

# ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСА RS-485 В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТАМИ ДЛЯ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ

Аргонодуговая сварка – прогрессивный метод создания неразъемных соединений металлов, сплавов и различных материалов для дорогостоящих изделий атомной, авиационной, космической, судостроительной и трубной промышленности. Для этих изделий высокие качество и надежность в работе являются обязательными. Обеспечить высокое качество сварных конструкций можно только за счет современного автоматизированного оборудования, объединенного с помощью многоконтурных систем управления. Важную роль в реализации распределенных многоконтурных систем управления играют интерфейсы, которые связывают отдельные блоки оборудования между собой.

Современный автомат для аргонодуговой сварки имеет в своем составе несколько основных блоков [1]:

- инверторный источник сварочного тока;
- блоки управления двигателями перемещения сварочной головки, изделия и проволоки;
- блок измерения и протоколирования параметров процесса;
- выносной пульт управления.

Все эти блоки, как правило, содержат микроконтроллеры и должны быть объединены одной или несколькими информационными шинами, которые должны удовлетворять ряду требований, таких как: высокая помехозащищенность; расстояние передачи данных не более 20 метров; скорость передачи данных – до 115200 бод.

Оптимальным для этих условий является широко распространенный в промышленности последовательный интерфейс RS-485. Однако при использовании в оборудовании для аргонодуговой сварки он нуждается в дополнительной защите. Основные источники помех, действующих на интерфейс, таковы:

- высокая напряженность переменного электрического поля при зажигании дуги с помощью высоковольтного пробоя дугового промежутка;

Р.Перковский

- сильное постоянное, переменное и импульсное магнитное поле, наводящееся при сварке проводниками с токами в несколько сотен ампер;
- наводки от импульсных блоков управления коллекторными двигателями и от самих двигателей;
- наличие больших разностей потенциалов на разных заземляющих контактах из-за больших токов в цепях заземления;
- высокая температура внутри корпусов, металлическая пыль, возможность обрыва и замыкания кабелей.

Все эти факторы больше всего влияют именно на линии межблочных соединений – в первую очередь на линии интерфейса RS-485, питания и земли. Вопросы разводки цепей RS-485 и методы борьбы с помехами описаны в статьях [2–7]. Анализ этих методов и опыт практического внедрения позволили сформулировать требования к аппаратной реализации интерфейса RS-485 в оборудовании для аргонодуговой сварки.

Все линии RS-485 по требуемому уровню защиты можно разделить на две группы: межблочные соединения внутри одного корпуса и соединения между блоками, расположенными в разных корпусах.

## МЕЖБЛОЧНАЯ ЛИНИЯ RS-485 ВНУТРИ ОДНОГО КОРПУСА

Внутри одного корпуса целесообразно использовать интерфейс RS-485 без гальванической развязки с дополнительной защитой драйверов. Разводка земли и питания требует, чтобы все блоки были соединены в одной точке корпуса, а интерфейс RS-485 не допускает такой конфигурации – он требует после-

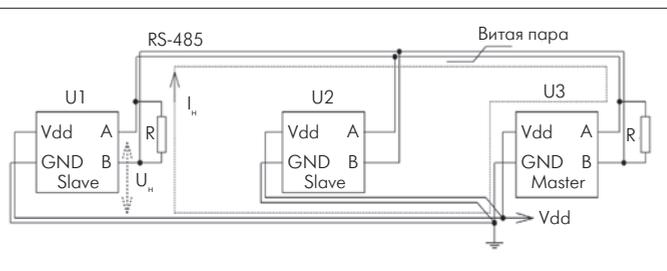
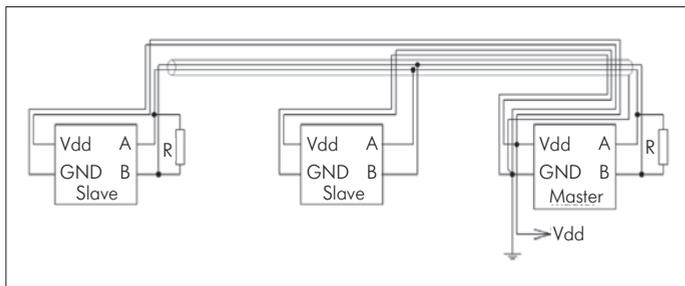


Рис. 1. Возникновение наводок в замкнутых контурах

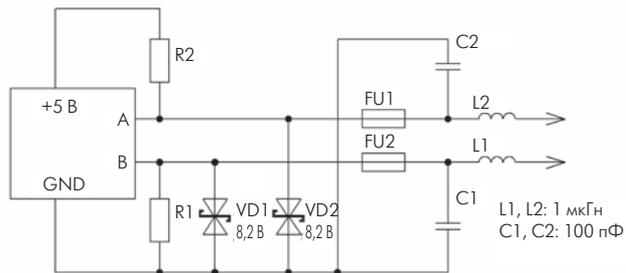


**Рис.2. Разводка цепей питания и интерфейса RS-485**

довательного подключения драйверов RS-485 с терминальными резисторами на краях линии. В результате могут возникнуть замкнутые контуры (рис.1), в которых появляются токи наводки  $I_n$ . При передаче данных от ведущего (Master) (U3) к ведомому (Slave) (U1) блоку этот ток создает напряжение синфазной помехи  $U_n$ , приложенное ко входу принимающего в данный момент драйвера. Это напряжение может достигать десятков вольт и быть причиной искажения передаваемой информации или выхода драйвера из строя.

Чтобы в контуре, образованном проводниками питания, земли и сигнальными линиями, не возникали токи наводки, необходимо размещать проводники как можно ближе друг к другу. Для исключения наводок от линий питания на интерфейс последний нужно экранировать, а экран подключить в общую точку (рис.2).

Линии A и B каждого драйвера RS-485 следует снабдить дополнительной защитой. Так, для защиты от импульсных помех в каждом блоке дополнительно установлены LC-контуры (рис.3). Для защиты от синфазных и паразитных помех большой длительности установлены двухсторонние ограничители напряжения VD1, VD2 и самовосстанавливающиеся электронные предохранители FU1, FU2. Чтобы гарантированно удерживать линию в состоянии «1» при отсутствии передачи, в устройство введены смещающие резисторы R1 и R2.



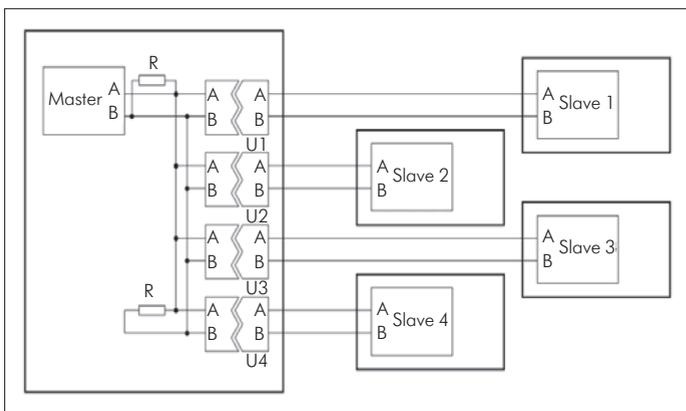
**Рис.3. Защита входов драйвера RS-485**

Их сопротивление выбирается исходя из общего числа блоков на линии таким образом, чтобы общее сопротивление всех параллельно включенных резисторов составляло около 560 Ом. Это обеспечивает требуемое для RS-485 смещение более 200 мВ.

### ЛИНИЯ RS-485 МЕЖДУ БЛОКАМИ В РАЗНЫХ КОРПУСАХ

Для связи блоков, расположенных в разных корпусах, необходимо использовать интерфейс RS-485 с гальванической развязкой. Это позволяет работать при больших синфазных помехах, которые могут возникнуть при неправильном заземлении корпусов или при больших токах в цепях заземления. Для связи ведущего модуля с несколькими ведомыми блоками, расположенными в разных местах оборудования, каждый блок нужно подключить по отдельной линии RS-485 через устройства гальванической развязки U1–U4 (рис.4). Входы всех устройств гальванической развязки интерфейса RS-485 соединяют как было описано выше, так как они расположены в одном корпусе. Такое соединение позволяет на аппаратном уровне максимально защитить драйверы интерфейса и обеспечить прозрачный программный доступ между всеми модулями в сети.

Наибольшую сложность в подключении представляют выносные блоки – к ним нужно подвести питание, обеспечить



**Рис.4. Соединение шиной RS-485 нескольких блоков, расположенных в разных корпусах**

для них связь по RS-485 и заземление. Пример такого блока – выносной пульт управления (рис.5).

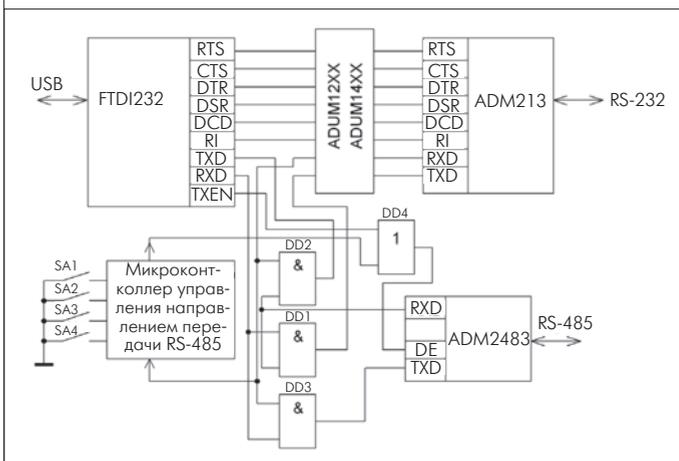
Для гальванической развязки интерфейса RS-485 используется повторитель U1, который обеспечивает автоматическое определение направления передачи данных. Для защиты драйверов от помех используют LC-контуры и ограничители напряжения VD1, VD2, VD3, VD4. Около каждого приемопередатчика установлены терминальные (R3, R4) и смещающие (R1, R2, R5, R6) резисторы.

Гальваническая развязка интерфейса обеспечивается со стороны ведущего блока, в результате на него меньше влияют помехи, наведенные на межблочный кабель. Гальваническая развязка питающего напряжения организована со стороны ведомого блока (U2), что обеспечивает пульт стабильным питанием. Гальванически изолированная часть схемы соединена с защитным заземлением через высоковольтную емкость C3. Защитный экран соединительного кабеля и корпус пульта подключен к защитному заземлению через сопротивление R7. Такая схема подключения обеспечивает надежную работу пульта в сварочном оборудовании.

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИНТЕРФЕЙСА RS-485/RS-232/USB**

Для наладки систем управления сварочными автоматами требуется доступ к шине RS-485 от компьютера. Компьютеры сегодня могут иметь интерфейсы RS-232 и USB. Кро-

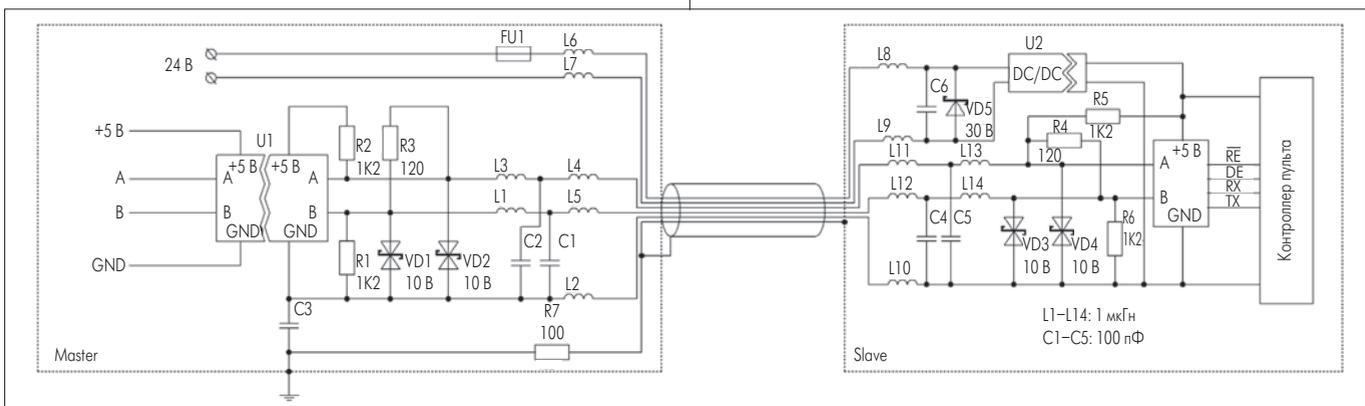
ме того, часто отдельные блоки имеют интерфейс RS-232 для выдачи протокола процесса во время сварки. Все это требует наличия различных переходников RS-232/RS-485, RS-485/USB, RS-232/USB, снабженных защитными цепями. Специально для работы с различным сварочным оборудованием в ЗАО «Лаборатория электроники» разработан универсальный преобразователь USB/RS-485/RS-232 модели EL204. Он имеет гальваническую развязку между всеми интерфейсами, дополнительную защиту линий RS-485 и позволяет передавать данные во всех направлениях: от USB в RS-232 и RS-485, от RS-232 в USB и RS-485, от RS-485 в RS-232 и USB (рис.6).



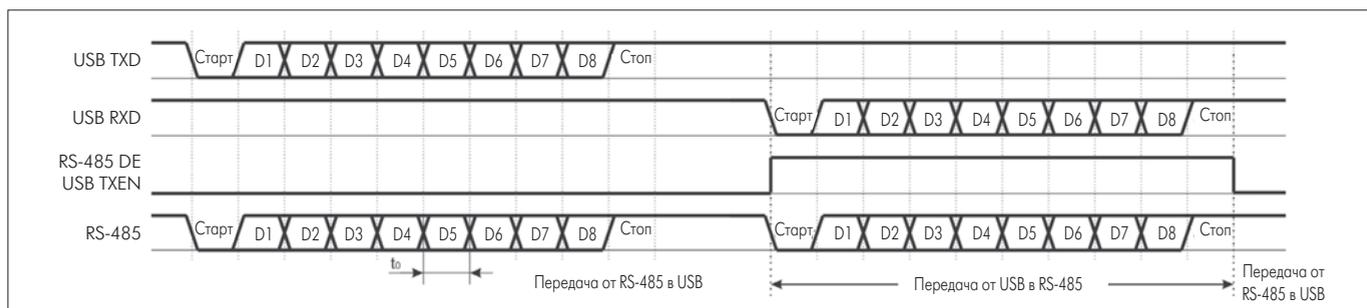
**Рис.6. Функциональная схема универсального преобразователя RS-485/RS-232/USB**

Драйверы интерфейсов включены таким образом, что принятые данные RXD от любого интерфейса поступают на выход двух других интерфейсов через TXD за счет логических элементов «2И» DD1–DD3. Это позволяет использовать преобразователь для обмена данными в любом направлении без каких-либо коммутаторов. Кроме того, можно одновременно работать от USB с устройствами RS-232 и RS-485, если все они поддерживают протокол с адресом устройства.

В качестве USB-контроллера применен FTDI232, имеющий минимум обвязки и реализующий виртуальный COM-порт в операционных системах Windows 98, Windows ME, Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, Mac OS 8, Mac OS 9, Mac OS



**Рис.5. Подключение выносного пульта**



**Рис.7. Управление сигналом DE при обмене данными между USB и RS-485**

X, Linux, Windows CE.NET. Гальваническая развязка интерфейсов реализована на микросхемах фирмы Analog Devices, в которых применена технология монолитных трансформаторов iCoupler. Эта технология обеспечивает, по сравнению с оптопарами, более стабильные характеристики в широком температурном диапазоне и меньшую проходную емкость. Все сигналы интерфейса RS-232 формируют драйвер ADM213 и микросхемы гальванической развязки серии ADUM12XX и ADUM14XX. Для формирования сигналов интерфейса RS-485 используется приемопередатчик ADM2483 с внутренней гальванической развязкой.

Кроме преобразования физических уровней интерфейсов преобразователь обеспечивает согласование дуплексных интерфейсов USB и RS-232 (данные на вход и выход передаются по разным линиям, возможна также одновременная пере-

дача данных) с полудуплексным RS-485 (данные передаются по одной дифференциальной линии, драйвер может работать или на прием, или на передачу). Для этого необходимо управлять сигналом DE (направление передачи по RS-485) таким образом, чтобы интерфейс RS-485 всегда был включен на прием ( $DE=0$ ) и только в момент передачи данных от USB или RS-232 – на передачу ( $DE=1$ ). Применение полудуплексного интерфейса RS-485 предполагает, что используемый протокол обмена не допускает одновременную передачу и прием данных по всем интерфейсам.

При обмене данными между USB и RS-485 для управления сигналом DE служит специальный выход TXEN у FTDI232, который устанавливается в «1» только при приеме данных от USB (рис.7). При обмене данными между RS-232 и RS-485 отсутствует сигнал, указывающий направление передачи. Поз-

Таблица 1. Установка переключателей при обмене данными между RS-232 и RS-485

Скорость, бод	SA1	SA2	SA3	SA4
Автомат	Выкл.	Выкл.	Выкл.	Выкл.
115200	Вкл.	Выкл.	Выкл.	Выкл.
57600	Выкл.	Вкл.	Выкл.	Выкл.
38400	Вкл.	Вкл.	Выкл.	Выкл.
19200	Выкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.
9600	Вкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.
7200	Выкл.	Вкл.	Вкл.	Выкл.
4800	Вкл.	Вкл.	Вкл.	Выкл.

Скорость, бод	SA1	SA2	SA3	SA4
2400	Выкл.	Выкл.	Выкл.	Вкл.
1800	Вкл.	Выкл.	Выкл.	Вкл.
1200	Выкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.
600	Вкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.
300	Выкл.	Выкл.	Вкл.	Вкл.
150	Вкл.	Выкл.	Вкл.	Вкл.
75	Выкл.	Вкл.	Вкл.	Вкл.
50	Вкл.	Вкл.	Вкл.	Вкл.

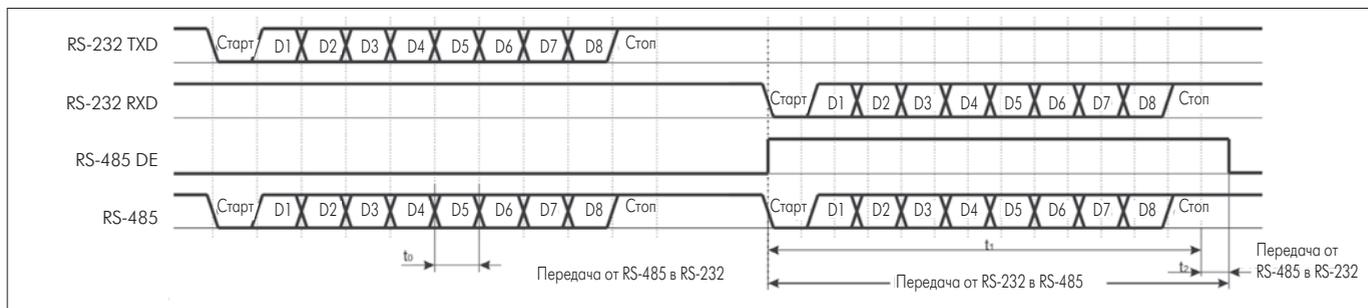


Рис.8. Управление направлением передачи при работе с фиксированными скоростями

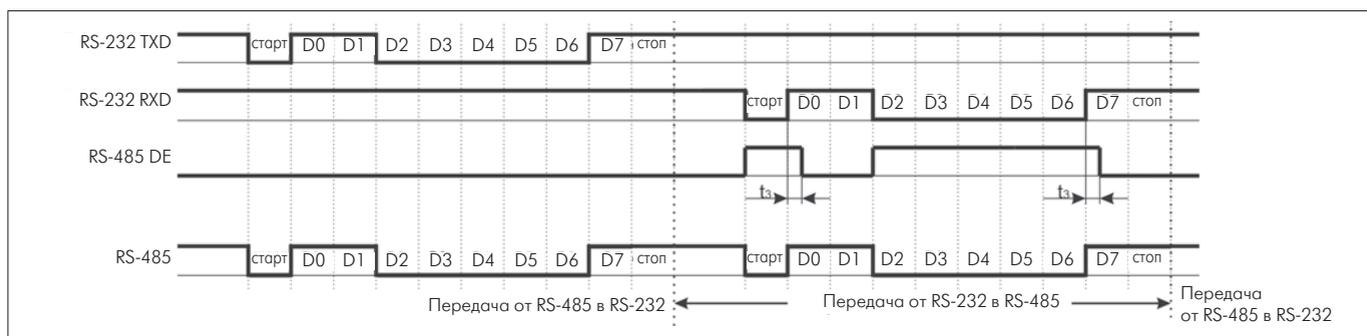
тому сигнал DE программно формируется микроконтроллером управления направлением передачи (см. рис.6) по анализу данных, которые поступают от RS-232. Логический элемент DD4 обеспечивает управление сигналом направления передачи как от USB, так и от RS-232.

Управлять сигналом DE при обмене данными между RS-232 и RS-485 можно в двух режимах: стандартном и автоматическом.

В **стандартном** режиме необходимо задать скорость передачи данных с помощью микропереключателей SA1-SA4 согласно табл.1. В исходном состоянии DE установлен в «0», и данные передаются от RS-485 в RS-232 (рис.8). Микроконтроллер постоянно анализирует данные, принимаемые от RS-232, и при обнаружении стартового бита переключает RS-485 на передачу, устанавливая DE в «1» на время  $t_1$  трансляции одного байта данных исходя из установленной скорости обмена. После окончания времени  $t_1$  DE удерживается в «1» еще в течение времени  $t_2$ , равного половине времени передачи бита на выбранной скорости  $t_0$ . Если в течение времени  $t_2$  на входе RS-232 появился новый старт-бит, то отсчет времени  $t_1$  начинается заново, в противном случае преобразователь возвращается в исходное состояние и DE устанавливает в «0».

Стандартный режим позволяет реализовать все преимущества дифференциального интерфейса RS-485, но требует предварительного задания скорости передачи данных и работает только в режиме «1 старт-бит и 1 стоп-бит». Его применяют, когда нужно обеспечить максимальную помехозащищенность и дальность передачи или при подключении большого числа устройств к одной линии.

**Автоматический** режим устанавливается при размыкании всех микропереключателей SA1-SA4. В исходном состоянии DE установлен в «0», и данные передаются от RS-485 в RS-232 (рис.9). Микроконтроллер постоянно анализирует данные, принимаемые от RS-232, и при обнаружении логического «0» устанавливает DE в «1», переключая RS-485 на трансляцию данных от RS-232. В результате на выходе (в линии) RS-485 устанавли-



**Рис.9. Использование сигнала TXD для управления направлением передачи**

вается состояние логического «0». Такое состояние сохраняется до появления на входе RS-232 логической «1». В этот момент запускается отсчет времени  $t_3$ , в течение которого сигнал DE еще удерживается в «1», что приводит к установке на выходе RS-485 состояния логической «1». После окончания времени  $t_3$  драйвер RS-485 переключается на прием, а состояние логической «1» продолжает удерживаться на линии RS-485 смещающими резисторами R1 и R2 (см. рис.3). Приемопередатчик при этом возвращается к исходному состоянию. Время  $t_3$  выбрано исходя из наименее возможного времени передачи одного бита, что при скорости 115200 бод составляет около 8 мкс. Таким образом, в автоматическом режиме преобразователь передает сигнал от RS-232 в RS-485 без привязки к скорости обмена.

**Таблица 2. Временные характеристики работы преобразователя**

Параметр	Мин.	Макс.
$t_0$ , время передачи одного бита, мкс	8,3	-
$t_2$ , время удержания сигнала DE в стандартном режиме после окончания стоп-бита, мкс	$t_0 \cdot 0,5$	$t_0 \cdot 0,5 + 1,5$
$t_3$ , время удержания сигнала DE в режиме «автомат», мкс	7	8

Автоматический режим позволяет передавать данные между RS-232 и RS-485 на любых скоростях. Однако он обладает меньшей помехозащищенностью, чем стандартный режим, так как при передаче логических «1» от RS-232 в RS-485 драйвер RS-485 работает на выход только в течение времени  $t_3$ , а в остальное время линия удерживается в «1» смещающими резисторами, что в условиях помех может привести к передаче ложного «0». Авто-

матический режим рекомендуется использовать при неизвестной или изменяемой скорости передачи данных. Временные характеристики работы преобразователя приведены в табл.2.

Применение элементной базы с расширенным температурным диапазоном, а также специальных программных и аппаратных решений позволяет широко использовать универсальный адаптер RS-485/RS-232/USB модели EL204 [8] не только в сварочном оборудовании, но и в других промышленных приложениях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гладков Э. А., Перковский Р. А., Невзоров В. А., Пономарев Д. В. Комплект цифровых модулей для контроля и управления параметрами сварочных установок. – Тяжелое машиностроение, 2004, №6.
2. Перковский Р.А. Применение интерфейса RS-485 в системах управления сварочным оборудованием. – Электронные компоненты, 2007, №5.
3. Maxim's Application Note 1137. Using the MAX3157 High-CMR RS-485 Transceivers.
4. Maxim's Application Note 367. Explanation of Maxim RS-485 Features.
5. Maxim's Application Note 723. Selecting and Using RS-232, RS-422, and RS-485 Serial Data Standards.
6. Maxim's Application Note 763. Guidelines for Proper Wiring of an RS-485 (TIA/EIA-485-A) Network.
7. Maxim's Application Note 1090. Methods for Trimming the Power Required in RS-485 Systems.
8. www.ellab.ru.