



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2011-3
ОЭА

В.Н. Алфёров, И.В. Лобов, А.В. Лутчев, Ю.В. Бордановский,
В.С. Лагутин, Д.Г. Хмарук

**Система управления источниками питания
магнитооптических элементов каналов частиц.
Множественный доступ и представление данных**

Протвино 2011

Аннотация

Алфёров В.Н., Лобов И.В., Лутчев А.В. и др. Система управления источниками питания магнитооптических элементов каналов частиц. Множественный доступ и представление данных: Препринт ИФВЭ 2011-3. – Протвино, 2011. – 10 с., 6 рис., 1 табл., библиогр.: 6.

Описана система управления источниками питания (ИП) магнитооптических элементов каналов частиц, выведенных из ускорителя У-70. Контролируются около 110 источников трех типов, питающих около 130 магнитных диполей и квадруполов. Система управления включает в себя контроллеры оборудования на базе микроконтроллера I 8051, полевые магистрали в стандарте CAN, компьютер переднего края, сервер данных (SQL-Server) и клиентские ЭВМ. Эти ЭВМ объединены технологической ЛВС и могут управлять ИП. Клиенты из офисной ЛВС могут читать данные через сервер данных. Пользовательские программы используют LabView 2009 и сетевые технологии.

Abstract

Alferov V.N., Lobov I.V., Lutchev A.V. et al. Proton Synchrotron Extracted Beam Lines Magnets Power Supplies Control System: IHEP Preprint 2011-3. – Protvino, 2011. – p. 10, figs. 6, table 1, refs.: 6.

A 70 GeV Proton Synchrotron Extracted Beam Lines Magnets Power Supplies (PS) Control System (CS) is described. About 110 different magnet dipoles and quadrupoles PSs have to be controlled. A CS includes custom Equipment Controllers based on I 8051 Processors, CAN Field Bus, FEC, data server (SQL server) and client PCs. PCs are connected by dedicated LAN, they can control PSs. There is also possibility for office LAN PCs to read data. User friendly service afforded under LabView 2009 and WEB tools.

Введение

Описываемая система предназначена для местного и дистанционного управления источниками питания (ИП) магнитооптических элементов (МОЭ) каналов выведенных из ускорителя У-70 частиц. В 1980–90-е годы она базировалась на цифровых источниках опорного напряжения (ЦИОН) для стабилизации ИП, управляемых по магистрали MIL 1553 с помощью ЭВМ Э60. В 2001 году ЦИОНЫ были заменены на микропроцессорные контроллеры, управляемые ПЭВМ по магистралям в стандарте CAN. В 2009–2010 гг. проведена модернизация управления, доступа к оборудованию и представления данных.

1. Магнитооптическое оборудование каналов

Магнитооптическое оборудование каналов выведенных из ускорителя У-70 частиц состоит из отклоняющих магнитов типов (основных): СП-129, СП-032, СП-7А-1, СП-40А, СП-12, СП-7, СП-150, а также квадрупольных линз типов 20К200, 20К100, 10К200.

Существующие источники питания МОЭ каналов вывода частиц ИФВЭ включают в себя следующие три типа:

1. Электромашинные преобразовательные агрегаты с генераторами постоянного тока (двухмашинные и трехмашинные агрегаты 1-26, 28, 29 АП) – 50 единиц, работающие с 1968 года. Их основное достоинство – эффективная развязка

от толчков питающей сети, а также простота при переключении полярности. Основные недостатки: относительно малая надёжность вращающихся агрегатов, ограничение диапазона регулирования в низкую сторону из-за больших остаточных токов на холостом ходу.

2. Статические ИП наружной установки типа КВТМС-Т (кремниевый выпрямитель трехфазный масляный стабилизированный) – всего 39 единиц, из них 25 введены в работу в 1971 году, остальные 14 – в 1985 году. Из-за малой скорости отклика на возмущения по питающей сети в условиях быстрых скачков напряжения имеют стабильность на порядок хуже генераторов постоянного тока.
3. Тиристорные источники стабилизированного тока на основе комплектных тиристорных устройств типа КТУ-230/1000Н и КТУ-230/1600Н. Первая партия КТУ-230/1000Н (10 шт.) была введена в эксплуатацию в 1977 году, вторая партия КТУ-230/1600Н (10 шт.) введена в 1985 году. Обладают достаточным быстродействием для ослабления скачков напряжения питающей сети, имеют широкий диапазон регулирования, высокий КПД, а в сочетании с сухими анодными трансформаторами и современными тиристорами, охлаждаемыми обессоленной водой, не уступают в надёжности источникам питания на магнитных усилителях типа КВТМС-Т, хотя и создают большие гармонические искажения.

В связи с тем, что количество магнитов и линз превышает количество ИП, по мере необходимости производятся переключения, т.е. конкретный ИП не «приписан» к определенному МОЭ.

Управление ИП обеспечивается специализированными микропроцессорными контроллерами, каждый контроллер управляет одним источником питания. Задача контроллера состоит в выдаче напряжения ЦАП, которое является опорным для системы стабилизации тока МОЭ. В процессе работы контроллер обеспечивает измерение уставки, текущего значения тока МОЭ по напряжению на его шунте и статусных сигналов (охлаждение и др.). Перед каждым сеансом контроллер конфигурируется (программируется) на работу с конкретной парой источник–нагрузка [1]. При этом в контроллер заносятся следующие параметры:

- максимальное выходное напряжение уставки;
- скорость изменения выходного напряжения;
- задержка включения тонкой подстройки;
- минимальное значение тонкой подстройки;
- число шагов тонкой подстройки;
- усреднение по числу шагов тонкой подстройки;

При разработке системы управления источниками питания МОЭ учтен ряд следующих особенностей индуктивной нагрузки и самих источников:

1. Все МОЭ обладают значительной индуктивностью, особенно магниты. Время установления постоянного тока при подаче напряжения в зависимости от типа составляет от секунд до нескольких минут.
2. Наличие гистерезиса требует соблюдения определенной процедуры установления тока магнита – подъем тока до максимально возможного значения и снижение до рабочего уровня.
3. Из-за несовершенства системы стабилизации тока магнита нет соответствия измеренного реального тока уставке. Необходимо производить тонкую подстройку, т.е. корректировать уставку до тех пор, пока не установится требуемый ток.
4. Полярность может меняться.

Пользователями системы управления являются:

- дежурный персонал отдела пучков. В его задачи входит настройка МОЭ каналов 8, 21, 22, 23;
- дежурный персонал энергетического корпуса (зд. 10), который, кроме управления от ЭВМ, может переводить при необходимости систему на местное ручное управление. В его задачи входит обеспечение нормальной работы источников питания МОЭ;

- персонал физических установок экспериментального зала 1 БВ, в состав которых входят МОЭ (В 2010 г. это установки ВЕС и СПИН, в дальнейшем предполагается автоматизация всех ИП);
- прочие пользователи сети, которым разрешен просмотр текущих данных.

2. Конфигурация системы управления

Функциональная схема системы управления изображена на рис. 1. Управление контроллерами осуществляется компьютером переднего края (КПК), находящимся в энергетическом здании (зд. 10). Доступ к контроллерам из КПК осуществляется по полевым магистралям стандарта CAN через двухканальный адаптер промышленной сети реального времени CAN-bus-PCI компании «Марафон» [2]. Контроллеры собраны в две магистрали по два сегмента каждая, общая длина каждой магистрали составляет около 600 метров. Используемая скорость передачи 20 кбит/с позволяет максимально уменьшить возможные потери передачи данных по магистрали CAN, вызванные помехами и неоднородностью линии.

Операция чтения данных из контроллера занимает около 15 мс. КПК производит последовательный опрос всех контроллеров, при общем числе контроллеров 100 – 120 единиц период опроса приближается к 2 секундам.

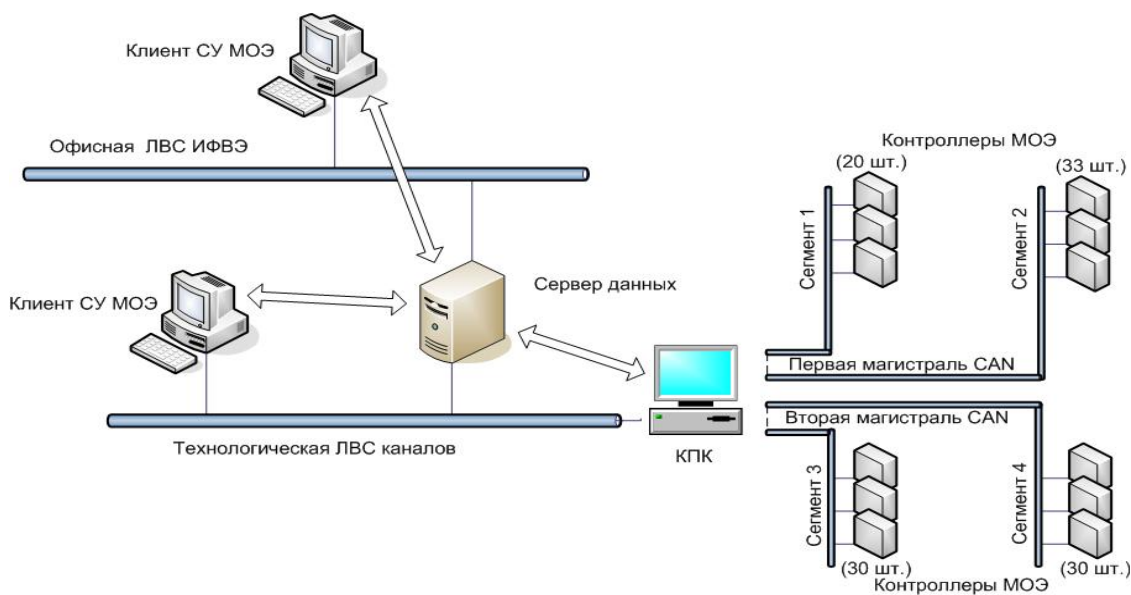


Рис. 1. Функциональная схема системы управления МОЭ.

КПК является клиентом СУБД MS SQL-сервер 2008 [4] компьютера Dell PowerEdge T710, выполняющего роль главного сервера каналов и расположенного на центральном пульте управления каналами. Другими клиентами этого сервера могут быть любые компьютеры, расположенные в технологической или офисной ЛВС ИФВЭ. Каждому клиенту в системе управления МОЭ предоставляются разные возможности. Нижнюю ступень иерархии клиентов занимают клиенты со статусом «наблюдатель», которые могут только просматривать состояние ИП и не участвуют в управлении. Среднюю ступень занимают пользователи-операторы компьютеров физических установок. Кроме возможности просматривать режимы работы всех элементов, они имеют право управлять режимами работы ИП только своих каналов. Полную возможность изменять режимы работы всех ИП, а также формировать список каналов, участвующих в сеансе, имеют операторы компьютеров центрального пульта управления каналами и операторы пульта управления энергетического здания. Компьютеры, имеющие право управлять ИП, обязательно должны находиться внутри технологической ЛВС каналов, тогда как компьютеры со статусом «наблюдатель» могут находиться и в офисной ЛВС ИФВЭ.

Управление ИП осуществляется с помощью SQL-сервера, в таблицах которого записываются измеряемые режимы, команды, результаты их выполнения. Все операции с контроллерами (чтение данных и запись параметров) автоматически записываются в архивные таблицы для возможности их последующего анализа. Для тестовых и отладочных работ имеется возможность управления контроллерами непосредственно с КПК.

Дополнительной возможностью системы управления является функция быстрого опроса отдельно взятого контроллера ИП. Цикл быстрого опроса работает параллельно с основным циклом измерения и не оказывает на него заметного влияния. Скорость быстрого опроса зависит от общего количества контроллеров, включенных в цикл быстрого опроса. Максимальная скорость соответствует минимальному шагу опроса в 30 мс. Этот режим включается оператором пульта управления энергетического здания вручную и служит для более точного анализа работы ИП.

3. Возможности пользователя

Доступ к SQL-серверу осуществляется через протокол ODBC [3]. Его универсальность и независимость от специфики компьютерных технологий позволяет легко и гибко создавать приложения для мониторинга и управления МОЭ и для работы с архивом данных, используя для этого разнообразные программные инструменты. Для создания таких приложений использовались два программных инструмента – MS OWC [5] и NI Developer Suite [6].

На рис. 2 и 3 представлены разработанные с помощью MS OWC экранные формы web-приложения системы управления, работающего под управлением браузера MS Internet Explorer. Главным преимуществом таких приложений является простота установки и использования.

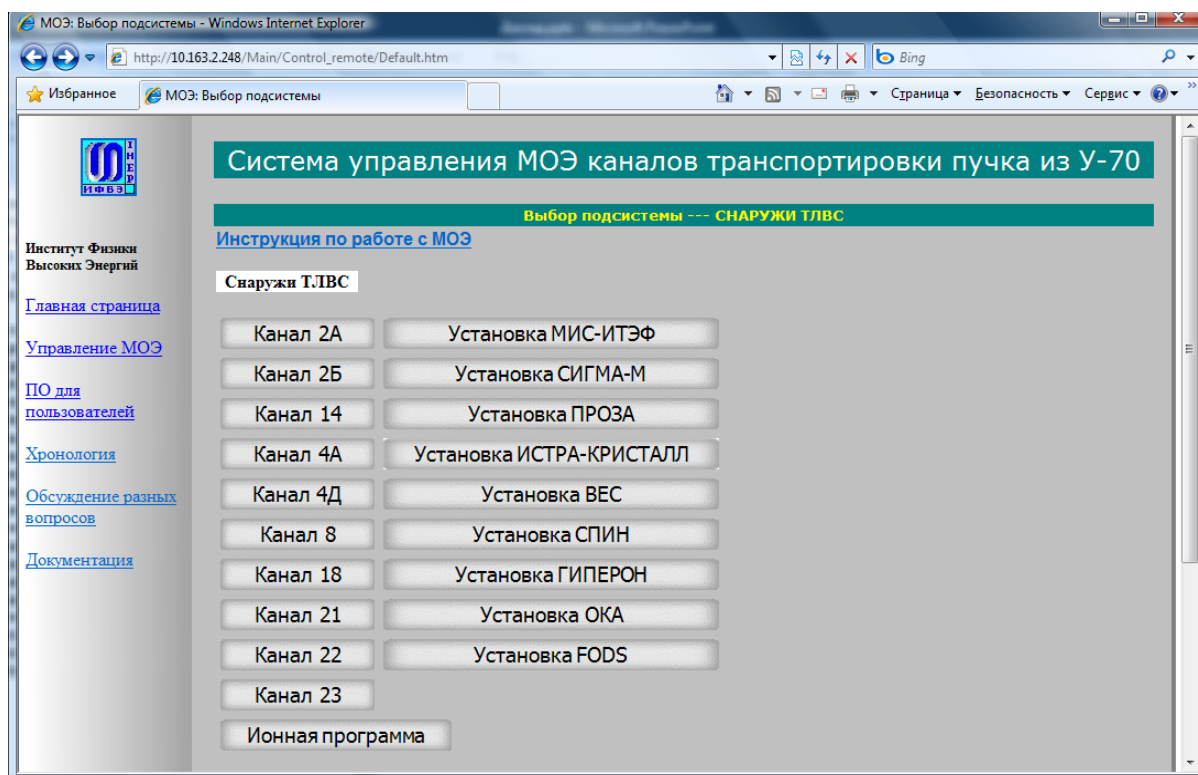


Рис. 2. WEB-приложение системы управления МОЭ (используется MS Internet Explorer). Окно выбора канала.

Роль клиента: ЦПУК
МОЭ для CHANNEL_04d

UP выделенных МОЭ										DOWN выделенных МОЭ										<>		
Управл	Сила	Канал/Элемент/Тип			Макс	Режим	Текущий	OK				Выбор МОЭ			ЦАП(2)/шунт(1)			Полярн				
☒	0	4	1	20K200-14АП1	5	0,945	0	4		Запись	UP	DOWN	☒	Выбор	0	ЦАП	шунт	0				
☒	0	4	2	СП143-11КТУ	5	1,52	0	4		Запись	UP	DOWN	☒	Выбор	0	ЦАП	шунт	0				
☒	0	4	4	20K200-14АП2	5	0,766	0	4		Запись	UP	DOWN	☒	Выбор	0	ЦАП	шунт	0				
☒	0	4	5	СП7А1М-29АП1	2,8	0,214	0	4		Запись	UP	DOWN	☒	Выбор	0	ЦАП	шунт	0				
☒	0	4	6	20K200-1ТП1	3,75	0	0	4		Запись	UP	DOWN	☒	Выбор	0	ЦАП	шунт	0				
☒	0	4	7	СП7А1М-24АП	3,75	0,192	0	4		Запись	UP	DOWN	☒	Выбор	0	ЦАП	шунт	0				
☒	0	4	11	20K200-12АП2	5	0,655	0	4		Запись	UP	DOWN	☒	Выбор	0	ЦАП	шунт	0				
☒	0	4	12	20K200-12АП1	5	0,648	0	4		Запись	UP	DOWN	☒	Выбор	0	ЦАП	шунт	0				
☒	0	4	13	ВЕС-27АП	5,7		0	4		Запись	UP	DOWN	☐	Выбор	0	ЦАП	шунт	0				
☒	0	4	15	СП7-16АП1	2,8	0,195	0	4		Запись	UP	DOWN	☐	Выбор	0	ЦАП	шунт	0				

Рис. 3. WEB-приложение системы управления МОЭ. Основное рабочее окно программы.

На рис. 4 и 5 показаны окна приложения системы управления ИП, созданной с использованием LabVIEW (NI Developer Suite). Обладая широкими графическими возможностями и большим набором математических функций для анализа результатов измерений, инструментарий LabVIEW позволяет достаточно быстро разрабатывать специальные виды приложений для решения задач, связанных с отладкой, тестированием и оптимизацией режимов работы системы управления ИП.

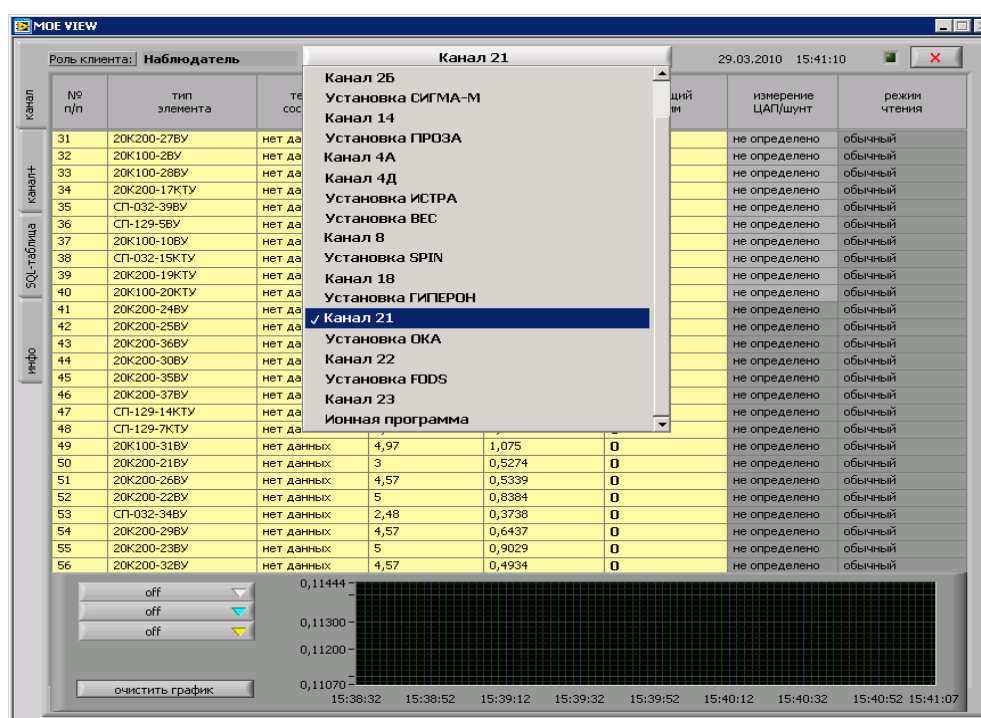


Рис. 4. LabVIEW-приложение системы управления МОЭ. Выбор канала.

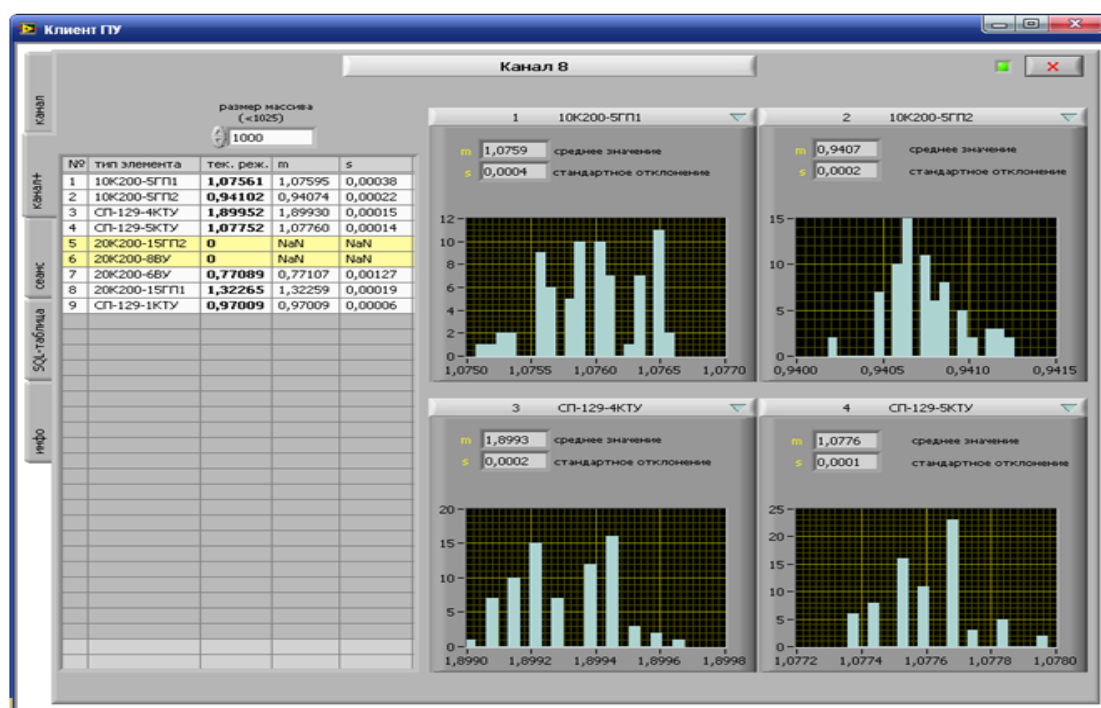


Рис. 5. LabVIEW-приложение системы управления МОЭ.
Анализ стабильности работы элементов.

Разрабатываются также программы для работы с архивами данных и команд. Архивирование позволяет проводить периодическую оценку состояния контроллеров и систем стабилизации за длительное время. На рис. 6 приведен пример использования накапливаемых архивных данных для мониторинга работоспособности АЦП контроллеров ИП. Данные о длительном поведении контроллеров позволили, с одной стороны, выявить контроллеры с повышенными шумами АЦП, с другой – выявить корреляции повышенных шумов с работой источников питания в импульсном режиме и другими причинами.

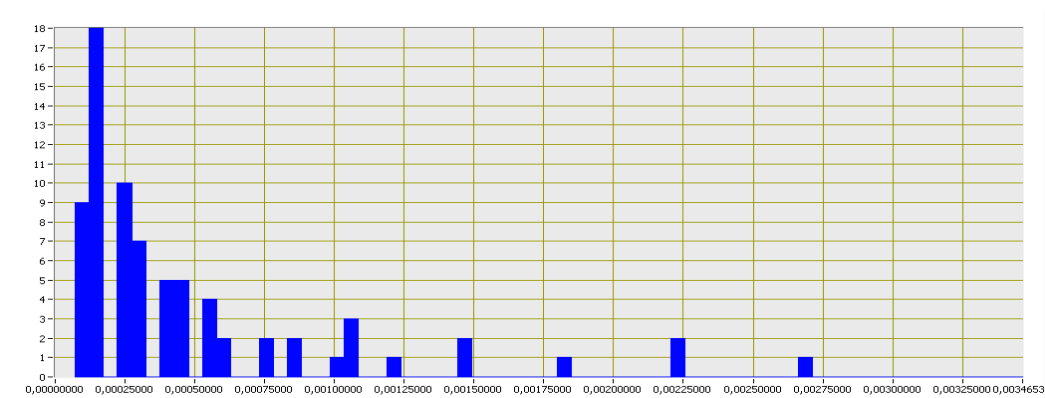


Рис. 6. Гистограмма распределения контроллеров по уровню шумов.

4. Выводы

Система находится в эксплуатации с 2001 года. Она обеспечивает следующие основные возможности для пользователей:

- Множественный ранжируемый доступ к оборудованию с возможностью расширения числа пользователей. Каждому клиенту назначается определенная роль в системе управления, задающая его права.
- Расширяемость приложений для управления ИП и просмотра архива. Приложения могут разрабатываться на любой платформе с использованием любого языка программирования.

Направления дальнейшей модернизации системы:

- Оснащение контроллерами и включение в общую систему управления 30 с лишним ранее не охваченных ИП МОЭ каналов зала 1БВ.
- Минимальный период опроса всех контроллеров в 2 секунды представляется слишком продолжительным. Некоторое уменьшение его может быть достигнуто, во-первых, за счет некоторого увеличения скорости CAN магистрали, во-вторых, за счет разбиения поллинга на параллельные петли по числу CAN-адаптеров.
- Система управления строилась без учета использования импульсного питания линз. Работа линз в импульсном режиме приводит к значительным проблемам в их управлении штатными средствами системы. Это обуславливает необходимость разработки контроллера с синхровходом.

Авторы благодарят А.Ф. Лукьянцева за полезные обсуждения.

Список литературы

- [1] V. Alferov, Y. Bordanovski, S. Klimov, V. Ilukin, V. Kuznetsov, O. Radin, A. Shalunov, A. Sytin, P. Vetrov, V. Yaryguine, V. Zapolski, V. Zarucheiski. U-70 proton Synchrotron Extracted Beam Lines Control System Modernization. Proceedings of the 2001 International Conference on Accelerator and Large Experiment Control Systems. Los Angeles, USA, 2001. <http://icalepcs2001.slac.stanford.edu>

- [2] <http://can.marathon.ru/>
- [3] <http://support.microsoft.com/kb/110093>
- [4] Роберт Э. Уолтерс, Майкл Коулс. SQL Server 2008: ускоренный курс для профессионалов (Accelerated SQL Server 2008). – М.: «Вильямс», 2008.
- [5] Qimao Zhang. Professional ASP Programming Guide for Office Web Component: With Office 2000 and Office XP. Writers Club Press, 2001.
- [6] <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/2785>

Рукопись поступила 17 февраля 2011 г.

В.Н. Алфёров, И.В. Лобов, А.В. Лутчев и др.

Система управления источниками питания магнитооптических элементов каналов частиц.

Множественный доступ и представление данных.

Редактор Л.Ф. Васильева.

Подписано к печати	25.02.2011.	Формат	$60 \times 84/16$.	Офсетная печать.
--------------------	-------------	--------	---------------------	------------------

Печ.л.	0, 75.	Уч.– изд.л.	1, 15.	Тираж	80.	Заказ	37.	Индекс	3649.
--------	--------	-------------	--------	-------	-----	-------	-----	--------	-------

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

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2011-3, ИФВЭ, 2011
