

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВАРОЧНАЯ ДУГА

Сварочная дуга представляет собой электрический дуговой разряд в ионизированной смеси газов, паров металлов и компонентов, входящих в состав электродных покрытий, флюсов и других средств.

Физические и электрические свойства сварочной дуги. Для возникновения электрического разряда газовый промежуток между электродами должен быть ионизирован. Процесс ионизации протекает в следующем порядке. При соприкосновении торца электрода и свариваемого изделия выступы шероховатых поверхностей мгновенно разогреваются током до температуры плавления и испарения вследствие большого омического сопротивления контакта. После отрыва электрода от изделия разогретый торец электрода (отрицательный полюс) начинает испускать электроны, устремляющиеся к аноду под действием разности потенциалов между электродами. При столкновении с электродными частицами металлов которые в виде паров имеются в межэлектродном промежутке, электроны ионизируют их. Ионизация мгновенно охватывает весь межэлектродный промежуток, и он становится электропроводным. В процессе горения дуги ионизация поддерживается благодаря высокой температуре.

Напряжение на дуге равно сумме падений напряжений в трех ее основных (рис. 31) областях:

$$U_d = U_k + U_c + U_a = f(I_d),$$

где U_d - напряжение на дуге, В; U_k - падение напряжения на катоде, В; U_c - падение напряжения в столбе дуги, В; U_a - падение напряжения на аноде, В; I_d - сила тока в дуге.

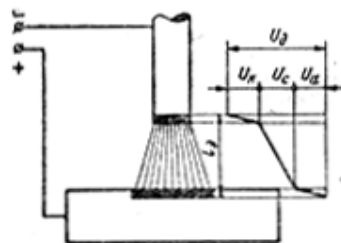


Рис. 31. Распределение падений напряжения в дуге

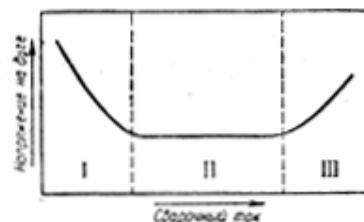


Рис. 32. Общий вид статической характеристики дуги

Зависимость напряжения дуги от силы сварочного тока называют статической (вольтамперной) характеристикой дуги.

В общем виде статическая характеристика дуги показана на рис. 32. При малых значениях силы тока в электроде (область I) статическая характеристика дуги падающая. При средних значениях силы тока (при ручной и автоматической дуговой сварке под флюсом) напряжение на дуге не зависит, от силы тока (область II, жесткая характеристика). В этом случае с достаточной

точностью статическая характеристика может быть выражена уравнением

$$U_d = a + bI_d,$$

где I_d - длина дуги, мм; a , b — постоянные коэффициенты, зависящие от материала электродов, давления и свойств газовой среды.

Из этого уравнения следует, что напряжение на дуге, при всех прочих равных условиях, будет зависеть от длины столба дуги.

Возрастающая статическая характеристика дуги (область III, см. рис. 32) получается при большой силе тока (при автоматической сварке под флюсом или при сварке в среде защитных газов).

Сварочная дуга переменного тока. Вследствие того, что мгновенные значения переменного тока 100 раз в секунду переходят через нуль, причем меняет также свое местонахождение катодное пятно, являющееся источником вылета электронов, ионизация дугового промежутка получается менее стабильной и сварочная дуга менее устойчива, при прочих равных условиях, по сравнению с дугой постоянного тока.

Если дуга включена в цепь переменного тока последовательно с активным сопротивлением, то мгновенные значения напряжения источника и сварочного тока совпадают по фазе. В каждый полупериод дуга угасает и вновь зажигается (восстанавливается) через некоторый промежуток времени, пока напряжение источника тока поднимается до некоторой величины, называемой напряжением повторного зажигания.

Зажигание дуги характеризуется началом прохождения тока в сварочной цепи. В каждый полупериод имеется перерыв в прохождении тока при угасаниях дуги. Эти перерывы называют временами угасания дуги. Момент угасания происходит при несколько меньшем мгновенном значении напряжения источника, чем в момент зажигания, для которого требуются более высокие значения для получения ионизации остывшего промежутка. Время угасания дуги зависит от максимального значения напряжения зажигания дуги и частоты переменного тока.

Время восстановления дуги снижается при повышении напряжения холостого хода и при использовании повышенных частот. Это время уменьшается также и при снижении напряжения зажигания. Из указанных мер повышения устойчивости горения дуги наиболее распространено снижение напряжения зажигания, чего достигают применением электродов с ионизирующими обмазками.

Величина напряжения зажигания зависит от целого ряда факторов, в первую очередь от величины силы тока дуги. С увеличением силы сварочного тока напряжение зажигания - дуги снижается.

Для сварки открытой дугой напряжение зажигания U_z и напряжение горения дуги U_d имеют следующую зависимость:

$$U_z = (1,3-2,5) U_d,$$

При сварке на больших силах тока под флюсом Напряжение зажигания почти равно напряжению горения дуги.

Повышение напряжения холостого хода источника питания ограничено

правилами техники безопасности, а использование высоких частот требует применения специальной аппаратуры. Общепринятой мерой повышения стабильности сварочной дуги переменного тока является включение в сварочную цепь катушек со стальным сердечником (дросселей), которые позволяют вести сварочные работы металлическими электродами при напряжении сварочного трансформатора порядка 60—65 В и стандартной частоте. При этом в обмотке электродов должно быть достаточное количество ионизирующих компонентов.

Требования к источникам питания сварочной дуги. Свойства источника питания определяются его внешней характеристикой, - которая представляет собой зависимость изменения напряжения источника от силы тока нагрузки.

Свойства потребителя, которым при сварке является дуга, характеризуются также зависимостью изменения напряжения на дуге от потребляемого тока.

Устойчивость горения дуги зависит от соответствия формы внешней характеристики источника заданной форме статической характеристики Дуги.'

Внешняя характеристика источника питания, как и характеристика дуги, может быть падающей, жесткой или возрастающей.

Для ручной дуговой сварки и автоматической сварки под слоем флюса с автоматическим регулированием напряжения на дуге, когда статическая характеристика дуги жесткая (рис. 33, кривая 1), внешняя характеристика источника питания должна быть крутопадающей (кривая 2). Чем больше крутизна падения внешней характеристики в рабочей части' (рис. 33, точка К), тем меньше колебания тока при изменении длины дуги. При таких характеристиках напряжение холостого хода источника питания всегда больше напряжения на дуге ($U_0 > U_d$), что облегчает первоначальное и повторные зажигания дуги, особенно при сварке на переменном токе.



Рис. 33. Падающие (кривые 2 и 3) внешние характеристики источника питания при жесткой (кривая 1) статической характеристике дуги

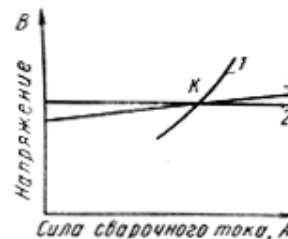


Рис. 34. Жесткая (кривая 2) и возрастающая (кривая 3) внешние характеристики источника питания при возрастающей (кривая 1) статической характеристике дуги

Кроме того, при крутопадающей внешней характеристике ограничивается сила тока короткого замыкания, которая по отношению к рабочей силе тока находится в пределах

$$1,25 < I_k / I_d < 2.$$

При автоматической сварке под флюсом с саморегулированием дуги, когда статическая характеристика дуги также жесткая, внешняя характеристика источника питания для повышения интенсивности саморегулирования должна

быть пологопадающей (рис. 33, кривая 3).

При сварке в среде защитных газов на постоянном токе при большой плотности тока в электроде статическая характеристика дуги возрастающая (рис. 34, кривая 1). В этом случае внешняя характеристика источника для еще большей интенсивности саморегулирования может быть жесткой или возрастающей (кривые 2 и 3).

Источники питания сварочной дуги должны обеспечивать возможность настройки различных режимов сварки, которая заключается в установлении оптимальной величины силы тока при заданном напряжении дуги. Для этой цели источник питания должен иметь регулирующее устройство, обеспечивающее получение в определенном диапазоне регулирования несколько внешних характеристик, которые должны обеспечивать устойчивое горение дуги при заданном напряжении и силе тока.

Наиболее распространенным способом настройки режима сварки является комбинированное регулирование. Оно заключается в том, что весь диапазон регулирования по силе тока разбивают на ряд ступеней — грубое регулирование, а в пределах каждой ступени осуществляют плавное регулирование.

При изменении ступеней напряжение холостого хода источника питания может оставаться постоянным или несколько изменяться в зависимости от величины устанавливаемой силы сварочного тока. При этом необходимо учитывать, что при переходе на малые величины силы тока нежелательно снижать напряжение холостого хода источника питания.

Каждый источник питания рассчитывают на определенную нагрузку, при которой он работает, не перегреваясь выше допустимых норм. Силу тока и напряжение источника, при которых он работает в данном режиме не перегреваясь, называют номинальными.

Номинальная сила сварочного тока различна при различном режиме работы источника питания дуги. Режим работы характеризуется отношением длительности сварки к сумме длительности сварки и холостого хода, выраженной в процентах. Обычно режим работы источников тока при дуговой сварке обозначают знаком ПР% или ПВ%:

$$\text{ПР\%} = t_{\text{св}} / (t_{\text{св}} + t_{\text{п}}) * 100\%$$

$t_{\text{св}}$ — время сварки; $t_{\text{п}}$ — время пауз. Понятно, что чем больше ПР%, тем тяжелее режим работы и тем меньше должна быть номинальная сила сварочного тока.

За номинальный режим работы однопостовых сварочных генераторов, трансформаторов и выпрямителей принят режим при ПР = 65% или 60% и многопостовых источников питания — при ПР = 100%.

Длительность рабочего цикла ($t_{\text{св}} + t_{\text{п}}$) в этих случаях принимают 5 мин. Номинальный режим работы источников для автоматической сварки с номинальной силой тока 500 и 1000 А принят ПВ = 60% и установок с

номинальной силой тока 2000 А — при ПВ = 50%. В этих случаях продолжительность цикла принята 10 мин.

Помимо указанных основных требований, общих для всех источников питания, к сварочным генераторам постоянного тока предъявляют специальные требования в отношении динамических свойств, под которыми принимают способность источника питания быстро восстанавливать в цепи дуги соответствие напряжения изменившейся силе тока (при разрыве дуги напряжение должно быстро восстанавливаться до величины напряжения холостого хода, а при коротком замыкании электродов должно быстро падать до нуля).

Время восстановления напряжения от нуля до величины напряжения горения дуги у сварочных генераторов не должно превышать 0,03 с.

Источники питания переменного тока.

Основными источниками питания для сварки на переменном токе являются сварочные трансформаторы.

Сварочные трансформаторы подразделяют на две основные группы. К первой группе относят трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием и дополнительной реактивной катушкой -т- дросселем. Дроссель может иметь с трансформатором как общий (трансформаторы со встроенным дросселем), так и отдельный (трансформаторы с отдельным дросселем) магнитопроект. Ко второй группе относят трансформаторы с повышенным магнитным рассеянием. По способу регулирования индуктивного сопротивления трансформаторы второй группы можно разделить на три основных типа: трансформаторы с магнитными шунтами, трансформаторы с подвижными катушками и трансформаторы с витковым (ступенчатым) регулированием.

Трансформаторы первой группы (типа СТЭ и СТН) не приведены, так как они считаются устаревшими и серийно в СССР заводами электромашиностроения не выпускаются.

Трансформаторы с повышенным магнитным рассеянием. К трансформаторам с магнитными шунтами относят трансформаторы типа СТАН, ОСТА и СТШ.

Трансформаторы СТАН и ОСТА промышленность не выпускает.

Трансформаторы типа СТШ, разработанные институтом электросварки им. Е. О.Патона, выполнены с развитым (повышенным) магнитным рассеянием, регулируемым подвижными шунтами с помощью ходового винта. Трансформаторы этого, типа изготавливает серийно Каховский завод электросварочного оборудования.

Конструкция трансформатора СТЩ-500 показана на рис. 35. Магнитопроект 1 стержневого типа собран из листовой стали Э42 толщиной 0,5 мм. Катушки вторичной обмотки 4 выполнены из голой алюминиевой шины, намотанной на ребро. Катушки первичной обмотки 2 изготовлены из алюминиевого провода. Катушки первичной и вторичной обмоток, расположенные на разных стержнях, соединены между собой параллельно. Выводы обмоток и соединительные шины

армированы медными накладками. Между витками катушек проложены асбестовые прокладки.

Силу сварочного тока регулируют изменением положения магнитного шунта 3 в окне магнитной системы.

Указатель величины силы сварочного тока соединен с одним из шунтов.

Внешняя характеристика трансформатора падающая.

В трансформаторе СТШ-500-80 напряжение холостого хода повышено до 80 В. Для расширения пределов регулирования силы тока внутри кожуха трансформатора установлен переключатель, с помощью которого катушки первичной и вторичной обмоток можно соединить последовательно или параллельно.

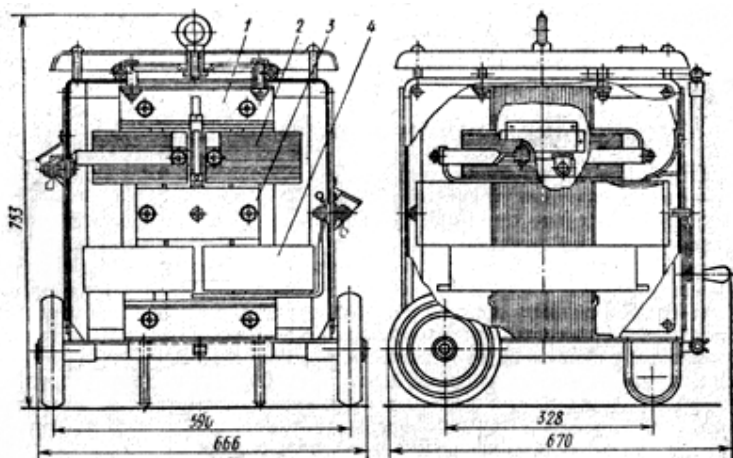


Рис. 35. Трансформатор СТШ-500:

1 — магнитопровод; 2 — первичная обмотка; 3 — магнитный шунт; 4 — вторичная обмотка

При параллельном соединении обмоток напряжение горения дуга 25 В, при последовательном — 50 В.

Трансформатор имеет устройство, обеспечивающее отключение первичной обмотки от сети через 0,5—1 с после прекращения процесса сварки.

Сварочные трансформаторы с подвижными катушками типа ТС, ТСК и ТД предназначены для питания электрической дуги при ручной дуговой сварке, резке и наплавке металлов Однофазным переменным током частотой 50 Гц.

Трансформаторы этого типа являются однопостовыми; каждый из них может быть использован для питания одного сварочного поста. Магнитное рассеяние у них регулируют изменением расстояния между первичной и вторичной обмотками.

Вторичное напряжение трансформаторов несколько зависит от расстояния между катушками: напряжение холостого хода при сдвинутых катушках больше, при раздвинутых — меньше.

Общий вид трансформаторов ТС-300 и ТС-500 показан на рис. 36.

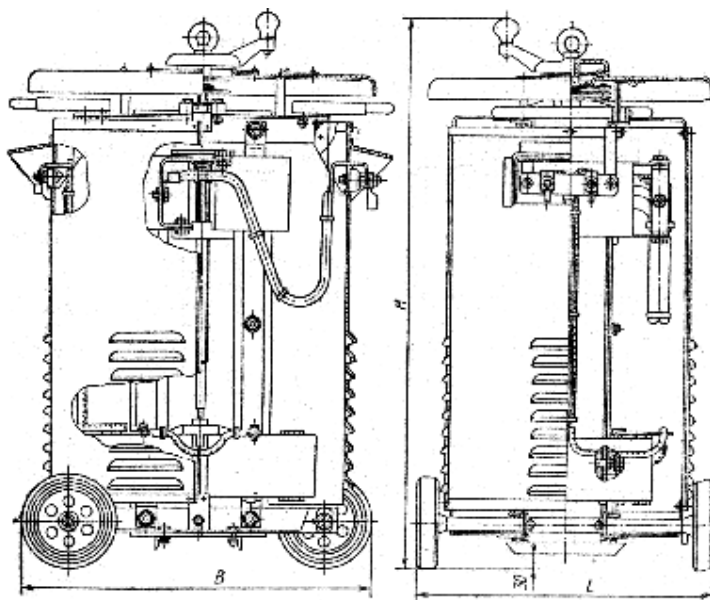


Рис. 36. Трансформаторы ТС-300 и ТС-500

Обмотки трансформатора. выполнены из алюминия. Выводные концы катушек армированы медными накладками.

Сердечник трансформатора — стержневого типа. Катушки первичной обмотки неподвижны и закреплены у нижнего ярма. Катушки вторичной обмотки подвижные, они перемещаются вверх и вниз вручную с помощью винта, проходящего через верхнее ярмо. Сила сварочного тока увеличивается при сближении обмоток и уменьшается при увеличении расстояния между ними.

При нормальных значениях силы тока катушки первичных и вторичных обмоток, сидящие на разных стержнях, соединены между собой параллельно. При снижении пределов регулирования силы тока они могут быть соединены между собой последовательно, хотя специального переключателя для этой цели нет.

Трансформаторы ТСК отключаются от трансформаторов ТС наличием конденсаторов, включенных параллельно первичным обмоткам и обеспечивающих повышение коэффициента мощности ($\cos < \varphi$).

Сварочные трансформаторы типа ТД-504 и ТД-303 являются усовершенствованными конструкциями трансформаторов типа ТС-500 и ТС-300.

У трансформаторов ТД-504 и ТД-303 уменьшены вес и габариты, повышены технологичность конструкции, удобство обслуживания и надежность работы.

Уменьшение веса и габаритов достигнуто благодаря применению двухдиапазонного плавного регулирования силы тока:

а) в диапазоне большой силы тока обе катушки первичной и вторичной обмоток включаются попарно параллельно;

б) в диапазоне малой силы тока катушки первичной и вторичной обмоток одного стержня магнитопровода отключаются с одновременным блокированием хода подвижных катушек. Включение и отключение катушек одного стержня производят переключателем, смонтированным внутри трансформатора. Схема соединения (параллельное соединение) катушек первичной и вторичной обмоток трансформатора приведена на рис. 37.

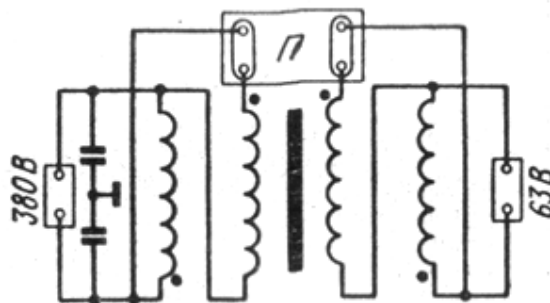


Рис. 37. Электрическая схема сварочного трансформатора типа ТД-303;
П — переключатель диапазонов силы тока

Катушки вторичной обмотки выполнены из голой алюминиевой шины, намотанной на ребро, витки изолированы стекловатой. Катушки первичной обмотки намотаны алюминиевым проводом марки АПСД со стеклянной изоляцией. Обмотки пропитаны теплостойким и влагостойким лаком. Сварочный трансформатор, предназначенный для строительных работ, должен быть заключен в жесткий кожух, обладать возможностью дистанционного регулирования сварочного тока, иметь небольшой вес и габариты.

Во ВНИИЭСО на базе трансформатора типа ТД-303 разработаны сварочный трансформатор типа ТД-301 с приставкой дистанционного регулирования силы сварочного тока, которая размещается на крышке кожуха трансформатора. Дистанционное регулирование силы тока осуществляется по сварочному кабелю, без применения дополнительных проводов, что обеспечивает большое удобство в работе сварщика. Подключение кабеля и сетевых проводов осуществляют без применения гаечного ключа.

Обмотки трансформатора выполнены из алюминиевого провода и имеют влагостойкую изоляцию. Сердечник трансформатора выполнен из холоднокатаной стали марки Э320.

Трансформатор ТД-301 может поставляться также и без приставки. Для сварки в монтажных условиях нашей промышленностью выпускается трансформатор типа ТСП-1 с витковым (ступенчатым) регулированием силы тока.

Трансформатор рассчитан на относительно кратковременную работу от ПР = 20% при максимальной силе тока 180 А до ПР = 50% при минимальной силе тока 105 А.

У трансформатора ТСП-1 на одном стержне сердечника находится, как показано на схеме (рис. 38), вся первичная обмотка и небольшая часть

вторичной обмотки. На втором стержне размещена основная часть вторичной обмотки.

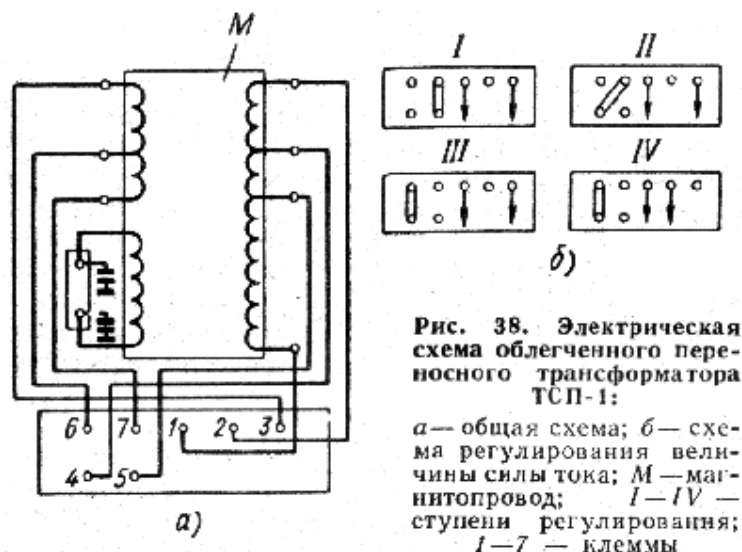


Рис. 38. Электрическая схема облегченного переносного трансформатора ТСП-1:

а — общая схема; б — схема регулирования величины силы тока; М — магнитопровод; I—IV — ступени регулирования; 1—7 — клеммы

Изменение силы сварочного тока осуществляют за счет ступенчатого регулирования магнитной связи обмоток при помощи пластинчатого переключателя и присоединения одного из сварочных кабелей к клеммам 2 или 3.

Для уменьшения веса трансформатор выполнен из высококачественных материалов — магнитопровод из холоднокатаной стали, а обмотки из алюминиевых проводов с теплостойкой стеклянной изоляцией. Катушки пропитаны лаком повышенной теплостойкости.

Для тех же целей, что и трансформатор ТСП-1 во ВНИИЭСО разработан трансформатор типа ТСП-2 на силу тока 300 А. Подобно трансформаторам ТС, ТСК и ТД трансформатор ТСП-2 имеет подвижные катушки. Сила сварочного тока регулируется изменением индуктивного сопротивления рассеяния обмоток двумя способами: переключением вторичной обмотки — ступенчатое регулирование и изменением расстояния между обмотками на каждой ступени — плавное регулирование.

Ступени регулирования сварочного тока: ступень большей силы тока (140—300 А) — замкнуты контакты 1, 2 (рис. 39) и катушки вторичной обмотки включены параллельно, ступень малой силы (90—140 А) — контакты 1, 2 разомкнуты и одна катушка вторичной обмотки отключена.

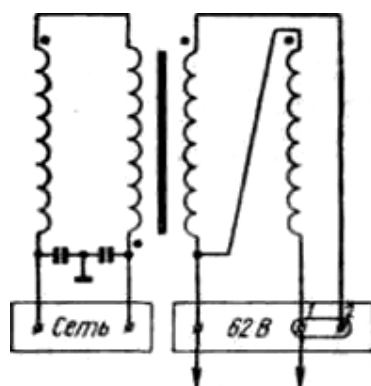


Рис. 39. Электрическая схема трансформатора ТСП-2

Переключение катушек вторичной обмотки трансформатора осуществляют переключкой на клеммной доске.

Обмотки трансформатора выполнены из алюминиевого провода со стеклянной изоляцией и пропитаны теплостойким и влагостойким лаком. Сердечник выполнен из холоднокатаной стали марки Э320.

На максимальной силе тока 300 А трансформатор можно использовать для кратковременной работы только при ПР= 20%.

На силе тока менее 300 А длительность работы (ПР) можно увеличить.

Основные технические данные сварочных трансформаторов с повышенным рассеянием приведены в табл. 12.

12. Сварочные трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием.

Тип	Напряжение питающей сети, В	Вторичное напряжение, В	Номинальный режим работы ПР %	Номинальная сила сварочного тока, А	Пределы регулирования силы сварочного тока, А	К. п. д., %	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
							Длина	Ширина	Высота	
СТШ-250	380	61	20	250	80—260	73	420	310	425	44
СТШ-300	380, 220	63	60	300	110—405	88	545	695	707	158
СТШ-500		60		145—650	90	670	666	753	220	
СТШ-500-80	380	80		500	60—800	92	980	765	766	323
ТС-120	380, 220	68	65	120	50—160	80	650	340	880	90
ТС-300		68		300	110—385	84	760	520	970	185
ТС-500		60		500	165—650	85	840	575	1060	250
ТСК-300	380	63	50	500	110—385	84	760	520	970	215
ТСК-500	60	165—650			85	840	575	1060	280	
ТД-504	380, 220	—		50	300	165—650	86	—	—	—
ТД-503		—	20	110—385		85	—	—	—	120
ТД-301		—		120—350		86	—	—	—	142 *
ТСП-2		380, 220	62	20	160	90—300	76	510	370	590
ТСП-1	65—70		20—50	105—180		75				35

* С приставкой дистанционного регулирования, без приставки 124 кг.

Трансформаторы для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом.

Трансформаторы этого назначения должны иметь не менее двух ступеней изменения напряжения холостого хода, причем высший предел для трансформаторов на 500 А принимают 90 В, а для трансформаторов на 1000 и 2000 А— 80 В; сила тока холостого хода должна составлять не более 10% номинальной силы первичного тока; управление регулированием режимов сварки должно производиться с помощью электродвигателя с дистанционной кнопочной системой.

Технические характеристики трансформаторов для автоматической сварки под флюсом приведены в табл. 13.

Трансформаторы типа ТСД в однокорпусном исполнении выпускают по схеме трансформатора СТН со встречным включением реактивной обмотки. Подвижный пакет перемещается электроприводом с дистанционным управлением.

13. Трансформаторы для автоматической дуговой сварки под слоем флюса.

Тип	Первичное напряжение, В	Вторичное напряжение, В	Номинальный режим работы, ПВ%	Номинальная сила сварочного тока, А	Пределы регулирования силы сварочного тока, А	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
						Высота	Длина	Ширина	
ТСД-500, ТСД-500-1	220, 380	80	60	500	200—600	1242	950	818	445
ТСД-1000-3, ТСД-1000-4	220, 380	71—78	60	1000	400—1200	1215	950	818	540
ТСД-2000-2	220, 380	79—85	50	2000	800—2200	1582	950	818	670
СТ-1000	220, 380	57—76	60	1000	300—1200	1765	1115	1015	700
СТ-2000	380	80—109	—	2000	600—2000	2040	890	750	950
СТР-1000	380	80	—	1000	450—1000	1385	1176	785	900
СТР-1000-П	380	80	—	1000	450—1000	1752	850	850	800 *
СТДН-2000	380	74,5; 81,5; 91; 90,5	60	2000	600—2000	1900	1400	910	—

* Без масла, с маслом 1000 кг.

Регулирование и настройку трансформатора при автоматической сварке производят по силе сварочного тока или напряжению дуги в зависимости от типа сварочной головки. При сварке головками с автоматическим регулированием напряжения дуги регулируют силу сварочного тока; при сварке головками с постоянной скоростью подачи электродной проволоки, когда сила сварочного тока поддерживается саморегулированием, регулируют напряжение на дуге. Сила тока в этом случае регулируется изменением скорости подачи электродной проволоки.

Трансформаторы СТ-1000 и СТ-2000 выполнены по схеме СТН. Режим регулируют перемещением по вертикальным направляющим П-образного верхнего сердечника, имеющего два воздушных зазора. Магнитная связь между собственно трансформатором и дросселем незначительна, поэтому напряжение холостого хода практически не меняется. Трансформатор СТ-1000 имеет пять ступеней изменения напряжения холостого хода, трансформатор СТ-Г000 — три ступени, причем третья ступень предназначена для работы в случае снижения напряжения сети более чем на 10%. Изменение ступеней осуществляется со стороны вторичных обмоток.

Трансформаторы СТ-1000 и СТ-2000 предназначены для автоматической сварки под слоем флюса на средних и больших силах тока.

Трансформаторы СТР-1000 и СТР-1000-П, разработанные институтом электросварки АН УССР, выпущены небольшими партиями для автоматической сварки под флюсом на силу тока 450—1000 А. Это — однофазные трансформаторы с подвижными первичными обмотками. Особенностью этих трансформаторов является то, что они автоматически поддерживают режим сварки при изменении напряжения питающей сети. Трансформаторы имеют принудительное воздушное охлаждение.

По сравнению с трансформаторами ТСД-1000 (той же мощности) они более сложны в изготовлении, требуют больших затрат активных материалов, имеют большую массу и стоимость.

Трансформатор СТДН-2000 Института электросварки АН УССР предназначен для автоматической дуговой сварки под флюсом с повышенной скоростью.

Трансформатор однофазный, в двухкорпусном исполнении. Состоит из основной части (трансформатора) и регулирующего устройства (дросселя насыщения).

Трансформатор имеет падающую внешнюю характеристику вследствие развитого магнитного рассеяния, регулируемого дистанционно при помощи магнитного усилителя с обратной связью. Обмотки трансформатора алюминиевые. Охлаждение воздушное принудительное от встроенного вентилятора.

Напряжение сварки изменяют переключением перемычек в первичной и вторичной цепях.

Плавное регулирование силы сварочного тока осуществляется дросселем

насыщения D_n (рис. 40), встроенным в трансформатор. Изменение магнитного сопротивления сердечника дросселя производится за счет подмагничивания сердечника магнитным потоком дополнительной обмотки, питаемой постоянным током и называемой обмоткой управления ОУ.

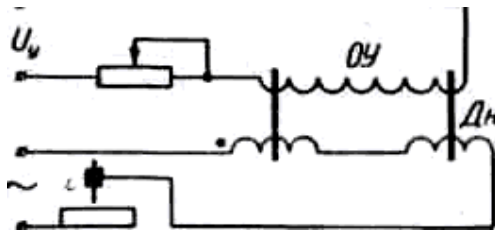


Рис. 40. Принципиальная схема включения дросселя насыщения

При увеличении силы тока в обмотке ОУ увеличивается магнитное сопротивление сердечника дросселя, что вызывает уменьшение индукционного сопротивления обмоток переменного тока дросселя и увеличение силы сварочного тока. Питание обмотки управления постоянным током производится от полупроводникового (селенового) выпрямителя.

Трансформаторы для сварки трехфазной дугой. Для питания трехфазной дуги могут быть использованы обычные стандартные однофазные сварочные трансформаторы как с отдельным, так и со: встроенным дросселем, а также трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием.

Для этой цели однофазные трансформаторы включают в цепь по схеме треугольника и звезды, неполной звезды и открытого треугольника.

Заводом «Электрик» для ручной сварки трехфазной дугой был разработан специальный трансформатор ТТС-400, состоящий из двух трансформаторов типа СТН, размещенных в одном корпусе.

Специальный трансформатор типа 3-СТ для ручной трехфазной сварки был также разработан в Уральском политехническом институте им. С. М. Кирова.

Для автоматической сварки трехфазной дугой под флюсом небольшой партией ранее был выпущен трансформатор ТТСД-1000-3. Он выполнен из двух однофазных трансформаторов ТСД-1000-3, собранных в одном корпусе.

Перспективна схема трансформатора ТСП-180 для автоматической сварки под флюсом и в углекислом газе. Схема и конструкция трансформатора разработаны совместно УПИ им. С. М. Кирова и заводом «Уралэлектротяжмаш» им. В. И. Ленина.

Принципиальная электрическая схема трансформатора показана на рис. 41.

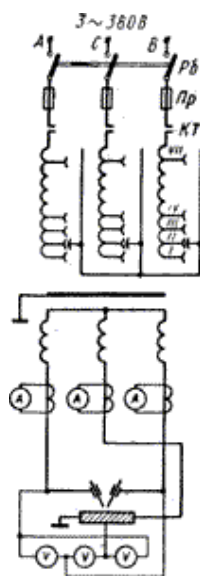


Рис. 41. Принципиальная электрическая схема трансформатора ТСП-180 для сварки трехфазной дугой

Первичные и вторичные обмотки соединены в звезду, причем первичные обмотки секционированы на семь ступеней и напряжение холостого хода можно изменять с 36 до 54 В через каждые 3 В.

Технические характеристики трансформаторов для сварки трехфазной дугой приведены в табл. 14.

14. Трансформаторы для сварки трехфазной дугой

Тип	Первичное напряжение, В	Вторичное напряжение, В	Номинальный режим работы ПР%	Номинальная сила вторичного тока в фазе, А	Пределы регулирования силы сварочного тока, А	К. п. д.
ТТС-400	380	60	50	400	130—550	0,86
3-СТ	220/380	59, 68	60	250/440 *	100—500	0,85
ТТСД-1000-3	220, 380	69—78	60	1000	400—1200	—
ТСП-180	380	36—54	60	800	200—1000	1

* Числитель — при соединении вторичных обмоток в треугольник, знаменатель — при соединении вторичных обмоток в звезду.

Сварочный генератор повышенной частоты. При сварке стали малой толщины, а также при сварке неплавящимся электродом в среде защитных газов и в некоторых других случаях устойчивость дуги понижается. Для повышения устойчивости дуги в подобных случаях идут на увеличение напряжения

холостого хода трансформаторов. Однако это увеличение ограничено условиями техники безопасности и в то же время невыгодно, так как ухудшает экономические показатели трансформаторов.

В подобных случаях рациональнее применять источники тока повышенной частоты. При этом время повторного зажигания дуги сокращается, деионизация дуги уменьшается, следовательно, дуга горит более устойчиво.

В качестве источника питания дуги током повышенной частоты применяют сварочный преобразователь типа ПС-100-1. Преобразователь предназначен для ручной дуговой сварки металла толщиной до 3 мм переменным током 20—115 А при частоте 480 Гц. Преобразователь состоит из генератора ГСВ-100 и приводного асинхронного короткозамкнутого двигателя АВ-42/2 на общем валу.

Генератор имеет независимое возбуждение; для получения на дуге падающей внешней характеристики и для регулирования силы тока в сварочную цепь последовательно включен специальный дроссель РТ-100. Сердечник дросселя выполнен с регулируемым воздушным зазором, величина которого изменяется винтовым механизмом.

Аппараты для повышения устойчивости горения дуги. Осцилляторы. Питание сварочной дуги токами высокой частоты и высокого напряжения параллельно со сварочным трансформатором повышает устойчивость горения дуги и облегчает ее зажигание. Получение тока высокого напряжения и высокой частоты осуществляется при помощи осциллятора. Мощность осциллятора 100—250 Вт. Частота тока, подводимого к дуге, 150—260 тыс. Гц и напряжение 2000—3000 В дают возможность зажигать дугу даже без соприкосновения электрода с деталью. Ток высокой частоты и высокого напряжения безопасен для человека. Принципиальная схема осциллятора параллельного включения показана на рис. 42.

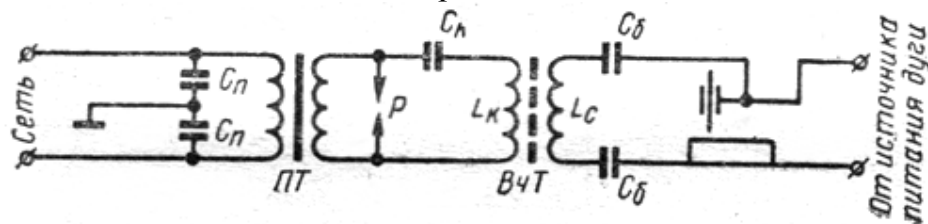


Рис. 42. Принципиальная электрическая схема осциллятора параллельного включения

Осциллятор имеет повышающий трансформатор $ПТ$, присоединенный к вторичной обмотке сварочного трансформатора; колебательный контур, состоящий из конденсатора $C_{к}$, индуктивной катушки $L_{к}$ и разрядника P . Осциллятор имеет еще одну катушку связи $L_{с}$, помещенную на одном каркасе с катушкой самоиндукции $L_{к}$. От катушки $L_{с}$ через защитные конденсаторы $C_{б}$ сделаны выводы к выходным клеммам осциллятора. С первичной стороны осциллятор подключают непосредственно к вторичной обмотке сварочного трансформатора или в сеть.

Для присоединения осциллятора к дуге необходимо использовать гибкий высокочастотный провод сечением не менее $1,5 \text{ мм}^2$. При эксплуатации осциллятора нужно особое внимание обращать на исправность защитного конденсатора, предотвращающего поражение сварщика током высокого напряжения низкой частоты.

Осциллятор применяют при сварке дугой малой мощности, при аргонодуговой сварке, а также при падении напряжения в силовой сети, обуславливающим пониженное вторичное напряжение сварочных трансформаторов и, следовательно, неустойчивый процесс зажигания и горения дуги.

На рис. 43, а и б приведены схемы осцилляторов последовательного включения, которые применяют, например, в установках для дуговой сварки в защитных средах. Такие схемы обеспечивают более надежную защиту силового выпрямительного блока или генератора от пробоя высокочастотным напряжением осциллятора.

Связь с осциллятором в схеме на рис. 43, а осуществлена с помощью высокочастотного трансформатора, который для уменьшения потерь имеет ферритный сердечник.

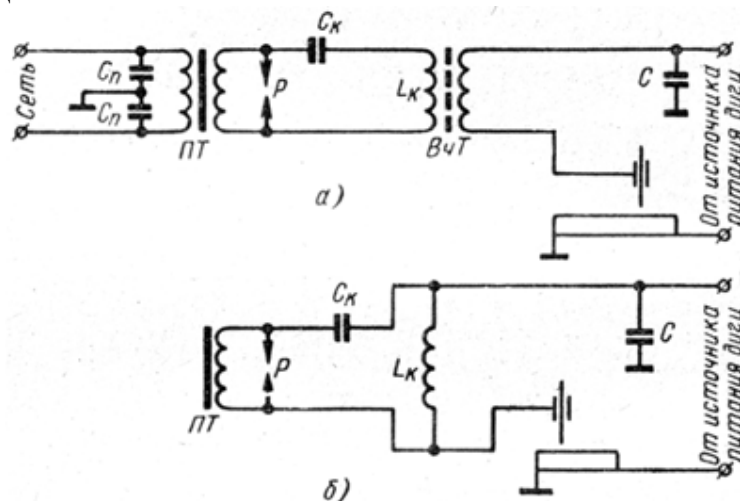


Рис. 43. Принципиальная электрическая схема осциллятора последовательного включения: а — с высокочастотным трансформатором; б — с катушкой L в цепи дуги

Защита источника питания сварочной дуги от действия токов высокой частоты осуществлена при помощи конденсатора C . Токи высокой частоты замыкаются по контуру: вторичная обмотка высокочастотного трансформатора — конденсатор C — дуговой промежуток.

В схеме рис. 43, б катушка L_k включена последовательно со сварочной дугой. Такая схема применена в установках типа «Удар-300» и «Удар-500», предназначенных для ручной дуговой сварки переменным током алюминия вольфрамовым электродом в среде аргона.

Для уменьшения помех радиоприему в цепь первичной обмотки трансформатора ПТ включены фильтры (конденсаторы C_n рис. 42 и 43). Основные технические характеристики осцилляторов приведены в табл. 15.

15. Технические характеристики осцилляторов

Тип	Первичное напряжение, В	Вторичное напряжение холостого хода, В	Потребная мощность, кВт	Колебательный контур			Габаритные размеры, мм			Масса, кг
				Мощность, кВт	Индукционная катушка, Г	Емкость блок-конденсатора, пФ	Длина	Ширина	Высота	
ТУ-2	65; 220	3700	0,225	0,005	0,097	0,5	390	270	350	20
ТУ-77	65; 220	1500	1,00	0,005	0,097	0,5	390	270	350	25
ТУ-177	65; 220	2500	0,40	0,005	0,097	0,5	390	270	350	20
ОСЦН	200	2300	0,40	—	—	—	390	270	310	35
М-2	110; 220	2600	0,14	0,0045	0,005	0,5	300	235	265	20
М-3	40; 65	2500	0,075	0,0025	0,160	1,2	350	240	290	15
ОС-1	65	2500	0,130	0,0025	0,160	1,0	315	215	260	IS

Импульсные стабилизаторы дуги применяют для подачи на дуговой промежуток синхронизированных импульсов повышенного напряжения в момент повторного возбуждения дуги при переходе кривой силы сварочного тока через Принципиальная схема включения стабилизатора горения дуги в сварочной установке «Удар» показана на рис. 44.

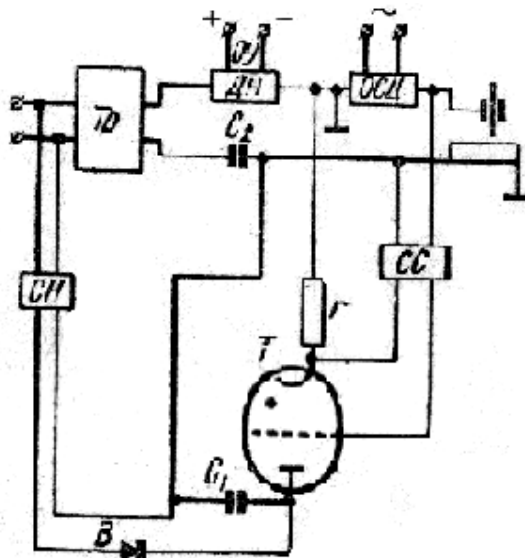


Рис. 44. Принципиальная электрическая схема импульсного стабилизатора

В схему стабилизатора входят: конденсаторная батарея C_1 с цепью ее заряда от сети переменного тока через феррорезонансный стабилизатор СН и выпрямитель и следящая система СС, управляющая моментом разряда батареи C_1 на дуговой промежуток.

При изменении полярности дуги следящая система отпирает тиратрон Т, и батарея C_v разряжается на дуговой промежуток, обеспечивая этим восстановление дуги в полупериоды обратной полярности.

В процессе сварки по контуру сварочной цепи проходит несинусоидальный ток, имеющий постоянную составляющую, обусловленную выпрямляющим действием дуги (изделие — алюминий, электрод — вольфрам) и наличием в сварочном контуре дросселя. Для устранения постоянной составляющей сварочного тока служит конденсатор C_2 .

Источники питания постоянного тока.

Источники питания постоянного тока можно разбить на две основные группы: сварочные генераторы и сварочные выпрямительные установки.

Сварочные машины постоянного тока подразделяют:

- по количеству питаемых постов — на однопостовые, предназначенные для питания одной сварочной дуги и на многопостовые, предназначенные для одновременного питания нескольких сварочных дуг;
- по способу установки — на стационарные и на передвижные;
- по форме внешних характеристик — с падающими, жесткими, возрастающими или полого падающими внешними характеристиками.

Сварочные генераторы постоянного тока различают еще по роду привода - генераторы с электрическим приводом и генераторы с двигателями внутреннего сгорания;

- по способу выполнения — однокорпусные (сварочный генератор и двигатель на одном валу в одном корпусе) и отдельные (сварочный генератор и двигатель выполнены на общей раме, а их валы соединены через специальные муфты).

Генераторы с независимым возбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой. Принципиальная схема генераторов этого типа показана на рис. 45.

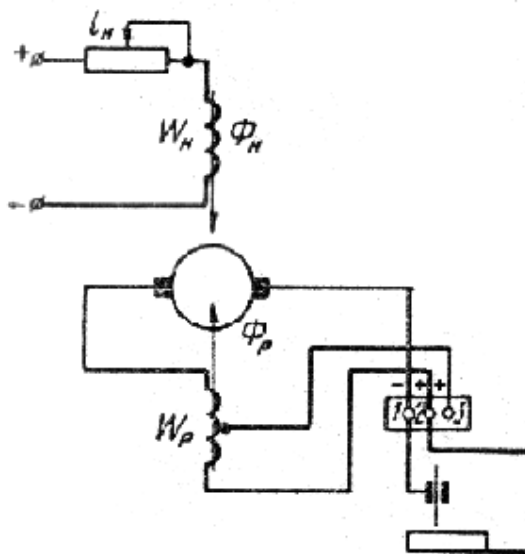


Рис. 45. Принципиальная электрическая схема сварочного генератора с независимым возбуждением и последовательной размягчающей обмоткой

Сварочный генератор снабжен двумя обмотками возбуждения. Одна обмотка независимого возбуждения создает поток независимого возбуждения Φ_n . Эта обмотка получает питание от постороннего источника постоянного тока. Сила тока в цепи независимого возбуждения регулируется реостатом. Вторая обмотка возбуждения — серийная (противокомпаундная), включена последовательно в цепь сварочного тока, вследствие чего величина магнитного тока Φ_p зависит от силы сварочного тока. Как показано стрелками на рис. 45, обмотки возбуждения, намотанные встречно, создают своими противоположными магнитодвижущими силами встречные потоки. При холостом ходе, когда сварочная цепь разомкнута, действует только поток независимого возбуждения, вследствие э. д. с. генератора

$$E = c \Phi_n,$$

где c — постоянная генератора. При сварке, когда сварочный ток проходит через последовательную обмотку, создается поток Φ_p , который направлен навстречу потоку Φ_n . Результирующий поток $\Phi_{рез}$ и э. д. с. E_1 будут уменьшаться. Одновременно будет падать и напряжение на зажимах генератора.

Силу сварочного тока генераторов этого типа регулируют реостатом в цепи обмотки независимого возбуждения и секционированием последовательной обмотки. Технические характеристики современных сварочных преобразователей с такими генераторами приведены в табл. 16.

16. Сварочные преобразователи с генераторами с независимым возбуждением и последовательной размагничивающей обмоткой.

Тип преобразователя	Сварочный генератор				Двигатель			Агрегат или преобразователь			Масса, кг	
	Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальная сила тока, А	Пределы регулирования силы тока, А	Тип	Мощность, кВт	Число оборотов в минуту	Габаритные размеры, мм				Исполнение
								Длина	Ширина	Высота		
ПСО-120	ГСО-120	25	120	30—120	AB-42-2	4	2900	1055	550	730	Однокорпусное на колесах	155
ПСО-800	ГСО-800	45	800	200 — 800	AB-82-4	55	1450	1330	650	600	Однокорпусное стационарное	1040
ПСО-500	ГСО-500	40	500	120—600	A-71-2	28	2900	1275	770	1080	Однокорпусное на колесах	780
АСО-2000	СГ-1000-11	45	1000X2	(300—1200)X2	A101-4	125	1450	-	-	-	Трехмашинное стационарное	400

Обмотки возбуждения НО (рис. 46) питаются от основной щетки а и вспомогательной щетки г, расположенной между основными щетками, примерно под серединой полюсной дуги. Размагничивающая (последовательная) обмотка ПР включена последовательно в цепь якоря. Обмотки НО и ПР могут размещаться каждая на всех полюсах или отдельно. Для облегчения коммутации вспомогательной щетки г в полюсной дуге основных полюсов сделаны вырезы в зоне коммутации этой щетки.

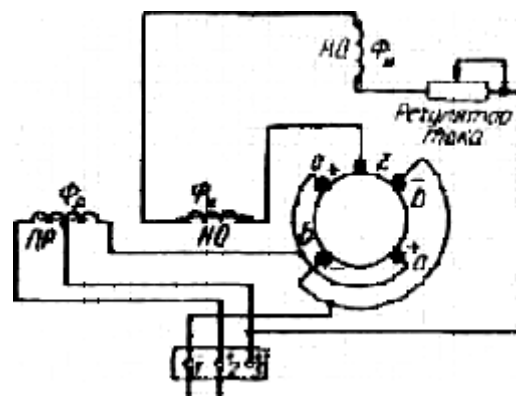


Рис. 46. Принципиальная электрическая схема сварочного генератора с намагничивающей параллельной и размагничивающей последовательной обмотками возбуждения

Падающая внешняя характеристика получается в основном за счет размагничивающего действия обмотки ПР. Обмотка НО питается напряжением, действующим на части обмотки якоря между щетками а и з. Это напряжение обуславливается результирующей величиной половины потока основного полюса в воздушном пространстве и половиной поперечного потока реакции якоря. С увеличением тока нагрузки первый поток уменьшается (вследствие влияния размагничивающего действия серийной обмотки), а второй поток увеличивается (растут ампер-витки реакции якоря). Окончательно результирующий поток, проходящий между щетками а и з создающий э. д. с. на этих щетках, остается практически почти постоянным.

Щетки а и з питают обмотки самовозбуждения генератора. Одновременно э. д. с. и напряжение на главных щетках падают, так как результирующий поток, пронизывающий проводники якоря, падает с ростом размагничивающих ампер-витков обмотки ПР и поперечной реакции якоря.

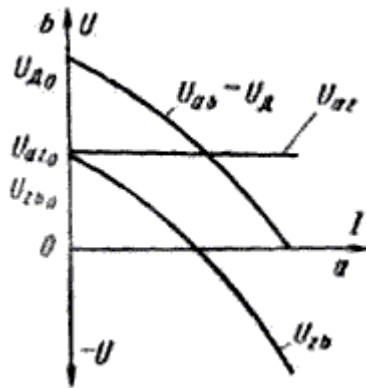


Рис.47. Внешние характеристики генератора типа ГС.

Силу сварочного тока у таких генераторов можно регулировать реостатом в цепи возбуждения. Возможно также добавочное регулирование переключением витков серийной обмотки возбуждения, что используют часто в генераторах с размагничивающими обмотками. Схема допускает четырехполюсное исполнение генераторов, которое имеет ряд преимуществ в отношении простоты конструкции и уменьшения веса. За последние годы в промышленность внедрен ряд сварочных агрегатов со сварочными генераторами, построенными по этому принципу. Технические характеристики агрегатов приведены в табл. 17.

17. Преобразователи и агрегаты с генераторами с самовозбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой.

Тип преобразователя	Сварочный генератор				Двигатель		Число оборотов, в минуту	Агрегат или преобразователь			Исполнение	Масса, кг
	Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальная сила тока, А	Пределы регулирования силы тока, А	Тип	Мощность, кВт		Габаритные размеры, мм				
								Длина	Ширина	Высота		
ПСО-300	ГСО-300	—	—	—	АВ-62-4	14	1450	1015	590	480	Однокорпусное на колесах	400
АСВ-300-2	ГСО-300	30	300	75—320	ГАЗ-МК	30 *	1500	2080	895	1730	Двухмашинное на раме	850
АСД-300	ГСО-300	—	—	—	5П4-4-8,5	20 *	1500	1850	875	1470	То же	980
САМ-300	ГСО-300М		400	120—600	ПН-100	14,25	1520	—	—	—	»	800
САМ-400-1	СГП-3-V				ПН-290	42	1500	1977	650	940	»	1650
САМ-400-2	СГП-3-V				МАФ-72-4	32	1465	1760	650	920	»	1300
ПС-500 и ПС-500-II	ГС-500 ГС-500-II	40	500	120—600	А-72/4	28	1450	1400	770	1100	Однокорпусное на колесах	940
АСД-3-1	СГП-3-VIII	—			ЯАЗМ-204г	60 *	1500	2820	1100	2115	Двухмашинное на раме	2500
АСДП-500	СГП-3-VIII	—			ЯАЗМ-204г	60 *	1500	5880	1930	2600	Двухмашинное на прицепе	5000

* Мощность в л. с.

Генераторы для сварки в среде защитных газов. Для автоматической и полуавтоматической сварки в среде защитных газов необходимы жесткие или возрастающие внешние характеристики источников питания. Для этой цели специально разработаны преобразователь ПСГ-350 с генератором ГСГ-350 и преобразователь ПСГ-500 с генератором ГСГ-500, а также универсальный преобразователь ПСУ-500.

Преобразователь ПСУ-500 дает как падающие, так и жесткие внешние характеристики (табл. 18).

18. Преобразователь ПСУ-500.

Параметры	Ручная сварка, под флюсом (падающие внешние характеристики)	Сварка в защитных газах (жесткие внешние характеристики)
Номинальная сила сварочного тока, А	120—500	50—500
Пределы регулирования силы сварочного тока, А		
Номинальное напряжение, В	25—40	15—40
Пределы регулирования напряжения, В		
К. п. д., %	61	65
Масса, кг	550	
Число оборотов в минуту	2900	
Габаритные размеры, мм	1055 × 580 × 920	

Особенностью этих генераторов является то, что они имеют низкое напряжение холостого хода (15—40 В). Благодаря малой индуктивности якоря генератора при коротком замыкании электрода с изделием происходит быстрое возрастание силы сварочного тока и мгновенное оплавление электрода. Это способствует быстрому и надежному возбуждению дуги.

Генераторы этого типа имеют независимое возбуждение от сети переменного тока через блок селеновых выпрямителей. Для обеспечения постоянства режимов сварки при колебаниях напряжения сети обмотка независимого возбуждения питается через стабилизатор напряжения. Кроме независимой обмотки возбуждения генератор имеет подмагничивающую последовательную обмотку с небольшим числом витков (рис. 48).

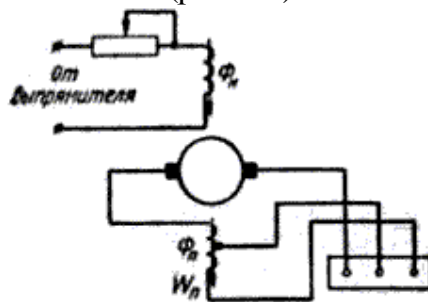


Рис.48. Принципиальная электрическая схема генератора с жесткой внешней характеристикой.

Режим сварки регулируют реостатом в цепи обмотки независимого возбуждения. Технические характеристики преобразователей ПСГ приведены в табл. 19

19. Преобразователи с жесткими характеристиками.

Параметры	ПСГ-350	ПСГ-500
Номинальная сила тока при ПР = 65%, А	350	500
Пределы регулирования силы тока, А . . .	50—350	50—500
Пределы регулирования напряжения, В . . .	15—35	15—40
Электродвигатель:		
тип	АВ-61/2	АВ-71/2
номинальная мощность, кВт	14	28
число оборотов в минуту	2900	2900
Размеры, мм:		
длина	1085	1055
ширина	555	580
высота	980	920
Масса, кг	400	500

Многопостовые генераторы обычно применяют при централизованном питании стационарных постов. Напряжение на зажимах многопостового генератора не должно изменяться с изменением нагрузки, т. е. внешняя характеристика многопостовых генераторов должна быть жесткой. Падающая характеристика на посту обеспечивается включением последовательно в сварочные цепи балластных реостатов. Силу сварочного тока поста регулируют изменением сопротивления реостатов.

Преобразователь ПСМ-1000 рассчитан на одновременное питание девяти или шести сварочных постов с максимальной силой тока поста 200 или 300 А. Преобразователь состоит из генератора СГ-1000 и асинхронного короткозамкнутого двигателя мощностью 75 кВт. Генератор СГ-1000 имеет 12 полюсов. На шести основных полюсах имеются катушки параллельной и последовательной подмагничивающей обмоток. На дополнительных полюсах расположены катушки параллельной ветви последовательной подмагничивающей обмотки. Параллельную обмотку возбуждения подключают к основным клеммам генератора через реостат.

Преобразователь ПСМ-1000 снабжают комплектом из девяти балластных реостатов РБ-200 или шести реостатов РБ-300. Преимущества многопостовых генераторов перед однопостовыми: снижение стоимости оборудования, расхода на ремонт и обслуживание из расчета на единицу полезной мощности, потребность в меньших площадях, надежность в эксплуатации. При параллельном включении балластных реостатов ток сварочного поста может быть существенно увеличен. Основные технические данные многопостовых сварочных машин постоянного тока приведены в табл. 20.

20. Многопостовые агрегаты.

Тип	Сварочный генератор			Двигатель		Агрегат					Масса, кг
	Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальная сила тока, А	Тип	Мощность	Число оборотов в минуту	Длина	Ширина	Высота	Исполнение	
							мм				
ПСМ-1000-II ПСМ-1000-III АСДП-500Г	СГ-1000	60	1000	АВ-91-4	75 кВт	1450	1475	800	910	Однокорпусное стационарное Двухмашинное на прицепе	1600
		60	500	ЯАЗМ-204Г	60 л. с	1500	—	—	—		—

Выпрямительные сварочные установки. Эти установки собирают из полупроводниковых элементов, которые обладают свойством проводить ток только в одном направлении. В обратном направлении полупроводники практически не пропускают электрический ток. Основные свойства полупроводникового элемента характеризуются следующими величинами. Во-первых, допустимой плотностью выпрямленного тока, отнесенной к единице рабочей поверхности полупроводникового элемента; эта величина зависит от условий охлаждения элемента. Интенсивное искусственное охлаждение позволяет в 2—2,5 раза поднять нагрузку элемента по сравнению с естественным охлаждением. Во-вторых, падением напряжения в полупроводниковом элементе, зависящим от величины выпрямленного тока и свойств полупроводника. В-третьих, величиной обратного напряжения. Две последние величины характеризуют технико-экономические свойства полупроводникового элемента, от них зависит к. п. д. выпрямителя.

Наибольшее применение в сварочных выпрямительных установках получили селеновые и кремневые полупроводниковые элементы. В сварочных выпрямительных установках используют трехфазную мостовую схему выпрямления, дающую меньшую пульсацию выпрямленного напряжения, более равномерную загрузку силовой сети переменного тока и лучшее использование трансформатора, питающего выпрямитель.

Выпрямленные сварочные установки имеют высокие динамические свойства из-за меньшей электромагнитной инерции. Сила тока и напряжение при переходных процессах изменяются практически мгновенно. Отсутствие вращающихся частей делает установки более простыми и надежными в эксплуатации, чем генераторы постоянного тока. Трехфазные выпрямительные установки обеспечивают высокую стабильность горения дуги, особенно на малых силах тока.

Сварочные выпрямители с падающей внешней характеристикой в зависимости от того, для какого вида сварки они предназначаются, целесообразно разделить на две группы: 1) для ручной и автоматической сварки под флюсом и 2) для дуговой сварки в среде защитных газов.

К первой группе относят сварочные выпрямители, выпускаемые в СССР, типа ВСС, ВКС, ВД-101 и ВД-301.

Сварочные выпрямители типа ВСС выпускают на номинальную силу тока 300 и 120 А. Электрическая схема выпрямителя ВСС-300-3 на 300 А показана на рис. 49.

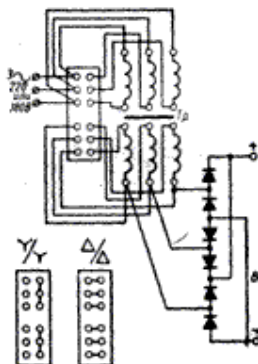


Рис. 49. Принципиальная электрическая схема сварочного выпрямителя ВСС-300-3

Выпрямитель обеспечивает преобразование напряжения трехфазной сети переменного тока в требуемое для процесса дуговой сварки напряжение постоянного тока с созданием необходимой падающей внешней характеристики и обеспечением возможности плавного регулирования силы сварочного тока в нужных пределах.

Выпрямитель представляет собой передвижную однопостовую сварочную установку, состоящую из понижающего трехфазного трансформатора, блока селеновых выпрямителей, вентилятора и пускорегулирующей аппаратуры, смонтированных в общем кожухе.

Понижающий трансформатор имеет повышенную индуктивность рассеивания, что обеспечивает падающую внешнюю характеристику.

Выпрямитель имеет два диапазона регулирования силы сварочного тока соответственно соединению первичной и вторичной обмоток трансформатора звезда—звезда или треугольник—треугольник. Плавного регулирования силы сварочного тока в каждом диапазоне достигают изменением индуктивности рассеивания понижающего трансформатора за счет изменения расстояния между первичной и вторичной обмотками.

Выпрямитель ВСС-120-4 на 120 А имеет такое же принципиальное устройство, как и выпрямитель ВСС-300-3.

Эти выпрямители предназначены для питания электрической дуги при ручной дуговой сварке, резке и наплавке металлов.

Сварочный выпрямитель типа ВКС-500 предназначен для ручной дуговой сварки, автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом, резки и наплавки.

Выпрямитель ВКС-500 передвижной, в однокорпусном исполнении с трехфазным питанием. Он состоит из силового понижающего трехфазного трансформатора с подвижными катушками, выпрямительного кремниевого блока с вентилятором, пускорегулирующей и защитной аппаратуры

(смонтирован в общем кожухе).

Падающая внешняя характеристика получается за счет повышенной индуктивности рассеяния. Силу сварочного тока регулируют изменением расстояния между первичной и вторичной обмотками — плавное регулирование. При соединении первичных и вторичных обмоток в звезду или треугольник — ступенчатое регулирование.

Технические характеристики выпрямителей типа ВСС, ВКС и ВД приведены в табл. 21.

21. Сварочные выпрямители с падающими внешними характеристиками.

Параметры	ВСС-120-4	ВСС-300-3	ВКС-120	ВКС-300	ВКС-500	ВД-101	ВД-301
Напряжение питающей сети, В	380; 220	380; 220	380; 220	380; 220	380; 220	380; 220	380; 220
Выпрямленное напряжение холостого хода, В	57—63	58—65	57—62	58—65	65—74	65—68	65—68
Номинальное напряжение при нагрузке, В	25	30	25	30	40	25	30
Номинальная сила сварочного тока при $\text{ПР} = 65\%$, А	120	300	120	300	500 *	125	300
Пределы регулирования силы сварочного тока, А	15—130	35—330	15—130	30—330	65—550	20—130	40—330
Потребная мощность, кВт . . .	8,6	13,2	5,0	13,2	20	—	—
К. п. д., %	68	66	58	68	75	64	72
Коэффициент мощности	0,58	0,60	0,60	0,58	0,74	0,5	0,6
Габаритные размеры, мм:							
длина	805	875	—	—	—	1125	1125
ширина	630	735	—	—	—	745	745
высота	953	900	—	—	—	836	836
Масса, кг	140	240	175	250	410	168	225

* При $\text{ПВ} = 60\%$.

Вторая группа сварочных выпрямителей с падающей внешней характеристикой предназначена для питания дуги, горящей в среде защитных газов. К ним в основном относятся источники питания малоамперной дуги, горящей в аргоне.

Малоамперная дуга в аргоне имеет падающую вольтамперную характеристику, поэтому для устойчивого горения такой дуги источник питания также должен иметь крутопадающую внешнюю характеристику.

Наибольшее распространение в СССР получили две схемы сварочных выпрямительных установок, предназначенных для питания малоамперной дуги в аргоне: схема с дросселем насыщения, включенным до силового выпрямительного блока, и схема с полупроводниковым триодом в цепи дуги.

С дросселем насыщения ВНИИЭСО разработан сварочный выпрямитель типа ВССГ-70, предназначенный для ручной дуговой и автоматической сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом в защитных газах тонкостенных изделий.

Источник питания малоамперной сварочной дуги, содержащий в цепи дуги полупроводниковый триод или транзистор, был впервые разработан в Институте электротехники АН УССР. В схеме использован триод в качестве регулятора силы сварочного тока. Принципиальная схема источника АП-I с транзистором в цепи приведена на рис. 50.

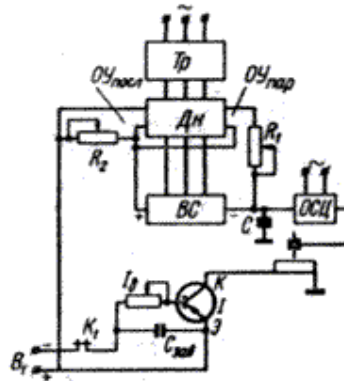


Рис. 50. Принципиальная схема источника питания АП-1

Этот источник питания предназначен для дуговой сварки в аргоне на силе тока 0,5—15 А.

Источник питания содержит трехфазный понижающий трансформатор Tr , трёхфазный дроссель насыщения $Дн$ и выпрямительный блок $ВС$, собранный по трехфазной мостовой схеме. В цепи дуги имеется полупроводниковый регулятор сварочного тока, собранный из десяти параллельно включенных германиевых триодов типа П4 по схеме с общим эмиттером. Дуга возбуждается с помощью осциллятора последовательного включения. Падающая характеристика источника питания получается за счет дросселя насыщения $Дн$, который имеет две обмотки управления: одну включенную последовательно, а другую параллельно выходу выпрямительного блока $ВС$. Сопротивлениями R_1 и R_2 подбирается нужная форма внешней характеристики.

Выпрямитель АП-1 имеет еще устройство для заварки кратера. Заварка кратера осуществляется от конденсаторной батареи $C_{зав}$. В ИЭС им. Е. О. Патона разработаны транзисторные источники питания типа АП-4, АП-5, АП-6, предназначенные для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом различных металлов и сплавов на постоянном токе в обычном и пульсирующем режимах. Диапазон сварочного тока серии транзисторных источников (0,5—300 А) обеспечивает сварку металлов толщиной от десятков микрон до нескольких миллиметров. Принцип устройства транзисторных источников базируется на схеме выпускаемого ныне источника питания АП-2. Однако помимо резкого расширения диапазона сварочных токов введен ряд коренных усовершенствований, обеспечивающих высокую надежность в эксплуатации и улучшенные технологические свойства сварочной дуги. Сварочные выпрямители с жесткими и полого падающими внешними характеристиками. Эти выпрямители предназначены для дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах.

В сварочных выпрямителях с жесткими и пологопадающими внешними характеристиками применяют, за редким исключением, селеновые вентили, так как, обладая большей массой по сравнению с кремниевыми или германиевыми, они менее чувствительны к перегрузкам, возникающим при коротких

замыканиях во время сварки.

Принципиальная схема сварочного выпрямителя типа ВС для сварки плавящимся электродом в углекислом газе показана на рис. 51.

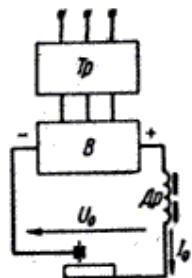


Рис. 51. Принципиальная схема сварочного выпрямителя типа ВС

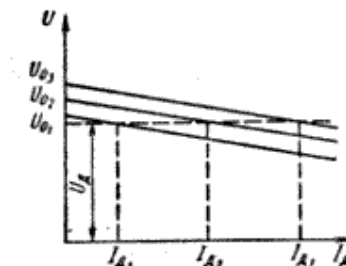


Рис. 52. Внешняя характеристика сварочного выпрямителя типа ВС

Выпрямитель типа ВС состоит из силового трехфазного понижающего трансформатора Тр и выпрямительного блока В, собранного из селеновых вентилей по трехфазной мостовой схеме. Выпрямитель имеет естественные пологопадающие внешние характеристики (рис. 52).

Регулирование напряжения на выходе выпрямительного блока производят путем ступенчатого переключения числа витков в первичной обмотке каждой фазы трехфазного трансформатора.

Для подбора необходимой скорости нарастания тока короткого замыкания и уменьшения разбрызгивания металла в сварочную цепь после выпрямительного блока включен дроссель Др.

По данной схеме в СССР серийно выпускают выпрямительные установки типа ВС-300, ВС-500, ВС-1000 и ВС-1000-2. Все эти установки разработаны институтом электросварки им. Е. О. Патона АН УССР.

Выпрямитель ВС-300 предназначен для питания сварочных полуавтоматов при сварке в среде углекислого газа, а также может быть использован при сварке в среде аргона или гелия.

Выпрямитель ВС-500 предназначен для питания сварочных аппаратов при автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом, в газовых средах и открытой дугой (порошковой проволокой специальной проволокой сплошного сечения).

Выпрямитель изготовляют в однокорпусном исполнении с воздушным принудительным охлаждением.

Выпрямитель ВС-1000 предназначен для различных видов автоматической сварки металлов в среде защитных газов и под флюсом; выпрямитель ВС-1000-2 — для автоматической сварки в среде гелия и автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом, а также для всех видов механизированной газозлектрической сварки неплавящимся электродом.

Выпрямители ВС-1000 и ВС-1000-2 в однокорпусном исполнении состоят из трехфазного понижающего трансформатора, блока селеновых вентилей с вентилятором, индуктивного делителя напряжения (дросселя) и аппаратуры

управления.

Выпрямители имеют пологопадающую внешнюю характеристику благодаря наличию дросселя.

Выпрямленное напряжение регулируется ступенчато переключателями.

Плавное регулирование напряжения в пределах каждой ступени осуществляют изменением воздушного зазора индуктивного делителя напряжения под нагрузкой в процессе сварки. Плавное регулирование можно производить также дистанционно.

Выпрямитель ВС-1000-2 отличается от выпрямителя ВС-1000 размерами и техническими данными.

Выпрямители ВС-300 и ВС-500 серийно выпускает Киевский завод электроизмерительной аппаратуры, а выпрямители ВС-1000 и ВС-1000-2 — Днепропетровский завод шахтной автоматики.

К сварочным выпрямителям с пологопадающими внешними характеристиками можно отнести также выпрямители, у которых для регулирования выходного напряжения применены вольтодобавочные трансформаторы.

По такой схеме Днепропетровский завод выпускает сварочные выпрямители типа ВСК-300.

По схеме, близкой к схеме сварочного выпрямителя типа ВСК, Ржевский завод выпускает сварочные выпрямители типа "ИПП".

Схема сварочных выпрямителей типа ИПП отличается от схемы ВСК тем, что регулирование напряжения под нагрузкой у них производят при помощи согласного или встречного включения трехфазного вольтодобавочного трансформатора, первичное напряжение которого регулируют посредством трехфазного автотрансформатора типа «Латер».

Технические характеристики сварочных выпрямителей с жесткими и пологопадающими внешними характеристиками приведены в табл. 22.

22. Сварочные выпрямители с жесткими и пологопадающими внешними характеристиками.

Параметры	ВС-300	ВС-500	ВС-600	ВС-1000	ВС-1000-2	ВСК-200	ИПП-120	ИПП-300	ИПП-500	ИПП-1000
Напряжение питающей трехфазной сети, В . . .	380	380	380	380	380	380; 220	380	380	380	380
Выпрямленное напряжение холостого хода, В	20—40	21—53	24—49	28—63	36—85	—	14—25	15—40	17—50	66
Номинальное напряжение при нагрузке, В	30	16—41	15—40	17—48	20—65	—	—	—	—	—
Номинальная сила сварочного тока (А) при ПВ = 60%	270 *	500	600	1000	1000	300 **	120 **	300 **	500 **	1000 **
Потребная мощность, кВт	—	31	32	75	92	—	3	11	27	60
К. п. д. %	70	—	75	75	75	78	94	90	91	92
Коэффициент мощности	0,9	—	—	0,85	0,85	0,82	—	—	—	—
Габаритные размеры, мм:										
длина	560	770	1070	880	880		800	956	956	925
ширина	720	600	880	700	700		640	700	700	925
высота	965	1150	1490	1375	1575		915	1045	1045	1300
Масса, кг	25	350	490	600	650		175	280	440	780

* При ПВ = 100%.
 ** При ПВ = 65%.

Универсальные сварочные выпрямители типа ВСУ, разработанные ВНИИЭСО, имеют электрическую схему, которая позволяет путем переключения ее отдельных узлов получать как жесткие внешние характеристики для автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа, так и крутопадающие для ручной дуговой сварки и сварки под слоем флюса. Выпускает ВСУ Вильнюсский завод электросварочного оборудования на 300 и 500 А.

В состав ВСУ входят силовой понижающий трехфазный трансформатор, дроссель насыщения, силовой выпрямительный блок, магнитный усилитель и стабилизатор напряжения.

Технические характеристики универсальных сварочных выпрямителей ВСУ-300 и ВСУ-500 приведены в табл. 23.

23. Универсальные и многопостовые сварочные выпрямители.

Параметры	ВСУ-300		ВСУ-500		ВКСМ-1000
	Жесткие	Падающие	Жесткие	Падающие	
Напряжение питающей сети, В	220; 380	220; 380	220; 380	220; 380	380
Номинальная сила сварочного тока при ПР-60%. А	300	240	500	350	1000 *
Напряжение холостого хода, В	40 — 60	60	50—68	60	70
Пределы регулирования напряжения, В	18 — 35	—	20—40	—	60 **
Пределы регулирования силы тока, А	50—330	40—260	100 —550	50—380	—
Мощность, кВт	—	—	—	—	70
К. П. д., %	—	—	—	—	86
Габаритные размеры, мм:					
длина		830		—	—
ширина		645		—	—
высота		950		—	—
Масса, кг		300		440	650
* При ПР= 100%					
** При нагрузке.					

В последние годы наша промышленность серийно выпускает многопостовые сварочные выпрямители типа ВКСМ на номинальные длительные силы тока 1000 и 3000 А. Количество постов определяют по номинальной силе тока одного поста и коэффициенту одновременности нагрузки, равному 0,6.

Сварочные выпрямители имеют жесткую внешнюю характеристику. Получение падающей внешней характеристики и регулирование силы сварочного тока песта осуществляют балластными реостатами типа РБ-300, поставляемыми комплектно с выпрямителями.

Выпрямители типа ВКСМ состоят из следующих основных элементов: силового трехфазного понижающего трансформатора, выпрямительного кремниевого блока с вентилятором, пускорегулирующей и защитной аппаратуры.

Принципиальная упрощенная электрическая схема выпрямителя ВКСМ-1000 показана на рис. 53, а техническая характеристика приведена в табл. 23.

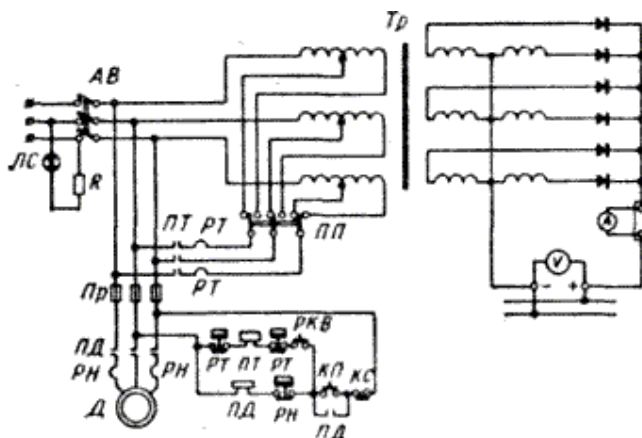


Рис. 53. Принципиальная электрическая схема многопостового сварочного выпрямителя ВКСМ-1000: Тр — сварочный трансформатор; РКВ — реле контроля вентиляции; АВ — автомат воздушный; КП — кнопка управления «Пуск»; КС — кнопка управления «Стоп»; ВК — блок кремниевых вентилях

Параллельная работа источников питания сварочной дуги.

Параллельное включение сварочных машин применяют в тех случаях, когда мощность одного источника недостаточна для сварки.

Параллельная работа сварочных трансформаторов. При параллельном включении сварочных трансформаторов необходимо соблюдать следующее условие.

Напряжения холостого хода должны быть равны; это условие обычно выполняют только для однотипных трансформаторов.

В трансформаторах с увеличенным рассеянием напряжение холостого хода и коэффициент трансформации несколько меняется в зависимости от настройки режима и ступени регулирования, как, например, в трансформаторах типа СТШ, ТС и др. Поэтому регулирующее устройство таких трансформаторов при параллельном включении должно быть предварительно настроено так, чтобы напряжения холостого хода трансформаторов были одинаковыми.

При параллельном включении первичные обмотки сварочных трансформаторов СТ подключают обязательно к одинаковым линейным проводам трехфазной питающей сети, с тем чтобы фазы э. д. с. во вторичных обмотках совпадали (рис. 54). С вторичной стороны попарно соединяют клеммы, имеющие в каждый данный момент времени одинаковую полярность (клеммы а—а и b—b).

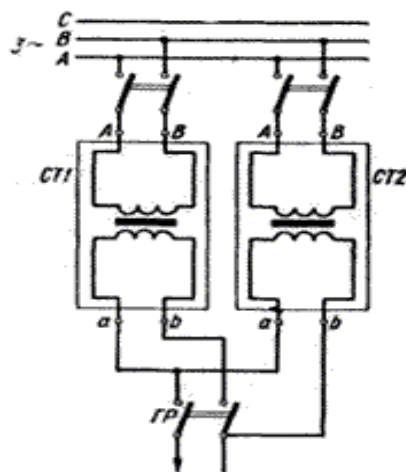


Рис. 54. Схема параллельной работы двух сварочных трансформаторов

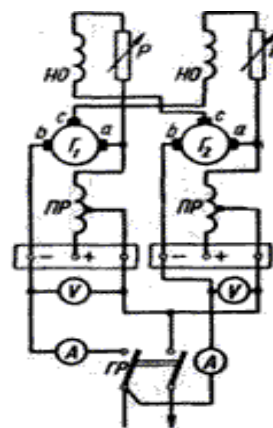


Рис. 55. Схема параллельной работы двух генераторов с намагничивающей параллельной и размагничивающей последовательной обмоткой возбуждения.

Для определения правильной фазировки клемм при включенных трансформаторах в сеть и при разомкнутом рубильнике ГР к клеммам b—b подключают контрольную лампу или вольтметр. Если лампа не загорается или стрелка вольтметра стоит на нуле, то полярность соединенных клемм одинаковая и трансформаторы включены правильно. После этого замыкают рубильник ГР и тем самым включают трансформаторы на параллельную работу.

Параллельная работа сварочных генераторов. При соединении генераторов на параллельную работу необходимо соблюдать следующие основные условия.

Генераторы должны быть одинаковыми по типу или с одинаковыми внешними характеристиками. Во избежание появления уравнительного тока генераторы должны иметь одинаковые напряжения холостого хода и соединяться с одинаковыми зажимами. После включения генераторов на параллельную работу необходимо по амперметрам установить одинаковую нагрузку обеих машин; этого достигают при помощи регулирующих устройств генераторов. При параллельной работе генераторов смешанного возбуждения, у которых последовательная обмотка действует согласно с параллельной обмоткой возбуждения (многопостовых и поперечного поля), клеммы на щитках генераторов должны быть соединены между собой уравнительным проводом. Без уравнительного провода, соединяющего последовательные обмотки генераторов, возможны колебания в распределении нагрузки между генераторами и, следовательно, нарушение устойчивости параллельной работы.

При параллельной работе двух генераторов с расщепленными полюсами и генераторов с намагничивающей параллельной и размагничивающей

последовательной обмотками для устойчивой работы применяют перекрестное питание их цепей возбуждения. Схема параллельной работы двух генераторов с самовозбуждением типа ГС показана на рис. 55.

Аналогично включают на параллельную работу и сварочные выпрямители.

Уход за источниками питания сварочной дуги.

Уход за сварочными трансформаторами. Уход сводится к очистке сердечника и обмоток от пыли и грязи, к поддержанию нормального состояния контактов. Перед работой корпуса трансформатора и дросселя должны быть заземлены. Все зажимы должны быть затянуты, иначе это приведет к сильному нагреванию и обгоранию контактов. Все защитные кожухи должны быть всегда надеты и закреплены. Не следует ставить трансформатор, дроссель и осциллятор вблизи источников нагрева (печи, горна, паропровода и т. д.), так как перегрев вредно отражается на изоляции обмоток. При работе вне помещения надо защищать трансформатор и дроссель от осадков, так как при отсыревшей изоляции обмоток возможен пробой изоляции и замыкание между витками. Характерные неисправности в работе трансформаторов и дросселей, их причины и способы устранения приведены в табл. 24.

24. Характерные неисправности сварочных трансформаторов.

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Трансформатор сильно нагревается	Неправильно включен в сеть	Проверить включение первичной обмотки
	Сила сварочного тока выше допустимой	Уменьшить силу сварочного тока, работать электродом меньшего диаметра
	Замыкание между витками обмотки	Отправить трансформатор на
Чрезмерный нагрев сердечника и шпилек, стягивающих сердечник	Порча изоляции и замыкание между собой стальных листов, из которых набраны сердечники трансформатора и регулятора, в местах прохождения шпилек	Восстановить исправность изоляции

Зажимы трансформатора сильно нагреваются	Слабо затянуты контактные болты	Подтянуть контактные болты
	Провод в месте контакта имеет недостаточное сечение	Заменить проводом нормального сечения
Сильное гудение трансформатора	Ослабление болтов, стягивающих сердечник; ослабление винтов, крепящих кожух	Подтянуть болты и затянуть винты
	Перекошен сердечник регулятора	Затянуть болты равномерно, без перекоса
	Расстроилось крепление сердечника и механизма перемещения катушек	Устранить перекосы в устройстве перемещения катушек. Подтянуть шпильки
	Повреждена изоляция между обмотками и корпусом (обнаруживается проверкой с помощью ме-	Исправить изоляцию
Трансформатор не обеспечивает нижний или верхний пределы регулирования	Подвижные вторичные катушки не доходят до упоров (заедание в ходовом винте, попадание посторонних предметов между катушкой и стержнем и т. д.)	Устранить причину заедания

Уход за сварочными генераторами. Необходимо систематически очищать все части сварочного генератора от пыли и грязи, особенно коллектор, щетки и контактные кольца. Во время работы генератора необходимо следить за температурой отдельных частей (обмоток, подшипников и др.). Чрезмерный нагрев обмотки вызывает разрушение изоляции. Допустимые температуры нагрева приведены ниже.

Наименование	Допустимая температура нагрева, °С
Обмотки асинхронного электродвигателя и машин постоянного тока	95
Стальные сердечники и другие части, соприкасающиеся с обмотками (статор)	100
Контактные кольца	100
Подшипник скольжения (с кольцевой смазкой)	80
Подшипники качения (шариковые и роликовые)	95

Подшипники должны быть защищены крышками от попадания пыли и грязи. Не реже одного раза в 3—6 месяцев необходимо менять смазку и промывать подшипники. Поверхность коллектора всегда должна быть чистой. Коллектор не должен искрить. Поверхность его должна быть гладко отполированной и не иметь царапин или прижогов. При чистке и полировке коллекторов необходимо руководствоваться специальными инструкциями. Угольные щетки должны иметь зеркально блестящую поверхность на всей площади соприкосновения с коллектором и работать бесшумно. Не допускается применение поломанных, выкрошившихся щеток, а также щеток несоответствующих марок. Щетки должны свободно перемещаться в щеткодержателях и должны быть соответствующим образом пригнаны к коллектору или к кольцам. Слишком сильное нажатие на щетки приводит к большому их нагреву и быстрому износу, слабое нажатие приводит к искрению под щетками. Характерные неисправности сварочных машин постоянного тока и способы их устранения приведены в табл. 25.

25. Неисправности сварочных машин постоянного тока

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
<i>Три пуске асинхронных двигателей</i>		
Электродвигатель сварочной машины после включения не вращается, гудит или вращается очень медленно	Перегорел предохранитель в одной из фаз	Сменить плавкий предохранитель
	Разрыв в обмотках статора или ротора электродвигателя	Отключить электродвигатель, вызвать электрика и проверить целостность ротора и статора
Электродвигатель сварочной машины после включения не вращается, гудит или вращается очень медленно	Обрыв в пусковом сопротивлении	Проверить целостность пускового сопротивления. В случае разрыва отправить двигатель на ремонт
	Плохой контакт в щетках	Проверить пришлифованность щеток, нажатие пружин и состояние переходного контакта
Электродвигатель сварочной машины вращается в обратную сторону	Обмотки электродвигателя включены неправильно по отношению к фазам сети	Переключить любые две фазы
Электродвигатель сварочной машины трудно пускается и дает малое число оборотов	Плохой контакт щеток с кольцами	Пригнуть щетки или пришлифовать их с помощью стеклянной бумаги
Гудит двигатель, неравномерный нагрев обмотки статора, появление дыма из	Разрыв в обмотке ротора электродвигателя или в обмотке пускового реостата	Отправить машину в мастерскую для устранения разрыва

	Короткое замыкание между фазами статора внутри машины: замыкание между витками обмотки и задевание ротора о статор	Остановить двигатель, вызвать электрика, осмотреть и проверить, нет ли замыканий между фазами (при разъединенных обмотках фаз) роторов
<i>При работе сварочных генераторов</i>		
Генератор не возбуждается (нет напряжения)	Загрязнен коллектор	Прочистить коллектор мелкой стеклянной бумагой и продуть сжатым воздухом
	Разрыв в цепи возбуждения или в реостате обмотки возбуждения	Отправить машину на ремонт
	Размагнитился генератор (в машинах с самовозбуждением)	Под руководством специалистов намагнитить генератор путем присоединения к другой сварочной машине постоянного тока
Перегрев обмотки якоря	Перегрузка машины: ухудшение вентиляции машины из-за уменьшения частоты вращения, короткие замыкания в обмотке якоря или в обмотке возбуждения	Остановить генератор, вызвать электрика, убедиться в отсутствии нагрузки и при нормальной частоте вращения электродвигателя проверить якорь на отсутствие короткого замыкания
Генератор сильно нагревается	Сила сварочного тока выше допустимого	Остановить машину и дать ей остыть
	Короткое замыкание между витками якоря	Отправить машину в ремонт для устранения повреждений
	Замыкание между коллекторными пластинами	
Перегрев коллектора и щеток	Загрязнен коллектор	Почистить коллектор
	Слишком сильный нажим щеток	Отрегулировать усилие нажатия пружин при остановленном генераторе

Перегрев коллектора и щеток	Слишком твердые щетки	Сменить щетки
	Недостаточное сечение щеток; плохой контакт щеток	Установить необходимое количество щеток при тщательной при-шлифовке их к коллектору
Искрение щеток	Перегрузка генератора	Отрегулировать нагрузку
	Загрязнение коллектора	Прочистить коллектор
	Неровный или бьющий коллектор	Отправить в мастерскую для проточки
	Выступает слюда на коллекторе между пластинами	
	Щетки расположены не по нейтрали	Отрегулировать установку щеток согласно данным завода-изготовителя
	Слабое усилие нажатия пружин на щетки	Сменить или отрегулировать пружины
	Плохая пришлифовка щеток или выкрашивание	Прошлифовать или сменить щетки
Повышение температуры подшипников	Загрязнение смазочных колец и подшипников, перекос оси агрегата	Осмотреть подшипники и в случае необходимости промыть
	Осевое давление на подшипник со стороны вращаемого электродвигателя	При обнаружении устранить перекос оси агрегата или давление на подшипник со стороны вращающегося электродвигателя

Разбрызгивание и течь масла из подшипников	Слишком большое количество смазки: недостаточный размер отверстий для стока масла в нижней половине вкладыша и сильное вентилирующее действие вращающихся частей машины	Остановить генератор, вызвать электрика, слить излишек масла из подшипников (проверить уровень масла при неподвижной машине); увеличить отверстие для стока масла, установить дополнительные кожаные или войлочные уп- лотнения у подшипников со стороны, обращенной к корпусу
--	--	--

Уход за сварочными выпрямителями. Уход сводится в основном к тому же, что и за сварочными трансформаторами. Особое внимание необходимо обращать на работу вентиля и следить за тем, чтобы в них не было пробоа.

Возможные неисправности и их устранение приведены в табл. 26.

26. Возможные неисправности выпрямителей и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Выпрямительная установка не дает напряжения	Не работает вентилятор или воздух засасывается не со стороны жалюзи	Проверить работу вентилятора. Изменить направление вращения так, чтобы воздух засасывался сверху, для чего необходимо поменять местами любые два провода, питающие двигатель вентилятора
	Неисправно реле вентилятора	Проверить работу реле
	Вышел из строя один из вентиля выпрямительного блока	Снять ошиновку, соединяющую выпрямительный блок. Проверить все вентили с помощью тестера. Сопротивление вентиля- в прямом и обратном направлениях должно резко различаться. Проверить отсутствие замыкания между корпусом вентиля и радиатором. Заменить неисправимый ventиль

При пуске с места двигатель вентилятора не работает, а гудит	Сгорел один из предохранителей в цепи двигателя	Проверить и заменить предохранители
	Обрыв в цепи одной из фаз двигателя	Проверить целостность цепи. Включить двигатель в соответствии со схемой включения
Сильное нагревание или даже расплавление частей обмотки трансформатора	Витковое замыкание в обмотках	Разобрать установку, ликвидировать витковое замыкание
Повышенное гудение трансформатора, большая сила тока холостого хода	Витковое замыкание в первичной обмотке трансформатора	Ликвидировать замыкание. Если нужно, перемотать обмотку вновь, при этом армированные медью концы отрезать и приварить вновь газовой сваркой
Чрезмерный нагрев сердечника и стягивающих его шпилек	Нарушена изоляция листов и шпилек	Разобрать сердечник и восстановить изоляцию листов и шпилек