



УДК 621.791

## МНОГОКАНАЛЬНЫЙ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ КОНТРОЛЛЕР СБОРА ДАННЫХ С ТЕРМОПАР

**В. В. ДОЛИНЕНКО**, канд. техн. наук, **Т. Г. СКУБА**, **О. Ю. ВАЩЕНКО**, **Н. Ф. ЛУЦЕНКО**, инженеры  
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Представлена разработка 9-канального микропроцессорного контроллера системы регистрации термоциклов сварки с цифровым интерфейсом связи с ПЭВМ типа Ethernet-100Base-TX. В качестве датчиков температуры используются термопары типа ТХА и ТВР. Использование Internet-протокола обмена данными с ПЭВМ типа TELNET позволяет создавать с минимальными затратами автоматизированные системы научных исследований в области многопроходной дуговой сварки.

*Ключевые слова:* многопроходная дуговая сварка, термопара, микропроцессорный контроллер, сеть Internet, TELNET, сигма-дельта АЦП

Проведение экспериментальных исследований механических свойств сварных швов ответственных конструкций связано с привлечением дорогостоящего сварочного оборудования и расходом значительных материальных ресурсов таких, как металл сварочных образцов, электродная проволока, защитный газ, а также электроэнергия. Поэтому одной из основных задач при проведении экспериментов является обеспечение надежного регистрирования максимально возможного объема информации для получения наиболее полного

представления о характере структурных изменений в металле околошовной зоны свариваемого изделия. Значительный интерес представляет информация о динамике изменения пространственного температурного поля в свариваемом изделии при выполнении многопроходной дуговой сварки. Наибольшее распространение в сварке получили контактные способы измерения температур с помощью хромель-алюмелевых термопар ТХА и вольфрамрениевых ТВР (ВР5/ВР20), которые позволяют измерять температуру в изделии соответственно до 1300 (ТХА) и 2500 °С (ТВР) с погрешностью  $\pm 1$  °С.

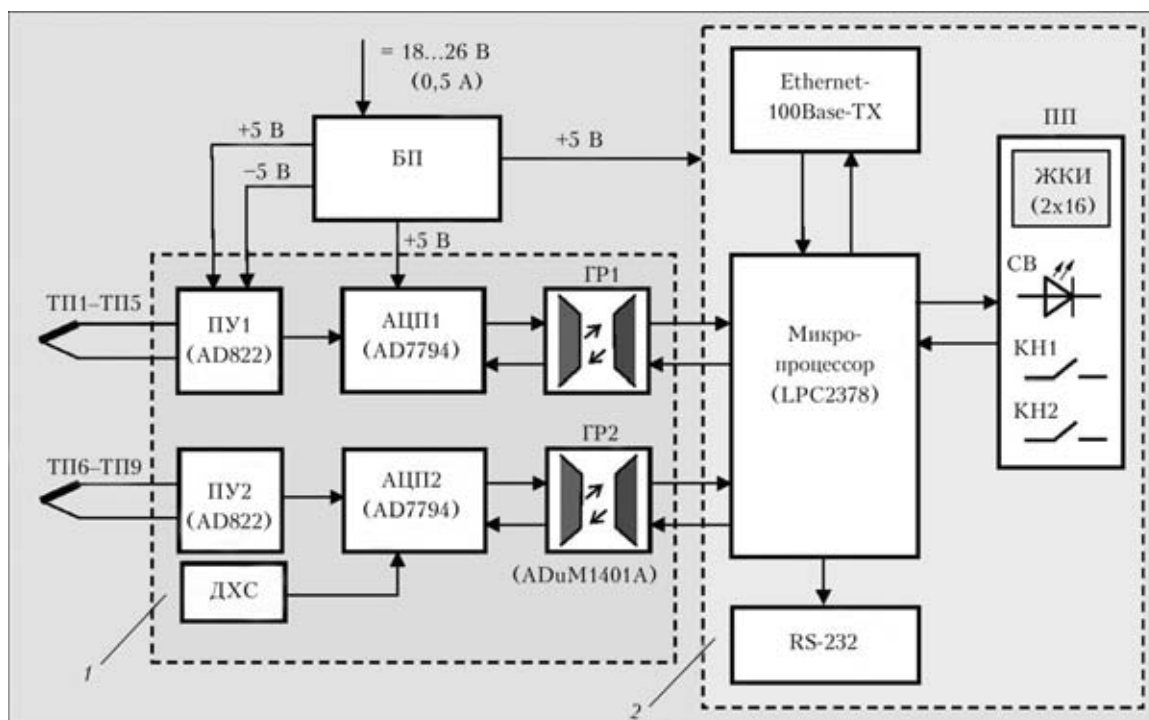


Рис. 1. Структурная схема МКЗТЦ: 1 — аналоговый узел; 2 — цифровой узел; БП — блок питания; ГР — гальваническая развязка; ЖКИ — жидкокристаллический индикатор; КН1, КН2 — кнопки управления; ПП — передняя панель управления; ПУ — предварительный усилитель; СВ — светодиод; ТП — термопары; ДХС — датчик температуры «холодного спая»

© В. В. Долиненко, Т. Г. Скуба, О. Ю. Ващенко, Н. Ф. Луценко, 2012

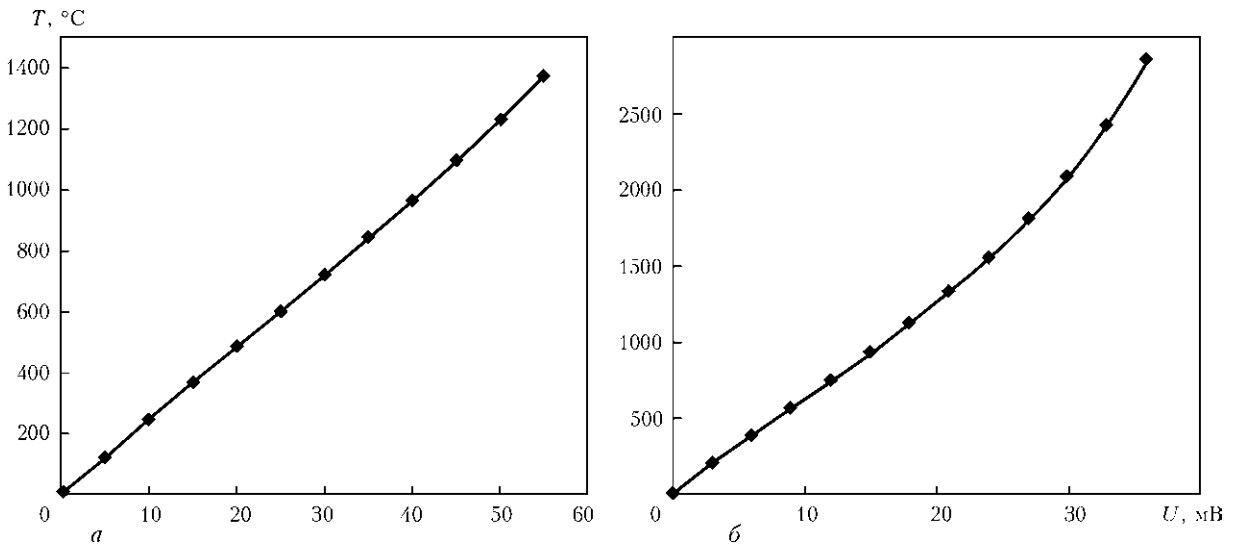


Рис. 2. Метрологические характеристики МКЗТЦ: а — режим термопары типа ТХА; б — режим термопары типа ТВР (А1)

В настоящее время использование корпоративной сети Internet является эффективным способом создания компьютеризированных систем проведения научных исследований. При проведении прикладных исследований в области дуговой сварки с помощью Internet-технологий можно решить проблемы как гальванической развязки, так и надежного обмена данными между контроллерами и ПЭВМ. В качестве физического интерфейса обычно используется шина Ethernet-100Base-TX, а Internet-протоколы типа TCP/IP и TELNET обеспечивают надежное соединение и безошибочную передачу данных. В связи с тем, что в настоящее время отсутствуют серийно изготавливаемые контроллеры термопар с подключением к сети Internet, в ИЭС им. Е.О. Патона был разработан микропроцессорный контроллер, предназначенный для записи термоциклов многопроходной сварки [1] (далее — МКЗТЦ), который обеспечивает оцифровывание сигналов от 9-ти термопар и выдачу результатов в ПЭВМ по протоколу TELNET с метками реального времени (рис. 1).

МКЗТЦ конструктивно состоит из аналогового и цифрового модулей, связанных друг с другом с помощью гальванически развязанного интерфейса типа SPI. В цифровом модуле используется 32-разрядный микропроцессор LPC2378 (фирма NXP). Аналоговый модуль реализован на основе микросхем ОУ типа AD822 и двух 24-разрядных сигма-дельта АЦП типа AD7794 (фирма «Analog Devices»). Температура «холодного спая» измеряется термистором B57861S сопротивлением 10 кОм (фирма «EPCOS»). Диапазон измеряемых температур для термопар типа ТХА составляет 0...1300 °С, а для термопар типа ВР5/ВР20 — 0...2500 °С. Частота опроса всех каналов — 3 Гц.

Применение гальванически развязанного интерфейса типа Ethernet-100BASE-TX позволяет разместить МКЗТЦ в непосредственной близости

от объекта исследований, а ПЭВМ удалить на расстояние до 100 м, что уменьшит длину выводов термопар до 1 м и минимизирует уровень электромагнитных помех и наводок.

Информационный обмен с компьютером осуществляется с помощью сетевого протокола типа TELNET, обеспечивающего запись принимаемых от контроллера данных в указанный пользователем файл. Для управления режимом работы МКЗТЦ используют три специальные команды: «TIME» — установка текущего времени, «TP» — выбор типа термопар и «MEAS» — выдача показаний термопар в компьютер.

Расчет показаний термопары (в градусах Цельсия) производится известным методом на основе считанного значения ЭДС термопары с использованием градуировочных таблиц [2] и с учетом температуры холодного спая. Для оценки метрологических характеристик контроллера на его входы через резистивный делитель подавалось постоянное напряжение от гальванического источника питания. Напряжение на входе контролировалось цифровым вольтметром «MASTECH MS8218» (шаг измерения 0,001 мВ). После программной компенсации смещений при закороченных входах метрологические характеристики всех каналов измерений практически совпали. Отличия полученных характеристик «напряжение–температура» (рис. 2) от градуировочных таблиц [2] не выходили за границы погрешности  $\pm 0,2$  °С.

На рис. 3 показан фрагмент термического цикла, полученный в эксперименте с многопроходной сваркой V-образной разделки короткими участками с помощью разработанного контроллера и последующей обработкой данных в программе MS Excel. В эксперименте использовали термопару типа ТХА с диаметром проволоки 0,6 мм, зачеканенную на поверхности изделия из низкоуглеродистой конструкционной стали на рассто-

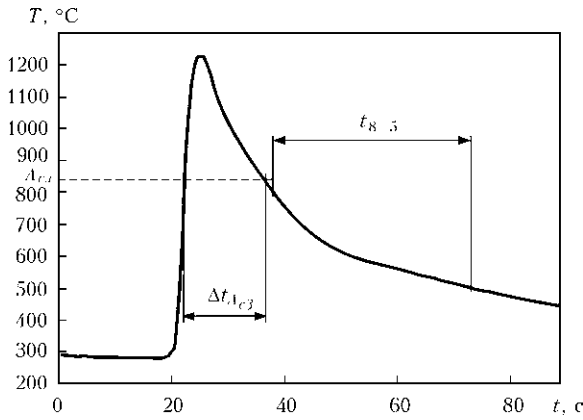


Рис. 3. Записанный термический цикл многопроходной сварки (фрагмент):  $\Delta t_{A_{c3}} = 15$  с;  $t_{8/5} = 37$  с

янии 5 мм от кромки разделки. Из рис. 3 несложно оценить время нахождения металла выше точки  $A_{c3}$  (15 с) и время  $t_{8/5}$  охлаждения от температуры

800 до 500 °С (37 с). Максимальная температура в контролируемой зоне составила 1240 °С.

Разработанный микропроцессорный контроллер, использованный для идентификации математической модели источника тепла сварки МИГ/МАГ, а также при проведении исследований структурных превращений в стали при многопроходной сварке, показал высокую устойчивость к сварочным помехам и надежность передачи данных в ПЭВМ.

1. Долиненко В. В., Скуба Т. Г., Ващенко О. Ю. Микропроцессорный контроллер регистрации термочиклов многопроходной дуговой сварки // Збірник тез доповідей XI Міжнарод. наук.-техн. конф. «Приладобудування: стан і перспективи», 24–25 квіт. 2012 р., м. Київ, ПФФ, НТУУ «КПІ», 2012. — С. 223.
2. ГОСТ Р 8.585–2001. Номинальные статические характеристики [Текст]. — Взамен ГОСТ Р 50431-92, МИ 2559-99; введ. 21.11.2001.

Development of 9-channel microprocessor controller of thermal cycles with digital interface for communication with PC of Ethernt-100Bse-TX type is presented. TKhA and TVR thermocouples are used as temperature sensors. Application of Internet-protocol of data exchange with PC of TELNET type allows designing automated system for research performance in the field of multipass welding at minimum cost.

Поступила в редакцию 04.07.2012

### СВАРКА КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА Специализированная выставка

4–6 декабря 2012

Екатеринбург, МВЦ «Екатеринбург – Экспо»

В программе выставки:

4 декабря

**Научно-техническая конференция «Сварка и Диагностика»  
Конкурс «МИСС СВАРКА-2012»**



13-я Международная специализированная выставка оборудования, приборов и инструментов для сварки и резки

09–12.04.2013

Минск, МинскЭкспо

Параллельно с выставкой работают:

**Международный специализированный салон  
Защита от коррозии. Покрытия**

**14-я Международная специализированная выставка  
Порошковая металлургия**