

НОВЫЙ ТИП ИМПУЛЬСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА ГОРЕНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

И. И. ЗАРУБА, д-р техн. наук, В. В. АНДРЕЕВ, канд. техн. наук, А. Ф. ШАТАН, Г. Н. МОСКОВИЧ, инженеры
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),
В. А. ХАЛИКОВ, канд. техн. наук (Ин-т электродинамики НАН Украины)

Рассмотрены особенности применяемых способов импульсной стабилизации горения сварочной дуги. Предложен принципиально новый подход и схемное решение импульсного стабилизатора горения сварочной дуги переменного тока.

Ключевые слова: дуговая сварка, дуговой разряд, горение дуги, импульсная стабилизация, сварочный трансформатор

При электродуговой сварке плавящимся и неплавящимся (вольфрамовым) электродами на переменном токе промышленной частоты (50 Гц) наблюдается нарушение устойчивости горения дуги при изменении полярности электродов. Для преодоления этого недостатка на практике часто используют импульсные стабилизаторы горения дуги различного типа, принцип действия которых заключается в том, что они передают в разрядный промежуток дополнительный импульс энергии в момент перехода напряжения и тока через нулевое значение, благодаря чему замедляется деионизация газа в промежутке и облегчается последующее зажигание дуги [1].

Энергия для импульса у большинства импульсных стабилизаторов заблаговременно накапливается в конденсаторах, которые заряжаются специальными источниками тока. Эти источники бывают автономными или выполняются в виде дополнительных обмоток на магнитопроводе основного сварочного трансформатора. Накопительная емкость (конденсатор) и источник питания для нее являются основными узлами импульсных стабилизаторов горения дуги, применяемых в настоящее время в промышленности. Они определяют конструкцию и стоимость этих устройств.

Между тем импульсную стабилизацию горения дуги без применения зарядных устройств и накопительных емкостей можно обеспечить, используя энергию собственно сварочного контура, не нанося при этом ущерба технологическому процессу. В основу такого способа положено использование ЭДС самоиндукции, которая возникает при разрыве сварочного контура быстродействующим коммутатором и совпадает по направлению с напряжением основного источника питания и складывается с ним, благодаря чему обеспечивается дуговой

разряд между электродом и изделием и поддерживается надежное горение дуги.

Впервые проверка предложенного принципа и устройства [2] импульсной стабилизации горения дуги была осуществлена в ИЭС им. Е. О. Патона применительно к возбуждению малоамперной дуги при микроплазменной сварке. К источнику питания для микроплазменной сварки, состоящему (рис. 1) из трансформатора 1, выпрямительного моста 2 и сглаживающего дросселя 3 подключали вакуумное электромагнитное реле 4, обмотку которого последовательно со стабилитроном 5 и диодом 6 соединяли с выходными клеммами выпрямительного моста. Контакт 7 электромагнитного реле включен параллельно дуговому промежутку 8. Когда дуга не горит, напряжение на разрядном промежутке 8 и контакте 7 равно напряжению холостого хода источника питания. Этого напряжения недостаточно для пробоя промежутка. Импульс напряжения будет получен, если на некоторое время замкнуть контакт 7, а затем быстро его разомкнуть. Образовавшаяся при этом ЭДС самоиндукции, имеющая то же направление, что и напряжение источника питания, складывается с последним. На разрядном промежутке (между электродом и изделием) появляется импульс напряжения, обеспечивающий пробой и зажигание дуги. Значение высоковольтного импуль-

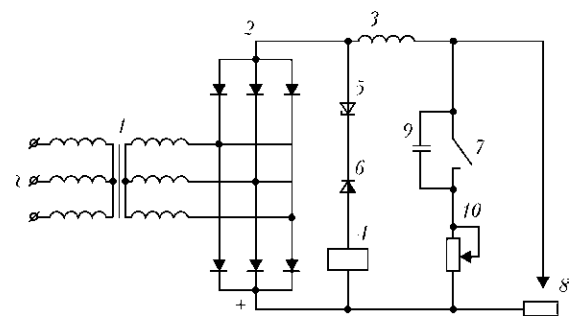


Рис. 1. Схема устройства импульсной стабилизации горения дуги [2]: 1–10 — см. в тексте



са регулируется с помощью резистора 10. Конденсатор 9 способствует сохранению контактов реле от подгорания, увеличивает срок службы устройства. В зависимости от напряжения на выходе источника стабилитрон 5 и диностор 6 автоматически включают и отключают реле 4. В момент обрыва дуги напряжение на выходе выпрямителя 2 станет равным напряжению холостого хода, что вызовет включение стабилитрона 5 и диностора 6. Реле 4 включится и замкнет контакт 7. В цепи появится ток, значение которого зависит от сопротивления резистора 10. Напряжение на выходе выпрямителя 2 уменьшится до значения, обеспечивающего открытие реле 4, которое разомкнет контакт 7. Возникающий при размыкании контакта импульс напряжения пробьет разрядный промежуток 8. Зажжется сварочная дуга, питающаяся от трансформатора 1 и выпрямителя 2, напряжение на разрядном промежутке снизится до значения, при котором реле 4 не может включиться. При обрыве сварочной дуги цикл повторяется автоматически. Результаты эксперимента подтвердили работоспособность предложенного принципа импульсной стабилизации горения дуги и целесообразность его практического применения, например, при микроплазменной сварке, т. е. сварке на постоянном токе. Было обеспечено надежное начальное зажигание дуги и ее восстановление при случайных обрывах. Между тем особое значение приобретает надежное начальное и повторные зажигания дуги при сварке на переменном токе промышленной частоты (50 Гц), когда дуга зажигается и гаснет 100 раз в секунду. Описанное устройство не может быть использовано при сварке на переменном токе, так как в нем не предусмотрена реакция на изменение полярности электродов. Кроме того, во многих случаях напряжение импульса не достигает требуемого значения в связи с недостаточной скоростью размыкания электрической цепи контактами реле.

Перед авторами статьи была поставлена задача создания устройства для стабилизации горения сварочной дуги на переменном токе с частотой 50 Гц, которое не требовало бы специальных источников питания с зарядным конденсатором и обеспечивало передачу в разрядный промежуток достаточно мощного импульса энергии в моменты

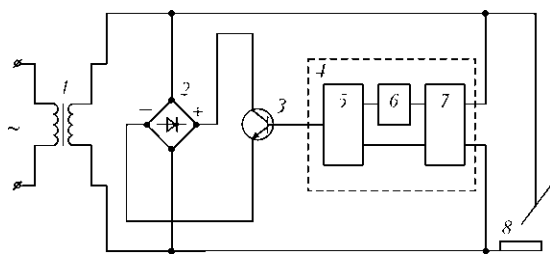


Рис. 2. Структурная схема устройства, подключаемого к сварочному трансформатору для возбуждения и стабилизации горения дуги переменного тока: 1–8 — см. в тексте

начального возбуждения дуги, смены полярности на электроде и при случайных обрывах дуги.

Для этого разработан ключ, срабатывающий (закрывающий и размыкающий цепи вторичной обмотки трансформатора) в течение нескольких микросекунд, который обеспечивает при размыкании необходимую скорость изменения тока. Ключ собран на основе высоковольтного транзистора типа BU508DF с высокой скоростью срабатывания. Поскольку при размыкании ключа ЭДС самоиндукции, возникающей во вторичной цепи сварочного трансформатора, достигала нескольких киловольт, для защиты от перенапряжений параллельно силовому транзистору подключили два супрессора (1,5KE440A), ограничивающих напряжение на нем значением 880 В. Осуществлялась также токовая защита транзистора. Если падение напряжения на резисторе в цепи транзистора превышало заданное значение 1,4 В, контроллер принудительно запирает силовой транзистор. Кроме того, контроллер позволяет также регулировать и выбирать целый ряд параметров устройства (количество импульсов зажигания и стабилизации, длительность тех и других, длительность пауз между ними и др.).

Сущность нового устройства [3] для начального и повторных зажигания сварочной дуги переменного тока и стабилизации ее горения состоит в том, что в его схему введен добавочный узел коммутации, обеспечивающий повторное включение и выключение транзистора через заранее установленный промежуток времени. Срабатывание устройства происходит в момент изменения полярности. За импульсом, который посылается в этот момент, следует повторный импульс через заранее установленный интервал времени.

На рис. 2 представлена структурная схема устройства, подключаемого параллельно сварочному трансформатору 1 и разрядному промежутку — сварочной дуге 8. В состав схемы входят выпрямительный мост 2, высоковольтный силовой транзистор 3 и блок управления 4, состоящий из формирователя импульсов 5, узла задержки 6, узла синхронизации 7. Дополнительные элементы схемы (защита от перенапряжений, регулировка тока импульса, его длительность и др.) здесь не приводятся. Схема обеспечивает слежение за напряжением на разрядном промежутке и в момент смены полярности выдает управляющий сигнал на включение и выключение высоковольтного транзистора. Сигнал состоит из двух частей, следующих одна за другой с промежутком времени, который установлен оператором. В нашем случае он составляет четвертую часть периода переменного тока частотой 50 Гц.

За время действия управляющего сигнала силовой высоковольтный транзистор срабатывает (включается и выключается в течение нескольких

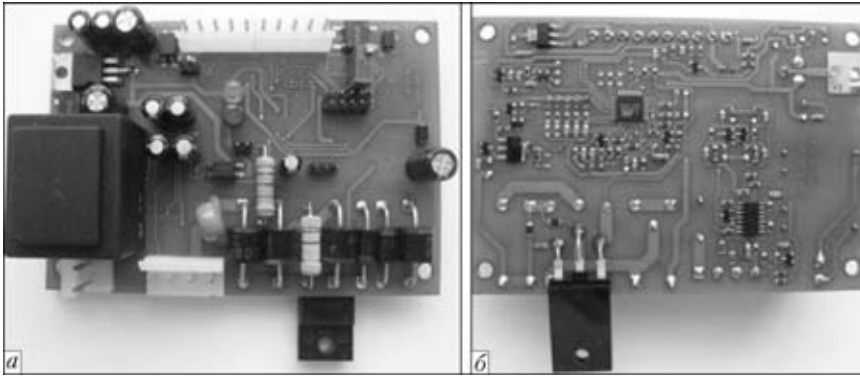


Рис. 3. Внешний вид лицевой (а) и тыльной (б) сторон платы импульсного стабилизатора сварочной дуги переменного тока

микросекунд), что приводит к возникновению перенапряжения на разрядном промежутке, его пробую и зажиганию сварочной дуги. Если при этом напряжение источника питания возрастает до требуемого значения (напряжения зажигания — U_3), то дуга надежно продолжает гореть в течение всей части полупериода. В противном случае горение дуги устанавливается действием второго импульса, который следует через $1/4$ периода и почти совпадает с максимальным значением напряжения источника питания, за счет чего обеспечивается надежное возбуждение и дальнейшее горение дуги.

При включении сварочного трансформатора I на его выходных клеммах, а также на разрядном промежутке δ появляется напряжение холостого хода $U_{x,x}$, изменяющееся по синусоидальному закону. В момент достижения нулевого значения ($U_{x,x} = 0$) блок управления 4 включает в работу высоковольтный транзистор 3 , что приводит к появлению перенапряжения, пробую разрядного промежутка δ и зажиганию дуги. Если энергия импульса или напряжение источника питания в этот момент будут недостаточными для поддержки дугового разряда, то стабильное зажигание дуги обеспечивается вторым импульсом, который появится в момент, близкий к максимальному напряжению источника питания. Блок управления непрерывно следит за напряжением дуги и управляет подачей импульсов энергии в разрядный промежуток при изменении полярности.

Нарушение стабильности процесса сварки может быть вызвано не только изменением полярности, но и обрывами дуги и другими причинами. Предложенное устройство позволяет восстановить горение дуги и в этих случаях. Время восстановления зависит от того, в какой момент периода произойдет обрыв дуги. Включение трансформатора в начале процесса происходит в любой момент периода, но коммутатор срабатывает

только при изменении полярности. Дуга сразу может и не возбудиться, так как в начале процесса в сварочном контуре еще не накоплено достаточно энергии. При этом разрядный промежуток не имеет остаточной ионизации и напряжение на нем в этот момент может быть равно нулю. Однако следующий за первым через четверть периода (время установлено оператором) второй импульс, совпадающий с максимальным значением напряжения холостого хода и суммирующийся с ним, обеспечит надежное зажигание дуги. Отметим, что появление импульса энергии при горении дуги не окажет заметного влияния на процесс сварки в связи с кратковременностью действия импульса.

Если обрыв дуги произойдет в первой четверти периода, то ее легко восстановить благодаря импульсу, следующему за первым через четверть периода и совпадающему с амплитудным значением напряжения холостого хода. Зажигание дуги несколько затянется, если ее обрыв произойдет в части периода на спаде синусоиды напряжения. Она может не возбудиться при смене полярности, но зажжется вторым импульсом, также суммирующимся с максимумом напряжения холостого хода.

Новые импульсные устройства (рис. 3) уже нашли промышленное применение в качестве стабилизаторов дуги переменного тока и осцилляторов при аргонодуговой сварке и в других случаях.

1. *Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги* / Б. Е. Патон, И. И. Заруба, В. В. Дыменко, А. Ф. Шатан. — Киев: Екотехнологія, 2008. — 248 с.
2. *А. с. 427805. Устройство для возбуждения и питания маломощной дуги* / В. М. Лобачев, И. И. Заруба, В. Д. Шелягин, В. К. Мохнач. — Приор. от 15.02.1971; опубл. 15.05.74, Бюл. № 18.
3. *Пат. Україна 62596. Пристрій для початкового та повторних запалювань зварювальної дуги змінного струму* / Б. С. Патон, І. І. Заруба, В. В. Андреев та ін. — Опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17.

Peculiarities of the methods used for pulse stabilisation of the welding arc are considered. The fundamentally new approach and design of the pulse stabiliser of the AC welding arc are offered.

Поступила в редакцию 25.10.2011