

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СТАТИЧЕСКОЙ ЗАРЯДКИ И СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА УСТАНОВКИ «ГАММА-4»

AUTOMATION OF STATIC CHARGING SYSTEM AND PERSONNEL SAFETY SYSTEM OF «GAMMA - 4» INSTALLATION

*А. С. Черкасов, Р. А. Майоров, Н. В. Распопов, А. А. Савиных, Э. В. Седых,
М. В. Сусяков, Л. М. Тельнова*

*A. S. Cherkasov, R. A. Mayorov, N. V. Raspopov, A. A. Savinykh, E. V. Sedykh,
M. V. Suslyakov, L. M. Tel'nova*

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

Russian Federal Nuclear Center –All-Russia Scientific Research Institute of Experimental Physics

В работе представлены технические решения, использованные при автоматизации системы статической зарядки установки «Гамма-4» и связанных с ней систем обеспечения безопасности персонала (блокировки дверей, световой и звуковой сигнализации). Система автоматизации позволяет оператору удаленно управлять процессом зарядки высоковольтных конденсаторов генераторов импульсных напряжений, контролировать состояние и исправность высоковольтного оборудования и оборудования отвечающего за безопасность персонала.

The paper presents engineering solutions, applied when automating a static charging system for «Gamma-4» installation as well as a related personnel safety system (doors' blocking, light and audio signaling). An automation system permits an operator to remotely supervise the charging of high-voltage capacitors of pulse voltage generators and control a state and operability of high-voltage equipment and facilities responsible for personnel safety.

Система статической зарядки (ССЗ) установки «Гамма-4» предназначена для зарядки конденсаторов генераторов импульсных напряжений (ГИН) модулей ускорителя и системы синхронизации до заданных напряжений. В настоящее время количество заряжаемых ГИН-ов составляет 34 единицы. Основными исполнительными устройствами ССЗ являются источники высокого напряжения (ИВН), блоки высоковольтной коммутации (БВК) и высоковольтные контакторы.

В ССЗ задействованы 8 источников высокого напряжения трех типов, отличающиеся выходной мощностью и максимальным выходным напряжением. ИВН предназначены для зарядки конденсаторов модулей ускорителя и системы синхронизации.

БВК предназначены для подключения заряжаемых емкостей к цепям зарядки. БВК в исходном состоянии замыкает конденсаторы на разрядные резисторы. Этим обеспечивается разрядка емкостей при аварийной ситуации и сброс остаточного заряда после рабочего пуска. БВК позволяет контролировать напряжение на каждом конденсаторе при помощи встроенного делителя

напряжения. Конструктивно БВК содержит в корпусе 6 независимых каналов. В системе статической зарядки установки «Гамма-4» используется 8 БВК.

Контакторы служат для подключения выходов ИВН к соответствующим входам БВК. Устройство контактора аналогично БВК, но в них отсутствуют разрядные резисторы и делители напряжения. Конструктивно блок контакторов содержит в корпусе 7 независимых каналов. В системе статической зарядки установки «Гамма-4» используется 2 блока контакторов.

Дистанционный контроль и управление указанными устройствами обеспечивает автоматизированная система управления системой статической зарядки (АСУ ССЗ). АСУ ССЗ является частью автоматизированной системы управления и контроля установки «Гамма-4». АСУ ССЗ представляет собой программно-аппаратный комплекс. АСУ ССЗ построена на базе сетевой архитектуры Ethernet с распределенным управлением.

АСУ обеспечивает:

- централизованное управление ССЗ с управляющего компьютера из помещения пультовой;
- отображение информации на экране компьютера в удобной для восприятия форме;
- проведение зарядки по определенным алгоритмам. Имеется возможность управлять в ручном режиме;
- безопасность проведения эксперимента;
- взаимодействие с другими системами установки.

Структура АСУ разработана с учетом возможности масштабировать ССЗ при увеличении количества модулей ускорителя. Для управления исполнительными устройствами ССЗ разработаны специализированные блоки управления. Для управления источниками высокого напряжения разработаны два типа блоков управления БУ ИВН 1 и БУ ИВН 2. Для управления контакторами разработан блок управления БУ К. И для управления БВК разработан блок БУ БВК. При добавлении в систему статической зарядки новых БВК, контакторов и ИВН в систему управления добавляются соответствующие блоки управления. Указанные блоки являются интеллектуальными устройствами и построены на основе промышленных контроллеров и модулей ввода-вывода ICP DAS серии 7000. Используемые контроллеры имеют интерфейс Ethernet.

Блоки управления БУ ИВН 1 и БУ ИВН 2 выполняют следующие функции:

- включение/выключение источников высокого напряжения;
- программирование уставок выходных напряжения и тока и контроль текущих значений напряжения и тока;
- определение момента окончания зарядки;
- если текущее значение напряжения или тока превышает уставку, то производится аварийное прерывания зарядки;
- передача на верхний уровень текущих параметров.

Блоки управления БУ БВК выполняют следующие функции:

- включение/выключение БВК;
- контролируется время включения и если за отведенное время не получен подтверждающий сигнал неисправный канал выключается;
- контроль величины напряжения на емкостях;
- во время зарядки анализируется изменение напряжения на конденсаторах, и при обнаружении пробоя БВК выключается. Генерируется аппаратный сигнал, прерывающий процесс зарядки и переключающий все блоки управление в исходной

состояние. Функция обнаружения пробоя может быть отключена по команде из программы верхнего уровня;

- передача на верхний уровень текущих параметров.

Блоки управления БУК выполняют следующие функции:

- включение/выключение контакторов;
- контролируется время включения и если за отведенное время не получен подтверждающий сигнал неисправный канал выключается;
- передача на верхний уровень текущих параметров.

Блоки управления выполнены в стандартных 19-дюймовых корпусах высотой 2U и 1U. Блоки управления, ИВН-ы, источники бесперебойного питания и Ethernet-коммутатор установлены в стойку управления, составленную из четырех 19-дюймовых шкафов. Стойка установлена в помещении, где располагаются БВК и контакторы. Блоки управления подключаются к Ethernet-коммутатору внутри стойки витой парой. Связь коммутатора с центральным Ethernet-коммутатором, находящимся в пультовой, осуществляется по оптоволоконному кабелю. Блоки управления и Ethernet-коммутатор подключаются к питающей сети через источники бесперебойного питания. Шкафы имеют остекленные передние двери для визуального контроля индикаторов. Фотография стойки представлена на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид стойки управления

Аппаратный сигнал разрешения работы приходит из пультовой по оптоволоконному кабелю. Данный сигнал принимается блоком сброса высокого напряжения БСВН и разветвляется на остальные блоки управления. БСВН расположен в стойке управления.

Рабочее место оператора ССЗ находится в пультовой установки. В пульте находится управляющий компьютер, панель пуска и экстренного сброса и блок коммутации. На панели пуска и экстренного сброса находится ключевой переключатель, кнопка «Сброс» и кнопка «Пуск». Ключевой переключатель обеспечивает аппаратную защиту от несанкционированного включения ССЗ. Кнопкой «Сброс» производится прерывание процесса зарядки и разрядка всех ГИН-ов. Кнопкой «Пуск» производится ручной пуск системы синхронизации ускорителя. В настоящее время пуск производится оператором вручную, однако в АСУ заложена возможность выполнить пуск в автоматическом режиме. Сигналы от панели пуска и экстренного сброса заведены в блок коммутации. В него же приходит разрешающий сигнал от системы блокировки дверей (СБД). Блок коммутации формирует оптические сигналы разрешения работы ССЗ и пуска системы синхронизации.

Надежность и безопасность функционирования ССЗ обеспечивается следующим образом:

- все внешние управляющие сигналы передаются по оптоволоконному кабелю;
- при потере связи с управляющим компьютером блоки управления через определенное время выключают исполнительные устройства и прекращают зарядку;
- блоки управления имеют входной сигнал аппаратного разрешения работы, и в случае его пропадания происходит безусловное (независимое от программных команд) выключение ИВН, БВК и разрядка конденсаторов;
- как при штатном выключении, так и при аварийной ситуации, такой как отказ оборудования или пропадание питания, высоковольтные цепи в БВК и контакторах размыкаются под собственным весом. Конденсаторы при этом замыкаются на разрядные резисторы.

Для обеспечения безопасности персонала двери в технологических помещениях установки оборудованы электромагнитными замками или концевыми выключателями. В определенных местах здания установлены звуковые оповещатели, сигнальные лампы с предупредительными надписями, вращающиеся сигнальные лампы и кнопки аварийного выключения установки. Всего в здании установки установлены 18 электромагнитных

замков, 4 концевых выключателя, 22 кнопки аварийного выключения установки, 8 звуковых оповещателей, 8 вращающихся сигнальных ламп и 21 сигнальная лампа с предупредительными надписями. Дистанционный контроль и управление указанными устройствами обеспечивает автоматизированная система управления системой блокировки дверей (АСУ СБД). Кабели от всех устройств сведены в щит, находящийся в пультовой установки. Рядом с щитом установлен блок управления. Блок управления СБД представляет собой настенный металлический корпус, в котором размещен промышленный контроллер ICP DAS серии 8000 с модулями ввода-вывода и прочие электронные компоненты. Для связи с управляющим компьютером используется интерфейс Ethernet. АСУ СБД реализует следующие основные функции:

- включение/выключение электромагнитных замков, сигнальных ламп, звуковых оповещателей;
- контроль состояния дверей (открыта / закрыта) с электромагнитными замками и состояние самих замков (заблокирован / разблокирован). Состояние двери определяется по встроенному в замок герконовому датчику. Надежность блокировки замка контролируется встроенным датчиком холла;
- контроль концевых выключателей дверей и кнопок аварийного сброса;
- контроль исправности сигнальных ламп посредством контроля тока в цепи каждой лампы;
- состояние всех устройств отображается на мнемосхеме на экране компьютера;
- герконовые датчики электромагнитных замков, концевые выключатели и кнопки аварийного сброса образуют аппаратную цепь (в нее также входят ключ и кнопка сброса на пульте оператора), при размыкании которой включение ССЗ невозможно. Если цепь нарушается при проведении зарядки, то происходит выключение ИВН и разрядка конденсаторов;
- аппаратное отключение всех электромагнитных замков при нажатии любой кнопки аварийного сброса или если ключ на пульте оператора находится не в положении «включено»;
- контроль со стороны управляющей программы верхнего уровня за состоянием контроллера блока управления СБД.

Программное обеспечение АСУ ССЗ построено в соответствии с моделью «клиент-сервер» и условно делится на верхний и нижний уровень. На верхнем уровне на управляющей ЭВМ, которая одновременно является местом оператора, используется инструментальная проблемно-ориентированная среда MasterSCADA 3-й версии от россий-

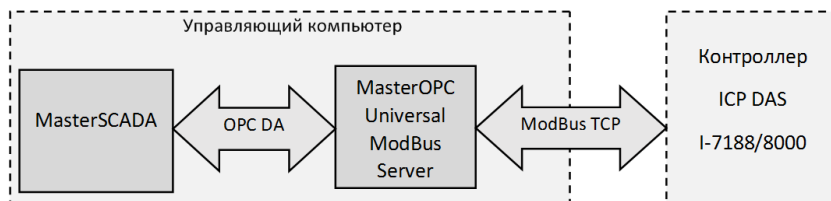


Рис. 2. Схема информационных потоков

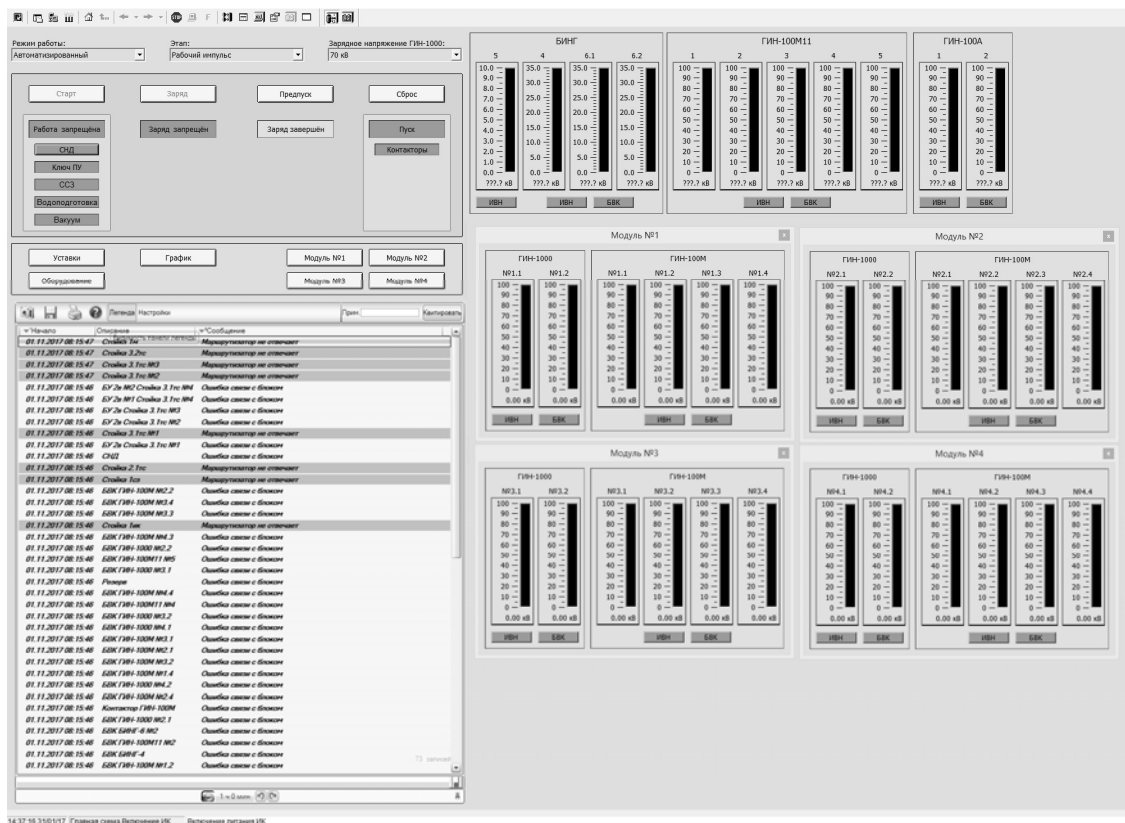


Рис. 3. Интерфейс пользователя ССЗ

ского разработчика ИнСАТ (www.insat.ru). На нижнем уровне используются как стандартные фирменные программы, так и специализированные (если функционал фирменной программы недостаточен) для встраиваемой операционной системы MiniOS 7 контроллеров компании ICP DAS (www.icpdas.com).

Связь между контроллерами и ЭВМ осуществляется по сети Ethernet посредством стандартного открытого коммуникационного протокола ModBus TCP (разработан фирмой Schneider Electric). Далее на управляющем компьютере протокол ModBus «преобразуется» в программный протокол OPC Data Access для информационного обмена с MasterSCADA при помощи OPC-сервера MasterOPC Universal ModBus Server от того же разработчика ИнСат.

Программа в MasterSCADA предоставляет удобный интерфейс пользователя для управления

всеми блоками ССЗ, задания начальных условий эксперимента и его проведения, осуществления сохранения всех данных, с последующим отображением на трендах, осуществления контроля несанкционированного доступа персонала в помещения.

С весны 2017 года проводится отработка режимов функционирования ускорителя. За это время АСУ ССЗ и АСУ СБД показали надежность в работе. При проверках системы синхронизации и при рабочих пусках ускорителя сбоев и отказов в работе сети Ethernet, сетевого оборудования и блоков управления не происходило. АСУ обеспечивает оператору полный контроль над системой статической зарядки и системами, обеспечивающими безопасность персонала во время проведения опасных работ.