УДК 621.79.03

УНИВЕРСАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГУЛИРОВКИ И МОДУЛЯЦИИ СВАРОЧНОГО ТОКА

[1]Крампит А.Г., [2]Крампит М.А., [3]Петрова К.Е., [2]Садыров Р.К.

[1]АО «НПП «Исток» им. А.И. Шокина», Фрязино, e-mail: akrampit@mail.ru;
[2]ФГАОУ ВО «Юргинский технологический институт» (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, Юрга, e-mail: savage_jawa@mail.ru;
[3]ГПОУ «Юргинский технологический колледж», Юрга, e-mail: kristaliksolnishko@yandex.ru

В работе рассмотрены имеющиеся на рынке устройства для регулирования сварочного тока непосредственно во время сварки. Был выделен главный недостаток таких устройств – их неуниверсальность. Также большинство этих устройств было создано для дуговой сварки неплавящимся электродом в инертном газе. Был спроектирован универсальный регулятор, крепящийся непосредственно к органам управления источника питания для сварки. Таким регулятором можно доработать любой источник питания и любую сварочную горелку. Для точности управления применялся датчик давления, который можно настроить под любой диапазон силы нажатия. Рабочим органом являлся сервопривод, который способен быстро поворачивать регулятор на заданный угол и поддерживать его. Также микроконтроллер можно запрограммировать на любой отклик, вплоть до 1 мс. Данный регулятор был собран и апробирован в лабораторных условиях на недорогом российском инверторе для ручной дуговой сварки. Другим применением данного универсального регулятора является модуляция сварочного тока по заданной программе. Были проведены исследования при сварке вертикального шва. Макрошлифы показали, что был достигнут полный провар. На микрошлифах видно отсутствие дефектов, при том, что сварку выполнял сварщик с невысокой квалификацией без каких-либо колебаний.

Ключевые слова: регулирование сварочного тока, модуляция сварочного тока, универсальный регулятор тока сварки

UNIVERSAL DEVICE FOR ADJUSTMENT AND MODULATION OF WELDING CURRENT

[1]Krampit A.G., [2]Krampit M.A., [3]Petrova K.E., [2]Sadyrov R.K.

[1]Joint-Stok company «Research and production Corporation «Istok» named after A.I. Shokin», Fryazino, e-mail: akrampit@mail.ru;
[2]Yurga Institute of Technology, TPU affiliate Russia, Yurga, e-mail: savage_jawa@mail.ru;
[3]Yurga College of Technology, Yurga, e-mail: kristaliksolnishko@yandex.ru

In work the devices available on the market for welding current regulation are considered directly during welding. The main drawback of such devices was highlighted – they are not universal. Also, most of these devices were created for arc welding by a non-consumable electrode in an inert gas. A universal controller was designed, which was attached directly to the control elements of the power source for welding. With this regulator, you can modify any power source and any welding torch. For the accuracy of the control, a pressure sensor was used, which can be adjusted to any range of pressing force. The working body was a servo-drive, which is able to quickly turn the regulator to a given angle and support it. Also, the microcontroller can be programmed for any response, up to 1 ms. This regulator was assembled and tested in laboratory conditions on an inexpensive Russian inverter for manual arc welding. Another application of this universal controller is the modulation of the welding current according to the specified program. Investigations were carried out in the welding of a vertical seam. Macroschips have shown that a full cook was achieved. Also in the seam there were no defects, despite the fact that welding was performed by a welder with low qualifications without any hesitation.

Keywords: welding current control, welding current modulation, universal welding current regulator

Регулирование силы сварочного тока при дуговой сварке обычно осуществляется с помощью самого источника питания. Все возможные способы регулирования тока можно свести к двум: изменению напряжения холостого хода источника Uxx, изменению электрического сопротивления источника Z.

При сварке на монтаже или при сварке неповоротного стыка трубопровода, особенно малого диаметра, сварщик меняет положение электрода до 180 градусов за время расплавления (сгорания) одного электрода. При этом сварочный ток для одного пространственного положения оказывается неоптимальным для другого.

На многих зарубежных источниках питания предусмотрена регулировка тока во время сварки. К примеру, при TIG сварке зачастую используется педаль, нажатие на которую может регулировать силу тока (рис. 1) [1]. Либо используют пульт ДУ, который сварщик может установить и на горелку для регулировки силы тока сварки [2].

Недостатком всех этих устройств является их неуниверсальность и применимость

только для тех источников питания, в которых данная функция предусмотрена изначально. Модернизировать же любой источник питания не представляется возможным. Также все решения производятся за рубежом. В России же это направление только начинает развиваться.

Целью данной работы является разработка универсального регулятора сварочным током непосредственно с горелки.

Результаты исследования и их обсуждение

Главными требованиями к регулятору сварочным током непосредственно с горелки являются:

1. Универсальность. Регулятор должен работать с любым источником питания, независимо от способа сварки. Исходя из этого, регулировка должна происходить воздействием на органы управления источников питания.

2. Безопасность. При работе с данным регулятором сварщик не должен попасть под действие высокого напряжения. То есть органы управления регулятора должны быть гальванически развязаны от силовой части, а используемые напряжения не должны превышать 12 В.

3. Удобство. Регулятор должен прикрепляться к держателю либо горелке и иметь удобное управление. Он не должен утомлять сварщика во время долгой и непрерывной работы.

Сущность устройства заключается в следующем: регулирование параметров (силы тока, например) осуществляется сервоприводом с помощью контроллера, на который приходит сигнал от датчика давления или дополнительной кнопки или реостата. Контроллер может плавно регулировать параметры на время удержания кнопки или изменять угол поворота ступенчато или по заданной программе. В устройстве, представленном в данной статье, использовался датчик давления. Настройки тока сварки и диапазона регулирования проводятся до процесса сварки. Если во время сварки сварщик чувствует несоответствие сварочного тока, то увеличением давления на датчик давления он приведет в движение сервопривод, прикрепленный непосредственно к регулятору сварочного тока. Чем сильней будет давление на датчик давления, тем на больший угол произойдет движение сервопривода, а значит, будет и больше (или меньше) величина сварочного тока. Максимальный угол, на который может отклониться сервопривод, задается до сварки и не может быть превышен. Чувствительность регулятора тоже выбирается заранее. Принципиальная электрическая схема приведена на рис. 3.

Рис. 1. Виды педалей управления сварочным током

Рис. 2. Виды пультов управления сварочным током

Кнопка служит для предварительной установки режимов. Микроконтроллер осуществляет движение привода исходя из ранее заданной программы и давления на датчик.

В саму горелку датчик давления встраивается непосредственно рядом с кнопкой «Пуск» (рис. 4) либо под ней, под возвратную пружину, которая будет обеспечивать давление на датчик.

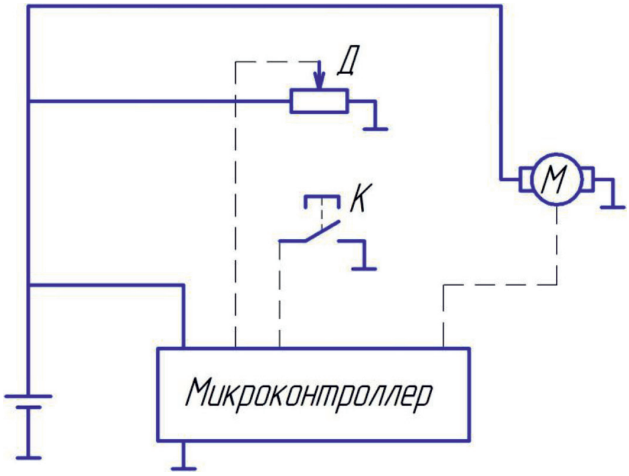


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема регулятора сварочного тока (Д – датчик; К – кнопка; М – серводвигатель; штриховая линия – сигнал управления)

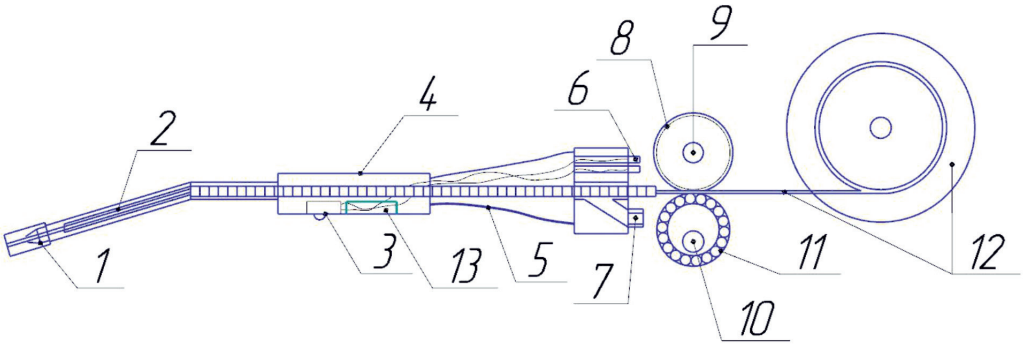


Рис. 4. Эскиз доработанной сварочной горелки (1 – медная (латунная) направляющая проволоки; 2 – спиральная металлическая «рубашка»; 3 – кнопка «Пуск»; 4 – рукоять; 5 – шланг; 6 – контакты кнопки; 7 – газовый штуцер; 8 – проточка; 9 – ось двигателя; 10 – эксцентрическая ось; 11 – подшипник; 12 – проволока и бобина; 13 – кнопка с датчиком давления)

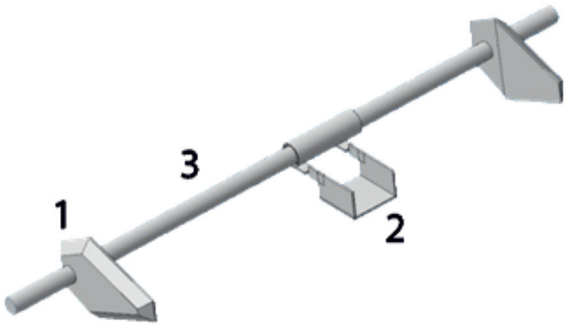


Рис. 5. Механизм крепления сервопривода к источнику питания (1 – прижим к корпусу; 2 – крепление сервопривода; 3 – вал)

Сервопривод крепится к источнику питания посредством вала с двумя лапами по краям, которые прижимаются к стенкам источника питания. На валу установлен кронштейн, который может перемещаться вдоль вала, что дает устройству универсальность использования с любым источником питания (рис. 5). А установка регулятора без разбора источника питания не нарушит гарантийных обязательств.

Второе применение данного устройства – это низкочастотное модулирование сварочного тока. Модулирование сварочного тока предоставляет возможность освободить сварщика от трудоёмкой операции дозирования теплоты и переложить ее на специальное устройство – модулятор. Сварщику остается лишь сосредоточить своё внимание на заполнении разделки шва. Наложение импульсов тока на дугу небольшой мощности при сварке плавящимся электродом позволяет снизить тепловложение, улучшить формирование шва, упростить технику выполнения сварки. Эффективная (средняя) величина тока при этом уменьшается на 20–30 % [3, 4].

Но у данного способа будет ограничена максимальная частота модуляции, которая будет равна скорости движения сервопривода и реакции устройства на изменение. Современные инверторные источники питания имеют малое время реакции, поэтому исключим его из расчета.

Сервопривод имеет скорость вращения в среднем 60° за 120 мс. При стандартной ручке регулировки с углом 270°, угол в 60° будет составлять примерно 25 %. То есть для регулирования в диапазоне 50 % необходимо затрачивать в среднем 500 мс на период, то есть максимальная частота будет составлять 2 Гц. К примеру, такие режимы, как SpeedUp [5] от компании Lorch, имеют частоту модуляции от 0,3 до 5 Гц при рекомендованной частоте 1 Гц. При частоте 1 Гц изменение тока будет иметь следующую закономерность (рис. 6).

Как видно из рисунка, средняя сила тока при этом способе будет равна 75 А.

Апробирование устройства осуществлялось при сварке вертикального шва. Образец был собран из пластин толщиной 4 мм с зазором 1 мм. Сварка производилась сварщиком с низкой квалификацией. Сварка осуществлялась «снизу – вверх» без поперечных колебаний и манипуляций электродом. Ток паузы составлял 40 А при длительности 500 мс. Ток импульса достигал 130 А при длительности 300 мс. Средний ток можно высчитать по следующей формуле:

$$I_{ср} = \sqrt{\frac{I_{имп}^2 \cdot t_{имп} + I_п^2 \cdot t_п}{t_{имп} + t_п}}, \quad (1)$$

где $I_{имп}$ – сила тока во время импульса, $I_п$ – сила тока во время паузы, $t_{имп}$ – длительность импульса, $t_п$ – длительность паузы.

Подставляя данные, получим ток, равный 73 А. Электрод LB-52U диаметром 2,6 мм. Сварочный аппарат СОЮЗ САС-97И255М. Внешний вид доработанного источника питания представлен на рис. 7. На рис. 8 приведен внешний вид сварного шва. Как видно по рисунку, отсутствуют шлаковые включения, подрезы и наплывы. Разбрызгивание невелико.

На рис. 9 показан макрошлиф сварного шва. На нем видно полное проплавление с допустимым ослаблением обратного валика и отсутствие видимых дефектов.

На рис. 10 представлены микрошлифы наплавленного металла (а), зоны термического влияния (б) и основного металла (в). Металл шва – литая структура с небольшой ориентацией. Линия сплавления выражена неявно. В зоне термического влияния наблюдаются небольшие поля перлита. Дефектов в металле шва и зоне термического влияния не наблюдается.

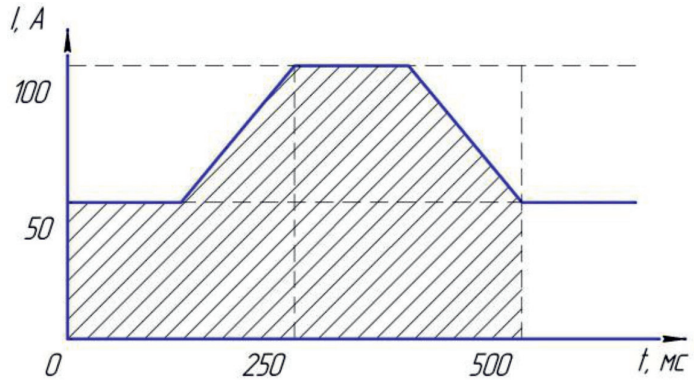
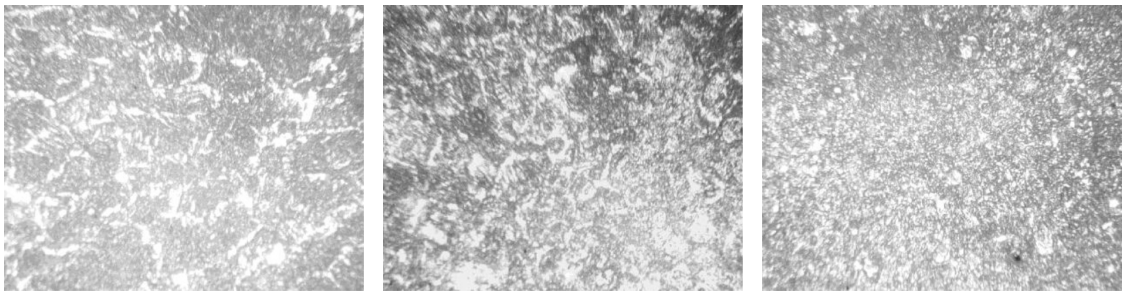


Рис. 6. Изменение тока по времени при модуляции (I – сила тока, A; t – время, мс)

Рис. 7. Фото источника питания с сервоприводом

Рис. 8. Внешний вид сварного шва

Рис. 9. Макрошлиф сварного шва



а) *б)* *в)*

Рис. 10. Микроструктуры (х100) наплавленного металла (а), зоны термического влияния (б) и основного металла (в)

Таким образом, разработанное устройство позволило добиться высокого качества вертикального сварного шва сварщиком с низкой квалификацией.

Дальнейшие исследования будут направлены на удобство регулятора, на апробирование модуляции тока в разных пространственных положениях и сталей,

разных толщин. Также данный регулятор будет испытан для механизированной сварки в среде защитных газов.

Выводы

1. Данное устройство позволит без особых затрат доработать любой источник питания как для ручной дуговой, так и для механизированной сварки.

2. Управление тепловложением в сварное соединение позволит выполнять сварку в различных пространственных положениях даже сварщикам с низкой квалификацией.

3. Разработка позволит сварщикам реагировать на изменение условий сварки без прерывания процесса.

Список литературы

1. Педаль управления сварочным током для аппаратов TIG AC/DC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://svarog-rf.ru/products/art-pedal1 (дата обращения: 04.05.2018).

2. MYKING Remote control Electrode Holder [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://myking.no/en/electrode-holder_remote.htm (дата обращения: 04.05.2018).

3. Ожиганов Е.А. Оценка качества сварки модулированным током конструкционных сталей методом акустической эмиссии в режиме реального времени // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 6. – С. 109–111.

4. Смирнов А.Н., Герике Б.Л., Муравьев В.В. Диагностирование технических устройств опасных производственных объектов. – Новосибирск: Наука, 2003. – 244 с.

5. Процессы Speed от Lorch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lorch.ru/catalog/c1/s6/item505/ (дата обращения: 02.05.2018).