

УДК 621.791

**ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦИКЛОМ СВАРКИ КОНДЕНСАТОРНОЙ
МАШИНЫ МТК-1601
SOFTWARE CONTROL OF THE WELDING CYCLE OF THE MTK-1601 CAPACITOR
MACHINE**

С. В. Болотов, Е. П. Никитенко, А. С. Шерстобитов
Белорусско-Российский университет, Могилёв, Республика Беларусь

S. V. Bolotov, E. P. Nikitenko, A. S. Sherstobitov
Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus

Аннотация. Описан вариант реализации программного управления циклом сварки и сбора данных на конденсаторной машине МТК-1601. Приведена функциональная схема установки, виртуальный прибор системы управления. Выполнены экспериментальные исследования разработанной системы программного управления.

Ключевые слова: Программное управление, контактная сварка, конденсаторная машина, виртуальный прибор, циклограмма.

Abstract. An option for implementing software control of the welding cycle and data collection on the MTK-1601 capacitor machine is described. A functional diagram of the installation and a virtual device of the control system are presented. Experimental studies of the developed program control system were carried out.

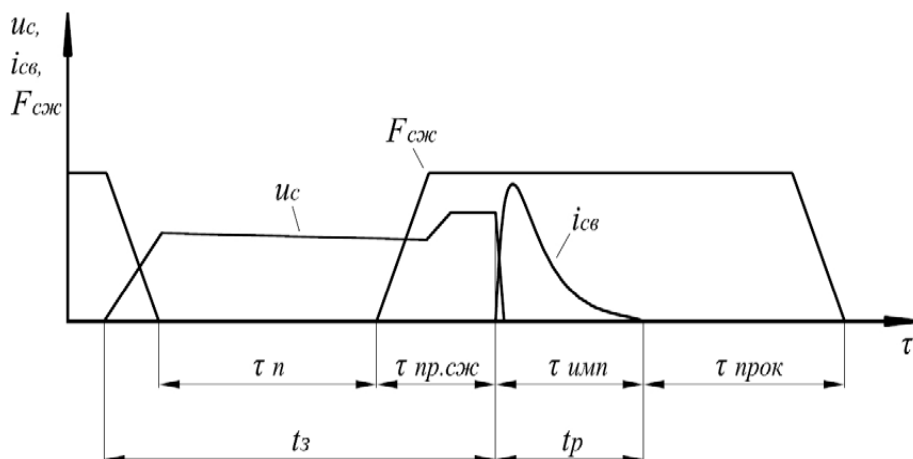
Keywords: Software control, contact welding, condenser machine, virtual device, cyclogram.

Введение

Контактная точечная сварка нашла широкую распространённость в промышленности для создания неразъёмных соединений [1]. По сравнению с точечными машинами переменного тока, работающими по принципу непосредственного питания от электросети, нашли применение способы сварки, в которых используется накопленная или же аккумулированная энергия [2-3]. Именно конденсаторная сварка выделилась как наиболее эффективная и пригодная к технической реализации. При использовании конденсаторной сварки, неразъёмное, нахлёсточное сварное соединение образуется за счёт выделения тепла при прохождении через зону контактирования свариваемых деталей, энергии, которая была заранее накоплена в конденсаторах. Если сравнивать конденсаторную машину с машиной переменного тока, 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 зарядки t_3 и разряда t_p конденсаторов (рис 1, а). В настоящее время наиболее характерно использование точечных конденсаторных машин для создания соединений деталей малых диаметров и толщин, материалов с различными друг от друга по составу физико-химическими свойствами, деталей неравномерной толщины, материалов обладающих высокой электропроводностью и температуропроводностью. Соединения деталей малых толщин из

различных материалов, изготавливаемых посредством сварки на конденсаторных машинах, получили широкое использование во многих отраслях промышленности, таких как авиа и автомобилестроение, медицинская и вычислительная техника, атомная энергетика и другие.

А)



Б)

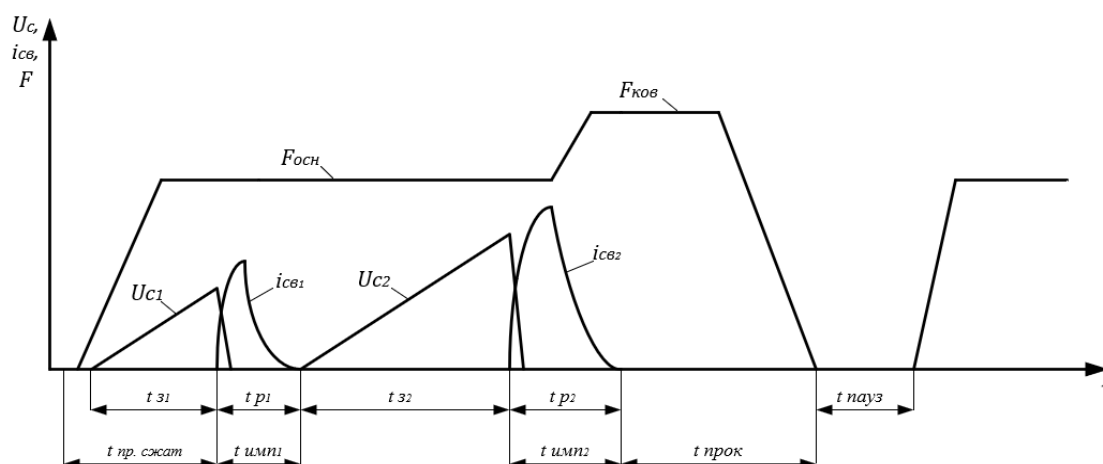


Рис. 1. Циклограммы процессов контактной точечной сварки:

А – одноимпульсный режим; Б – двухимпульсный режим

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 счёте определяют основные 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 изделия [4]. Так же дополнительную опасность представляют внутренние дефекты точечного сварного соединения, что связано с отсутствием возможности выявления дефекта посредством визуального осмотра. Вопросы снижения себестоимости изготовления изделий, увеличения производительности, повышения надёжности сварных узлов и уменьшения процента дефектных сварных соединений постоянно находятся под пристальным вниманием любого производителя, борющегося за победу в конкурентной борьбе и стремление повышения качества соединения, выше, чем качество сварного соединения конкурентов.

Одним из путей повышения качества контактной точечной сварки является использование систем автоматического управления параметрами режима. Наиболее перспективными являются замкнутые системы программного управления, обеспечивающие управление циклом сварки с обратными связями по параметрам её режимов[5].

Теория

Одним из возможных решений может стать использование оборудования для конденсаторной сварки с использованием современных средств управления и контроля сварочного цикла. Создание таких систем управления сталкивается с определёнными трудностями: сложным взаимодействием между основными и сопутствующими процессами, протекающими в сварном соединении, кратковременным протеканием сварочного тока, соизмеримым с миллисекундами, и другие факторы. Для обеспечения экспериментального исследования различных циклограмм и схем активного контроля точечных сварных соединений целесообразным решением является применение современных микропроцессорных средств, при этом необходимо по максимуму использовать возможности программного обеспечения, которое предоставляет гибкость и минимальные сроки при изменении схемы регулирования.

Далее будет описана разработанная система программного управления машиной конденсаторной сварки МТК-1601, которая призвана заменить устаревшую аппаратуру на базе «Логики-Т». Функциональная схема управления конденсаторной машины МТК-1601 представлена на рис. 2.

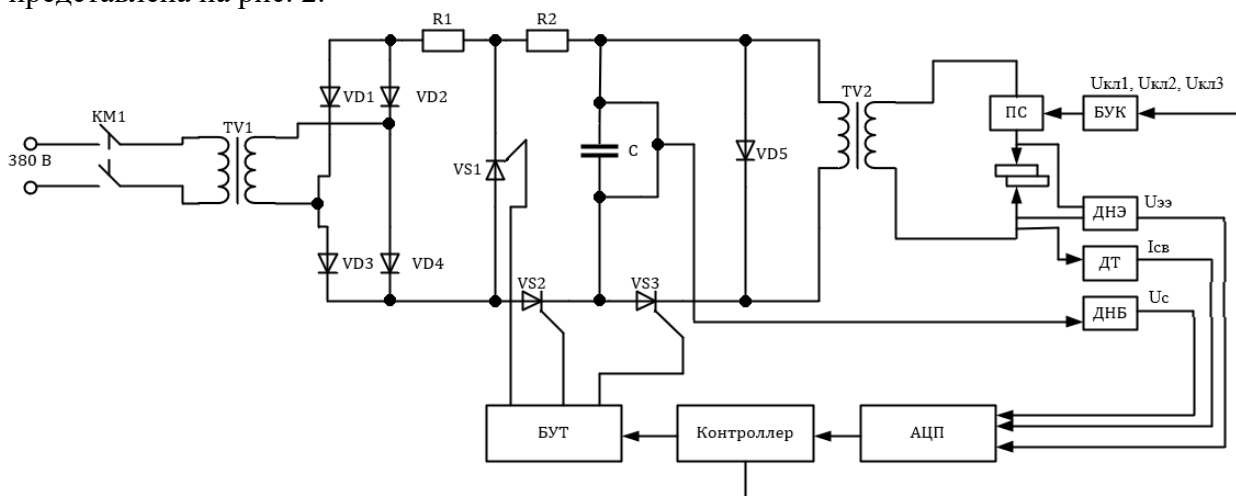


Рис 2. Функциональная схема управления конденсаторной машиной МТК-1601:

ПС – привод сжатия; БУК – блок управления клапанами; ДНЭ – датчик напряжения электродов; ДТ – датчик тока; ДНБ – датчик напряжения батареи; БУТ – блок управления тиристорами; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; TV1 – трансформатор питания; TV2 – трансформатор сварочный; KM1 – магнитный пускатель; R1, R2 – ограничивающие ток сопротивления; VS1 – шунтирующий тиристор; VS2 – зарядный тиристор; VS3 – разрядный тиристор; C – батарея конденсаторов; VD1, VD2, VD3, VD4 – диоды выпрямители; VD5 – обратный диод.

Питание машины конденсаторной сварки осуществляется от сети переменного тока 380 В через магнитный пускатель KM1 посредством трансформатора TV1. Зарядка батареи конденсаторов C производится от выпрямителя, собранного на диодах VD1, VD2, VD3, VD4, через ограничивающие ток резисторы R1, R2. Включение цепи зарядки осуществляется тиристором VS2. При достижении заданного напряжения на батарее конденсаторов U_с через тиристор VS1 включается цепь шунтирования выпрямителя. Разряд батареи конденсаторов на первичную обмотку сварочного трансформатора TV2 выполняется включением тиристора VS1. Для защиты тиристора от перенапряжений

используется обратный диод VD1.

Главным элементом системы управления машиной конденсаторной сварки является контроллер STM32, который осуществляет подачу открывающих импульсов на тиристоры VS1, VS2 и VS3 через блок управления тиристорами БУТ. Управление клапанами пневматического привода сжатия ПС машины контроллер производит через блок управления БУК. Клапан 1 обеспечивает сжатие электродов, клапан 2 – расжатие и клапан 3 – ковочное (повышенное) усилие. Контроль напряжения на батарее конденсаторов U_c выполняет датчик напряжения ДНБ, а напряжения между электродами $U_{ээ}$ – датчик ДНЭ. Контроль тока $I_{св}$ производится датчиком ДТ, представляющим пояс Роговского. Сигналы с датчиков поступают на контроллер через внешний аналого-цифровой преобразователь АЦП.

Задание требуемого сварочного цикла обеспечивается определённым сочетанием из шести управляющих импульсов, которые отвечают за работу трёх пневматических клапанов и трёх тиристоров. Пневматические клапаны привода сжатия предоставляют возможности по разведению токоведущих электродов, сжатию свариваемых деталей и приложению повышенного усилия сжатия за счет задействования вспомогательного поршня пневматического привода. Управление всеми перечисленными рабочими органами конденсаторной машины осуществляется посредством цифровых сигналов контроллера.

Для программной реализации системы управления процессом сварки на конденсаторной машине и задания циклограммы её работы было использовано программное обеспечение NI LabVIEW, представляющие собой среду прикладного графического программирования и предназначенное для создания так называемых виртуальных приборов - программ, написанных в среде LabVIEW [6]. Блок-диаграмма и лицевая панель, являясь основными компонентами виртуального прибора, заключают в себе функции алгоритма программы и пользовательского интерфейса, которые представлены на рис. 3 [7].

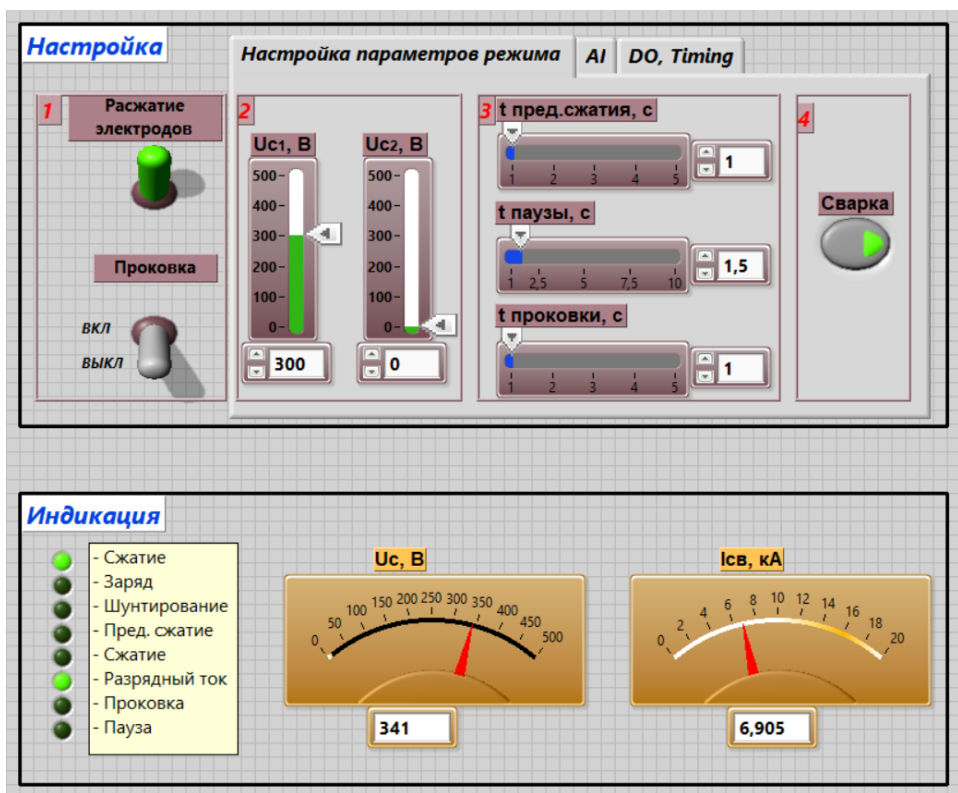


Рис. 3. Лицевая панель виртуального прибора системы управления

Система управления обеспечивает выполнение как одноимпульсного, так и

двухимпульсного режима сварки (рис.1) с заданием величины напряжения на конденсаторной батарее U_{c1} и U_{c2} , времени предварительного сжатия, паузы и проковки. Предусмотрен тумблер для расжатия электродов и включения проковки (ковочного усилия $F_{ков}$, рис. 1, Б). Запуск цикла сварки осуществляется при нажатии кнопки «Сварка» на панели виртуального прибора.

На панели «Индикация» производится включение светодиодов при прохождении соответствующей позиции цикла: сжатие, заряд, шунтирование, предварительное сжатие, сжатие, разрядный ток, проковка, пауза.

Эксперимент

Проведены экспериментальные исследования разработанной системы программного управления.

Разработана плата, обеспечивающая работу БУК и БУТ. Цифровые сигналы управления с контроллера усиливаются с помощью ключей на биполярных транзисторах КТ972Б, обеспечивая формирование напряжений для управления клапанами привода сжатия ПС и тиристорами заряда, шунтирования и разряда.

Напряжение батареи конденсаторов снимается с делителя напряжений, а напряжение между электродами непосредственно подаётся на АЦП контроллера. Сварочный ток с пояса Роговского через интегрирующее устройство поступает на вход АЦП. Проведена калибровка датчиков напряжения и тока.

На рис.4 представлены осциллограммы напряжения U_c , $U_{эз}$ и сварочного тока $I_{св}$ при сварке пластин $0,5 + 0,5$ мм из низкоуглеродистой стали при одноимпульсном режиме сварки.

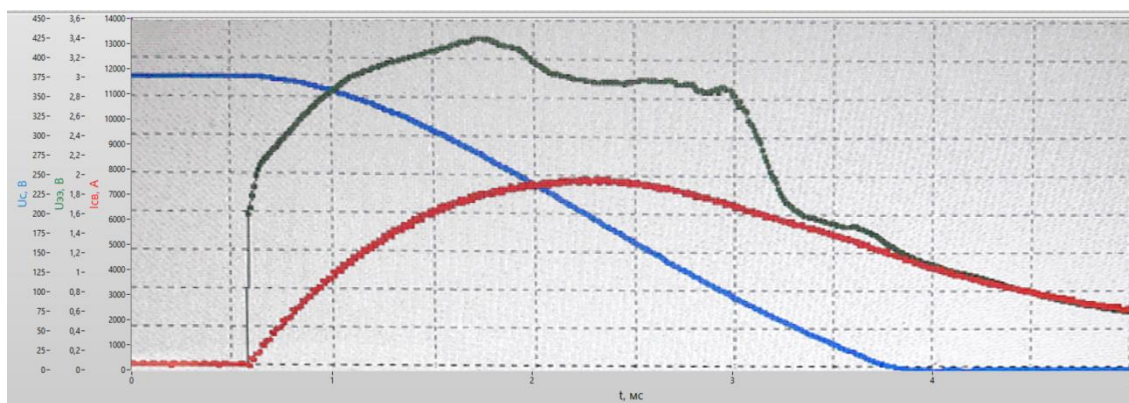


Рис. 4. Осциллограммы параметров режима сварки

Заключение

1. Несмотря на ряд очевидных преимуществ, присущих контактной точечной сварке на конденсаторных машинах, существуют определённые сложности, связанные с обеспечением качества сварных соединений, что является сдерживающим фактором для более широкого применения данного вида сварки в промышленности. Для решения вопроса повышения качества сварных соединений предложено использование системы программного управления циклом конденсаторной сварки.

2. Разработан виртуальный прибор, реализующий сбор данных о процессе сварки и управление циклом сварки на конденсаторной машине МТК-1601, который позволяет: регистрировать сварочный ток, напряжение межэлектродной зоны, что позволяет определить величину выделяемой энергии, экспериментально апробировать различные циклограммы процесса, в том числе и многоимпульсные, для определения склонности

точечных сварных соединений малых толщин к образованию дефектов.

Список источников

1. Березиенко В. П., Мельников С. Ф., Фурманов С. М. Технология сварки давлением : учеб. пособие. Могилев : Изд-во Белорус.-Рос. ун-та, 2009. 256 с. ISBN 978-985-492-068-9.
2. Оборудование для контактной сварки : справ. пособие / Ф. А. Аксельрод [и др.] ; под ред. В. В. Смирнова. Санкт-Петербург : Энергоатомиздат, 2000. 846 с. ISBN 5-283-04528-5.
3. Белов А. Б. Конденсаторные машины для контактной сварки. Л. : Энергоатомиздат, 1984. 112 с.
4. Климов А. С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышения стабильности качества. М. : Физматлит, 2011. 216 с. ISBN 978-5-9221-1308-3.
5. Гладков Э. А. Управление процессами и оборудованием при сварке : учеб. пособие. М. : Academia, 2006. 429 с. ISBN 5-7695-2301-8.
6. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 (30 лекций) : учеб. пособие / П. А. Бутырин [и др.]. М. : ДМК Пресс, 2005. 264 с. ISBN 5-94074-084-7.
7. Курлович И. В., Болотов С. В., Бендик Т. И. Программная реализация управления циклом контактной точечной сварки на конденсаторной машине // Вестник Белорусско-Российского университета. 2013. №. 4 (41). С. 35–46.