



АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ДНЕСТРОВСКОЙ ГАЭС ОАО "УКРГИДРОЭНЕРГО" ОТ КОМПАНИИ "ЭМЕРСОН"

Общее описание объекта управления. Днестровская гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС) расположена на реке Днестр и предназначена для работы в циклическом режиме: потребление излишней энергии атомных и тепловых электростанций в ночное время и выдача пиковой энергии в утреннее и вечернее время. Основная задача ГАЭС — это регулирование графика суточных нагрузок и перетоков в энергосистеме Украины, участие в регулировании частоты, выполнение функций аварийного резерва мощности. Проект Днестровской ГАЭС был разработан институтом "Укрэгидропроект" в 1984 г.

Основные технические характеристики ГАЭС:

В турбинном режиме:

- мощность максимальная, МВт — 2268;
- напор максимальный, м — 157;

В насосном режиме:

- мощность максимальная, МВт — 2947;
- напор максимальный, м — 165,3;

Уровни водохранилища:

- верхнего бассейна, м — 229,5;
- нижнего бассейна, м — 77,1;

Номинальная скорость вращения турбины, об/мин — 150.

Электрический блок Днестровской ГАЭС состоит из синхронного генератора-двигателя мощностью 324/421 МВт с напряжением 15,75 кВ и силового трансформатора 430 МВт (МВА) рассчитанного на напряжение 15,75/347 кВ. В качестве нижнего бассейна ГАЭС используется русло реки Днестр расположенной в 10 километрах ниже по течению от Днестровской ГАЭС, а верхний водоем создан искусственно.

Требования к системе управления и основные технические решения.

Заказчиком были установлены следующие требования, которым должен удовлетворять программно-технический комплекс (ПТК) системы управления:

- система управления на базе ПТК должна быть полностью распределенной;
- резервирование контроллеров управления и функций операторских станций;
- открытый доступ к информации в системе управления;

- дублированная архитектура управляющих сетей;

- скоростная информационная сеть (не менее 100 Мбит/сек);

- простота конфигурирования и отладки управляющего программного обеспечения;

- система управления должна комплексно решать задачу автоматизации управления, мониторинга и защиты основного генерирующего и силового оборудования, а также коммутационных аппаратов на высоковольтном распределительном устройстве (КРУЭ-330 кВ);

- используемые технические средства должны быть доступны для заказа в течение всего срока службы ПТК на станции.

В рамках проводимых конкурсных торгов на право заключения договора на внедрение автоматизированной комплексной системы управления (АКСУ) Днестровской ГАЭС компанией "Эмерсон" было предложено проверенное решение на базе программно-технического комплекса "Ovation".

Структурно ПТК "Ovation" состоит из оборудования верхнего уровня: сетевое оборудование и рабочие станции, и оборудования нижнего уровня: контроллеры и модули ввода/вывода. Для обеспечения поэтапного ввода в эксплуатацию различных устройств ГАЭС система управления разбита на три самостоятельные подсистемы с индивидуальными контроллерами: подсистема общестанционного уровня, подсистема агрегатного уровня, подсистема КРУЭ-330 кВ. Состав ПТК АКСУ и структура взаимосвязей между подсистемами и верхним уровнем представлены на Рис. 1.

Каждая подсистема включает в себя резервированный контроллер "Ovation", локальную операторскую станцию и панели управления с модулями ввода/вывода. В ПТК используется контроллер, представляющий собой высокопроизводительную вычислительную машину на основе процессора Intel Pentium, работающую под управлением операционной системы реального времени VxWorks в многозадачном режиме. В системе управления применяются полностью резервированные контроллеры и высоконадежные периферийные модули ввода/вывода. Все компоненты ПТК "Ovation" имеют дублированное подклю-

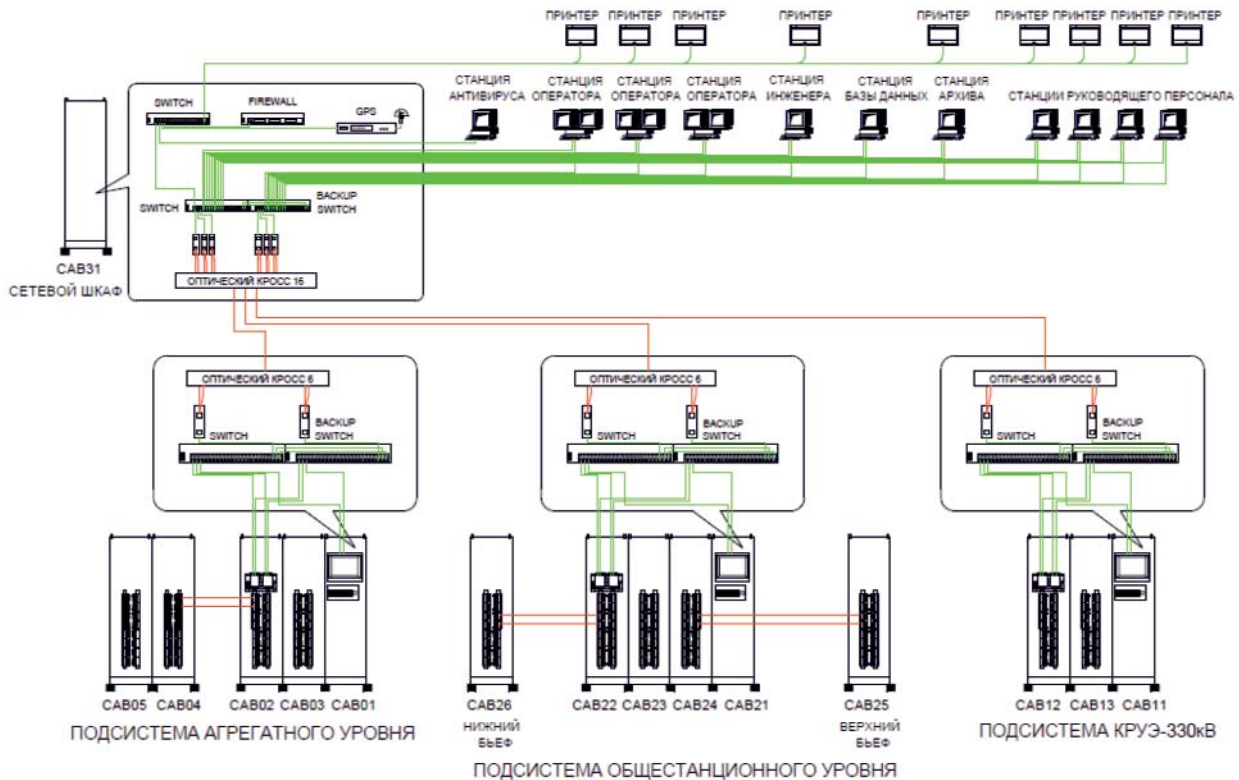


Рис. 1. Структура АКСУ на базе ПТК "Ovation"

чение к общей информационной сети на базе Fast Ethernet 100 Мбит/сек, и все коммуникационное оборудование резервировано. Обмен данными в системе ведется по широкополосному протоколу Dynamic Data Block (ddb), т.е. все источники данных (в частности контроллеры) публикуют в сети все свои данные с определенной периодичностью, а приемники (например: операторские станции или другие контроллеры) "видят" все доступные данные от всех источников. Такая структура обладает рядом преимуществ, направленных на повышение информационной емкости и отказоустойчивости системы:

- отсутствует ограничение по количеству рабочих станций и контроллеров. Масштаб системы ограничен только пропускной способностью сети (200 тысяч точек в секунду).

- в ПТК не применяется механизм "запрос-ответ", и, соответственно, отсутствует центральный интеллектуальный узел передачи данных (сервер). Полное отключение любой рабочей станции или контроллера от сети не приводит к потере коммуникаций в системе.

В целом программно-технический комплект "Ovation" обладает функцией глубокой диагностики состояния всех внутренних компонентов. Информация о текущем состоянии ПТК отображается

на специально разработанных экранных формах. Сеть, рабочие станции, контроллеры постоянно проходят диагностические тесты. Для проверки входных и выходных сигналов в контроллере так же существуют специальные экранные формы (Рис. 2). На этих экранах изображаются модули ввода/вывода и точки системы, которые соответствуют входным/выходным сигналам. Кнопки управления позволяют отключить точку от скапирования и присвоить ей соответствующее значение. Для дискретных сигналов эти значения являются "0" или "1", а для аналоговых сигналов

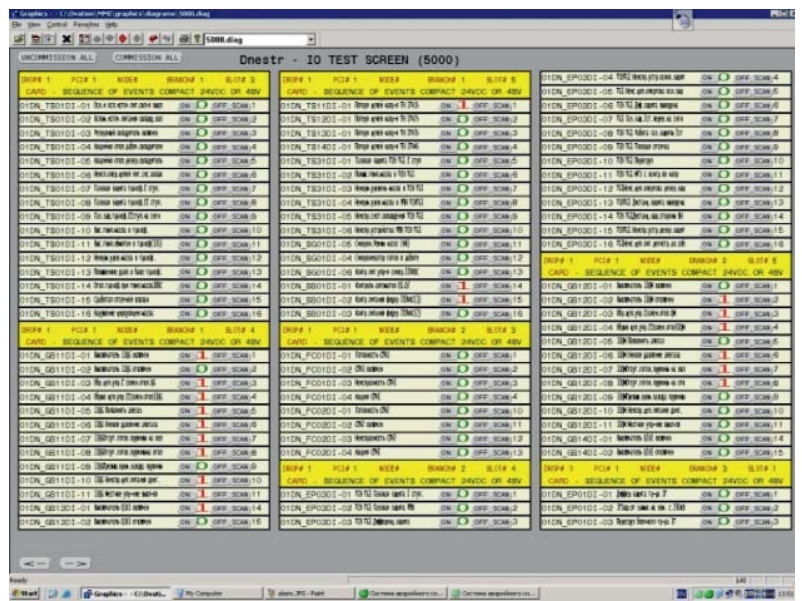


Рис. 2. Экранная форма проверки входных и выходных сигналов



Иллюстрация 1. Отметка 56.600 с установленными панелями.

любое текущее значение в заданных пределах. Отображение дискретного сигнала на желтом фоне означает, что сигнал зафорсирован; на малиновом — канал не подключен; на голубом — нет связи с контроллером. Отображение аналогового сигнала на желтом фоне означает, что сигнал зафорсирован; красная буква "В" в конце цифрового значения — канал не подключен; голубая буква "Т" — нет связи с контроллером. Диагностика состояния ПТК "Ovation" существенно упрощает процесс наладки и эксплуатацию, а также сокращает время на поиск возможных неисправностей.

В панелях САВ01, САВ11, САВ21, САВ31 (Рис. 1) установлены источники бесперебойного питания, обеспечивающие гарантированное напряжение 220 В 50 Гц в течение 30 минут для компьютеров, мониторов, сетевого и другого оборудования ПТК. Средний срок службы систем управления на базе аппаратуры "Ovation" составляет не менее 10 лет.

В состав подсистем общестанционного уровня, агрегатного уровня и КРУЭ-330 кВ входит следующее оборудование:

- 3 резервированных контроллера "Ovation";
- 187 модулей ввода/вывода, а именно:
 - 17 модулей дискретного ввода (16 каналов на модуль),
 - 87 модулей дискретного ввода последовательности событий (16 каналов на модуль),
 - 35 модулей дискретного вывода (16 каналов на модуль),
 - 12 модулей аналогового ввода 4—20 мА Hart (8 каналов на модуль),
 - 17 модулей аналогового ввода, термосопротивления (8 каналов на модуль),
 - 1 модуль аналогового вывода 4—20 мА (4 канала на модуль),

- 18 модулей связи RS232/485 (1 канал на модуль).

Общее количество обслуживаемых точек ввода/вывода превысило 2500 шт.

Система управления обеспечивает основные режимы работы агрегата, а именно: турбинный (генераторный) режим (Т), режим синхронного компенсатора с турбинным направлением вращения (СКТ), насосный (двигательный) режим (Н), режим синхронного компенсатора с насосным направлением вращения (СКН). Кроме основных режимов работы агрегата АСКУ также обеспечивает следующие переходные режимы:

- пуск в генераторный режим;
- пуск в насосный режим от системы частотного пуска агрегата;
- пуск в насосный режим от другого агрегата методом "спина—к—спине";
- пуск в режим СК с турбинным направлением вращения (СКТ);
- пуск в режим СК с насосным направлением вращения (СКН);
- переводные режимы — перевод в режим турбинный (Т), насосный (Н), режимы СК (СКТ и СКН) из любого режима, указанного выше;
- нормальный останов;
- быстрый останов от гидромеханических защит;
- аварийный останов от электрических и противоразгонных защит;
- аварийный останов оператором;
- режимы механического, электрического и рекуперативного торможения.

Агрегатный уровень управления.

В состав подсистемы агрегатного уровня входят пять панелей САВ01...05. Панели САВ01...03 расположены в помещении агрегатного уровня здания ГАЭС, на отметке 85.700, панели САВ04 и САВ05 на отметке 56.600. Общий вид панелей управления подсистемы агрегатного уровня представлен на Рис. 1.

В панели САВ02 установлен резервированный контроллер "Ovation" с модулями ввода/вывода. Панель САВ03 является расширением САВ02 и служит для размещения модулей ввода/вывода и промежуточных реле. Панели САВ04 и САВ05 так же являются расширением САВ02 с модулями ввода/вывода и промежуточными реле, но размещены на другой отметке и подключены к контроллеру с помощью оптического кабеля. Отметка 56.600 с установленными панелями САВ04 и САВ05 показана на Иллюстрации 1.



По функциональному назначению панели агрегатного уровня делятся на три группы. Первая группа панелей, а именно САВ02 и САВ03, отвечает за управление и сбор данных со следующих систем: блочный трансформатор с системой электрических защит; трансформатор собственных нужд с системой электрических защит; выключатели, разъединители и заземляющие ножи; статические преобразователи частоты; система электрических защит генератор-двигатель; противоаварийная автоматика. Вторая группа панелей, САВ04 и САВ05, обеспечивает контроль и мониторинг следующих систем: термоконтроль генератора; подшипники генератора и турбины; виброконтроль узлов генератора и турбины; система впуска и выпуска воздуха в режимах Н, СКТ и СКН; система технического водоснабжения; сборки питания; дренаж шахты агрегата; возбуждение; регулятор частоты, МНУ и кольцевого затвора. Третья группа – это панель САВ01, в которой установлены универсальные измерители электрических параметров линий генератора при работе в режиме "Насос" и "Генератор", автосинхронизатор и локальная рабочая станция. На двери этой панели располагается экран с сенсорным управлением, который обеспечивает доступ к экранным формам подсистемы агрегатного уровня. На экранных формах в режиме реального времени отображаются величины контролируемых параметров, положения гидравлических устройств и узлов гидроагрегата. Экранная форма общей схемы гидроагрегата приведена на Рис. 3.

Задвижками подсистемы агрегатного уровня можно управлять непосредственно с локальной рабочей станции. При нажатии на графическое изображение задвижки появляется всплывающее окно "Управление задвижкой". Оно разработано с учетом стандартизированного подхода к автоматизации и включает в себя все инструменты для управления и отображения информации о текущем состоянии. Таким образом, все задвижки АКСУ оснащены единым интерфейсом в ПТК, что существенно упрощает процесс наладки и эксплуатации. Экранная форма окна управления задвижкой показана на

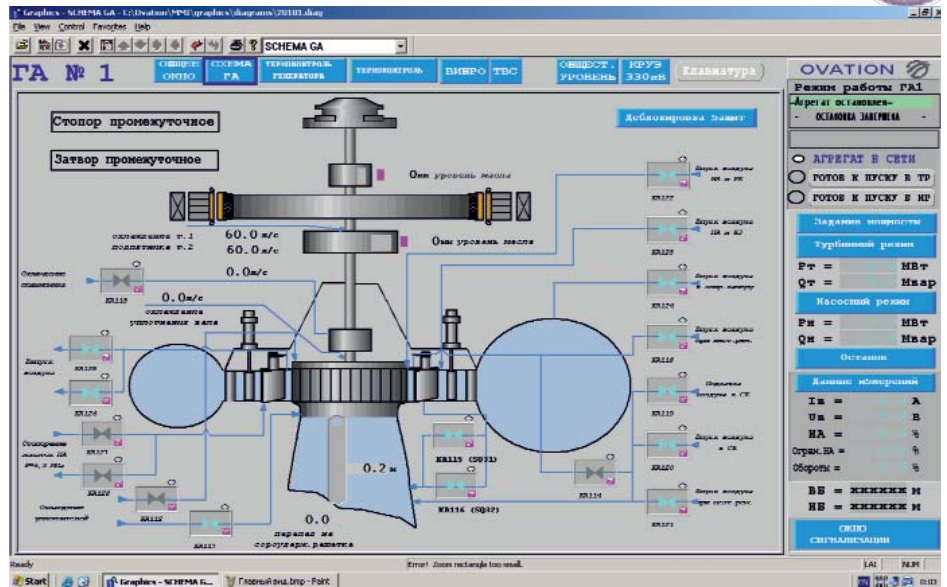


Рис. 3. Экранная форма общей схемы гидроагрегата.

Рис. 4.

Для визуального контроля температуры и вибрации узлов генератора и турбины на монитор подсистемы агрегатного уровня выводятся соответствующие экранные формы. Они приведены на Рис. 5 и 6.

Для пуска агрегата в генераторный или насосный режим, необходимо сформировать сигнал готовности агрегата к пуску. Он будет сформирован, если все транспаранты сигналов на экранной форме готовности будут зеленого цвета (Рис. 7). Аналогичные окна открываются для электрических и гидромеханических защит.

После проверки сигнала готовности можно выбрать режим пуска, "Пошаговый" или "Автоматический" (Рис. 8). При пошаговом пуске после выполнения каждого шага происходит остановка выполнения алгоритма. Продолжение выполнения алгоритма необходимо подтверждать нажатием кнопки "Выполнить". Оператор имеет воз-

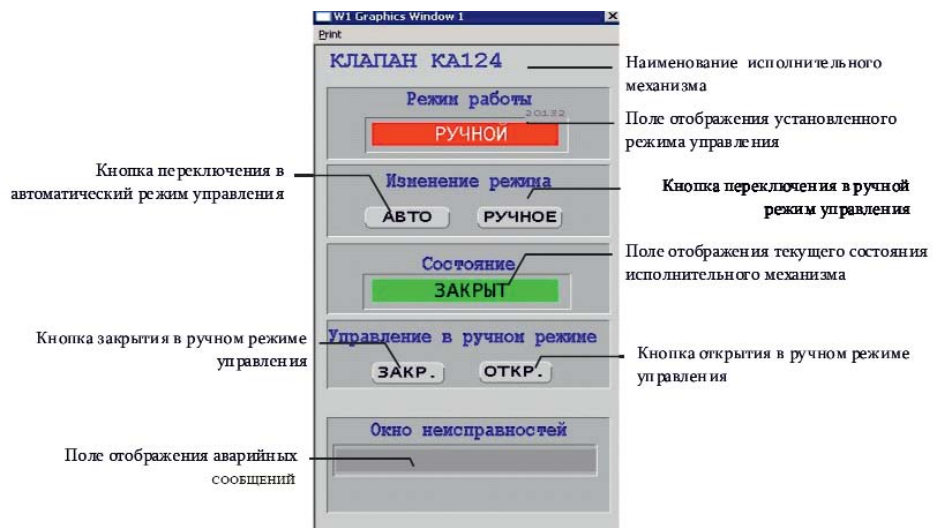


Рис. 4. Экранная форма окна управления задвижкой

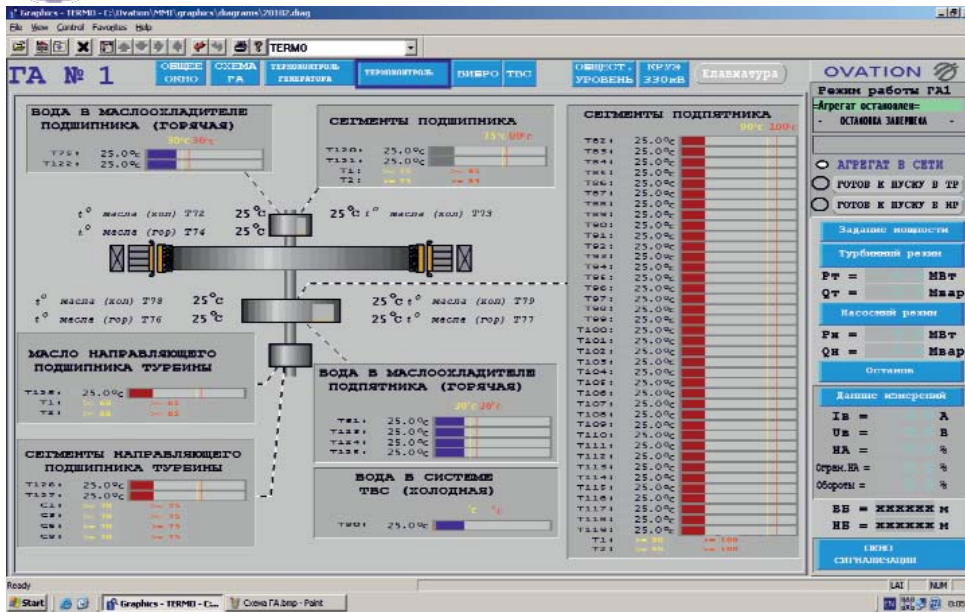


Рис. 5. Экранная форма схемы термоконтроля гидроагрегата

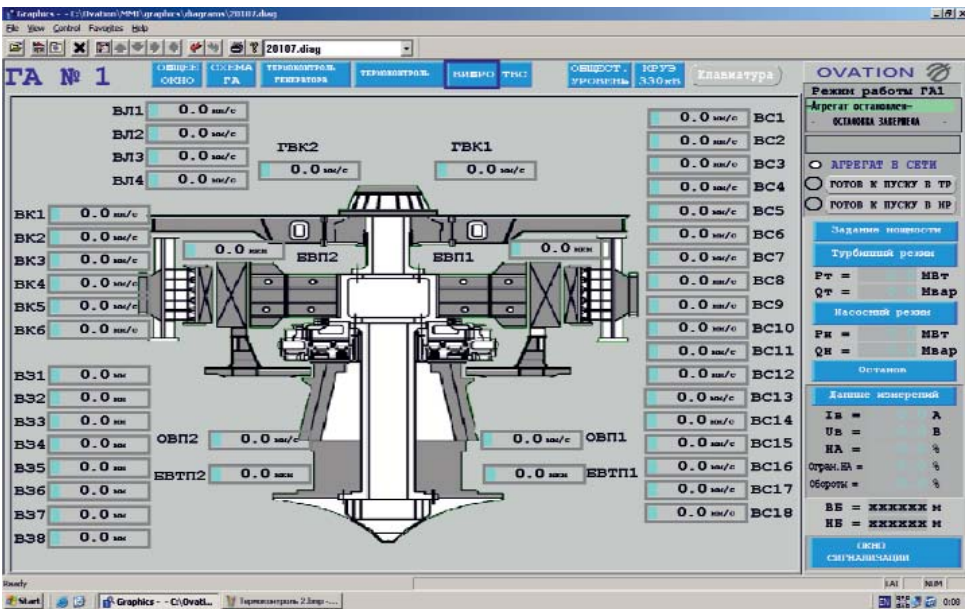


Рис. 6. Экранная форма виброконтроля агрегата

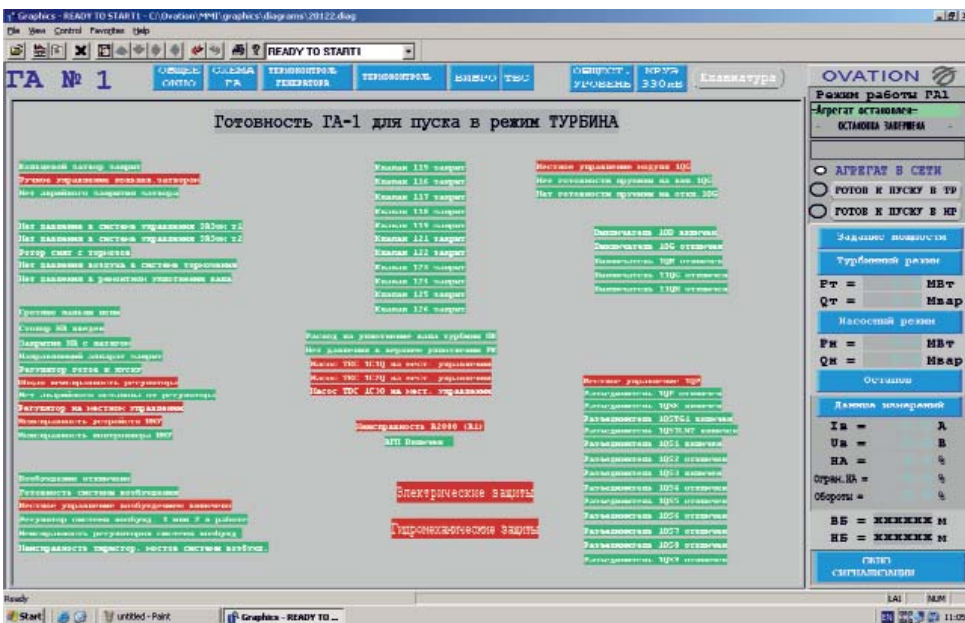


Рис. 7. Экранная форма готовности к турбинному режиму

возможность пропуска любого из шагов нажатием кнопки "Пропустить".

Аналогичным способом может производиться останов агрегата (Рис. 9). Шаги, на которых нельзя прерывать алгоритм последовательности операций, всегда выполняются автоматически, даже если выбран пошаговый режим. При этом после каждого шага загорается надпись "Выполнен" и происходит переход к следующему шагу.

Общестанционный уровень управления.

В состав общестанционного уровня управления входят шесть панелей САВ21...26. Панели САВ21...24 расположены в помещении агрегатного уровня здания ГАЭС, САВ25 в помещении со стороны верхнего бьефа, а САВ26 – в помещении со стороны нижнего бьефа ГАЭС. Общий и внешний вид панелей общестанционного уровня управления представлен на Рис. 1. В панели САВ22 установлен резервированный контроллер "Ovation" с модулями ввода/вывода. В панелях расширения САВ23 и САВ24 установлены модули ввода/вывода и промежуточные реле. В панелях расширения САВ25 и САВ26 так же установлены модули ввода/вывода и промежуточные реле, но эти панели расположены в разных помещениях и подключены к контроллеру посредством оптического кабеля.

Панели САВ21...24 обеспечивают контроль и мониторинг следующих систем: КРУЭ 6кВ; щитов собственных нужд 0,4кВ; щитов постоянного тока; системы частотного пуска агрегата; сборок питания; общестанционных систем пневматического хозяйства; осушения проточной части агрегатов; дренажа шахты выхода; вентиляции; пожаротушения. Панель САВ25 предназначена для контроля уровня во-

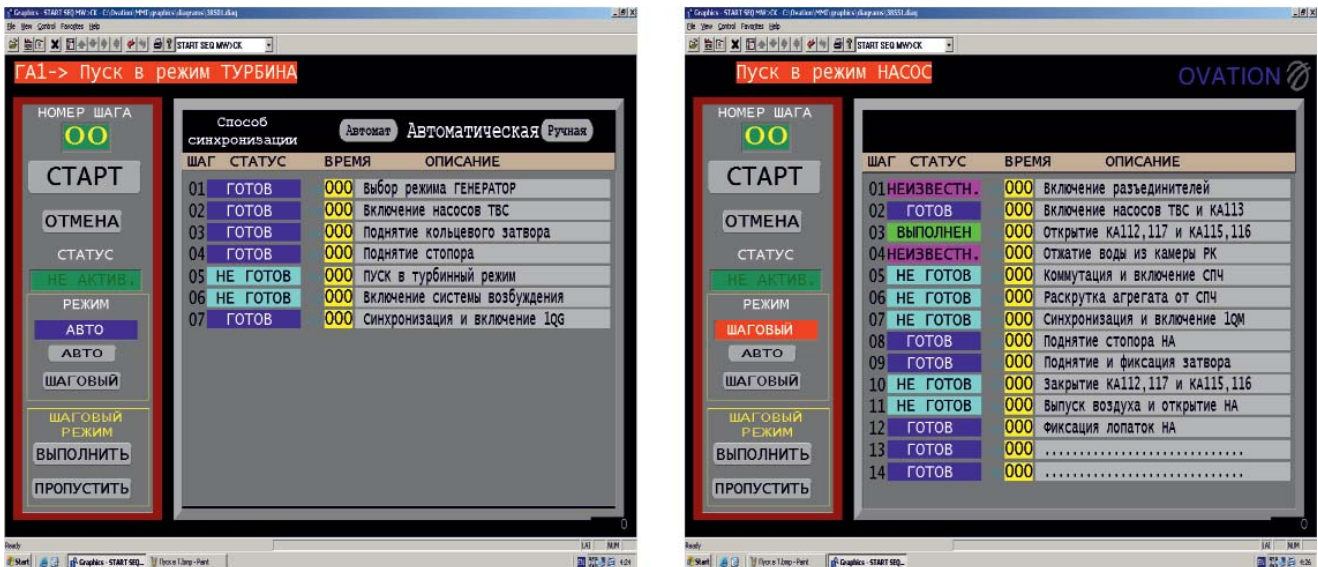


Рис. 8. Экранные формы пуска в режим "Турбина" и в режим "Насос".

ды в верхнем бьефе и в шахте компенсатора, а также для мониторинга щита собственных нужд. Панель САВ26 выполняет функции контроля уровня воды в нижнем бьефе, затопления галерей ТВС, откачки дренажной воды (водовыпуск), канализационной насосной станции, мониторинг щитов собственных нужд и сборок питания.

На двери панели САВ21 располагается экран с сенсорным управлением, который обеспечивает доступ к экранным формам общестанционного уровня управления. На экранных формах отображаются состояния заземлителей, выключателей, а также электрические параметры агрегатного трансформатора, системы частотного пуска агрегата, параметры работы генератора в турбинном и насосном режимах. Система частотного пуска обеспечивает раскрутку агрегата в насосном режиме и рекуперативное торможение агрегата при останове из режима СКН. Экранная форма основной электрической схемы показана на Рис. 10. Переход с одной экранной формы на другую производится с помощью верхнего меню. Схема КРУЭ 6 кВ разделена на 4 секции, которые соединены попарно секционными выключателями. Каждая пара секций питается от двух трансформаторов собственных нужд, подключенных к шинам генераторного напряжения. Каждая пара секций имеет резервное питание от подстанции 35/6 кВ. Все выключатели могут управляться с экрана оператора, но доступ к управлению может быть получен только после ввода соответствующего пароля. Экранная форма схемы КРУЭ 6 кВ приведена на Рис. 11.

Помимо решения задач управления контроллер общестанционного уровня будет осуществлять связь с диспетчерским центром РДЦ Юго-Западной ЭС. Выполняется передача 30 аналоговых сигналов и 41 дискретного сигнала с использованием

стандартного протокола IEC 60870-5.101 для информационного обмена с системами управления вышестоящих диспетчерских центров.

Подсистема КРУЭ-330 кВ

В состав подсистемы КРУЭ 330кВ входят три панели САВ11...13. Общий вид панелей управления представлен на Рис. 1. Панели САВ11...13 расположены в помещении здания КРУЭ 330 кВ. В панели САВ12 установлен дублированный контроллер с модулями ввода/вывода. В панели САВ13 установлены модули ввода/вывода и промежуточные реле.

Панели САВ11...13 обеспечивают контроль и мониторинг следующих систем: основных и резервных электрических защит линий Днестровской ГЭС (ДГЭС1); Ладыжинской ГЭС (ЛТЭС) и гидроагрегата №1 Днестровской ГАЭС (блок 1); элегазовых выключателей; выключателей, разъединителей и заземляющих ножей. В панели САВ11 установлены универсальные измерители электрических параметров линий ДГЭС1, ЛТЭС и блока 1 и локальная рабочая станция. На двери



Рис. 9. Экранная форма останова из генераторного режима

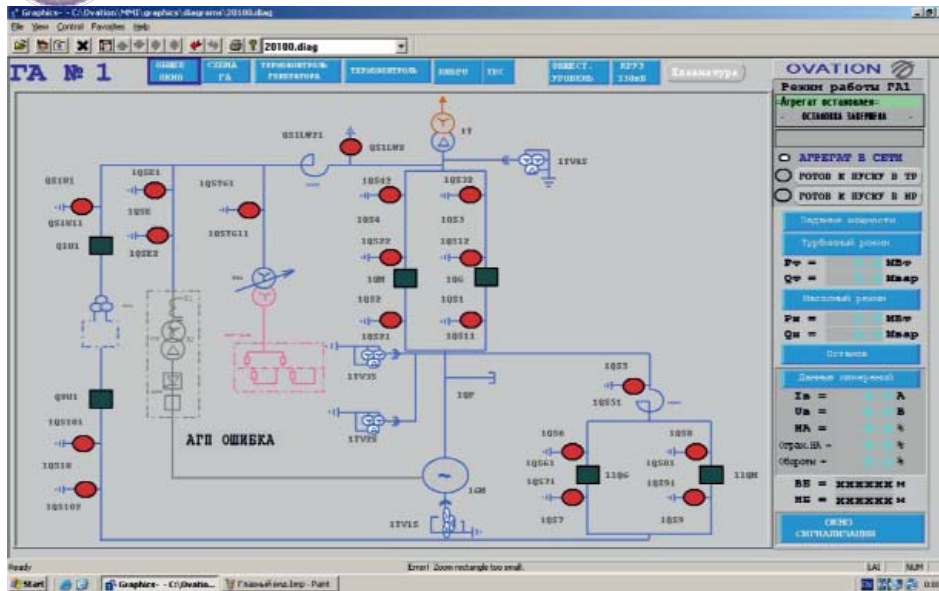


Рис. 10. Экранная форма основной электрической схемы агрегата.

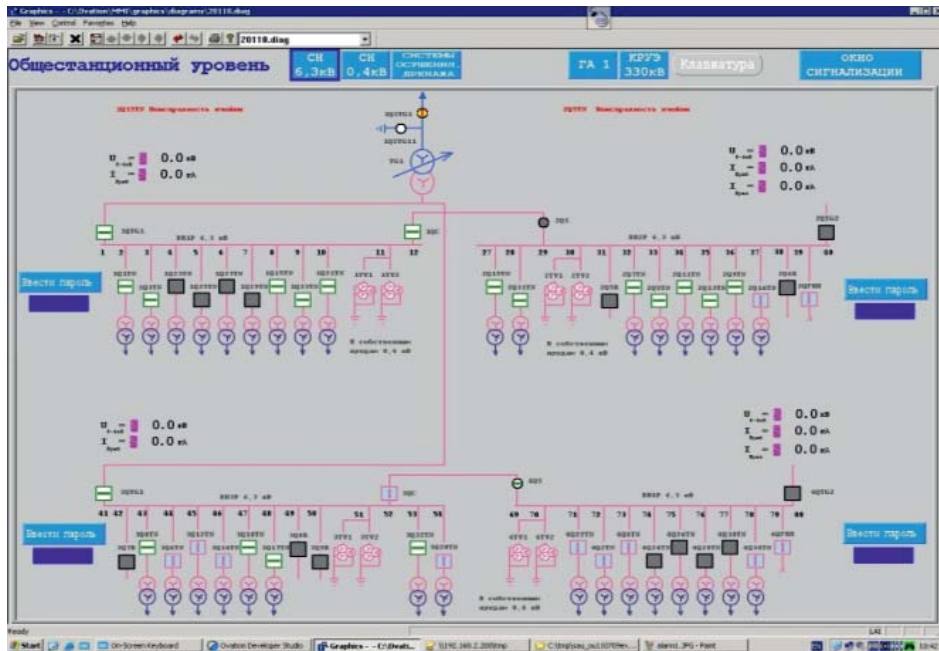


Рис. 11. Экранная форма схемы КРУЭ 6 кВ.

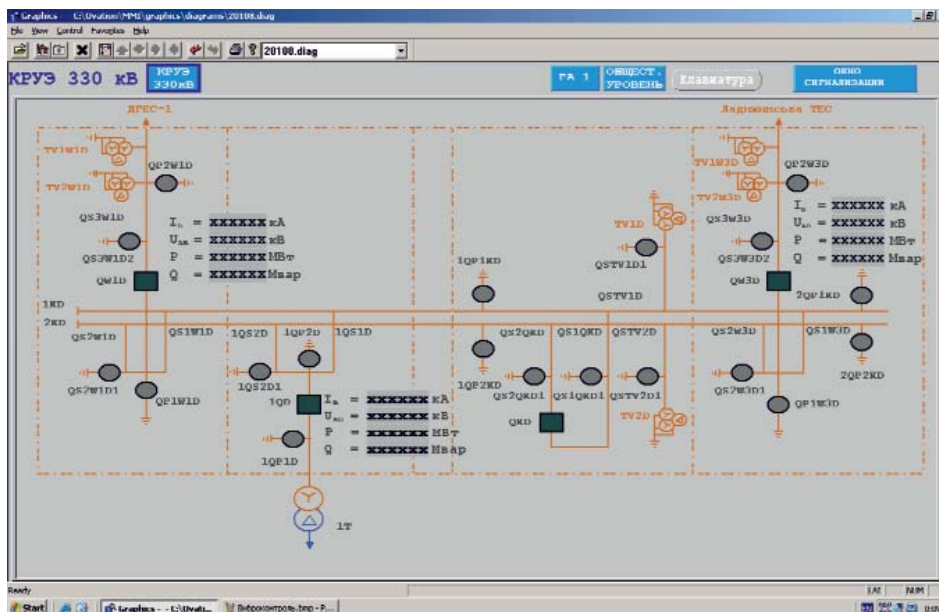


Рис. 12. Экранная форма схемы КРУЭ-330 кВ

панели САВ11 располагается экран с сенсорным управлением, который обеспечивает доступ к экранным формам контроллера КРУЭ-330 кВ. На экранных формах в режиме реального времени отображаются величины контролируемых параметров, положения заземлителей, разъединителей и выключателей. Экранная форма схемы КРУЭ-330 кВ показана на Рис. 12.

Всеми выключателями и разъединителями можно управлять с экрана монитора при условии ввода соответствующего пароля. Каждая группа устройств, относящихся к одной линии, имеет свой пароль. Для исключения ошибочных действий, при ручном управлении коммутационными аппаратами любое действие оператора требует повторного подтверждения.

Оборудование верхнего уровня

Верхний уровень АКСУ состоит из рабочих станций оперативного персонала, рабочих станций руководящего и технологического персонала, инженерной станции, станции базы данных системы, станции архивной регистрации, станции с программным обеспечением (ПО) антивируса, принтеров и шкафа с сетевым оборудованием, который обеспечивает информационное взаимодействие между компонентами системы. Все рабочие станции реализуются на базе промышленных компьютеров (ПК).

Рабочие станции оперативно-технологического и руководящего персонала предоставляют полную информацию о текущем состоянии производственного оборудования и предназначены непосредственно для управления технологическим процессом. С помощью инженерной станции обеспечивается конфигурирование системы, ввод прикладных программ, отладка алгоритмов, внесение изменений в листы управления и экраны рабочих станций. Информация обо всех ин-



формационных и управляющих точках ПТК хранятся в памяти станции базы данных. Станция архивной регистрации служит для постоянного сбора и сохранения текущих значений технологических параметров. Этот архивный сервер позволяет сканировать до 20000 измеряемых и расчетных параметров. Сбор данных осуществляется при изменении состояния параметра или изменении текущего значения, выходящего за пределы зоны нечувствительности, которая устанавливается эксплуатационным персоналом. Такой метод сбора данных позволяет снизить требования к объему дисковой памяти, вместе с тем обеспечивая точную регистрацию развития процесса. Кроме того, в станции архивной регистрации обрабатываются пользовательские запросы на доступ к информации об архивных значениях параметров для отображения на трендах операторских станций. Следует отметить, что благодаря использованию широкополосного протокола DDB, отключение любой рабочей станции от информационной сети не приводит к потере коммуникаций и система управления функционирует в штатном режиме. Большое внимание уделяется вопросам безопасности эксплуатации ПТК, поэтому рабочие станции оснащены системой разграничения прав доступа, которая защищена соответствующими паролями. Таким образом, только квалифицированный и обученный персонал ГАЭС имеет доступ к жизненно важным компонентам ПО "Ovation". Кроме того, для защиты от вирусных атак в состав ПТК включена специализированная станция с программным обеспечением антивируса Symantec. На Иллюстрации 2 представлено рабочее место оператора АКСУ.

С любой операторской станции системы доступна информация о работе всех подсистем: подсистема агрегатного уровня, подсистема общестанционного уровня, подсистема КРУЭ-330 кВ. Таким образом, на ГАЭС было создано единое информационное пространство. В состав верхнего уровня вошла инженерная станция с соответствующими программными продуктами "Ovation", поэтому обученный эксплуатационный персонал

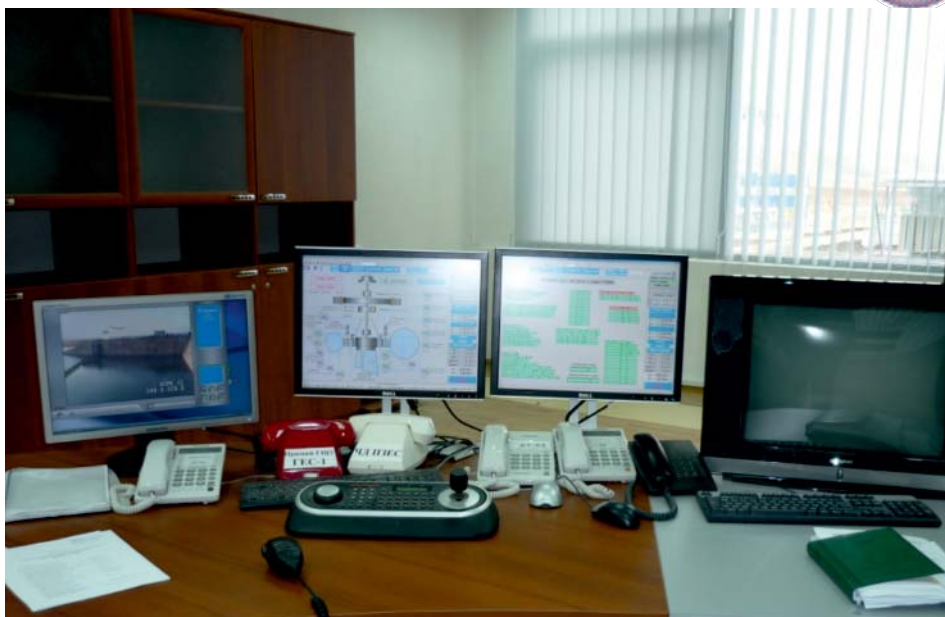


Иллюстрация 2. Внешний вид операторской станции на рабочем месте оперативного персонала ГАЭС.

располагает всеми средствами для конфигурирования ПТК и может самостоятельно вносить необходимые изменения в работу системы.

Выводы.

При реализации проекта автоматизированной комплексной системы управления Днестровской ГАЭС на базе ПТК "Ovation" была создана простая и понятная аппаратно-программная платформа операторского интерфейса. Резервирование контроллеров, информационной сети, функцией операторских станций и применение безсерверной технологии позволили существенно повысить надежность ПТК, а функции глубокой диагностики максимально упростить обслуживание системы. АКСУ ГАЭС интегрирует все технологические процессы электростанции, представляет персоналу точную информацию и гарантирует постоянный централизованный доступ ко всем технологическим параметрам через рабочие станции "Ovation". Такой подход обеспечивает своевременное и точное принятие решений в процессе эксплуатации, а также быстрое реагирование на события, возникающие в пределах всего объекта управления.