

ОРГАНИЗАЦИЯ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ НОВЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ КОРРЕКТОРОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НУКЛОТРОНА

Исадов Виктор Алексеевич¹, Андреев Василий Анатольевич²

¹Студент;

ГОУ ВПО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;
e-mail: brahman63@mail.ru.

²Ведущий инженер;

Объединенный институт ядерных исследований,
Лаборатория Физики Высоких Энергий;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6;
e-mail: vandreev@jinr.ru.

В статье рассказывается о реализации удалённого управления источниками питания в рамках подсистемы коррекции магнитного поля сверхпроводящего синхротрона Нуклотрона и разработке соответствующих программных продуктов – модуля для сервера подсистемы и клиента. Также представлены первые результаты работы подсистемы во время последних сеансов работы ускорителя.

Ключевые слова: ускоритель заряженных частиц, синхротрон, Нуклотрон, источники питания, магнитное поле, подсистема коррекции орбиты.

REMOTE CONTROL OF THE NUCLOTRON MAGNETIC FIELD CORRECTORS

Isadov Victor¹, Andreev Vasily²

¹Student;

Dubna International University of Nature, Society, and Man,
Institute of system analysis and management;
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;
e-mail: brahman63@mail.ru.

²Leading engineer;

Join Institute for Nuclear Research,
Laboratory of High Energy Physic;
141980, Dubna, Moscow reg., Joliot-Curie, 6;
e-mail: vandreev@jinr.ru

The article reports implementation of the power supplies remote control in bounds of the magnetic field correction subsystem of the superconducting synchrotron Nuclotron. Corresponding software (module for the subsystem's server and client) development is described. First results of the subsystem usage during the last runs of the accelerator are presented.

Keywords: charged-particle acceleration, synchrotron, Nuclotron, power supplies, magnetic field, orbit correction subsystem.

Нуклотрон – базовая установка Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина (ЛФВЭ) Объединённого института ядерных исследований (ОИЯИ), предназначенная для получения многозарядных ионов (ядер) с энергией до 6 ГэВ на нуклон, пучков протонов, а также поляризованных дейтронов.

Ввиду сложности оборудования и происходящих процессов, успешное функционирование Нуклотрона напрямую зависит от развитой автоматизированной системы управления (АСУ). Работы по её созданию начались практически одновременно со строительством ускорителя и ведутся до сих пор. Подсистема управления корректорами магнитного поля является одной из важных частей АСУ Нуклотрона [1].

В реальной магнитной структуре из-за наличия разного рода возмущений равновесная орбита деформируется, что неблагоприятно сказывается на работе систем ускорителя – системе инжекции, вывода и т.д. Корректирующие системы вносят в магнитную структуру возмущения того же характера, только намеренно.

В настоящий момент происходит разработка проекта *NICA (Nuclotron based Ion Collider Facility)* – создание коллайдера на базе Нуклотрона. Опыт создания подсистемы управления корректорами может быть перенесен и на другую составляющую часть установки NICA – бустер (предускоритель) [6].

Организация удалённого управления новыми источниками питания корректоров магнитного поля Нуклотрона является необходимым условием успешного функционирования подсистемы, так как её оборудование находится в радиационно-опасной зоне, где нельзя находиться человеку во время сеанса работы ускорителя.

Основными задачами подсистемы коррекции магнитного поля АСУ Нуклотрона являются:

- выставление токов в обмотках корректоров магнитного поля в зависимости от значений ведущего поля B ;
- измерение реальных значений силы тока I в обмотках корректоров;
- оперативное отображение информации;
- прием по вычислительной сети с центрального или с местного пультов управления команд оператора, их интерпретация и выполнение;
- передача текущей информации о состоянии подсистемы по вычислительной сети на центральный и местные пульты управления;
- ведение базы данных статусов корректоров;
- создание и анализ архивных файлов [1].

Предыдущая версия подсистемы морально устарела, поэтому новый вариант разрабатывался с использованием современного оборудования, сетевых и программных технологий. Были заказаны специализированные источники питания для корректоров. Для аналогового управления источниками используется аппаратура *National Instruments*, для статусного управления – интерфейс RS-485 [3].

Статусное управление заключается во взаимодействии сервера подсистемы с источниками по RS-485. Оно выполняет следующие задачи:

- поиск включенных источников в отдельном потоке выполнения программы;
- запрос статуса у включенных источников;
- изменение параметров работы источников (вкл/выкл нагрузки, изменение полярности, сброс ошибки).

Аналоговое управление заключается во взаимодействии сервера с источниками по аналоговым линиям связи. Подсистема может работать в двух режимах:

Динамический режим:

- перед каждым циклом работы ускорителя в ГФ записывается опорный («эталонный») сигнал;
- по сигналу НЦ запускается и ГФ, и АЦП. ГФ тактируется импульсами от B -таймера;
- после окончания измерительного цикла АЦП, данные из его буфера сгружаются в память компьютера и по ним строятся эпюры токов.

Статический режим:

- по команде оператора на изменение тока в источнике в ГФ записывается и сразу отрабатывается эталонный сигнал перехода;
- АЦП в циклическом режиме снимает эпюры тока в источниках (длительность измерения – 4 секунды).

Структуру данной подсистемы можно представить в графическом виде следующим образом:

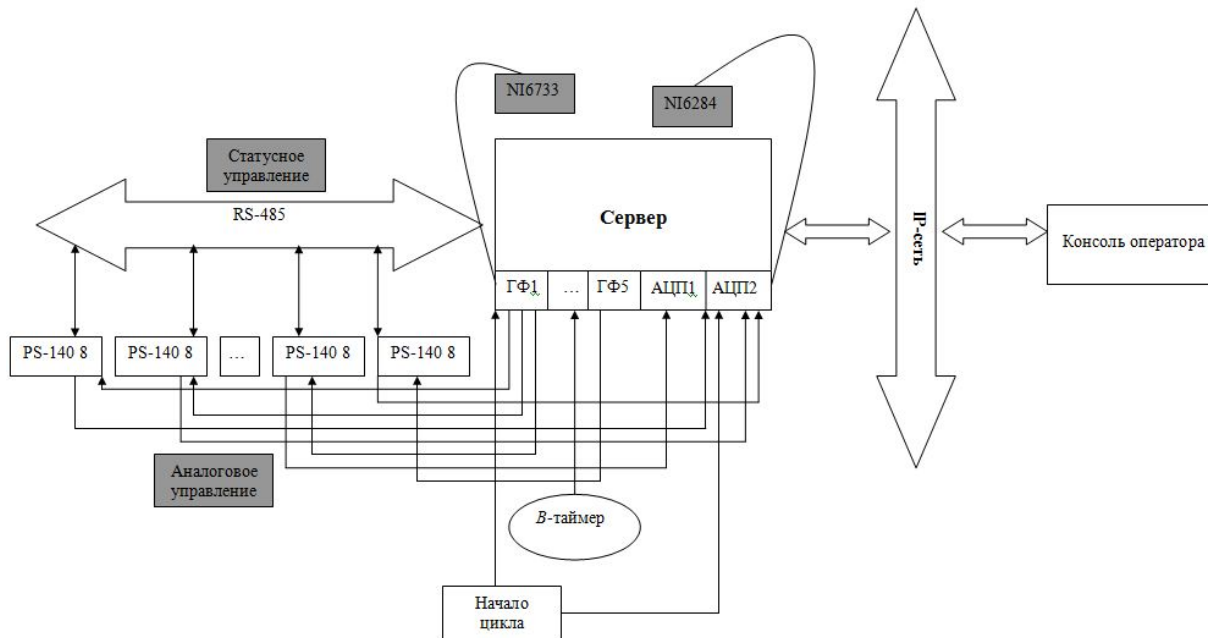


Рис. 1. Структурная схема подсистемы

Сервер (управляющий компьютер и программа) взаимодействует с источниками с помощью статусного и аналогового управления. Он может работать в двух режимах – статическом и динамическом. Целью данной работы было обеспечение управления подсистемой через IP-сеть установки с помощью программы-клиента, выполняемой на консоли оператора.

Для успешного функционирования подсистемы коррекции была поставлена задача организации удаленного управления новыми источниками питания корректоров магнитного поля Нуклотрона.

Для решения этой задачи были разработаны и интегрированы в сервер подсистемы соответствующие программные модули, а также создан клиент (*Windows*-приложение) – интерфейс оператора, позволяющий формировать команды для управления источниками, отображать статусные данные и строить графики зависимости силы тока источников от времени.

К основным возможностям сервера относятся:

- установка соединения с одним клиентом управления с разрешенных компьютеров;
- приём и обработка команд от клиента. Команды на изменение параметров работы источников питания выполняются точно так же, как если бы они были отданы с консоли сервера;
- передача клиенту данных о текущих параметрах работы и состоянии источников питания;
- передача эпюр измеренных токов источников питания после каждого измерительного цикла подсистемы.

Клиент должен:

- иметь пользовательский интерфейс, схожий с интерфейсом сервера;
- обеспечить передачу пользовательских команд серверу (список команд прилагается);
- обеспечить приём и обработку команд и данных от сервера (список команд прилагается);
- давать оператору возможность управлять списком допустимых IP-адресов для удаленного подключения;

- отображать эпюры измеренных токов источников с возможностью масштабирования и перемещения окна отображения вдоль оси времени;
- сохранять эпюры измеренных токов как в собственном бинарном, так и в формате *JPEG*;
- организовывать *offline*-просмотр сохраненных эпюр токов;
- предоставлять возможность распечатывать эпюры токов на сетевом или локальном принтере.

Схему взаимодействия клиента и сервера можно представить в виде двух блок-схем:

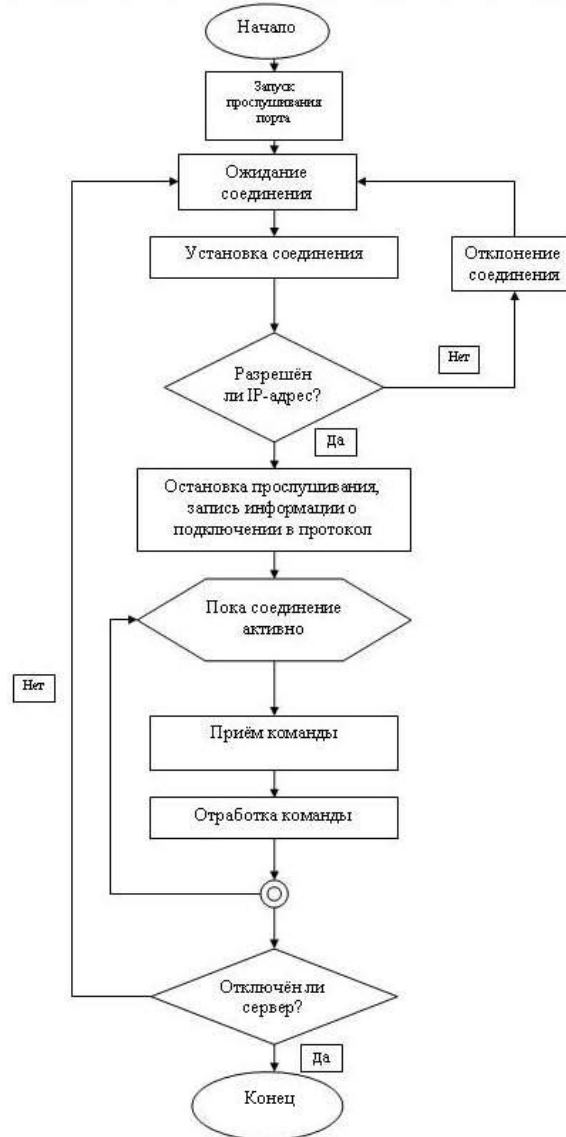


Рис. 2. Блок-схема принятия и обработки соединения сервером



Рис. 3. Блок-схема подключения и взаимодействия клиента с сервером

Описать эти блок-схемы и некоторые другие аспекты клиент-серверного взаимодействия на программном уровне можно следующим образом. При попытке подключиться к серверу в клиенте создаётся отдельный поток выполнения команд с помощью класса *Thread*. В нём посредством объекта класса *TcpClient* осуществляется попытка подключения к серверу, используя *IP*-адрес и порт, указанные в окне программы. На сервере работает поток, принимающий и обрабатывающий входящие подключения. В случае неудачи выводится сообщение, описывающее причину ошибки. В случае удачного подключения запускается цикл *while*, в котором с помощью классов *BinaryFormatter* и *NetworkStream* из сетевого потока, созданного на основе подключения, извлекается объект класса *CorrConst_Net*, содержащий код команды и другие данные, посланные сервером. Далее идет обработка этих данных, и на основе кода команды выполняются те или иные команды. В свою очередь, клиент так же отправляет команды серверу, которые последний принимает и обрабатывает. В это же время с некоторой периодичностью происходит обновление панелей управления и эюр тока на основе данных, приходящих от сервера. При получении кода команды, означающей необходимость отключения от сервера, цикл прерывается, сетевой поток и подключение закрываются.

После использования программы-клиента во время двух последних сеансов работы Нуклотрона, операторами ускорителя было высказано несколько предложений и требований по изменению программы, которые были учтены при создании её обновлённой версии. Основные отличия от первой версии:

1. Объединены статусное и аналоговое управление.
2. Число возможных источников было увеличено с 32 до 40.
3. Первые четыре вкладки объединены в одну и все панели управления источниками умещаются на ней (отдельная версия). Данная версия оптимизирована под полноэкранный режим работы приложения при разрешении экрана 1920 на 1080.
4. Индикатор полярности заменён на явное отображение её значения («+» или «-»).

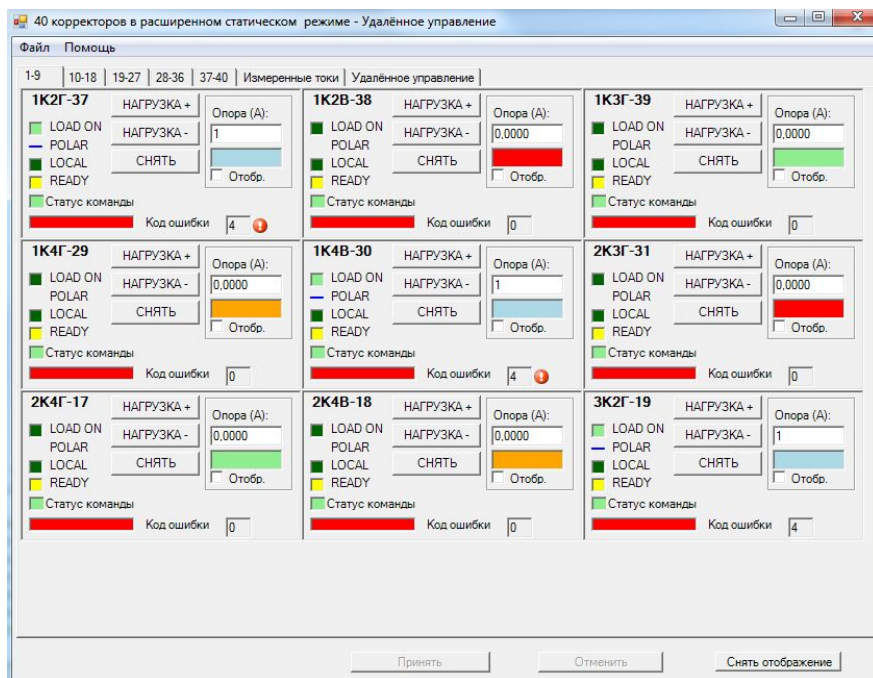


Рис. 4. Окно клиента. Текущая версия

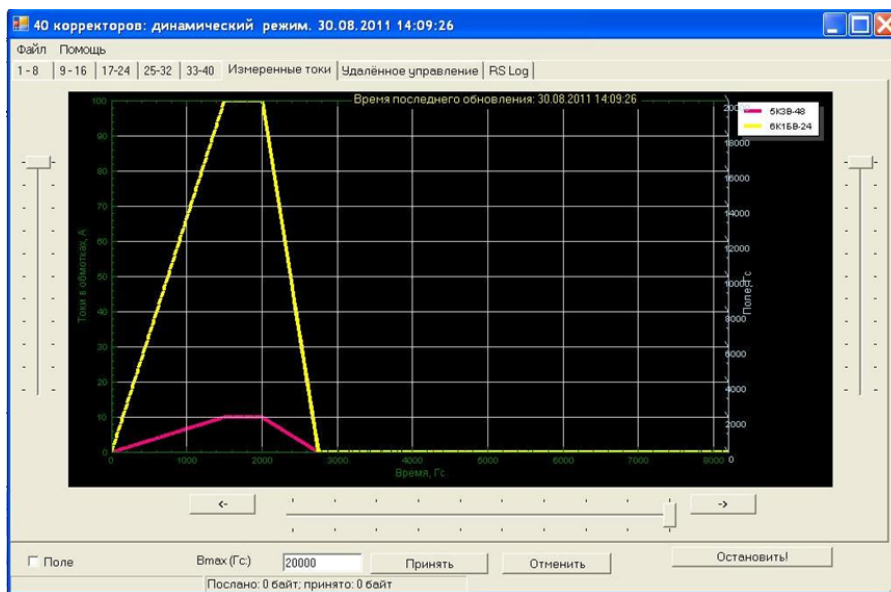


Рис. 5. Вкладка «Измеренные токи»

В результате проделанной работы были созданы программные продукты, отвечающие всем требованиям и предназначенные для организации удаленного управления новыми источниками питания корректоров магнитного поля Нуклотрона.

Данная разработка была успешно задействована в ходе 42 и 43 сеансов работы Нуклотрона в Объединённом институте ядерных исследований (ОИЯИ) в конце 2010 года и весной 2011 года соот-

ветственно. Подсистема управления корректорами показала себя эффективным инструментом настройки ускорителя. Серьезных сбоев в ее работе и претензий со стороны операторов не было. В процессе использования приложения – клиента удаленного управления поступили пожелания и замечания, которые были и будут учтены в ходе создания обновлённой версии этого программного продукта [2, 4, 5].

Список литературы

1. Andreev V., Vasilishin V., Volkov V. The Nuclotron Control System – Nuclear Electronics & Computing. XXI International Symposium (NEC'2007) : Proceedings of the Symposium, Varna, Bulgaria, Sept. 10-17, 2007. – Dubna: JINR , 2008.
2. CERN Courier, Upgrade of Nuclotron paves the way for NICA. – Vol. 51. – № 3. – 2011. – P. 10.
3. Power supply PS140-8 Technical report.
4. Мялковская Г., Нуклотрон-Марафон 2010 – Дубна: Еженедельник Объединенного института ядерных исследований (электронная версия), 2010.
5. Сидорин А., Кадыков М., Тютюнников С., Ладыгин В. и др. На Нуклотроне завершён 43-й сеанс – Дубна: Еженедельник Объединенного института ядерных исследований (электронная версия), 2011.
6. Сисакян А. Н., Сорин А. С. и др. Ускорительно-накопительный комплекс NICA – Дубна: ОИЯИ, 2009.