

Источники питания для дуговой сварки и наплавки с улучшенными технологическими характеристиками

А.В. СТЕПАХНО¹, АНТ. В. СТЕПАХНО¹, В.В. АНДРЕЕВ², В.А. КОРИЦКИЙ²

¹Опытный завод сварочного оборудования ИЭС им. Е.О. Патона. 03045, г. Киев, ул. Ново-Пироговская, 66.

E-mail: office@paton.ua

²ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ. 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Опытный завод сварочного оборудования (ОЗСО) ИЭС им. Е.О. Патона выпускает около 40 видов оборудования для дуговой сварки. К этой номенклатуре относятся сварочные трансформаторы, выпрямители для ручной и механизированной сварки, специализированные источники питания.

Трансформаторы для ручной дуговой сварки получили широкое распространение при выполнении монтажных и ремонтных работ на промышленных предприятиях, стройках, фермах, в автохозяйствах, коммунальных предприятиях, в цеховых условиях и на трассах трубопроводов. Сварочные трансформаторы позволяют вести процесс сварки на более интенсивных режимах, чем выпрямители, так как при сварке переменным током практически отсутствует магнитное дутье. В этом случае электромагнитная сила, действующая на сварочную дугу, определяется результирующим магнитным потоком, равным геометрической сумме магнитных потоков сварочного и вихревых токов, индуцируемых в массе основного металла. Так как составляющие этих потоков находятся почти в противофазе, то результирующая величина их невелика, и поэтому проявление магнитного дутья по сравнению с постоянным током радикально ослабляется даже при очень больших сварочных токах (до 2000 А).

Известны и другие преимущества переменного тока. Например, сварка на переменном токе значительно экономичнее с точки зрения расхода электроэнергии. КПД сварочных трансформаторов, как правило, выше, чем у источников питания постоянного тока. Сварочные трансформаторы имеют простое устройство, требуют минимального ухода и текущего ремонта и поэтому расходы на их эксплуатацию и обслуживание сравнительно невелики.

Переменный ток по своему технологическому воздействию на ванну подобен модулированному току с частотой 50 Гц. Структура металла сварного шва получается более мелкозернистая и его качество на переменном токе лучше, чем при сварке постоянным током электродами одной и той же марки. Ценен также процесс очищения свариваемого изделия от окисных пленок при сварке переменным током алюминия и его сплавов неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах и их смесях. Поэтому аргонодуговая сварка алюминия неплавящимся электродом производится только переменным током.

К недостаткам традиционных сварочных трансформаторов следует отнести низкую стабильность горения дуги переменного тока, обусловленную погасанием и зажиганием дуги при изменении полярности (100 раз в секунду при частоте 50 Гц), а также отрицательным влиянием переноса металла в этих условиях. Улучшения стабильности горения дуги можно добиться путем повышения напряжения холостого хода трансформатора, применением переменного тока прямоугольной формы, увеличением частоты тока или наложением на ток основной частоты колебаний повышенной частоты. Все перечисленные приемы сопряжены с большим расходом активных материалов, идущих на изготовление силовых трансформаторов и других узлов, составляющих основу источников питания и соответственно их удорожанием.

Благодаря исследованиям, выполненным в ИЭС им. Е.О. Патона, и разработанным специальным импульсным устройствам стабилизации горения дуги (УСГД), этот недостаток сварочных трансформаторов можно считать преодоленным. Построенные на современной элементной базе УСГД доведены до высокой степени совершенства и представляют собой недорогие малогабаритные устройства, легко размещаемые в кожухе любого сварочного трансформатора. УСГД поддерживает устойчивый дуговой разряд путем генерирования и подачи в дуговой промежуток импульсов напряжения в начале каждого полупериода. В данном случае стабилизация сварочной дуги заключается в следующем. Обычно при сварке на переменном токе дуга гаснет, когда сварочный ток при подходе к нулевому значению уменьшается до величины, близкой к 5 А. Обрывы происходят с удвоенной частотой переменного тока. Повторное зажигание дуги требует более высокого напряжения, чем напряжение дуги. Для надежного зажигания дуги необходимо, чтобы в начале полуволны сварочного тока УСГД выработал и подал на вторичную обмотку трансформатора импульсы ам-

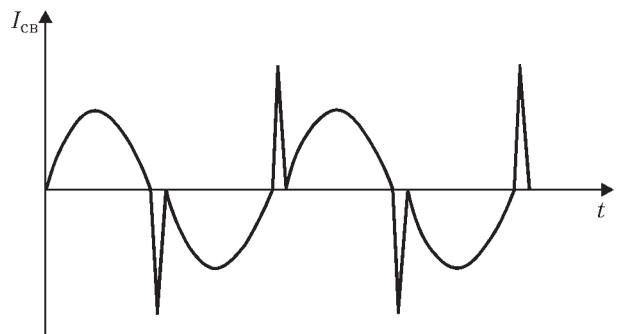


Рис. 1. Форма сварочного тока при импульсной стабилизации горения дуги

Таблица 1. Технические характеристики трансформаторов, выпускаемых на ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона

Параметры	Источники питания					
	СТШ-250 СГД	СТШ-252 СГД	СТШ-256 СГД	СТШ-315 СГД	СТШ-400 СГД	СТШ-401 СГД
Номинальное напряжение питающей сети, В	1×220, 2×2380	1×2220, 2×2380	1×2220, 2×2380	2×2380	2×2380	2×2380
Номинальный сварочный ток, А	250	250	250	315	400	400
Продолжительность нагрузки (ПН)	20 %/250 А 100 %/112 А	40 %/250 А 100 %/158 А	20 %/250 А 100 %/112 А	40 %/315 А 100 %/200 А	60 %/400 А 100 %/310 А	60 %/400 А 100 %/310 А
Пределы регулирования сварочного тока, А	70...260	70...260	70...260	90...315	90...400	25...400
Стабилизатор горения дуги «УСГД»	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Напряжение холостого хода, В	65	65	65	55	53	53
Номинальная потребляемая мощность, кВА	16,3	16,3	16,3	17,5	22,0	22,0
Охлаждение	Естеств.	Принудит.	Естеств.	Принудит.	Принудит.	Принудит.
Габаритные размеры, мм ($L \times B \times H$)	424×275×425	546×400×560	424×275×425	540×520×595	800×520×630	800×520×630
Масса, кг	49,2	65,0	55,2	80,0	110,0	111,0

плитудой до 500 В. Эти импульсы облегчают повторное зажигание дуги, что и способствует повышению стабильности ее горения (рис. 1).

В ИЭС им. Е.О. Патона разработаны различные модификации УСГД, позволяющие вести ручную дуговую сварку практически любыми электродами, как для переменного, так и для постоянного тока. При разработке этих устройств к ним предъявлялись требования экономичности, малых габаритных размеров и материалоемкости, долговечности и надежности. Выпускаемая в настоящее время модель такого устройства УСГД-4М У2 в полной мере удовлетворяет этим требованиям. Потребляемая мощность УСГД-4М У2 — не более 160 ВА, масса — 0,4 кг, габаритные размеры 130×130×60 мм.

Подключение УСГД к любому трансформатору для ручной дуговой сварки делает его практически универсальным по сварочно-технологическим свойствам. В этом случае сварочный трансформатор может заменить источник постоянного тока (выпрямитель, генератор) или установку для аргонодуговой

Таблица 2. Основные технические характеристики выпрямителей серии ВД

Параметры	Наименование выпрямителя				
	ВД-250	ВД-310	ВД-500	ВД-255 АС/DC	ВД-400 АС/DC
Напряжение питающей сети, В	3×380	3×380	3×380	2×380	2×380
Номинальный сварочный ток, А	250	315	500	АС 250/DC 225	АС 400/DC 300
Продолжительность нагрузки (ПН %)	40 %/250 А 100 %/158 А	60 %/315 А 100 %/244 А	60 %/500 100 %/387	40 %/АС 250/DC 225 100 %/АС 158/DC 145	60 %/АС 400/DC 300 100 %/АС 310/DC 232
Пределы регулирования сварочного тока, А	30...80 80...250	45...125 125...315	75...220 220...540	АС 70...250 DC 60...225	АС 90...400 DC 75...300
Напряжение холостого хода, В	65/96	65/96	67/96	75	75
Номинальная потребляемая мощность, кВА	17	22	48	16,3	25
Охлаждение	Принудит.	Принудит.	Принудит.	Принудит.	Принудит.
Габаритные размеры, мм ($L \times B \times H$)	860×570×770	905×770×825	905×770×825	660×550×610	910×530×600
Масса, кг	125	220	240	90	120

сварки. Для питания УСГД сварочный трансформатор снабжается дополнительной слаботочной обмоткой. Блок управления УСГД подключает устройство к работе после первого контакта электрода с изделием и точно отслеживает момент подачи импульса после прохождения сварочного тока через ноль. В блок управления постоянно поступает информация о сварочном токе и о напряжении дуги. Поэтому стабилизирующие горение дуги импульсы подаются в дуговой промежуток на всех режимах работы сварочного трансформатора (холостой ход, короткое замыкание, горение дуги). Через одну секунду после прекращения сварки УСГД отключается. Следует отметить, что аналогов УСГД в мировой практике пока нет.

ОЗСО ИЭС им. Е.О.Патона освоил серийное производство трансформаторов с регулируемым магнитным рассеянием для дуговой сварки типа СТШ в комплекте с УСГД-4М У 2 (рис. 2). Практика показала, что применение УСГД совместно с трансформаторами типа СТШ позволяет получить существенный экономический эффект, благодаря которому быстро окупаются основные затраты, связанные с приобретением подобного оборудования. В табл. 1 представлены технические характеристики некоторых моделей сварочных трансформаторов, выпускаемых на ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона.

Основным преимуществом источников питания серии СТШ-СГД является их многофункциональность, которая позволяет использовать их:

- при ручной дуговой сварке черных сталей покрытыми электродами, предназначенными для переменного тока (АНО-4, МР-3 и пр.) и для постоянного тока (УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ВИ-10-6 и пр.);
- при ручной дуговой сварке нержавеющей и специальных сталей (электродами ОЗЛ-8, ОЗЛ-26, ЦЛ-39 и пр.);
- при ручной дуговой сварке чугуна электродами ЦЧ-4;
- при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом нержавеющей сталей, алюминия и его сплавов в тех случаях, когда допускается начальное зажигание дуги контактным способом.

Таким образом, по сварочно-технологическим возможностям эти источники вполне могут заменить более дорогие сварочные выпрямители и генераторы. Трансформаторы типа СТШ-СГД по желанию заказчика могут комплектоваться электрододержателями, а также горелками фирмы «Abikor Binzel» для аргонодуговой сварки.

Выпускаемые ОЗСО выпрямители серии ВД (рис. 3) с механическим регулированием тока используются в основном при сварке покрытыми электродами различных металлоконструкций в строительстве, машиностроении, горнорудной и металлургической промышленности, аграрном комплексе.

Выпрямители просты в обращении и достаточно надежны в эксплуатации. Диапазон регулирования сварочного тока разбит на две ступени. В пределах каждой ступени плавное регулирование сварочного тока обеспечивается изменением расстояния между катушками первичных и вторичных обмоток силового трансформатора. Переход с одной ступени на другую производится переключателями барабанного типа, которыми оснащены выпрямители.

Наиболее распространенный в сварочном производстве выпрямитель ВД-310, выпускаемый ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона, имеет плавное регулирование сварочного тока от 45 до 315 А и обладает достаточно высокими технологическими свойствами, обеспечивая стабильный процесс сварки и качественное формирование шва при низком разбрызгивании электродного металла. Однако при сварке корневых швов трубопроводов электродами малого диаметра (2,5...3,0 мм) на токах 65...80 А был отмечен эффект «примерзания» электрода, что впоследствии приводило к определенным трудностям ведения сварки. Как показала практическая проверка, причина такого явления кроется в недостаточной величине тока короткого замыкания (КЗ) выпрямителя при работе в диапазоне малых токов. Например, при сварке от выпрямителя ВД-310 на токах 65...80 А ток КЗ выпрямителя практически не отличается от тока сварки. Учитывая это обстоятельство, было предложено модернизировать выпрямитель ВД-310, снабдив его дополнительным низковольтным источником постоянного тока сравнительно небольшой мощности (порядка 5 % мощности основного выпрямителя), который вступал бы в работу и увеличивал ток как непосредственно перед КЗ, так и во время замыкания дугового промежутка каплей расплавленного металла.

Выпрямитель ВД-310 может комплектоваться и другой выпрямительной приставкой с напряжением холостого хода 96 В и током КЗ, равным 15 А. Это позволяет повысить эластичность дуги, что важно при сварке в узкую разделку. Предлагаемое комбинированное питание дуги обеспечивает надежный провар корня шва при сварке трубопроводов без погасания дуги и «примерзания» электрода, что суще-

Таблица 3. Основные параметры выпрямителя

Параметры	BC-650CP
Напряжение питающей сети, 50 Гц, В	3×380
Номинальный ток, А при ПН %	650 (80 %)
Пределы регулирования напряжения холостого хода U_{xx} , В	18...58
Число ступеней регулирования U_{xx}	27
Номинальная мощность, кВА	40
Внешняя характеристика	Жесткая
Диапазон сварочного тока, А	50...650
Габаритные размеры, мм	780×750×790
Масса, кг, не более	200

Таблица 4. Технические характеристики источников питания серии ВДИ

Параметры	Наименование					
	ВДИ-120М	ВДИ-120Р	ВДИ-160М	ВДИ-160Р	ВДИ-200М	ВДИ-200Р
Максимальный диаметр электрода, мм	3	3	4	4	5	5
Номинальное напряжение питающей сети, В	1×220	1×220	1×220	1×220	1×220	1×220
Номинальный сварочный ток, А	120	120	160	160	200	200
Максимальный сварочный ток, А	160	160	215	215	270	270
Продолжительность нагрузки (ПН)%	70 %/120 А 100 %/101 А	70 %/120 А 100 %/101 А	70 %/160 А 100 %/134 А	70 %/160 А 100 %/134 А	70 %/200 А 100 %/167 А	70 %/200 А 100 %/167 А
Пределы изменения напряжения в сети, В	170...260	170...260	170...260	170...260	170...260	170...260
Пределы регулирования сварочного тока, А	5...120	5...120	7...160	7...160	10...200	10...200
Горячий старт «Hot Start»	Автом.	Авт./ручное	Автом.	Авт./ручное	Автом.	Авт./ручное
Форсированная дуга «Arc Force»	Автом.	Авт./ручное	Автом.	Авт./ручное	Автом.	Авт./ручное
Напряжение холостого хода, В	96	96	96	96	96	96
Номинальная потребляемая мощность, кВА	3,2	3,2	4,4	4,4	5,6	5,6
Максимальная потребляемая мощность, кВА	4,3	4,3	5,9	5,9	7,5	7,5
Cos φ	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
КПД, %	93	93	93	93	93	93
Охлаждение	Принудит.	Принудит.	Принудит.	Принудит.	Принудит.	Принудит.
Габаритные размеры, мм длина	390	390	400	400	430	430
ширина	110	110	140	140	170	170
высота	240	240	270	270	295	295
Масса, кг	6,2	6,3	7,4	7,5	9,8	9,9

ственно расширяет область применения выпрямителя ВД-310. По своим технологическим свойствам модернизированный выпрямитель ВД-310 сопоставим со сварочными агрегатами, которые используются в настоящее время при сварке трубопроводов. Технологические испытания модернизированного таким образом выпрямителя ВД-310 на штатных образцах труб (материал сталь 20) диаметром 219 и 108 мм с толщиной стенки 8 и 12 мм соответственно показали, что подключение приставок обеспечивает стабильный процесс сварки без эффекта «примерзания» электрода на режимах 65...80 А. Сварка выполнялась электродами АНО, ТМ60, LB 52U, УОНИ 13/55.

По желанию заказчика источники питания серии ВД могут поставляться в универсальном по роду тока (AC/DC) исполнении для сварки покрытыми электродами. Основные технические характеристики выпрямителей серии ВД приведены в табл. 2.

Для механизированной сварки и наплавки сплошной и порошковой проволокой в среде защитных

Таблица 5. Основные технические характеристики трансформаторов типа ТШС и ТШП

Параметр	Наименование			
	ТШС 1000/3	ТШС 3000/1	ТШС 3000/3	ТШП 10000/1
Напряжение питающей сети, В	3×380	2×380	3×380	2×380
Номинальный сварочный ток, А при ПН 100 %	1000	3000	3000	10000
Номинальная мощность, кВА	170	138	500	760
Напряжение холостого хода, В	38...62	13,5...46	8...63	40...76
Число ступеней регулирования напряжения холостого хода	18	10	48	4
Охлаждение принудительное	Воздушное	Водяное	Водяное	Водяное
Масса, кг	1400	600	2200	2400

газов на ОЗСО освоен выпуск выпрямителей серии ВС на токи 300, 400, 500 и 650 А. Наиболее перспективной моделью можно назвать выпрямитель ВС-650 СР. Этот выпрямитель обеспечивает питание одного сварочного поста при механизированной сварке и наплавке на токах до 650 А. При механизированной сварке диапазон регулирования напряжения на дуге 16...48 В. В отличие от традиционных сварочных выпрямителей источник, благодаря оригинальному специальному дросселю с внутренней обратной связью, обеспечивает стабилизацию длины дугового промежутка и размера капель переноса



Рис. 2. Сварочные трансформаторы серии СТШ-СГД (СТШ-256 СГД, СТШ-250 СГД, СТШ-252 СГД, СТШ-315 СГД, СТШ-400 СГД)

симого металла при сварке в защитных газах с короткими замыканиями, что существенно улучшает формирование шва и качество сварки во всех пространственных положениях при минимальном разбрызгивании электродного металла. Выпрямитель ВС-650СР может использоваться при сварке под флюсом, а также при многопостовой сварке покрытыми электродами. Для регулирования тока на постах могут подключаться балластные реостаты либо транзисторные импульсные регуляторы (чопперы). Количество постов определяется в зависимости от тока на посту и коэффициента одновременности и загрузки. Основные параметры выпрямителя ВС-650 СР приведены в табл. 3. Выпрямитель ВС-650 СР может комплектоваться подающим механизмом БП-607, который обеспечивает подачу сплошной и порошковой электродной проволоки диаметром 1,0...2,4 и 1,2...3,6 мм соответственно в диапазоне скоростей 2...20 м/мин. Внешний вид сварочного выпрямителя ВС-650СР и подающего блока БП-607 представлены на рис. 4.

Чопперы позволяют не только плавно регулировать параметры режима сварки, но и являются значительно экономичнее балластных реостатов. ОЗСО разработал и готовит к производству чоппер на 315 А ЧСИ-315М (рис. 5), которым будут комплектоваться многопостовые выпрямители на 630, 1250 и 5000 А.



Рис. 3. Сварочные выпрямители серии ВД



Рис. 5 Чоппер ЧСИ-315М



Рис. 4. Сварочный выпрямитель BC-650CP и подающий блок БП-607

Рис. 6. Источник питания серии ВДИ



Рис. 7. Трансформатор ТСП 10000/1

Готовятся также к выпуску трансформаторы трехфазные типа ТШС-1000/3 и ТШС-3000/3. Трансформаторы ТСП-10000 (рис. 7) входили в комплект печей: У189 для обогрева шлаковой ванны; У360 для переплава металлов в слитки до 350 кг; Р951 для переплава металлов в слитки до 1500 кг.

Основные технические данные трансформаторов типа ТШС и ТСП приведены в табл. 5.

В последнее время ОЗСО производит современные источники питания на основе инверторов. К этой группе оборудования можно отнести выпрямители для ручной и аргодуговой сварки серии ВДИ (рис. 6), которые обеспечивают высокое качество сварных швов. В автоматическом режиме выполняет ряд следующих дополнительных функций:

а) горячий старт «Hot Start» — обеспечивает качественное начало сварки в момент зажигания дуги;

б) форсированная дуга «Arc Force» — служит для повышения стабильности горения на короткой дуге и предотвращения «залипания» электрода в момент перехода капли в сварочную ванну;

в) антиприлипания «Anti Stick» — дает сварщику без затруднений отделять (отрывать) электрод от изделия без риска обжечь

глаза — при коротком замыкании между электродом и изделием (если такое произошло) происходит автоматическое снижение сварочного тока до минимума. После отделения электрода от изделия источник автоматически восстанавливает свою работоспособность;

г) блок снижения напряжения холостого хода — необходим при проведении сварочных работ в условиях повышенной системы электробезопасности. После окончания процесса сварки через 0,1 с напряжение на клеммах источника снижается до безопасного уровня 12 В.

В табл. 4 приведены технические характеристики источников питания серии ВДИ.

В ближайшее время на ОЗСО планируется возобновить выпуск специальных мощных трансформаторов типа ТШС на токи 3000 и 6000 А для шлаковых технологий (табл. 5). Трансформаторы ТШС-3000 входят в комплект печей: У102М для переплава прецизионных сплавов; У314 для переплава активных и благородных металлов; Об 530 для переплава цветных металлов; Об 578М для выплавки флюсов.

Новое поколение традиционных источников питания для сварки с улучшенными технологическими характеристиками, выпускаемых ОЗСО Института электросварки им. Е.О. Патона, находит широкое применение в различных областях промышленного производства.