

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ УСКОРИТЕЛЕЙ СТРАУС-2, ИЛТИ-1 №1, №2

*Д. А. Хлопков, А. Д. Воронова, Т. К. Шмелькова, А. В. Осадчих*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

## Введение

Ускорители электронов СТРАУС-2, ИЛТИ-1 № 1, №2 [1, 2] входят в состав электрофизических установок облучательного комплекса ПУЛЬСАР и предназначены для моделирования в лабораторных условиях воздействия ионизирующего излучения на технические устройства и материалы с целью проверки их радиационной стойкости и проведения исследований в области радиационной физики. Система управления и контроля ускорителей СТРАУС-2, ИЛТИ-1 № 1, № 2 была разработана и введена в эксплуатацию в 1998г. Она создана для дистанционного централизованного управления и контроля входящих в состав ускорителей объектов, размещенных в нескольких помещениях, представления информации о состоянии этих объектов и контроля достижения в них заданных значений параметров. Ядром системы управления и контроля являлась измерительная и управляющая аппаратура, построенная в стандарте КАМАК (аналого-цифровые преобразователи, мультиплексоры, входные и выходные регистры). Алгоритм работы был реализован с помощью только электроники. Настройка конфигурации автоматизированной системы управления и контроля (АСУК) осуществлялась с помощью тумблеров и переключателей электронных блоков управления.

Со временем оборудование, входящее в состав АСУК ускорителей СТРАУС-2,

ИЛТИ-1 № 1, № 2, морально и физически устарело. Многие элементы, необходимые для ремонта, сняты с производства. В связи с вышеперечисленным, а также стремительным ростом возможностей современной техники была выполнена работа по созданию новых АСУК ускорителей СТРАУС-2, ИЛТИ-1 № 1, № 2. Функции управления и контроля реализованы комплексно на основе современной элементной базы и современного программного обеспечения. На рис. 1 изображен ускоритель СТРАУС-2.

Объекты автоматизации ускорителя СТРАУС-2 и ускорителей ИЛТИ-1 № 1, № 2 аналогичны, поэтому разработанное программное обеспечение (ПО) для них схоже по алгоритму, принципу работы и реализации. В данном докладе подробно представлено ПО АСУК ускорителя СТРАУС-2.

Ускоритель СТРАУС-2 включает в себя следующие узлы, требующие контроля и/или управления:

- импульсное зарядное устройство двойной ступенчатой формирующей линии;

- высоковольтная система синхронизации (ВСС);
- технологическое оборудование, в частности высоковольтные зарядные устройства (ВЗУ).



Рис. 1. Ускоритель СТРАУС-2

В этих узлах с помощью АСУК осуществляется:

- контроль зарядного напряжения на емкостных накопителях двух генераторов импульсного напряжения (ГИН) типа ГИН-600 и двух типа ГИН-100А;
- управление коммутацией высоковольтных переключателей на основе электромагнитов МИС, подключающих соответствующие генераторы к источнику напряжения, и контроль их состояния;
- управление тремя ВЗУ с контролем выходного тока и напряжения;
- управление включением питания двух блочных импульсных наносекундных генераторов (БИНГ) типа БИНГ-5, БИНГ-6, контроль их зарядного напряжения и запуск.

Всего насчитывается десять объектов, для автоматизации работы которых необходимо около 50 каналов управления, контроля и передачи данных.

Для унификации с АСУК установки ЛИУ-30, успешно проверенной на практике, АСУК ускорителя СТРАУС-2 выполнена в виде аппаратно-программного комплекса, основанного на использовании устройств управления, сбора и обработки информации фирм National Instruments и ADLink.

Структурная схема АСУК с объектами автоматизации ускорителя СТРАУС-2 [3] приведена на рис. 2. Элементы АСУК выделены сплошными линиями.

Аппаратные средства АСУК ускорителя СТРАУС-2 включают:

- персональный компьютер, системный блок которого содержит платы для организации 23 входных цифровых каналов (PCI-7433) под команды контроля, 15 выходных цифровых каналов (PCI-7434) под команды управления, 2 выходных (для управления зарядкой ВЗУ) и 8 входных аналоговых каналов (NIUSB-6255) для передачи данных;
- монитор для вывода информации, клавиатура, мышь для связи оператора с ПК;
- стойку с электронными блоками.

АСУК ускорителя СТРАУС-2 выполняет следующие функции:

- реализация схемы подключения к выпрямительно-зарядным устройствам емкостных накопителей генераторов типа БИНГ и ГИН в соответствии с редакцией эксперимента;
- управление зарядкой выбранных емкостных накопителей до заданного напряжения за определенное время при выполнении работ по текущей эксплуатации, подготовке и проведению рабочего пуска;
- контроль электрических параметров устройств статической зарядки емкостных накопителей;

- визуализация контролируемых параметров;
- сохранение контролируемых параметров в базе данных;
- формирование и подача низковольтного сигнала запуска на стартовые генераторы БИНГ-5 ускорителя СТРАУС-2;
- контроль состояния дверей технологических помещений;
- обеспечение безопасности и надежности эксплуатации ускорителя СТРАУС-2 за счет автоматического обнаружения отклонений контролируемых параметров от штатных;
- осуществление защиты персонала с помощью экстренного сброса высокого напряжения в процессе зарядки ГИН на разрядные сопротивления:
  - при поступлении сигнала несанкционированного доступа от конечных выключателей на входных дверях в контролируемых помещениях;
  - при нажатии на кнопку «сброс» на пульте управления;
  - при нажатии на кнопку «аварийный сброс».

ПО является составной частью АСУК ускорителя СТРАУС-2. ПО создано в графической среде LabVIEW – Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) (Среда разработки лабораторных виртуальных приборов) фирмы National Instruments [4].

ПО представляет собой среду графического программирования, которое широко используется в промышленности, образовании и научно-исследо-

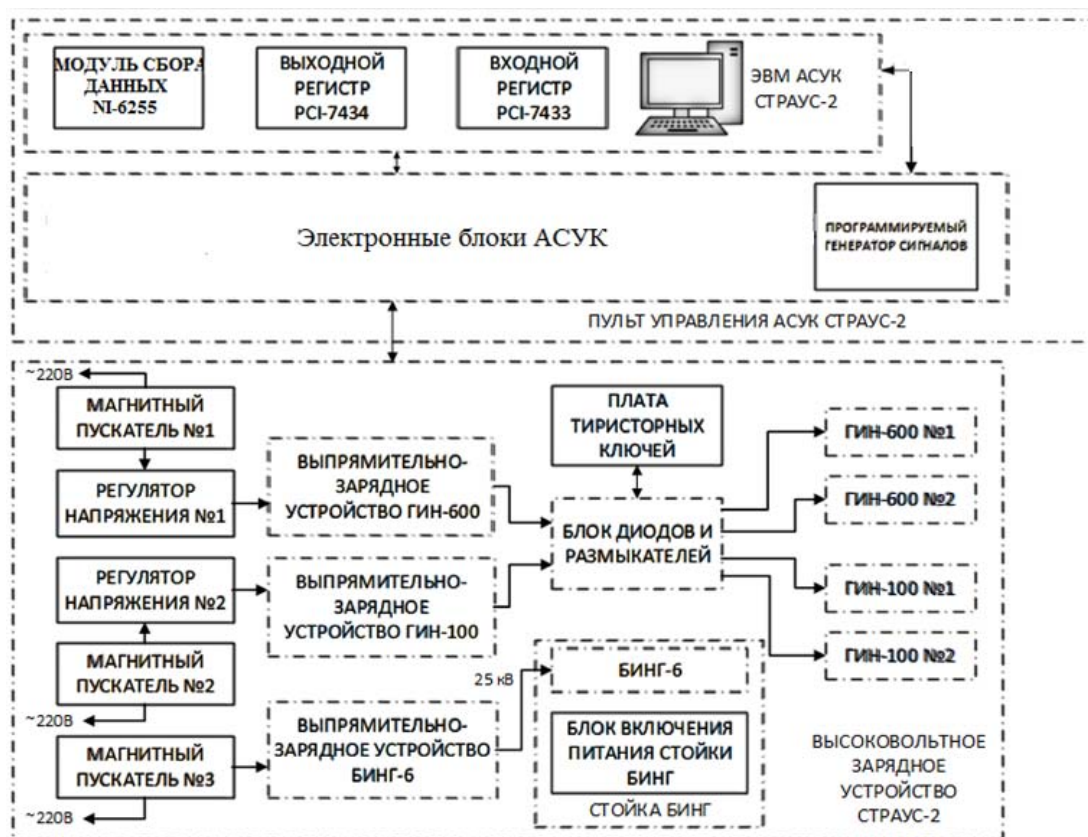


Рис. 2. Структурная схема АСУК с объектами автоматизации

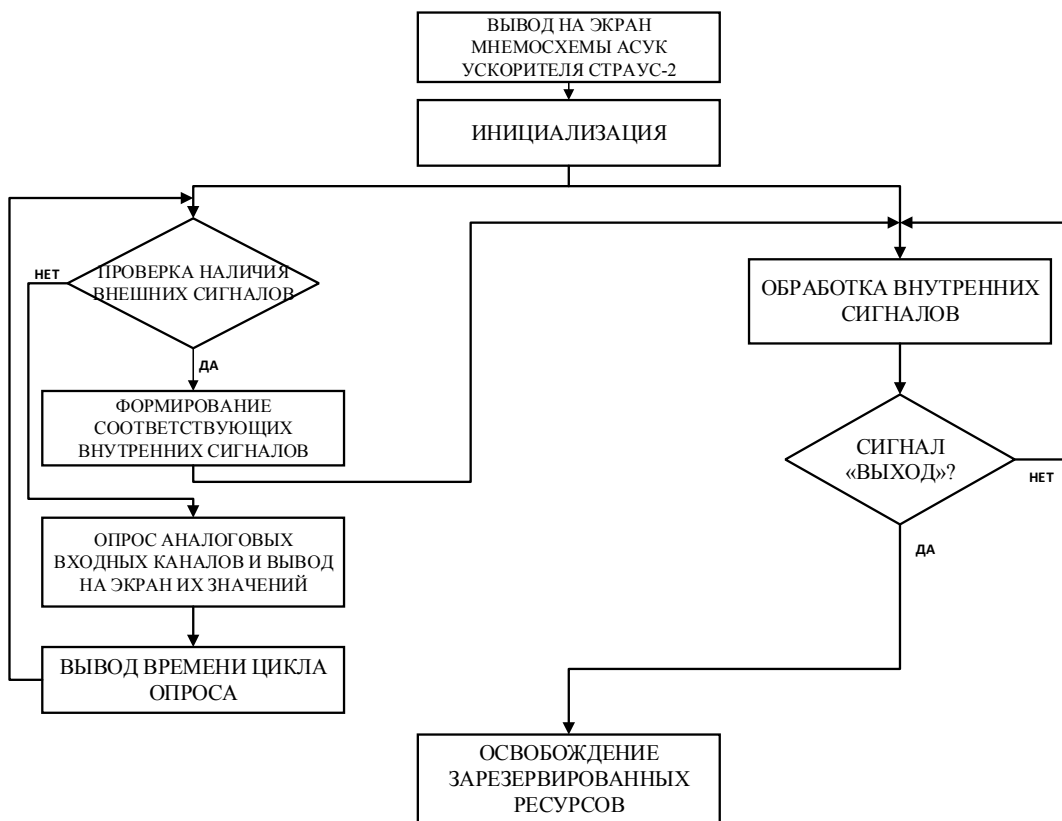


Рис. 3. Блок-схема алгоритма работы программы

вательских лабораториях в качестве стандартного инструмента для сбора данных и управления приборами. На рис. 3 приведена блок-схема алгоритма работы программы.

В программе реализовано четыре режима работы: «Конфигурация», «Зарядка», «Имитация зарядки», «График».

Интерфейс главного окна программы представлен на рис. 4.

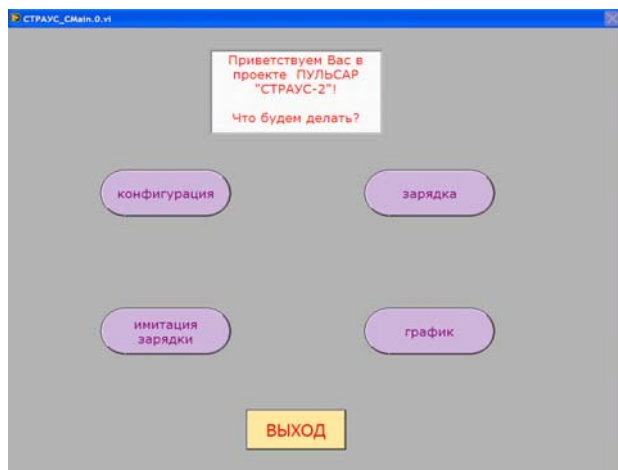


Рис. 4. Интерфейс главного окна программы

Режим «Конфигурация» инициализируется нажатием на пиктограмму кнопки «конфигурация». При этом происходит загрузка программного модуля выбора или задание конфигурации устройств ускорителя СТРАУС-2. Интерфейс программного модуля «Конфигурация» представлен на рис. 5.

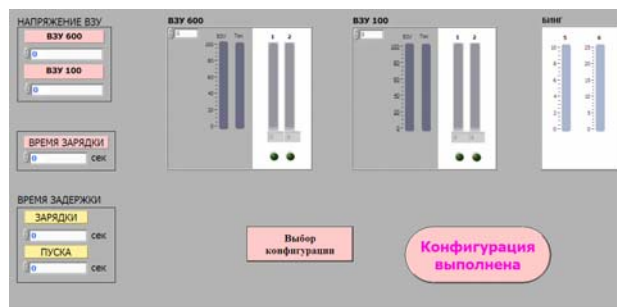


Рис. 5. Интерфейс программного модуля «Конфигурация»

Есть два способа работы в программном модуле «Конфигурация».

В первом варианте можно загрузить сохраненную в файле конфигурацию. При этом автоматически заполняются текстовые поля «НАПРЯЖЕНИЕ ВЗУ», «ВРЕМЯ ЗАРЯДКИ», «ВРЕМЯ ЗАДЕРЖКИ» и значения напряжений на индикаторах тех ГИН, которые выбраны для участия в эксперименте.

Второй вариант – создать новую конфигурацию. Для этого необходимо задать значения в текстовых

полей «НАПРЯЖЕНИЕ ВЗУ», «ВРЕМЯ ЗАРЯДКИ», «ВРЕМЯ ЗАДЕРЖКИ» и выбрать те ГИН, которые будут участвовать в эксперименте, нажав на кнопки, расположенные под индикаторами ГИН.

Программный модуль управления и контроля ходом зарядки устройств ускорителя СТРАУС-2 загружается по нажатию в главном окне программы кнопки «зарядка». Интерфейс программного модуля «Зарядка» представлен на рис. 6.

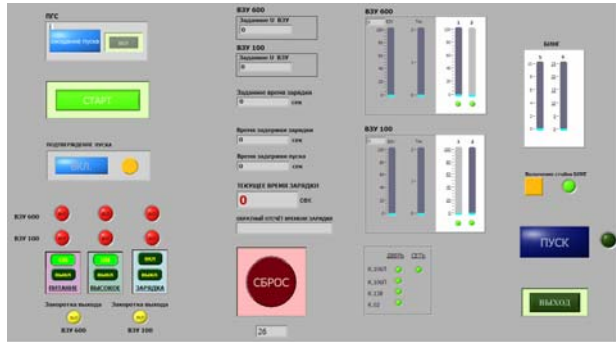


Рис. 6. Интерфейс программного модуля «Зарядка»

Необходимо убедиться, что в информационном поле «ДВЕРЬСЕТЬ» лампы свидетелей горят ярко зеленым цветом. Программируемый генератор сигналов (ПГС) переводится в режим «ожидание пуска» нажатием в поле «ПГС» зеленой кнопки «ВКЛ».

Далее включается питание ВЗУ 100 и/или ВЗУ 600 кнопкой «ВКЛ» в поле «ПИТАНИЕ». При этом загорается соответствующая красная лампа-свидетель включения питания над полем «ПИТАНИЕ» и лампа-индикатор «Закоротка выхода ВЗУ 100» и/или «Закоротка выхода ВЗУ 600».

На втором этапе, при условии успешного включения питания, нажатием кнопки «ВКЛ» в поле «ВЫСОКОЕ» включается высокое напряжение ВЗУ 100 и/или ВЗУ 600 и загораются соответствующие красные лампы-свидетели включения над полем «ВЫСОКОЕ». Происходит замыкание необходимых контактов для работы ускорителя СТРАУС-2. Загораются лампы-индикаторы подключения выбранных для участия в эксперименте генераторов.

На третьем этапе, при условии успешного включения высокого, активизируется процесс зарядки ВЗУ нажатием кнопки «ВКЛ» в поле «ЗАРЯДКА». Загораются соответствующие лампы-индикаторы. В полях «ТЕКУЩЕЕ ВРЕМЯ ЗАРЯДКИ» и «ОБРАТНЫЙ ОТСЧЕТ ВРЕМЕНИ ЗАРЯДКИ» стартует прямой и обратный отсчет времени. В полях ВЗУ 100 и ВЗУ 600 отображается процесс изменения напряжения соответствующих ВЗУ и генераторов импульсного напряжения.

За определенное время до окончания зарядки автоматически включается питание стойки БИНГ. В поле «Включение стойки БИНГ» загораются оранжевая кнопка и зеленая лампочка свидетеля включения питания. Кроме того, включить и выключить питание стойки можно вручную, нажав на кнопку.

По завершению зарядки генераторов до нужных значений подается сигнал нажатием кнопки «ПУСК». После выполнения команды загорается соответствующая лампа-индикатор.

При возникновении внештатной ситуации необходимо нажать кнопку «СБРОС». Это приводит к размыканию контактов, остановке процесса зарядки, сбросу накопленной энергии на разрядные резисторы, отключению высокого напряжения и питания ВЗУ, остановке запущенной задачи генерации сигнала на плате NIUSB-6255, обнулению регистров плат ADLinkPCI-7434, PCI-7433.

Режим «Имитация зарядки» предназначен для просмотра завершеного процесса зарядки устройств ускорителя СТРАУС-2. Интерфейс программного модуля «Имитация зарядки» представлен на рис. 7.

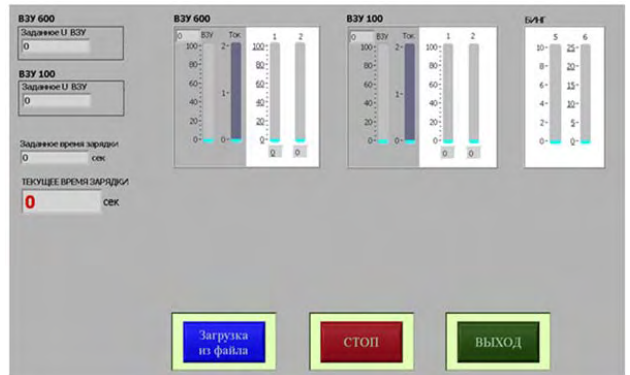


Рис. 7. Интерфейс программного модуля «Имитация зарядки»

С помощью кнопки «Загрузка из файла» осуществляется выбор сохраненного ранее файла с данными для имитации процесса зарядки устройств ускорителя СТРАУС-2. Имя файла содержит время его создания.

Нажатие кнопки «Загрузка из файла» вызывает файловый диалог, в котором оператору предлагается выбрать файл из набора. Вид окна выбора файла для имитации процесса зарядки представлен на рис. 8.

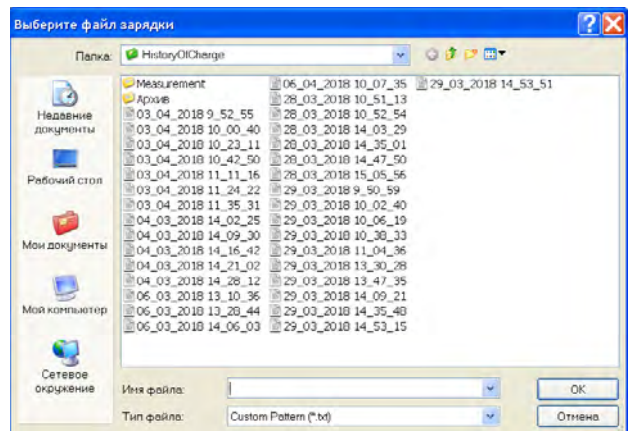


Рис. 8. Окно выбора файла для имитации процесса зарядки

После выбора файла открывается интерфейс программного модуля «Имитация зарядки» с заполненными полями «Заданное U ВЗУ» для ВЗУ 600 и ВЗУ 100 и «Заданное время зарядки», начинается имитация процесса зарядки устройств ускорителя, стартует отсчет времени в поле «ТЕКУЩЕЕ ВРЕМЯ ЗАРЯДКИ».

Остановка просмотра имитации процесса зарядки осуществляется с помощью кнопки «СТОП».

При нажатии в главном окне программы кнопки «график» происходит загрузка программного модуля просмотра осциллограмм, построенных с использованием данных, сохраненных в файле. Интерфейс программного модуля «График» представлен на рис. 9.

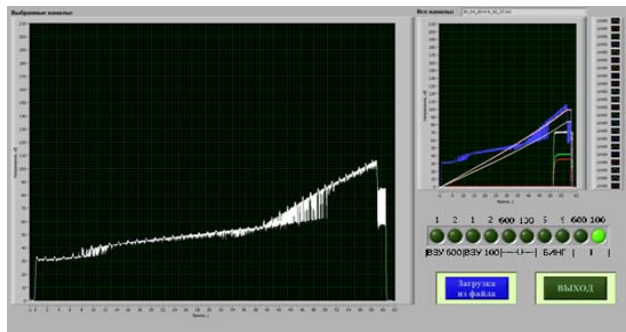


Рис. 9. Интерфейс программного модуля «График»

Нажав на кнопку «Загрузка из файла» можно выбрать и вывести на экран осциллограммы из сохраненного ранее файла.

Все графики изменения напряжения во времени по данным, записанным в файле в ходе эксперимента, отображаются в окне «Все каналы».

Для просмотра графиков одного или нескольких устройств ускорителя используются кнопки выбора каналов ВЗУ 600, ВЗУ 100, U, БИНГ, I.

В окне «Выбранные каналы» выводятся графики изменения напряжения во времени на одном или нескольких устройствах ускорителя, которые выбраны с помощью кнопок. Вертикальная ось – напряжение в киловольтах, горизонтальная ось – время в секундах.

В заключение стоит отметить, что использование программного обеспечения позволило оптимизировать реализацию алгоритма работы АСУК, минимизировать набор технических средств и уменьшить степень участия оператора в управлении их работой.

ПО АСУК ускорителей предполагает развитие – реализацию автоматической подачи команд и контроля их выполнения от старта до пуска. Кроме того, планируется разработать ПО для обеспечения совместного запуска ускорителей СТРАУС-2, ИЛТИ-1 № 1, № 2 и ЛИУ-30 в соответствии с заданной временной диаграммой.

## Литература

1. Завьялов Н. В., Гордеев В. С., Савченко А. В. и др. Моделирующие и облучательные комплексы и установки РФЯЦ-ВНИИЭФ // Физика и техника высоких плотностей энергии: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 2011. С.165-191.
2. Басманов В. Ф., Гордеев В. С., Гришин А. В., Завьялов Н. В., Мысков Г. А., Назаренко С. Т. Обзор сильноточных импульсных ускорителей электронов, созданных в РФЯЦ-ВНИИЭФ на базе ступенчатых линий // Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ. Научно-исследовательское издание. Выпуск 20. 2015.
3. Босамыкин В. С., Гордеев В. С., Павловский А. И. и др. Импульсный ускоритель электронов СТРАУС-2 // Физика и техника высоких плотностей электромагнитной энергии. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 2003. С. 69-102.
4. Блюм П. LabVIEW: стиль программирования. Пер. с англ. под ред. Михеева П. М.: ДМК Пресс. 2012. С.400.