

МОДЕРНИЗАЦИЯ КАНАЛА СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ПУЛЬТА ИКС-А

Д. П. Спирин, В. М. Мартынов, Б. П. Миронычев, В. В. Турутин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В настоящее время в ИЯРФ РФЯЦ-ВНИИЭФ действует сильноточный ускоритель электронов «Гамма-1». Контроль его выходных дозовых характеристик осуществляется с помощью метода индивидуального контроля стекол и прибора ИКС-А. Метод индивидуального контроля стекол (ИКС) – это радиотермолюминесцентный метод, основанный на использовании алюмофосфатных стекол. В процессе облучения алюмофосфатные стеклянные детекторы поглощают и сохраняют в течение длительного времени энергию в виде запасенной светосуммы. Затем при нагревании детектора до определенной температуры эта энергия освобождается, и по интенсивности люминесценции судят о величине дозы, поглощенной термолюминофором детектора. ИКС-А – относительно простой с точки зрения схемотехники и конструкции прибор. Он обладает большими возможностями для измерения дозы, поглощенной алюмофосфатными детекторами ИС-7, благодаря высокой чувствительности и широкому диапазону измерений по дозе.

В состав устройства входят несколько функционально независимых блоков и узлов, в их числе канал стабилизации температуры вместе с нагревательным элементом, узел захвата, транспортировки и экстракции детектора, канал стабилизации временных интервалов измерения, канал регистрации и обработки сигнала кривой температурного высвечивания.

В создании пульта ИКС-А разработчики стремились найти варианты, позволяющие получить лучшие на тот момент времени приборы, простые в изготовлении и использовании. Схемотехника и конструкция ИКС-А были разработаны в конце 60-х годов.

В настоящий момент известны два основных способа измерения радиотермолюминесценции (РТЛ) – по максимуму свечения и по светосумме. Графическое изображение зависимости интенсивности высвечивания от времени нагревания детектора называется кривой температурного высвечивания (КТВ). По первому способу измерение интенсивности РТЛ детектора происходит в момент максимума КТВ. Это позволяет выделить полезный сигнал на фоне помех и таким образом повысить отношение полезного сигнала к шуму. Этот способ применяется для измерения малых доз. По второму методу сигнал КТВ интегрируется в течение определенного интервала времени и регистрируется площадь, ограниченная кривой тока и осью времени. Эта площадь пропорциональна дозе, поглощенной детектором, и поэтому дан-

ный метод обладает меньшей погрешностью. В приборе ИКС-А используется второй метод, но его применение связано со сложностью отделения полезного сигнала от помех на всем протяжении процесса измерения КТВ. Помехи складываются из темнового тока ФЭУ, фототока теплового свечения нагревателя и детектора, тока утечки канала регистрации и обработки КТВ. Уровень фонового свечения нерадиационной природы существенно возрастает по мере нагрева детектора, что обуславливается тепловым свечением. В ИКС-А предусмотрена схема компенсации фонового тока, но ее возможности ограничены флуктуациями темнового тока ФЭУ, коэффициентом усиления катодного повторителя компенсатора и уменьшением теплового свечения нагревателя, в момент попадания на него детектора. Для снижения флуктуаций темнового тока в схеме применен фильтрующий конденсатор. Схема компенсации обладает искажениями, обусловленными наличием временного интервала между моментом запоминания компенсирующего тока и окончанием измерения.

С целью снижения темнового тока и повышения точности измерений канал стабилизации температуры был модернизирован. В качестве фотоэлектронного преобразователя в ИКС-А используется ФЭУ-35. Известно, что охлаждение катода ФЭУ уменьшает величину темнового тока. На базе элементов Пельтье было сконструировано простое устройство охлаждения катода и разработаны электрические схемы стабилизаторов температуры нагревающего и охлаждающего устройств. На рис. 1 изображена конструкция устройства охлаждения катода фотоумножителя.

Радиатор ФЭУ Элемент Пельтье Термоизолятор

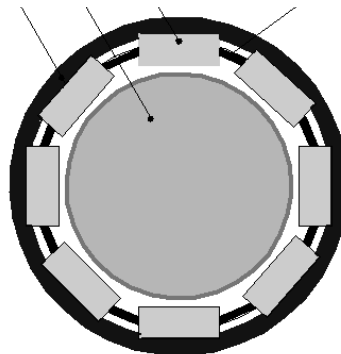


Рис. 1. Устройство охлаждения катода ФЭУ

Устройство охлаждения состоит из восьми элементов Пельтье, симметрично расположенных вокруг стеклянного баллона ФЭУ вблизи катода. Элементы Пельтье припаяны к медному радиатору установочным припоем на основе сплава Розе. Радиатор рассеивает тепловую энергию нагретых частей термобатареи в окружающую среду. Термоизолятор, расположенный между элементами Пельтье, препятствует теплообмену между нагретыми и охлажденными сторонами элементов Пельтье. Управление охладителем осуществляется с помощью электронного устройства, структурная схема которого представлена на рис. 2.

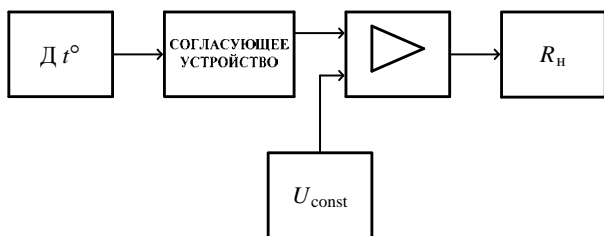


Рис. 2. Структурная схема устройства управления охладителем

Датчиком температуры является однопереходный транзистор, расположенный на колбе ФЭУ. Согласующее устройство определяет режим работы термодатчика и формирует входной сигнал усилителя. При отклонении температуры от заданного значения проводимость датчика меняется, вызывая разбалансировку устройства сравнения относительно источника опорного напряжения. Затем разностный сигнал усиливается и формируется необходимое напряжение питания элементов Пельтье. Питание всего устройства осуществляется двухполярным стабилизированным источником питания постоянного напряжения 24 В. Временная диаграмма работы охладителя представлена на рис. 3.

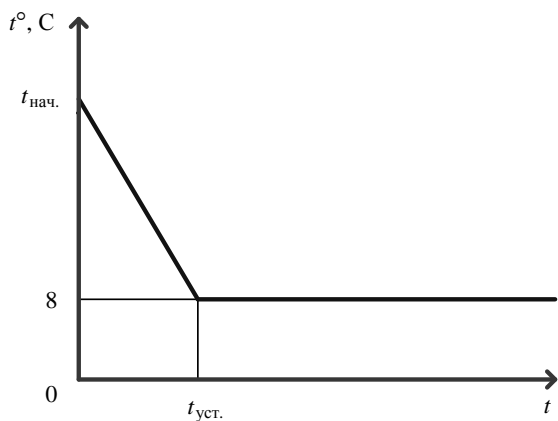


Рис. 3. Временная диаграмма работы охладителя

Осциллограммы КТВ без применения охладителя катода ФЭУ и с его применением представлены на рис. 4.

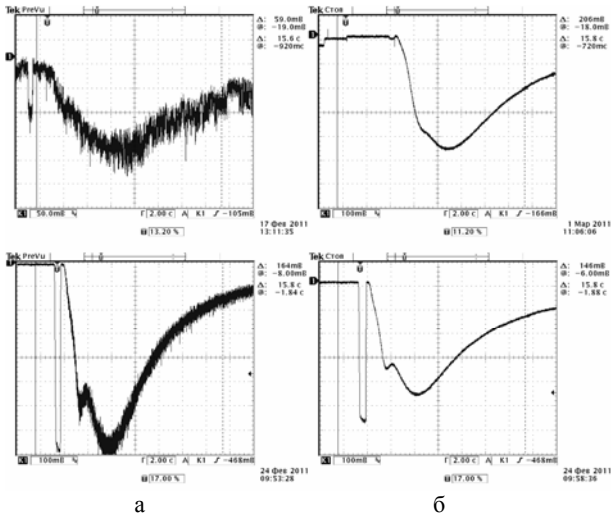


Рис. 4. Осциллограммы КТВ ИКС-А: а – без применения охлаждающего устройства; б – с применением охладителя

Сильное увеличение темнового тока и тепловых флуктуаций во время нагрева детектора искажает форму КТВ, поэтому снижение уровня постоянных и переменных составляющих фона положительно влияет на точность измерений. Осциллограммы показывают, что применение устройства охлаждения значительно снижает уровень шума КТВ.

Одним из основных элементов измерительного пульта является нагреватель. Схема управления нагревательным элементом должна обеспечивать высокую стабильность и воспроизводимость температурного режима измерения. Нагреватель ИКС-А изготовлен из нихромовой ленты толщиной 40 мкм. Для поддержания стабильной температуры нагрева детектора применен терморезистор, расположенный вблизи нагревателя и изолированный от него слюдяными прокладками. Прокладки уменьшают влияние колебаний температуры нагревательного элемента на терморезистор и, таким образом, снижают время выхода температуры на заданный уровень. Выводы нагревательного элемента и терморезистора подключены к автоматическому электронному терморегулятору, работающему по принципу балансного резисторного моста. В одно из его плеч включен терморезистор нагревателя. В рабочем состоянии мост уравновешен и выходной сигнал отсутствует. При отклонении температуры от заданного значения 370 °C сопротивление терморезистора меняется и происходит разбалансировка моста. При этом на его выходе в зависимости от знака разбалансировки появляются импульсы той или иной полярности, подаваемые на вход реле. Реле срабатывает от напряжения одной полярности, соответствующей температуре ниже заданного значения и включает нагреватель на время, пока его температура не достигнет 370 °C. Питание балансного моста осуществляется релаксационным генератором коротких импульсов большой амплитуды и скважности.

Для сокращения частоты срабатывания реле и повышения его надежности в ИКС-А применена схема

задержки его включения и отключения. Это влечет за собой запаздывание реакции терморегулятора на колебания температуры нагревателя. Переключательные процессы срабатывания реле и мощного питающего генератора инициируют нежелательные выбросы и наводки во всех электроцепях прибора, а применение в схеме вакуумного триода и коммутирующих контактов реле вносит неточность и ненадежность в процесс стабилизации температуры.

Для устранения недостатков существующей схемы канал управления нагревательным элементом и стабилизации температуры был модернизирован. Структурная схема модернизированного канала управления нагревателем изображена на рис. 5.

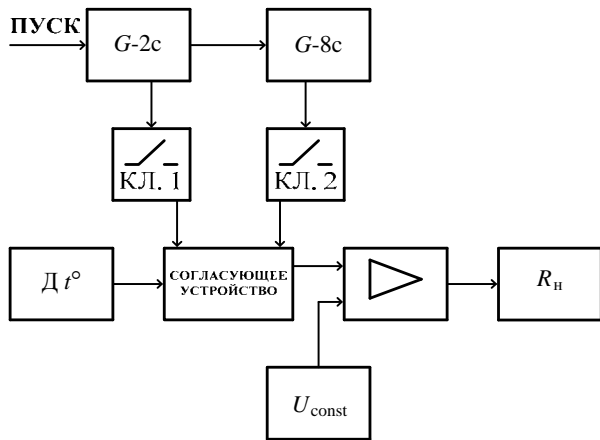


Рис. 5. Структурная схема модернизированного канала управления нагревателем

Предыдущий вариант схемы управления устанавливает рабочую температуру нагревателя спустя 5 мин после включения прибора, и нагреватель все время находится в нагретом до $370\text{ }^{\circ}\text{C}$ состоянии. Модернизированный канал поддерживает температуру нагревателя равной $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, поднимая температуру до рабочего уровня через 2 с после нажатия кнопки ПУСК. Это способствует более «мягкому» режиму работы нагревателя, снижая периодичность регулировки его температуры и других профилактических мероприятий. В момент нажатия пусковой кнопки загрузочно-измерительного устройства прибора и попадания детектора на нагреватель транзисторный коммутатор КЛ. 1 включает схему сравнения опорного напряжения с напряжением цепи датчика рабочей температуры. Согласующее устройство устанавливает требуемый режим работы термодатчика и формирует сигнал для схемы сравнения. Схемой сравнения является дифференциальный каскад усилителя мощности, который устанавливает необходимое напряжение питания нагревателя. Схема сравнения стабилизирует рабочую температуру нагревателя и по истечении 8 с

его работы отключается коммутатором КЛ. 2. Нагреватель остывает до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до следующего нажатия кнопки ПУСК. Источник опорного напряжения устанавливает режим работы схемы сравнения. Временная диаграмма работы нагревателя изображена на рис. 6.

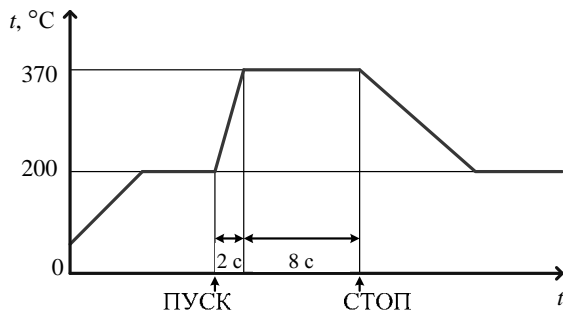


Рис. 6. Временная диаграмма работы нагревателя

Схема стабилизации температуры нагревателя и нагреватель питаются от стабилизированного источника постоянного напряжения и, в отличие от стандартной схемы, имеют форсированную бесконтактную коммутацию.

Путем понижения и стабилизации температуры в районе фотокатода ФЭУ, модернизации канала управления нагревателем, замены устаревшей элементной базы на современную удастся повысить точность измерений КТВ и надежность прибора.

В настоящее время модернизированный канал стабилизации температуры ИКС-А находится на этапе настройки.

Литература

1. Антонов-Романовский В. В. Кинематика фотолуминесценции кристаллофосфатов. М.: Наука, 1966.
2. Бочвар И. А., Гимадова Т. И., Кеирим-Мааркус И. Б. и др. Метод дозиметрии ИКС. М.: Атомиздат, 1977.
3. Дозиметр гамма-излучения ИКС-А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ИКС-0-00-03 ТО. М.: Институт биофизики Минздрава СССР, 1979.
4. Установка дозиметрическая термолуминесцентная ДВГ-02Т. Руководство по эксплуатации. ПИГУ.4362-002-08627804-98 РЭ. М.: НПП «Доза», 2000.
5. Франк М., Штольц В. Твердотельная дозиметрия ионизирующего излучения / Под ред. И. Б. Кеирим-Маркуса. М.: Атомиздат, 1973.