

# ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ АСУ ТП ЭНЕРГОБЛОКОВ

## 1-4 УГЛЕГОРСКОЙ ТЭС

**В** 2013-2015 годах на Угледорской ТЭС была проведена полная замена систем контроля и управления энергоблоков. Необходимость замены возникла в связи с пожаром на первой очереди ТЭС, который произошел 29 марта 2013 года. В результате пожара пострадало все полевое оборудование - датчики, привода запорной и регулирующей арматуры, все кабельное хозяйство, включая сами кабели и кабельные конструкции, а также помещения блочных щитов управления с размещенными на них пультами, панелями и приборами. Правительством Украины была поставлена задача пустить один энергоблок до начала отопительного сезона, еще один - до зимы 2013 года. С учетом жестких сроков реализации проекта, анализа технических решений и потенциала украинских предприятий, а также на основании проведенных тендерных процедур была определена следующая кооперация исполнителей работ:

- Спецэнергомонтаж - Генподрядчик. Предприятие выполнило восстановление пострадавших зданий и тепломеханического оборудования, а также демонтажно-монтажные работы по АСУ ТП;

- ЕМВ-ЭНЕРГО - предприятие разработало проект и программное обеспечение АСУ ТП, изготовило и поставило программно-технический комплекс АСУ ТП, выполнило шеф-монтажные и пуско-наладочные работы;

- ТЭП «Союз» - предприятие разработало проекты восстановления зданий, сооружений и кабельного хозяйства ТЭС, системы пожаротушения, АСУ ТП электротехнического оборудования и системы связи;

- Монолитэнерго - предприятие разработало и поставило программно-технический комплекс системы регулирования турбины и системы контроля мехвеличин турбины, ПЭН и ПТН;

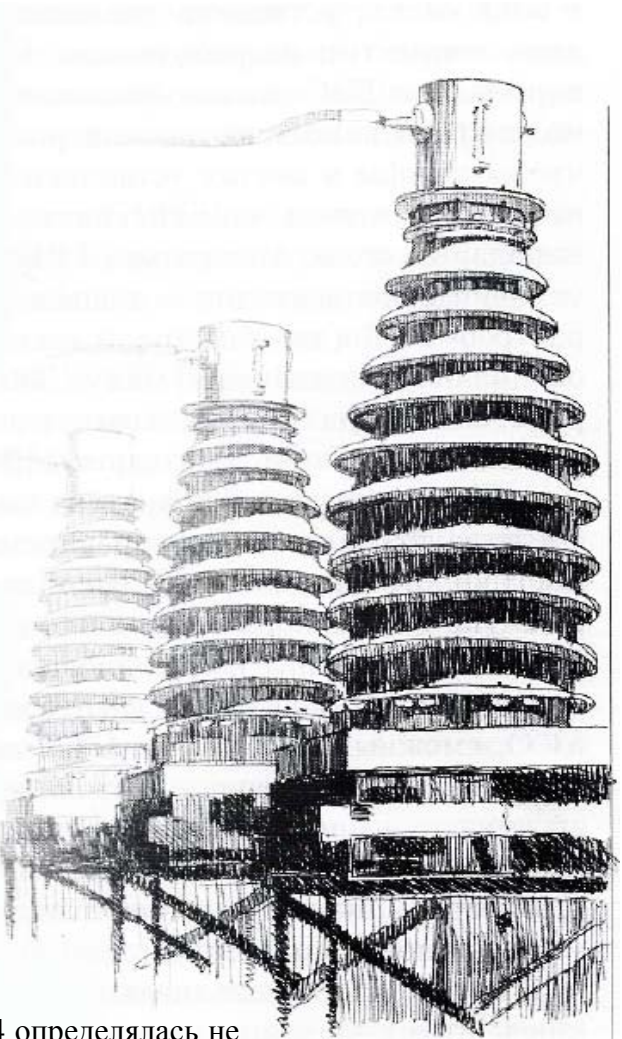
- Харьковский институт комплексной автоматизации (ХИКА) - институт разработал программное обеспечение верхнего уровня АСУ ТП, в том числе программы расчета технико-экономических показателей.

Энергоблоки после восстановления введены в эксплуатацию в следующие сроки:

- блок 1-6 октября 2013 года;
- блок 4-14 ноября 2013 года;
- блок 3-18 марта 2014 года;
- блок 2-24 августа 2015 года;

Задержка пуска блоков 2 и 3 по сравнению с блоками 1 и 4 определялась не критичностью сроков с точки зрения жизнеобеспечения города и, соответственно, сроками выделения финансирования.

**С.В. Панков, Н.И. Губа**, инженеры  
Угледорская ТЭС



Проект АСУ ТП выполнен максимально подобным для всех четырех энергоблоков. Применены одинаковые технические и программные средства, одинаковые пульта и панели БЩУ, подобные видеокадры и средства управления, подобные технологические алгоритмы, одинаковое периферийное оборудование. Различия между блоками определялись только некоторыми различиями в технологическом оборудовании, например, различным количеством электрифицированной арматуры, наличием дополнительных установок теплофикации на блоках 1 и 4 и т.п. Эта унификация упрощает работу оперативного персонала котло-турбинного цеха, а также оперативного и обслуживающего персонала цеха тепловой автоматики и измерений, сокращает номенклатуру и состав ЗИП. Унификация стала возможной благодаря тому, что, начиная с первого энергоблока, все проектные решения оправдали себя.

АСУ ТП представляет собой распределенную систему управления. Система включает два уровня – нижний уровень управления на базе распределенных контроллеров и верхний уровень на базе промышленных ПК.

Нижний уровень состоит из микропроцессорных измерительно-управляющих комплексов (ИУК) на базе технических средств приборного исполнения серии TREI-5B-05, распределенных функционально. Каждый ИУК состоит из шкафов резервированных центральных процессоров с локальными устройствами связи с объектами (УСО), удаленных шкафов УСО и удаленных отдельно установленных модулей УСО. Все УСО соединяются с центральными процессорами по резервированному интерфейсу RS-485 экранированной витой парой или оптоволоконным кабелем. Шкафы удаленных УСО установлены в местах концентрации информации или объектов управления: непосредственно на площадке турбины, на площадке обслуживания котла, в распределительных устройствах 0,4 кВ и 6 кВ, на береговой насосной станции и др. Отдельные модули УСО установлены на местных щитах управления и в шкафах управления запорной и регулирующей арматурой РТЗО. Места установки удаленных УСО выбирались совместно разработчиком ЕМВ-ЭНЕРГО и персоналом ТЭС таким образом, чтобы максимально сократить количество контрольного кабеля, и чтобы шкафы в местах установки не подвергались неблагоприятным воздействиям, в особенности, попаданию воды. Аппаратура TREI неприхотлива к условиям эксплуатации – диапазон рабочих температур 0-70°C (для береговой насосной применено специальное исполнение минус 30°C – плюс 70°C), работоспособна при сильных электромагнитных помехах и вибрации, отсутствуют требования специального заземления. Аппаратура имеет встроенные средства диагностики неисправностей, данные диагностики отображаются на специальных видеокадрах. На них изображена конфигурация каждого ИУК – центральные контроллеры, блоки УСО с распределением по шкафам, сети обмена данными с УСО, смежными ИУК и с ПТК верхнего уровня, исправное и неисправное состояние элементов подсвечиваются цветами. Благодаря диагностике, персонал может определить состояние аппаратуры с инженерной станции, нет необходимости в обходах мест установки аппаратуры.

Блоки TREI устанавливаются на DIN-рейку, подключаются к внешним цепям с помощью разъемов, легко заменяются. Аппаратура TREI метрологически аттестована и включена в Госреестр средств измерений. При пуско-наладке ЕМВ-ЭНЕРГО проведена метрологическая аттестация измерительных каналов, все они удовлетворяют установленному классу точности.

Аппаратура характеризуется низким энергопотреблением, центральный процессор потребляет 10 Вт, блоки ввода/вывода до 3 Вт. Соответственно, шкафы ИУК выполнены глухими, без принудительной вентиляции, степень защиты шкафов TP54, некоторые шкафы удаленных УСО имеют степень защиты IP67. За время эксплуатации проблем, связанных с воздействием окружающей среды, в частности угольной пыли, не возникало.

В среднем, на один энергоблок 300 МВт, исходя из функционального распределения задач управления, устанавливаются по семь ИУК, 22 шкафа удаленных УСО, 280 блоков аппаратуры TREI. Суммарно на Угледорской ТЭС эксплуатируются более тысячи блоков аппаратуры TREI, за время эксплуатации каких-либо отказов блоков не наблюдалось. Завод-изготовитель не выдвигает требований к периодическому обслуживанию аппаратуры, поэтому за период эксплуатации, кроме анализа данных диагностики, другое техническое обслуживание аппаратуры не проводилось. Поскольку энергоблоки Угледорской ТЭС работают в режиме переменных нагрузок по диспетчерскому графику, в том числе с пусками и остановами, и все функции АСУ ТП выполняются без замечаний, можно утверждать, что в аппаратуре не возникали скрытые отказы, не выявленные системой диагностики. Не

наблюдались также сбои в работе контроллеров нижнего уровня, которые бы приводили к переключениям с основного на резервный контроллер.

Электропитание шкафов центральных контроллеров выполнено от двух фидеров - один 220 В переменного тока и один 220 В постоянного тока от блочной аккумуляторной батареи. В шкафах установлены две пары источников электропитания 220 В/24 В с диодной развязкой, одна пара на 2,5 А используется для питания блоков данного шкафа, другая на 5 А - для питания внешних цепей (датчики, подключаемые по двухпроводной схеме, сухие контакты), а также для питания шкафов удаленных УСО. Часть шкафов удаленных УСО запитаны от шкафа своего центрального контроллера напряжением 24 В (при небольшом расстоянии и малом энергопотреблении), часть имеет собственные два источника питания с первичным питанием постоянным и переменным током. Модули УСО, установленные в шкафах РТЗО, осуществляющие ввод/вывод информации со шкафа, получают первичное электропитание со своего шкафа РТЗО. Источники питания унифицированы, в проекте использованы источники производства DELTA

ELECTRONICS на два указанных номинала тока, первичное питание источников по переменному току в диапазоне 85-264 В, по постоянному току 120-375 В, температурный диапазон от -20°C до +75°C, к.п.д. 87%, наработка на отказ более 800 тыс. часов. Отказов источников питания за время эксплуатации не наблюдалось. Несколько раз, по разным причинам, в том числе при обесточении ТЭС, происходило отключение фидеров переменного тока, контроллеры при этом сохраняли свою работоспособность. Также характерным возмущением в системе электропитания является включение мощных механизмов собственных нужд (НЭН, ШБМ), при этом напряжение в цепях питания переменного тока па время до 5-8 с снижается до уровня 170 В, контроллеры, как и в случаях обесточения, сохраняют работоспособность.

В системе реализованы диагностика датчиков и исполнительных механизмов. Датчики диагностируются по отклонению показаний за заданные технологические границы, а резервированные датчики дополнительно контролируются по расхождению показаний. При выявлении отказа «замораживается» последнее достоверное значение и формируется признак отказа. Имеются специальные видеокадры, на которых отображаются результаты диагностики датчиков и с использованием которых персонал может снимать память отказа, переводить датчики в ремонтный режим, имитировать показания датчиков при проведении опробований защит и блокировок. Диагностика исполнительных механизмов включает контроль наличия электропитания схемы управления и контроль соответствия состояния поданным командам управления, результаты диагностики отображаются цветом па фрагментах мнемосхем.

Программное обеспечение нижнего уровня разработано и функционирует в среде системы автоматизации программирования ISAGRAF. В проекте Углегорской ТЭС используется один из наиболее популярных из языков ISAGRAF - графический язык функциональных блоков FBD. Функциональное программное обеспечение разрабатывается как технологический алгоритм, изображающий типовые программно-алгоритмические блоки и связи между ними. В комплекте ISAGRAF имеются блоки, реализующие алгебраические и логические преобразования переменных. Используемые в проекте типовые функциональные блоки, такие как блоки управления различными типами исполнительных механизмов, блоки АВР, защит, автоматического регулирования, разработаны ЕМВ-ЭНЕРГО, отработаны в ряде проектов АСУ ТП, документация по ним передана Углегорской ТЭС. Система ISAGRAF поставлена с лицензиями на среду исполнения программ под управлением операционной системы реального времени ONX-6 и лицензией на среду разработки под управлением WINDOWS 7. Среда разработки позволяет не только разрабатывать/модернизировать алгоритмы, но и контролировать работу алгоритмов, контролировать время цикла решения задач, корректировать параметры настройки систем управления. Дружественный интерфейс среды разработки позволил персоналу ТЭС быстро изучить работу системы. Все технологические алгоритмы не только полностью документированы, но их работа наглядно отображается персоналу в режиме ON LINE с представлением текущих значений параметров настройки, состояния накладок, текущим значением входных сигналов и результатов расчетов каждого алгоритмического блока. Персонал инструктирован по процедуре изменения параметров настройки - их необходимо изменять как в основном, так и в резервном контроллере, а если параметры корректируются не временно, то их надо также изменять и в базовом проекте. Это не усложняет эксплуатацию, так как после проведения режимной наладки параметры

настройки изменяются крайне редко. Функциональное программное обеспечение хранится в энерго-независимой памяти контроллеров, за счет этого при автоматической перезагрузке (например, снятие питания по обоим фидерам и восстановление электропитания, имело место в процессе эксплуатации) контроллеры стартуют с последними введенными параметрами настройки и состоянием накладок. Рестарт на работающем блоке происходит безударно, для этого разработчиками предусмотрена специальная процедура первого прохода алгоритмов. Также безударно происходит переключение с основного контроллера на резервный, безударность перехода обеспечивается выравниванием данных контроллеров по специально выделенной сети меж-канального обмена.

Верхний уровень АСУ ТП включает резервированные серверы ввода/вывода и приложений, автоматизированные рабочие места оперативного персонала (АРМ) и шлюзы для вывода информации с энергоблоков в АСУ ТП ТЭС. Предусмотрены по два АРМ для операторов котла и турбины, АРМ электроцеха и АРМ старшего машиниста энергоблока. Функционально все АРМ идентичны, разграничение прав доступа производится администратором с помощью паролей. Так, с помощью паролей на АРМ старшего машиниста, на шлюзах и на АРМ электроцеха отключены функции управления, но имеется возможность вызова любой информации, в том числе ретроспективной (графики, ведомости) и результатов расчетов технико-экономических показателей. АРМ машинистов состоят из операторских станций, к каждой из которых подключено по три монитора - два с диагональю 24" и один с диагональю 47", а также безвентиляторных пультовых компьютеров, к которым подключены сенсорные мониторы. Мониторы 47" используются в качестве экранов коллективного пользования, на них выводятся обобщенные видеокadres мнемосхем и технологическая сигнализация в виде виртуальных табло. Сенсорные мониторы используются для дистанционного управления и представления связанной с этим информации. Мониторы 24" используются для отображения фрагментов мнемосхем с состоянием арматуры и механизмов и отображением технологических параметров в цифровом виде, в виде трендов изменения и гистограмм. Вызов видеокadres на отображение возможен несколькими способами - с помощью манипулятора трэкбол через меню и с помощью функциональной клавиатуры, на которой каждой клавише поставлен в соответствие определенный видеокادر. Практика показала, что более востребованными являются управление с сенсорных мониторов и вызов видеокadres с функциональной клавиатуры - эти способы являются более быстрыми. В то же время, операторы пользуются и трекболами, в частности для вызова тренда какого-либо параметра, вызова справочной информации, запуска последовательных действий логических программ и др.

Для установки АРМ операторов установлен специальный пульт управления. Пульт по эргономике и конструктивным размерам подобен пульту, который использовался в старой системе контроля и управления. В столешницу пульта встроены сенсорные дисплеи, функциональные клавиатуры и трекболы, в пультовую приставку - мониторы 24". Внутри пульта установлены пультовые компьютеры и их блоки бесперебойного питания. Конструкция пульта позволяет устанавливать в него и рабочие станции. Пульт управления сконструирован и произведен предприятием «КУБ-Украина».

Программное обеспечение верхнего уровня разработано Харьковским институтом комплексной автоматизации (ХИКА) и во взаимодействии с аналогичным нижним уровнем апробировано на Криворожской и Запорожской ТЭС. Программное обеспечение работает под управлением операционной системы LINUX специальной сборки для режима реального времени. Отображение информации на АРМ осуществляется с циклом 0,25 с, прием команд управления - с циклом 0,1 с, обновление информации в серверах ввода/вывода - с циклом 0,1 с, регистрация информации в серверах ввода/вывода с циклом 0,1 с. Принцип обмена верхнего уровня с нижним - циклический, в переходных режимах нет лавины событий и нет пропусков в архивах регистрации. Все АРМ и процессоры нижнего уровня имеют единое астрономическое время от задатчика GPS.

В серверах прикладных задач реализуется расчет и накопление технико-экономических показателей (ТЭП) энергоблоков, характеризующих технологический процесс и работу основного и вспомогательного технологического оборудования на оперативном и отчетных интервалах (сутки, месяц). Дополнительно, по пожеланиям эксплуатационного персонала, добавлен интервал расчета 1 час. Результаты расчетов ТЭП (объединенные, за пусковой и основной режим) выводятся в созданные бланки для ПТО. Созданы наборы бланков ПТО (для заданных отчетных интервалов в формате HTML), которые передаются по шлюзу связи верхнего уровня. Кроме этого, результаты расчета ТЭП

(по котлу, турбине, конденсатору и ЦВД) оперативного интервала и за смену выводятся па видеокадры ТЭП на операторские станции.

Комплекс сервисных задач ТЭП обеспечивает создание и коррекцию настроек алгоритмов расчета и бланков ТЭП. Реализованы расчеты фактических (к.п.д. ЦВД, расход угля) и нормативных показателей (вакуум в конденсаторе, коэффициент избытка воздуха за ВЭ, температуры воды и пара).

Информационное обеспечение верхнего уровня - видеокадры, меню, типовые элементы отображения, бланки регистрации - разработаны ЕМВ-ЭНЕРГО при непосредственном участии персонала Углегорской ТЭС. Информационное поле БЩУ спроектировано таким образом, что позволяет операторам получать информацию о работе всего оборудования энергоблока при минимальных потребностях переключения видеокадров. Имеется специальный САПР для импорта базы данных из САПР нижнего уровня, ведения базы данных, разработки видеокадров, загрузки видеокадров параллельно во все АРМ.

Все рабочие станции верхнего уровня и серверы реализованы на единой аппаратной платформе - промышленных компьютерах ADVANTECH с процессорами Intel Core i3-2120 (3.3 GHz). Для технических средств верхнего уровня выполнена распределенная система. Каждая рабочая станция оснащена своим источником бесперебойного питания, рассчитанным на перерыв первичного электропитания на время до одного часа. Источники имеют самодиагностику - входное напряжение, выходное напряжение, состояние аккумуляторов - результаты отображаются на встроенных дисплеях. Работоспособность системы была подтверждена при имевшихся обесточениях ТЭС и при провалах напряжения питания.

В определенном смысле, составной частью ГИТК являются сборки РТЗО. В каждом шкафу управления РТЗО расположен блок ввода/вывода на 16 входных и 16 выходных дискретных сигналов, который обеспечивает ввод информации от концевых выключателей о состоянии 8 задвижек и клапанов и вывод команд управления открыть и закрыть. В тех шкафах РТЗО, где смонтированы схемы управления регулирующими клапанами и шиберами, установлены также 16-канальные блоки приема аналоговых сигналов для ввода информации о положении клапанов (1 блок на 2 шкафа). Модули ввода включены в резервированные сети RS-485 ИУК и таким образом, сборки РТЗО стали интеллектуальными. Частота опроса этих модулей центральными контроллерами составляет 0,1 с, снятие команд управления в конечных положениях осуществляется как контактами промежуточных реле ввода сигналов концевых выключателей, так и программно. В сборках РТЗО установлены кнопки, позволяющие управлять исполнительными механизмами со сборки. Данный вид управления не является оперативным и используется только в процессе выполнения наладочных работ. Применена коммутационная аппаратура SHNEIDER ELECTRIC и пускатели CONTRACTON производства RHOENIX CONTACT. На блоках Углегорской ТЭС эксплуатируется 570 пускателей CONTRACTON, отказов пускателей за время эксплуатации не наблюдалось. По схемам РТЗО имелись вопросы с RC-цепочками производства RHOENIX CONTACT, которые установлены параллельно с реле ввода информации концевых выключателей для подавления помех. Наблюдались отказы RC-цепочек при первых включениях и на начальных этапах эксплуатации, в последующем их отказы не наблюдались. Рекомендуется тренировка RC-цепочек до их монтажа в схемы, в том числе повышенным напряжением.

Одной из особенностей проекта явилась установка всехборок РТЗО в одном помещении на отметке БЩУ. Это хотя и увеличивает протяженность силовых кабелей, но создает удобства оперативному персоналу цеха ТАИ, а также повышает технический ресурс и надежность работы коммутационного оборудованияборок.

Для измерения давления и перепада давлений проектом предусмотрены датчики типа «Сафир» производства Харьковского завода «Манометр». На блоках установлены более 1300 датчиков. Датчики подключены по двухпроводной схеме с питанием от выделенных источников 24 В шкафов контроллеров и удаленных УСО. Датчики откалиброваны на заводе-изготовителе, прошли государственную поверку. Стандартная заводская калибровка датчиков используется и в последующей эксплуатации. Все поправки, такие как учет высоты гидростатического столба при расположении датчика на другой высотной отметке, чем точка врезки, поправки на плотность измеряемой жидкости, пара и газа и извлечение корня при измерении расхода и поправки при измерении уровня жидкости, вносятся в процессе первичной обработки измерений. За время эксплуатации обнаружены неисправности 5 дат-

чиков (в основном, ухудшилась работа схемы температурной компенсации, на трех датчиках порвалась прокладка па вентиляном блоке), таким образом, частота отказов приблизительно составила  $1,4 \cdot 10^6$  1/час (наработка на отказ порядка 700 тыс. часов).

На Угледорской ТЭС на всех энергоблоках установлено оборудование системы контроля водно-химического режима энергоблоков WACONT, производства ООО «НПП «ИНТЭП», г. Харьков.

Оборудование СК ВХР WACONT контролирует параметры в следующих точках:

- Конденсат за КЭН I.
- Конденсат за ФСД БОУ.
- Конденсат за БОУ.
- Конденсат за КЭН II.
- Питательная вода котла.
- Острый пар.
- Бойлера (основной и пиковый).

Оборудование автоматического химконтроля было поставлено в ранее существовавшем объеме, что соответствует примерно 70% от объема, предусмотренного СОУ-Н ЕЕ 37.306:2007 «Организация и объем химического контроля водно-химического режима на тепловых электростанциях».

Оборудование СК ВХР WACONT осуществляет:

- автоматический отбор проб теплоносителя, подачу требуемого количества пробы на датчики, приведение физических и химических параметров проб к требованиям приборов автоматического химконтроля;
- измерение параметров водно-химического режима энергоблока, преобразование измеренных значений в цифровую форму, их индикацию и сигнализацию отклонений на щите химконтроля, передачу данных в НТК в виде унифицированных токовых сигналов для отображения на специальных фрагментах мнемосхем;
- ведение «истории» параметров ВХР за требуемый период, формирование необходимых отчетов, графиков.

СК ВХР WACONT имеет цифровые выходы, позволяющие передавать на ПТК кроме измеряемых параметров, ещё и технологические (температуру пробы, расход пробы и др.). Это позволяет оперативному персоналу быстрее принимать правильные решения при возникновении нестандартных ситуаций, а также производить анализ причин их возникновения. Кроме того, передача информации в цифровой форме исключает цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразования, что позволяет повысить точность передачи данных. Использование одного кабеля для передачи данных в цифровой форме вместо кабелей для аналоговых выходов позволит уменьшить стоимость реконструкции. В дальнейшем, при проведении реконструкции необходимо использовать эти возможности СК ВХР WACONT.

Оборудование охлаждения охлаждающей воды выработало свой ресурс, работает недостаточно эффективно, в летнее время отмечались периоды, когда температура пробы превышала предельную 55 градусов. Решить данную проблему можно с помощью автономной установки охлаждения (чиллера) и термоизоляции и трубопроводов.

Для контроля содержания кислорода в уходящих газах применены циркониевые кислородомеры типа САТ-4 производства польской компании TTM ELECTRONICS. Зонды кислородомеров длиной 2 м установлены непосредственно в конвективной шахте перед водяным экономайзером слева и справа. Подтверждена высокая чувствительность и малая (до 3-5 с) инерционность датчиков. Конструкция зондов не требует принудительной подачи воздуха сравнения, предусматривает возможность тарирования контрольными смесями без извлечения из топки котла. Однако, эксплуатационная надежность кислородомеров относительно невысока, из 12 штук, поставленных на Угледорскую ТЭС, пришлось ремонтировать 7. Проявление дефекта - трещины в керамическом чувствительном элементе из двуокиси циркония. Причины возникновения трещин не выяснены - это могут быть как температурные напряжения, так и механические повреждения. В условиях ТЭС, без специальной оснастки, замена чувствительных элементов практически нереализуема. Угледорская ТЭС передает их на ремонт в ЕМВ-ЭНЕРГО, который освоил ремонт кислородомеров и приобрел необходимую оснастку, однако, сменные чувствительные элементы дорогостоящие.

На энергоблоках эксплуатируются системы управления в объеме - технологические защиты, блокировки, АВР, автоматические регуляторы, система регулирования мощности, а также программы логического управления.

Технологические защиты внедрены в эксплуатацию в составе, определенном требованиями СОУ-Н МПЕ 40.1.35.102:2005. Для защит останова котла, турбины и энергоблока использованы троированные датчики, для защит, выполняющих локальные операции - дублированные. Все резервированные датчики подключены к разным входным модулям УСО. Применен принцип однократного ввода информации, датчики, используемые для реализации функции защит, физически вводятся в ИУК защит, и обработанная информация из ИУК защит передается в другие ИУК по резервированной сети нижнего уровня. Применены интеллектуальные алгоритмы первичной обработки, обеспечивающие достоверность и живучесть измерений, для инициирования срабатывания защит используется достоверное значение измерения. Имеются удобные видеокadres для обслуживания и контроля работы защит с отображением состояния защиты: введена/выведена от алгоритмов автоматического ввода/вывода, отключена накладкой, показания аналоговых и дискретных датчиков защиты; имеется возможность включения/отключения накладкой, имитации сигналов для проведения опробований. Также имеются специальные видеокadres для контроля реализации воздействий защит, весь процесс останова блока защитами контролируется оператором на одном видеокadre.

Имеются также специальные видеокadres для оперативного контроля и обслуживания блокировок и АВР. На видеокadres в мнемоническом виде показаны условия срабатывания, значения соответствующих технологических параметров, состояние накладок, имеется возможность изменения состояния накладок. На фрагментах мнемосхем показано воздействие блокировок на арматуру и механизмы, что упрощает работу оперативного персонала.

Автоматические регуляторы работают в широком диапазоне нагрузок блока. Произведена замена электродвигателей пылепитателей и питателей сырого угля на двигатели переменного тока и реализовано частотное управление двигателями. Частотные преобразователи типа POWERFLEX 40 производства компании ROCKWELL AUTOMATION, подключены к ИУК по резервированным каналам MODBUS, по которым в частотные преобразователи передаются задания по частоте вращения и из частотных преобразователей поступает информация об их состоянии, токах двигателей, текущей частоте вращения и др. При этом, за счет точного поддержания оборотов пылепитателей, стабилизируется подача топлива в котел и топочный режим.

Дополнительным фактором стабилизации топочного режима является изменение структуры регуляторов питания котла и регуляторов топлива. Если до реконструкции температура за ВРЧ поддерживалась регуляторами топлива полутопок, при этом в процессе поддержания температуры вносились возмущения в соседние полутопки, в воздушный режим котла и в его паропроизводительность, то после реконструкции температура поддерживается регуляторами питания при стабильном расходе топлива. По частоте вращения и суммарному количеству подключенных пылепитателей формируется задание подчиненным регуляторам питания, корректирующие регуляторы работают по температуре за ВРЧ с дополнительным сигналом по отклонению давления пара и скоростным сигналом по температуре за СРЧ.

В применяемых в схемах управления регулирующими питательными клапанами пускателях CONTRACTON отсутствует динамическое торможение привода, при командах открытия имеет место выбег клапанов. Для снижения влияния выбега регулирующих питательных клапанов на точность регулирования расхода питательной воды производится изменение настройки (минимальная длительность импульса, коэффициент усиления) в зависимости от направления срабатывания регулятора. Зато отсутствие динамического торможения и реализованная разработчиками алгоритмов пауза между последовательными командами исключили случаи отключения электропитания клапанов токовой защитой из-за перегрузки двигателей.

Во всех регуляторах уровня реализована компенсация статической неравномерности регулирования, при длительном отклонении уровня от заданного производится ступенчатая коррекция. Наличие компенсации статической неравномерности исключило противоречия между точностью регулирования и устойчивостью статических регуляторов. Во многих регуляторах введена производная по уровню, которая дополнительно повышает качество регулирования. Регуляторы, в том числе в схемах с

каскадным сливом, поддерживают уровень устойчиво, в заданных пределах и при ограниченном количестве срабатываний.

Специальные видеокадры с виртуальными блоками управления и трендами регулируемых параметров и регулирующих воздействий наглядно представляют информацию о работе регуляторов, возникновении неисправностей датчиков и исполнительных механизмов.

Электрогидравлическая система регулирования турбины (ЭГСР) выполнена на базе отработанной для турбин «Турбоатом» технологии. Данная технология разработана совместно специалистами ЛьвовОРГРЭС и ХЦКБ «Энергонрогресс», ее суть заключается в управлении турбиной через модернизированный электрогидравлический преобразователь блока релейной форсировки (БРФ) при сохранении неизменной остальной гидравлической части системы регулирования. Электронная часть системы регулирования изготовлена Харьковским предприятием «Монолитэнерго». Цикл решения задач ЭГСР составляет 50 мс, основным режимом работы ЭГСР на Угледорской ТЭС принят режим РДМ - поддержания мощности с коррекцией по давлению. ЭГСР взаимодействует с регулятором тепловой нагрузки, поддерживающим давление пара перед турбиной воздействием на изменение частоты вращения пылепитателей, совместно они реализуют структурную схему регулирования мощности, определенную СОУ-Н ЕЕ 04.157:2009. Планируется реализация стационарной системы управления и подключение энергоблоков к системам нормированного первичного и автоматического вторичного регулирования.

Программы логического управления условно можно разделить на два вида. Одни - это программы, которые осуществляют пуск отдельных агрегатов, другие - программы, выполняющие растянутую во времени последовательность операций. Первый вид программ логического управления реализован по всем механизмам собственных нужд. Эти программы контролируют наличие условий запуска агрегата, производят его включение и подключают его выход на нормальную работу (пуск насосов, пуск эжекторов и др.). Такие программы реализованы постоянно включенными, т.е. последовательность запускается автоматически виртуальным ключом включения агрегата. В определенном смысле такие программы являются расширением штатного объема технологических блокировок. Второй вид программ более сложный во внедрении, эти программы имеют свои органы управления. В настоящее время на Угледорской ТЭС нашли применение периодически выполняемые программы – пушечная обдувка котла, пушечная обдувка РВП и обдувка выдвигными обдувочными аппаратами. Планируется внедрение логического управления более редкими операциями - пуском пылесистем, пуском ПВД и переводом питания котла с ПТН на ПЭН и обратно.

## ВИСНОВКИ

1. На Угледорской ТЭС спроектированы и внедрены в эксплуатацию на единой платформе микропроцессорные автоматизированные системы управления четырех энергоблоков 300 МВт. Проектные решения по АСУ ТП и применяемые программные и технические средства позволили:

- создать современные открытые АСУ ТП со всеми управляющими и информационными функциями, встроенной диагностикой и высокой надежностью;
- выполнить проектирование, монтаж и наладку АСУ ТП в кратчайшие сроки;
- освоить оперативным и ремонтным персоналом эксплуатацию оснащенных дисплейным управлением энергоблоков;
- подготовить энергоблоки к участию в регулировании параметров энергосистемы и к регулированию суточного графика нагрузки.

2. АСУ ТП блоков Угледорской ТЭС разработаны и реализованы силами украинских предприятий без привлечения иностранных специалистов. Обеспечена эффективная инженерная поддержка эксплуатации АСУ ТП предприятиями-разработчиками, планируется их дальнейшее привлечение для расширения функций АСУ ТП и сопровождения системы в течение ее жизненного цикла.