самовозбуждением. Главное отличие состоит в том, что сварочный генератор ПГС-500-1 преобразователя имеет только намагничивающую обмотку параллельного возбуждения и, следовательно, жесткие внешние характеристики. На корпусе преобразователя расположена аппаратная коробка с доской зажимов, пакетным выключателем, реостатом для плавного регулирования и вольтметром для контроля напряжения на дуге.

Сварочные кабели подключают к двум зажимам «+» и «-». Пуск преобразователя достигается включением электродвигателя в сеть пакетным выключателем. Напряжение генератора регулируется реостатом, включенным в цепь параллельной обмотки. Настраивают сварочный ток изменением скорости подачи проволоки полуавтоматом.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ И АГРЕГАТЫ

Универсальные сварочные генераторы ГД-304 и ГД-502 выпускают отдельно, без электродвигателей. Они предназначены для однопостовой ручной сварки и сварки под флюсом на крутопадающих внешних характеристиках и для сварки в углекислом газе на жестких характеристиках.

Генератор ГД-304 состоит из статора с главными и добавочными полюсами, якоря, корпуса с подшипниковыми щитами, коллектора и токосъемного механизма. На корпусе генератора смонтированы балластные реостаты и устройство управления. На главных полюсах размещены катушки независимой и последовательной обмоток возбуждения. Независимая обмотка питается от малоомного генератора переменного тока через понижающий трансформатор, выпрямительный мост и регулировочный реостат. Во вторичной цепи трансформатора установлен переключатель диапазонов напряжения; при сварке в углекислом газе он обеспечивает пониженное напряжение холостого хода. Регулировочный реостат может быть закреплен на корпусе генератора или вынесен к месту сварки на расстояние до 20 м.

Крутопадающие характеристики получаются при включении последовательной обмотки на размагничивающее действие, жесткие — при включении ее на подмагничивающее действие. Изменение вида характеристики, а также установление необходимого диапазона тока (ступенчатое регулирование) осуществляют пересоединением сварочных кабелей на доске зажимов генератора. При ступенчатом регулировании кроме изменения числа подключенных витков размагничивающей обмотки используют еще и последовательное включение в цепь дуги балластных реостатов, что приводит к снижению тока.

Плавное регулирование тока при ручной дуговой сварке и напряжения при полуавтоматической сварке в углекислом газе осуществляют реостатом в цепи независимой обмотки.

Перед пуском в зависимости от необходимого типа характеристики к соответствующим зажимам подключают сварочные кабели, а переключатель напряжения устанавливают в соответствующее положение. После пуска электродвигателя реостатом плавно настраивают сварочный ток и напряжение. Так же устроен и работает генератор ГД-502.

Универсальный агрегат АСУМ-400 состоит из сварочного генератора ГСУМ-400 и электродвигателя, смонтированных на общей раме. Генератор ГСУМ-400 имеет независимое возбуждение и последовательную размагничивающую обмотку. При включении в сварочную цепь последовательной размагничивающей обмотки обеспечи-

ваются крутопадающие внешние характеристики генератора. При отключении последовательной обмотки внешние характеристики приобретают жесткую форму. Агрегат АСУМ-400 обеспечивает питание сварочного поста при ручной или механизированной сварке в двух диапазонах тока (250 и 400 А) и напряжения (22—45 и 45—70 В) как на падающих, так и на жестких внешних характеристиках (табл. 10).

Таблица 1

Технические данные универсальных генераторов

Параметр	ГД-304		ГД-502		ГСУМ.400	
	Характеристики					
	падаю- щие	жест- кие	падаю- щие	жест- кие	падаю- щие	жест- кие
Номинальный сварочный ток, А	315	300	500		400	
Номинальный режим работы ПН, %	60		60		65	
Номинальное напряжение, В	32	30	40		70	
Предел регулирования тока, А	15—350	80—300	15—500		100—400	
Предел регулирования напряжения, В	—	16—45	15—50		—	25—70
Частота вращения генератора, об/мин	2000		3000		2925	
Габаритные размеры, мм	680×624× ×700		950×500× ×750		1660×560× ×920	
Масса, кг	260		400		850	

СВАРОЧНЫЕ АГРЕГАТЫ

Сварочные агрегаты состоят из генератора постоянного тока и приводного бензинового или дизельного двигателя.

Можно выделить следующие виды сварочных агрегатов: по типу генератора — с коллекторным и вентильным генератором; по виду привода — с бензиновым и дизельным (иногда электрическим) двигателем; по способу установки — передвижные, стационарные.

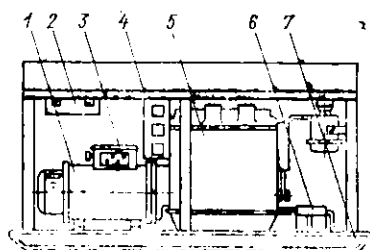


Рис. 31. Устройство сварочного агрегата

Агрегаты имеют падающие внешние характеристики и предназначены для ручной сварки в полевых условиях.

В состав каждого агрегата (рис. 31) входят: генератор 1 с реостатом для регулирования сварочного тока 3, дизель или бензиновый двигатель 5, соединительная

муфта, пульт управления 4, аккумуляторные батареи 6, капот с кровлей и шторками, топливный бак 2. На панели пульта наряду с измерительными приборами размещены выключатели зажигания, измерительных приборов, стартера, розетка для подключения переносной лампы, тяги дроссельной и воздушной заслонок, фонарь для освещения приборов. Генератор и двигатель смонтированы на общей раме 7. Агрегаты сходны по конструкции и отличаются типом двигателей и генераторов (табл. 11 и 12).

Агрегат АДБ-309, например, состоит из генератора постоянного тока ГД-303 и бензинового двигателя модели «Волга» (ГАЗ-320-01), соединенных с помощью фланца.

Генератор ГД-303 имеет пять ступеней регулирования и пять диапазонов сварочного тока. Ступенчато ток регулируют включением части или полного числа витков последовательной размагничивающей обмотки, а также включением в цепь якоря дополнительных балластных сопротивлений, расположенных на корпусе генератора. Для плавного регулирования тока в пределах диапазона служит реостат в цепи обмотки возбуждения, смонтированный в отдельном кожухе и переносимый к месту сварки.

Двигатель модели 320-01 — бензиновый четырехтактный, четырехцилиндровый, отрегулированный на частоту вращения 2000 об/мин, мощностью 29 кВт. На двигателе установлены зарядный генератор, стартер, распределитель зажигания и катушка зажигания. Двигатель запускают от аккумуляторной батареи. Сварочный агрегат АДБ-318 состоит из вентильного генератора ГД-312 и бензинового двигателя модели «Волга» ГАЗ-320-01.

Таблица 1

Технические данные сварочных агрегатов с бензиновыми двигателями

Параметр	АСВ-300М	АСВ-300-7	АДБ-309
Тип генератора	ГСО-300М	ГСО-300-5	ГД-303
Номинальный сварочный ток, А	250	300	315
Напряжение холостого хода, В	52—80	52—80	75—80
Номинальное напряжение, В	30	32	32
Предел регулирования тока, А	100—300	100—315	15—350
Тип двигателя	408	ГАЗ-320	ГАЗ-320-01
Частота вращения, об/мин	3000	2000	2000
Габаритные размеры, мм	1095×830× ×1630	1695×830× ×1630	1890×880× ×1200
Масса, кг	565	632	750
Параметр	АДБ-311	ПАС-400-VI ПАС-400-VIII	АДБ-318
Тип генератора	ГД-305	СГП-3-VI	ГД-312
Номинальный сварочный ток, А	315	500	315
Напряжение холостого хода, В	75—80	75—80	85
Номинальное напряжение, В	32	40	32
Предел регулирования тока, А	15—350	120—500	40—350
Тип двигателя	ГАЗ-320-51	ЗИЛ-164А	ГАЗ-320-01
Частота вращения, об/мин	1500	1600	2000
Габаритные размеры, мм	1890×880× ×1200	2950×880× ×1530	1895×880× ×1200
Масса, кг	800	1900	720

Порядок подготовки агрегатов с бензиновыми двигателями к работе следующий. Агрегат устанавливают неподвижно на ровной горизонтальной поверхности и заземляют с помощью болта «Земля» на корпусе генератора. Подключают сварочные провода, устанавливают нужный диапазон тока, маховичок регулятора-реостата поворачивают против часовой стрелки до упора.

Пред пуском бензинового двигателя проверяют уровень масла в картере, наличие бензина в баке и охлаждающей жидкости в радиаторе. Для пуска двигателя ручным приводом необходимо закрыть дроссельную за-

Таблица 12

Технические данные сварочных агрегатов с дизелями

Параметр	АСД-300М	АДД-303	АДД-304	АДД-305
Тип генератора	ГСО-300	ГСО-300-12	ГД-306	ГД-310
Номинальный сварочный ток, А	315	315	250	315
Напряжение холостого хода, В	90	90	90	90
Номинальное напряжение, В	32	32	30	32
Предел регулирования сварочного тока, А	100—315	100—315	100—300	60—350
Тип двигателя	4ч-8,5/11	Д-37М	2ч-8,5/11	Д-37Е-СЗ-1
Частота вращения, об/мин	1500	1600	1800	1600
Габаритные размеры, мм	1915 × ×895 × ×1400	1915 ×895 × ×1250	1820 × ×980 × ×1430	1915 × ×895 × ×1140
Масса, кг	920	900	850	900

Параметр	АДД-309	АДД-502	АСД11-500Г
Тип генератора	—	—	ГСМ-500
Номинальный сварочный ток, А	315	500	500
Напряжение холостого хода, В	90	—	80
Номинальное напряжение, В	32	—	40
Предел регулирования сварочного тока, А	—	100—500	120—500
Тип двигателя	—	Д-144-80	ЯАЗ-М204Г
Частота вращения, об/мин	1800	—	1500
Габаритные размеры, мм	1970 ×875 × ×1140	—	8350 ×2350 × ×2785
Масса, кг	850	3000	4450

слонку карбюратора и включить зажигание. Затем включить стартер и держать его включенным до тех пор, пока двигатель не заработает, но не более 5 с.

По окончании пускового периода, т. е. после возбуждения генератора реостат следует установить на нужную силу тока и приступить к сварке.

К сварочным агрегатам с дизелями относятся

АСД-300М, АДД-303, АДД-304, АДД-305, АДД-309, АДД-311, АДД-502, АСДП-500Г.

Агрегат АДД-305, например, состоит из сварочного генератора с самовозбуждением ГД-310 и дизеля с улучшенным запуском и воздушным охлаждением на одноосном прицепе.

Передвижной агрегат АСДП-500Г предназначен для питания постоянным током двух сварочных постов ручной дуговой сварки. Он состоит из дизеля ЯАЗ-М204Г и генератора ГСМ-500, соединенных эластичной муфтой и смонтированных на общей раме на автомобильном двухосном прицепе.

Основное отличие агрегата АСДП-500Г от других агрегатов с дизелем заключается в устройстве и принципе работы сварочного генератора ГСМ-500. Генератор имеет жесткую внешнюю характеристику и предназначен для питания двух постов сварки током до 350 А каждый.

Напряжение генератора регулируется реостатом-регулятором в цепи параллельной намагничивающей обмотки возбуждения. Ток сварочных постов регулируют балластными реостатами, включенными последовательно со сварочной дугой. Перед пуском в работу агрегата АСДП-500Г рубильники балластных реостатов должны быть разомкнуты.

Перед пуском дизеля необходимо убедиться в поступлении топлива из бака к фильтру, отсутствии воздуха и течи в топливной системе, установить ручку подачи топлива в положение, соответствующее наибольшей подаче. Для пуска двигателя необходимо включить выключатель массы, перевести ключ выключателя стартера и свечи накаливания в первое фиксированное положение, при этом включается предпусковой подогреватель. После этого ключ следует перевести во второе фиксированное положение, реле стартера включает стартер.

Если двигатель после трех-четырех попыток с минутными перерывами не запустился, то во избежание выхода из строя аккумуляторных батарей следующую попытку необходимо повторить только через 2,5—3 мин. Продолжительность непрерывной работы стартера не должна превышать 15 с. После пуска двигателя стартер автоматически отключается от батарей аккумуляторов. Ключ выключателя следует повернуть, переведя его в исходное положение. После этого регулировочным и балластным реостатом настраивают режим и приступают к сварке.

УСТАНОВКИ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ДУГОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ

ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМ ИСТОЧНИКАМ

Широкое применение находят специальные способы дуговой сварки, при которых дуга горит в инертном газе.

Обычно установки для специальных способов сварки представляют собой сложный комплекс, обеспечивающий питание сварочной дуги током, а также подачу в горелку защитного газа и охлаждающей воды, начальное возбуждение дуги, газовую защиту сварочной ванны и электрода, заварку кратера в конце шва и отключение источника и прекращение подачи газа после сварки. Поэтому к специализированным источникам предъявляются особые требования.

Одно из требований касается выбора типа внешней характеристики. При сварке неплавящимся электродом отсутствует саморегулирование дуги, поэтому для обеспечения постоянства режима (силы тока) необходима крутопадающая характеристика.

Возбуждение дуги коротким замыканием нежелательно, так как при этом наблюдается загрязнение шва вольфрамом и повышенный расход электрода. Поэтому источник должен иметь высоковольтный высокочастотный генератор для бесконтактного пробоя межэлектродного промежутка — осциллятор. При длине дугового промежутка 5 мм осциллятор должен генерировать серию импульсов напряжением до 10 кВ. Частоту генерируемых колебаний по соображениям безопасности выбирают в пределах 200—400 кГц. Осциллятор создает помехи радиоприему, поэтому время его работы ограничивают 0,5—1 с. Для защиты от пробоя изоляции источника питания высоковольтным разрядом осциллятора необходим фильтр.

Источник должен иметь устройство для плавного снижения тока в конце сварки, чтобы обеспечить заварку кратера.

Еще одно требование связано с выбором рода тока и полярности дуги. При использовании постоянного тока и дуги прямой полярности благодаря высокой температуре нагретого до 3800°C торца вольфрамового электрода выше устойчивость и ниже напряжение горения дуги. В этом случае более благоприятно распределение теплоты, дуги, большая часть которого идет в основной металл (анод). Поэтому в большинстве случаев аргонодуговой сварки рекомендуют источник постоянного тока. Однако при сварке алюминия и его сплавов используют источники переменного тока. В этом случае в момент прямой полярности происходит плавление основного металла, в момент обратной полярности — катодное распыление прочной и тугоплавкой окисной пленки на алюминии, препятствующей сварке.

К источнику переменного тока предъявляют особые требования: в моменты, когда катод располагается на основном металле, зажигание дуги затруднено, сила тока ниже на 20—50%. Устойчивость горения дуги снижается, в сварочной цепи появляется постоянная составляющая тока, которая ухудшает работу источника питания. Для обеспечения надежного повторного возбуждения дуги такие источники снабжают генераторами импульсов — стабилизаторами дуги. В отличие от осциллятора стабилизатор подает на дуговой промежуток импульс напряжением 500—600 В в момент перехода от прямой к обратной полярности дуги.

Для подавления постоянной составляющей переменного тока в цепь дуги последовательно включают батареи конденсаторов. Конденсаторы представляют собой бесконечно большое сопротивление для постоянного тока и пропускают переменный ток.

Сжатая дуга при плазменной резке также предъявляет некоторые особые требования к источнику. Для ее питания требуются источники с повышенными рабочим напряжением и напряжением холостого хода.

При плазменной резке обычно вначале возбуждается дежурная дуга между соплом и электродом и только затем зажигается основная дуга между электродом и деталью. Следовательно, источник должен иметь осциллятор и устройство для питания дежурной дуги током до 20 А. В качестве такого устройства используют маломощный выпрямитель или питают дежурную дугу от основного источника через дополнительный балластный реостат.

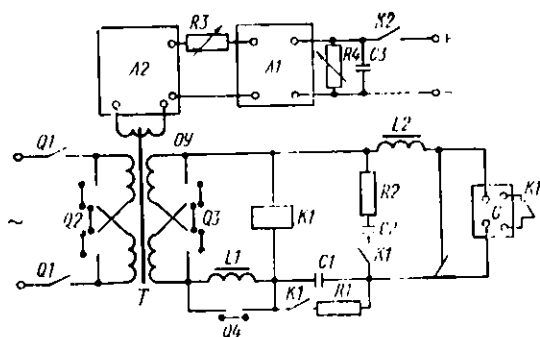


Рис. 32. Электрическая схема установок УДГ-301 и УДГ-501

Управляют специализированными источниками с помощью блока управления циклом сварки (или резки). Этот блок позволяет в необходимой последовательности автоматически включать и отключать отдельные узлы, обеспечивающие нормальную работу источника и заданный технологический процесс сварки или резки.

ИСТОЧНИКИ ДЛЯ СВАРКИ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ

Для ручной дуговой сварки алюминия и его сплавов на переменном токе вольфрамовым электродом в аргоне предназначены установки типа УДГ-301 и УДГ-501.

Установки УДГ-301 и УДГ-501 состоят из шкафа управления и горелки. В шкафу управления расположены силовой и вспомогательные трансформаторы, сетевой контактор, магнитный усилитель для управления сварочным током, блок конденсаторов для подавления постоянной составляющей тока, аппаратура управления работой установки, блок поджигания и стабилизации дуги.

В установках используют (рис. 32) сварочный трансформатор ТРПШ-300 или ТРПШ-500 с крутопадающей характеристикой и подмагничиваемым шунтом. Переключатель Q2 — Q3 служит для переключения первичных и вторичных обмоток с параллельного на пос-

ледовательное соединение, чем достигается ступенчатое (приблизительно в 4 раза) уменьшение силы сварочного тока. В установке УДГ-301, кроме того, имеется дроссель $L1$ позволяющий при размыкании переключателя $Q4$ уменьшить ток до 15 А.

Плавное регулирование сварочного тока осуществляют резистором $R3$, выведенным на панель управления. При этом изменяется ток в обмотке управления шунта $ОУ$, питаемой через транзисторный $A1$ и магнитный $A2$ усилители.

Для первоначального возбуждения и стабилизации дуги служит поджигающее устройство G , которое может работать в режиме осциллятора и стабилизатора. При включении источника контактором $Q1$ срабатывает реле дуги $K1$ и запускает устройство G в работу в осцилляторном режиме. Высоковольтный высокочастотный импульс подается к электроду и изделию, образуя искровой разряд, переходящий в дуговой. Для защиты источника от высоковольтного напряжения служит фильтр $L2-R2-C2$ и контакт $K1$. После возбуждения дуги реле $K1$ отключается и переводит G на работу в стабилизаторном режиме. Для подавления постоянной составляющей сварочного тока используют батарею конденсаторов $C1$. В момент зажигания дуги блок конденсаторов шунтируется балластным резистором $R1$.

Заварка кратера обеспечивается после размыкания контакта $K2$. При этом плавно снижается ток обмотки управления шунта в результате зарядки конденсатора $C3$ на резистор $R4$, задающий время и ток заварки.

На левой стенке шкафа расположены ниппели для ввода газа и подключения газа к горелке, изоляционная панель с водотокоподводом, штепсельный разъем для подключения включателя сварки, зажим для подключения сварочного кабеля к изделию, штепсельный разъем для подключения установки к пульту управления автомата (при автоматической сварке). Панель с зажимами для подключения питающей сети расположена внутри шкафа.

При подготовке к работе и пуске установки сначала устанавливают требуемый диапазон сварочного тока. Затем регулятором на лицевой панели устанавливают примерное значение сварочного тока. Тумблер предела измерения переключают в нужное положение. Открывают вентиль для подачи воды, охлаждающей горелку. Установ-

ку подключают к сети рубильником, при этом загорается сигнальная лампа «Сеть». Включают установку пакетным выключателем «Цепь управления», при этом загорается вторая сигнальная лампа. Нажатием на кнопку «Пуск» включается вентилятор. При необходимости работать с заваркой кратера включают устройство завар-

Таблица 13

Технические данные установок для ручной сварки в аргоне

Параметр	УДГ-101	УДГ-301	УДГ-501
Потребляемая мощность, кВт·А	7	25	40
Номинальный сварочный ток, А	50	315	500
Предел регулирования сварочного тока, А	2—80	15—315	40—500
Диаметр вольфрамового электрода, мм	0,4—2	0,8—6	2—10
Габаритные размеры, мм	650×900× ×940	730×900× ×1620	730×900× ×1620
Масса, кг	260	400	500

Примечание. Напряжение сети 220 или 380 В, напряжение холостого хода 70 В, режим работы ПН—60%.

ки кратера и устанавливают требуемое время заварки. Открывают вентиль на баллоне с защитным газом, проверяют подачу защитного газа нажатием кнопки «Проверка газа» и устанавливают расход газа по расходомеру (обычно 6—12 л/мин). Убедившись в правильной настройке установки, приступают к сварке. Для этого следует поднести горелку к изделию и включить расположенный на горелке выключатель. Сварку прекращают выключателем на горелке, после чего дают выдержку времени на обдув защитным газом ванны металла и электрода.

При перерывах в работе установку необходимо отключать от сети. Для этого кнопкой «Стоп» и пакетным выключателем отключают питание вентилятора и цепей управления, закрывают вентиль на баллоне, отключают воду и размыкают сетевой рубильник.

Установка УДГ-101 предназначена для сварки изделий малой толщины (0,2—2,5 мм) постоянным током в

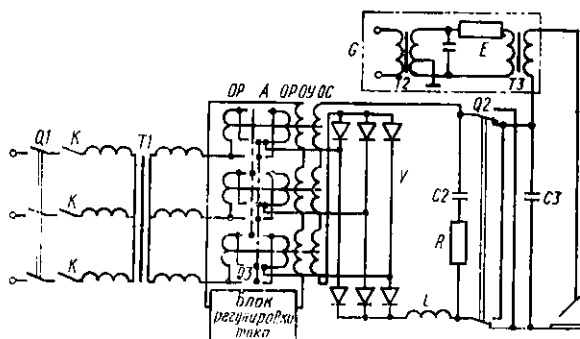


Рис. 33. Электрическая схема установки УДГ-101

инертном газе (табл. 13). Установка состоит из шкафа и пульта управления и ручной горелки. В шкафу управления размещены источник питания, осциллятор, блок управления циклом сварки, измерительная и управляющая аппаратура. Источник питания (рис. 33) состоит из трехфазного трансформатора T_1 , дросселя насыщения A с переключателем диапазонов сварочного тока Q_3 , селенового выпрямительного блока V и дросселя L в цепи выпрямленного тока. С помощью переключателя Q_1 установку можно подключить к сети. Переключатель Q_2 служит для изменения полярности постоянного тока. Дроссель насыщения имеет по две рабочих обмотки OP на каждую фазу, обмотку управления OU и обмотку положительной обратной связи по току OC . Он служит для получения крутопадающей (вертикальной) внешней характеристики.

Переключателем диапазонов Q_3 рабочие обмотки соединяют параллельно или последовательно, чем достигается два диапазона (12—80 и 2—15 А) сварочного тока. Плавное регулирование сварочного тока осуществляется с помощью блока регулировки тока и заварки кратера, размещенного на пульте управления. Зажигание дуги выполняется осциллятором G , работающим следующим образом. При подаче напряжения на первичную обмотку повышающего трансформатора T_2 на его вторичной обмотке появляется высокое напряжение частотой 50 Гц. Конденсатор C_1 заряжается до тех пор, пока не произойдет пробой межэлектродного промежутка искрового разрядника E . При этом в колебательном контуре C_1 - T_3 - E

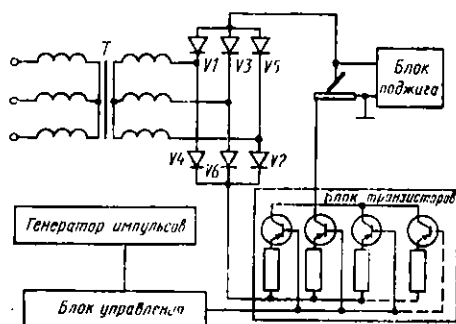


Рис. 34. Блок-схема источника питания АП-5

возникают высокочастотные импульсы с напряжением ~ 6500 В, которые, попадая на дуговой промежуток, возбуждают сварочную дугу. Осциллятор включен последовательно с дугой, что значительно упрощает устройство фильтра (конденсатор СЗ).

На панели шкафа управления расположены амперметр и вольтметр для измерения сварочного тока и напряжения на дуге, переключатель полярности выходного напряжения, переключатель управления с пульта на педальную кнопку, контактор для включения источника питания, автоматический выключатель.

Пульт управления содержит сигнальную лампу, показывающую наличие напряжения на установке, регуляторы сварочного тока и переключатель диапазонов, узел

Таблица 14

Источники питания малоамперной дуги

Параметр	АП-5	АП-5М
Номинальная мощность, кВт·А	4,0	4,0
Номинальный сварочный ток, А	100	80
Предел регулирования сварочного тока, А	5—100	10—100
Напряжение холостого хода, В	25—40	60
Предел регулирования длительности импульса и паузы, с	0,03—0,6	0,03—0,6
Габаритные размеры, мм	518×664×955	800×600×1400
Масса, кг	150	130

Примечание. Напряжение сети 380 В, номинальный режим работы ПВ—60%, КПД 60%.

реостата $R1$ и возрастанию тока резки. Такой режим пуска обеспечивает высокую стойкость плазмотрона. Конденсатор $C2$ защищает выпрямительный блок от высокого напряжения осциллятора.

На лицевой панели аппаратного шкафа расположены амперметр, вольтметр, манометр для контроля давления и регулятор расхода воздуха, лампы «Сеть» и «Готовность», счетчик резов и выключатель цепей управления. На задней стенке шкафа находится панель для подключения аппарата к сети и трансформаторам, панель со штуцерами для подвода воды и воздуха к аппарату, штуцера и клеммы для подключения плазмотрона и изделия к аппарату, а также штепсельный разъем для подключения кнопочной станции.

Перед пуском в аппарат подают воздух и охлаждающую воду, устанавливают силу тока равномерной настройкой регуляторов всех трех трансформаторов, сетевым рубильником подают напряжение на аппаратный шкаф. Затем включают цепи управления тумблером на панели аппарата, при этом загорается лампа «Сеть». Регулятором устанавливают расход воздуха, после чего загорается лампа «Готовность». После нажатия кнопки «Пуск» происходит возбуждение дежурной дуги, а при касании ее факелом изделия — возбуждение основной дуги и ступенчатое нарастание тока. При нажатии кнопки «Стоп» дуга гаснет; полное отключение аппарата выполняется сетевым рубильником.

Среди специализированных источников для плазменной резки широкое распространение получили тиристорные выпрямители. Такими выпрямителями снабжены установки для плазменной резки УПР-201, АПР-402, АПР-403 (табл. 15).

Установка для механизированной плазменной резки АПР-402 (рис. 36) имеет трехфазный трансформатор с нормальным рассеянием, тиристорный выпрямительный блок $V1—V6$, сглаживающий дроссель L , возбудитель G для питания дуги электрод — сопло, блок трансформаторов тока $T1—T3$, пускатели вентилятора $K1$ и трансформатора $K2$, автоматические выключатели вентилятора $Q2$ и установки $Q1$, вентилятор M , реле контроля вентиляции F , кнопки «Пуск» $S2$ и «Стоп» $S1$, а также не показанные на схеме элементы цепей управления. Вертикально падающие внешние характеристики формируются цепями управления и тиристорным

Таблица 15

Параметр	АПР-402	УПР-201	АВПР-2	Киев-4
Напряжение сети, В	380	220, 380	380	380
Номинальная мощность, кВт·А	120	35	90	60
Номинальный сварочный ток, А	400	200	300	—
Предел регулирования сварочного тока, А	100—500	150—250	150—300	100, 200, 300
Напряжение холостого хода, В	300	180	300	180, 220
Условное рабочее напряжение, В	250	150	160	120—180 140—200
Номинальный режим работы ПВ, %	100	100	100	60, 100
Габаритные размеры, мм	856× ×1124× ×1800	1069× ×816× ×940	550× ×770× ×1200	700× ×840× ×1510
Масса, кг	1000	400	200	700

блоком трансформаторами тока $T1—T3$, обеспечивающими отрицательную обратную связь по току. Тиристорный блок используют, кроме того, для регулирования и стабилизации рабочего тока, а также обеспечения плавного его нарастания в начале резки.

Резка начинается с зажигания дуги электрод — сопло возбуждателем дуги G . После соприкосновения факела дежурной дуги с деталью возбуждается и основная дуга, при этом ток, появившийся на трансформаторах $T1—T3$ дает сигнал на плавное увеличение тока и отключение возбуждателя.

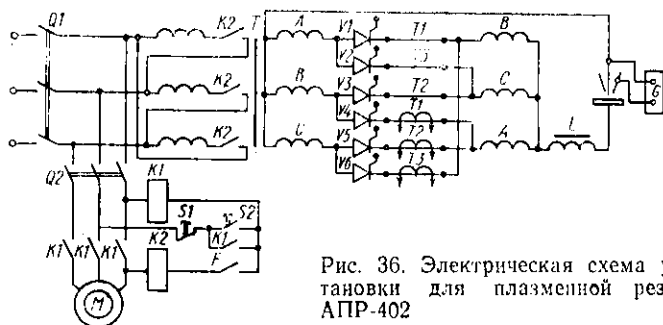


Рис. 36. Электрическая схема установки для плазменной резки АПР-402

Установка выполнена в виде стационарного шкафа и состоит из источника питания со встроенной аппаратурой управления и плазмотрона. На панели установки управления расположены кнопки «Пуск» и «Стоп» резки, кнопки «Пуск» и «Стоп» вентилятора, аварийная кнопка «Стоп», сигнальная лампа «Сеть», регулятор рабочего тока, амперметр и вольтметр, а также переключатель местного и дистанционного управления. На правую стенку установки выведены рукоятка автоматического выключателя для подключения установки к сети, а также газовая аппаратура: регулятор расхода, манометр, редуктор, вентиль и ниппели входа и выхода воздуха.

В нижней части установки находится панель с клеммами для подключения плазмотрона и изделия, клеммами для подключения установки к сети, зажимами для подключения дистанционных систем установки.

Пуск установки выполняют в следующем порядке. Сетевым рубильником подают напряжение на установку, затем устанавливают ручку автоматического выключателя в положение «Включено», при этом загорается сигнальная лампа. Включают вентилятор, устанавливают переключатель местного и дистанционного управления в необходимое положение. Подают в плазмотрон воздух с помощью вентиля и регулируют его давление и расход редуктором и регулятором, включают воду в систему охлаждения плазмотрона. Регулятор рабочего тока устанавливают в необходимое положение. Устанавливают плазмотрон над точкой начала резки и включают кнопку «Пуск» резки. При этом возбуждается дежурная дуга, сразу автоматически переходящая в основную. Начинается процесс резки. По окончании резки последовательно нажимают кнопку «Стоп» резки, отключают автоматический выключатель и сетевой рубильник, отключают воздух и воду.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Источники питания могут быть установлены в отдельном помещении или в сварочном цехе, непосредственно около рабочих мест. Оборудование желательно размещать так, чтобы оно не загромождало и не занимало лишней производственной площади, например меж-

ду колоннами, вдоль стен цехового здания. На открытом воздухе оборудование следует устанавливать на ровных площадках, под навесами, защищающими его от атмосферных осадков. По условиям безопасности и удобства обслуживания при размещении оборудования необходимо оставлять между источниками проходы и располагать их на достаточном расстоянии от стен. Сварочные трансформаторы, выпрямители, преобразователи устанавливают без фундаментов на полу цеха.

В цеховых условиях каждый источник питания подсоединяют к распределительному щиту, внутри которого смонтированы предохранители, рубильники и измерительные приборы. Включают и выключают обычно магнитными пускателями (реже рубильником), установленными на источнике питания или вблизи него.

Для подвода тока от распределительного щита к источнику питания применяют кабели или провода, заключенные в стальные трубы. Для уменьшения индуктивного сопротивления и потерь электроэнергии два провода при однофазной и три провода при трехфазной проводке следует помещать в одну стальную трубу.

Для подключения источников питания к сети используют провода марки ПРГ, для подключения источника к изделию и сварочному автомату — провод марки ПРГД. Выбор сечения проводов зависит от мощности источника или силы сварочного тока (табл. 16).

Таблица 16

Рекомендуемые сечения проводов для подключения сварочных установок

Источник	Сечение провода, мм ²				Сварочная цепь
	медного	алюминиевого	медного	алюминиевого	
	(Напряжение сети 220 В)		(Напряжение сети 380 В)		
ВД-301, ВСЖ-303, ТД-300	10	16	6	10	50
ВД-502, ВДУ-504, ТД-500	16	35	10	16	95
ВКСМ-1000, ВДМ-1001	70	120	35	70	70—95

Сварочный провод, присоединенный непосредственно к электрододержателю или горелке, должен обеспечивать

маневренность, что очень важно при ручной сварке, максимальную гибкость и наименьшую массу. Сечение провода выбирают, как правило, меньшим, чем это предполагается по электротехническим нормам для данной силы тока (табл. 17).

Наиболее частые причины поражения электрическим током: прикосновение к голым токоведущим частям электрооборудования,

отсутствие или низкое качество защитных средств и заземляющих устройств. Поэтому необходима надлежащая изоляция проводов, подводящих ток к сварочному оборудованию от силовой сети, имеющей напряжение 220 В и выше. Клеммы для присоединения проводов от силовой сети должны быть тщательно изолированы от корпуса и прикрыты крышкой или козырьком. Сварочные кабели не должны иметь повреждений изоляции. Зажимы для подсоединения проводов должны быть плотно затянуты.

Во избежание поражения рабочих напряжением 220 и 380 В при случайных пробоях изоляции первичной обмотки трансформатора или обмоток электродвигателя преобразователя корпус источника заземляют. Заземляют также клемму источника, от которой проведен сварочный кабель к изделию. Сечение заземляющего провода должно быть не менее 6 мм² для медного и не менее 12 мм² для стального провода.

При работе внутри металлических сосудов, котлов и при использовании трансформаторов с напряжением холостого хода более 70 В необходимо применять устройство для отключения сварочной цепи снижения холостого хода источника при обрыве дуги (например, УСНТ-05, УСНТ-06). Первичная обмотка трансформатора при холостом ходе питается через ограничительные резисторы устройства УСНТ, поэтому напряжение сети снижается до 45—80 В, а вторичное напряжение холостого хода до 12 В. При возбуждении дуги коротким замыканием резисторы шунтируются тиристорами, и на трансформатор подается полное сетевое напряжение.

Таблица 17

Рекомендуемые сечения проводов для соединения к электродержателю

Сварочный ток, А	Сечение провода, мм ²	
	одинарного	двойного
200	25	—
300	50	2×16
450	70	2×25
600	95	2×35

Через 0,5 — 1 с после прекращения сварки снова включаются ограничительные резисторы и напряжение холостого хода снижается до 12 В.

Все электрооборудование стационарных и передвижных источников питания должно быть в защитном исполнении. Вращающиеся части сварочных преобразователей и агрегатов должны быть ограждены.

Для обеспечения нормальной работы за источниками питания должен быть организован уход и надзор. Повседневный уход за источниками питания заключается в их внешнем осмотре перед началом работы для выявления случайных повреждений, таких, как нарушение изоляции и электрических контактов, вмятин на кожухах выпрямителей и трансформаторов, которые могут привести к замыканию обмоток на корпус, и появление нагара на коллекторах преобразователей.

Перед началом работы сварщик обязан осмотреть изоляцию сварочных проводов и электрододержателя, паличие и надежность заземления сварочных установок, а также убрать с рабочих мест легковоспламеняющиеся вещества. Запрещается приступать к работе на неисправном или не отвечающем установленным правилам и нормам сварочном оборудовании. Во время работы сварщик должен следить за сохранностью изоляции и не допускать повреждений сварочных проводов. Обо всех замеченных до или во время работы неисправностях сварщик обязан сообщить мастеру (прорабу).

Периодическое обслуживание заключается в очистке оборудования от грязи и пыли (не реже одного раза в месяц), проверке состояния элементов электрических схем и сопротивления изоляции (не реже одного раза в три месяца), смазке подшипников и других трущихся частей (ходовые винты, посадочные поверхности валов переключателей, осей и колес), а также в очистке контактов и изоляционных частей переключателей от медной пыли и налета (один раз в шесть месяцев).

Подключение к сети, устранение неисправностей, профилактические осмотры сварочных источников питания должны производиться квалифицированными электриками. Эти работы запрещается производить сварщикам.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ТРАНСФОРМАТОРЫ ОДНОФАЗНЫЕ ОДНОПОСТО- ВЫЕ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ (ГОСТ 95—77)

Номиналь- ный свароч- ный ток, А	Номиналь- ное рабочее напряжение, В	Минималь- ный свароч- ный ток, А не более	Минимальное рабочее на- пряжение, В	Номинальный режим работы ПН, %
--	---	--	---	--------------------------------------

Переносные трансформаторы

125	25,0	30	20,0	Не менее 20
160	26,4	60	22,4	
200	28,0	70	22,8	
250	30,0	100	24,0	

Передвижные трансформаторы

250	30,0	50	22,0	50
315	32,6	60	22,4	60
400	36,0	80	23,2	
500	40,0	100	24,0	

ТРАНСФОРМАТОРЫ ОДНОФАЗНЫЕ ОДНОПОСТО- ВЫЕ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ (ГОСТ 7012—77)

Номиналь- ный свароч- ный ток, А	Номинальное рабочее на- пряжение, В	Пределы регулиру- вания сва- рочного тока, А	Пределы регулируе- ния свароч- ного напря- жения, В	Номинальная относительная продолжитель- ность нагрузки, ПВ, %
630	48	200—750	26—48	100
1000	56	300—1200	30—56	
1600	68	400—1800	32—68	
2000	76	600—2200	32—76	

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО
ТОКА ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ (ГОСТ 7237—77)**

Номинальные параметры				Минимальный сварочный ток, А не более
Сварочный ток, А	Рабочее напряжение генератора, В	Продолжи- тельность цикла сварки, мин	Относительная продолжи- тельность нагрузки ПН, %	
125	25	5	60	20
160	26			25
315	32			45
500	40	10		75

**ВЫПРЯМИТЕЛИ ОДНОПОСТОВЫЕ С ПАДАЮЩИМИ
ВНЕШНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ДУГОВОЙ
СВАРКИ (ГОСТ 13821—77)**

Таблица 1

Номинальный сварочный ток, А	Номинальное рабочее напряжение, В	Минимальный сварочный ток, А, не более	Минимальное рабочее напряжение, В, не более	Номинальный режим работы ПН, %
Для ручной сварки				
125	25	25	21	20; 35; 60
160	26	30	21	
200	28	40	22	
250	30	45	22	
315	32	50	22	60
400	36	80	23	
500	40	100	24	
Для полуавтоматической и автоматической сварки				
500	46 (40)	100	24	60
630	52	125	25	
1000	56	300	26	100
1250	60	300	26	
1600	66	600	30	
2000	66	800	34	

**ГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА
ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ (ГОСТ 304—77)**

Номинальные параметры				Минимальный сварочный ток, А, не более
Сварочный ток, А	Рабочее напряжение, В	Продолжи- тельность цикла сварки, мин	Относитель- ная продол- жительность нагрузки ПН, %	
125	25	5	60	20
160	26			25
250	30			45
315	32			
400	36			60
500	40	10		75

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александров А. Г., Заруба И. И., Пиньковский И. В. Источники питания для дуговой и электрошлаковой сварки. Днепропетровск: Промінь, 1976. 150 с.
- Александров А. Г., Заруба И. И., Пиньковский И. В. Эксплуатация сварочного оборудования. Киев: Будівельник, 1978. 70 с.
- Белинский С. М., Каганский Б. А., Темкин Б. Я. Оборудование для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов. Л.: Энергия, 1975. 101 с.
- Зайцев М. П., Кулешов О. М. Средства автоматизации в оборудовании для дуговой сварки. Л.: Энергия, 1975. 144 с.
- Нестеров Б. З. Электросварочные генераторы повышенной частоты. Л.: Энергия, 1978. 119 с.
- Патон Б. Е., Лебедев В. К. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки. М.: Машиностроение, 1966. 359 с.
- Прох Л. Ц., Шпаков Б. М., Яворская Н. М. Справочник по сварочному оборудованию. Киев: Техніка, 1978. 152 с.
- Рабинович И. Я. Оборудование для дуговой электрической сварки. Источники питания дуги. М.: Машгиз, 1958. 380 с.
- Сварка в машиностроении. Справочник в 4-х т. Т. 4 / Под ред. Ю. Н. Зорина. М.: Машиностроение, 1979. 512 с.
- Справочник сварщика / Под ред. В. В. Степанова. М.: Машиностроение, 1975. 520 с.
- Цукерман М. Б. Источники питания сварочной дуги и электрошлакового процесса. М.: Высшая школа, 1974. 237 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Источники питания сварочной дуги	3
Назначение и классификация источников	3
Электрические свойства сварочной дуги и требования к источникам	5
Технические характеристики и условные обозначения источников	10
Сварочные трансформаторы	12
Принцип действия трансформатора	12
Трансформаторы для ручной сварки	15
Стабилизаторы дуги переменного тока. Сварочные трансформаторы со стабилизацией дуги	21
Трансформаторы для механизированной сварки	22
Сварочные выпрямители	24
Принцип действия выпрямителя	24
Выпрямители для ручной сварки	28
Выпрямители для механизированной сварки	32
Универсальные выпрямители	37
Многопостовые выпрямители	41
Сварочные генераторы, преобразователи и агрегаты	46
Принцип действия коллекторного и вентильного генераторов	46
Преобразователи для ручной и механизированной сварки	50
Универсальные генераторы и агрегаты	53
Сварочные агрегаты	55
Установки для специальных способов дуговой сварки и резки	60
Требования к специализированным источникам	60
Источники для сварки неплавящимся электродом	62
Источники для резки плазменной дугой	68
Основные правила эксплуатации источников питания	71
Приложение	75
Список литературы	78

ИБ № 2131

**Александр Гаврилович Александров,
Виталий Сергеевич Милютин**

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

**Редактор Т. Е. Черешнева
Художественный ред. Ю. Г. Ворончихин
Технический редактор Н. М. Михайлова
Корректор А. П. Сизова
Обложка художника В. П. Сысоева**

Сдано в набор 18.12.81. Подписано в печать 26.02.82. Т-00455. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 4,20. Уч.-изд. л. 4,23. Тираж 50 000 экз. Заказ № 135. Цена 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение». 107076, Москва, Стромынский пер., 4.

Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 103051, Цветной бульвар, 26.

10 коп.

