

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2011–11
ОЭА

Н.С. Иванова, В.И. Ковальцов¹, А.В. Кошелев, А.Ф. Лукьянцев,
С.В. Маконин, А.А. Матюшин, В.П. Милюткин, В.С. Селезнев,
А.Ю. Сотников

Система диагностики выведенных из У-70 пучков частиц и ее статус

¹ ООО «Систел», г. Протвино

Протвино 2011

Аннотация

Иванова Н.С. и др. Система диагностики выведенных из У-70 пучков частиц и ее статус: Препринт ИФВЭ 2011–11. – Протвино, 2011. – 17 с., 5 рис., библиогр.: 9.

Рассматривается система диагностики пучков, выведенных из ускорителя У-70. Система является трехуровневым аппаратно-программным комплексом, в состав которого входят измерительная аппаратура, каркасы аналоговой электроники, VME-каркасы с контроллерами MVME-167 и микроконтроллерными модулями, а также персональные компьютеры, работающие под операционной системой Linux. Описываются подходы и решения проблем адаптации системы в процессе её развития и использования в сессиях на У-70, в частности подключение к системе интенсиметров и профилометров нестандартного типа, процедура калибровки интенсиметров. Описывается программное обеспечение, базирующееся на инструментарии EPICS, и средства его отладки.

Abstract

Ivanova N.S. et al. The diagnostic system for the extracted beams of the U-70 accelerator and its status: IHEP Preprint 2011–11. – Protvino, 2011. – p. 17, figs. 5, refs.: 9.

The diagnostic system for the extracted beams of the U-70 accelerator is considered. The system is a three-level hardware-software complex that contains measurement devices, analog electronic crates, VME-crates with microprocessor modules and MVME-167 controllers as well as personal computers under Linux operating system. The approaches to the system adaptation problems during the U-70 runs and solutions to these problems are presented, in particular, the non-standard profilmeters and intensimeters implementation, intensimeter calibration. The software based on the EPICS toolkit and the debugging facilities are described, too.

Введение

Автоматизация диагностики пучков, выведенных из ускорителя У-70, началась в конце 70-х – начале 80-х годов. Поначалу автоматизировались отдельные процедуры или отдельные каналы, как, например, измерение профилей и положения пучка для канала транспортировки на экспериментальную установку СФИНКС [1]. Затем была создана объединенная система диагностики для всего комплекса каналов вывода [2]. Она состояла из 6 двухуровневых подсистем и базовых ЭВМ СМ-4. На нижнем уровне подсистем находились детекторы пучка, подсоединенные к каркасам предварительной электроники, на верхнем уровне – аппаратура и автономные каркасные контроллеры АКК-83 (АКК-83М) в каркасе “Вектор”-СУММА.

К середине 90-х годов назрела необходимость модернизации системы. Контроллеры АКК-83 были заменены контроллерами АКК-19, а вместо базовых ЭВМ СМ-4 были внедрены IBM PC [3]. Информация от контроллеров поступала в персональные компьютеры (ПК) по терминальным линиям связи, а компьютеры IBM PC могли связываться между собой или с потребителями по сети Ethernet. Обновленная система диагностики предоставляла пользователям более широкие возможности получения информации о пучке. Однако вскоре компьютерная техника, электроника и часть аппаратуры устарели и встал вопрос об их замене.

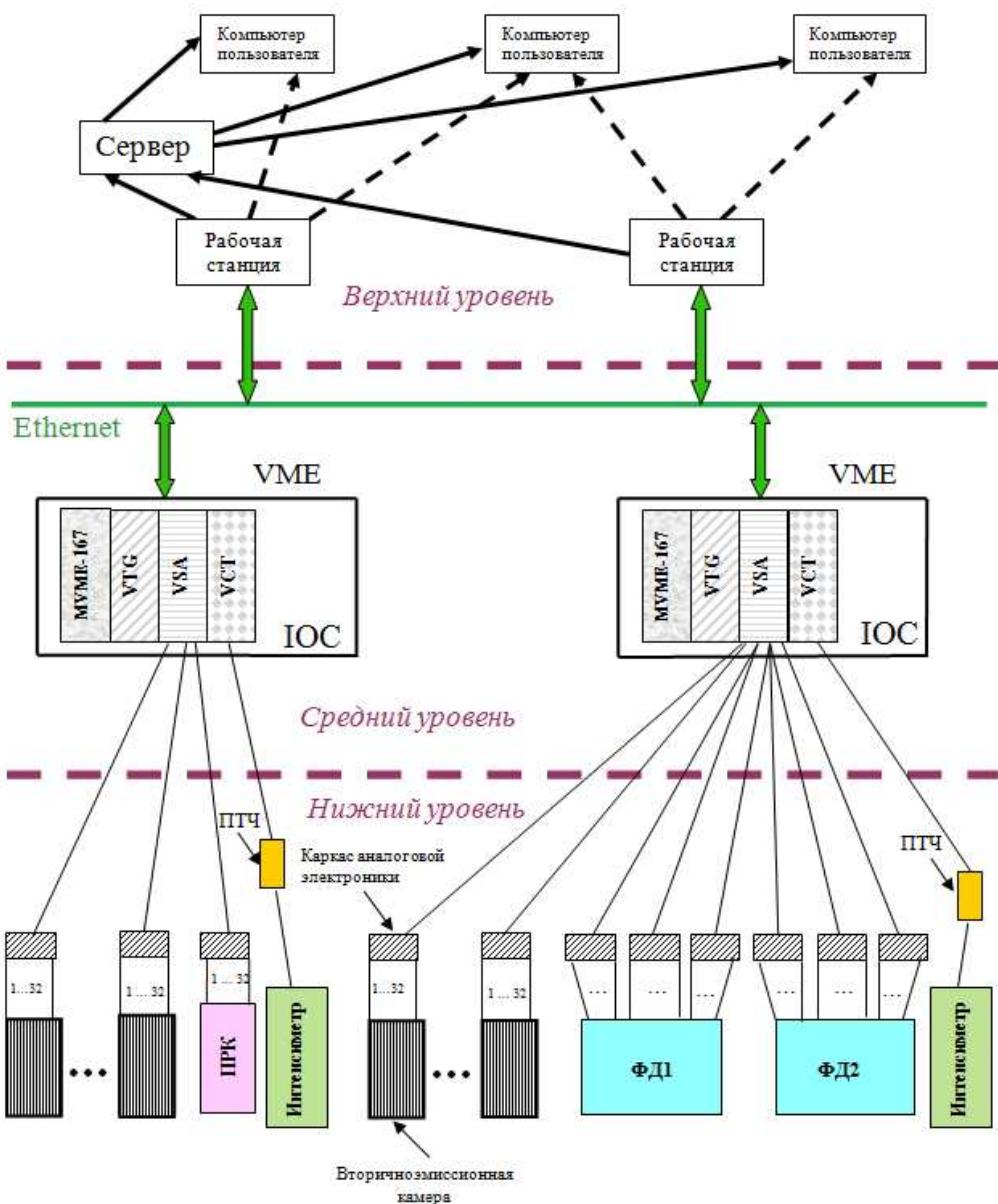


Рис. 1. Структура системы диагностики. Подключенные новые приборы: ПРК – пропорциональная камера перед поглотителем, ФД1 и ФД2 – ионизационные камеры в области установки ФОДС, интеграторы и ПТЧ.

Была разработана новая система, которая используется с 2001 года и представляет собой трехуровневый аппаратно-программный комплекс. Общая схема системы диагностики представлена на рис. 1. Нижний уровень составляют приборы для измерения характеристик пучка и каркасы аналоговой электроники. На среднем уровне находятся VME-каркасы, укомплектованные микроконтроллерными модулями ввода-

вывода и одноплатными ЭВМ MVME-167 с операционной системой реального времени (ОСРВ) VxWorks [4]. На верхнем уровне – персональные компьютеры с операционной системой (ОС) Linux, используемые как рабочие станции и как серверы. Программное обеспечение (ПО) системы диагностики базируется на инструментарии EPICS [5]. Основные принципы построения новой системы диагностики и ее структура были описаны в [6,7]. В данной работе речь пойдет о развитии системы в 2005-2011 годах, в частности о способах подключения к системе нестандартной измерительной аппаратуры и об адаптации системы к специфическим режимам работы. При этом главное внимание будет уделено нижнему и среднему уровням.

Основными задачами системы являются:

- сбор и начальная обработка информации о пучке;
- представление информации в различных видах как в on-line, так и в off-line режимах;
- накопление, хранение данных и предоставление доступа к ним из компьютерной сети.

Для решения этих задач необходим гибкий механизм настройки. Такой механизм в системе предусмотрен, однако он не решает всех проблем. Поскольку работа физиков-экспериментаторов и специалистов по пучкам носит исследовательский характер, то в ряде случаев требуются изменения аппаратной конфигурации и/или программного обеспечения. При выполнении таких изменений необходимо учитывать ряд факторов: совместимость с предыдущей конфигурацией, эффективность работы обновленной системы, затраты времени на ее реализацию и др.

1. Нижний и средний уровни системы диагностики

Каждый из уровней системы диагностики выведенных пучков может функционировать автономно – при сбое на одном каком-либо уровне остальные сохраняют свою работоспособность. На нижнем уровне происходит регистрация частиц пучка: аналоговые сигналы с детекторов пучка поступают в модули каркаса аналоговой электроники. Он выполняет мультиплексирование сигналов и передачу их на средний уровень по коаксиальному кабелю. Средний уровень образуют каркасный контроллер и микроконтроллерные модули ввода-вывода в стандарте VME. Это уровень IOC (Input-Output

Controller – контроллер ввода-вывода) в терминологии EPICS. В рассматриваемой конфигурации в состав ИОС входят модули VTG, VSA, VCT и MVME-167 – одноплатный компьютер фирмы Motorola. VTG – это комбинированный таймерный модуль, предназначенный для управления выбором сигналов с профилометров, таймирования запуска VSA, VCT и пр. VSA – 12-разрядный 16-канальный АЦП для преобразования сигналов с интеграторов профилометров и кратковременного (в рамках одного цикла У-70) хранения результатов измерений. VCT – комбинированный 8-канальный модуль счетчиков для измерения интенсивности при совместной работе с модулями ПТЧ (преобразователь ток-частота).

ИОС функционирует в режиме реального времени, согласованном с суперциклами У-70, длительность которых 8–9 сек. За это время должен быть выполнен весь объём работ, связанных с текущим циклом: измерения, преобразования данных, отсылка информации на верхний уровень и т.п. Используемые MVME-167 с тактовой частотой 30–40 МГц и оперативной памятью 8–16 Мбайт значительно уступают по производительности современным образцам, однако вполне адекватны данной задаче. Отметим, что важным требованием к подобным системам является высокая надежность работы. В нашем случае наработка на отказ при стабильном функционировании систем питания – около сотни тысяч циклов ускорителя.

Для старта в ИОС необходимо загрузить несколько файлов с верхнего уровня. В этих файлах содержатся: ОСРВ; базовое ПО EPICS; специализированное ПО, разработанное в ИФВЭ; различные настройки и параметры. Загрузка происходит по сети Ethernet.

При включении каркаса VME или перезапуске ИОС управление всегда получает начальный загрузчик каркасного контроллера. Он читает параметры из энергонезависимой памяти: сетевой адрес контроллера, сетевой адрес компьютера, на котором находятся файлы, имена основных загрузочных файлов и некоторые другие параметры, необходимые для удаленной загрузки. Основная задача этого этапа – загрузка и запуск операционной системы. После инициализации ОСРВ, файловой системы NFS, сетевой подсистемы и других служб, типичных для каждой операционной системы, происходит загрузка ПО, относящегося к EPICS. Это ПО условно можно разделить на две части –

базовую и прикладную. Базовая часть является в определенной степени общей для систем, построенных с помощью инструментария EPICS, прикладная часть отражает специфику конкретных задач и организаций.

Загрузка завершается инициированием всех модулей ИОС, после чего система готова к работе.

2. Подключение нестандартной аппаратуры

Все “стандартные” профилометры системы диагностики являются камерами с 16 измерительными каналами в горизонтальной плоскости и 16 – в вертикальной. Камеры подключаются к каркасам аналоговой электроники [1].

Профилометр, находящийся перед поглотителем для установки ОКА, отличается от стандартных. Это пропорциональная камера с 32 сигнальными электродами, расположенными в плоскости сепарации частиц (вертикальной плоскости). Чтобы максимально приблизить работу с этой камерой к стандартному варианту, первые 16 каналов были подключены к аналоговой электронике как относящиеся к горизонтальной плоскости, а остальные 16 – как относящиеся к вертикальной плоскости. При этом не понадобилось никаких изменений на уровне ИОС. Передача информации и её обработка происходила так же, как и в случае “стандартных” ортогональных камер.

Ионизационные камеры, расположенные в районе установки ФОДС [8], содержат в каждой плоскости по 40 каналов для измерения профиля пучка. Кроме того, в отличие от остальных профилометров, у которых расстояние между электродами постоянно, эти камеры имеют разные шаги. Поэтому при их подключении к системе стандартный способ не подходил.

Заметим, что при необходимости подключения новых измерительных приборов или для обеспечения специфических режимов работы системы возникает вопрос: на какую часть аппаратно-программного комплекса возложить те или иные функции. Разумеется, в каждом случае необходимо найти наиболее эффективный и легко реализуемый (с точки зрения человеческих и др. ресурсов) вариант.

Так, при вводе в действие новой электроники для ионизационных камер установки ФОДС в весеннем сеансе 2009 г. проблема подключения была решена аппаратным

образом. Показания элементов камер, имеющих шаг 1 мм, суммировались по 2, показания датчиков, имеющих шаг 2 мм, оставались без изменений. Так была задействована центральная часть камер, периферийные элементы не учитывались. Для быстрого внедрения это было неплохое решение. Удалось опробовать цепочку получения данных и работу электроники и камер в принципе. К следующему сеансу эта проблема была решена полностью: были подключены и центральная, и периферийные части, и показания с каждого элемента снимались индивидуально. Вопросы преобразования и представления данных решались программным путем в IOC.

Приборы, измеряющие профили пучка, подключены через аналоговую электронику, расположенную в канале. Однако система диагностики располагает и другими методами подсоединения аппаратуры. Рис. 1 иллюстрирует включение в систему интенсиметра: он соединяется с модулем VCT каркаса VME через ПТЧ, находящийся в пультовой.

3. Измерение интенсивности

Для измерения интенсивности пучка медленно выведенных частиц в разное время использовались разные приборы и процедуры. Так, в 2003-2006 гг. измерение интенсивности медленного вывода выполнялось вторичноэмиссионной камерой, такой же, какой измерялись профили пучка. Для этого выделялись три канала камеры. С помощью показаний одного из них вычислялась мантисса, а с помощью показаний двух других – порядок величины интенсивности. Однако более простым оказался другой способ, который и используется в настоящее время. Измерение интенсивности выполняется специальным устройством – интенсиметром. В зависимости от величины интенсивности, это камера вторичной эмиссии или газонаполненная ионизационная камера. Интенсиметр имеет один канал вывода, который через преобразователь ток-частота подключается к счётчику (модулю VCT) каркаса VME. Показания этого прибора являются относительными, поэтому он нуждается в абсолютной калибровке.

Для абсолютной калибровки интенсиметра при медленном выводе использовалась методика активации фольг. В течение заданного времени в каждом цикле ускорителя фиксировалось значение интенсивности, которое показывал интенсиметр.

Вычислялся суммарный заряд частиц пучка за этот период. В это же время в пучке происходило облучение фольги. Впоследствии в режиме off-line фольга обрабатывалась дозиметрическими средствами, позволяющими определить заряд, накопленный за время её экспозиции. Чтобы уменьшить статистические ошибки от интенсивности пучка, такая процедура проводилась неоднократно для разных временных промежутков (от 30 минут до 2 часов). В результате получались два набора измерений: сделанные интенсиметром и дозиметрические. Считая измерения дозиметрическими средствами истинными (с ошибкой в пределах 5%), по методу наименьших квадратов вычислялся коэффициент пропорциональности для интенсиметра по формуле

$$K = \frac{\sum X_i Y_i}{\sum X_i^2},$$

где K – искомый коэффициент; X_i – суммарное значение показаний интенсиметра, а Y_i – суммарный заряд протонов, прошедших через фольгу, для i -го временного промежутка соответственно.

Сравнение суммарной интенсивности с результатами дозиметрических измерений позволяет определить лишь соответствие кумулятивных зарядов. В то же время важной характеристикой прибора является динамическое соответствие его показаний и реальной величины интенсивности. Такое сравнение можно проводить, используя общий заряд одной из плоскостей первого по ходу пучка профилометра. Сложение зарядов всех каналов этой плоскости дает приблизительную оценку текущей интенсивности с некоторым (довольно постоянным) коэффициентом. Кроме того, общий заряд хорошо отражает процесс изменения.

На рис. 2 представлены показания интенсиметра (верхний график) и общий заряд всех каналов 1-го профилометра в вертикальной плоскости (нижний график). Вертикальная, а не горизонтальная плоскость используется из-за особенности установки камеры по отношению к направлению пучка: перекрываемая площадь получается больше. Из рисунка видно, что формы кривых и их изменения хорошо соответствуют друг другу. Такой способ сравнения не используется для калибровки интенсиметра, но для предварительной и быстрой оценки работы подключаемого или настраиваемого прибора он является очень простым и эффективным. Данные для графиков берутся

из архива, в который постоянно записываются результаты измерений. Извлечение информации организовано через Web-сайт. Архив находится на компьютере верхнего уровня (сервере) и доступен в любое время.

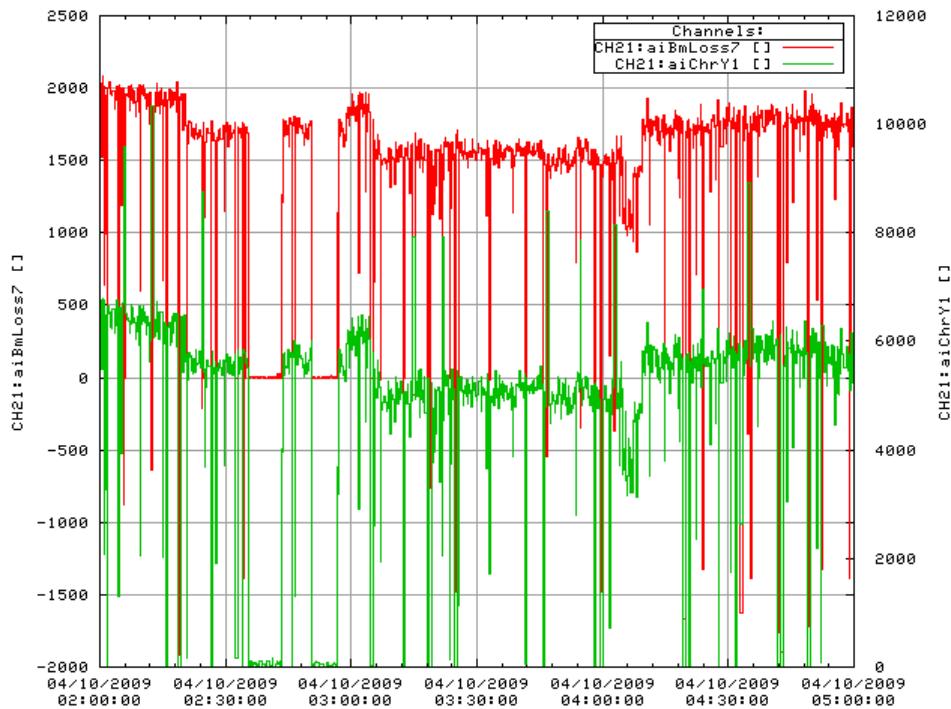


Рис. 2. Сравнение показаний интенсиметра и полного заряда Y-плоскости 1-го профилометра.

4. ПО ИОС и процессная база данных

ПО среднего и верхнего уровней системы диагностики разработано с помощью инструментария EPICS, который включает в себя средства для построения каждого из них, а также обеспечивает связь уровней по сети Ethernet. Основные программные составляющие среднего уровня показаны на рис. 3. Это Channel Access (CA), процессная база данных, средства обслуживания базы данных и программа-драйвер, сопрягающая аппаратуру и ПО.

Channel Access представляет собой набор средств для обеспечения передачи данных между ИОС и компьютерами верхнего уровня, между разными ИОС, а также между различными программными модулями внутри одного ИОС. CA выполняет все рутинные процедуры при передаче информации и делает прозрачным взаимодействие разных частей системы. Работа CA базируется на модели клиент-сервер. В каждом ИОС

обязательно имеется сервер СА. При работе в сети Ethernet СА использует протокол передачи данных TCP/IP. СА и программы обслуживания процессной базы данных являются штатными средствами EPICS. Кроме них, ПО ИОС включает процессную базу данных и программу-драйвер, разработанные в ИФВЭ.

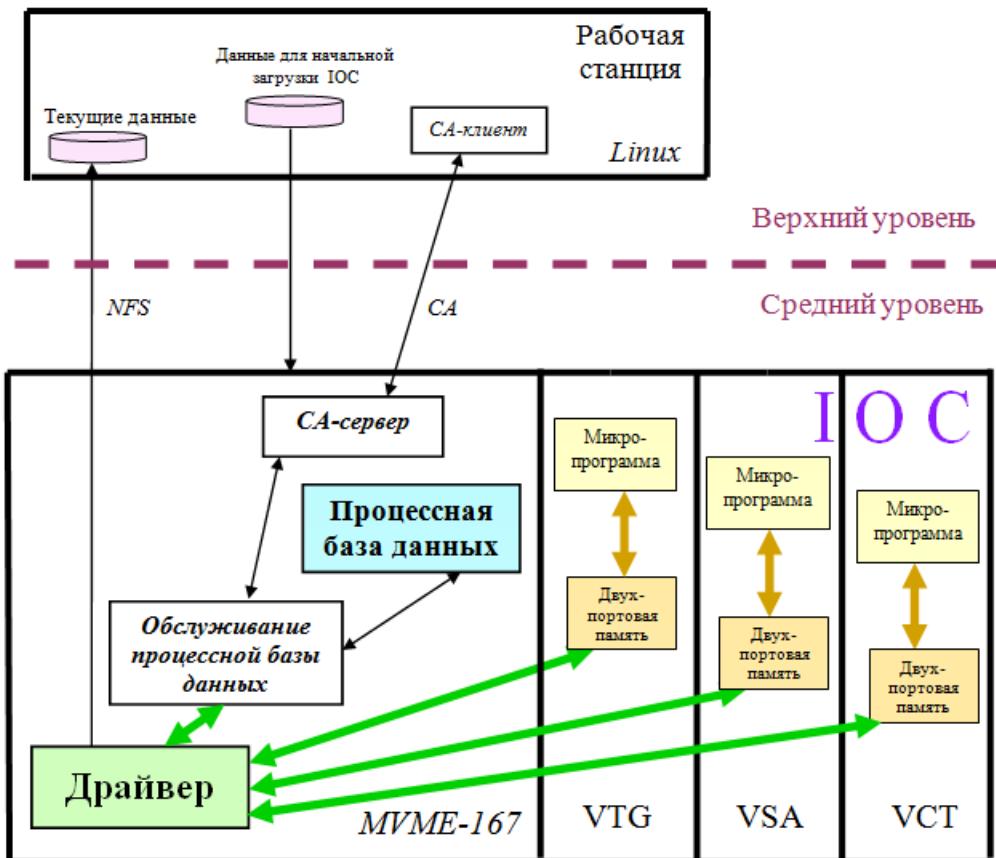


Рис. 3. Упрощенная схема ПО ИОС и его связей. Курсивом обозначены штатные средства, прямым шрифтом и утолщенными стрелками – компоненты, разработанные в ИФВЭ.

Процессная база данных содержит результаты текущих измерений и задает алгоритмы обработки данных и управления. Элементом базы данных является запись (рекорд). Она состоит из логически связанных данных и сопровождающего их программного кода [9]. Записи – это объекты в смысле объектно-ориентированного программирования, написанные на языке С и реализующие определенную функциональность. EPICS поддерживает большой набор типов (классов) записей, среди которых **ai** (analog input), **ao** (analog output), **wf** (waveform), **calc**(calculation). Каждый тип

записи имеет фиксированный набор параметров. Задавая различные значения параметров, можно получить разнообразные записи. Из них составляется процессная база данных. Кроме того, EPICS предоставляет средства для разработки новых типов записей. При проектировании базы данных информация о каждой записи должна быть помещена в специальный db-файл (data base) – файл описания базы данных. Таких файлов, так же, как и баз данных, может быть несколько. Они загружаются при инициализации IOC.

Для измерения профилей пучка и интенсивности в последних сеансах работали два IOC. Для каждого были сформированы отдельные базы данных. Записи типа **ao** предназначались для задания режимов работы VTG и VSA, для установки параметров обработки и различных допусков. Среди таких величин – время измерения, время задержки перед измерением пьедесталов, уровень шума, полярность, максимальное количество работающих профилометров, режим (рабочий или тестовый), коэффициент усиления сигналов. Для каждого профилометра предусмотрена запись типа **ao**, в которой указана его ориентация в пространстве, а также две другие записи **ao**, где указаны шаги (расстояние между датчиками) профилометра по X- и Y-осям.

Записи типа **wf** – это, в основном, массивы измерений. Для каждого профилометра в базе данных имеются две записи типа **wf**, состоящие из 16 элементов. В одной из них размещаются измерения в горизонтальной плоскости, в другой – в вертикальной. В записях типа **wf** находится также информация о полном заряде по всем профилометрам, о положении центра тяжести пучка по всем профилометрам, о среднеквадратичном отклонении пучка по всем профилометрам и пр.

Наиболее многочисленными в рассматриваемых базах данных являются записи типа **ai**. Некоторые из них содержат величину сигнала, полученную непосредственно при измерении – как, например, интенсивность. Другие записи получают значение в результате преобразований в драйвере. Так, к каждому профилометру относится не менее шести **ai**-записей, содержащих сумму отсчетов по оси X и Y, среднеквадратичное отклонение по каждой оси, смещение центра тяжести пучка по каждой оси. Эти величины вычисляются драйвером, исходя из массивов измерений сигналов профилометров.

Записи типа **calc** выполняют вычисления, используя значения записей других типов. Они применяются в системе диагностики для выполнения несложных преобразований: учета коэффициентов, перевода в другие единицы и пр. Такие записи используются, например, при измерении интенсивности – для приведения показаний прибора к реальной шкале. Общее число записей для каждого ИОС – около девятисот.

5. Драйвер для сопряжения аппаратуры и ПО в ИОС

При построении системы с помощью EPICS всегда разрабатываются процессные базы данных. В дополнение к этому могут быть созданы новые типы записей и/или программы-драйверы. Дополнительные работы в одних случаях вызваны спецификой подключаемого оборудования, в других – сложностью алгоритмов обработки данных. В системе диагностики была создана многофункциональная программа-драйвер, которая обеспечила интерфейс со всем оборудованием и достаточно сложную первичную обработку данных. Вследствие этого разработка новых типов записей не понадобилась. Не понадобилось также и создание драйверов при подключении нового оборудования: все изменения вносились в уже существующий драйвер. К преимуществам такого подхода можно отнести возможность глобальной оптимизации работы с аппаратурой и отсутствие тиражирования схожих алгоритмов обработки.

Рассмотрим драйвер более подробно. В его задачи входит:

- чтение данных от аппаратуры и их преобразование;
- взаимодействие с программами поддержки записей;
- инициализация и реконфигурация модулей каркаса VME;
- запись текущих данных на компьютер верхнего уровня.

Рассматриваемый драйвер функционирует под контролем ОС реального времени, которая обеспечивает многозадачность, синхронизацию процессов, обработку прерываний и другие возможности, необходимые для построения эффективной программы. На рис. 4 показаны основные составляющие драйвера и их взаимодействие со штатными частями EPICS. В левой части рисунка изображена схема вызовов функций драйвера программами, обслуживающими процессную базу данных, в правой – последовательность обработки информации в очередном цикле ускорителя.

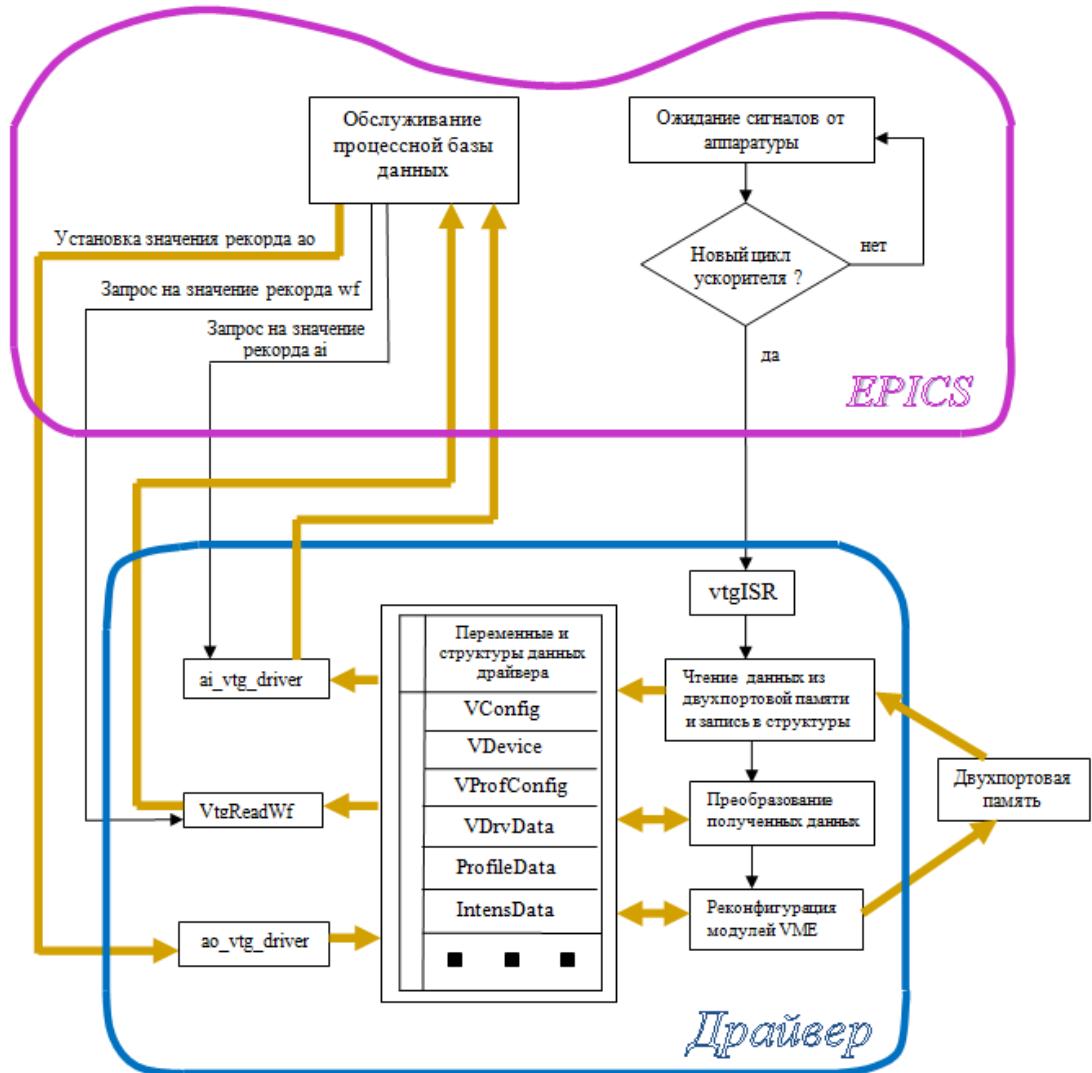


Рис. 4. Взаимосвязь основных компонент драйвера и их взаимодействие с EPICS. Утолщенные стрелки показывают передачу данных, обычные – передачу управления.

Поскольку MVME-167 не имеет внешней памяти, то все необходимые данные должны быть размещены в оперативной памяти, и её рациональное использование имеет особое значение. Отметим также, что программное обеспечение ИОС работает в режиме реального времени, где очень важна скорость обработки информации. Поэтому при разработке драйвера особое внимание было уделено организации данных. Основные данные сгруппированы в структуры (в смысле языка С), которые являются блоками информации, общими для всех подпрограмм-функций драйвера. Структуры

имеют четкую иерархию. Такое построение дает возможность быстрого доступа к нужным данным.

В соответствии с логикой работы системы диагностики в структурах содержатся измерения, сведения об устройствах, о параметрах обработки и процессе работы.

Назовем некоторые типы структур:

- **VConfig** – структура, содержащая указатели на двухпортовую память, указатели на буфера в оперативной памяти и основные параметры, необходимые для работы драйвера. В структуре находятся ссылки на структуры VDevice (их количество равно числу модулей в каркасе VME) и на структуры VProfConfig (по числу профилометров);
- **VDevice** – описание модуля VME (VTG, VSA или VCT);
- **VProfConfig** – описание отдельного профилометра;
- **VDrvData** – ссылки на данные измерений, в частности на ProfileData и IntensData;
- **ProfileData** – измерения профиля пучка и вычисленные характеристики пучка для конкретного профилометра;
- **IntensData** – измерения интенсивности;

Кроме упомянутых, в драйвере присутствуют структуры, отражающие состояния управляющих сигналов модулей VME, структуры, связанные с диагностикой ошибок и др. Кратко остановимся на наиболее важных подпрограммах-функциях драйвера.

Функция vtgISR управляет получением новых измерений после очередного цикла ускорителя. Она запускается операционной системой по приходу прерывания от модуля VTG. Такой сигнал поступает, если процесс приема данных в АЦП от аппаратуры завершен. Отметим, что в системе диагностики измерения делаются дважды. Первый раз измеряются значения, зафиксированные профилометрами при прохождении пучка, второй раз считаются показания приборов в отсутствие пучка (измерение пьедесталов). Оба массива сохраняются в соответствующих структурах на время цикла ускорителя. Для получения “чистого” сигнала из элементов первого массива вычтываются элементы второго. Именно эти величины и используются в обычной работе. Массив пьедесталов используется для контроля или настройки приборов.

Последовательность действий vtgISR такова. Сначала вызывается функция, которая переписывает данные из двухпортовой памяти VSA в структуры ProfileData. При этом 12-разрядные данные из памяти VSA приводятся к 16-разрядному формату каркасного контроллера. Следующая функция преобразует данные с учетом полярности и ориентации профилометра. Вычисляется сумма всех показаний профилометра по каждой оси, смещение центра тяжести пучка, среднеквадратичный разброс и пр. После обработки полученных измерений проверяются флаги состояния аппаратуры каркаса. Если есть необходимость реконфигурации модулей VME, запускается специальная процедура. На этом заканчивается обработка данных очередного цикла ускорителя.

Другие подпрограммы-функции драйвера связаны с процессной базой данных. Функция ai_vtg_driver предоставляет величину для определенной записи типа **ai**. Значение извлекается из структуры, в которую оно было накануне перенесено драйвером из двухпортовой памяти модуля VME. Функция vtgReadWF работает подобно ai_vtg_driver, но оперирует не отдельной величиной, а массивом. Функция ao_vtg_driver предназначена для задания параметров устройств. Необходимое значение записывается в нужную структуру и затем из неё переносится в память указанного модуля.

ОСРВ обеспечивает параллельное выполнение нескольких задачий. Это позволяет описанным выше подпрограммам-функциям работать одновременно (строго говоря, квазипараллельно) и независимо. Необходимые для работы переменные и массивы размещены в структурах, к которым каждая функция имеет доступ в любой момент. Такая организация программы обеспечивает регулярное (в каждом цикле ускорителя) обновление данных и в то же время предоставление информации по запросам других программ.

Как правило, в EPICS-системах общение верхнего и среднего уровней происходит только через Channel Access. В рассматриваемой системе с помощью драйвера была реализована дополнительная возможность. На компьютер верхнего уровня регулярно записываются основные данные о конфигурации и текущие измерения. Массив для записи формируется драйвером. При передаче используется протокол NFS (рис. 3).

Драйвер написан на языке С. Для его компиляции и сборки используется кросс-система программирования на компьютере верхнего уровня. Исполняемый файл загружается с рабочей станции в MVME-167 при начальном запуске системы аналогично остальному ПО для ИОС.

6. Организация рабочего места для отладки ПО и аппаратуры

Одной из особенностей рассматриваемой системы является то, что обрабатываемые данные поступают во время работы ускорителя. Поскольку специальное включение такой дорогостоящей установки для целей отладки невозможно, было создано рабочее место, позволяющее провести предварительную проверку программ и аппаратуры.

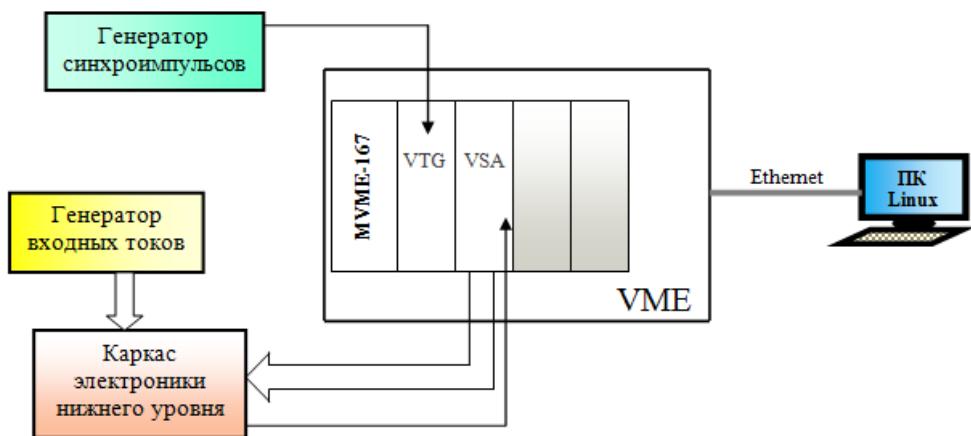


Рис. 5. Рабочее место разработчика.

Рабочее место, схема которого представлена на рис. 5, состоит из каркаса электроники нижнего уровня, крейта VME, генератора входных токов и генератора синхроимпульса. Каркас электроники нижнего уровня имеет 32 канала интегрирования (4 модуля по 8 входов) и модуль коммутатора. В качестве входных сигналов используются токи, имитирующие сигналы профилометра. Минимальная величина токов составляет 2 нА. Цикл работы инициируется синхроимпульсом, который генерируется раз в 8 секунд и имитирует старт цикла вывода пучка. Синхроимпульс поступает в каркас VME на модуль VTG и по шине VME передается в VSA. В соответствии с кодом запроса от VSA коммутатор в каркасе электроники нижнего уровня последовательно

передает сигналы с интеграторов на один из входов этого модуля. В модуле VSA сигналы преобразуются в цифровую форму и передаются далее в ПК по линии Ethernet. Описанным набором аппаратуры можно проверять работоспособность компонентов системы, предназначенных для измерения геометрических параметров (профилей и положения) пучка. Для проверки других функций системы, например измерения интенсивности, в каркас VME могут включаться дополнительные модули (VCT). Соединение по Ethernet с компьютером дает возможность отладить значительную часть программного обеспечения: правильность загрузки ПО в каркасный контроллер, настройку режимов измерений, передачу данных по сети и др.

Оборудование позволяет имитировать при отсутствии пучка полный цикл работы системы диагностики, в основном совпадающий с реальными условиями на каналах выведенных пучков. С его помощью можно также проводить длительные тесты аппаратуры и программ и получать статистические данные для оценки надежности.

Заключение

Описанная система диагностики применялась в сеансах на ускорителе У-70 для настройки оптики каналов на экспериментальные установки (КМН, ОКА, ФОДС, СВД). В настоящее время на нижнем уровне в системе используются до 20 вторично-эмиссионных камер, расположенных по трассе протонных пучков, 2 ионизационные камеры рядом с установкой ФОДС, 12 пропорциональных камер на трассах СВД и ОКА. На этих пучках работают также 4 интенсиметра. На среднем уровне – 2 каркаса VME, на верхнем уровне – 2 рабочие станции. В каждом цикле обрабатывается около 1000 аналоговых сигналов.

Принятые аппаратные решения и ориентация программного обеспечения системы на инструментарий EPICS позволили достаточно быстро и безболезненно адаптировать систему к различным требованиям физических экспериментов.

В заключение авторы выражают благодарность В.И. Гаркуше и всем сотрудникам лаборатории каналов частиц Отдела пучков, эксплуатирующим описанную систему, а также Г.И. Крупному (ОРИ) за помощь в проведении абсолютных измерений интенсивности.

Список литературы

- [1] Галяев Н.А., Гресь В.Н., Давыденко Ю.П. и др. Система измерения профилей пучка на протяжённой трассе канала транспортировки заряженных частиц. – Препринт ИФВЭ 85-61, Серпухов, 1985.
- [2] Гоцев В.В., Гресь В.Н., Давыденко Ю.П. и др. Система диагностики выведенных протонных пучков ускорителя ИФВЭ. – Препринт ИФВЭ 88-106, Серпухов, 1988.
- [3] Давыденко Ю.П., Селезнев В.С., Соловьев Ф.М. Программное обеспечение модернизированных систем диагностики пучка каналов выведенных пучков ускорителя ИФВЭ. В сб.: “XV Совещание по ускорителям заряженных частиц”, Протвино, 1996, том 1, с. 316-320.
<http://web.ihep.su/library/pubs/aconf96/ps/c96-147.pdf>
- [4] VxWorks Programmers’s Guide, WindRiver Systems, 1994.
- [5] <http://www.aps.anl.gov/epics>, ‘EPICS Home Page’.
- [6] V. Kovaltsov, A. Loukiantsev, A. Matyushin, V. Milyutkin, I. Romanov, V. Seleznev, A. Sytin, M. Clausen. Upgrading of the beam diagnostic system of U-70 beam transfer lines. In “Proceedings of the 8th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems”, San Jose, USA, 2001, pp. 295-297.
- [7] Иванова Н.С., Ковальцов В.И., Кошелев А.В. и др. Модернизация системы диагностики каналов транспортировки выведенных пучков частиц У-70. В сб.: “Труды XVIII Совещания по ускорителям заряженных частиц RUPAC-2002”, Обнинск, Россия, 2002, с. 591-596.
- [8] Абрамов В.В., Алексеев А.В., Балдин Б.Ю. и др./// ПТЭ, 1992, т. 6, с. 75.
- [9] Мамкин В.Р. Использование VME и CAMAC контроллеров в составе EPICS. – ИЯФ 2001-12, Новосибирск.

Рукопись поступила 16 июня 2011 г.

Н.С. Иванова и др.

Система диагностики выведенных из У-70 пучков частиц и ее статус.

Редактор Л.Ф. Васильева.

Подписано к печати 20.06.2011. Формат 60 × 84/16. Офсетная печать.
Печ.л. 1,25. Уч.-изд.л. 1,92. Тираж 80. Заказ 48. Индекс 3649.

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

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2011-11, ИФВЭ, 2011
