

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИКА СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

*Н. И. Мосейко, Ю. В. Крылов, Л. А. Мосейко, Д. Г. Одинцов,
Б. И. Семенов, А. В. Широков*

НИЦ «Курчатовский институт», Москва

Разработан и реализуется проект модернизации вакуумной системы источника синхротронного излучения НИЦ «Курчатовский институт», включающий переход системы на высоковольтные источники питания ВИП-27 для насосов типов НМД и ПВИГ — 0,25/630. Управляется система по CAN-bus, вакуум контролируется путем измерений токов насосов в диапазоне 0,0001–10 мА. Система обеспечивает вакуум 10^{-7} Па. Отображение статуса и обработка собранных в архив данных выполнена на базе MS SQL Server. В результате выполненной работы повысилась эффективность и надежность вакуумной системы, что позволило улучшить основные параметры источника СИ.

The project of upgrade of vacuum system is developed and is realized for the synchrotron radiation source NIS «Kurchatov Institute», including transition to high-voltage power supplies VIP-27 for pumps of types NMD and PVIG — 0,25/630. The system is realized on CAN-bus, the vacuum is supervised by measurements of pumps currents in a range 0.0001–10 mA. The system provides the vacuum level of 10^{-7} Pa. Display of the status and processing of the archive data is executed on the basis of MS SQL Server. As a result the efficiency and the reliability of vacuum system have risen which has allowed one to improve the main parameters of the synchrotron radiation source.

PACS: 29.25.-t; 29.20.dk

ВВЕДЕНИЕ

Источник синхротронного излучения НИЦ «Курчатовский институт» (НИЦ КИ) состоит из линака на энергию 80 МэВ, бустерного накопителя на максимальную энергию 450 МэВ и основного накопительного кольца (БН-накопителя) на энергию 2,5 ГэВ [1]. В НИЦ КИ создан Курчатовский центр нано-био-инфо-когнитивных научных исследований и технологий (НБИК-центр), который в кооперации с другими научными центрами будет выполнять правительственную программу внедрения нанотехнологий в России. При этом источник синхротронного излучения (СИ) будет использоваться для этих целей как базовая установка.

Вакуумная система источника СИ (синхротрона) должна обеспечивать вакуум 10^{-7} Па. При этом на малом кольце синхротрона установлены насосы магниторазрядные диодные типов НМД производительностью 0,16 и 0,4 м³/с. На большом кольце синхротрона — вакуумные ионно-гетерные посты типа ПВИГ 250/630 производительностью

0,25 м³/с/630 л/с. Вакуумная система, разработанная в конце 80-х гг., морально и физически устарела. В 2006 г. была проведена модернизация этой системы с целью замены морально устаревшей и физически изношенной микроЭВМ «Одренок» с системными блоками системный крейт КАМАК. Крейт заменили на современные интеллектуальные крейт-контроллеры K167. Кроме того, путем перехода от базы данных типа Paradox к базе данных SQL-сервер был создан более надежный архив данных. Это позволило повысить надежность системы и расширить ее функциональные возможности [2, 3].

1. АППАРАТУРА ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ

К настоящему времени завершена работа по замене устаревших вакуумных источников питания типа ДИВ-6 с выходным напряжением 5 кВ, использовавшихся для питания насосов ПВИГ 0,25/630 (80 шт.) в БН-накопителе синхротрона. ДИВ-6 были заменены на новые высоковольтные четырехканальные источники питания ВИП-27 с напряжением питания 5 кВ/7 кВ [3]. Применение ВИП-27 позволило увеличить производительность насосов на 30 % и сократить вывод системы после вскрытия камеры на рабочий режим синхротрона на 10 ч.

ВИП-27 управляются блоками типа БУП-27, которые также производят измерения выходных напряжений (U_n) и токов источников (I_n) насосов (которые ранее измерялись устаревшими блоками ИВА-16). Источник питания ВИП-27 с блоком управления БУП-27 размещаются в стандартном крейте 3U Евромеханика (рис. 1). Для питания 80 вакуумных насосов большого кольца источника СИ используется 20 таких крейтов с источниками питания ВИП-27 и блоками БУП-27. Управляет питанием всех насосов SQL-сервер вакуумной системы по общей CAN-шине. Получаемые им данные о токах насосов (I_n) передаются на главный сервер источника СИ.

1.1. Высоковольтный источник питания ВИП-27. Приведем основные технические характеристики ВИП-27 (рис. 1), разработанного в КБСТ (г. Выборг). ВИП-27 обеспечивает: напряжение холостого хода ($5,0 \pm 0,1$) кВ и ($7,0 \pm 0,1$) кВ; выходное напряжение не менее 4 кВ при токе нагрузки 4 мА и установленном напряжении холостого хода 5 кВ; выходное напряжение не менее 6 кВ при токе нагрузки 4 мА и установленном напряжении холостого хода 7 кВ; ток короткого замыкания (10 ± 1) мА; дистанционный перевод в режим «Пуск» из режима «Стоп» и обратно.

ВИП-27 обеспечивает выдачу сигналов для измерения выходного напряжения и тока: выходного напряжения в диапазоне 0–7,0 кВ с погрешностью не хуже 2 % и дискретностью не более 10 В; выходного тока в диапазоне 0–10 мА с дискретностью не более 0,1 мкА и погрешностью не хуже 2 % при токе более 10 мкА.



Рис. 1. Источник питания ВИП-27

Конструктивно ВИП-27 выполняется в корзине 19” стандарта Евромеханика высотой 3U (133 мм), шириной 84ТЕ (426 мм) и глубиной 300 мм. В корзине располагаются шесть одинаковых по ширине модулей 12ТЕ (60 мм) — четыре модуля высокого напряжения, один модуль питания и один интерфейсный модуль управления/диагностики типа БУП-27. Потребляемая от сети мощность не более 150 Вт.

1.2. Блок управления питанием БУП-27. Блок БУП-27 выполнен на базе SBC-компьютера mini MODUL-167 и представляет собой интерфейсную плату (рис. 2). БУП-27 предназначен для управления четырьмя каналами ВИП-27 по CAN-шине. Подключается к компьютеру по CAN-шине или интерфейсу RS-232. Обеспечивает включение/выключение каждого канала; выбор выходного напряжения (5,0/7,0 кВ) каждого канала; измерение амплитуды выходного напряжения и тока каждого канала для определения вакуума. SBC-компьютер mini MODUL-167 (далее mM167) включает/выключает каналы ВИП-27 с помощью сигналов, подаваемых на выходные оптроны. Измерение выходных напряжений и токов каналов ВИП-27 производится с помощью 24-разрядного АЦП типа AD7732 путем измерения пропорциональных им напряжений восьми псевдодифференциальных сигналов. Скорость передачи данных по CAN-шине и адрес контроллера БУП-27 на шине CAN задаются DIP-переключателями SW1 на печатной плате контроллера. Их положение может быть определено микроконтроллером путем считывания состояний сигналов. Печатная плата контроллера БУП-27 выполнена в конструктиве «Евромеханика» высотой 3U, длиной 220 мм и шириной передней панели 4ТЕ (20 мм).

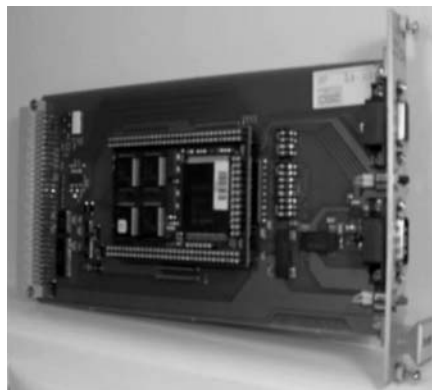


Рис. 2. Блок управления БУП-27

2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ

Программное обеспечение вакуумной системы включает в себя три уровня [2, 3]. Нижний уровень — исполнительная программа, работающая в БУП-27 под управлением операционной системы RTX-166. База данных — MS SQL Server и программа формирования запросов на сервере, ПК — типа Pentium под управлением WindowsXP. Верхний операторский уровень — сетевые приложения для отображения статуса и обработки собранных в архив данных, являющиеся клиентами SQL-сервера. Клиенты разработаны (на языках Delphi и SQL) следующих трех типов. Первый обеспечивает доступ к таблице динамически изменяющихся параметров, в которой он читает последние измеренные значения выбранных каналов (токов и напряжений вакуумных насосов). После обработки полученные данные выводятся в графическом виде или на информационную панель на экране ПК, показывающую статус вакуумной системы, работоспособность аппаратуры и предупреждающую оператора изменением цвета и звуковым сигналом об отклонении от нормы. Второй тип клиента обеспечивает обработку архивов, позволяет вывести в табличном или графическом виде токи выбранных насосов за задан-

ный интервал времени. Отдельный тип клиента, в единственном виде работающий на сервере, — программа, поддерживающая связь с блоками управления БУП-27 и постоянно (с периодом 5 с) пополняющая динамическую таблицу данных новыми результатами измерений.

2.1. Редактирование базы данных. Рассмотрим подробнее работу модернизированной вакуумной системы, использующей доработанную версию ПО [2]. В нее внесены возможности редактирования базы данных (БД) в диалоговом режиме. На рис. 3 представлено одно из основных окон программы редактирования БД. В этом окне находятся четыре таблицы, которые заполняются слева направо и сверху вниз. Сначала заполняется верхняя левая таблица, потом верхняя правая, нижняя правая, нижняя левая. После заполнения очередной таблицы необходимо нажать клавишу, показанную серой стрелкой. В таблице «Сегмент» вакуумной системы вводятся номера суперпериодов БН-накопителя и названия систем синхротрона, на которых установлены вакуумные насосы. В таблице «Стойка» вводятся названия стоек, принадлежащих выбранному сегменту. В таблице «Уровень» вводятся номера источников питания ВИП-27. В таблице «Насос» вводятся названия вакуумных насосов с номером блока управления БУП-27 и номером канала, к которому подключен каждый насос. Устанавливаются также параметры работы канала БУП-27: вкл/выкл питание насоса, установить питание 5 или 7 кВ.

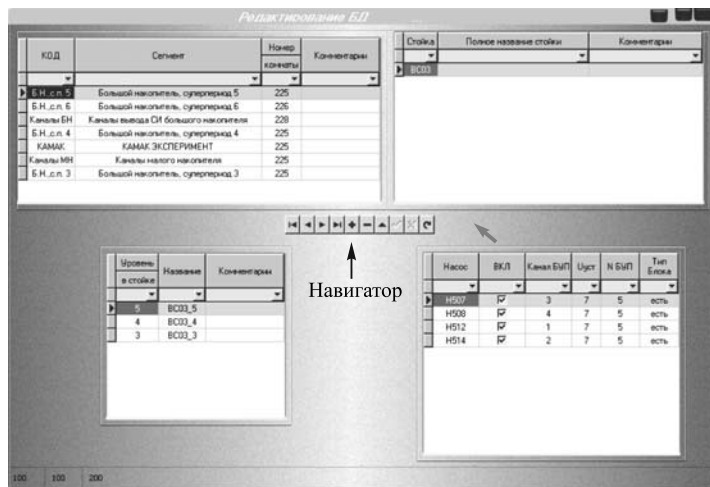


Рис. 3. Редактирование БД

Диалоговый способ редактирования БД позволяет оперативно менять конфигурацию вакуумной системы, подключая насосы к разным источникам ВИП-27, блокам БУП-27 и их каналам. Это существенно сокращает время и затраты на обеспечение бесперебойной работы сложной и многоканальной вакуумной системы источника СИ.

2.2. Управление каналами вакуумной системы. На рис. 4 представлена одна из основных форм окна программы, используемой для управления каналами вакуумной системы в рабочем режиме с выводом всех ее параметров. Форма позволяет: диагностировать состояние каналов (вкл/выкл), устанавливать и сохранять уставки каналов —

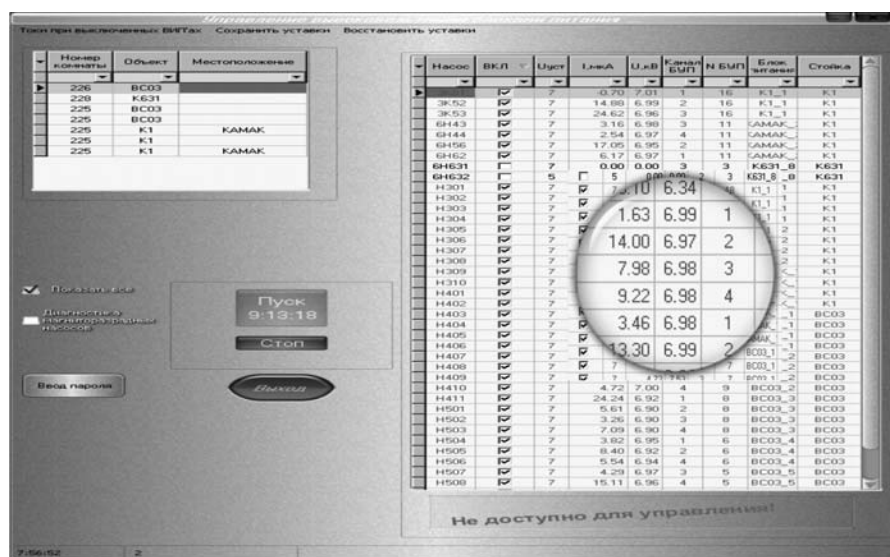


Рис. 4. Задания рабочего режима вакуумной системы

вкл/выкл, включать напряжение питания 5 или 7 кВ и др.; просматривать значения параметров в большем масштабе, используя пункт меню «Лупа». Для контроля вакуума существует несколько программ визуализации в форме таблиц и графиков.

3. ТЕСТИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ВИП-27

Для тестирования источника питания ВИП-27, управляемого блоком БУП-27, была разработана программа, позволяющая оперативно проверять работоспособность всех каналов. Определять технические характеристики каналов: быстродействие и погрешности измерения токов в каждом канале этого источника блоком БУП-27; погрешности выдаваемых напряжений источником ВИП-27 на вакуумные насосы. При тестировании каналов использовались эталонные пассивные нагрузки.

На рис.5 представлена форма программы тестирования ВИП-27. Тест позволяет перед запуском теста: задавать скорость передачи данных по CAN-шине от 125 Кбод до 1 Мбод, номера и порядок тестируемых каналов БУП/ВИП-27, период опроса каналов источника от 1 мс до 10 с, погрешность измерения напряжений 0,1 или 1 В и токов источника 0,1 или 1 мкА блоком БУП-27; после запуска теста: выбирать напряжение питания на каждом канале 5 или 7 кВ, включать или выключать питание любого канала.

Результаты измерений токов и напряжений — текущие значения, средние значения последних 100 измерений и дисперсии — выводятся в цифровом виде и в виде графиков. Тестирование каналов ВИП-27/БУП-27 показало: аппаратура работает надежно, скорость измерений вакуума новой вакуумной аппаратуры может достигать 500 Гц, т. е. по сравнению со старой аппаратурой выше в 100 раз; погрешность измерений напряжений питания 5 кВ/7 кВ и токов источника на эталонные пассивные нагрузки не превышает соответ-

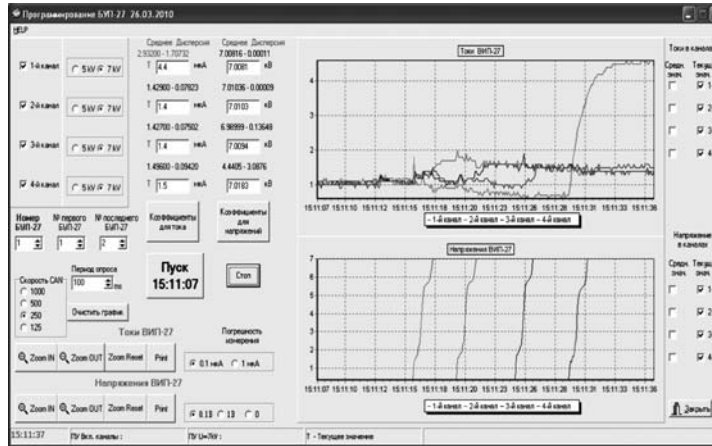


Рис. 5. Форма программы тестирования ВИП-27

ственно 0,1 В и 0,1 мкА (при токах нагрузки до 100 мкА) при стабильной температуре (изменения в пределах 5°C) в диапазоне 20–35°C.

Период опроса — 100 мс. Включались напряжения 7 кВ в последовательности 1, 2, 3 и 4-й каналы.

Высокая скорость измерений и большая память в компьютере блока БУП-27 позволяют накапливать за цикл опроса вакуумной системы до 2500 отсчетов/с по каждому каналу. Эти данные могут позволять точнее диагностировать состояние вакуума в каналах, быстрее находить сбои в работе системы и причины нарушения вакуума.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы значительно увеличилась производительность насосов и существенно сократилось время и затраты на обеспечение бесперебойной работы сложной и многоканальной вакуумной системы источника СИ. Повышение эффективности и надежности вакуумной системы позволили улучшить основные параметры источника СИ, такие как время жизни электронов в источнике СИ «Сибирь-2».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Blokhov M. et al.* Kurchatov Synchrotron Radiation Source Facilities Modernization // Proc. of RuPAC-2010, Protvino, Russia, 2010. P. 136–140.
2. *Kaportsev E. et al.* The Expanded Program Tools for KSRS Operation with Archivatio of Data // Ibid. P. 187–189.
3. *Krylov Y. et al.* Enhancement of Vacuum Monitoring System of KCSR Accelerator Facility // Proc. of RuPAC 2006, Novosibirsk, Russia, 2006. P. 264–266.