

АФРО представляет собой сложную объемную фигуру, образованную пересечением слаборасходящегося цилиндра и X-образной протяженной фигуры. Получены координаты всех особых точек, математические выражения и массивы чисел, описывающие переходные функции $V(x)$, $V(y)$, $V(z)$ и апертурные функции по всем направлениям $S(x)$, $S(y)$, $S(z)$.

Исходя из приведенных зависимостей, геометрические размеры РО имеют порядок 1мм по оси x , 9,4мм по оси y , 9,2мм по оси z . Анализ графиков показывает, что наиболее оптимально сканирование объекта вдоль оси x , так как в этом случае апертурная функция имеет выраженный максимум и отсутствуют прямолинейные участки, которые вносят значительный вклад в потерю информации при восстановлении внутренней структуры контролируемого объекта. Также статистика квантов, определяемых функцией роста рассеивающего объема в данном направлении, максимальна по сравнению с остальными.

Полученные результаты будут использованы при реконструкции изображений в томографе CBS LBD, а примененный математический подход позволяет исследовать АФРО для произвольных геометрий, используемых в комптоновской томографии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kapranov B.I., Varga V.V. Spatial resolution compton of systems, Сб. докладов Russian-Korean International Symposium on Science and Technology, June 22-25, 1999, Novosibirsk, Vol 2, p. 672-676.
2. Kapranov B.I., Korotkova I.A. Increase of spatial resolution the compton tomograph-tomscan-200 due to optimization of aperture function of disseminating volume. Сб. Докладов 5th Korea - Russia International Symposium on Science and Technology, June 26 - July 3, 2001, Tomsk, Vol 1, p. 360 – 362.
3. В. Фирстов, А Бронников, С. Пронин, А Кузнецов, Gu Benli, Huang Yan Wang, Zhou Wenming Xiaochun. Метрологические аспекты радиационных интроскопических систем на основе регистрации обратнорассеянного излучения. Контроль. Диагностика, № 11 1999, с. 18 – 25.

УДК 620.179

Ю.В. АЛХИМОВ, В.К. КУЛЕШОВ

МОЗАИЧНЫЙ ДЕТЕКТОР РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГРП ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ БОЛЬШОГО РАЗМЕРА

Проведены исследования мозаичного детектора большой площади для регистрации рентгеновского излучения, составленного из нескольких газоразрядных преобразователей рентгеновского излучения в видимое. Рассмотрены вопросы электропитания детектора и выравнивания яркости свечения отдельных преобразователей в мозаичном блоке. Проведены испытания макета мозаичного детектора.

Работа выполнена в рамках программы сотрудничества Министерства образования Российской Федерации и Министерства Российской Федерации по атомной энергии по направлению "Научно-инновационное сотрудничество" 2002 г.

Для рентгеновского контроля объектов большого размера необходимо использовать преобразователи рентгеновского изображения в видимое большой площади. Предложено использовать для увеличения площади контроля мозаичный газоразрядный экран. Мозаичный экран составлен из нескольких газоразрядных преобразователей (ГРП) рентгеновского излучения в видимое изображение. ГРП представляет собой отпаянную плоскую камеру, которая наполнена ксеноном при атмосферном давлении. На двух противоположных стенках камеры расположены электроды. При взаимодействии рент-

геновского излучения с газовым наполнением ГРП появляются свободные носители заряда, образующие скрытое электронное изображение. При воздействии импульса высокого напряжения на электродах камеры из центров ионизации развиваются электронные лавины. При развитии лавин происходит излучение в видимом и ультрафиолетовом диапазоне спектра. Ультрафиолетовое излучение трансформируется в видимое излучение на слое люминофора, образуя видимую картину. Размеры ГРП ограничены требованием обеспечения механической жесткости конструкции и не превышают $500 \times 600 \text{ мм}^2$. Поэтому для увеличения размеров экрана необходимо использовать несколько одновременно работающих ГРП.

ГРП в мозаичном экране должны запитываться короткими импульсами амплитудой 25-30 кВ. Питание мозаичного экрана осуществляется от общего источника высоковольтных импульсов. Применять для питания каждого ГРП блока отдельный генератор импульсов нецелесообразно, так как это значительно удорожает конструкцию, и возникают дополнительные проблемы синхронизации срабатывания отдельных генераторов. Кроме того, использование нескольких генераторов высоковольтных импульсов громоздко и неэкономично, поэтому предложено использовать для питания экрана один генератор. Основной проблемой при построении мозаичного экрана из нескольких ГРП является проблема выравнивания яркостей свечения отдельных преобразователей, составляющих блок. Сильная неравномерность свечения ГРП в блоке объясняется как сильным взаимным влиянием преобразователей друг на друга, так и разбросом их характеристик. Решение задачи по выбору элементов в цепях питания ГРП с целью выравнивания их яркостей свечения в допустимых пределах составляет значительную часть данной работы.

В схеме с одним генератором импульсов питания последовательно с каждым ГРП необходимо включать элемент, позволяющий регулировать мощность, отдаваемую генератором. В качестве такого элемента предлагается использовать резистор, который будет в этом случае элементом обратной связи по току. Определим требуемые величины таких резисторов исходя из параметров генератора импульсов питания и ГРП, включенных в мозаичный блок.

Эквивалентная электрическая схема системы генератор импульсов питания – ГРП мозаичного блока приведена на рис.1. На рисунке C обозначает накопительную емкость генератора импульсов, R_k – сопротивление коммутатора, R_p – сопротивление разряда накопительной емкости, L – индуктивность разрядного контура, R'_i – дополнительные балластные сопротивления, $C_{дi}$ – емкость диэлектрика ГРП, $C_{гi}$ – емкость газового зазора ГРП, I – ток в газовом зазоре ГРП, индексы относятся к номеру ГРП в блоке.

В приведенной схеме R_k и I_i – нелинейные элементы, которые существенно зависят от токов и напряжений, действующих в схеме. R_k – сопротивление, учитывающее изменение сопротивления коммутатора от времени при формировании переднего фронта импульса. В качестве ком-

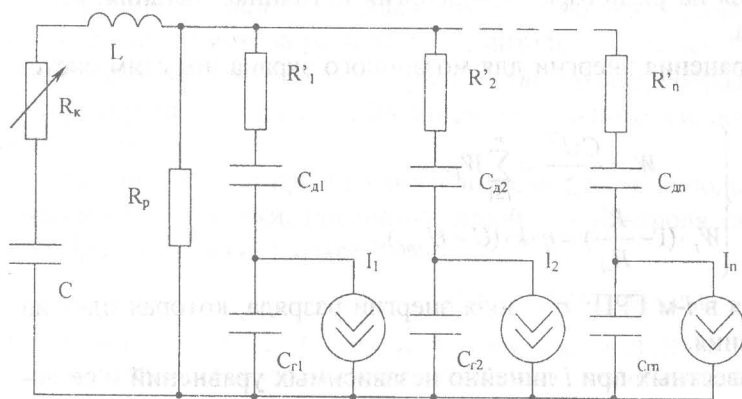


Рис.1. Эквивалентная схема системы генератор + мозаичный экран

мутаторов в генераторах импульсов питания ГРП используются газовые разрядники, для которых это сопротивление определяется из соотношения

$$R_k(t) = t_k \cdot U_0 \cdot (11,4 \cdot I_0^{1/3} \cdot \int_0^t i^{2/3} dt)^{-1},$$

где i – ток через разрядный промежуток, t_k – время роста тока в пределах от 0,1 до 0,9 максимального тока $I_0 = U_0/R$.

В свою очередь ток через газовый промежуток I является сложной функцией свойств газа и напряжения на газовом промежутке, причем существует область, в которой ток возрастает на несколько порядков при небольшом изменении напряжения. Таким образом, использование эквивалентной схемы приводит к сложной системе интегро-дифференциальных уравнений с нелинейными параметрами. Эта система может использоваться для расчета параметров ГРП при заданных условиях, но непригодна для решения обратной задачи расчета дополнительных элементов из-за сильной нелинейной зависимости яркости свечения преобразователей от параметров импульсов питания. Для лианеризации можно использовать экспериментальные зависимости яркости свечения ГРП от амплитуды импульсов приложенного напряжения. В [2] показано, что яркость свечения ГРП пропорциональна энергии, выделившейся в газовом зазоре при развитии разряда (то есть строго определенная часть этой энергии идет на образование видимого излучения). С другой стороны эксперименты показывают, что с удовлетворительной точностью в рабочем диапазоне яркость свечения ГРП прямо пропорциональна амплитуде импульса напряжения питания и может быть аппроксимирована выражением

$$B = k \cdot (U - U_{np}),$$

где B – яркость свечения, U – амплитуда напряжения импульса питания, U_{np} – напряжение зажигания разряда, k – коэффициент пропорциональности. Величины U_{np} и k определяются экспериментально.

Дополнительный резистор в цепи питания ГРП переводит часть электрической мощности импульса питания в тепловую энергию, уменьшая энергию, расходуемую на развитие разряда, являясь элементом отрицательной обратной связи. В этом случае справедливо соотношение

$$W_R = \frac{R'}{R_2} \cdot W,$$

где W_R – энергия, выделившаяся на резисторе, W – энергия источника питания, R_2 – сопротивление газового разряда.

Тогда с учетом закона сохранения энергии для мозаичного экрана получим систему уравнений

$$\begin{cases} W = \frac{CU^2}{2} = \sum_{i=1}^n W_i, \\ W_i \cdot (1 - \frac{R'_i}{R_{2i}}) = \eta \cdot k \cdot (U - U_{npi}), \end{cases}$$

где W_i – энергия, выделившаяся в i -м ГРП; η – доля энергии разряда, которая идет на формирование видимого излучения.

Система содержит $i+1$ неизвестных при i линейно независимых уравнений и ее решение возможно при задании одного из неизвестных. С технической точки зрения лучше всего задавать значение одного из дополнительных резисторов. Величины W_i ,

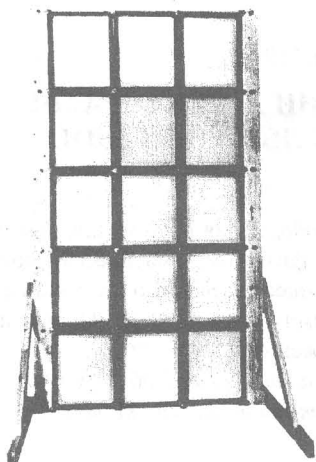


Рис.2. Внешний вид мозаичного газоразрядного преобразователя

R_{zi} определяются из расчета эквивалентной схемы, а η , k и Un_{pi} – из экспериментальных данных.

Предложенный метод был использован для расчета мозаичного экрана, состоящего из 6 ГРП, работающих от одного генератора импульсов питания. Работа преобразователей в одном блоке считалась возможной при различии в яркости их свечения не более, чем в 2 раза (то есть коэффициент неравномерности яркости свечения мозаичного экрана не превышает 1).

Для мозаичного экрана из партии ГРП отбирались приборы с близкими значениями пробивного напряжения и яркости свечения, которые обладали приемлемыми коэффициентами неравномерности яркости свечения. Для этого у всех преобразователей были измерены названные параметры. В таблице 1 приведены значения параметров для 6 отобранных образцов.

Таблица 1

Параметры образцов ГРП использованных в мозаичном преобразователе

Параметр	Номер образца					
	1	2	3	4	5	6
$U_{пр}$, кВ	11,0	11,0	10,5	11,0	10,5	10,5
B , $\frac{кВ}{м^2}$	21	19	29,9	23,4	24	38,4
K_n	0,56	0,64	0,54	0,6	0,58	0,52

Из отобранных образцов был собран мозаичный экран. Внешний вид детектора показан на рис.2. Для уменьшения собственной неравномерности яркости каждого преобразователя применялась «разносторонняя» резонансная схема подключения источника импульсного высоковольтного питания. После сборки экрана яркости свечения отдельных ГРП выравнивались путем включения в разрядный контур резисторов типа ТВО, обладающих низкой собственной индуктивностью. Номиналы резисторов были рассчитаны, а затем в небольших пределах подстраивались экспериментально.

Экспериментальные испытания мозаичного экрана показали эффективность использованного метода расчета дополнительных элементов, что позволило получить коэффициент неравномерности яркости свечения преобразователей в блоке не хуже 0,4, который удовлетворяет требованиям визуального наблюдения и телевизионного съема изображения.

Предложенный преобразователь может быть использован в составе рентгеновизионной установки, предназначенной для контроля габаритных объектов. Площадь преобразователя составляет 2,1 м².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алхимов Ю.В., Гусев Е.А., Кулешов В.К. и др. Автоматизированный рентгеновизионный комплекс контроля габаритных динамических объектов. //Дефектоскопия, 1992, №5, с.69-73.
2. Кулешов В.К., Ланшаков В.Н. Яркость свечения газоразрядно-люминесцентных преобразователей импульсного рентгеновского излучения. //Дефектоскопия, 1986, №11, с.58-62.