

УДК 621.397.6

И.Н. Пустынский, В.Ф. Коновалов, М.И. Курячий, И.В. Гальчук

Телевизионно-вычислительная система контроля с радиационно-стойкой видеокамерой

Изложены результаты разработки телевизионно-вычислительной системы контроля, предназначенной для визуального осмотра внутренних поверхностей трактов технологических каналов, металлоконструкций и рабочего пространства уран-графитовых ядерных реакторов при длительном воздействии повышенной радиации. Отличительными особенностями системы являются радиационно-стойкая видеокамера и специализированное программное обеспечение для приёма, обработки и записи получаемых изображений.

Ключевые слова: телевидение, контроль, радиация, обработка изображений.

В различных отраслях промышленности, особенно в атомной, часто возникает необходимость дистанционного видеоконтроля состояния различного технологического оборудования и его элементов, находящихся в зоне с радиоактивным излучением, дозы которого могут достигать 100 тыс. рад. и более

Для этого используются телевизионные установки с радиационно-стойкими видеокамерами. Работы по созданию таких установок велись и/или ведутся в ряде НИИ: НИКИМТ (г. Москва) [1], НИИ промышленного телевидения «Растр» (г. Великий Новгород), ЦНИИ «Электрон», в компаниях «Диаконт» и «Телекорт» (г. Санкт Петербург), в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) [2] и др.

Однако по имеющимся у нас сведениям существующие установки имеют или сравнительно большие габариты видеокамер (диаметр 40 мм и более), или пониженную радиационную стойкость (менее 100 тыс. рад), или недостаточную разрешающую способность (менее 300 телевизионных линий (ТВЛ)).

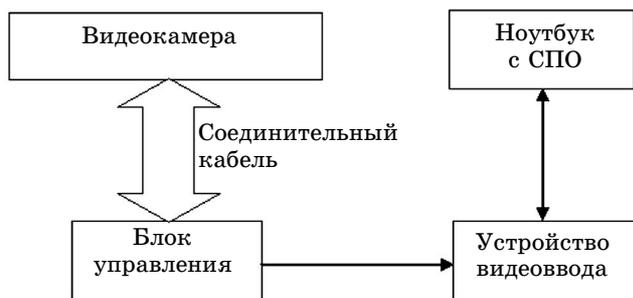
В ТУСУРе на кафедре телевидения и управления по заданию Минатома и Минобрования РФ была разработана, а затем усовершенствована телевизионно-вычислительная система контроля с видеокамерой диаметром 38 мм, обладающей радиационной стойкостью более 1 млн рад и достаточно высоким разрешением (около 500 ТВЛ). Этого удалось достичь благодаря применению отечественного видикона (дефлектрона) типа ЛИ501 (разработка ЦНИИ «Электрон»).

Разработанная система позволяет не только проводить визуально-измерительный контроль в условиях повышенной радиации, но также сохранять получаемые данные на жёстком диске персонального компьютера. Впоследствии эти данные могут быть обработаны с использованием программного обеспечения системы с целью улучшения их визуального качества.

Основными достоинствами разработанной системы являются мобильность, малые габариты видеокамеры и возможность работы видеокамеры в условиях высокой радиации.

Телевизионно-вычислительная система контроля, структурная схема которой приведена на рис. 1, состоит из видеокамеры, блока управления, соединительного кабеля длиной 35 м, устройства видеоввода, персонального компьютера (ноутбука) и специализированного программного обеспечения (СПО). Внешний вид радиационно-стойкой видеокамеры и блока управления приведены на рис. 2.

Видеокамера включает в себя блок передающей трубки, камерный видеоусилитель, оптическую систему и узел оптической фокусировки.



Видеокамера включает в себя блок передающей трубки, камерный видеоусилитель, оптическую систему и узел оптической фокусировки.

Рис. 1. Структурная схема телевизионно-вычислительной системы контроля

Блок передающей трубки включает в себя видикон ЛИ501-1 с мишенью на основе гетероперехода с магнитной фокусировкой и электростатическим отклонением луча и фокусирующую систему ФС-4. Камерный видеоусилитель собран на радиационно-стойких полевых транзисторах. Отношение сигнал/шум видеотракта в полосе 6 МГц при токе сигнала видикона 0,2 мкА составляет не менее 40 дБ.



Рис. 2. Внешний вид радиационно-стойкой видеокамеры и блока управления

В состав оптической системы входят радиационно-стойкий объектив с фокусным расстоянием 20 мм и источник подсвета. Поскольку видикон обладает максимальной чувствительностью в диапазоне 680–720 нм, внутренний источник подсвета выполнен на светодиодах типа SL-53 SRC, обеспечивающих излучение в этом диапазоне. Источник подсвета состоит из трех параллельно включенных ветвей, в каждой из которых включены три светодиода последовательно. Он смонтирован на кольце, расположенном вокруг направляющей втулки, в которой перемещается объектив. Величина светового потока регулируется потенциометром, вынесенным на панель блока управления.

В узле оптической фокусировки перемещение объектива осуществляется от микродвигателя через редуктор с системой тяг.

Блок управления предназначен для формирования напряжений и токов, необходимых для нормальной работы видеокамеры, а также для усиления, коррекции частотной характеристики видеосигнала и формирования полного телевизионного сигнала положительной полярности. В его состав входят: синхрогенератор и генератор разверток; плата выходных каскадов строчной развертки; плата замешивания постоянной составляющей в пилообразные напряжения; оконечный видеоусилитель; низковольтный источник питания; источник питания +220 В; плата питания фокусирующей системы ФС-4.

Синхрогенератор выполнен на микроконтроллере AT9051200-12 P1, запрограммированном на формирование строчных и кадровых синхроимпульсов, смесей синхроимпульсов, гасящих импульсов видеокамеры и монитора.

Поскольку передающая камера должна работать в условиях повышенной радиации, а также с целью уменьшения габаритов камеры, генератор разверток вынесен в блок управления. Генератор разверток состоит из двух каналов, формирующих парафазные пилообразные напряжения с амплитудой (140 ± 10) В по строкам и (110 ± 10) В по кадрам. Пилообразные напряжения подаются по кабелю длиной 35 м в передающую камеру на deflectроны видикона. Каждый канал включает в себя задающий генератор пилообразного напряжения, дифференциальный усилитель, который формирует парафазные пилообразные напряжения и выходные эмиттерные повторители.

Видеосигнал с блока управления поступает на устройство видеоввода по коаксиальному кабелю.

Устройство видеоввода («Behold TV Columbus» в виде платы с PCMCIA интерфейсом) обеспечивает: запись видеоданных в формате AVI, WMV, MPEG1, MPEG2 с использованием установленных в операционной системе ноутбука кодеков; запись отдельных кадров и серии кадров в формате BMP и JPEG с разрешением до 768x576 элементов; поддержку различных алгоритмов обработки изображений; реализацию алгоритмов деинтерлейса (устранения паразитных эффектов вследствие чересстрочности получаемых изображений).

Ноутбук LG LW65-P898 обеспечивает запись видеосигнала (и его последующую обработку) и обладает характеристиками, достаточными для непрерывной записи видеопотока с частотой 25 кадров/с и разрешением 720x576 элементов в течение одного часа.

Для регистрации, записи, обработки и просмотра видеосигнала с устройства видеоввода используется СПО. Оно включает в себя два основных инструмента: программу регистрации (захвата) видеосигнала в стандарте PAL и записи его на жесткий диск в виде несжатой файловой структуры AVI в формате YUY2, а также программу для обработки записанного видеосигнала. Оба программных продукта оптимизированы под технические характеристики ноутбука и платы видеоввода, используют программную библиотеку DirectShow, а также WDM-драйвер платы видеоввода.

Для улучшения визуального качества получаемых изображений в СПО ноутбука реализован ряд алгоритмов [3, 4] линейной и нелинейной обработки как отдельных кадров (внутрикадровая обработка), так и их последовательности (межкадровая обработка), в том числе: линейное изменение яркости и контраста (два фильтра с «ручными» настройками и адаптивный фильтр «линейное контрастирование»); фильтр «чёткость»; фильтр «скользящее среднее»; три фильтра внутрикадровой ранговой обработки, использующие минимальную, максимальную и медианную порядковые статистики, и аналогичные три фильтра межкадровой ранговой обработки. Все реализованные фильтры могут быть использованы как для обработки целого кадра, так и его части.

На практике, в процессе опытной эксплуатации системы, чаще всего находил применение адаптивный фильтр «линейное контрастирование». Гистограмма яркости показывает, насколько полно используется в изображении диапазон яркостей, т.е. сколько элементов изображения имеют соответствующее значение яркости. Гистограмма контрастного изображения, как правило, равномерно распределена на всем диапазоне, и изображение при этом визуально воспринимается как более качественное. У малоконтрастного изображения гистограмма сосредоточена на каком-либо участке яркостного диапазона. Этот участок можно охарактеризовать двумя величинами: нижним и верхним порогами. Выбор значений этих величин влияет на конечное распределение гистограммы по всему диапазону (0–255). При коррекции гистограмма «растягивается» на весь диапазон, а темные и светлые элементы изображения становятся, соответственно, темнее и светлее. В реализованном фильтре используется следующая система уравнений:

$$\begin{cases} y = a \cdot x + b \\ y = 255 - a \cdot x + b \end{cases}$$

решив которую относительно параметров преобразования a и b , получим выражение для выходного сигнала

$$y = \frac{255 - x}{2} + \frac{x + 255}{2}$$

где x – входной сигнал.

На рис. 3 приведено изображение части внутренней поверхности тракта технологического канала до обработки, причём его яркостный диапазон находится в пределах от 78 до 200 уровней. Задавая в приведённой выше формуле $x_{\min} = 78$, $x_{\max} = 200$, $y_{\min} = 0$, а $y_{\max} = 255$, получим изображение, приведённое на рис. 4. Целью обработки являлось визуальное улучшение изображения боковой поверхности канала. Из рисунка видно, что после контрастирования это изображение стало более информативным для визуального исследования боковой поверхности с целью обнаружения на ней различных дефектов.

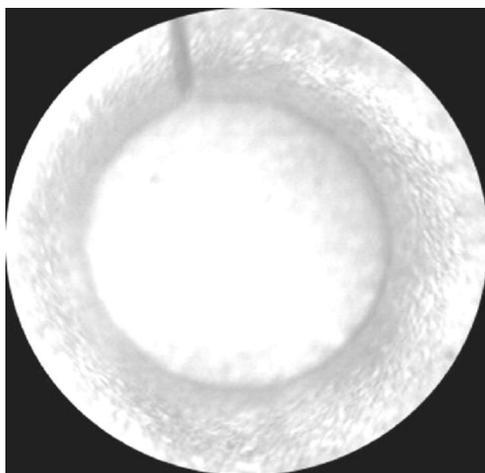


Рис. 3. Изображение поверхности

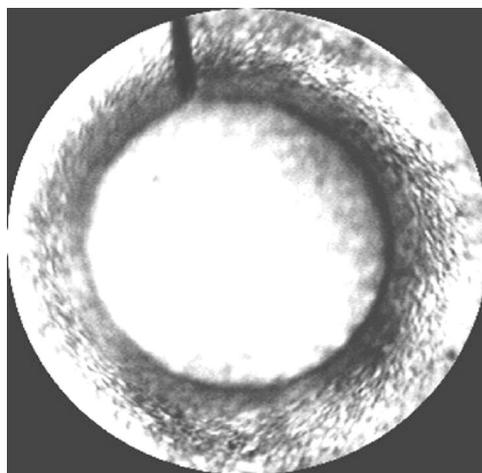


Рис. 4. Изображение поверхности

канала до обработки канала после обработки
Телевизионно-вычислительная система контроля с радиационно-стойкой видеокамерой прошла опытную эксплуатацию на одном из предприятий атомной промышленности.

Литература

1. Телевизионные системы контроля и наблюдения в ядерной технике / В.П. Иванов, Н.А. Сидоркин, Ю.М. Старостин, В.А. Кудрявцев // Атомная энергия. – 1982. – Т. 52, вып. 1. – С. 67–69.
2. Телевизионная установка с двумерной апертурной коррекцией / В.М. Ицкович, А.Г. Ильин, Г.Д. Казанцев и др. // Техника кино и телевидения. – 1968. – № 2. – С. 55–60.
3. Гальчук И.В. Ранговые алгоритмы выделения малоразмерных объектов на сложном фоне / И.В. Гальчук, А.Г. Костевич, М.И. Курячий // Телевидение: передача и обработка изображений: Матер. 2-й Междунар. конф. – СПб. 2002. – С. 44–46.
4. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И.С. Грузман, В.С. Киричук. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.

Пустынский Иван Николаевич

Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой телевидения и управления ТУСУРа
Тел.: (3822) 41-34-23
Эл. почта: in@tu.tusur.ru

Коновалов Владимир Фёдорович

Канд. техн. наук, доцент кафедры телевидения и управления ТУСУРа
Тел.: (3822) 41-34-30
Эл. почта: tu@tu.tusur.ru

Курячий Михаил Иванович

Канд. техн. наук, доцент кафедры телевидения и управления ТУСУРа
Тел.: (3822) 41-33-80
Эл. почта: kur@tu.tusur.ru, tu@tu.tusur.ru

Гальчук Игорь Владимирович

Мл. науч. сотр. кафедры телевидения и управления ТУСУРа
Тел.: (3822) 41-34-39
Эл. почта: ingvio@tu.tusur.ru

I.N. Pustynsky, V. F. Kononov, M. I. Kurjachy, I. V. Galchuk

The television-computing system of the control over a radiation-proof video camera

Development results of television-computing control system, which is intended for visual inspection of internal surfaces of technological channel tracts, metal constructions and working space of uranium-graphite nuclear reactors influenced by long-term high level radiation, are presented. The system features are radiation-proof design and specialized software for acquisition, processing and recording the images obtained.

Key words: the television, the control, radiation, processing of images.