Харитонов И.А., Расько М.А., Костюк А.А.
I.A.Kharitonov, M.A.Rasko, A.A.Kostyuk

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КАНАЛА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИЗМЕРЕНИЯ И СБОРА ИНФОРМАЦИИ В СОСТАВЕ ЭТАЛОННОЙ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ МЕР МАССЫ ОРУЖЕЙНОГО ПЛУТОНИЯ

(CREATION OF AN AUTOMATED CHANNEL FOR MANAGEMENT OF MEASUREMENT PROCESS AND GATHERING OF INFORMATION IN STRUCTURE OF THE REFERENCE CALORIMETRIC INSTRUMENT FOR CERTIFICATION OF MEASURES OF MASS OF WEAPON PLUTONIUM)

г. Санкт-Петербург, ФГУП ВНИИМ им. Д.И.Менделеева
D.I.MENDELEYEV INSTITUTE FOR METROLOGY VNIIM, St.-Petersburg

An automated channel for management of measurement process and gathering of information in structure of the reference calorimetric instrument is created. The channel allows to carry round-the-clock measurements of thermal capacity of radionuclide sources during about 10 day and to trace the calorimeter going in a mode of stationary heat-exchange with environment in real time. Metrological characteristics of calorimetric converters are measured with the use of the channel. The reference calorimetric setup with the automated measuring channel is intended for measurement of thermal capacity of radionuclide sources from plutonium in a range from 100 mW to 2 W with the purpose of their certification as reference measures of mass of plutonium, used in monitoring and account systems.

Введение

Согласно договору, подписанному США и Россией, 68 тонн оружейного плутония будет использовано в качестве ядерного топлива или иммобилизовано в виде остеклованных РАО в течение следующих 20 лет. США либо сожгут свой плутоний в энергетических реакторах, либо утилизируют его, смешав с высокоактивными РАО перед остекловыванием для хранения. Россия конвертирует свой плутоний в топливо для ядерно-энергетических реакторов, сделав его непригодным для использования в ядерном оружии. [1]

Программа переработки оружейного плутония осуществляется в рамках системы строгого контроля и мониторинга. Важнейшим инструментом контроля и учета в этой системе служат образцовые меры тепловой мощности (массы) плутония. Тепловая мощность, выделяемая источником из плутония при ядерном распаде, прямо пропорциональна массе плутония, что позволяет с высокой точностью измерять массу плутония в калориметрах прямого поглощения. Более 30 лет лаборатория государственных эталонов в области ионизирующих излучений ВНИИМ им. Д.И.Менделеева проводит метрологическую аттестацию образцовых мер тепловой мощности, созданных на основе Pu-238 и Pu-239. [2] Диапазон измерений тепловой мощности этих мер составляет 100 мкВт - 100 мВт, что соответствует диапазону массы чистого Pu-239 от 0,05 до 50 грамм. В связи с реализацией программы переработки оружейного плутония появилась задача измерения тепловой мощности объектов с массой Pu-239 до 1 кг. Из-за невозможности преодолеть формальные трудности перемещения 1 кг Pu-239 во ВНИИМ с комбината «Маяк» были изготовлены источники типа РИТМ с меньшей массой плутония Pu-238, имитирующие по тепловой мощности массу Pu-239 до 1 кг. Источники РИТМ используются в качестве образцовых мер тепловой мощности (массы) плутония в диапазоне 0,1 - 2,0 Вт с погрешностью 0,3-0,4 % для доверительной вероятности P=0,95.

Эталонные калориметры ВНИИМ относятся к классу калориметров, в которых измеряется разность температур ΔT между калориметрическим поглотителем и оболочкой калориметра в условиях конечного теплообмена между ними. Регистрируемая термопарами разность температур ΔT линейно связана с тепловым потоком измеряемого объекта лишь в условиях стационарного режима теплообмена и малой величины ΔT. При помещении в калориметры источников тепла с тепловой мощностью $W > 100$ мВт происходит значительное изменение температуры всех внутренних оболочек калориметра. Из-за вклада в процесс теплообмена конвекции и излучения тепла происходит возрастание нелинейных по ΔT тепловых потерь, что экспериментально проявляется как нелинейность зависимости величины термо-ЭДС калориметра от измеряемой тепловой мощности объекта. При этом процесс установления стационарного режима может занимать 10 и более дней.

@2002, электронная версия подготовлена ЗАО АВТЭКС Санкт-Петербург, http://www.autex.spb.ru

Поэтому задача измерения тепловой мощности в диапазоне 0,1÷2,0 Вт оказалась для лаборатории новой и потребовала проведения дополнительных исследований калориметрических преобразователей. С этой целью был создан измерительный стенд, состоящий из двух первичных калориметрических преобразователей, отобранных в процессе долговременных исследований на стабильность, мини-термостата, канала измерения тока накала калибровки и канала измерения термо-ЭДС.

Канал автоматизированного сбора данных

Как уже указывалось выше, процесс установления стационарного режима калориметра при измерении источников тепла с W>100 мВт занимает более 10 дней. Кроме того исследования метрологических характеристик калориметров, в частности долговременной стабильности, также требуют длительного времени.

На рис.1 представлена структурная схема одного из измерительных каналов калориметрического преобразователя с ручным режимом управления процессом измерения.

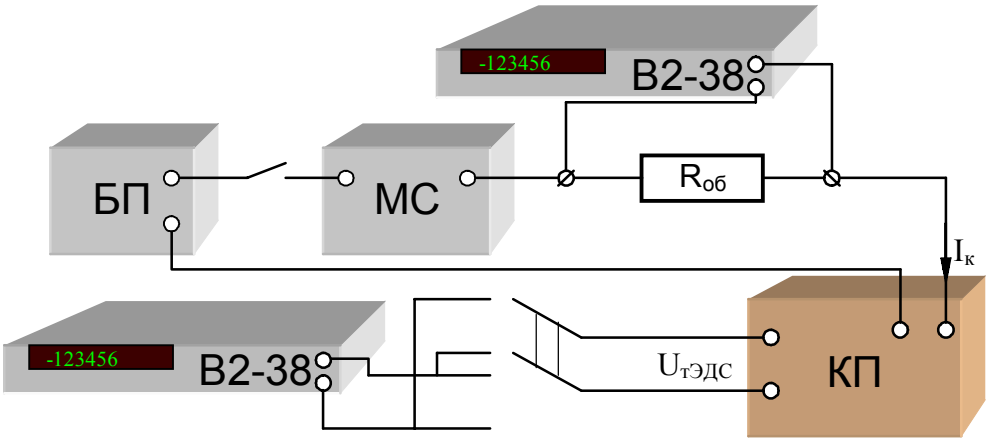

Fig.1 The block diagram of the measuring channel of the calorimetric converter

БП – power Б5-49; МС – resistances block Р-4831; Rоб – exemplary resistance Р-3030; В2-38 – nanovoltmetr В2-38; КП – γ,β- calorimetric converter.

В ручном режиме управления оператору приходится через определенные промежутки времени заходить в калориметрическую, вручную переключать тумблеры полярности измеряемого сигнала, записывать показания нановольтметров В2-38, переключать тумблеры в исходное положение и снова записывать показания нановольтметров. При этом показания регистрируются только в рабочее время, т.к. длительные круглосуточные измерения не всегда возможно осуществить организационно.

Поэтому в первую очередь необходимо было создать автоматизированный канал для управления процессом измерения и сбора измерительной информации. Практика реальных измерений показывает необходимость непрерывной (т.е. круглосуточной) регистрации показаний нановольтметров. Это позволяет оптимально планировать процесс измерения, используя данные ночных измерений как основные, менее подверженные различного рода помехам и возмущениям. Кроме того, непрерывная во времени регистрация показаний нановольтметров во время выхода калориметра на стационарный режим теплообмена, позволяет более достоверно интерпретировать результаты измерений термо-ЭДС, идентифицировать и корректировать тепловые возмущения, оптимизировать методику работы с калориметрами и в итоге уменьшить погрешность результата.

На рис.2 изображена структурная схема автоматизированного канала калориметрической установки.

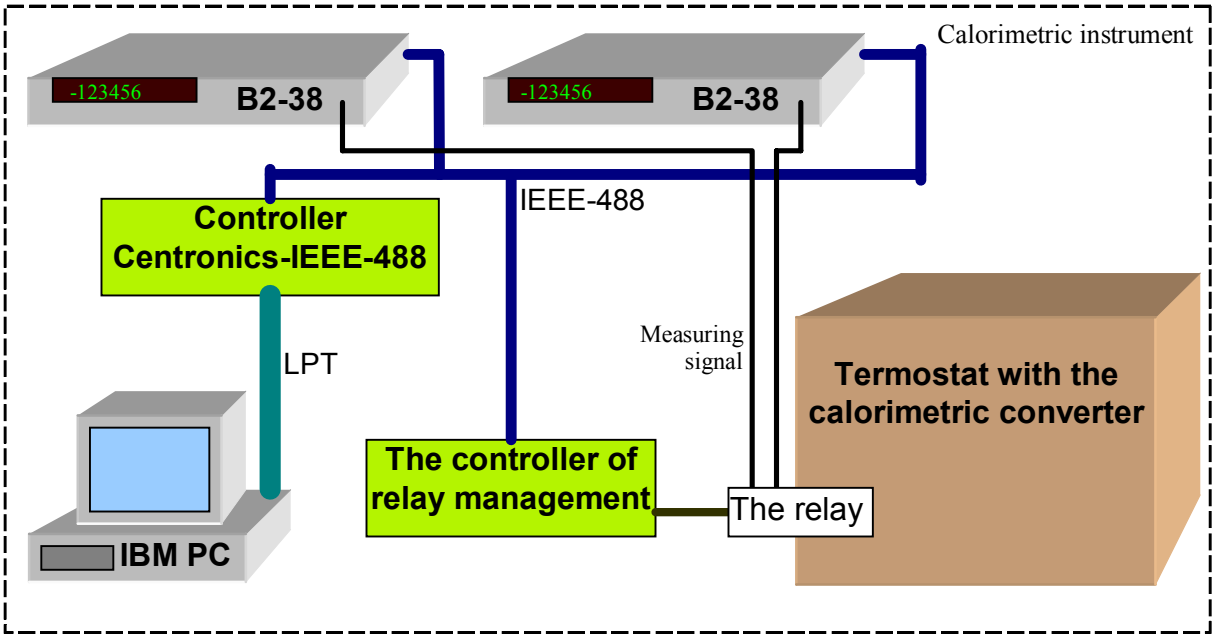

Fig.2 The block diagram of the automated channel of calorimetric instrument

При создании канала:

- разработан и изготовлен отдельный контроллер управления переключением реле для изменения полярности сигналов на входах нановольтметров, что позволяет получать значение паразитной термо-ЭДС и корректировать результат измерений тепловой мощности в режиме реального времени;
- разработан и изготовлен контроллер интерфейса IEEE-488 (КОП) – Centronics для сбора информации с нановольтметров В2-38;
- разработана программа для управления процессом сбора информации и управлением реле переключения полярности сигнала на входах нановольтметров.

Контроллер интерфейса выполнен, как программный транслятор сигналов интерфейса IEEE-488 в сигналы интерфейса Centronics и обратно. Контроллер подключается к стандартному LPT – порту компьютера, а приборы подключаются на шину IEEE-488 контроллера.

Последовательность операций в автоматическом режиме следующая:

- контроллер управления переключением реле переключает реле в начальное положение;
- выдерживается интервал времени для установления истинного значения сигнала на нановольтметрах В2-38;
- считываются значения термо-ЭДС;
- контроллер управления переключением реле переключает реле в другое положение;
- снова выдерживается интервал времени для установления истинного значения сигнала на нановольтметрах В2-38.
- считываются значения термо-ЭДС;

Автоматизированный канал обеспечивает:

- связь измерительных приборов с компьютером;
- автоматическое переключение полярности измеряемого сигнала с калориметрических преобразователей;
- изменение временных интервалов измерений с помощью программного обеспечения;
- проведение непрерывных измерений;
- сохранение всех данных об измерениях в файлах, хранящихся на компьютере.

Все данные сводятся в табличные файлы для дальнейшей обработки.

Автоматизированный канал использован для исследования динамики выхода калориметрических преобразователей на режим, в результате которых были определены поправочные коэффициенты к чувствительности, долговременная стабильность и другие важнейшие метрологические характеристики калориметрических преобразователей.

Выводы

В результате выполненной работы:

- создан автоматизированный канал для управления процессом измерения и сбором измерительной информации в длительных круглосуточных измерениях;
- разработана программа для управления процессом измерения, сбором информации и последующим сохранением ее в электронном виде;
- автоматизированный канал и программа использованы для исследования метрологических характеристик калориметрических преобразователей.

Литература:

1. Договоренность по обращению с оружейным плутонием. Журнал «Ядерное Общество», № 4/2000;
2. Описание калориметрической установки. Юдин М.Ф., Кармалицын Н.И., Кочин А.Е., Сазонова Т.Е., Фоминых В.И., Фролов Е.А., Хольнова Е.А. Измерение активность радионуклидов. Справочное пособие. Санкт-Петербург, 1997.