

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМОЙ УСТАНОВКИ «ГАММА- 4»

### AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR VACUUM SYSTEM OF «GAMMA-4» INSTALLATION

*М. В. Некрасов, С. А. Большакова, Е. А. Головина, А. В. Жильцов, Д. А. Кульдюшов, С. М. Придчин,  
Т. В. Рабион, И. В. Синуцына, А. С. Черкасов*

*M. V. Nekrasov, S. A. Bol'shakova, E. A. Golovina, A. V. Zhiltsov, D. A. Kul'dyushov, S. M. Pridchin,  
T. V. Rabion, I. V. Sinitsyna, A. S. Cherkasov*

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

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

Представлены технические решения, использованные при разработке автоматизированной системы управления вакуумной системой (АСУ ВС) установки Гамма-4. Система реализована в виде распределенной структуры, в которой используются программируемые логические контроллеры и управляющий компьютер, объединенные сетью Ethernet. Система обеспечивает централизованное управление технологическим процессом создания вакуума в рабочих объемах функциональных узлов установки «Гамма-4» на стадии подготовки к проведению эксперимента. На аппаратном уровне АСУ состоит из управляющей ЭВМ и отдельных блоков управления узлами вакуумной системы на основе промышленных контроллеров, расположенных в непосредственной близости от объектов управления, объединенных волоконно-оптическими каналами связи в сеть Ethernet. Управляющее программное обеспечение реализовано на базе SCADA-системы MasterScada. Результатом работы является повышение эффективности процесса и сокращение времени создания вакуума при подготовке к проведению эксперимента.

Here are presented engineering solutions, used when developing an automatic control system for a vacuum system (ACS VS/ACVBC) of «Gamma-4» installation. The system is implemented in the form of a distributed structure, where programmed logic controllers and a supervisory computer, integrated by Ethernet, are used. The system provides a centralized control over technological exhaustion process in work spaces of «Gamma-4» installation functional parts in the phase of preparing the experiment. On a hardware layer ACS/ACV consists of a supervisory computer and individual units of control over vacuum system's assemblies on the basis of industrial controllers, located in the immediate vicinity of control objects, combined into Ethernet by fiber-optic communication channels. Supervisory software is implemented on the basis of SCADA-system MasterScada. Operation results in increase of the process efficiency and reduction of exhaustion time when preparing the experiment.

В ИЯРФ создана электрофизическая установка «Гамма-4». Для создания и поддержания вакуума в рабочих объемах ускорителя предназначена вакуумная система (ВС). Вакуумная система состоит из большого количества узлов и исполнительных устройств, которые разнесены территориально и расположены на разных этажах здания. В общей сложности вакуумная система установки «Гамма-4» содержит:

- управляемые краны, клапаны и затворы разных типов 45 шт;
- насосы разных типов 11 шт;

– датчики давления, измерители вакуума, термомпары и датчики иных типов 47 шт.

Для управления указанным оборудованием разработана автоматизированная система управления вакуумной системой (АСУ ВС). АСУ ВС представляет собой аппаратно-программный комплекс. АСУ ВС построена на базе сетевой архитектуры Ethernet с распределенным управлением.

АСУ обеспечивает:

- централизованное управление ВС с управляющего компьютера из помещения пультовой;
- отображение информации на экране в виде мнемосхемы в удобной для восприятия форме;

– создание вакуума в автоматическом режиме по определенным алгоритмам. Имеется возможность управления исполнительными устройствами ВС в ручном режиме;

– взаимодействие с другими системами установки.

Вакуумная система состоит из следующих функционально независимых частей:

- установки охлаждения воды (УОВ);
- 4-х форвакуумных насосов с обвязками;
- пяти однотипных вакуумных обвязок ускорительных модулей и вакуумной камеры.

УОВ служит для снабжения охлаждающей водой форвакуумных и диффузионных насосов. УОВ расположена в отдельном помещении установки. Основными частями УОВ являются центробежный насос, шаровые краны, датчики давления и уровня. Давления воды регулируется автоматически частотным преобразователем с функцией ПИД-регулятора.

Четыре форвакуумных насоса с обвязками расположены в отдельном помещении установки. Основными компонентами данной подсистемы являются датчики давления, управляемые клапаны, воздушный компрессор. Насосы обеспечивают предварительный вакуум в объемах ускорителя и создают необходимое разрежение для работы диффузионных насосов. Компрессор снабжает сжатым воздухом механизмы с пневмоприводом. Для управления указанным оборудованием разработан блок управления, расположенный в помещении с насосами. Блок выполнен в настенном исполнении. Фотография блока представлена на рис. 1. Связь блока с центральным Ethernet-коммутатором осуществляется по оптоволоконному кабелю.



Рис. 1. Внешний вид блока управления

Основными частями вакуумной обвязки ускорительных модулей и вакуумной камеры являются диффузионный насос, затвор и клапаны, датчики

давления, вакуума, температуры и пр. Каждая обвязка управляется собственным блоком управления. Такое решение обеспечивает легкое масштабирование АСУ ВС при планируемом увеличении количества ускорительных модулей. Блок управления выполнен в стандартном 19-дюймовом корпусе высотой 4U. Блок построен на основе промышленного контроллера и модулей ввода-вывода ICPDAS серии 8000. Используемый контроллер имеет интерфейс Ethernet. Блоки управления размещаются в четырех стойках управления, установленных рядом с каждым ускорительным модулем. В стойках также размещены блоки управления системы газонаполнения, системы маслоподготовки и Ethernet-коммутатор. Внутри стойки блоки подключаются к Ethernet-коммутатору витой парой. Связь с центральным Ethernet-коммутатором, находящимся в пультовой, осуществляется по оптоволоконному кабелю. Вид стойки представлен на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид стойки управления

Поскольку оборудование работает в момент пуска ускорителя, приняты меры к защите электронного оборудования от воздействия электромагнитных помех. Схемотехника блоков разработана с учетом данных факторов. Стойки выбраны из серии с высокой степенью защиты от электромагнитных помех. Управляющие кабели тщательно

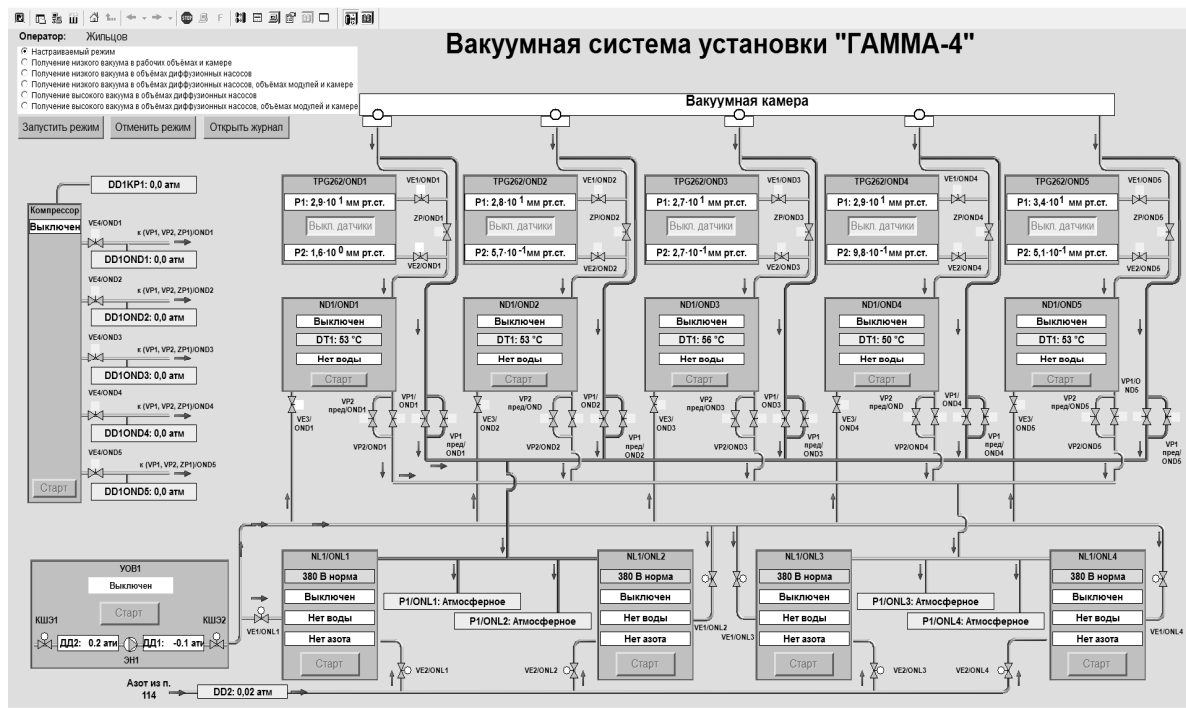


Рис. 3. Рабочее окно программы верхнего уровня

но экранированы и проложены в закрытых металлических кабельных каналах и металлорукавах. На случай отказа управляющего компьютера или потери с ним связи все блоки управления имеют локальные органы управления, которые позволяют привести ВС в исходное состояние и корректно завершить работу.

Программное обеспечение представляет из себя совокупность программы верхнего уровня, реализованную на SCADA-системе MasterScada 3.7 [1] и программ нижнего уровня для блоков управления реализованное на языке программирования C++.

Концепция SCADA (SupervisoryControlAndDataAcquisition – диспетчерское управление и сбор данных) predetermined всем ходом развития систем управления и результатами научно-технического прогресса. Применение SCADA-технологий позволяет достичь высокого уровня автоматизации в решении задач разработки систем управления, сбора, обработки, передачи, хранения и отображения информации. Дружественность человеко-машинного интерфейса (HMI/MMI), предоставляемого SCADA-системами, полнота и наглядность представляемой на экране информации, доступность «рычагов» управления, удобство пользования подсказками и справочной системой и т. д. – повышает эффективность взаимодействия диспетчера с системой и сводит к нулю его критические ошибки при управлении.

Совокупность программного обеспечения верхнего и нижнего уровня обеспечивает оператору возможность контроля и управления всеми элементами системы и выполнение технологических процессов как в ручном режиме, так и в автоматическом.

За согласованную работу программ нижнего уровня отвечает программное обеспечение верхнего уровня, представляя возможность оператору следить за ходом всего технологического процесса. Интерфейс программы верхнего уровня является интуитивно понятным для оператора и визуализирует информацию в виде мнемосхем и графиков.

Реализовано программное взаимодействие с АСУ системой статической зарядки. АСУ системой статической зарядки получает сигнал о готовности вакуума, и наоборот вакуумная система получает команды от системы статической зарядки, что позволяет подготовить вакуумную систему (отключить датчики вакуума и т. п.) перед импульсом.

Мнемосхема управления (рис. 3) компактно выполнена в формате одного окна, что позволяет оператору более эффективно выполнять работу.

С весны 2017 года проводится отработка режимов функционирования ускорителя. За это время АСУ показала надежность в работе. При проверках системы синхронизации и при рабочих пусках ускорителя сбоев и отказов в работе сети Ethernet, сетевого оборудования и блоков управ-

ления не происходило. Для управления вакуумной системой в автоматическом режиме достаточно одного человека. Откачка вакуума в автоматическом режиме не требует вмешательства оператора, задача которого только контролировать ход процесса. Внедрение АСУ позволило минимизировать ручные операции при подготовке вакуума. Продолжительность откачивания объемов ускорителя

от атмосферного давления до требуемого состояния с момента включения форвакуумных насосов составляет, в среднем, около 3-х часов.

### **Список литературы**

1. Руководство пользователя. Инсат, Москва, 2015.