



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2012–6

ОЭФ

А.С. Кожин, А.В. Козелов, И.С. Плотников

**Программное обеспечение приема, мониторинга
и первичной обработки сигналов с дрейфовых камер**

Направлено в журнал
«Естественные и технические науки»

Протвино 2012

Аннотация

Кожин А.С., Козелов А.В., Плотников И.С. Программное обеспечение приема, мониторинга и первичной обработки сигналов с дрейфовых камер: Препринт ИФВЭ 2012–6. – Протвино, 2012. – 10 с., 5 рис., библиогр.: 9.

В работе рассматривается программное обеспечение, предназначенное для приема сигналов с дрейфовых камер, состоящих из дрейфовых трубок, контроля качества и первичной обработки принимаемых данных. Представлены реализации функций программного обеспечения. Подробно описан алгоритм определения рабочего напряжения дрейфовых трубок, контроля качества принимаемых данных и состояния аппаратуры.

Abstract

Kozhin A.S., Kozelov A.V., Plotnikov I.S. Software Receiving, Monitoring and Initial Processing of Signals from Drift Chambers: IHEP Preprint 2012–6. – Protvino, 2012. – p. 10, figs. 5, refs.: 9.

Software designed for receiving signals from drift tube chambers, monitoring of data-quality and preprocessing of the data is considered in the note. Implementations of the software functions are presented. Algorithms for determination of drift tubes operating voltage, control of received data quality and status of equipment are described in detail. A detailed description of the algorithm for selecting the operating voltage, the control of received data and status of equipment.

Введение

Разработанное программное обеспечение (ПО) предназначено для приема и первичной обработки сигналов с усилителей трековых камер на основе дрейфовых трубок, работающих в «бестриггерном» режиме, описанном в [1], т.е. без дополнительных «быстрых» детекторов, определяющих момент прохождения частицы.

Конструкция и основные параметры дрейфовых трубок и камер на их основе, на работу с которыми ориентировано ПО, представлены в [2, 3].

Система сбора данных реализована с помощью программных и аппаратных модулей описанных в [4]. Запуск аппаратуры для приема данных производится по команде компьютера («software trigger»).

ПО, в зависимости от поставленной задачи, выполняет следующие функции:

- проверка модулей электроники, принимающих данные;
- управление высоковольтным источником питания;
- сбор данных с принимающей электроники;
- проверка количества принятой информации;
- отображение частоты регистрации сигналов для каждой дрейфовой трубки;
- анализ данных для выявления неработающих дрейфовых трубок и «шумящих», трубка считается шумящей, если ее частота регистрации

в 10 раз больше средней частоты регистрации сигналов в дрейфовых камерах;

- поиск порта компьютера, к которому подключен высоковольтный источник питания;
- поиск рабочего высокого напряжения, при котором осуществляется работа с дрейфовыми камерами;
- запись данных в файл;
- передача данных по сети.

Программное обеспечение имеет графический интерфейс, с помощью которого осуществляется управление, а также настраиваются параметры режимов работы, контроль аппаратуры и процедура приема данных.

Целью данной работы является описание программного продукта и его основных алгоритмов.

Архитектура программного обеспечения

Программное обеспечение разработано в объектно-ориентированной архитектуре (рис. 1), на языке C++. В разработке были использованы следующие средства:

- Qt — кросс-платформенный инструментальный разработчик ПО [5];
- Qwt — библиотека элементов графического интерфейса пользователей для программирования приложений, имеющих техническую направленность [6];
- Qxt — расширение Qt, предоставляет набор кросс-платформенных классов утилит, добавляющих функциональности [7];
- ROOT — пакет объектно-ориентированных программ и библиотек [8].

В ходе написания ПО были созданы следующие классы:

- `daq_window` — главное окно программы, позволяющее открыть окно настроек, запустить, приостановить, остановить процедуру сбора данных и процедуру высоковольтного скана;
- `dial_param` — окно настроек, позволяет настраивать общие функции для ПО, а так же параметры сбора данных и высоковольтного скана;

- hv_scan — реализация алгоритма поиска рабочего высокого напряжения для дрейфовых камер;
- mtcontrolsys — управление высоковольтным источником питания;
- gplot — графический элемент, отображающий гистограмму регистрации сигналов в дрейфовых трубках и график высоковольтного скана (счетной характеристики).

А также были использованы ранее разработанные классы системы сбора данных и передачи данных по сети:

- run_data — класс, осуществляющий прием, предварительную обработку и запись данных в файл;
- elec_module — работа с модулями электроники;
- server_tcp — класс, осуществляющий передачу данных по сети.

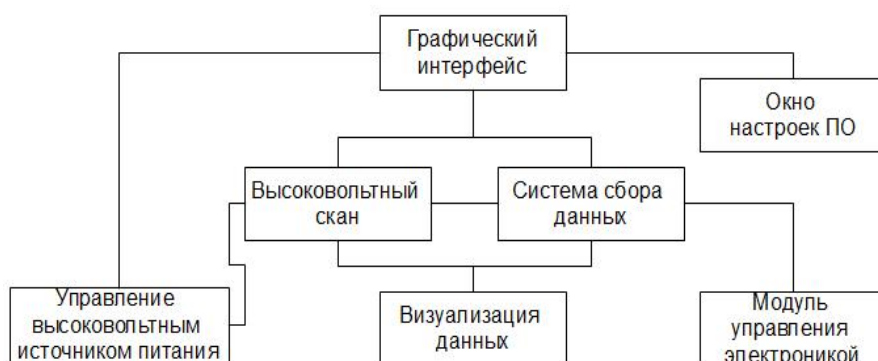


Рис. 1. Архитектура программного обеспечения.

Данная архитектура позволяет с минимальными затратами адаптировать ПО под другую регистрирующую сигналы электронику, графический интерфейс, применить высоковольтный источник питания другого типа. При этом модернизация коснется только конкретных классов, а не приложения в целом.

Алгоритм поиска рабочего напряжения

Выбор рабочего высокого напряжения на анодных проволочках дрейфовых трубок начинается со снятия счетной характеристики — зависимости скорости счета дрейфовых трубок от напряжения. В качестве высоковольтного источника питания используется источник питания БПВ-5 [9].

БПВ-5 подключается к компьютеру через последовательный порт, либо через USB посредством переходника. Для управления прибором был написан драйвер пользовательского пространства, основными функциями которого являются:

- изменение напряжения;
- изменение тока;
- получение информации от БПВ-5: текущее напряжение, ток, серийный номер устройства;
- сброс параметров устройства до заводских.

Дополнительно были разработаны процедуры, автоматизирующие работу с БПВ-5:

- автоматический поиск устройства в системе и подключение к нему;
- постепенное понижение напряжения до минимального, применяется при завершение работ.

Особенностью данного высоковольтного источника питания является то, что напряжение задается в единицах цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) напряжения.

Для работы с дрейфовыми трубками нужно установить на них рабочее напряжение, которое выбирается на основании анализа счетной характеристики. Для достижения большей эффективности трубок в качестве рабочего напряжения принимается напряжение, соответствующее концу плато счетной характеристики.

Перед проведением сканирования происходит конфигурирование процедуры поиска рабочего напряжения параметрами из настроек (рис. 2).

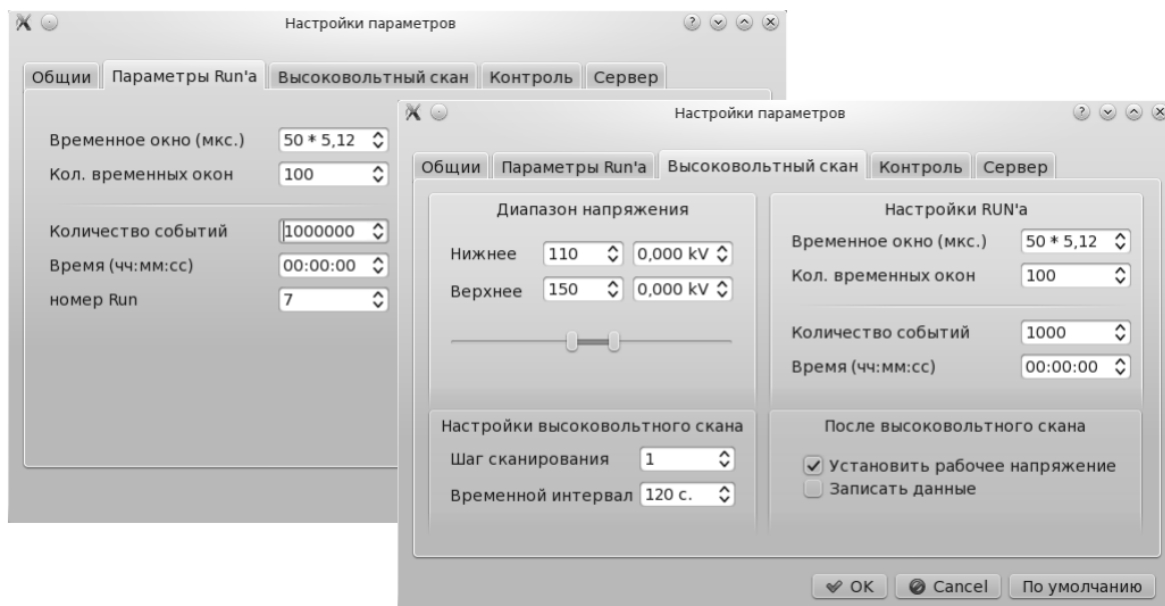


Рис. 2. Окно настроек параметров записи данных и высоковольтного скана.

Последовательность действий при процедуре высоковольтного скана:

- 1) устанавливаем стартовое напряжение;
- 2) устанавливаем временную задержку для стабилизации тока;
- 3) собираем данные и пишем их в файл, считая среднюю частоту регистрации сигналов всеми дрейфовыми трубками;
- 4) сохраняем значение ЦАПа напряжения высоковольтного источника питания, напряжение, информацию о количестве записанных событий и средней частоте регистрации сигналов в трубках для возможности восстановления графика счетной характеристики;
- 5) увеличиваем значение ЦАПа на заданный шаг.

Действия 2-5 выполняются на всем протяжении диапазона сканирования напряжения.

Получив необходимую информацию, строим график счетной характеристики. На оси ординат отмечаем значения средней частоты регистрации сигналов, на оси абсцисс — значения напряжений, измеренных после установления значения ЦАПа и перед сбором данных.

Перед определением рабочего напряжения нормируем массив данных значений напряжения. Затем график счетной характеристики фитируем тремя функциями:

- до плато счетной характеристики — полиномом пятой степени;
- плато — прямой;
- после плато — полиномом второй степени.

Дополнительно на функции накладываются условия гладкости:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_5(V_1) = P_1(V_1) \\ P_5'(V_1) = P_1'(V_1) \\ P_1(V_2) = P_2(V_2) \\ P_1'(V_2) = P_2'(V_2) \end{array} \right. ,$$

где V_1 - левый край плато, V_2 - правый край плато.

Параметры, определяющие плато, являются два числа: центр прямой и половина длины прямой, которой фитируем плато счетной характеристики. После фитирования рабочее напряжение вычисляется, как правый конец прямой плато, и отмечается на графике.

Найденная таким образом величина рабочего напряжения преобразуется в единицы ЦАПа высоковольтного источника, округление происходит в меньшую сторону.

Визуализация данных

При работе данного ПО отображаются два вида данных:

- 1) частота регистрации сигналов в дрейфовых трубках (рис. 3);
- 2) график счетной характеристики (рис. 4).

Скорость счета трубок отображается в виде гистограммы и предназначена для мониторинга работы дрейфовых трубок в камере, отслеживания «шумящих» и неработающих трубок. Частота сигналов каждой трубки для отображения в гистограмме вычисляется через интервал, указанном в событиях, из данных, собранных в течение всего времени работы ССД.

График счетной характеристики отображает среднюю частоту скорости счета сигналов в трубках в зависимости от высокого напряжения. А также после вычисления на этом графике отмечается рабочая точка.

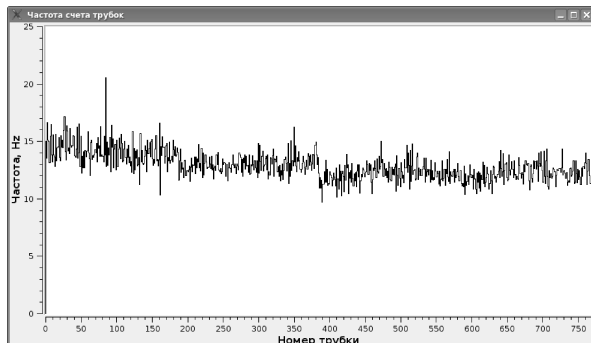


Рис. 3. Гистограмма частоты регистрации сигналов.

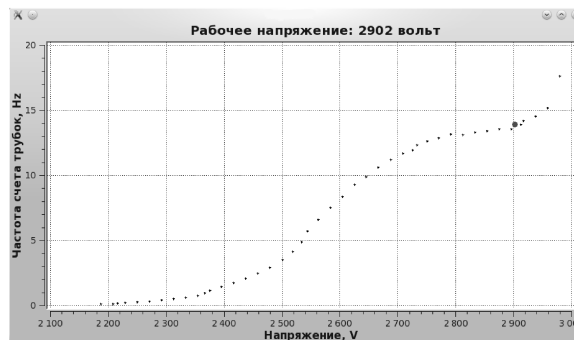


Рис. 4. Счетная характеристика.

Графический компонент приложения, разработанный для отображения информации, использует векторную графику, что позволяет масштабировать изображение без потери качества.

Основными возможностями разработанного графического компонента приложения являются следующие:

- общее масштабирование — осуществляется колесиком мышки, масштабирует все изображение;
- локальное масштабирование — пользователь рамкой задает область масштабирования изображения;
- сохранение истории масштабирования, с возможностью возвращения на предыдущее изображение вплоть до первоначального;
- перемещения графика внутри окна графического компонента, актуально при общем масштабировании;
- сохранение изображения.

Графический компонент разработан с применением классов библиотеки Qwt: QwtPlot, QwtPlotZoomer и QwtPlotRenderer, предоставляющие «холст» под изображение и стек этапов масштабирования.

Мониторинг состояния аппаратуры

На стадии запуска ПО делается ряд проверок, которые определяют возможность работы системы или же выявляют неполадки в ней, для дальнейшего их устранения. Сначала проверяется наличие высоковольтного источника питания в системе, затем проверяется исправность ССД, заключающаяся в процедуре чтения номеров модулей время-цифровых преобразователей (ВЦП) ЛЭ-78. Контроллером циклически опрашиваются все модули ВЦП. Если хотя бы один из модулей не ответил, то за ним не ответят и все последующие — так устроена система чтения данных, работа с дрейфовыми камерами прекращается, уведомляя оператора о номере неработающего модуля ВЦП.

Ряд проверок ССД (рис. 5) производится при сборе данных или высоковольтном скане:

- 1) проверка номеров модулей;
- 2) контроль «шумящих» трубок;
- 3) контроль неработающих трубок.

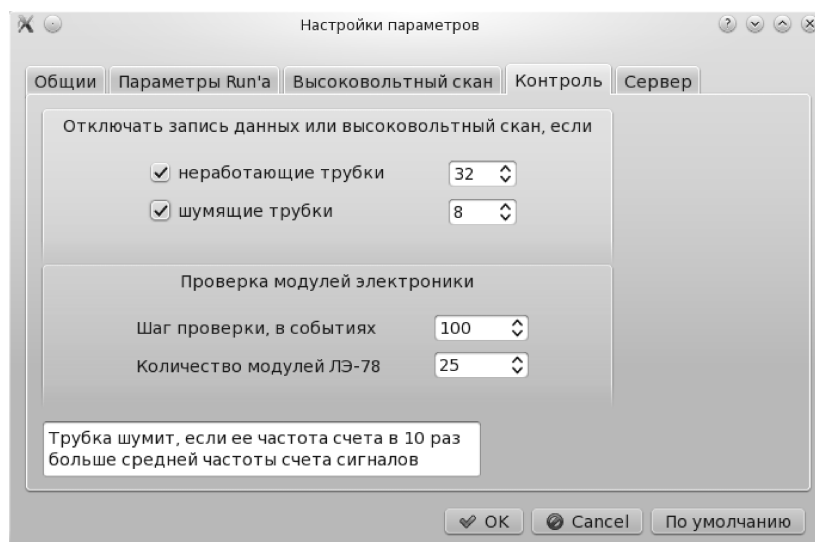


Рис. 5. Параметры проверок.

После поступления информации в ПК от принимающей электроники проверяется количество слов в данных, если оно нечетное, то это признак неправильной информации ВЦП, и событие игнорируется.

Заключение

Разработанное программное обеспечение позволяет записывать полученные данные в файл, либо передавать по сети на удаленный компьютер, для дальнейшей обработки или хранения. Реализована возможность выполнять выбор и установку рабочего напряжения в автоматическом режиме. Благодаря всевозможным настройкам пользователь может гибко манипулировать опциями и режимами работ ПО. Предусмотрен необходимый контроль качества принимаемых данных, контроль состояния камер, контроль работы принимающей сигналы электроники и высоковольтного источника питания.

Авторы выражают благодарность О.П. Ющенко и М.Ю. Боголюбскому за советы и оперативную консультацию.

Список литературы

- [1] А.А. Борисов, М.Ю. Боголюбский, Н.И. Божко, А.Н. Исаев, А.С. Кожин, А.В. Козелов, И.С. Плотников, В.А. Сенько, М.М. Солдатов, Р.М. Фахрутдинов, Н.А. Шаланда, О.П. Ющенко, В.И. Якимчук. "Установка «мюонный томограф» с площадью перекрытия $3 \times 3 \text{ м}^2$ ". Препринт ИФВЭ 2011-7. - Протвино, 2011. - 18 с.
- [2] A. Borisov et al, ATLAS monitored drift tube assembly and test at IHEP. Nucl. Inst. Meth. A, 494 (2002), 214-217.
- [3] J. Bensingier et al. Construction of monitored drift tube chambers for ATLAS end-cap muon spectrometer at IHEP (Protvino). Nucl. Inst. Meth. A, 494 (2002), 480-486.
- [4] М.Ю. Боголюбский и др. "Программные модули бестриггерной системы сбора данных детектора на дрейфовых трубках". Препринт ИФВЭ 2012-5. - Протвино, 2012. - 8 с.
- [5] <http://qt.nokia.com> - библиотека qt
- [6] <http://qwt.sourceforge.net> - библиотека qwt

- [7] <http://dev.libqxt.org/libqxt/wiki/Home> - библиотека qxt
- [8] <http://root.cern.ch/drupal/> - библиотека root
- [9] <http://high-voltage-technology.ru> - высоковольтный источник питания БПВ-5

Рукопись поступила 21 февраля 2012 г.

А.С. Кожин, А.В. Козелов, И.С. Плотников

Программное обеспечение приема, мониторингования и первичной обработки сигналов с дрейфовых камер.

Препринт отпечатан с оригинала-макета, подготовленного авторами.

Подписано к печати 14.03.2012. Формат 60 × 84/16. Офсетная печать.
Печ.л. 0, 88. Уч.– изд.л. 1,15. Тираж 80. Заказ 36. Индекс 3649.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142281, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2012-6, ИФВЭ, 2012
