



Рис. 3. Электрическая принципиальная схема генератора импульсов напряжения

Для управления аппаратом планируется использовать микроЭВМ. С ее помощью будут изменяться параметры генератора импульсов и высоковольтного источника, и задаваться время облучения образца.

Такая универсальность параметров аппарата позволит контролировать как материалы с малой плотностью, так и высокопоглощающие и применять аппарат для контроля различных толщин.

Список литературы

1. Алхимов Ю.В. Микродозовый рентгенотелевизионный интроскоп на основе газоразрядного преобразователя для контроля крупногабаритных грузов и человека: автореф. дис. канд. техн. наук. – Томск, 1993. – 154 с.
2. Импульсная рентгеновская техника / С.П. Вавилов. – М.: Энергия, 1981. – 120 с.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ИНТРОСКОПЫ НИИ ИНТРОСКОПИИ

Ю.А. Москалев

634028, г. Томск, ул. Савиных, д.7, НИИ ИН при ТПУ

Тел.: 41-74-81

В статье анализируется применение преобразователей излучения различного состава для рентгеновских интроскопов, разработанных в НИИ интроскопии ТПУ и используемых в неразрушающем контроле качества материалов и изделий в диапазоне энергий излучения 0,2 ÷ 20 МэВ.

В настоящее время, в связи с развитием различных систем и технологий отображения визуальной информации, преобразования и обработки цифровых изображений, разработаны и предложены к применению различные устройства для рентгеновского контроля материалов и изделий.

К подобным устройствам относятся диодные линейки, панели, а также экраны памяти многократного применения с устройством считывания изображения. В этих и подобных им приборах общим элементом является тонкий экран из поликристаллического люминесцентного материала, преобразующего первичное рентгеновское изображение в оптическое. При этом, для обеспечения высокой разрешающей способности используются люминесцентные экраны

толщиной $0,1 \div 0,2$ мм из оксисульфида гадолиния, иодистого цезия и флюоробромида бария. Соответственно, при такой толщине люминесцентных экранов эффективно поглощается и преобразовывается рентгеновское излучение с энергией до 150 кэВ. Это, в свою очередь, ограничивает область применения указанных приборов в неразрушающем контроле.

Проблема создания высокоэффективных Систем Цифровой Радиографии (СЦР) для излучения с энергией $0,2 \div 20$ МэВ обусловлена прежде всего проблемами регистрации излучения и преобразования его с последующей цифровой обработкой. При этом основная сложность решаемой задачи заключается в высокой проникающей способности жесткого излучения. Поскольку, с одной стороны, необходимо обеспечить просвечивание и выявление дефектов в объектах большой толщины, а, с другой стороны, – прошедшее через объект контроля излучение необходимо эффективно зарегистрировать в преобразователе излучения – экране, относительно небольшой толщины.

В большинстве случаев для преобразования излучений с высокой энергией используется три вида экранов: сцинтилляционные экраны на основе монокристаллического CsI(Tl), поликристаллические люминесцентные экраны из фосфоров различного состава и волоконные экраны из люминесцирующего стекла.

Для определения эффективности применения экранов различного состава для преобразования излучения высокой энергии был проведен расчет доли энергии кванта излучения, поглощаемой люминесцентным экраном $F(E)$. При расчете толщина фосфорных экранов принималась равной 500 мкм. Толщина монокристаллического экрана CsI(Tl) была равна 5 мм. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Материал экрана	$F(E) \cdot 10^{-4}$		
	5 МэВ	10 МэВ	20 МэВ
ZnCdS·Ag	0,32	0,26	0,2
BaSO ₄ ·Eu	0,37	0,3	0,22
CsI·Tl	0,5	0,4	0,3
Gd ₂ O ₂ S·Tb	0,8	0,65	0,5
PbWO ₄	1,1	0,9	0,7
CsI·Tl монокристалл 5 мм	46	38	29
Люминесцентное стекло 5 мм	5,4	3,8	2,6

Из данных таблицы следует, что среди фосфорных экранов наиболее эффективными по поглощению излучения являются составы CsI·Tl, Gd₂O₂S·Tb и PbWO₄, при этом в диапазоне 5–20 МэВ поглощенная энергия излучения в PbWO₄ в два раза больше чем в CsI·Tl. Однако, учитывая, что фосфор PbWO₄ находится еще в стадии разработки и не имеет высокой эффективности преобразования поглощенной энергии в кванты люминесценции, реально применяемыми на сегодняшний день являются экраны из CsI·Tl и Gd₂O₂S·Tb.

Следует отметить, что эффективность преобразования излучения монокристаллическим экраном CsI·Tl в десятки раз выше, чем у фосфорных экранов, даже при использовании подложек из тяжелых металлов – вольфрама и тантала. Поэтому максимальные значения контрастной чувствительности и отношения сигнал/шум в настоящее время достигаются на СЦР с использованием монокристаллических экранов.

Применение фосфорных экранов с подложками из тяжелых металлов имеет преимущество при контроле крупногабаритных объектов, поскольку экраны из монокристалла CsI·Tl технологически трудно изготовить больше чем 200 мм в диаметре. Перспективным также является применение экранов из люминесцентного стекла, которые хотя и уступают монокристаллическим экранам из иодида цезия, но гораздо эффективнее поликристаллических экранов и обладают высокой разрешающей способностью.

В данной работе при создании СЦР использовались монокристаллические экраны CsI·Tl толщиной 5 мм и диаметром 200 мм, а также поликристаллические экраны из CsI·Tl размером $200 \times 400 \text{ мм}^2$ с подложкой из свинца толщиной 1 мм. В результате экспериментов, в ходе которых стальная плита толщиной 50 мм была просвечена излучением бетатрона с энергией 10 МэВ установлено, что использование СЦР (интроскопа РИН-200) с монокристаллом CsI·Tl толщиной 5 мм позволяет обнаружить канавку глубиной 0,2 мм в канавчатом эталоне № 2 по ГОСТ 7512–82. Канавки глубиной 0,4 и 1,0 мм выявляются при просвечивании стальных плит толщиной 100 и 150 мм соответственно. Это означает, что чувствительность СЦР меняется от 0,4 % до 0,7 % при изменении толщин объектов контроля от 50 до 150 мм.

Использование СЦР с поликристаллическим экраном из CsI·Tl толщиной 0,4 мм в сочетании со свинцовым фильтром толщиной 1 мм дает контрастную чувствительность в 1 % при толщине стального изделия 100 мм, при использовании канавчатых эталонов. Таким образом, применение СЦР может полностью заменить рентгеновскую пленку при контроле качества изделий большой толщины.

Для неразрушающего контроля качества в диапазоне энергий рентгеновского излучения 40–300 кэВ в НИИ ИН ТПУ разработан ряд интроскопов (РИН-120, РИН-150), специализированных по видам объектов контроля. В частности, интроскопы для контроля качества стального и титанового литья, сварных швов газовых баллонов, насосно-компрессорных, обсадных и буровых труб, а также для контроля сварных швов трубопроводов. Конструктивно интроскопы разработаны на основе экранов CsI·Tl диаметром от 80 до 200 мм и камер с ПЗС матрицами, что обеспечивает их высокую надежность и позволяет применять их как в цеховых, так и в полевых условиях.

В НИИ ИН ТПУ разработан рентгеновский дефектоскопический комплекс предназначенный для оперативного контроля качества и технической диагностики основной номенклатуры особо ответственных объектов нефтегазодобывающей отрасли как в цеховых, так и в полевых условиях. Он позволяет непосредственно на месте проведения сварочных и других технологических работ обнаруживать дефекты, отмечать их местоположение и производить повторный контроль после ремонта и восстановления нефтедобывающего оборудования.

Дефектоскопический комплекс представляет собой рентгенотелевизионную установку, смонтированную на базе автомобиля. Установка состоит из трех частей: выносного рентгеночувствительного блока (РЧБ), компьютера, механизма крепления и перемещения (МПК). РЧБ дефектоскопа состоит из монокристаллического экрана CsI·Tl толщиной 3 мм и диаметром 150 мм, поворотного зеркала, широкоугольного объектива со светосилой 1,2 и ПЗС камеры. Просвечивание сварного шва осуществляется при пошаговом перемещении рентгеновского аппарата и РЧБ, которые закрепляются на контролируемой трубе. Изображение сварного шва наблюдается оператором на экране компьютера. В качестве источника излучения используются переносные импульсные рентгеновские аппараты типа АРИНА или другие подобного класса. Данные рентгеновские аппараты, при массе до 7 кг генерируют импульсный поток рентгеновского излучения с напряжением до 250 кВ и обеспечивают возможность контроля качества трубопроводов с толщиной двух стенок до 40 мм стали.

Для проведения контроля качества сварных швов автомобиль с дефектоскопом располагается на расстоянии 20–30 м от места контроля трубопровода. На трубе помещается МПК, на котором, в свою очередь, соосно устанавливаются рентгеновский аппарат и РЧБ дефектоскопа. При включении рентгеновского аппарата в РЧБ установки формируется цифровое изображение сварного шва, которое через 5–20 секунд преобразуется в рентгенограмму на мониторе, установленном в салоне автомобиля.

Рентгенограмма анализируется оператором, определяется наличие дефектов и качество сварного шва. После окончания экспозиции, длительность которой составляет 5–20 секунд, с помощью механизма перемещения устанавливается следующий участок контролируемого сварного шва. За одну экспозицию контролируется шов длиной 90–150 мм для труб различного диаметра. РЧБ дефектоскопа работоспособен в диапазоне температур от минус 10 до плюс 40 °С.