

ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ

НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ



www.energo.net.ua

5/15

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ УГЛЕГОРСКОЙ ТЭС

Общие сведения

29 марта 2013 года в результате пожара, возникшего вследствие аварии на блоке № 2 Угледорской ТЭС, были значительно повреждены энергоблоки первой очереди электростанции. Наиболее пострадали системы контроля и управления (СКУ): полностью сгорели все кабели, датчики и вся аппаратура управления, установленная на блочных и местных щитах.

Руководство Минтопэнерго приняло решение о необходимости восстановления энергоблоков, для чего необходимо было восстановить СКУ. Заменить оборудование СКУ на аналогичное поврежденному не представлялось возможности, так как оно было введено в эксплуатацию одновременно с энергоблоками в начале 70-х годов и, на момент аварии, физически и морально устарело и было снято с производства. К тому же типовые проектные решения, принятые на этапе создания СКУ блоков 1-й очереди Угледорской ТЭС, перестали в полной мере соответствовать требованиям действующих в настоящее время нормативных документов (НД).

Модернизация СКУ должна была обеспечить надежную реализацию ряда управляющих, информационных и вспомогательных функций, состав и качество функционирования которых соответствовали бы требованиям действующих НД. При этом технические характеристики СКУ должны были бы соответствовать современному уровню лучших отечественных и зарубежных разработок в области АСУ ТП ТЭС.

Был проведен анализ выполненных в последние годы проектов модернизации АСУ ТП на тепловых электростанциях Украины. При этом учитывались такие факторы, как современная апробированная платформа, сжатые сроки реализации и стоимостные показатели. Исходя из этого, техсовет Минтопэнерго принял решение о внедрении на Угледорской ТЭС системы, аналогичной внедренной на энергоблоке 1 Запорожской ТЭС, которая хорошо зарекомендовала себя в предыдущие два года эксплуатации.

В процессе восстановления и модернизации СКУ первой очереди Угледорской ТЭС принимали участие украинские организации, имеющие положительный опыт работ в области АСУ ТП ТЭС и АЭС, зоны ответственности которых были распределены следующим образом:

- ООО «ЕМВ-Энерго» - головной разработчик АСУ ТП, разработка технического задания на АСУ ТП, разработка рабочей документации, изготовление и поставка комплекса средств автоматизации, наладка и внедрение СКУ;
- ГП «ХИКА» - разработка программного обеспечения, технической и программной документации верхнего уровня СКУ;
- ООО «ХПКИ «ТЭП-Союз» - разработка архитектурно-строительного проекта, включая

И.А. Ефременко, В.М. Шаталов,

ГП Харьковский институт
комплексной автоматики

А.П. Кизиль, А.Т. Соколов,
Р.Ф. Голубец, Л.Л. Лаврив,
М.В. Юзефив, Б.Е. Симкин,

ООО "ЕМВ Энерго"

С.В. Панков, Н.И. Губа,

Угледорская ТЭС ПАО
"Центрэнерго"

системы освещения, вентиляции и кондиционирования, электротехнической части, систем связи;

- ООО «НПП Монолит Энерго» – поставка и внедрение системы регулирования турбины (СРТ), а также системы контроля механических величин и вибрационного состояния турбогенератора, ПЭН и ПТП.

Функции головной организации в рамках реализации проекта модернизации СКУ выполняло ООО «Спецэнергомонтаж», которое также обеспечивало поставки полевого оборудования, материалов и кабельной продукции, ремонт здания и помещений, ремонт технологического оборудования, демонтаж сгоревшего и монтаж нового оборудования.

Все работы проводились в тесном сотрудничестве с персоналом Углегорской ТЭС.

Краткая характеристика основного оборудования

Блок 300 МВт состоит из однокорпусного пыле-угольного прямоточного котла типа ТТТП-312А, паро-вой конденсационной турбины типа К-300-240-11 ХТГЗ и генератора типа ТГВ-300.

Котел ТПП-312А рассчитан на сжигание донецких углей марки ГСШ при жидком шлакоудалении. Растопочное топливо - мазут; резервное топливо - природный газ. Котел оснащен 16 пылеугольными горелками, установленными в два яруса. Котел П-образной компоновки, состоит из двух полупоток. Пароводяной тракт до встроенной задвижки двухпоточный, после встроенной задвижки четыре потока пара.

Паровая конденсационная турбина К-300-240-2 предназначена для привода генератора переменного тока, представляет собой одновальный трехцилиндровый агрегат с тремя выхлопами пара в общий конденсатор и состоит из цилиндра высокого давления (ЦВД), цилиндра среднего давления (ЦСД) и цилиндра низкого давления (ЦНД).

Регенеративная установка состоит из шести подогревателей низкого давления (ППД), деаэрата 7 кгс/см², трех подогревателей высокого давления (ПВД), охладителей основных эжекторов.

ПТН 1150-340 ЛМЗ с приводной турбиной ОР-12- предназначен для питания котла в качестве основного питательного насоса, ПЭН 600-320 выполняет функции пуско-резервного питательного насоса.

Особенности структуры и функционирования СКУ

Модернизированная СКУ выполнена как двухуровневая система, построенная по иерархическому принципу. Структурная схема СКУ блоков Углегорской ТЭС приведена на рис. 1.

Нижний уровень (НУ) СКУ представляет собой совокупность информационно-управляющих комплексов (ИУК) на платформе TREI-5B-05. Распределение объектов контроля и управления между комплексами выполнено по технологическому принципу. В составе системы имеются ИУК технологических защит, два ИУК автоматизированных систем котла, ИУК автоматизированных систем турбины, ИУК термоконтроля котла, турбины и генератора и ИУК электротехнического оборудования. Дополнительно с СКУ энергоблока 1 внедрен автономный ИУК общестанционного оборудования. Каждый ИУК представляет собой совокупность резервированного центрального контроллера и модулей ввода/вывода, установленных либо в том же шкафу, либо в другом шкафу либо отдельно (например, по одному модулю ввода/вывода установлены в каждом шкафу управления электрифицированной арматурой РТЗО). Модули ввода/вывода взаимодействуют с центральными контроллерами по резервированному интерфейсу RS 485 со специализированным протоколом реального времени ST BUSM и могут удаляться от центрального контроллера на расстояние до 1200 м. Технические характеристики модулей ввода/вывода, включая широкий диапазон рабочих температур и устойчивость к электромагнитным помехам, позволяют их устанавливать в тяжелых условиях эксплуатации непосредственно возле технологического оборудования с заземлением защитных оболочек на строительные конструкции.

При проектировании СКУ было принято решение об установке удаленных устройств связи с объектом (УСО) в местах концентрации информации (объектов управления), например:

- УСО термоконтроля турбогенератора размещено на площадке обслуживания турбины;
- УСО термоконтроля котла - на отметке 9 возле котла;
- УСО управления механизмами собственных нужд – в помещениях комплектных распределительных устройств (КРУ 6 кВ и КРУ 0,4 кВ).

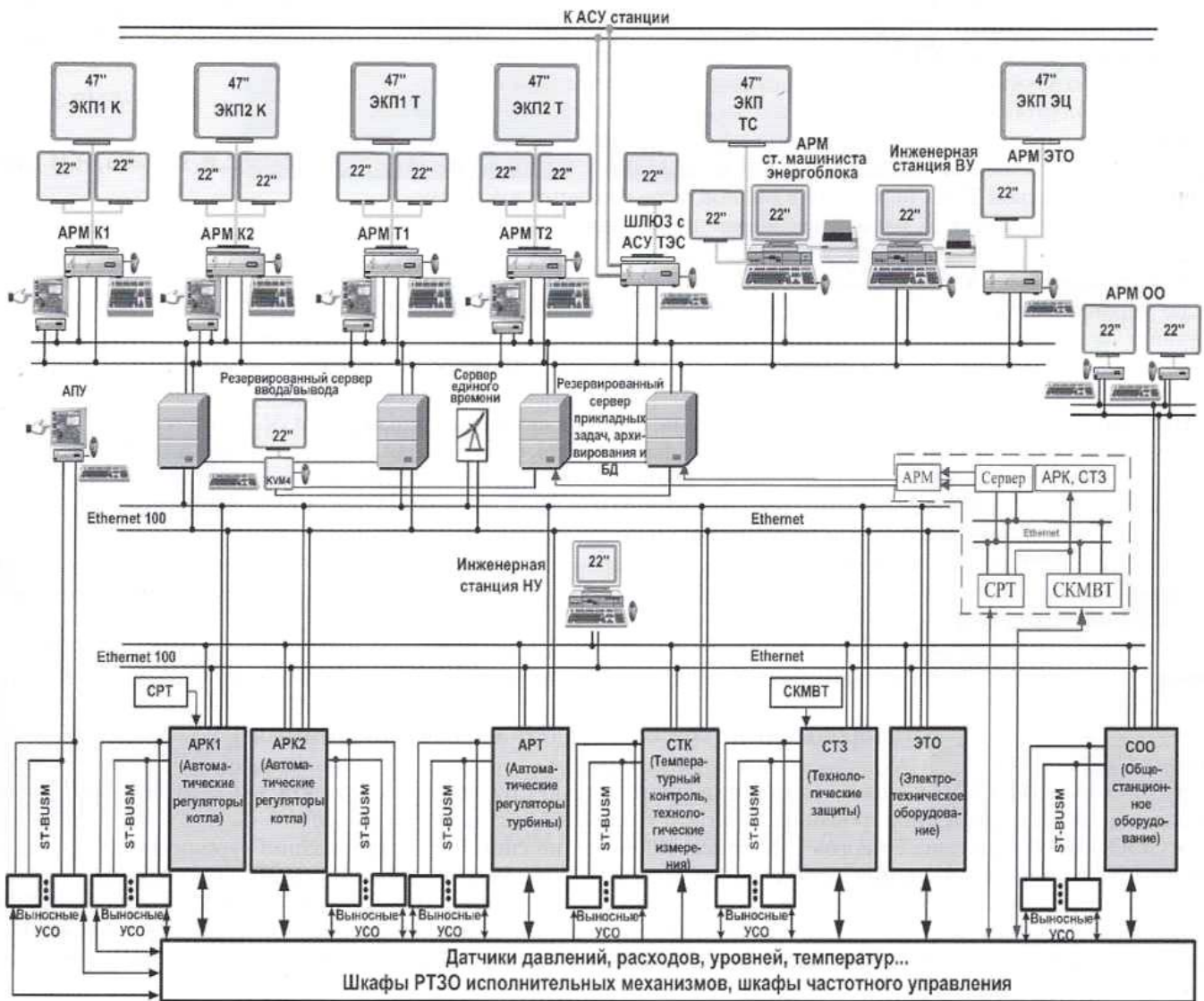


Рис. 1. Структурная схема СКУ блоков Углерогской ТЭС

В связи с тем, что сборки РТЗО были повреждены при пожаре, произведена их замена на новые. Новые сборки выполнены интеллектуальными, в каждом шкафу РТЗО установлено по одному выносному модулю УСО, специально спроектированному для управления исполнительными механизмами. Модули имеют по 16 дискретных входов и 16 дискретных выходов, таким образом, один модуль обеспечивает прием информации о состоянии и выдачу команд управления 8 исполнительными механизмами. Модули имеют резервированный интерфейс RS-485 и резервированное электропитание, к одному центральному контроллеру по кабелю «витая пара» может быть подключено до 256 модулей.

Также по резервированным цифровым каналам RS-485 по протоколу MODBUS реализован обмен информацией с частотными преобразователями. Переход от задания частоты вращения токовым сигналом па цифровой позволил не только повысить надежность, но и представлять и регистрировать текущую и диагностическую информацию о работе приводов и частотных преобразователей.

Широкое применение цифровых каналов ввода/вывода информации с удаленными УСО позволило минимизировать использование в СКУ контрольного кабеля и сократить объемы монтажных работ.

Все центральные процессоры ИУК обмениваются между собой определенной при проектировании информацией по резервированной сети 100 Мбит ETHERNET в режиме реального времени по специальному протоколу TRETNET с циклом 100 мс. Это обеспечивает реализацию принципа однократного ввода информации в систему: источники информации подключаются к тому из ИУК, в котором реализованы более ответственные задачи управления либо к тому, где требования быстрейшего действия выше. По этой же сети осуществляется обмен информацией с верхним уровнем

СКУ.

На НУ СКУ реалізовані наступні функції:

- ввід/вивід аналогової і дискретної інформації;
- первична обробка інформації;
- дистанційне управління (ДУ) регулюючої і запорної арматурою, а також механізмами власних нужд;
- технологічні захисти і блокування основного і допоміжного обладнання;
- автоматичне включення резервних механізмів власних нужд (АВР);
- аварійна і попередительна сигналізація;
- автоматичне регулювання;
- управління продуктивністю пылепитателей і ПСУ;
- автоматичне управління потужністю енергоблока во взаємодії з системою регулювання турбіни (СРТ);
- обмін інформацією з верхнім рівнем СКУ.

Цикл рішення задач НУ складає 100 мс (при цьому ПТК НУ забезпечує можливість рішення задач управління і реєстрації в інтелектуальних модулях з циклом 10 мс). Базове і функціональне програмне забезпечення (ПО) НУ функціонують в режимі реального часу під управлінням операційної системи ONX-6 Neutrino, розробчик - компанія ONX Software Systems (QSSL), Канада.

Базове ПО НУ забезпечує обмін з модулями зв'язі з об'єктом, обмін по мережі Ethernet між нижнім і верхнім рівнями СКУ, резервування, опрос і видачу дискретної і аналогової інформації, початкове тестування по включенню живлення, діагностування апаратних засобів з безударним переключенням основної/резервний канал.

Функціональне ПО НУ забезпечує реалізацію управляючих функцій в відповідності з алгоритмічною документацією. В якості середовища виконання задач і розробки функціонального ПО в контролерах НУ застосовується система ISaGRAF, розробчик - компанія ICS Triplex ISaGRAF, Франція.

На верхньому рівні (ВУ) СКУ реалізований ряд інформаційних, управляючих і вичислювальних функцій.

В склад інформаційних функцій, реалізуємих ВУ СКУ, входять:

- обмін інформацією з системами нижнього рівня;
- обмін інформацією по локальній мережній вичислювальній мережі;
- відображення технологічної і діагностичної інформації на відеокадрах (в вигляді фрагментів технологічних схем, графіків, гістограм);
- сигналізація порушень;
- реєстрація (архівування і документування) інформації;
- розрахунок і аналіз техніко-економічних показувачів;
- розрахунок незміряємих параметрів;
- обмін інформацією зі станційної АСУ ТП.

В склад управляючих функцій, реалізуємих ВУ СКУ, входять:

- дисплейне управління;
- автоматичне регулювання.

В склад допоміжних функцій, реалізуємих ВУ СКУ, входять:

- діагностика стану технічних і програмних засобів СКУ;
- ведення єдиного часу в вузлах ВУ СКУ;
- розмежування прав доступу користувачів до функцій управління і контролю;
- створення еталонного інформаційного забезпечення і його поширення по вузлам ВУ СКУ;
- генерація структур баз даних і налаштувальних даних;
- ввід, структурування і редагування вихідних даних.

ВУ СКУ забезпечує наступні цикли рішення задач:

- прийом інформації (аналогові і дискретні сигнали) - 100 мс;
- представлення інформації на АРМ операторів-технологів - 250 мс;
- реєстрація інформації - 100 мс;

- время передач и команд управления до формирования управляющих воздействий на исполнительные механизмы (ИМ) - 100 мс.

ПО ВУ СКУ включает в себя системное и прикладное ПО.

Системное ПО (СПО) включает:

- операционные системы (ОС), содержащие среду исполнения (ядро и расширение ядра - средства сетевой обработки, графическую пользовательскую систему, командный интерпретатор и др.);
- системы управления базами данных (Firebird).

Ядро ОС представляет собой специальную сборку ХИКА для АСУ ТП на базе ОС Linux (версия Fedora 14), которая обеспечивает реализацию многозадачного режима реального времени. Средства сетевой обработки ОС обеспечивают широкополосную и адресную передачу данных, а также удаленный файловый доступ на базе стека протоколов ТСП/IP.

Состав прикладного ПО, разработанного в ХИКА, соответствует перечню задач функциональных подсистем ВУ СКУ. ПО ВУ СКУ имеет модульную структуру. Программные модули ограничены по объему, имеют простую и понятную структуру, легко модифицируемы и тестируемы.

В случае потери оперативного управления и контроля средствами АСУ ТП в проектах предусматривается возможность безаварийного останова блока. Традиционно разработчики АСУ ТП включают в систему аварийный пульт управления (АПУ) на базе средств «жесткого монтажа» - ключей управления, реле и приборов, однако при такой реализации не решаются вопросы регистрации команд оператора с АПУ и контроля их выполнения, диагностики состояния схем АПУ, автоматизации опробования работы АПУ. В проектах СКУ Угледорской ТЭС реализован АПУ на базе автономного контроллера, оснащенного своими модулями ввода/вывода и автономной операторской станции. Входы и выходы контроллера АПУ подключены параллельно с выходами защит. Исключение отказа по общей причине АПУ и функций управления и контроля остальной СКУ достигается полной автономией АПУ - отсутствием общих элементов, физическим разделением (отдельный шкаф) и применением другого (диверсного) функционального программного обеспечения. Контроллер АПУ выполнен на тех же технических средствах, имеет диагностику неисправностей с точностью до канала ввода/вывода. АРМ АПУ реализует как представление информации, так и регистрацию команд оператора и работы исполнительных устройств. АПУ и ИУ К технологических защит обмениваются дискретными сигналами срабатывания, за счет чего в случае срабатывания защит их исполнительные команды дублируются контроллером АПУ, а в случае останова блока по команде АПУ его исполнительные команды дублируются ИУК защит.

В целях реализации удобного и оперативного человеко-машинного интерфейса в СКУ спроектирован и внедрен дисплейный блочный щит. Представление информации осуществляется на мониторах 24", вмонтированных в пульт управления, на мониторах 47" (экранах коллективного пользования), а также на сенсорных дисплеях. При этом один (средний) экран коллективного пользования используется для отображения работы предупредительной и аварийной сигнализации в форме виртуальных табло. Комбинирование двух форм сигнализации - виртуальных табло и иерархических текстовых сообщений - повышает наглядность и оперативность восприятия информации. Сенсорные дисплеи являются основным средством дистанционного управления. Для них разработаны специальные видеокадры, на которых сгруппированы по функциональному признаку объекты управления и минимальное количество технологических параметров. Дополнительным средством управления, а также средством вызова фрагментов информации на дисплеи через выпадающие меню, являются трекболы операторских станций. Вызов фрагментов также производится с помощью функциональных клавиатур, при этом за каждой клавишей закреплен определенный фрагмент, что позволяет выбрать необходимую информацию одним нажатием клавиши.

Поврежденные пульта управления блочного щита управления (БЩУ) заменены на пульта аналогичных размеров, специально сконструированные для размещения в них системных блоков и периферийного оборудования операторских станций.

Фотография модернизированного БЩУ блока Угледорской ТЭС приведена на рис. 2.

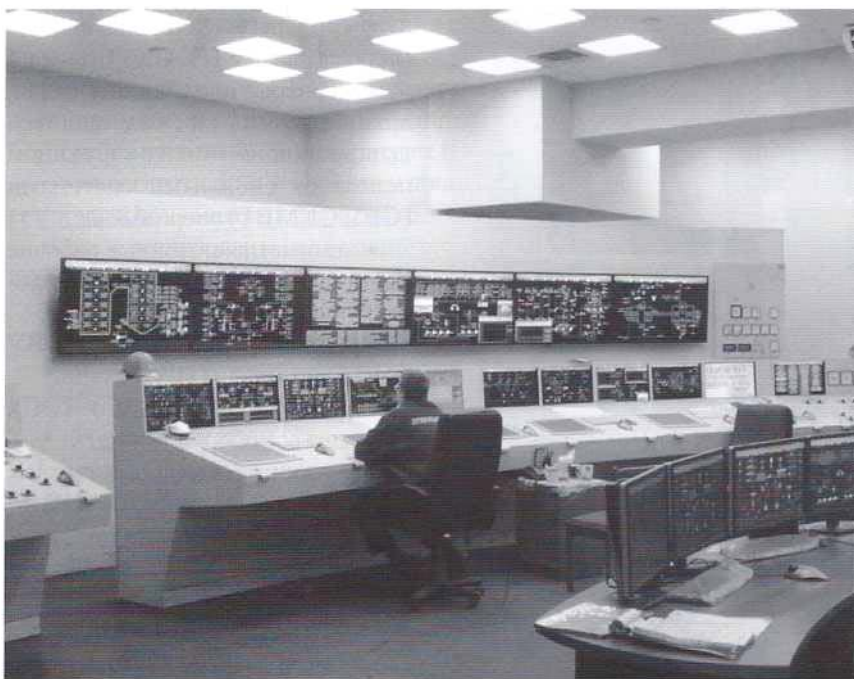


Рис. 2. Внешний вид БЩУ на примере блока №3 Углегорской ТЭС

и стабилизацию процесса горения в топке. Регуляторы питания осуществляют регулирование температуры за верхней радиационной частью (ВРЧ) котла с использованием расчетного значения расхода топлива. По сравнению со старой схемой регулирования данное решение исключило взаимное влияние регуляторов топлива полутопок котла, которые ранее осуществляли регулирование температуры за ВРЧ.

Характеристики технических средств, применяемых в СКУ

Программно-технический комплекс (ПТК) НУ СКУ выполнен на элементной базе TREI-5B-05 компании TREI GmbH. В состав ПТК НУ включены управляющие контроллеры (мастер-модули) на базе PC 104+ плат с памятью 256 Mb и быстродействием 400 MHz.

При этом были реализованы:

- горячее резервирование мастер-модулей с безударным переключением и зеркализацией данных по выделенному каналу сети;
- резервирование шин обмена информацией с модулями ввода/вывода;
- представлена полная номенклатура модулей ввода/вывода для всех типов сигналов;
- обеспечены возможности установки модулей либо непосредственно в месте расположения технологического оборудования (по условиям эксплуатации), либо удаления их на расстояние до 1200 м при соблюдении заданного быстродействия;
- обеспечено решение задач первичной обработки информации в модулях ввода.

Особенностью ПТК является приборное исполнение всех модулей с установкой на DIN-рейку и подключением с помощью разъемов. Разработан конструктив, при котором кабели внешних связей подключаются к клеммникам и промежуточным реле, установленным на DIN-рейку с задней стороны шкафа, а внутришкафной монтаж реализуется цветным многожильным кабелем как короткие переключки от клеммников к разъемам приборов. Описанный конструктив, по сравнению с крейтовой конструкцией аппаратуры, в значительной степени упрощает монтаж и эксплуатацию и удешевляет шкаф. В условиях ограничения сроков на реализацию системы данное решение позволило собрать и наладить шкафы ПТК НУ с внутренним монтажом в ЕМВ-энерго, поставить шкафы для монтажа внешних связей на Углегорскую ТЭС, и параллельно, изготавливать модули TREI на заводе-изготовителе. Установка модулей в шкафы и включение аппаратуры в работу для блока 300 МВт заняло всего одну неделю.

Внешний вид шкафа ПТК НУ представлен на рис. 3.

В модернизированной СКУ реализованы типовые схемы регулирования в соответствии с НД «Методичні рекомендації щодо організації первинного та вторинного регулювання частоти та і ютужності на енергоблоках ТЕС (ТЕЦ)». Котельный регулятор мощности (КРМ) реализован как регулятор давления пара, формирующий задание на частотные преобразователи пылепитателей. Реализован логический алгоритм замещения при включении/отключении одного или нескольких пылепитателей.

Совместно с ЭГСП, работающей в координированном режиме регулирования давления и мощности (РДМ), регулятор топлива обеспечивает устойчивое поддержание давления пара

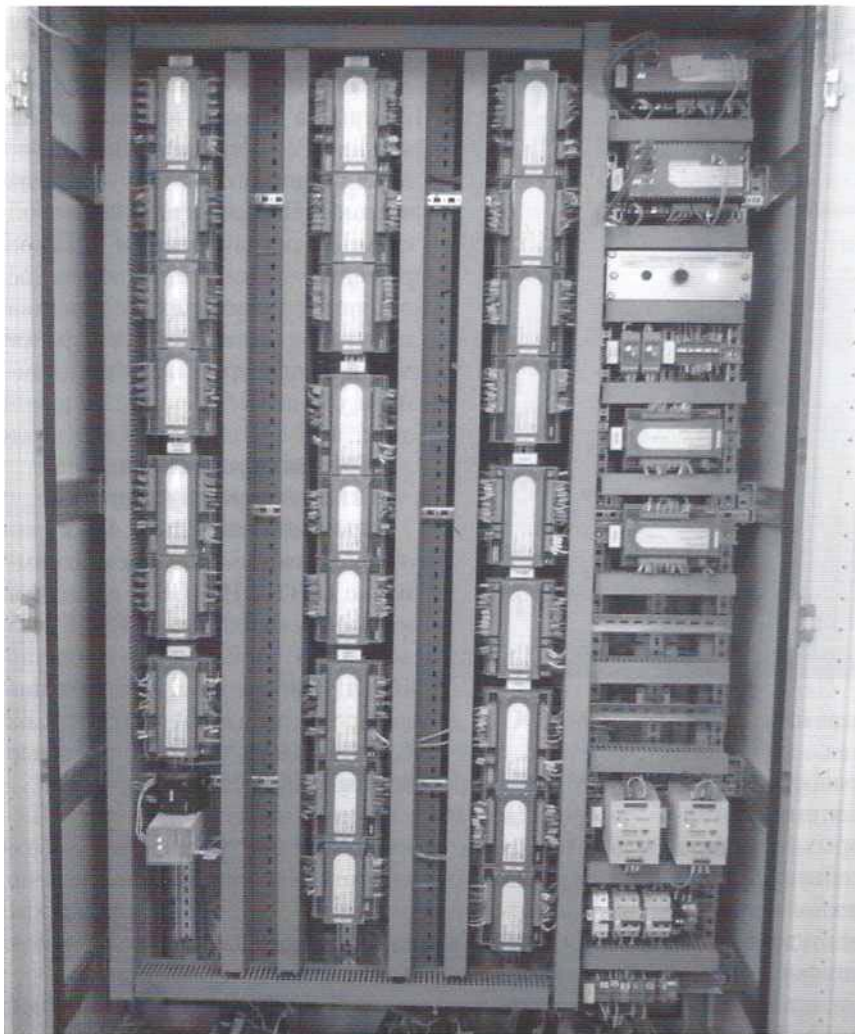


Рис. 3. Внешний вид шкафа ПТК НУ СКУ Угледорской ТЭС

Основу ВУ СКУ составляют промышленные рабочие станции (РС) производства компании Advantech со следующими параметрами:

- многоядерная архитектура;
- процессор Intel Core i3-2120 (3.3 GHz);
- оперативная память 242 Gb DDR3 SDRAM;
- источники бесперебойного питания АРМ обеспечивают 60 минут работы в случае прерывания внешнего питания;
- коммутаторы HP ProCurve Switch 1810-24G порта Ethernet (10100|1000).

Все РС ВУ СКУ являются узлами (абонентами) локальной вычислительной сети верхнего уровня (ЛСВУ), через которую осуществляется обмен информацией между ними. ЛСВУ имеет звездообразную структуру с использованием сетевого коммутатора.

В состав ВУ СКУ входят основные структурные компоненты следующего функционального назначения:

- серверы ввода/вывода (шлюзы связи с НУ СКУ);
- серверы прикладных задач, архивирования и баз данных, выполняющие также функции шлюза со смежными системами (СРТ, СКМВТ) энергоблока;
- автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов-технологов;
- инженерный комплекс В У (АРМ персонала ЦТАИ);
- шлюз (для связи с АСУ ТЭС);
- сетевое оборудование.

Все технические средства ВУ СКУ - серверы, шлюзы, АРМы, инженерные станции - унифицированы.

К каждой операторской станции ВУ СКУ подключены три дисплея (ЭКП и два дисплея 22"), трекбол и функциональная клавиатура.

Все важные компоненты ВУ СКУ дублируются, предусмотрено 100% резервирование технических средств вычислительной сети (серверы ввода/вывода и регистрации, коммутаторы). Для АРМ предусмотрено функциональное резервирование.

В целях привязки ко времени событий, фиксируемых в шлюзах и узлах ВУ СКУ, предусмотрена система единого времени (СЕВ), раздающая в узлы ВУ СКУ синхронизирующие метки времени.

Меры, принятые в целях обеспечения безопасности и надежности СКУ

Для создания условий надежной и безопасной эксплуатации модернизированной СКУ блоков №1 (4) в процессе ее разработки были запланированы и реализованы следующие основные мероприятия:

- резервирование;
- диагностирование;
- информационная безопасность;

- верификация и валидация НУ.

В СКУ зарезервированы следующие технические средства:

- мастер-модули;
- шины ввода/вывода;
- локальные вычислительные сети;
- источники электропитания;
- источники информации (для защит);
- операторские станции;
- системы защит контроллером аварийного пульта (включая выдачу команд управления по независимым каналам).

Резервирование в СКУ обеспечивается также за счет применения децентрализованных источников бесперебойного питания аппаратуры ВУ СКУ, использования согласующих устройств и концентраторов для сетей на основе интерфейса RS-485.

В СКУ реализованы следующие виды диагностирования:

- диагностика неисправностей аппаратуры НУ СКУ с точностью до модуля и канала ввода;
- диагностика реализации команд управления, включая реализацию команд защит;
- диагностика схем управления регулирующими клапанами (функция применяемых пускателей типа CONTACTRON производства компании FENIX CONTACT) и пылепитателями (функция частотных преобразователей);
- диагностика входной информации;
- диагностика вычислительного процесса;
- контроль версий и целостности загружаемого ПО;
- диагностика передаваемой информации средствами операционных систем и протоколов обмена.

Информационная безопасность в СКУ достигается за счет применения апробированных в предыдущих проектах фирменных программных средств, в том числе операционных систем реального времени и программных средств собственной разработки.

Так, ПО ВУ СКУ прошло апробацию на всех АЭС Украины и России, Криворожской и Запорожской ТЭС.

ПО ОС РВ QNX нижнего уровня апробировано на четырех блоках Запорожской АЭС, двух блоках Хмельницкой АЭС, одном блоке Южно-Украинской АЭС и двух блоках ТЭС «Южный Багдад».

ПО НУ по среде исполнения алгоритмов управления прошло апробацию на 10 блоках различных ТЭС Украины, Беларуси и Молдовы, а по библиотеке программных модулей - на 10 блоках ТЭС и 4 блоках Запорожской АЭС.

Верификация и валидация ПО СКУ проведена на стадии разработки и при модификациях системы:

- при генерации исполняемых программ НУ - средствами САПР ISaGRAF (целостность данных, отсутствие неописанных входов и переходов, корректность типов и др.);
- при генерации программ и информационного обеспечения ВУ - средствами SCADA системы ХИКА (целостность данных, корректность типов);
- при генерации баз данных обмена (целостность данных ВУ и НУ);
- тестированием интегрированной системы в целом.

Надежность и безопасность ПО СКУ, кроме мер, приведенных выше, обеспечивается также выполнением следующих процедур:

- применение защищенных от вирусных атак операционных систем, обеспечивающих решение задач в защищенной памяти, защиту от искажения и модификации программ и данных, приоритетную обработку задач реального времени;
- применение защиты массивов регистрации от искажения данных (в т.ч. персоналом);
- применение средств защиты информации (текущей базы данных) и программ от записи извне (в т.ч., и от внешних систем - СРТ, АСУ ТП станции), использование сетевых барьеров, обеспечивающих адресную передачу информации;
- отсутствие связи СКУ с внешним миром через интернет (например, нет необходимости

обновлять антивирусные базы);

- администрирование, авторизация, регистрация и персонализация доступа;
- использование резервного копирования, параллельной регистрации данных на двух серверах.

Заключение

1. Разработаны и в короткие сроки внедрены распределенные микропроцессорные СКУ энергоблоков Углегорской ТЭС. Модернизированные СКУ блоков Углегорской ТЭС хорошо зарекомендовали себя в процессе опытной эксплуатации, подтвердив этим свой статус современной и надежной микропроцессорной системы управления и информации, чьи характеристики соответствуют современным требованиям.

2. Внедрение СКУ трех энергоблоков Углегорской ТЭС за время менее одного года стало возможным за счет:

- наличия инженерных коллективов, имеющих большой опыт работ по проектированию, разработке и внедрению микропроцессорных АСУ ТП на ТЭС и АЭС;
- наличия апробированных программно-аппаратных средств и схемных решений;
- наличия отработанной технологии совместных работ;
- применения структурных решений, значительно сокративших объем используемых контрольных кабелей и объем монтажных работ.

3. Применение эргономически спроектированных блочных щитов управления с удобной формой представления информации и дружелюбным человеко-машинным интерфейсом позволили освоить эксплуатацию энергоблоков операторами, не имеющими подготовки в части компьютерной техники. За время эксплуатации по причинам отказов АСУ ТП или ошибок персонала при использовании АСУ ТП при управлении не зафиксировано ни одного останова энергоблоков.

4. Разработчики АСУ ТП блоков Углегорской ТЭС - ЕМВ-ЭНЕРГО и ГП ХИКА, - продолжают развивать свои системы и технологии в части расширения задач автоматизации (пусковые режимы, связь со станционной системой управления мощностью), совершенствования структурных схем систем автоматического регулирования, создания тренажеров для оперативного персонала, освоению новых технических средств.