



секционного типа в основном длиной 500 мм с размером звена 25 мм, что позволяет им гнуться, копируя линию стыка. Подкладки прикреплены на ленту шириной 80 мм с клеевой поверхностью, что позволяет надежно закрепить ее на шве, в том числе и в разделке без дополнительных прижимных и других устройств и удерживаться при сварке, несмотря на выгорание клея в близлежащих к зоне сварки областях. Клей не влияет на качество металла шва. Для защиты от повреждений, загрязнений и клеевая поверхность ленты закрыта второй защитной лентой, удаляемой перед креплением подкладки на стыке.

Examples of efficient application of ceramic backings in welding for construction of tankers and other marine engineering facilities are given.

Поступила в редакцию 01.06.2004

У ДК 621.791.03-52

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДАТЧИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ

А. Е. КОРОТЫНСКИЙ, канд. техн. наук, Н. М. МАХЛИН, В. Г. БУРЯК, Д. Д. КУНКИН, инженеры  
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Описан датчик электрического сигнала, эквивалентного измеряемому току или напряжению в условиях повышенного воздействия помех. Показаны преимущества данного устройства над традиционными датчиками аналоговых сигналов. Даны кривые передаточной характеристики и проведена оценка достигаемой точности универсального датчика электрических параметров сварки. Указаны пути расширения возможностей датчика.

*Ключевые слова:* дуговая сварка, сварочное оборудование, датчик, ток, напряжение, опторазвязка, помехозащитность

Для электромагнитной совместимости сварочного оборудования, построенного прежде всего на базе высокочастотных преобразователей, требуется обязательное наличие гальванической развязки (ГР) в датчиковой аппаратуре. Такие датчики должны обеспечивать измерения с требуемой точностью в условиях горения сварочной дуги, а значит, отличаться устойчивостью к воздействию помех и наводок, а также способностью передавать сигнал в широком частотном и динамическом диапазоне, независимо от его формы и полярности.

Обычно в сварочном оборудовании для измерения тока и напряжения либо для построения систем управления с контурами обратных связей по току (напряжению) применяются датчики, выполненные на основе эффекта Холла [1], трансформаторов тока (ТТ) [2], устройств типа модулятор-демодулятор (МДМ) [3], термопреобразователей (ТП) [4].

Благодаря невысокой стоимости, простоте и надежности ТТ широко применяются в сварочном оборудовании. К их недостаткам следует отнести невысокую точность при измерении токов, форма

В связи с изложенным выше возникает вопрос организации производства таких подкладок на электродных производствах, что вполне по силам предприятиям-членам ассоциации «Электрод». Для этого вполне пригодно существующее оборудование при некоторой его доработке. Такую работу, а также создание специализированного оборудования могла бы взять на себя фирма «Велма».

Опыт применения керамических подкладок при строительстве заказов на ФГУП «Адмиралтейские верфи» показывает, что в судостроении совершенствование технологии дуговой сварки неизбежно будет связано с их применением, и в дальнейшем это произойдет во многих отраслях.

которых отличается от синусоидальной, а также непригодность для измерения параметров в цепях постоянного тока.

Датчики МДМ могут использоваться для измерения как переменного, так и постоянного тока и напряжения. Однако из-за ограниченного частотного и динамического диапазонов входных сигналов и схемно-конструктивных усложнений они широкого распространения в сварочном оборудовании не получили.

Требованиям ГР удовлетворяют ТП. Кроме того, они обеспечивают сигнал, эквивалентный действительному значению тока или напряжения вне зависимости от их формы. Вместе с тем значительная инерционность ТП практически исключает возможность их применения в качестве элементов контуров обратной связи, особенно в источниках питания и системах, содержащих узлы высокочастотного преобразования.

Наибольшее распространение получили датчики, построенные на основе эффекта Холла, используемые для измерения тока и напряжения. При этом датчики тока (ДТ) удовлетворяют большинству предъявляемых к датчикам требованиям при измерении тока любой формы и полярности. Однако промышленные образцы датчиков напряжения (ДН) на основе преобразователей не обеспечивают необходимые частотный диапазон изме-

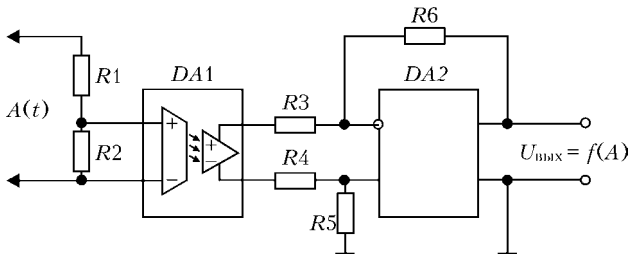


Рис. 1. Упрощенная электрическая схема базового модуля ИНУ

реней и точность в широком динамическом диапазоне. Кроме того, таким ДН требуется большая мощность и мощный внешний резистор [1, 5]. Положение существенно улучшилось с появлением на рынке электронных компонентов ГР в интегральном исполнении [6]. Эти устройства характеризуются широким динамическим и частотным диапазонами, высокой помехоустойчивостью, низким энергопотреблением, высокими значениями электрической прочности изоляции и другими преимуществами.

Авторами предпринята попытка создания на основе ГР с  $\Sigma$ - $\Delta$ -преобразователем универсального датчика сварочного тока и напряжения. Проведено исследование его метрологических и электрических характеристик. Базовой частью таких датчиков является измерительно-нормирующее устройство (ИНУ), имеющее ГР между входом и выходом. Упрощенная электрическая схема ИНУ представлена на рис. 1.

ИНУ содержит входной аттенюатор  $R1, R2$ ; линейную опторазвязку в интегральном исполнении  $DA1$  и масштабирующий усилитель  $DA2$ . Резисторы  $R3, R6$  и  $R4, R5$  выбирают из условий обеспечения необходимых коэффициентов усиления. Входной аттенюатор выполнен на прецизионных резисторах, сопротивление которых выбирается с учетом диапазона возможных значений входного сигнала и максимально допустимого входного напряжения опторазвязки. При построении ДТ с использованием шунта наличие аттенюатора необязательно.

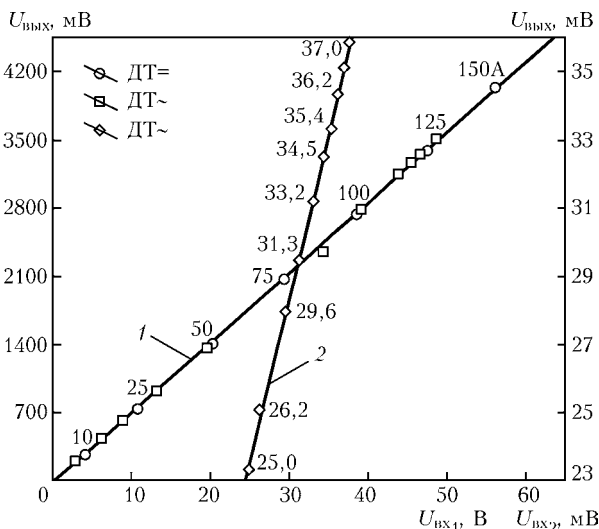


Рис. 2. Передаточная характеристика универсального датчика в режиме датчика тока (1) и датчика напряжения (2)

Микросхема  $DA1$  представляет собой получившую в последнее время широкое распространение опторазвязку серии HCPL (фирма «Agilent Technologies»), в состав которой входят  $\Sigma$ - $\Delta$ -модулятор, оптронная цепь ГР и  $\Sigma$ - $\Delta$ -демодулятор. Такое построение опторазвязки обеспечивает высокую точность передачи аналоговых сигналов [7]. Из-за нечувствительности светового потока к воздействию внешних полей выходной сигнал оптопары не содержит помех и искажений, являющихся результатом действия внешнего электромагнитного поля.

Масштабирующий операционный усилитель  $DA2$ , выполненный с биполярным питанием, предназначен для усиления входного сигнала датчика до уровня, необходимого при дальнейшей обработке сигнала. Он обеспечивает согласование выходного импеданса ИНУ с входным импедансом приемника сигнала (узлы обратной связи систем управления, АЦП и т. д.).

Характеристики и параметры датчиков рассмотрим на примере датчика УДС-55/1, опытные образцы которого разработаны и испытаны в ИЭС им. Е. О. Патона. На рис. 2 приведены передаточные характеристики датчика при использовании его в режиме ДТ и ДН. Кривой 1 соответствует левая ось ординат с указанными на ней значениями выходного сигнала ДТ, а кривой 2 — правая ось с указанными на ней значениями выходного сигнала ДН. Входные значения ДТ снимали с измерительного шунта типа 75 ШСМ, включенного последовательно в сварочную цепь, а ДН — непосредственно с выхода сварочного источника. Измерения проводили как для постоянного, так и переменного сигнала. Из рис. 2 видно, что передаточные характеристики универсального датчика (УД) линейны независимо от рода тока во всех режимах измерений. В целом, оценивая результаты испытания, можно считать возможным использование разработанного устройства в качестве датчика постоянного тока с достаточной степенью помехозащищенности.

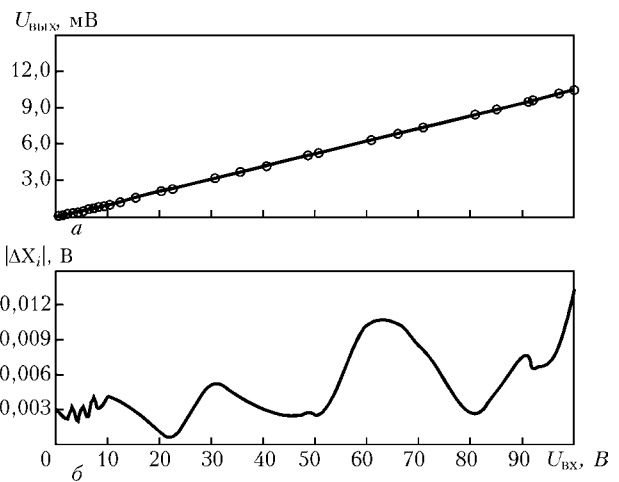


Рис. 3. Передаточная характеристика универсального датчика в режиме датчика напряжения (a) и разброс его показаний (б)



Для оценки достигаемой точности представим передаточную характеристику устройства выражением

$$U_{\text{вых}} = \prod_{i=1}^3 k_i U_{\text{вх}},$$

где  $U_{\text{вых}}$  — выходное напряжение УД;  $U_{\text{вх}}$  — входной сигнал УД;  $k_i$  — коэффициент передачи каждого звена датчика.

Графически зависимость  $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$  изображается прямой линией, наклон которой определяется произведением коэффициентов передачи каждого звена. Таким образом, можно узнать погрешность исследуемого устройства. С этой целью нами проведен эксперимент, в ходе которого исследовали передаточную характеристику УД на постоянном токе. Результаты эксперимента представлены на рис. 3. На рис. 3, а изображена аппроксимирующая прямая, построенная по выходным данным УД, на рис. 3, б — отклонения полученных точек от аппроксимирующей прямой  $U_{\text{вых}} = 9,5545 U_{\text{вх}}$ . Погрешность УД может быть вычислена по следующей формуле:

$$E = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta X_i|}{\bar{X}} 100 \%,$$

где  $\Delta X_i$  — отклонение  $i$ -го значения от аппроксимирующей прямой;  $n$  — количество измерений;  $\bar{X}$  — среднее значение всех результатов измерения.

Sensor of an electric signal equivalent to measured current or voltage under conditions of increased noise effect is described. Advantages of such devices over traditional sensors of analog signals are shown. Transfer characteristic curves are given, and estimation of the achieved accuracy of the versatile sensor of electrical welding parameters is considered. Ways of enhancement of capabilities of the sensor are indicated.

Поступила в редакцию 28.05.2004,  
в окончательном варианте 25.10.2004

ний. Результаты вычислений дают погрешность 0,88 %.

Дальнейшее расширение функций УД возможно в следующих направлениях:

подключение к выходным каналам многоканального АЦП. Использование цифрового сигнала представляется весьма привлекательным, поскольку он не подвержен воздействию помех и может передаваться на значительные расстояния; совмещение УД и микросхемы AD736, преобразующей входной сигнал в сигнал постоянного тока, прямо пропорциональный среднеквадратичному или среднему значению входного сигнала.

В заключение следует отметить, что на основе проведенных испытаний разработаны опытные образцы универсального датчика УДС-55/1, которые опробованы в работе как в сварочном оборудовании, так и в анализаторах дуги.

1. *Гальваномагнитные преобразователи в измерительной технике* / В. В. Брайко, И. П. Гринберг, Д. В. Ковальчук и др. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 360 с.
2. *Оборудование для дуговой сварки: Справ. пособие* / Под ред. В. В. Смирнова. — Л.: Энергоатомиздат, 1986. — 656 с.
3. *Электронные и полупроводниковые устройства систем автоматического управления* / Под ред. Е. М. Решетникова. — М.: Машиностроение, 1966. — 463 с.
4. *А. с. 1659889 СССР А1, МКИ G 01 R 19/22*. Измерительный преобразователь переменного напряжения в постоянное / А. Е. Коротынский, А. Е. Сергеев, В. М. Лукаш и др. — Оpubл. 30.06.91; Бюл. № 24.
5. *Data sheets of voltage and current transducer* / LEM Business Area Components // www.lem.com.
6. *Романов А. Ю.* Линейные опторазвязывающие устройства на основе E-D АЦП // Электрон. компоненты и системы. — 2003. — № 9. — С. 6.
7. *Data Sheets HCPL-7800A* // www.agilent.com.

## НОВОСТИ

### ГАРАНТИРОВАННО СУХИЕ ГОТОВЫЕ К УПОТРЕБЛЕНИЮ ШТУЧНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ

Штучные электроды, упакованные по системе Böhler Dry (сухая упаковка по системе Бёлер), по мнению разработчиков, постоянно готовы к употреблению, даже будучи распакованными на месте использования, в том числе в сложных условиях, так как всегда сухие, «тепленькие» и не нуждаются в повторной сушке.

Многослойную алюминиевую фольгу, не пропускающую водяной пар, сваривают в вакууме, упаковка производится автоматически, вакуум служит для сварщика индикатором и гарантирует оптимальное качество.

Система Böhler Dry имеет такие преимущества: практичность и доступность, возможность сварки без повторной сушки, нет необходимости поддержания теплого состояния, гарантированно низкое

содержание водорода, экономия средств за счет ненужности повторной сушки и сохранения тепла, гарантия качества, малый объем упаковки, простое хранение на складе, долговечность, гарантированный срок хранения в целой упаковке (три года).

