УДК 621.791

С. В. БОЛОТОВ, *канд. техн. наук, доц.*
Е. П. НИКИТЕНКО
А. С. ШЕРСТОБИТОВ
Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

КОМПЬЮТЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦИКЛОМ КОНТАКТНОЙ КОНДЕНСАТОРНОЙ СВАРКИ С КОНТРОЛЕМ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЯ

Аннотация

Приведено описание программно-аппаратных средств системы компьютерного управления циклом контактной сварки на конденсаторной машине МТК-1601. Система позволяет осуществлять автоматическое управление мощностью тепловложения в межэлектродную зону обеспечивая высокое качество сварного соединения

Ключевые слова: компьютерное управление, конденсаторная сварка, сварочный ток, мощность тепловложения, цикл сварки

Контактная точечная сварка, нашла широкую распространѐнность в промышленности для создания неразъѐмных соединений [1]. По сравнению с точечными машинами переменного тока, работающими по принципу непосредственного питания от электросети, конденсаторные машины позволяют использовать накопленную или аккумулированную энергию [2]. Контактная точечная сварка на конденсаторных машинах имеет ряд важнейших преимуществ: возможность точной дозировки энергии вносимой в зону сварки, значительное снижение потребляемой мощности из-за разности между временем заряда $t_з$ и разряда $t_р$ конденсаторов (рис. 1).

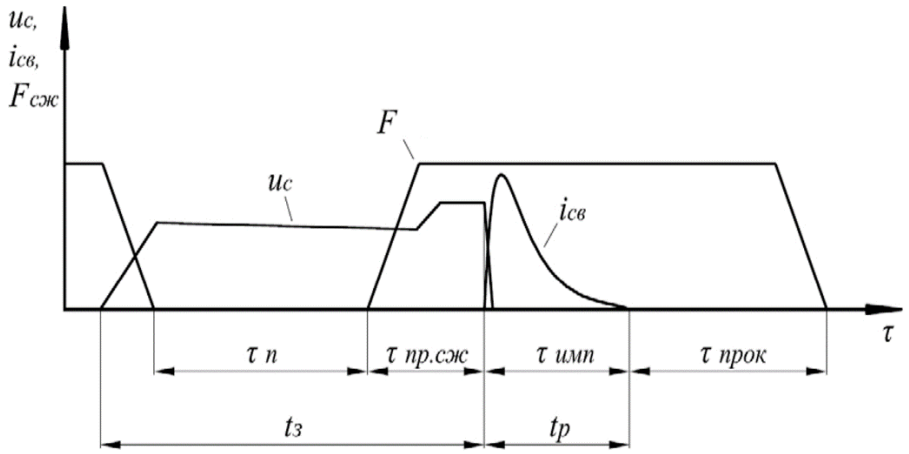

Рис. 1. Циклограмма контактной сварки на конденсаторной машине

Получение сварного соединения при контактной точечной сварке на конденсаторной машине, является сложным электротермодеформационным

процессом, обусловленным параметрами кристаллизации, плавления, пластического деформирования металла зоны сварного соединения. Эти факторы в конечном счѐте определяют технологические и эксплуатационные свойства готового изделия. Вместе с тем зона сварки может оказаться под воздействием дестабилизирующих факторов, результатом неблагоприятного влияния которых является недопустимое отклонение качества сварного соединения [3]. Одним из возможных решений может стать использование оборудования для конденсаторной сварки с использованием современных средств управления и контроля сварочного цикла.

Разработана система компьютерного управления машиной конденсаторной сварки МТК-1601, которая заменяет устаревшую аппаратуру машины [4]. Структурная схема установки представлена на рис. 2.

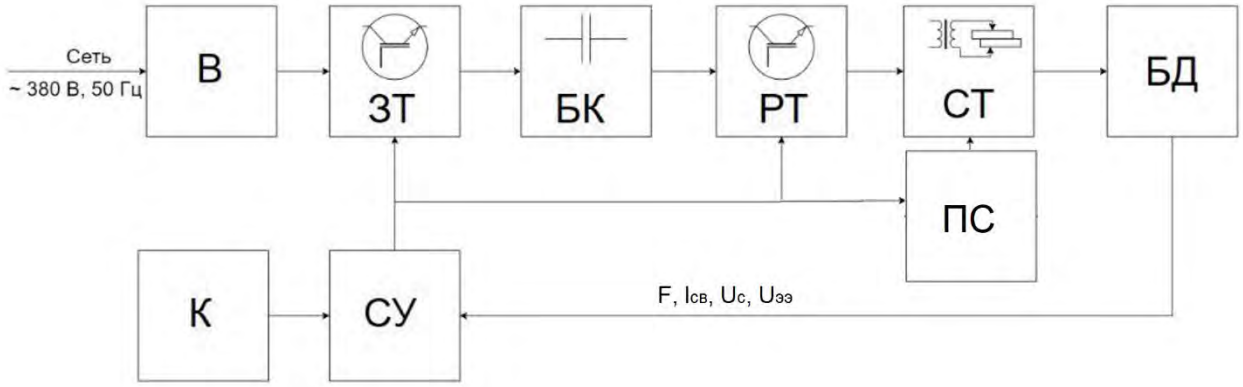

Рис. 2. Структурная схема установки для конденсаторной сварки

Напряжение сети переменного тока 380 В, 50 Гц преобразуется в напряжение постоянного тока с помощью однофазного мостового выпрямителя В. Зарядный IGBT транзистор ЗТ осуществляет управление процессом заряда конденсаторной батареи БК максимальной ѐмкостью 3200 мкФ при максимальном напряжении u_c = 500 В. Заданное значение напряжения u_c поддерживается системой управления с точностью до ±5%.

При запуске процесса сварки системой управления СУ осуществляется подача ШИМ сигнала на разрядный IGBT транзистор РТ, который осуществляет разряд батареи конденсаторов БК на первичную обмотку сварочного трансформатора СТ, обеспечивая протекание сварочного тока $i_{св}$ во вторичной обмотке трансформатора. Контроль параметров режима сварки: усилия сжатия электродов F, сварочного тока $I_{св}$, напряжения на батарее конденсаторов U_c, напряжения между электродами $U_{ээ}$, осуществляется блоком датчиков БД. Датчик усилия сжатия выполнен на основе тензорезистивного моста, датчики напряжения, работающие на эффекте Холла, обеспечивают гальваническую развязку со сварочной цепью, датчик тока представляет собой пояс Роговского. Управление клапанами пневматического привода сжатия ПС машины компьютер К производит через систему управления СУ. Один из клапанов обеспечивает сжатие электродов с усилием F, второй – расжатие, третий – ковочное (повышенное) усилие.

Управляющая программа системы компьютерного управления циклом конденсаторной сварки разработана в среде NI LabVIEW [5]. Лицевая панель программы представлена на рис. 3 [6].

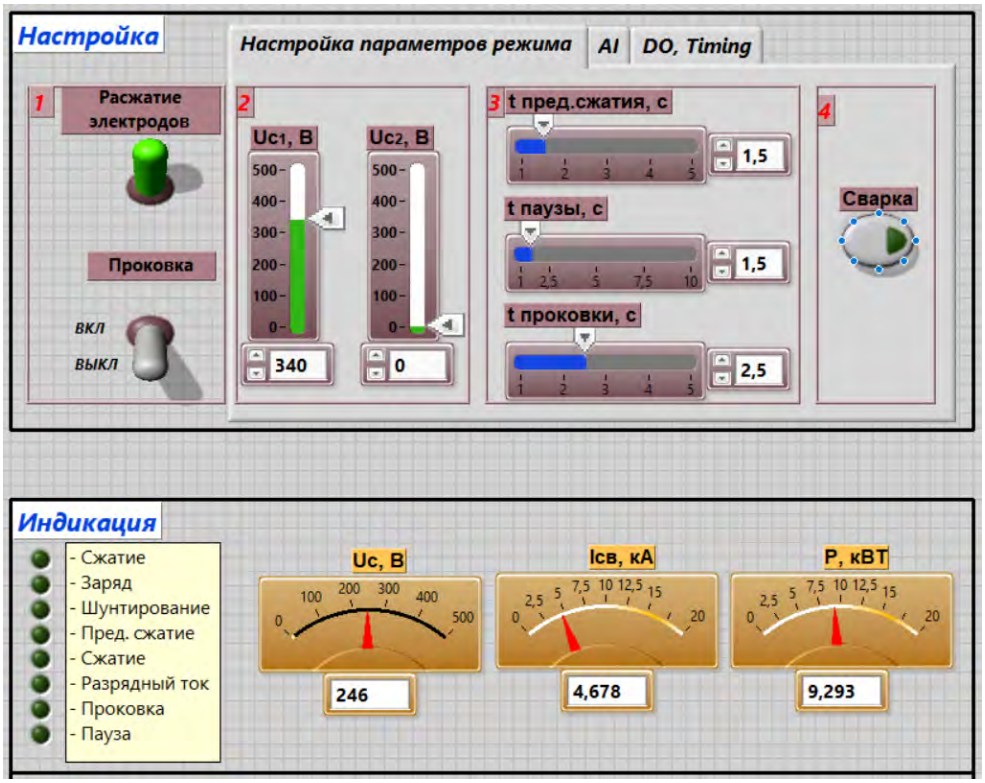

Рис. 3. Лицевая панель программы

В поле «Настройка» осуществляется задание напряжения на конденсаторной батареи U_{c1} в одноимпульсном и U_{c1} и U_{c2} в двухимпульсном режиме сварки, времени предварительного сжатия $\eta_{пр.сж}$, времени паузы $\eta_п$, времени проковки $\eta_{прок}$ (рис.1). Расжатие электродов, включение проковки осуществляется соответствующими тумблерами на панели. Запуск сварки производится при нажатии педали конденсаторной машины или нажатии кнопки «Сварка» (рис.3).

В поле «Индикация» производится включение светодиодов при прохождении соответствующей позиции цикла: сжатие, заряд, шунтирование, предварительное сжатие, сжатие, разрядный ток, проковка, пауза. Также отображается текущее значение напряжения конденсаторной батареи U_c, сварочного тока $I_{св}$, и мощности P, выделяемой в межэлектродной зоне. Имеется возможность отображения осциллограмм мгновенных значений сварочного тока $i_{св}$, напряжения между электродами $u_{ээ}$, мощности в межэлектродной зоне $p = i_{св} \cdot u_{ээ}$ и сопротивления межэлектродной зоны $r_{ээ}=u_{ээ}/i_{св}$ (рис.4).

Проведены экспериментальные исследования разработанной системы компьютерного управления при сварке держателей термопар на основе клемм РПИ-М толщиной 0,8 мм из латуни марки Л63 к хомутной ленте толщиной 0,6 мм из нержавеющей стали AISI 410. Установлено, что при максимальной ѐмкости конденсаторной батареи C=3200 мкФ, коэффициенте трансформации

$К_т$ = 60, усилии сжатия электродов F = 2,0…2,5 кгс, напряжении на батарее конденсаторов U_c = 250…260 В, максимальное значение мощности не должно превышать P_{max} = 14,4…14,6 Вт.

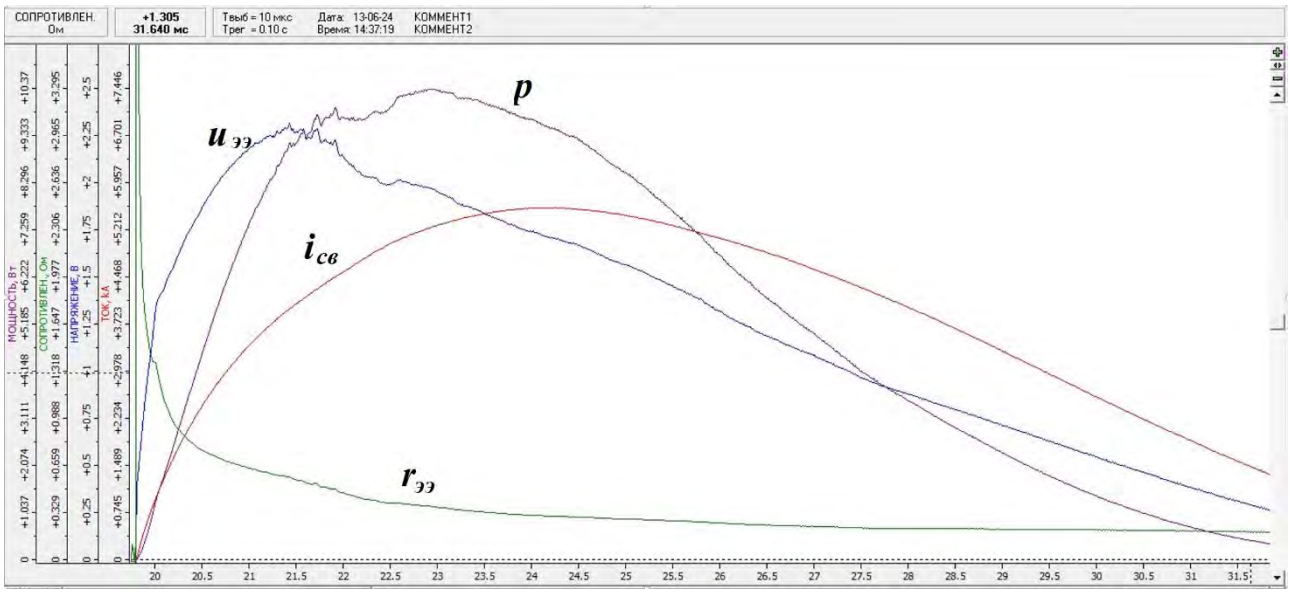

Рис. 4. Осциллограммы параметров режима контактной конденсаторной сварки

При этом обеспечивается максимальное усилие на срез $F_{ср}$ = 277…290 Н сварного соединения. Увеличение мощности тепловложения приводит к выплескам расплавленного металла. Управление мощностью, выделяемой в межэлектродной зоне осуществляется широтно-импульсным моделированием сварочного тока за счѐт коммутации разрядного транзистора РТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Березиенко, В. П.** Технология сварки давлением: учебное пособие / В. П. Березиенко, С. Ф. Мельников, С. М. Фурманов. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – 256 с.

2. Оборудование для контактной сварки: справочное пособие / Под ред. В. В. Смирнова. – СПб. Энергоатомиздат, 2000. – 848 с.

3. **Климов, А. С.** Контактная сварка. Вопросы управления и повышения стабильности качества / А. С. Климов. – Москва: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2011. – 216 с.

4. **Гладков, Э. А.** Управление процессами и оборудованием при сварке: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / Э. А. Гладков. – М. Изд. центр «Академия», 2006. – 432 с.

5. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе Lab VIEW 7 / Под ред. П. А. Бутырина. – М. : ДМК Пресс, 2005. – 264 с.

6. **Курлович, И.В.** Программная реализация управления контактной сваркой на конденсаторной машине / И.В. Курлович, С.В. Болотов, Т.И. Бендик // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2013. – N 4(41). – С.35-46.

Контакты:
s.v.bolotov@mail.ru (Болотов Сергей Владимирович)
ep_nikitenko@mail.ru (Никитенко Егор Петрович)
sherstobitov_lip@mail.ru (Шерстобитов Артѐм Сергеевич)