

УДК 621.383
КОРРЕКТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЯ
ПРИ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ

Д. Н. ЮМАНОВ

Научный руководитель С. М. ФУРМАНОВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Технологические процессы контактной рельефной сварки являются одними из основных при получении неразъемных соединений в области автомобилестроения, производства сельскохозяйственной техники, лифтов, авиастроения и пр. Одним из способов снижения себестоимости изготовления изделий, конструктивные решения которых содержат малогабаритные сварные узлы, весьма эффективным технологическим процессом является контактная рельефная сварка T-образных соединений.

Однако отсутствие в различных литературных источниках теоретических основ процесса образования T-образных соединений вызывает сложности при определении параметров рельефной сварки и требует проведения ряда дополнительных экспериментальных исследований для получения технологии сварки конкретных типов изделий.

В настоящее время в области сварочного производства стремительно развивается перспективное направление, связанное с разработкой систем автоматического управления процессами контактной точечной и рельефной сварки. Серийная аппаратура управления машин для контактной сварки в основном работает по циклу с жестким заданием режима сварки, которое предусматривает стабилизацию сварочного тока и не позволяет оптимизировать ввод электрической энергии в зону сварки за счет использования обратных связей по другим параметрам процесса (перемещение подвижного электрода, мощность и энергия тепловложения, усилие сжатия электродов и пр.).

Современные аналого-цифровые и устройства с микропроцессорной архитектурой позволяют не только регистрировать параметры сварочного процесса для последующего анализа и внесения в него корректировок, но и напрямую воздействовать на параметры сварки в режиме реального времени.

Регулирование процессом сварки в разрабатываемой нами корректирующей системе осуществляется путем задания мощности тепловложения в каждом полупериоде сетевого напряжения с помощью управления тиристорным контактором сварочной машины.

Изначально разрабатывался математический аппарат, позволяющий в процессе сварки в режиме реального времени рассчитывать коэффициент регулирования мощности тепловложения k_{Pn} в межэлектродную зону в те-

кущем полупериоде сетевого напряжения. Вычисление коэффициента регулирования мощности $k_{P_{n+1}}$ и угла открытия тиристоров α_{n+1} в следующем полупериоде сетевого напряжения базировалось на измерении действующих значений вторичного тока I_2 и напряжения между электродами $U_{ээ}$, длительности включенного состояния тиристоров λ_n в течение предыдущего полупериода и определении по аппроксимирующей зависимости коэффициента мощности $\cos\phi$ контактной сварочной машины [1].

Далее математический аппарат с помощью программы LabView был реализован в виде программного кода, представляющего собой программный инструмент, с помощью которого осуществляется управление по мощности тепловложения в корректирующей системе автоматического управления. Для отработки циклограммы сварки разработан виртуальный блок цикла сварки, осуществляющий ожидание нажатия на педаль сварочной машины, отсчет с помощью таймеров-счетчиков интервалов времени предварительного сжатия, сварки, проковки и паузы, управление включением катушек электропневмоклапанов сжатия и проковки, а также включением сварочного тока путем задания напряжения управления U_y и угла открытия α тиристорного контактора [2].

Структурная схема устройства для реализации способа контактной рельефной сварки с адаптивным управлением включает в себя следующие компоненты (рис. 1): терминал управления (например, персональная ЭВМ), аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователь напряжений (далее АЦП и ЦАП) (например, преобразователь NI-USB 6251), блок управления тиристорами (далее БУТ) (например, блок ОВЕН БУСТ2), блок питания и согласования напряжений (далее БПСН), контактную сварочную машину, включающую тиристорный контактор, пневмораспределители привода сжатия и проковки, датчики обратной связи по напряжению межэлектродной зоны $U_{ээ}$, вторичному току I_2 и напряжению питания U_1 , педаль пуска, программируемый логический контроллер (например, ПЛК 160), преобразователь линейного перемещения электрода, тензорезисторы для измерения усилия сжатия электродов, модуль аналогового ввода сигналов тензодатчиков.

Программируемый логический контроллер связывается с терминалом управления по локальной сети Ethernet и по шине USB. Через терминал управления в АЦП и ЦАП по шине USB вводится программный код, который позволяет задавать циклограмму заданной табличной мощности тепловложения $P_{зад}$, время срабатывания пневмораспределителей привода сжатия и проковки и тиристорного контактора. АЦП и ЦАП отслеживает нажатие на педаль пуска сварочной машины и обрабатывает сигналы датчиков обратной связи по вторичному току I_2 , напряжению межэлектродной зоны $U_{ээ}$ и напряжению питания U_1 . БУТ формирует выходной сигнал длительности включения тиристоров λ и передает его в АЦП и ЦАП, который, в свою очередь, осуществляет выработку

напряжения управления U_y , поступающего на вход БУТ.

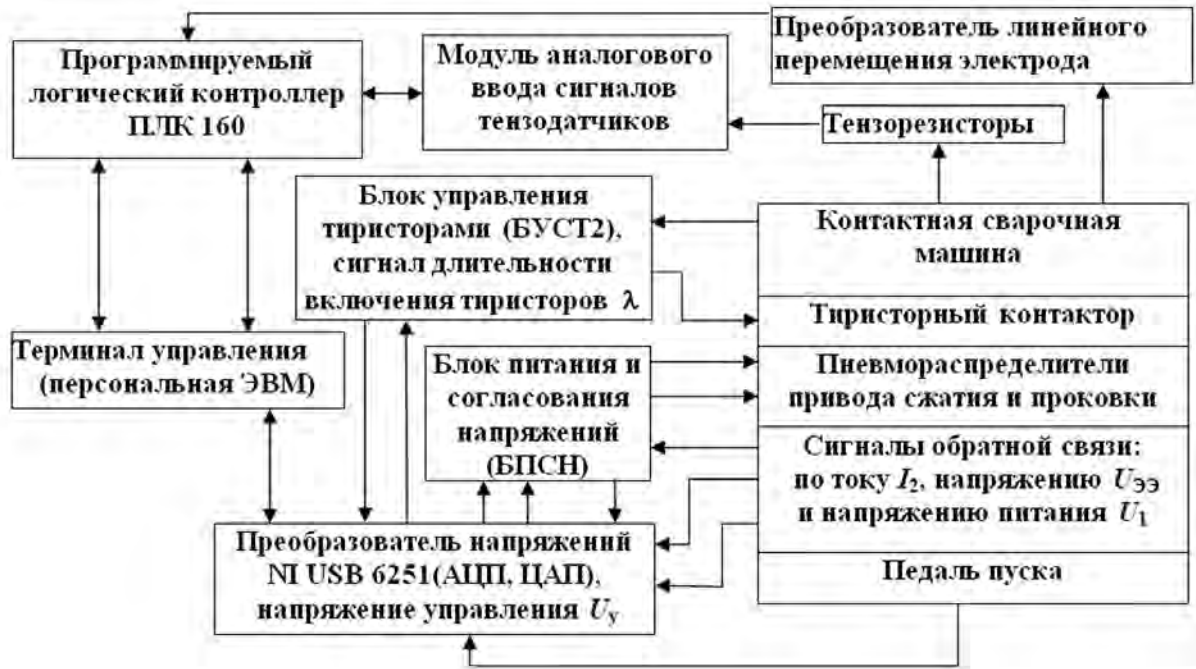


Рис. 1. Структурная схема аппаратной части корректирующей системы автоматического регулирования мощности тепловложения

Использование персональной ЭВМ при разработке алгоритмов управления контактными сварочными машинами целесообразно по следующим причинам:

- ЭВМ в связке с микроконтроллером становится универсальным инструментом для реализации алгоритмов управления любой сложности, при этом экономятся материальные затраты на другие дорогостоящие аппаратные средства и модернизацию устройства самой сварочной машины;
- существует возможность детальной записи и последующего замедленного воспроизведения необходимого потока данных, получаемого при сварке на экспериментальной установке, с их дальнейшим анализом.

Использование компьютерного управления позволяет генерировать новые законы регулирования, которые в дальнейшем могут применяться при построении серийных контроллеров контактной сварки.

Основной проблемой исследований при разработке корректирующей системы автоматического регулирования мощности тепловложения в зону рельефной сварки является сложность внедрения системы в производство.

Измерение электрических параметров осложнено влиянием электромагнитных помех. Основным препятствием, усложняющим аппаратуру, предназначенную для измерения мощности тепловложения, является необходимость располагать провода, снимающие напряжение с электродов $u_{ЭЭ}$, вдоль токоведущих частей сварочной машины. ЭДС, возникающая в про-

водах, пропорциональна скорости изменения магнитного потока и иногда превышает напряжение $u_{ЭЭ}$, которое имеет низкий уровень 1,5...2 В.

Использование преобразователя напряжения National Instruments NI-USB 6251 решает проблему за счет подключения датчиков тока и напряжения на аналоговые входы по дифференциальной схеме, снижающей уровень паразитных наводок и увеличивающей коэффициент ослабления синфазных помех.

Для получения информации о текущем перемещении верхнего подвижного электрода при контактной точечной и рельефной сварке необходимо применять оптоэлектронные преобразователи линейных перемещений или фотоэлектрические датчики. Данные от датчиков могут использоваться устройствами сбора данных также для расчета скорости и ускорения перемещения электрода и их контроля.

Для измерения перемещения подвижного электрода используется инкрементальный преобразователь линейных перемещений ЛИР-17, имеющий на выходе два квадратурных сигнала А и В со смещением фазы 90 град, используемых для определения текущего положения штока и направления перемещения. При передаче сигналов от датчика к контроллеру для минимизации ухудшения сигнала используют дифференциальные выходы А, \bar{A} и В, \bar{B} , состоящие из двух витых пар для повышения помехоустойчивости сигнальных линий. Датчик позволяет измерять контактным методом перемещения до 40 мм с точностью 0,1...10 мкм.

Принципиальная схема измерительного моста для регистрации усилия сжатия электродов при контактной сварке на основе двух фольговых тензорезисторов приведена на рис. 2.

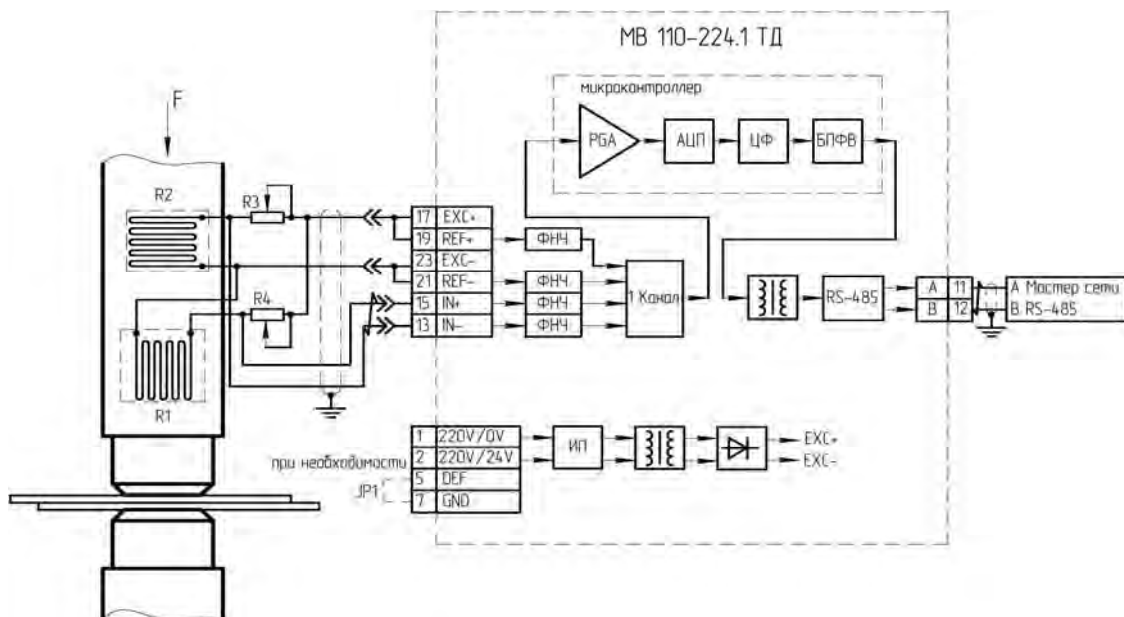


Рис. 2. Регистрация усилия сжатия электродов при контактной сварке с помощью тензорезисторов и модуля аналогового ввода МВ110-224.1ТД

Тензорезисторы R1 и R2 одинакового сопротивления наклеиваются на электрододержатель, который играет роль упругого элемента сжатия-растяжения, воспринимающего усилие сжатия. Тензорезистор R1 реагирует на упругую деформацию в направлении оси электрода. Тензорезистор R2 выступает как термокомпенсирующий элемент, т. к. в процессе сварки электрододержатель может нагреваться. Переменные резисторы R3 и R4 составляют плечи моста и используются для его балансировки перед измерением, поэтому во время регистрации выходной сигнал пропорционален только усилию сжатия. Кривая выходного напряжения тарируется стандартным динамометром, имеющим высокий класс точности. Измерение усилия сжатия электродов осуществляется с помощью модуля аналогового ввода сигналов тензодатчиков MB110-224.1ТД. Входным сигналом прибора является постоянное напряжение с выхода тензорезистивного моста, которое через помехоподавляющие фильтры низких частот приходит на вход АЦП. Цифровой фильтр обеспечивает дополнительную фильтрацию от импульсных помех и помех с частотами, кратными частоте сети 50 Гц.

В настоящее время обеспечение прочностных характеристик соединений, получаемых контактной рельефной сваркой, является острой проблемой. Применение систем автоматического регулирования позволяет не только получать качественное сварное соединение, но и снижать себестоимость производства сварных узлов за счёт снижения потребления электрической энергии. Однако при проектировании и разработке таких систем необходимо уделять внимание особенностям подключения системы к сварочной контактной машине. Следует использовать такие средства измерений параметров сварки, которые смогли бы обеспечить стабильную работу корректирующей системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. О фазовом регулировании мощности тепловложения в межэлектродную зону при контактной сварке / С. М. Фурманов, А. Ю. Поляков, Д. Н. Юманов, А. Н. Кухарев // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2018. – № 1. – С. 80–91.
2. Компьютерное управление процессом контактной сварки с помощью среды графического программирования LabView / С. М. Фурманов, Д. Н. Юманов, И. Н. Смоляр, И. Д. Камчицкая // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 2. – С. 54–62.
3. Аппаратная реализация корректирующей системы регулирования мощности тепловложения при контактной рельефной сварке / С. М. Фурманов, Б. В. Федотов, Д. Н. Юманов, И. Н. Смоляр // Сварка и Диагностика. – 2018. – № 5. – С. 35–40.

