

БЛОЧНО-МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ ДУГОВОЙ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ

С. И. ПРИТУЛА, инж., В. А. ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук, В. А. ТКАЧЕНКО, инж.
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Предложены новые виды систем управления сварочным и наплавочным оборудованием, базирующимся на блочно-модульном принципе конструирования. В основу таких разработок положены технические решения по регулируемым реверсивным электроприводам с использованием мехатронных принципов конструирования, а в качестве более высокого иерархического звена — программируемый контроллер.

Ключевые слова: дуговая сварка, наплавка, резка, цикл, регулирование, электропривод, контроллер, конструкция, надежность, системы

Проблемы, связанные с качеством выполнения сварочных работ и наплавки, а также с обеспечением надежной работы дугового механизированного и автоматизированного оборудования, по-прежнему остаются главными в сварочном производстве и при организации ремонтно-восстановительных работ. Важным условием при этом является повторяемость полученных результатов с их высоким качеством. Одновременно с этим пользователь механизированного и автоматизированного оборудования хочет получать нужные типы полуавтоматов и автоматов с минимальными затратами и в сжатые сроки. Практически это означает «сегодня на сегодня». Как должны поступать разработчик и изготовитель необходимого оборудования при решении конкретных задач сварочного производства?

Цель настоящей работы заключается в получении одного из возможных ответов на этот вопрос. Очевидно, что одним из путей решения проблем, возникающих при изготовлении, ремонте, восстановлении узлов и деталей различных металлоконструкций со всевозрастающими требованиями к качеству работ, в частности при международном сотрудничестве, может быть постоянное наращивание номенклатуры оборудования. Такой процесс был возможен в прежние времена и позволил конструкторам ИЭС им. Е. О. Патона накопить бесценный опыт разработок оборудования такой номенклатуры, которой, по нашему мнению, не имеет ни одно из предприятий исследовательского и конструкторско-технологического направлений. Отметим, что наряду с указанным разнообразием много внимания уделяли унифицированным техническим решениям [1]. В настоящее время такая возможность исключена в силу новых экономических условий, когда пользователь готов платить только за конечный результат — высокоэффективное, экономически и технологически выгодное оборудование.

Стремление занять достойное место на рынке сварочного оборудования и технологий привело к необходимости создания полуавтоматов, уста-

новок и автоматов по блочно-модульному принципу конструирования. Частично эти решения изложены в работах [2–4] и могут иметь различные специфические подходы. Так, например, полуавтоматы конструируются по блочно-модульному принципу с использованием в качестве базовой модели наиболее простого по техническому оснащению полуавтомата с последующим наращиванием его функциональных возможностей. Конструирование установок для наплавки по блочно-модульному принципу основано на использовании отдельных конструктивно заменяемых узлов для обработки наплавкой деталей различной конфигурации. Метод, используемый при разработке сварочных автоматов блочно-модульной конструкции, несколько похож на метод разработки полуавтоматов аналогичной конструкции, но имеет гораздо большее разнообразие узлов и блоков (модулей). Отметим, что при разработке автоматов частично используется методология конструирования сварочных установок блочно-модульного типа.

В последнее время в разработках полуавтоматов и автоматов с блочно-модульной конструкцией все более четко прослеживаются тенденции, связанные с мехатронными методами конструирования качественного, высоконадежного оборудования [5].

Некоторые черты блочно-модульного конструирования можно увидеть в оборудовании ряда зарубежных производителей [6]. При этом часть задач производителя берет на себя разработчик сварочного оборудования. Это касается резкого сокращения номенклатуры покупных изделий, а также проблем, связанных с компоновкой систем, их наладкой, тестированием и последующим сервисным обслуживанием. Это позволяет разработчикам и конструкторам найти наиболее рациональные и эффективные технические решения с минимальными издержками при производстве и эксплуатации, которые будут пользоваться спросом на конкретных рынках оборудования и технологий.

В этой связи рассмотрим новые разработки дугового автоматизированного оборудования, основанные на блочно-модульном принципе конструирования и использовании методологий мехатроники. Основу таких разработок составляет мехат-

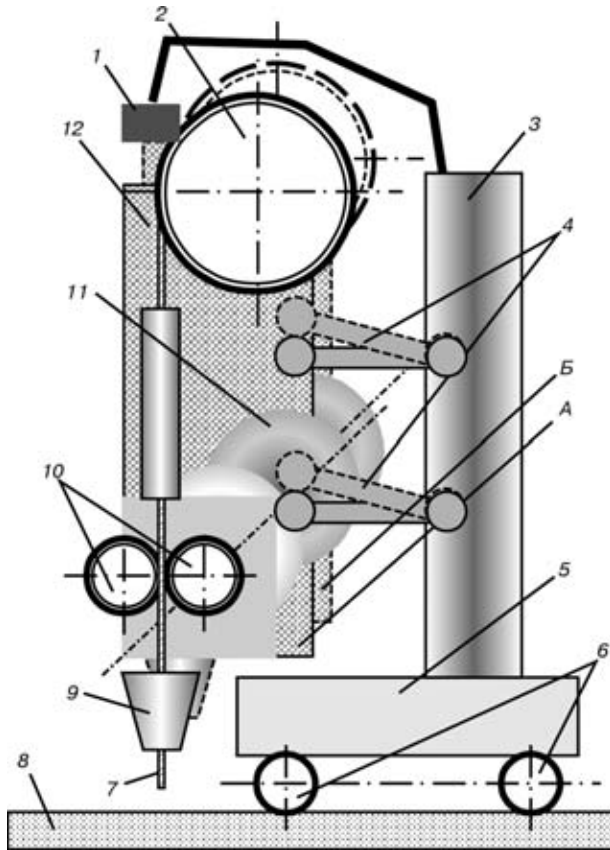


Рис. 1. Фрагмент системы возбуждения дуги под флюсом: 1 — датчик; 2 — кассета с электродной проволокой; 3 — стойка; 4 — подвеска корпуса; 5 — тележка; 6 — привод перемещения автомата; 7 — электродная проволока; 8 — свариваемое изделие; 9 — токоподводящий наконечник; 10 — подающий и прижимной ролики; 11 — электродвигатель механизма подачи; 12 — корпус с механизмом подачи

ронный блок реверсивного регулируемого электропривода постоянного тока, отличительной особенностью которого является высокая степень универсальности, т. е. возможность надежно работать с любыми электродвигателями, применяемыми в сварочном оборудовании (КПК, КПА, СЛ, ДПУ, ДП, Д25, Д90 и другими, имеющими разные напряжение питания, параметры обмоток якорей). Такую возможность обеспечивают перестраиваемые структуры обратных связей [7] в регуляторе частоты вращения вала электропривода и встроенный реверсор, работающий по принципу логического автомата [8]. Указанный электропривод полностью соответствует понятию «мехатронный узел». Следует заметить, что рассматриваемый электропривод может работать как от резистивных, так и от потенциальных задатчиков частоты вращения вала приводного электродвигателя. Кроме того, важным техническим решением, применяемым к регулятору электропривода, является возможность организации обратных связей как по параметрам самого электродвигателя (аналог измерения ЭДС-напряжение и IR-компенсация), так и по выходу тахогенератора (для электродвигателей типа ДПУ87-75). При этом применение электродвигателя с тахогенератором существенно повышает диапазон регулирования частоты вращения его вала. Например, для электродвигателей с тахогенера-

тором диапазон регулирования составляет 20...25 крат при жесткости механических характеристик не хуже 5 %, а для остальных электродвигателей этот диапазон равняется 12...15 крат при этой же жесткости механических характеристик. Такие электроприводы устанавливаются во всех электромеханических системах сварочных автоматов: механизмах подачи электродной проволоки, системах транспортного и сварочного перемещения, системах корректировки положения электродной проволоки относительно свариваемого стыка (следящих системах). Указанные электромеханические системы, а также системы подачи защитной среды (газ, флюс) и питания дуги объединяет следующее по иерархии устройство — устройство управления в виде покупного программируемого контроллера с развитой программной базой, допускающего введение и обработку как цифровых, так и аналоговых сигналов. Ко входам контроллера подключены такие датчики: положения автомата; контроля технологических параметров; особых состояний. К последним мы относим механический датчик возбуждения дуги под слоем флюса для электродных проволок больших диаметров (5 мм и более), используемых для повышения производительности процесса.

По нашему мнению, устройству возбуждения дуги под слоем флюса, применяемому в рассматриваемых автоматах блочно-модульной конструкции, следует уделить особое внимание вследствие оригинальности его технического решения. На рис. 1 представлен фрагмент системы возбуждения дуги под слоем флюса, устанавливаемой, например, на автомате тракторного типа. Устройство работает следующим образом. При включении роликами 10 подачи электродной проволоки последняя перемещается в направлении изделия и в случае контакта между проволокой и изделием в систему управления от датчика тока поступает сигнал о наличии тока в сварочной цепи. При поступлении этого сигнала начинается реверсирование подачи проволоки с растяжкой дуги до момента включения датчика напряжения сварки. При совпадении этих сигналов происходит переключение электродвигателя механизма подачи 11 на рабочее перемещение и поддержание дуги с одновременным включением привода перемещения автомата 6 для сварки. В случае, если имеются какие-либо препятствия для возбуждения дуги, например кусок флюса, что бывает не так уже и редко, электродная проволока упирается в упомянутый кусок флюса, датчик тока не выдает сигнал, а усилие возникшего сопротивления подаче передается корпусу 12, связанному подпружиненными относительно несущей стойки 3 рычагами с подвеской корпуса 4 (могут быть простые рессоры). Корпус 12 с механизмом подачи 11, кассетой 2 и токоподводящим наконечником 9 из положения А переходит в положение Б (смещается вверх), вызывая срабатывание датчика 1. По сигналу датчика 1 происходит реверс подачи электродной проволоки, и далее по сигналу таймера устройства управления следует повторное движение электродной проволоки к месту возбуждения. Этот цикл повторяется до момента появ-

ления описанной комбинации сигналов от датчиков тока и напряжения дуги. Указанный алгоритм возбуждения может быть изменен таким образом. В случае невозбуждения дуги в данном месте может выполняться команда на небольшой сдвиг автомата (1...2 мм) относительно первого места попытки возбуждения дуги.

Рассмотренная конструкция устройства возбуждения дуги под слоем флюса выполняет две функции: защищает оборудование от поломки, а электродную проволоку от неисправимых перегибов; сигнализирует о состоянии невозбуждения дуги при достижении электродной проволоки положения, при котором возбуждение дуги должно произойти. В алгоритм функционирования может вводиться программирование скорости подачи электродной проволоки, скорости сварки и напряжение холостого хода источника сварочного тока в момент возбуждения дуги, а также при заварке кратера шва в момент окончания сварочного процесса.

Очевидно, что комплекс устройств для возбуждения дуги при использовании электродных проволок повышенного диаметра следует признать системой с определенной методологией ее конструирования и использования. Иногда, в частности для относительно легких автоматов тракторного типа, вместо упругой подвески системы подачи электродной проволоки используют в качестве движения, свидетельствующего о невозбуждении дуги, отрыв самого автомата от изделия.

Можно указать, что такая система возбуждения достаточно надежна и во всех случаях ее применения не отмечено ни одного сбоя в работе, а также дефектов сварного шва.

Структурная схема новой блочно-модульной системы управления механизированным и автоматизированным оборудованием (однодуговой вариант компоновки) представлена на рис. 2. Естественно, что оборудование может дооснащаться другими электромеханическими системами, например колебателем электродной проволоки, другими датчиками и т. п. Все это приведет лишь к дополнительной установке регулируемых электроприводов и прокладке новых связей. Следует заметить, что контроллер, как правило, выбирается с задомо большим, чем это требуется в конкретном случае, количеством входов-выходов, и поэтому некоторые изменения в составе оборудования не приводят к кардинальному изменению основного оснащения всей системы. Очевидно, что такая система структурно и функционально легко изменяема и при этом практически лишена тех излишеств в комплектации, которые были свойственны более ранним разработкам оборудования аналогичного типа.

Введение в систему управления интерфейса взаимодействия с другим оборудованием позволяет без особых аппаратных доработок включить в цикл



Рис. 2. Структурная схема новой блочно-модульной системы управления механизированным и автоматизированным оборудованием

работы автомат с объектами, имеющими собственное программное и аппаратное обеспечение, например современное оборудование для телевизионного или лазерного слежения, а также внешние устройства перемещения свариваемого или направляемого изделия.

Выбор типа и структуры программируемого контроллера должен (при необходимости) учитывать условия сварки (большой уровень помех и связанные с этим решения задач помехозащитности электронных средств управления и регулирования), а также возможность применения различных способов управления сварочным процессом, в том числе алгоритмизированную модуляцию режимов, управление массопереносом электродного металла, адаптацию к изменяющимся параметрам разделки металла шва при использовании сканирующего принципа слежения дуговым сенсором, использованию других внешних устройств, например с целью встраивания в линии или управления вспомогательными перемещениями и др. Можно добавить, что задачи обеспечения помехозащитности систем оборудования и надежного функционирования тесно связаны с компоновкой его систем и топологией связей. Эффективное решение этих задач возможно при наличии опыта у разработчиков этого специфического вида техники.

Очевидно, что предлагаемая разработка может быть использована как во вновь создаваемых конструкциях механизированного и автоматизированного дугового оборудования, так и при модернизации уже имеющегося у пользователя. Наш опыт использования описанной концепции создания сварочных автоматов показывает, что при наличии

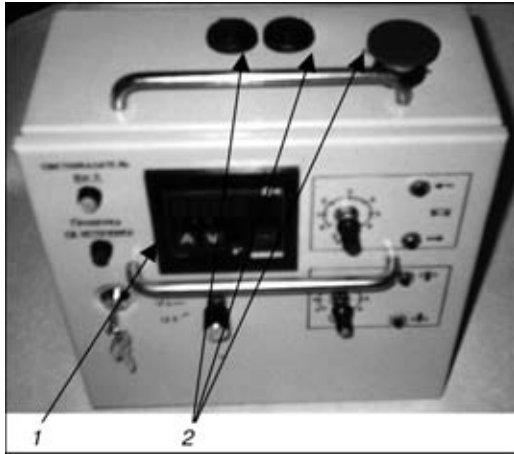


Рис. 3. Вариант новой блочно-модульной системы управления механизированным и автоматизированным оборудованием: 1 — контроллер; 2 — органы управления пуском и остановкой цикла

комплекта механических узлов рабочий вариант аппарата, работающего по алгоритмам заказчика, может быть получен в 2...3 недельный срок. При этом гарантируется высокая надежность, обуславливаемая тщательной предварительной проработкой всех узлов и систем, их оперативной заменой и ремонтпригодностью (при необходимости), а также гарантированной надежностью серийных покупных изделий.

Вариант разработки новой блочно-модульной системы управления механизированным и автоматизированным оборудованием представлен на рис. 3, а вариант однодугового сварочного автомата тракторного типа с этой системой управления — на рис. 4.

Дополнительно можно еще уточнить, что в данной разработке оказалось достаточным применение относительно несложного контроллера типа «ZELIO», который имеет простой инструментарий программирования, доступный для обслуживания персоналу даже небольших предприятий. В конструкцию сварочного трактора введена система лазерной подсветки, которая по подтвержденным отзывам сварщиков-операторов очень полезна при текущей корректировке положения электродной проволоки относительно свариваемого стыка.

В настоящее время новыми блочно-модульными системами управления механизированным и автоматизированным оборудованием оснащаются и подвесные сварочные и наплавочные автоматы, автоматы для сварки неповоротных стыков труб и другое сварочное и наплавочное оборудование.

Выводы

1. Блочно-модульный принцип конструирования систем управления для дугового механизированного и автоматизированного оборудования предопределяет поиск таких решений, которые бы синтезировали в себе разработку широкой гаммы полуавтоматов и автоматов различного назначения

New types of modular-configuration control systems for welding and surfacing equipment are suggested. These developments are based on designs of controllable reversible electric drives made by using mechanotronic design principles, and on the programmable controller used as a higher hierarchic link.

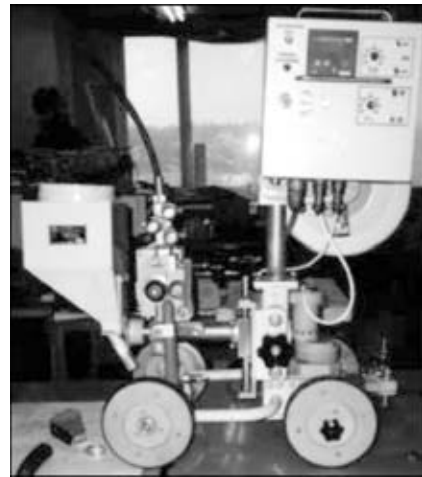


Рис. 4. Вариант однодугового сварочного автомата тракторного типа с новой блочно-модульной системой управления и системой возбуждения дуги под флюсом

с однотипной элементной базой, программированием цикла работы и регулирования параметров сварочного процесса. Такие системы все больше приобретают черты мехатронных систем.

2. Применение блочно-модульного принципа конструирования можно считать обоснованным, если при этом достигается упрощение комплекса работ по проектированию таких систем, сужение элементной базы, упрощение наладки и поддержания работоспособности, обеспечение надежности функционирования оборудования при высоком качестве сварки, а также максимально быстрое реагирование разработчиков и производителей указанного оборудования на запросы рынка.

1. Чвертко А. И. Основы рационального проектирования оборудования для автоматической и механизированной сварки и наплавки. — Киев: Наук. думка, 1988. — 240 с.
2. Лебедев В. А., Пичак В. Г. Новое модульное оборудование для дуговой механизированной сварки, наплавки и резки плавящимся электродом // Свароч. пр-во. — 1997. — № 7. — С. 32–36.
3. Универсальное блочно-модульное наплавочное оборудование / В. Ф. Мошкин, В. А. Лебедев, В. Ф. Коваленко, А. А. Фомакин // Там же. — 1998. — № 6. — С. 33–36.
4. Перспективы развития оборудования для электродуговой сварки / В. Е. Патон, В. Ф. Мошкин, С. И. Притула, Н. И. Усик // Проблемы сварки и специальной электрометаллургии. — Киев: Наук. думка, 1990. — С. 198–204.
5. Подураев Ю. В., Кулешов В. С. Принципы построения и современные тенденции развития мехатронных систем // Технология машиностроения. — 2000. — № 3. — С. 49–53.
6. Направления развития и совершенствования высокоэффективных систем оборудования для дуговых механизированных способов сварки, наплавки и резки (Анализ разработок ведущих фирм-производителей сварочного оборудования / Б. Е. Патон, Д. А. Дудко, В. Ф. Мошкин и др. // Свароч. пр-во. — 1999. — № 11. — С. 30–35
7. Лебедев В. А., Полосков С. И., Братчук С. Д. Оценка влияния возмущений в работе электроприводов на надежность оборудования для механизированной и автоматической сварки // Там же. — 2002. — № 9. — С. 9–15.
8. А. с. 1589361 СССР, МПК Н 02 Р 5/16. Реверсивный электропривод постоянного тока / О. К. Бесский, А. А. Галигузов, В. И. Корогод, В. А. Лебедев и др. — Опубл. 30.08.90; Бюл. № 32.

Поступила в редакцию 19.03.2003