

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕЗЕРВНОЙ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ АВАРИЙНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БЛОКА АЭС

Г.А. Григорьев, Е.А. Гнездова, А.В. Цалый (ЗАО "Диаконт")

Представлены назначение, функции и конструктивные особенности системы автоматического управления (САУ) резервной дизель-генераторной электростанцией аварийного электропитания энергетического блока Кольской АЭС. Описаны состав и структурная схема САУ. Обоснован выбор компании Schneider Electric в качестве основного поставщика аппаратно-программной базы проекта.

#### Описание объекта автоматизации

Автоматизируемые дизель-электрические агрегаты 15Д100 электропитания энергетических блоков Кольской АЭС введены в эксплуатацию в 1973 г. и служат для питания потребителей электрической энергией переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 6300 В. Агрегаты оборудованы щитом управления ШЭС 9002-02Б2 (2050x800x2400 мм), предназначенным для дистанционного и автоматического управления дизель-генератором (ДГ) и вспомогательным оборудованием. ШЭС 9002-02Б2 построен на релейных элементах логики и индикаторах световой сигнализации накаливаемого типа. Аналоговые датчики параметров, показывающие приборы ДГ и технические средства резервной дизельной электростанции (РДЭС) обеспечивают только визуальный контроль параметров, непосредственно в местах установки показывающих приборов или на контрольном щите в машинном зале.

Компоненты средств управления проработали немногим более 30 лет. Выработав свой ресурс, они требовали постоянного обслуживания. Средствами управления не обеспечивались: устойчивость к единичным отказам, непрерывная автоматическая диагностика как оборудования дизель-генераторной установки (ДГУ), так и системы автоматического управления; формирование и регистрация информационных сигналов, позволяющих локализовать места неисправности, воспроизвести обстановку, предшествующую аварийной ситуации, ход ее развития, а также действия обслуживающего персонала в этих условиях.

Таким образом, система и ее технические средства не соответствовали требованиям действующих нормативно-технических документов (НТД) по безопасности АЭС. Руководством Кольской АЭС было принято решение о проведении модернизации системы управления резервной дизель-генераторной электростанцией аварийного электропитания энергетического блока АЭС. Работы по модернизации САУ ДГУ проводили специалисты ЗАО "Диаконт" (С.-Петербург).

Требования, предъявляемые к работам по проведению модернизации и характеристикам реконструированной САУ ДГУ:

1. повышение надежности, степени автоматизации и замена устаревших компонентов системы управления без конструктивных изменений основного оборудования дизель-генераторной электростанции;
2. обеспечение работоспособности системы управления и ее техническая поддержка в течение 30 лет;
3. проведение работ по модернизации и вывод энергоблока на плановое техническое обслуживание в сжатые сроки.
4. оперативная адаптация к переменному составу оборудования ДГ и оборудования собственных нужд РДЭС для различных блоков в пределах АЭС.

#### Функции САУ ДГУ

Модернизированная САУ ДГУ предназначена для управления, контроля, защиты и информационного обеспечения эксплуатации ДГ, а также технических средств, обеспечивающих собственные нужды РДЭС в составе энергоблока АЭС. Система обеспечивает: поддержание ДГ в режиме постоянной готовности к автоматическому пуску; автоматический (по обесточиванию и аварийной защите (АЗ)) и автоматизированный пуск/останов ДГ с дистанционных щитов управления АЭС (пуск имеет приоритет над другими командами); поддержание параметров в режиме работы на мощности; защиту ДГ путем определения предельных значений параметров и вывода его из действия в режиме экстренной остановки; контроль параметров дизеля, генератора и наружных систем собственных нужд РДЭС (автоматическое управление оборудованием собственных нужд); формирование и вывод информации на видеоконтрольные устройства для оперативного персонала; формирование и передачу информации контроллеру верхнего уровня для регистрации параметров и ведения отчетности; хранение информации на жестком диске, а также вывод ее на бумажный носитель.

Структурные и проектные решения по созданию САУ ДГУ, обеспечивающие современный уровень и выполнение требований НТД по безопасности:

- использование современных промышленных высоконадежных средств вычислительной техники;

- дублированная система управления, защиты и аварийной сигнализации (2 канала) с параллельным вводом и обработкой информации с целью обеспечения устойчивости к единичному отказу;
- постоянная диагностика и локализация неисправностей до сменного модуля;
- формирование и регистрация информации для диагностики оборудования и анализа событий и действий персонала во всех, включая аварийные, режимах работы;
- модульное построение на унифицированных программно-аппаратных и электротехнических средствах, обеспечивающее удобство эксплуатации и эксплуатационную поддержку (от производителя технических средств) в течение всего назначенного срока службы;
- разделение информационной и управляющей частей САУ ДГУ;
- формирование рабочего места дежурного оператора (РМДО), функции которого ограничены

представлением и регистрацией информации от всех РДЭС, входящих в состав системы аварийного электропитания (САЭ) блока АЭС.

По классификации систем в соответствии с НП-026-01, САУ ДГУ относится к функциональной группе 2УК2; по степени автоматизации – к 4-й степени (по ГОСТ 14228-80); по сейсмостойкости – к категории I (по НП-031-01). Критерий качества функционирования технических средств САУ при испытаниях на помехоустойчивость – "А" по ГОСТ Р 50746-2000. РМДО имеет класс 4НО по НП-001-97 (ОПБ 88/97).

**Состав и структура САУ ДГУ**

Структурная схема САУ ДГУ представлена на рис. 1.

Шкафы управления ПУ-1 (2 ед.) предназначены для: обработки информации, поступающей от датчиков и органов управления ДГ, а также других технических средств РДЭС; формирования управляющих воздействий на ДГ и оборудование собственных

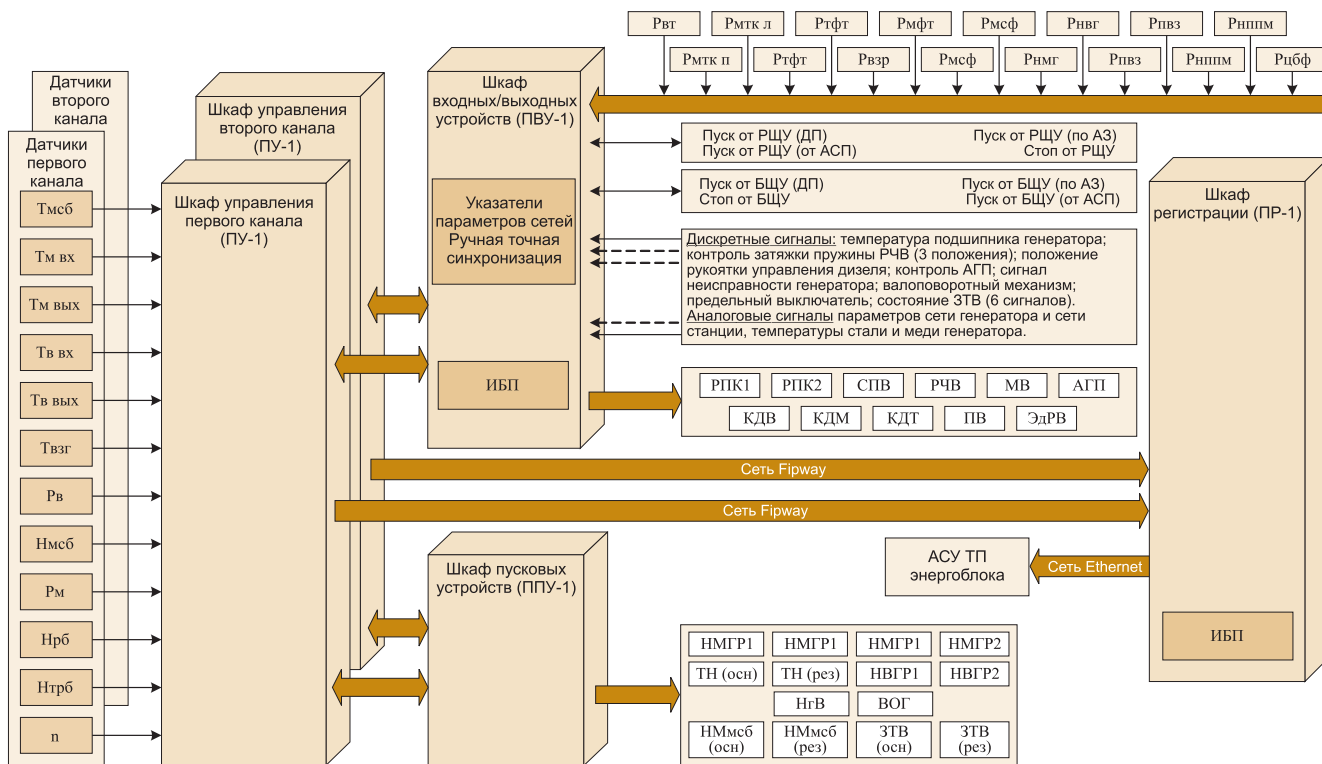


Рис. 1. Структура САУ ДГУ (с общим видом панелей), где АГП – автомат гашения поля; БЩУ – блочный щит управления; ВОГ – вентилятор охлаждения генератора; ДГ – дизель-генератор; ЗТВ – задвижка технической воды; КДВ – клапан долива воды; КДМ – клапан долива масла; КДТ – клапан долива топлива; МВ – масляный выключатель; НВГР – водяной насос горячего резерва; НГВ – нагреватели воды; НМГР – насос масляный горячего резерва; НМмсб – насос масляный подпитки маслосборника; НППМ – насос предпусковой прокачки масла; НППТ – насос предпусковой прокачки топлива; ПВ – предельный выключатель; РПК – разрешающий пусковой клапан; РЧВ – регулятор частоты вращения; РДЭС – резервная дизельная электростанция; РЩУ – резервный щит управления; СПВ – соленоид пускового воздуха; САЭ – система аварийного электропитания; ЭДРВ – электродвигатель регулятора возбуждения. Условные обозначения датчиков: Тмсб – температура масла в маслосборнике; Тм вх – температура масла в коллекторе на входе в дизель; Тм вых – температура масла в коллекторе на выходе из дизеля; Тв вх – температура воды на входе в дизель; Тв вых – температура воды на выходе из дизеля; Твзг – температура воздуха за генератором; Рв – давление воды; Рвзр – давление воздуха в ресивере; Рвт – давление воды технической; Рвтк,п – давление масла после фильтра турбокомпрессора (левого, правого); Рмфт – давление масла перед фильтром тонкой очистки; Рмсф – давление масла перед и за сетевым фильтром (фильтром грубой очистки); Рнвг – давление воды за насосом водяным горячего резерва; Рнмг – давление масла за насосом масляным горячего резерва; Рнппм – давление масла перед и за НППМ; Рпвз – давление пускового воздуха; Ртфт – давление масла перед и за фильтром тонкой очистки топлива; Рцбф – давление масла за центробежным фильтром; Нрб – уровень воды в расширительном баке; Нмсб – уровень масла в маслосборнике; Нтрб – уровень топлива в топливном расходном баке; n – частота вращения коленвала дизеля

нужд; информации на центральные пульта блока АЭС; представления текущей информации о состоянии САУ ДГУ и технических средств РДЭС на диалоговой панели Magelis, а также передачи этой информации в шкаф регистрации ПР-1.

Шкаф входных/выходных устройств ПВУ-1 предназначен для: бесперебойного питания шкафов управления (220 В, 50 Гц); связи с внешними управляющими системами, приема сигналов датчиков и прочих технических средств РДЭС; формирования по командам от ПУ-1 управляющих сигналов, подаваемых на исполнительные механизмы ДГ; представления информации о параметрах электрической сети энергоблока на приборах визуализации; обеспечения ручной точной синхронизации ДГ с сетью станции.

Шкаф пусковых устройств ППУ-1 включает коммутирующие устройства управления оборудованием собственных нужд РДЭС.

Шкаф регистрации ПР-1 входит в состав РМДО и обеспечивает регистрацию информации, ее долговременное хранение и вывод на бумажный носитель. РМДО обеспечивает централизованное дистанционное наблюдение за состоянием всех РДЭС в составе САЭ (на удалении до 1,5 км), регистрацию этой информации с целью документирования процесса эксплуатации, текущей диагностики РДЭС, а также возможности восстановления истории развития аварийных событий, включая действия обслуживающего персонала. Кроме того, РМДО обеспечивает возможность передачи информации о состоянии любой из РДЭС САЭ по сети Ethernet в информационно-вычислительную систему (ИВС) блока АЭС по протоколу TCP/IP.

Поставщиком программно-аппаратных средств, электротехнических компонентов и элементов конструкции САУ ДГУ была выбрана компания Schneider Electric, которая производит серийные изделия, что обеспечивает высокую степень стандартизации и унификации САУ на уровне составных частей. Оборудование компании Schneider Electric лицензировано для поставок на АЭС РФ, аппаратные средства (торговая марка Telemecanique) имеют развитый функциональный контроль компонентов, позволяющий реализовать локализацию неисправности при диагностике аппаратных средств до сменного элемента включительно. Рейтинг фирмы-поставщика технических средств САУ позволяет гарантировать обеспечение технической поддержки их эксплуатации на протяжении всего срока службы САУ.

Сбор информации о параметрах топливной, масляной, водяной и воздушной систем РДЭС произво-

дится комплектом датчиков фирмы Endress+Hauser. Датчики делятся на обеспечивающие измерение параметров для реализации алгоритмов управления, аварийной сигнализации и защиты (1-я группа) и информационные, предназначенные для диагностики состояния оборудования собственных нужд и регистрации параметров (2-я группа).

Вычислительное ядро системы построено на базе ПЛК Modicon Premium с ПО PL7. Контроллер шкафа управления формирует информацию, выводимую на диалоговые панели, а также управляющие сигналы, передаваемые на исполнительные органы. Примеры видеок кадров диалоговых панелей шкафов ПУ-1 представлены на рис. 2, 3. Отображение информации выполнено по принципу многоуровневой структуры: от обобщенной информации, отражающей готовность технических средств ДГ, включая САУ ДГУ, к выполнению функции безопасности, до отображения детализированной информации о состоянии отдельных элементов оборудования и средств автоматизации.

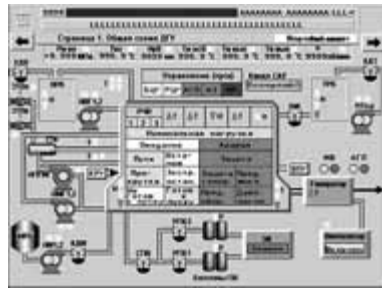


Рис. 2. Структура базового видеок кадра диалоговой панели шкафа управления



Рис. 3. Слайд архива сообщений. Просмотр архива АПС на диалоговой панели шкафа управления

В архиве диалоговой панели хранятся до 1050 сообщений. Диалоговая панель Magelis использует ПО ХВТЛ-100.

Каналы управления САУ ДГУ полностью идентичны. Основным каналом является первый. Переключение на второй канал производится автоматически по обобщенному сигналу неисправности первого канала. Сигнал неисправности формируется также и при отключении питания канала обслуживающим персоналом.

Число обрабатываемых САУ ДГУ сигналов: аналоговых — 38 ед., частотных (частота вращения коленвала ДГ) — 2 ед., дискретных — 65 ед. Число формируемых дискретных сигналов управления — 55 ед. Связь между шкафами управления и шкафом регистрации осуществляется по уплотненному каналу (магистраль Firway).

**Преимущества САУ ДГУ для пользователя**

Система САУ ДГУ имеет сертификат Госстандарта РФ об утверждении типа средств измерений RU.C.34.001.A №15697, зарегистрированный в Государственном реестре средств измерений под №25458-03. Порядок работ на всех стадиях проектирования и внедрения соответствует требованиям МС ИСО 9001-2000.

Технологически в САУ ДГУ обеспечены: высокая модификационная способность и аппаратное резервирование, что позволяет осуществлять адаптацию системы к объекту без конструктивной доработки, а также аппаратные решения, позволяющие сокращать сроки введения системы в эксплуатацию на площадке заказчика.

Поставка системы САУ ДГУ выполняется в два этапа:

- электромонтажного комплекта для обеспечения удобства и оперативности проведения монтажных работ на РДЭС;
- приборной части в состоянии максимальной готовности к вводу в эксплуатацию.

Приборная часть проходит наладку, проверку и приемочные испытания на специализированном паспортизованном стенде поставщика, обеспечивающем комплексную проверку программно-аппаратных средств на соответствие техническим характеристикам, указанным в техническом задании на поставку системы. Параметры стенда гарантируют идентичность оборудования поставляемой партии САУ ДГУ.

В представленной САУ ДГУ повышена надежность управления РДЭС в целом за счет автоматической диагностики, устойчивости к единичным отказам (резервирования) и улучшения информационного обеспечения эксплуатации. Непрерывно регистрируются исход-

ные события, включая аварийные, изменения технологических параметров как в процессе работы, так и в ходе развития аварии, действия элементов управляющей системы безопасности (УСБ), действия оперативного персонала, даты и времени событий. Информация регистрируется в системе в реальном времени.

#### Заключение

ЗАО "Диаконт" под наблюдением экспертов энергетических компаний Финляндии (Fortum OY) и Швеции (SwedPower) создан головной образец САУ ДГУ, который прошел предварительные и приемочные испытания на площадках поставщика (ЗАО "Диаконт") и заказчика (Кольская АЭС).

Таким образом, на сегодняшний день на Кольской АЭС модернизирована САЭ блоков №1, 2 и 4. В рамках проекта введены в эксплуатацию двенадцать САУ ДГУ. Сроки замены и введения оборудования в строй не превышают трех недель. Утверждено решение о серийном производстве систем этого типа.

*Григорьев Геннадий Алексеевич — руководитель отдела САУ,*

*Гнездова Екатерина Анатольевна — инженер, Цалый Александр Васильевич — менеджер проекта ЗАО "Диаконт".*

*Контактные телефоны: (812) 557-15-15, 327-87-91.*

*E-mail: grigoriev@diakont.com*

#### ELIPSE Software представляет новую версию SCADA-системы Elipse E3

Компания "Родник Софт" начала поставки системы диспетчерского контроля и оперативного управления E3 производства Elipse Software вер. 1.21. Основным нововведением в системе является функция E3Storage (история процессов), позволяющая объединять в единый объект и сохранять в БД большие объемы информации с использованием определяемых пользователем объектов типа "история". Эти данные могут быть восстановлены средством E3Query, где также могут быть определены способы консолидации данных такие, как средние, минимальные и максимальные значения на заданном интервале, или же можно отслеживать индивидуальные изменения в каждом поле. Информация может быть представлена в виде таблиц (E3Browser), графиков (E3Chart) или отчетов (E3Report), которые могут быть выведены на экран монитора, напечатаны или преобразованы в различные форматы (PDF, HTML, TXT, CSV, TIFF, GIF и др.).

Новые возможности SCADA-системы Elipse E3 вер. 1.21:

- справка WebHelp на базе языка HTML, которая предоставляет быстрый доступ к описанию объектов E3 с помощью Internet Explorer или Netscape Navigator;
- быстрое переключение на сервер горячего резерва (Hot Standby) и ускоренный доступ к БД (таким, как Oracle и SQL Server);
- "мастер" (Wizard) для документирования скриптов и средство подготовки отчетов о версиях (Version Report) для проектов и библиотек, которые делают легкой систематизацию информации о разработке;
- возможности создания и компоновки сообщений о коммуникационных ошибках.

Обновленное средство E3Chart позволяет отображать как данные истории, так и данные времени выполнения всего одним пером, и отмечать на графике моменты, когда объект не получает данных.

*Демо-версия E3 1.21 доступна для загрузки на сайтах производителя Elipse Software <http://www.elipse.com.br> и дистрибьютора в России и других странах СНГ "Родник Софт" <http://www.rodnik.ru>*

#### Промышленный компьютер на DIN-рейке: новое решение компании WAGO

В номенклатуре компании ПРОСОФТ появился новый продукт — компактный PC-совместимый компьютер от компании WAGO. Новинка предназначена для работы с модулями ввода/вывода серии 750, использующимися для самых различных типов промышленных сетей и получившими заслуженное признание у системных интеграторов благодаря уникальной гибкости построения узлов сети и максимальному удобству монтажа.

Промышленный компактный компьютер сочетает два основных достоинства, присущих промышленным контроллерам и ПК. Во-первых, это мощь ПК, широкий набор интерфейсов (USB и RS-232), возможность подключения накопителя на карте Compact Flash, встроенная видеокарта с выходом DVI, позволяющая подключить LCD монитор. Во-вторых, это свойственная промышленным контроллерам простота программирования благодаря применению компилятора WAGO I/O PRO CAA - универсального средства программирования, поддерживающего пять языков стандарта IEC 61131-3.

Компания WAGO сознательно не стала выпускать версию контроллера для свободного программирования. Трудоемкость написания приложений на языках C и Ассемблере существенно усложняет процесс создания систем управления. А развитая база библиотек, готовых функциональных программных модулей для компилятора WAGO I/O PRO CAA позволяет быстро создать приложение, отвечающее практически любым требованиям заказчика.

Компьютер работает под управлением ОС RT-Linux со встроенным ядром CoDeSys, и программирование его возможно только с помощью ПО WAGO I/O PRO CAA; устанавливается на несущую DIN-рейку.

Основные параметры: процессор Geode SC1200 266 МГц; оперативная память 32 Мбайт; графика 1024x768 LCD Panel link / DVI; расширение памяти — Compact Flash тип II; сеть LAN — 2 гнезда RJ-45 10base-T/100Base-TX; промышленная сеть — Profibus-DP, CAN, DeviceNet.

[Http://www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)