

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ШВОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ АЭС

Валерий Гетьман, Александр Ковбасенко, Владимир Найда,
Владимир Филиппенков

Статья посвящена созданию автоматизированной системы ультразвуковой диагностики сварных швов на АЭС с применением рабочей станции AWS-850 и TP 208.

В процессе длительной эксплуатации в сварных швах металлоконструкций возникают и развиваются эксплуатационные дефекты, среди которых основную долю занимают усталостные трещины и поверхностные коррозионные разрушения. В этой ситуации поддержание работоспособности конструкции можно обеспечить за счет профилактических ремонтных работ, проводимых на основе результатов технического диагностирования. При решении поставленной задачи первостепенное значение приобретают разработка и широкое применение современных методов и средств неразрушающего контроля, эффективность которых определяется их чувствительностью к дефектам, достоверностью, оперативностью и производительностью. Одним из традиционных методов неразрушающего контроля сварных швов, обладающим высокой степенью выявления дефектов (более 80%), является ультразвуковой метод контроля. За рубежом, особенно в последние годы, широкое развитие получили автоматизированные средства

ультразвукового контроля, выполненные на базе компьютерной техники и предоставляющие широкие возможности для повышения объективности и достоверности результатов контроля.

В настоящее время ультразвуковой контроль сварных швов металлоконструкций на АЭС Украины в основном производится ручным способом с применением стандартных ультразвуковых дефектоскопов. Эффективность ручного контроля в значительной степени зависит от квалификации дефектоскописта и от специфики ручного метода контроля. В условиях радиоактивного облучения особую роль играет человеческий фактор, снижающий степень выявления дефектов и повышающий вероятность недоброкачественного контроля вследствие ограниченного времени и субъективности в интерпретации получаемых сигналов. Поэтому в конечном итоге целостность металлоконструкций на АЭС в значительной степени зависит от эффективности применяемых методов и средств контроля. Автоматизация ручных методов ультразвукового контроля, разработка и внедрение дистанционных средств

контроля позволяет повысить достоверность результатов контроля и решить еще одну важную задачу – снижение дозы радиоактивного облучения персонала.

Автоматизация ручного ультразвукового контроля с применением современной компьютерной техники придает средствам контроля следующие новые возможности.

1. Программирование и запоминание всех параметров режима работы обеспечивают воспроизводимость режима контроля при проведении повторных испытаний.
2. Фиксация в памяти параметров режима работы позволяет провести быструю и точную калибровку и настройку системы контроля даже при неблагоприятных условиях работы.
3. Проводимые без участия оператора сбор и обработка данных позволяют выдавать объективное заключение по результатам контроля.
4. Накопление результатов контроля в течение всего периода эксплуатации объекта дает возможность наблюдать развитие дефектов, что необходимо для определения фактически-

РАЗРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

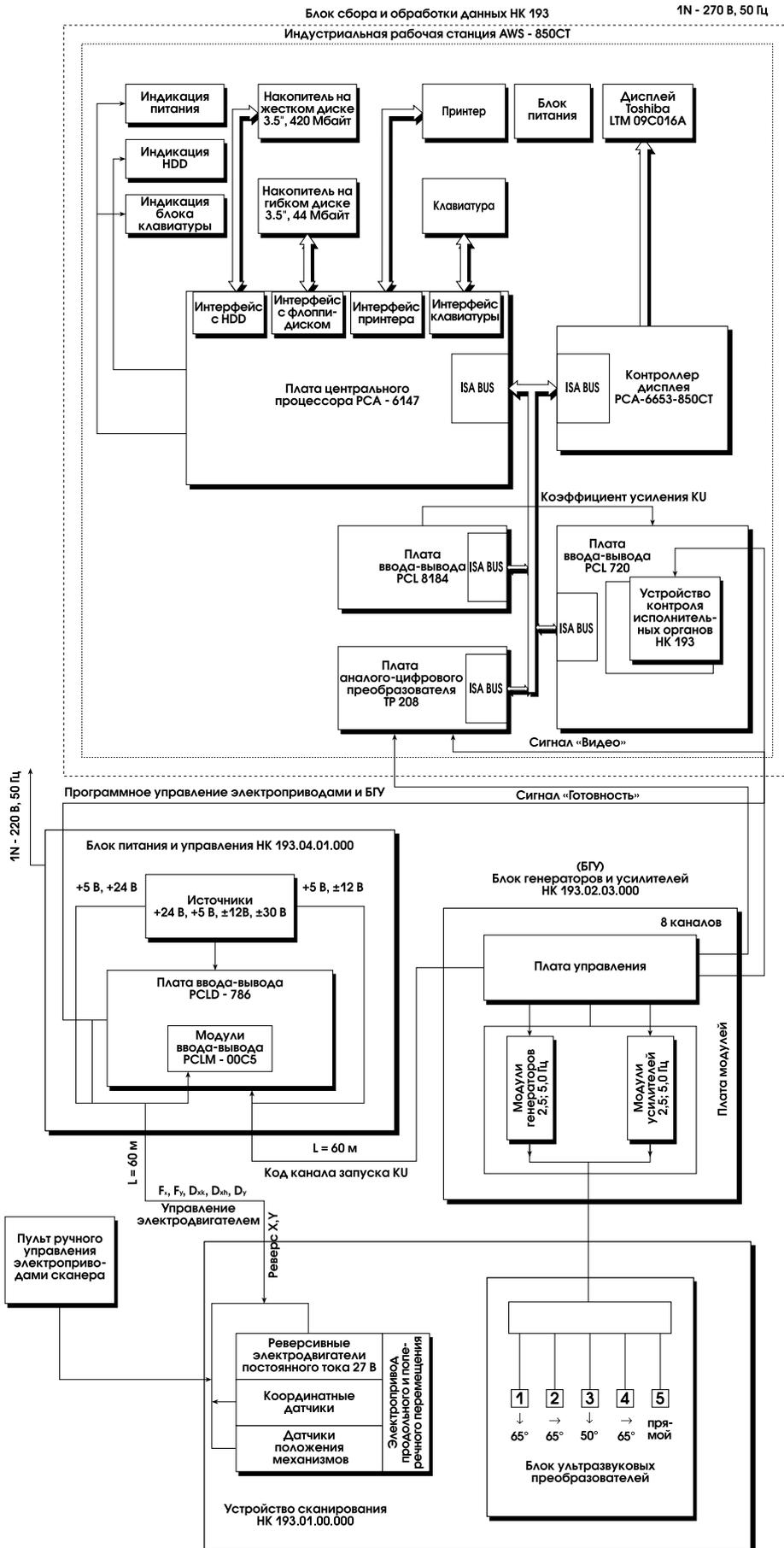


Рис. 1. Структурная схема комплекса

го остаточного ресурса оборудования.

5. Значительное снижение времени контроля позволяет проводить более полный и частый контроль при выполнении планово-предупредительных ремонтов оборудования.
6. Имеется возможность получать изображения дефектов и на их основе создавать каталоги эксплуатационных дефектов, характерных для данного типа оборудования.
7. Наличие интерфейсов для обмена информацией с рабочими станциями вычислительных сетей дает возможность развития в перспективе структуры, позволяющей осуществлять обмен информацией по результатам контроля между подразделениями атомной энергетики Украины.

Условия применения средств дистанционного ультразвукового контроля предъявляют определенные требования к их функциональным возможностям и конструктивному исполнению. Выбор необходимой вычислительной техники, способной решать поставленные задачи, должен производиться в соответствии с данными требованиями. Процесс ультразвукового контроля объектов АЭС обычно проходит в необорудованных помещениях, в диапазоне температур от 10°C до 40°C в условиях значительного радиационного фона, повышенной запыленности и сильных электромагнитных полей. Специфика объектов контроля и технологии контроля определяют жесткие требования к мобильности, вибростойкости и габаритам всех компонентов системы контроля и, в частности, к компьютерной технике. Приведенные причины обуславливают применение компьютеров в промышленном исполнении при разработке таких систем контроля.

В рамках развития единой национальной программы контроля металла на АЭС Украины в ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона (г. Киев) были созданы два промышленных образца: комплекс НК-193 для автоматизированного ультразвукового контроля кольцевых

сварных швов трубопроводов главного циркуляционного насоса реактора РБМК-1000 и комплекс НК-300 для контроля сварного шва приварки обоймы к стояку верхнего тракта технологического канала реактора РБМК-1000 Чернобыльской АЭС. Архитектура аппаратного обеспечения обоих комплексов идентична и реализована на базе одной и той же компьютерной техники. При разработке комплексов было отдано предпочтение варианту промышленной рабочей станции AWS-850СТ фирмы Advantech, имеющей в одном защищенном корпусе системный блок, жидкокристаллический дисплей и мембранную клавиатуру. Структурная схема комплекса приведена на рис. 1. Наличие на современном рынке широкой номенклатуры периферийных плат позволило максимально использовать имеющиеся возможности и сократить сроки разработки. Техническое решение поставленной задачи было выполнено на базе стандартной шины ISA, однако есть все основания предполагать,

что указанная шина в дальнейшем станет препятствием в реализации некоторых специфических методик ультразвукового контроля, а также в обеспечении системы контроля надлежащим послегарантийным обслуживанием. Следует отметить, что в подобных системах применяемые ультразвуковые преобразователи работают на частотах 2-5 МГц, а полоса частот сигналов доходит до 30 МГц. Это обуславливает применение высокочастотных аналого-цифровых преобразователей и предъявляет высокие требования к объему оперативной памяти и быстродействию интерфейсов.

Управление всеми компонентами комплекса, сбор и обработка информации происходят в режиме реального времени. Для решения задач контроля кольцевого сварного шва трубопровода и кольцевого сварного шва приварки обоймы к стояку верхнего тракта технологического канала реактора были разработаны две версии специализированной программы UZK, функционирующие в среде MS-DOS 6.22. Программное обеспечение было разработано на языке Borland Pascal 7.0. Вычислительные возможности и гибкость данного языка позволяют решать все задачи ультразвукового контроля, однако опыт показывает, что для ускорения процесса разработки такого программного обеспечения, в частности, в плане создания развитой оболочки, целесообразно применение среды визуального программирования.

Исходя из специфики объекта контроля, в архитектуру комплекса заложен принцип дистанционного разделения компонентов системы. Комплекс состоит из двух частей: сканера с акустическим блоком, устанавливаемого на объекте контроля, и промышленной рабочей станции с блоком управления и блоком генераторов и усилителей, которые могут быть расположены на расстоянии до 60 м от объекта контроля. Таким образом, работа персонала и основных компонентов системы происходит в условиях пониженного радиационного фона.

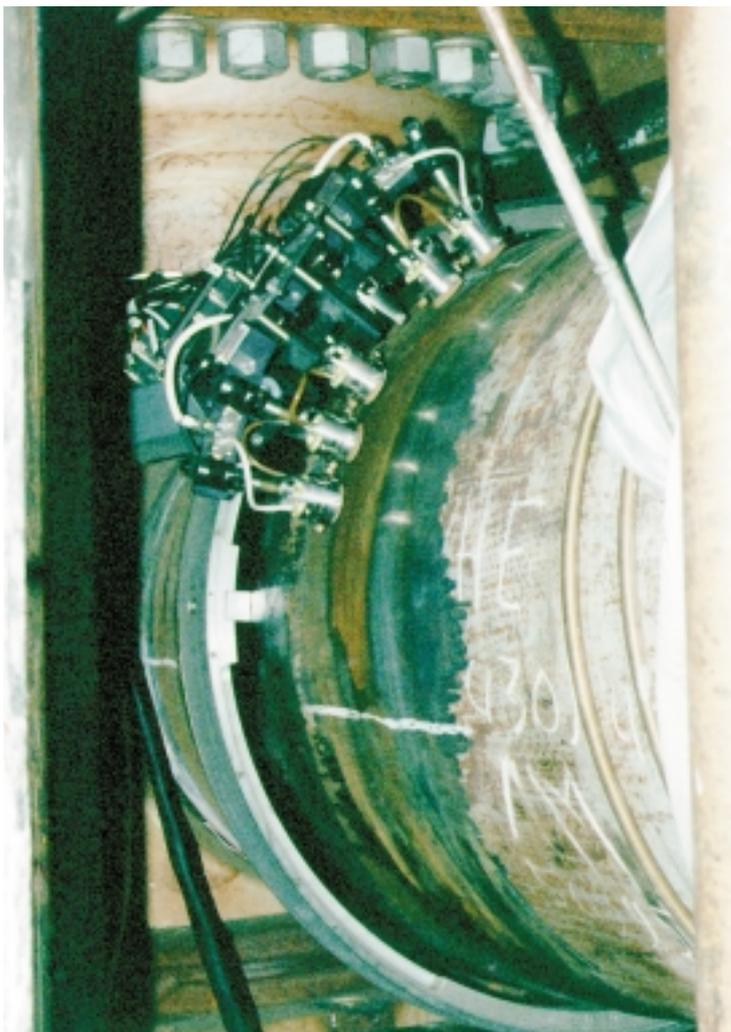


Рис. 2. Сканирующий механизм с акустическим блоком на трубопроводе Ду=800 мм. 1 блока ЧАЭС

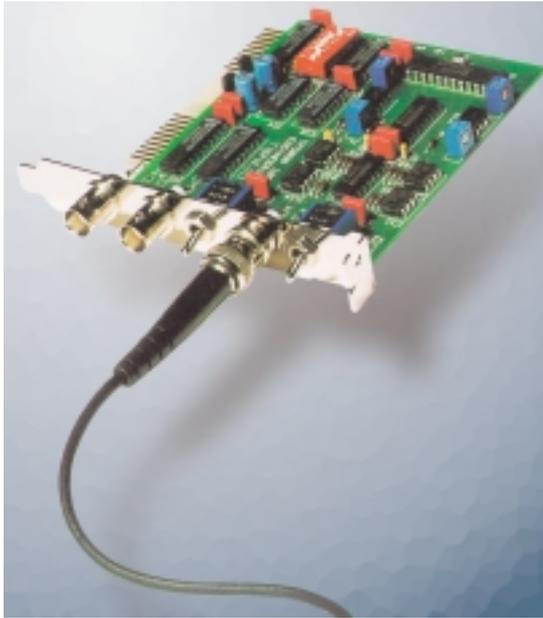


Рис. 3. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) TR208

В процессе контроля сканер (рис. 2), двигаясь вдоль сварного шва, осуществляет возвратно-поступательное перемещение блока УЗ-преобразователей перпендикулярно сварному шву. Управление работой сканера выполняется с помощью платы твердотельных реле PCLD-786 Advantech. При перемещении сканера координатные датчики, установленные на валах двух двигателей постоянного тока, выдают серии импульсов, которые поступают на счетные входы модуля ввода-вывода PCL-720 Advantech. В каждый момент съема информации количество накопленных импульсов преобразуется в текущие координаты блока УЗ-преобразователей вдоль и поперек сварного шва и выдается на экран дисплея. Во время движения сканера производится непрерывный циклический запуск и опрос всех акустических каналов. Через порты платы PCL-720 осуществляется опрос готовности ВЧ-генераторов блока генераторов и усилителей и их запуск. ВЧ-генератор выдает короткий электрический зондирующий импульс на УЗ-преобразователь своего канала, который излучает ультразвуковой импульс в материал объекта. По переднему фронту зондирующего импульса производится запуск аналого-цифрового преобразователя (АЦП) TR208 (8 разрядов, 20

МГц, TiePie Engineering, рис. 3). Ультразвуковые сигналы, отраженные от дефектов и других неоднородностей принимаются УЗ-преобразователем, преобразуются в электрические сигналы, усиливаются усилителем с программно регулируемым коэффициентом усиления и через схему мультиплексора поступают на вход АЦП. Преобразование сигналов и их запись в буферную память АЦП осуществляется согласно программно установленным временным стробам. В результате анализа и обработки сигналов, накопленных в памяти АЦП, производится идентификация дефектов, вычисление их параметров и координат. На основе полученной информации осуществляется регистрация дефектов и вывод их изображения на экран дисплея. Результатом ультразву-

кового контроля является файл дефектов, помещаемый в базу данных, и протокол контроля, выводимый на печать.

Структура аппаратного и программного обеспечения комплекса обладает определенной гибкостью и открытостью. Без доработки программной и аппаратной части возможна замена акустического блока на другой блок, имеющий иное расположение УЗ-пре-

образователей. Кроме того, возможна установка УЗ-преобразователей других типов, имеющих иные параметры (частота, угол ввода, азимут и др.), что позволяет легко модифицировать комплекс в плане применения других схем ультразвукового сканирования. В перспективе модификация комплекса может также легко идти по пути наращивания объемов оперативной и внешней памяти, установки более мощных процессорных плат, использования более быстрых интерфейсов обмена внутрисистемной информацией и т. д. Все это явилось следствием применения такой промышленной рабочей станции как AWS-850СТ (рис. 4), обладающей гибкой архитектурой и выполненной в соответствии с требованиями мировых стандартов в области компьютерной техники.

В 1997г. комплексу НК-300 предстоит пройти опытно-промышленные испытания на втором блоке Чернобыльской АЭС. Комплекс НК-193 успешно прошел в 1995г. промышленные испытания на Чернобыльской АЭС и получил лицензию на право применения в атомной энергетике Украины. ●



Рис. 4. Индустриальная рабочая станция AWS-850СТ