

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ УСТАНОВКИ «ГАММА-4»

### AUTOMATED MANAGEMENT AND CONTROL SYSTEM FOR «GAMMA-4» INSTALLATION

*Я. В. Бодряшкин, С. А. Большакова, Е. А. Головина, Р. В. Грачев, А. В. Жильцов, А. В. Казачек,  
В. И. Качайкин, О. Н. Ляднова, М. В. Некрасов, С. М. Придчин, Т. В. Рабион, Н. В. Распов,  
К. В. Савосин, А. А. Савиных, Э. В. Седых, И. В. Синицына, К. В. Страбыкин, М. В. Сусяков,  
Л. М. Тельнова, А. С. Черкасов, В. А. Юхневич*

*Ya. V. Bodryashkin, S. A. Bol'shakova, E. A. Golovina, R. V. Grachev, A. V. Zhiltsov, A. V. Kazachek,  
V. I. Kachaikin, O. N. Lyadnova, M. V. Nekrasov, S. M. Pridchin, T. V. Rabion, N. V. Raspopov,  
K. V. Savosin, A. A. Savinykh, E. V. Sedykh, I. V. Sinitsyna, K. V. Strabykin, M. V. Suslyakov,  
L. M. Tel'nova, A. S. Cherkasov, V. A. Yukhnevich*

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

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

Установка «Гамма-4», как крупный электрофизический комплекс, имеет большое количество систем, необходимых для работы. Сложность систем установки требует от обслуживающего персонала периодического обслуживания, как во время работы, так и в подготовительный период. Для упрощения обслуживания, сокращения времени, затрачиваемого на обслуживание, и количества обслуживающего персонала была выполнена автоматизация большинства систем.

Автоматизация систем газонаполнения, вакуумной системы, системы маслоподготовки, водоподготовки, системы статической зарядки, а также измерительного комплекса, образуют единую систему управления и контроля установки «Гамма-4», выполненную по единым решениям.

На аппаратном уровне автоматизированная система управления и контроля состоит из блоков управления отдельными системами. Блоки управления расположены территориально на разных этажах, в непосредственной близости с объектами управления внутри стоек технологических систем. Связь между блоками системы осуществляется с помощью волоконно-оптических средств связи с использованием протокола Ethernet.

Программная часть состоит из программ нижнего уровня для контроллеров и программного обеспечения верхнего уровня, написанного с помощью SCADA-системы MasterScada. Для каждой технологической системы реализованы собственные программы верхнего и нижнего уровня. Оператор имеет широкие возможности управления и настройки системы непосредственно с мнемосхемы программы верхнего уровня. Программа верхнего уровня управляет программами нижнего уровня и обеспечивает их согласованную работу. Их связь обеспечивается по протоколу Modbus по сети Ethernet. Благодаря этому, существует возможность управлять конечными устройствами как в непосредственной близости от них (с локальных компьютеров), так и на удалении (из пультовой).

Главное преимущество данного решения в скорости и легкости дальнейшего масштабирования и модернизации системы.

«Gamma-4» installation, as a large-scale electro-physical complex, has a large number of systems, required for operation. Complexity of installation systems requires scheduled maintenance from service personnel, both during operation, and preparation period. To simplify maintenance, reduce the time spent for maintenance and the numbers of service personnel, most systems are automated.

Automation of gas-filling systems, a vacuum system, oil preparing system, water preparing system, a static charging system, as well as a measuring complex forms a uniform management and control system for «Gamma-4» installation, implemented by uniform solutions.

On the hardware level the automated management and control system consists of individual systems' control units. Control units are located on different floors, in the immediate vicinity of control objects inside the racks of technological systems. Communication between the system's units is fulfilled with the aid of fiber-optic communication facilities using Ethernet protocol.

A program part involves bottom level software for controllers and top level software, written with the aid of SCADA-system MasterScada. Native software of top and bottom levels are implemented for each technological system. An operator has wide possibilities for the system's control and adjustment directly from the top level program mimic. The top level program controls bottom level programs and provides their agreed operation. Their connection is supplied according to Modbus protocol by Ethernet. Due to this fact, there exists a capability to control the finite devices both in close proximity to them (from local computers), and remotely (from the desk room).

The major advantage of this solution is promptness and easiness of the further scaling and modernization of the system.

В ИЯРФ создана электрофизическая установка "Гамма-4". Установка "Гамма-4" – это инженерно-технический комплекс, состоящий из большого количества узлов и систем.

В рамках представленной работы рассматривается автоматизация следующих систем:

- Вакуумной системы, предназначенной для создания и поддержания вакуума в рабочих объемах функциональных узлов ускорителя. Вакуумная система состоит из следующих функционально независимых частей: установки охлаждения воды; форвакуумного поста из четырех насосов с обвязками и пяти однотипных вакуумных обвязок с высоковакуумными насосами ускорительных модулей и вакуумной камеры;

- Системы маслоподготовки, выполняющей функции заполнения и слива маслonaполняемых объемов функциональных узлов установки, сушку и чистку масла для получения необходимой электрической прочности; контроль уровня масла в узлах установки;

- Системы газонаполнения, выполняющей функции заполнения до заданного давления газовой смесью требуемого состава соответствующих узлов установки, контроля давления газовой смеси, выпуска газовой смеси;

- Измерительного комплекса, осуществляющего регистрацию электрических и дозовременных параметров установки;

- Системы статической зарядки генераторов импульсных напряжений. Система статической зарядки предназначена для зарядки конденсаторов генераторов импульсных напряжений модулей ускорителя и системы синхронизации до заданных напряжений. Основными исполнительными устройствами системы статической зарядки являются источники высокого напряжения, блоки высоко-

вольтной коммутации и высоковольтные контакторы;

- Системы световой сигнализации и звукового оповещения;

- Системы блокировки дверей.

Системы световой сигнализации и звукового оповещения и система блокировки дверей обеспечивают оповещение персонала о подготовке к проведению эксперимента и предотвращают несанкционированное проникновение в технологические помещения.

Оборудование большинства систем распределено по большой площади и размещено на нескольких этажах здания. Количество клапанов, кранов, насосов, датчиков и прочих устройств в указанных системах установки превышает 900 единиц, причем многие из устройств имеют более одного канала ввода – вывода. При планировании наращивания количества модулей ускорителя сложность систем будет пропорционально увеличиваться.

Дистанционный контроль и управление оборудованием каждой из вышеперечисленных систем выполняется отдельной автоматизированной системой управления (АСУ). Совокупность автоматизированных систем управления образует общую систему управления и контроля (АСУК) установки «Гамма-4», выполненную по единым решениям и использующую общую информационную сеть. Структурная схема автоматизированной системы управления и контроля приведена на рис. 1.

АСУК представляет собой иерархический, распределенный аппаратно-программный комплекс, основными компонентами которого являются:

- управляющие компьютеры, расположенные в пультовой. Имеется возможность в необходимых

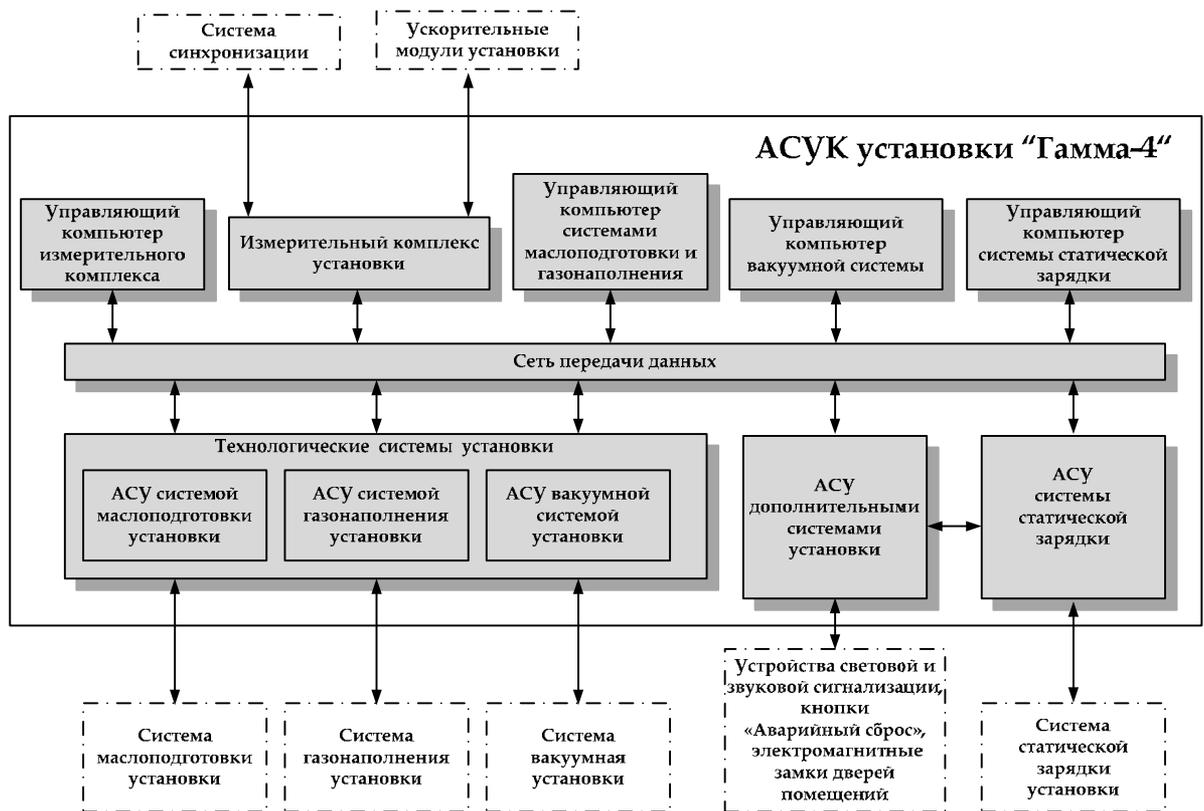


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы управления и контроля

случаях подключать локальные управляющие компьютеры в любых узлах сети;

- контроллеры и блоки управления, осуществляющие непосредственное управление (взаимодействие) с объектами управления и расположенные вблизи их;
- программное обеспечение верхнего уровня, установленное на управляющих компьютерах и нижнего уровня в контроллерах;
- сеть передачи данных, объединяющая все устройства и блоки управления.

Информационная сеть установки «Гамма-4» построена на базе оптического Ethernet с топологией «звезда», где центральный коммутатор и управляющие компьютеры находится в защищенной от электромагнитных помех пультовой установки, а все оконечные устройства и датчики обслуживаются интеллектуальными блоками управления. Структура сети представлена на рисунке 2.

Стандарт Ethernet выбран по следующим соображениям: – имеется широкий выбор оборудования для построения сети, как общего, так и промышленного применения;

- возможность использовать оптоволоконные линии связи, обеспечивающие устойчивость к электромагнитным наводкам и высокий уровень

гальванической развязки в условиях объекта со сложной электромагнитной обстановкой;

- сеть легко расширяется и позволяет подключать практически неограниченное количество устройств;
- обладает намного большей скоростью передачи данных по сравнению с широко распространенной на промышленных объектах RS-485;
- обеспечивается необходимая дальность связи.

Блоки управления конструктивно представляют стандартные 19-дюймовые корпуса и размещаются вместе с Ethernet-коммутаторами в стойках. Внутри стоек для связи между блоками и коммутатором стойки используется медный Ethernet, а между стойками и центральным коммутатором – оптические линии связи. Таким образом, минимизировано расстояние от датчиков до места оцифровки физических данных, что необходимо для надежной работы в условиях электромагнитных помех, а также обеспечена высокая скорость передачи и широкая полоса пропускания оцифрованных данных, что позволит в дальнейшем наращивать количество подключенных блоков управления при введении в эксплуатацию новых модулей установки. Некоторые блоки управления по соображениям удобства монтажа

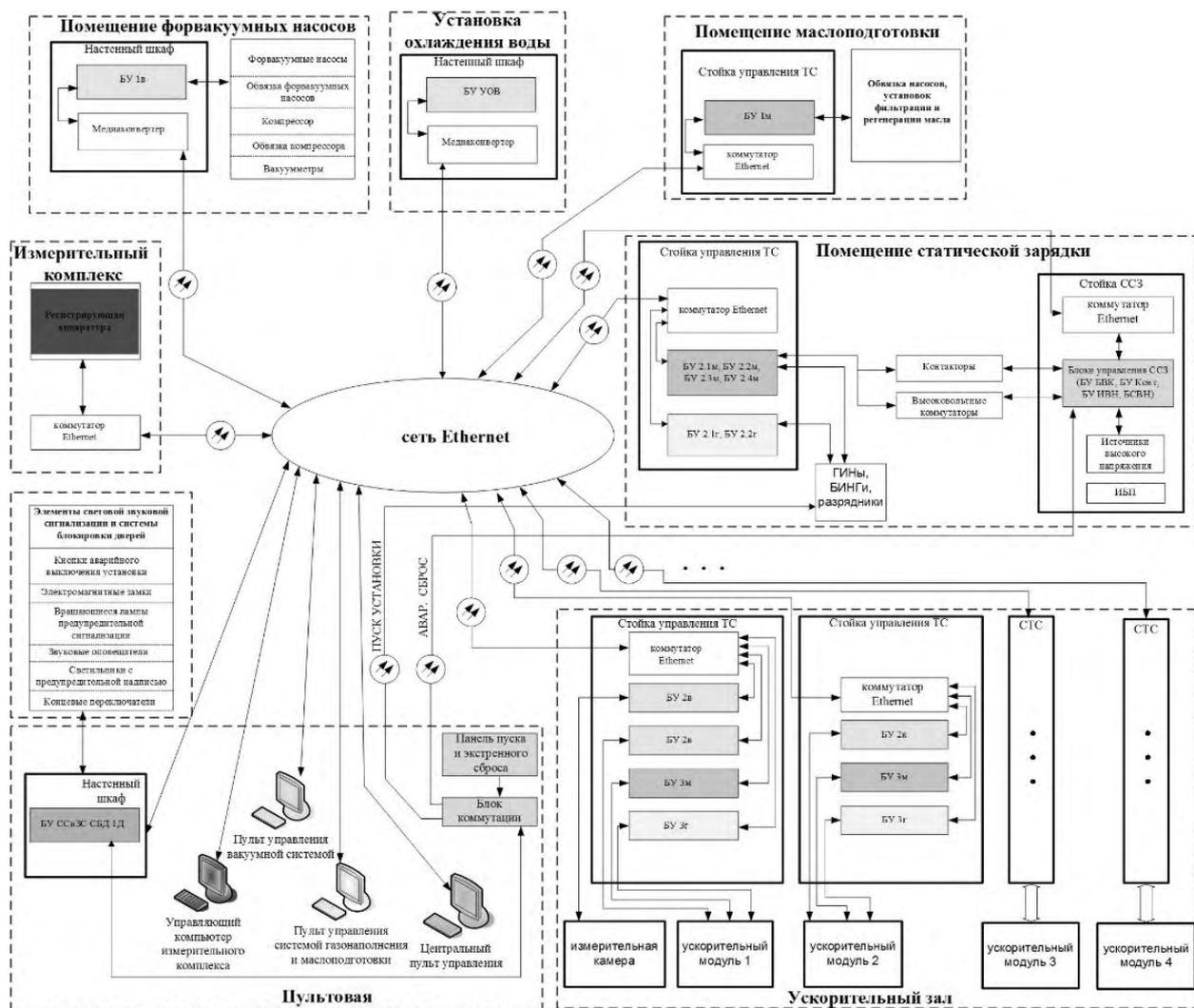


Рис. 2. Структурная схема сети

в конкретном помещении выполнены в настенных корпусах.

В блоках располагаются промышленные контроллеры и модули ввода-вывода компании ICP DAS серии 8000 или 7000, блоки питания и прочие электронные компоненты. Используются контроллеры с встроенным интерфейсом Ethernet. Наличие широкого ассортимента модулей ввода-вывода и стандартизированных объектов управления, позволило серьезно уменьшить количество дополнительных согласующих схем и по максимуму использовать готовые решения, что увеличило ремонтопригодность блоков управления.

На рис. 3,а представлена стойка управления технологическими системами, расположенная в ускорительном зале. В зале размещены четыре таких стойки рядом с каждым модулем установки. Стойки выбраны из серии с высокой степенью защиты от электромагнитных помех.

На рис. 3,б и 3,в представлена стойка управления технологическими системами и стойка управления системы статической зарядкой (соответственно), расположенные в помещении системы статической зарядки.

Централизованное управление всеми системами происходит из пульта, где расположен центральный пульт управления (рис. 4). Основным оборудованием АСУК, размещенным в пульте является:

- компьютер, управляющий системой маслоподготовки и системой газонаполнения;
- компьютер вакуумной системы;
- компьютер измерительного комплекса;
- компьютер, управляющий работой системой статической зарядки, системой блокировки дверей и системой светового и звукового оповещения;
- центральный Ethernet-коммутатор;
- панель пуска и экстренного сброса (на фотографии слева).



Рис. 3. Стойки управления

Ключевой переключатель, расположенный на панели пуска и экстренного сброса обеспечивает аппаратную защиту от несанкционированного включения системы статической зарядки и подачи высокого напряжения. Фотография центрального пульта управления представлена на рисунке.

При разработке информационной системы управления установки «Гамма» особое внимание уделялось следующим характеристикам: надежность, переносимость, совместимость, масштабируемость, производительность и удобство использования. Поэтому все выбранные технические решения максимально стандартизированы и широко распространены в России и мире.

Данная система управления не принадлежит к классу систем «реального времени», однако обеспечивает время реакции программ контроллеров нижнего уровня до 10 мс, а периодичность получения данных со всех датчиков и устройств – 10 раз в секунду.

Для информационного обмена между контроллерами блоков и управляющими компьютерами была выбрана «клиент-серверная» модель, под которую подходит стандартный открытый

коммуникационный протокол ModBus TCP (разработан фирмой Schneider Electric). С одной стороны, протокол очень простой и таким образом позволяет использовать типовые промышленные контроллеры с экономным малопроизводительным процессором, что, в конечном счете, повышает надежность и ремонтпригодность блоков. С другой стороны, существуют готовые программные решения на базе этого протокола, что позволяет использовать либо фирменные прошивки контроллеров, либо повторно используемые библиотеки для прошивок собственного производства, если требуются расширенные алгоритмы работы.

Управляющие компьютеры совмещены с рабочими местами операторов и работают под управлением инструментальной проблемно-ориентированной среды MasterSCADA 3 производства российской фирмы ИнКАТ [1]. Для связи MasterSCADA с контроллерами низкого уровня используется стандартный программный протокол OPC Data Access средством OPC-сервера MasterOPC Universal Modbus Server той же фирмы ИнКАТ.



Рис. 4. Центральный пульт управления

Программная часть состоит из программ нижнего уровня для контроллеров и программного обеспечения верхнего уровня, написанного с помощью SCADA-системы MasterScada. Оператор имеет широкие возможности управления и настройки системы непосредственно с мнемосхемы программы верхнего уровня. Программа верхнего уровня управляет программами нижнего уровня и обеспечивает их согласованную работу. Их связь обеспечивается по протоколу Modbus по сети Ethernet. Благодаря этому, существует возможность управлять конечными устройствами в непосредственной близости от них.

Программный комплекс позволяет оператору управлять системами как в ручном, так и в автоматическом режимах.

В 2017 году была проведена отработка режимов функционирования ускорителя. За это время автоматизированная система управления и контроля показала надежность и удобство в работе. При пусках системы синхронизации и при рабочих пусках ускорителя сбоев и отказов в работе сети Ethernet, сетевого оборудования и блоков управления не происходило. Для начала выполнения в автоматическом режиме технологических операций по подготовке установки к включению, достаточно двух операторов, задача которых сводится к контролю за ходом процесса.

#### Список литературы

1. MasterSCADA. Руководство пользователя. Инсат, Москва, 2015.