

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ДИСТАНЦИОННЫЙ ДОЗИМЕТР ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

© 2016 г. Ю.С. БОРИСОВ¹, А.М. НИЗАМЕТДИНОВ^{1,2}

¹Ульяновский государственный технический университет,
²Ульяновский филиал Института радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова Российской академии наук

Проблема измерения уровня радиоактивного излучения всегда была важна, поскольку данное излучение представляет собой большую опасность.

В настоящее время существуют переносные дозиметры, рассчитанные на работу с уровнями ионизирующего излучения, близкими к нормальному радиационному фону. Конструктивно такие приборы представляют собой отдельный блок датчика со всеми элементами, обеспечивающими его работу и обработку выходного сигнала. Если такой прибор поместить в область с высоким радиационным фоном, то он быстро выйдет из строя из-за отказов активных элементов. Есть две возможности избежать этого: защитное экранирование активных элементов и применение в узле датчика исключительно пассивных элементов.

В настоящей работе рассмотрен второй вариант, как наиболее, на наш взгляд, целесообразный. Для решения данных задач предполагается использовать систему из двух блоков – выносного блока датчика и блока обработки сигналов, соединённых линией передачи. В качестве чувствительного элемента блока датчика выбран счётчик Гейгера-Мюллера. Он представляет собой металлическую трубку или металлизированную изнутри стеклянную трубку с тонкой металлической нитью по оси. Нить служит анодом, стенки трубки – катодом. Трубка заполняется разреженным газом, в большинстве случаев используют благородные газы – аргон и неон. Между катодом и анодом создается напряжение от сотен до тысяч вольт в зависимости от геометрических размеров материала электродов и газовой среды внутри счетчика. В большинстве случаев широко распространенные отечественные счетчики Гейгера требуют рабочего напряжения 400 В [1–5]. При пролете ионизирующей частицы происходит газовый разряд, формирующий выходной импульс счетчика. Описанный принцип работы счетчика определяет задачи, которые необходимо решить в случае его использования в качестве дистанционного датчика:

- ✓ Согласование высокого выходного сопротивления счётчика (порядка 2 МОм) с низким сопротивлением линии передачи (порядка 150 Ом);
- ✓ Обеспечение наименьших потерь сигнала в процессе его передачи по длинной линии до блока обработки сигналов.

Таким образом, выносной блок датчика должен включать в себя непосредственно счётчик Гейгера-Мюллера и элементы согласования сопротивлений.

В качестве линии связи возможно применение кабеля, образованного витыми парами. Для облегчения согласования предпочтительно выбрать кабель с высоким волновым сопротивлением.

Принципиальная схема предлагаемого выносного блока датчика представлена на рис. 1, а.

Счетчик СБМ20 является чувствительным элементом, вырабатывающим электрические импульсы при пролете ионизирующей частицы. Резистор R1 – токоограничивающий, предназначен для гашения самостоятельного разряда счетчика. Транс-

форматор TP1 обеспечивает согласование выходное сопротивление счетчика с волновым сопротивлением линии связи, подключаемой к разъему [6]. Данный трансформатор также предназначен для формирования пары дифференциальных сигналов (рис. 1, б). Использование дифференциальных сигналов позволяет повысить защищенность системы от воздействия синфазных помех.

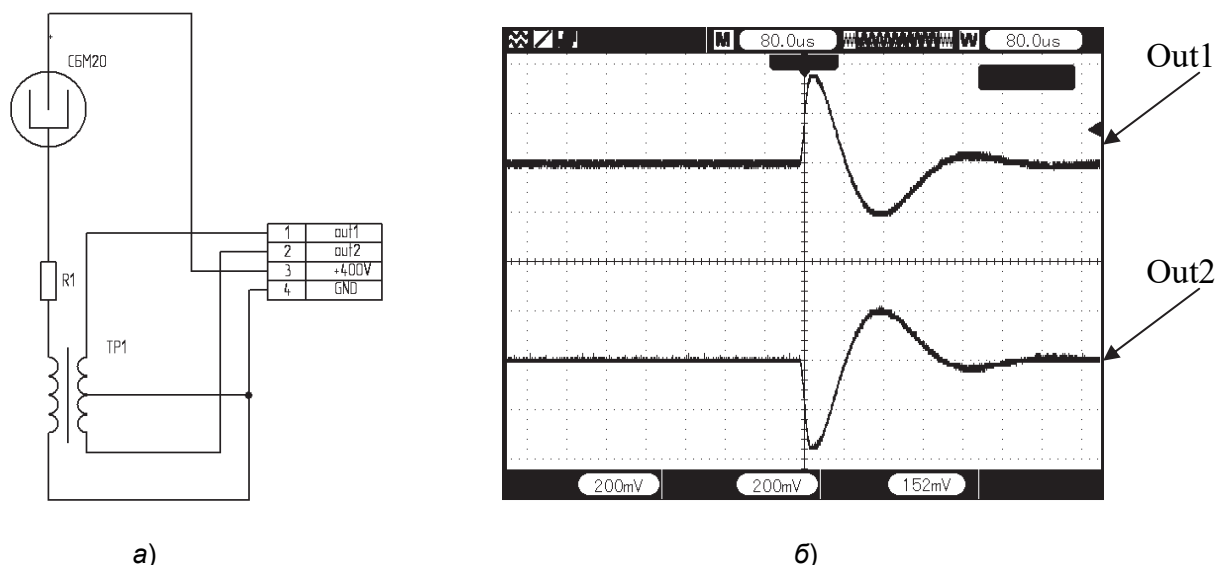


Рис. 1. Принципиальная схема выносного блока датчика (а) и сигналы датчика на выходе линии (б).

Структурная схема многоканального дозиметра, использующего данный принцип построения системы, показана на рис. 2. Дозиметр работает следующим образом. Источники постоянного напряжения 12 В обеспечивают питание активных элементов блока обработки сигналов, а также высоковольтного источника питания 400 В. Высоковольтный источник вырабатывает напряжение для питания счетчиков, расположенных в выносных блоках. Напряжение поступает на счетчики по линии связи. Дифференциальные импульсы, вырабатываемые счетчиком, также по линии связи поступают на вход блока обработки. Для преобразования дифференциальных сигналов в цифровой импульс используются LVDS приемники на основе микросхемы DS90LV032A. Цифровой импульс с выхода данной микросхемы поступает на Т-триггер, который делит частоту пополам. При этом изменение состояние триггера свидетельствует о регистрации счетчиком очередной ионизирующей частицы. С выхода данного триггера сигнал поступает на вход микроконтроллера, который отслеживает состояние указанного входа. При любом изменении состояния входа (переход из «нуля» в «единицу» или из «единицы» в «нуль») микроконтроллер увеличивает на единицу свой внутренний счетчик. При возрастании уровня ионизирующего излучения частота импульсов с выхода датчика пропорционально возрастает. В результате, содержимое счетчика микроконтроллера за заданный интервал времени оказывается прямо-пропорциональным уровню ионизирующего излучения. Интервал времени счета задается внутренним таймером микроконтроллера.

Результаты измерения с выхода микроконтроллера могут быть выведены на индикатор дозиметра. Также предусмотрена возможность передачи данных через канал Ethernet на внешний компьютер для проведения дальнейшей обработки.

Элемент защиты, входящий в состав структурной схемы дозиметра, предназначен для предотвращения перегрузки высоковольтного источника питания в случае пробоя и (или) повреждения линии связи. Кроме того, он позволяет отслеживать ситуацию несамостоятельного разряда счетчика (при превышении уровнем ионизирующего излучения верхнего предела счетчика), поскольку при этом также возрастает средний ток питания счетчика Гейгера.

Таким образом, данную систему можно будет применять при любых уровнях излучения, не превышающих предельных значений для счётчика, поскольку обеспечено отсутствие активных элементов в зоне высокоинтенсивного излучения.

Проведенные испытания макета блока датчика показали, что предлагаемый вариант устойчиво работает при длине линии связи 300 метров. Длина линии связи существенно влияет на форму выходных сигналов.

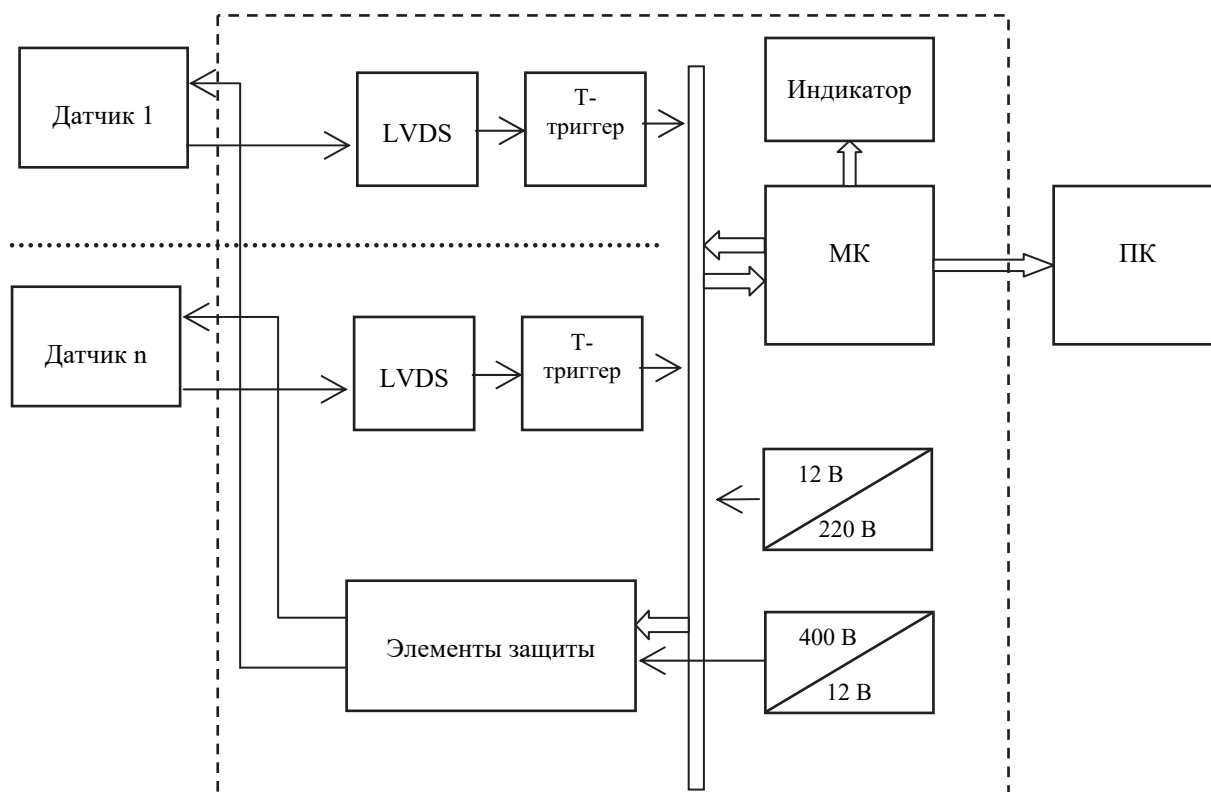


Рис. 2. Структурная схема многоканального дозиметра.

Работа выполнена при поддержке гранта конкурса У.М.Н.И.К. Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, соглашение № 9523ГУ/2015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аглинцев К.К.* Дозиметрия ионизирующих излучений – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1957, —505 с.
2. *Штольц В.* Дозиметрия ионизирующего излучения / В. Штольц, Р. Бернхард – Рига: Зинатне, 1982,–142 с.
3. *Голубев Б.П.* Дозиметрия и радиационная безопасность на АЭС / Б.П. Голубев, В.Ф. Козлов, С.Н. Смирнов – М.: Энергоатомиздат, 1984, – 217 с.
4. *Кудряшов, Ю.Б.* Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) / Ю.Б. Кудряшов – М.: Физматлит, 2004,– 448 с.
5. *Бондаренко В.Г.* Счетчик Гейгера-Мюллера / В.Г. Бондаренко, М.А. Кирсанов, В.В. Кушин, Н.А. Миханчук, С.Г. Покачалов – М.: МИФИ, 2009, – 20 с.
6. *Борисов Ю.С.* Применение согласующего трансформатора для импульсных сигналов / Ю.С. Борисов, В.Л. Веснин, А.А. Черторийский // Актуальные проблемы физической и функциональной электроники. Материалы 18-й Всеросс. молодежной школы-семинара. – Ульяновск: УлГТУ, 2015, – С.227-228.