

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ ГЕНЕРАТОРА НЕСТОР

*И. М. Карнаухов, Д. Е. Коржов,
В. Н. Лященко, А. О. Мыцыков, В. И. Троценко*

Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», Харьков

В работе описана система управления магнитными элементами генератора рентгеновского излучения на обратном комптоновском рассеянии НЕСТОР. Система управления позволяет интегрировать в себя модули контроля и наблюдения других подсистем генератора. Описываемая система прошла экспериментальную проверку, в ходе которой пучок инжектировался в физический объем накопителя НЕСТОР.

This paper describes a control system of magnetic elements in the X-ray generator based on Compton backscattering NESTOR. The control system enables the integration of modules of the control and monitoring of other sub-systems of the generator. The described system has been tested in the course of which the beam was injected into the physical amount of storage of NESTOR.

PACS: 29.27.-a

ВВЕДЕНИЕ

В ННЦ ХФТИ разрабатывается источник жесткого рентгеновского излучения НЕСТОР [1] на основе обратного комптоновского рассеяния, который включает в себя линейный ускоритель-инжектор с энергией электронного пучка до 90 МэВ, накопительное кольцо с энергией электронного пучка 60–225 МэВ и лазерно-оптическую систему.

Магнитная система накопителя разделяется по функциональному назначению на две подсистемы:

- 1) канал инжекции — предназначен для транспортировки электронного пучка от ускорителя к накопителю [2];
- 2) канал кольца — для обеспечения кругового движения пучка по замкнутой орбите в накопителе.

К системе управления накопителем были выдвинуты следующие требования:

- обеспечить выход на режим работы магнитной системы;
- задание токов в магнитных элементах систем с точностью не хуже 10^{-3} ;
- при перестройке режима работы накопительного кольца с одного значения энергии на другое обеспечить выполнение синхронного изменения параметров (токов) магнитных

элементов кольца с заданной точностью для обеспечения устойчивости движения электронов по равновесной орбите;

— обеспечить плавное сканирование токами заданных магнитных элементов на канале инжекции для согласования с параметрами линейного ускорителя;

— необходим функционал, позволяющий быстро восстановить состояние устройства после его выключения;

— обеспечить удаленное управление источниками тока.

Исходя из перечисленных требований система управления была реализована с помощью блоков, управляющих отдельно каждым источником тока, и оконного приложения, управляющего этими блоками с ПК.

Функционально источники тока 0–5 А расположены в двух стойках и управляются по RS-232 на скорости 115 кбод, а источники большой мощности управляются посредством блоков КАМАК. Реализованный комплекс программ обеспечивает управление токами магнитных элементов системы накопителя НЕСТОР.

1. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

На установке используются две системы сильноточных магнитов, потребляющих ток до 300 А:

— 2 дипольных магнита на канале транспортировки пучка от линейного ускорителя до накопителя электронов;

— 4 дипольных магнита и 20 квадрупольных линз в накопителе, включенных последовательно.

Кроме того, на установке используется ряд слабوتочных магнитов, потребляющих ток до 5 А:

— на канале транспортировки (КТ): 2 корректирующие обмотки на дипольных магнитах, 7 квадрупольных линз, 5 двухкоординатных корректоров;

— на накопителе электронов (НЭ): 3 корректора на дипольных магнитах, 20 корректоров на квадрупольных линзах, 19 многополюсных линз и 18 корректоров на многополюсных линзах.

Системы питания и дистанционного управления токами магнитов КТ и НЭ идентичны.

Аппаратная часть системы управления магнитными элементами состоит из сильноточных и слаботочных источников питания. Система управления сильноточными источниками (до 300 А) разнесена в нескольких комнатах: мотор-генератор и усилители находятся в машинном зале, стойка КАМАК и компьютеры в зале ВЧ, шунты находятся непосредственно возле магнитных элементов. Стойки управления слаботочными элементами (до 5 А) находятся возле компьютера и связаны с ним по RS-232 (рис. 1).

Блоки управления и стабилизации сильноточными элементами реализованы в системе КАМАК, они связаны с персональным компьютером (ПК) через контроллер СС32 и интерфейсную карту PCI ADA. Сигналы управления для усилителей формируются в блоках КАМАК после ПИД-регулятора из заданных на 18-разрядный ЦАП значений, пропорциональных току в магнитных элементах, и значений сигналов из шунтов, пропорциональных току через обмотки магнитов. Сигналы с шунтов непрерывно измеряются с помощью 16-разрядного АЦП. Обмен данными, дешифратор команд и другая

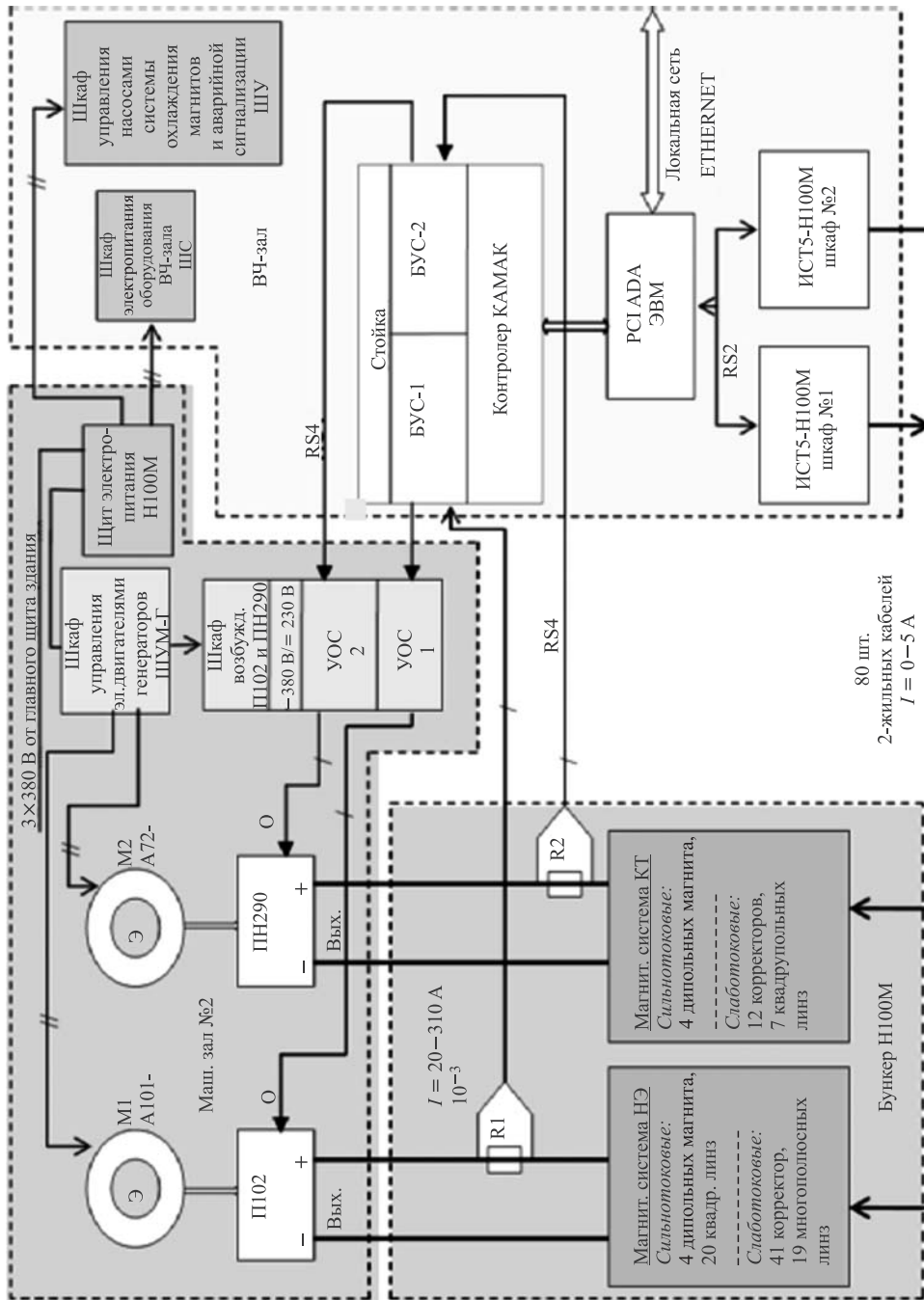


Рис. 1. Общая схема установки

логика КАМАК реализована с помощью программируемой логической матрицы. В программируемой логической матрице организована оперативная память, позволяющая накапливать данные во время тестирования системы стабилизации тока и экономить время работы ЭВМ. ШИМ-сигналы для управления усилителями по линиям связи передаются на частоте управления 25 кГц.

2. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Управление системой на верхнем уровне [3] осуществляется с помощью программы, внешний вид основного окна которой представлен на рис. 2. Оно состоит из следующих частей: основной панели (3), панели управления мотор-генератором (1), нескольких окон с информацией о состоянии слаботочных источников (4) и статусных панелей (2) и (5). Это окно в целом содержит элементы управления источниками питания канала инжекции. Управление элементами канала кольца производится аналогично из подобного окна, которое вызывается через основную панель.

Рассмотрим более подробно панель управления мотор-генератором (сильноточным источником тока). В верхней части задаются основные параметры источника. Включив АЦП мотор-генератора, получаем значение реально измеренного тока на выходе источника для сравнения с требуемым значением. Ниже находится часть управления ЦАП,

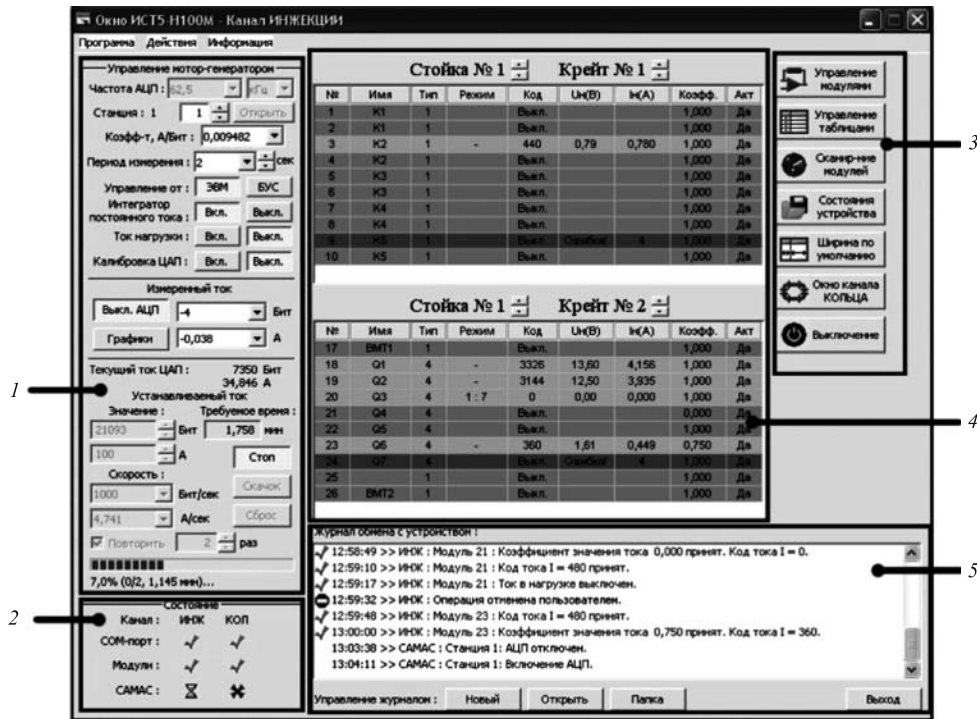


Рис. 2. Основное окно приложения: 1 — управление мотор-генератором; 2 — готовность устройства; 3 — основная панель; 4 — состояние слаботочных источников; 5 — журнал обмена с устройством

где можно ввести требуемое значение в битах или амперах и скорость установки тока. Для вывода магнитов в рабочий режим используется трехкратное замагничивание, после чего они выводятся в рабочую точку. Делается это функцией «повторить N раз».

В окне состояния слаботочных источников заносится информация опроса каждого модуля, а также заданные в программе параметры. Благодаря механизму многопоточности приложения [4] опрос производится непрерывно в отдельном потоке с указанным в настройках интервалом. Доступна следующая информация (слева направо): физический адрес модуля, указанное в настройках имя, его тип, табличный режим (если он включен), установленный код тока, измеренные значения напряжения и тока, масштабный коэффициент и активность модуля.

В статусные панели выводится информация о готовности отдельных частей устройства принимать команды, а также ведется журнал обмена с устройством, куда подробно записываются все действия оператора и отклики устройств. Журнал выводится не только непосредственно в интерфейс программы, но также во внешние файлы для последующего анализа.

Установка токов и параметров слаботочных модулей производится из окна управления модулями. Первая вкладка (рис. 3) содержит элементы установки тока (непосредственно или таблично) и выключения. Настройка плавного включения модулей (необходимость такого включения рассмотрена выше) предполагает изменение шага по времени, задаваемому в этом окне, и по току, задаваемому на вкладке параметров (рис. 4).

В случае изменения энергии источника частиц предусмотрена корректировка токов модулей путем изменения масштабного коэффициента модулей. При достижении нужного результата можно принять текущие значения за единицу.

Вкладка общих команд предназначена для установки аппаратных параметров модулей, а вкладка параметров модулей — программных. На последней вкладке (рис. 4) задаются имена модулей, шаг плавного включения (если оно используется), а также активность модулей. Понятие активности было введено для удобства управления группами модулей. При этом неактивным модулям не отправляются никакие команды. При необходимости в настройках можно также отключить опрос неактивных модулей.

Так как поднятие энергии канала кольца должно быть единовременным, необходим механизм синхронного переключения токов модулей. В соответствии с магнитными из-



Рис. 3. Окно управления модулями, вкладка управления мощностью

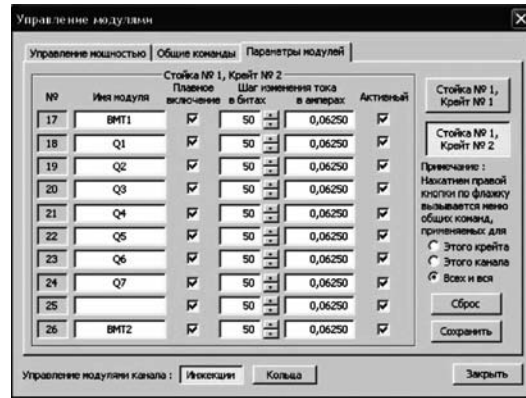


Рис. 4. Окно управления модулями, вкладка параметров модулей

мерениями для каждого магнита были введены таблицы режимов, данные которых можно корректировать вручную. Каждый модуль может иметь до восьми таблиц по 256 значений, которые заполняются через окно управления таблицами.

Для настройки модулей канала инжекции предусмотрена функция сканирования модулей (рис. 5). В этом окне оператор может выбрать один или два модуля, установить интервал и шаг сканирования и запустить процесс в автоматическом или ручном режиме. В качестве обратной связи используется вид с камеры, установленной напротив флюоресцентного экрана на выходе канала инжекции или в другом требуемом месте. Максимально приблизив пучок к цели, можно уменьшить интервал или шаг сканирования для более точной настройки.

В программе также реализовано хранилище состояний устройства, где можно запомнить задаваемые параметры и состояния всех источников тока (как сильноточных, так и слаботочных) для обоих каналов, чтобы затем не тратить время на приведение устройств в нужное состояние. Благодаря гибкой системе загрузки можно выборочно установить параметры и токи для одного или обоих каналов.

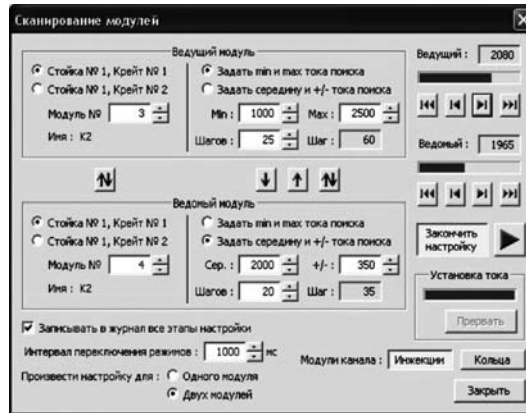


Рис. 5. Окно сканирования модулей

ВЫВОДЫ

Согласно всему вышесказанному, для накопителя НЕСТОР была разработана система управления, позволяющая оператору централизованно управлять всеми источниками тока и включающая в себя не только общие, но и узкоспециализированные функции управления, благодаря которым стал возможен быстрый поиск пучка путем сканирования токов модулей, плавный подъем тока, быстрое восстановление сохраненного состояния источников и ряд других возможностей для быстрого и комфортного управления.

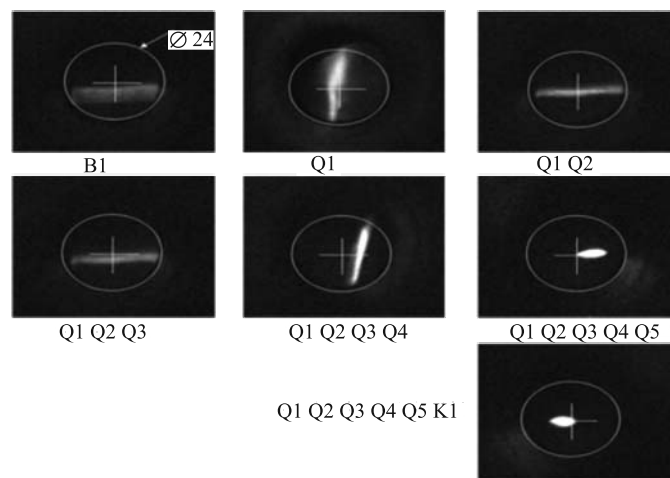


Рис. 6. Фотографии пучка на выходе канала инжекции

На рис. 6 приведены фото пучка, полученные с камеры на выходе канала инжекции. Под каждым фото находятся названия отрегулированных к этому моменту линз. Как видно, после настройки нескольких линз с помощью рассматриваемого программного обеспечения мы получили на выходе достаточно сфокусированный пучок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bulyak E. et al.* X-ray Source Based on Compton Backscattering // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 487. P. 241–248.
2. *Gladkikh P. et al.* «Nestor» Facility Injection Conception // Problems of Atomic Science and Technology. 2011. No. 3. P. 75–82.
3. *Chepurnov A. et al.* How PC Helps to Develop New Small Control System for New Small Accelerator // PCAPAC'99 Conf.
4. *Salikova T. et al.* Software of the Control System of Injector LFE Based on EPICS. INP 2003-74. Novosibirsk, 2003. P. 1–19.