



## Специализированный комплекс для мониторинга процесса сварки

*Пирумов А.Е., Скачков И.О. НТУУ "КПИ", г. Киев  
Супрун С.А., Максимов С.Ю.,  
ИЭС им.Е.О. Патона НАНУ, Киев*

**Р**азвитие информационных технологий существенно расширяет область применения компьютерной техники в сварке. Обновление оборудования, применяемого для управления сварочными процессами и измерения энергетических параметров сварочной дуги, усложняет использование ранее созданных, пусть и хорошо зарекомендовавших себя, систем прогнозируемой оценки качества изготовленной продукции. Это и приводит к необходимости создания нового инструментария, как аппаратного, так и программного. К числу таких инструментариев можно отнести информационно-измерительную систему, разработанную совместно кафедрой электросварочных установок НТУУ "Киевский политехнический институт" и Институтом электросварки им. Е.О. Патона НАНУ. Она предназначена для регистрации электрических и временных параметров процесса дуговой сварки с последующей ста-

тистической обработкой и графической интерпретацией полученных результатов.

Система состоит из персонального компьютера, оснащенного специализированным программным обеспечением "IMS2006", функционирующим в среде операционной системы Windows Me/2000/XP, внешнего аналого-цифрового преобразователя и комплекта датчиков. С помощью АЦП с интерфейсом USB типа E14-140 производства российской компании L-Card реализуется непрерывный ввод сигналов на частотах дискретизации от 0,122 до 100,0 кГц. В базовом варианте система комплектуется датчиками тока LV-300/I и напряжения LV25/U, фирмы LEM. Эти преобразователи обеспечивают гальваническую развязку сигналов и измерение тока до 300 А, а напряжения до 500 В.

Программное обеспечение системы, созданное в среде графического программирования LabVIEW,

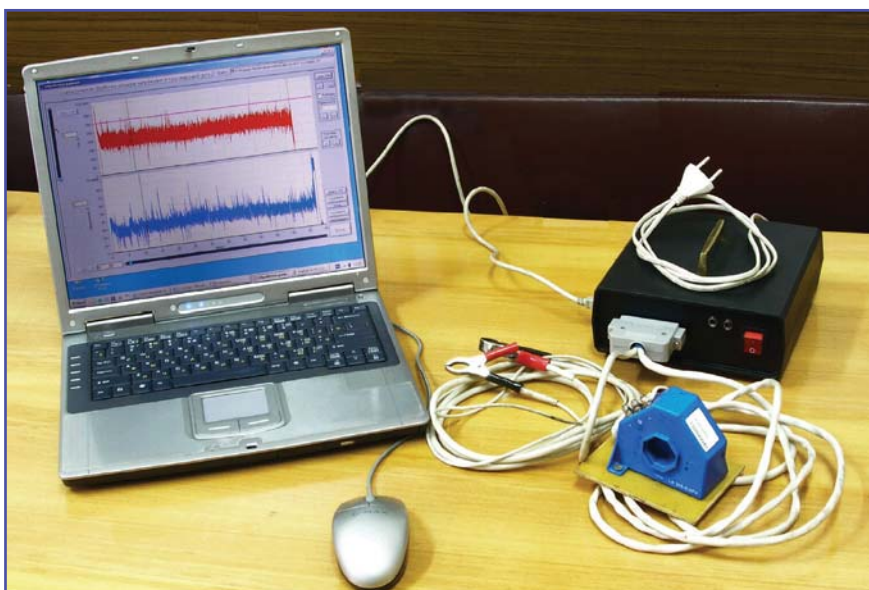
позволяет записать сигналы датчиков на жесткий диск компьютера и выполнить необходимую обработку.

Регистрация сигналов осуществляется по предварительно заданным параметрам в формате знакового целого двухбайтного числа. При этом пользователь имеет возможность выбрать номер канала получения данных, установить частоту работы АЦП, задать коэффициент усиления, указать имя файла для записи, а также создать паспорт испытания. Система позволяет также в режиме записи сигналов включать опцию управления выходными цифровыми линиями, что дает возможность программировать цикл технологического процесса.

Обработка полученных данных основана на статистическом анализе электрических сигналов, получаемых с датчиков, например, тока сварки и напряжения дуги, скорости подачи проволоки и перемещения сварочной головки, расхода защитного газа и т.п.

В основном окне программы отображаются осциллограммы записанных сигналов, с которыми пользователь может выполнять следующие операции: масштабировать, определять мгновенные значения, сохранять изображение. Там же, в основном окне, находятся кнопки для перехода к подпрограммам обработки. С их помощью выполняется переход к расчету основных статистических характеристик и построению различных гистограмм. Базовой версией программы обработки предусмотрены следующие четыре режима расчета параметров сигналов.

Для всех значений осциллограммы или выбранного ее участка, находящегося между двумя курсорами (положение курсоров задается вручную), выполняется расчет статистических характеристик и построение



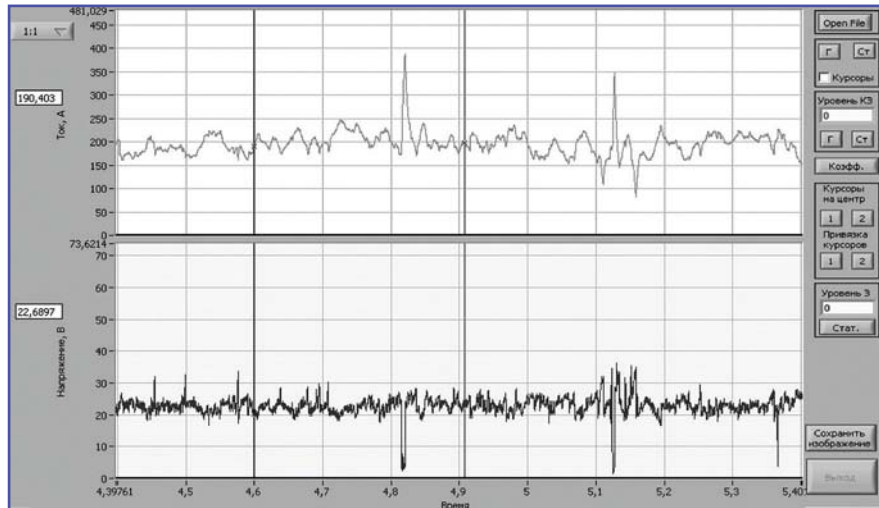
гистограмм. При этом определяются среднее и среднеквадратическое значения, стандартное отклонение, дисперсия, мода и медиана сигнала, коэффициент вариации, значения минимума, максимума и размаха сигнала, и объем массива данных. Пользователю предоставлена возможность выбора необходимых параметров и сохранения изображения гистограммы амплитудных значений сигнала.

Для расчета статистических характеристик и построения гистограмм продолжительности коротких замыканий сварочной дуги программа отбирает значения, находящиеся выше (для сигнала сварочного тока) или ниже (для сигнала напряжения на дуге) заданного уровня коротких замыканий. Пользователь имеет возможность получить характеристики описательной статистики, а также информацию по средней, минимальной и максимальной продолжительности коротких замыканий с отображением их гистограммы.

При расчете статистических значений и построении гистограмм времени зажиганий сварочной дуги соответствующая подпрограмма работает по алгоритму, аналогичному описанному выше, с той лишь разницей, что для обработки отбираются значения, соответствующие уровню возбуждения сварочной дуги. Кроме того, предусмотрена возможность рассчитывать минимальное значение напряжения холостого хода, необходимое для надежного возбуждения сварочной дуги. Такая характеристика полезна при исследовании новых электродных материалов для сварки. Расчеты выполняются по формуле:

$$U_{x.x.}(\min) = \frac{\bar{x} + 3 \cdot \sigma^2}{\sqrt{2}}$$

где  $\bar{x}$  - среднее значение напряжения зажигания дуги,  $\sigma^2$  - дисперсия значений напряжения зажигания дуги.



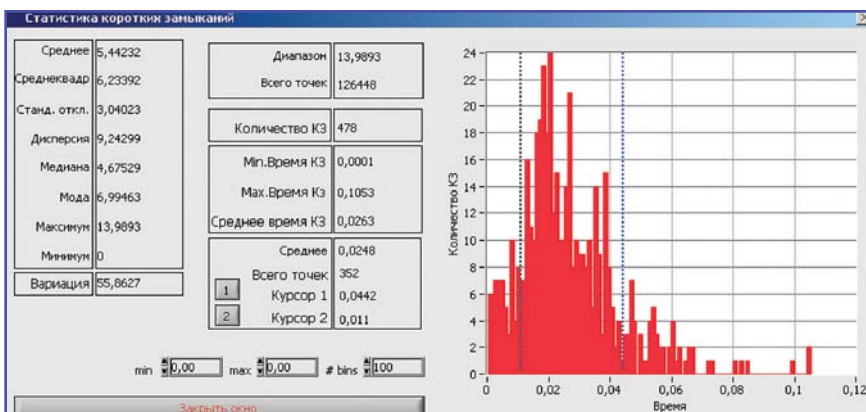
Для исследуемого участка осциллограммы могут быть получены также вольтамперная характеристика, рассчитаны частоты с помощью преобразований Фурье и скорость нарастания тока.

Разработанная система предназначена, прежде всего, для исследователей, работающих в области создания новых сварочных материалов и разработки технологических процессов сварки. Система на основе Notebook мобильна, что расширяет область ее применения, к тому же проста в использовании. Обработка информации может выполняться сразу после эксперимента. Получаемая информация легко экспортируется в виде графиков и таблиц, что является полезным при написании отчетов и заключений.

Впервые рассмотренная система была апробирована при исследовании процессов автоматической подводной мокрой сварки. Эксперименты проводились в пресной воде в условиях, эквивалентных погружению на глубину 0,3, 5, 10 и 20м. Образцы из низкоуглеродистой конструкционной листовой стали толщиной 10мм,

имеющие стандартную V-образную разделку кромок, сваривались встык с использованием порошковой проволоки ППС-АН2. Оценка качества сварных соединений проводилась для действия четырех видов возмущений, которые приводят к ухудшению качественных характеристик сварного шва и наиболее часто встречаются при сборке изделия.

Анализ данных при проведении исследований показал, что наиболее информативным является параметр, характеризующий перенос электродного материала в сварочную ванну. Для случая автоматической подводной мокрой сварки таким параметром является частота коротких замыканий, расчет которой проводили при помощи разработанной системы. Частота оцифровки 10 кГц на канал была выбрана на основании предварительных экспериментов. Для повышения точности измерений были осуществлены элементарные меры защиты измерительных цепей от электромагнитных помех, таких как применение витых пар, установка на входах АЦП резисторов для уменьшения влияния синфазной помехи и др. Напряжение дуги измерялось на клеммах источника питания в связи с необходимостью проведения контроля с поверхности воды.



**КОНТАКТЫ:**

т. (044) 454-9005  
e-mail: pirumov@wd.ntu-kpi.kiev.ua