

# ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ПАРОВОГО КОТЛА

Анатолий Михлевский

Описана структура и функции информационно-управляющей системы энергетического парового котла.

## Введение

Значительное число тепловых электростанций на территории стран СНГ испытывают острую необходимость в модернизации систем контроля и управления (СКУ) основного технологического оборудования. Это обусловлено, помимо моральной деградации, истощением физического ресурса средств КИП и А (как правило, оборудование находится в эксплуатации 15-20 и более лет), а также отсутствием запасных частей (большинство используемых приборов снято с производства).

Радикальным решением проблемы является демонтаж существующей СКУ с заменой ее полномасштабной АСУ ТП (так называемый «бульдозерный» вариант). Однако он требует «крутых» единовременных затрат, длительного простоя оборудования, серьезной подготовки персонала, что не всегда приемлемо, учитывая сегодняшние реалии в энергетике, а также ограниченный оставшийся срок эксплуатации основного оборудования.

Вместе с тем существенное снижение остроты проблемы может

быть достигнуто при внедрении относительно недорогих локальных наращиваемых информационно-управляющих систем (ИУС), которые бы «вписывались» в существующие СКУ с постепенным вытеснением по мере освоения и развития ее наиболее слабых узлов («безударный» вариант). Примером такого решения является ИУС Termosont-2000, разработанная и внедренная Киевским политехническим институтом при участии специалистов Киевского института автоматики и фирмы «Децима» на двух энергетических котлах БКЗ-420-140 НГМ Самарской ТЭЦ. Существенную

помощь в организации и выполнении данной работы оказали сотрудники электростанции и специалисты служб АО «Самараэнерго».

## Назначение и конфигурация системы

Система Termosont-2000 выполняет следующие основные технологические задачи:

- оперативный контроль (мониторинг) технологического процесса;
- автоматическое регулирование технологических параметров;
- постоперативный контроль качества

эксплуатации оборудования;

- диагностику состояния наиболее теплонапряженных элементов поверхностей нагрева.

Система состоит из рабочих станций различного функционального назначения (рис. 1), которые объединены между собой локальной вычислительной сетью Ethernet (10 Мбит/с, протокол TCP/IP). Каждая из станций передает информацию об изменениях технологических параметров с дискретностью 0,1 с остальным абонентам системы. Реализован обмен



Самарская ТЭЦ

информацией с вычислительной сетью АСУ ТЭЦ.

Технические средства системы размещены на групповом щите управления (рис. 2) и обслуживают одновременно два газо-мазутных барабанных котла паропроизводительностью 420 т/час.

В данной реализации применены следующие типы рабочих станций.

● **Станция оператора** (1 шт. на котел) обеспечивает ввод сигналов от датчиков информационной системы котла, мониторинг технологического процесса и интерфейс «оператор-система». Она базируется на промышленном компьютере i486DX-100/16/540 производства фирмы Advantech, который вместе с SVGA-монитором 15", функциональной клавиатурой и манипулятором мышь был смонтирован в существующий пулгт управления котлом.

Используется операционная система Windows 95, языки программирования Borland C++ 5.0 и Delphi 2.0.

● **Станция авторегулирования** (1 шт. на котел) осуществляет цифровое автоматическое регулирование основных технологических параметров и процессов: давления пара с главным регулятором и стабилизацией расходов газа и мазута, питания котла водой, экономичности процесса горения, температуры перегрева пара, рециркуляции дымовых газов, расхода непрерывной продувки.

По просьбе заказчика станция выполнена на платформе промышленного контроллера фирмы PER Modular Computers на базе процессора Motorola 68030/40 МГц. Следует отметить недостаточную развитость инфраструктуры (слабая информационная поддержка, большие сроки поставки, узкий круг специалистов) для применения контроллеров VME в странах СНГ, что привело к досадным промахам на стадии выполнения заказной спецификации и, в конечном итоге, к увеличению сроков разработки. К числу недостатков следует отнести также высокую стоимость оборудования (на 40-50% выше по сравнению с контроллерами MicroPC). Контроллер вместе со вспомогательным оборудованием



Рис. 1. Структурная схема информационно-управляющей системы парового котла

размещен в шкафу фирмы Scroll, установленном в отдельной приборной панели.

Используется операционная система реального времени OS-9 (язык программирования — Ultra C, среда разработки — FastTrack).

● **Инженерная рабочая станция** (1 шт. на 2 котла) представляет собой полномасштабную рабочую станцию (ПЭВМ Pentium 100/16/1000), позволяющую в полном объеме выполнять все функции станции оператора, в т. ч. осуществлять «подхват» при ее отказе.

Помимо этого, она осуществляет ведение системных и технологических протоколов, архивирование истории процесса, обмен информацией с АСУ ТЭЦ, санкционированную модификацию баз данных (уставок, параметров

настройки регуляторов, конфигураций, паролей и т. п.) и мнемосхем в режиме on-line, хранение резервных копий программного обеспечения с возможностью их загрузки на все рабочие станции системы.

Станция располагается на рабочем столе операторов группового щита управления.

Все рабочие станции ИУС запитываются через источники бесперебойного питания.

## Ввод/вывод информации

Ввод сигналов от датчиков информационной подсистемы котла в рабочую станцию оператора осуществляется с помощью модулей удаленного ввода информации серии ADAM-4000 фирмы Advantech: ADAM-4017 — для ввода токовых сигналов, ADAM-4018 — для термомпар и милливольтовых датчиков, ADAM-4013 — для термометров сопротивления, ADAM-4052 — для дискретных сигналов.

Количество контролируемых параметров на 1 котел составило 175 аналоговых (температура, давление и расход по пароводяному и газозвоздушному трактам котла, температурный контроль металла поверхностей нагрева и барабана, расход и давление топлива) и 32 дискретных (состояние основных механизмов, клапанов и задвижек). Количество установленных модулей ADAM — 30 шт., демонтированных штатных аналоговых приборов, не связанных с работой защит и сигнализации, — 20 шт.

Модули ADAM устанавливались рассредоточенно в непосредственной близости к существующим клеммным соединениям цепей датчиков (рис. 3).

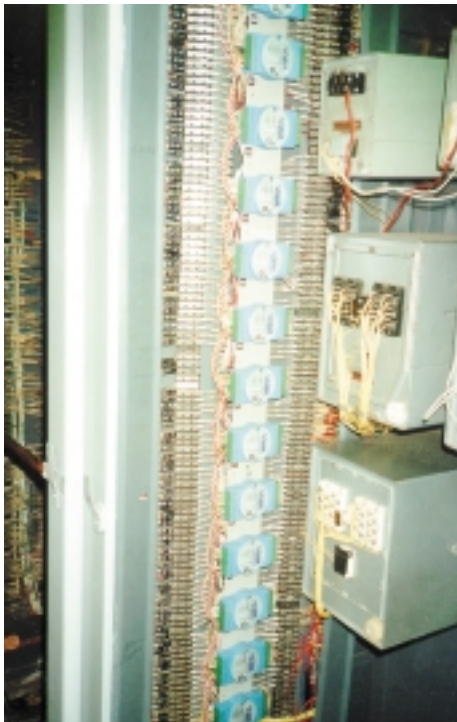
Ввод информации от модулей в компьютер осуществляется по интерфейсу RS-485 с помощью витой пары.

Измерение технологических параметров выполняется в заданной последовательности и с заданным темпом. Ввод относительно «быстрых» параметров (расход, давление) производится с периодичностью 1 с, «медленных» (температурные параметры) — 3 с.

При решении задач авторегулирования для ввода информации примене-



Рис. 2. Групповой щит управления № 1 Самарской ТЭЦ



**Рис. 3. Монтаж модулей ADAM-4000 в приборной панели**

ны модули ADAM-4000 для «медленных» регуляторов (температуры перегрева пара, рециркуляции дымовых газов и непрерывной продувки) и скоростной 16-канальный АЦП VADI-4 для остальных («быстрых») регуляторов. Для гальванической развязки и нормализации сигналов, поступающих на вход АЦП, использованы нормализаторы сигналов типа ADAM-3012.

Выдача управляющих воздействий цифровых регуляторов на исполнительные механизмы осуществляется с помощью двух шестнадцатиканальных плат VDOOUT с твердотельными реле (нагрузочная способность = 30 В/0,5 А) с питанием выходных цепей от двух спаренных источников LX-200 фирмы Computer Products (= 24 В/9 А).

С целью обеспечения надежной работы котла в период наладки и освоения ИУС обеспечена параллельная работа штатной и новой систем авторегулирования с возможностью оперативного перехода с одной системы на другую. Для этого исполнительные выходы новой системы регулирования заведены на входы «В» (внешний) блоков управления БУ-21 штатных аналоговых регуляторов системы «Каскад».

### Обработка информации

Каждый контролируемый параметр на стадии его определения (измерения или вычисления) подвергается стандартной математической обработке, которая включает

- масштабирование измеренных сигналов;
- контроль достоверности путем сравнения с уставками «больше/меньше», «предельная скорость», а также путем логического анализа значений взаимосвязанных между собой параметров;
- контроль нарушений регламентных границ. Для каждого параметра могут быть заданы предупредительные и аварийные уставки на нижней и верхней границах.

Значения уставок контроля достоверности и контроля нарушений задаются дифференцированно для рабочих и нерабочих (стоянка, пуск, останов) режимов оборудования.

Кроме того, в системе предусмотрена специальная математическая обработка, которая осуществляет вычисление непосредственно не измеряемых параметров (или корректирует значения измеренных параметров) с помощью формул, задаваемых пользователем в базе данных. Язык формул близок к естественному с использованием системы вложенных скобок. Формулы могут включать следующие основные компоненты:

- константы — в явном виде или задаваемые пользователем в базе данных;
- арифметические и логические операции, элементарные функции;
- функции теплофизических свойств воды и водяного пара;
- функции, реализующие номинальные статические характеристики термомпар и термометров сопротивления;
- функции, оперирующие со значениями контролируемых параметров (текущее значение одного параметра;  $Y_{\min}$ ,  $Y_{\max}$  и  $Y_{\text{mid}}$  для группы параметров; скорость изменения параметра и т. п.).

Применение развитого механизма формул позволяет решать широкий круг задач, не прибегая к изменениям в программном обеспечении, — от вычисления разности температур стенок барабана до расчета оперативных технико-экономических показателей, включая расчет КПД котла по прямому и обратному балансу.

Особый класс функций (алгоблоков) позволяет, как из кубиков, собрать необходимую систему регулирования («ПИД-регулятор», «ПИД-корректор», «дифференциатор», «демпфер», «переключатель управления», «блок диагностики исполнительного механизма» и т. п.), которая по сравнению со стандартными решениями на базе аналоговых регуляторов имеет ряд существенных преимуществ, в том числе

- безударное включение регулятора за счет настройки на текущее значение регулируемого параметра;
- автоматическую корректировку параметров настройки в зависимости от нагрузки котла;
- наличие супервизорного режима регулирования;
- диагностику входов регулятора и исправности исполнительного механизма.

### Средства операторского интерфейса

Отображение информации осуществляется в виде мнемосхем (разрешение — 800×600, режим — high color), которые создаются с помощью специального графического редактора. Статическая (фоновая) часть мнемосхем наряду с традиционными векторными примитивами (line, rectangle, circle и т. п.) содержит элементы трехмерной графики и графические изображения библиотеки пользователя. Поддерживается импорт графики в BMP-формате. «Динамика» мнемосхем включает разнообразные многоцветные числовые, текстовые и графические индикаторы, диаграммы (graph bar), графики ( $Y = F(X)$ ) и эпюры ( $Y = F(t)$ ), стационарные и выпадающие табло технологической сигнализации, кнопки управления и т. п. (рис. 4, 5).

Время полного вывода мнемосхем от момента запроса информации составляет менее 2 секунд. Период обновления на экране динамических элементов не более 0,5 с.

В системе реализован совершенно новый принцип доступа оператора к информации и средствам управления, который можно сформулировать как «нажми и получи» (Click & Play). Согласно этому принципу, изображение на экране представляется как совокупность элементов, чувствительных к нажатию кнопок манипулятора мышь. Нажал на контуры узла агрегата — получи соответствующую мнемосхему, нажал на индикатор параметра — получи окно с трендом (графиком) или справку с исчерпывающей информацией по нему (в зависимости от того, какая кнопка мыши нажата), нажал на регулирующий орган — получи «переносной пульт» управления, нажал на функциональный блок регулятора — получи окно с параметрами его настройки, нажал на линию графика — получи числовое значение параметра и т. д. Вызвав необходимые окна и разместив их в требуемом порядке (размеры окон можно изменять), оператор может самостоятельно конфигурировать экран для выполне-



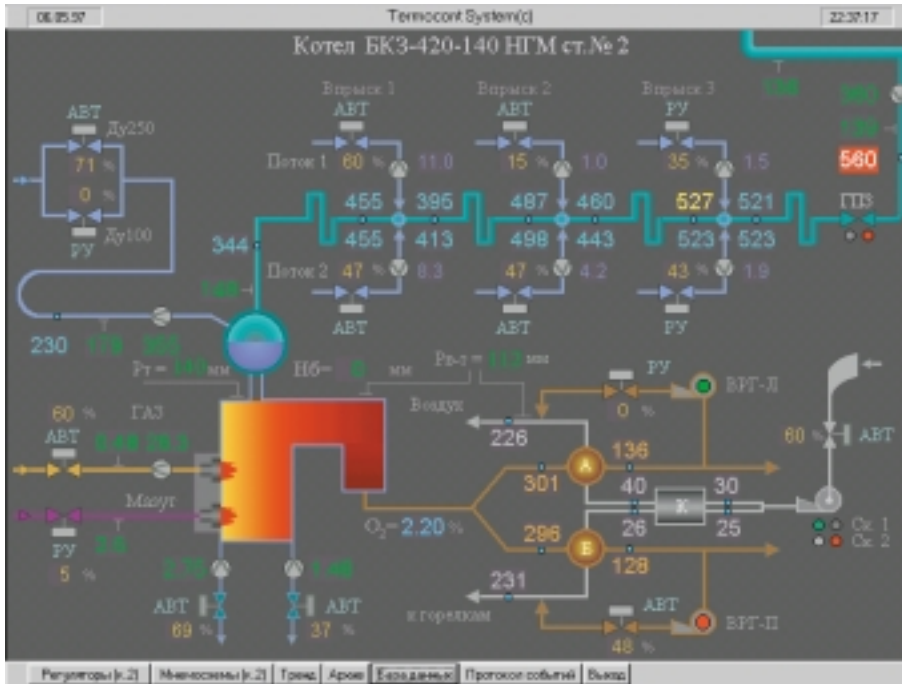


Рис. 4. Общая мнемосхема котла

ния технологических операций в наиболее удобном для него виде. Пример настройки регулятора показан на рис. 6.

Значительные удобства для оператора дает окно «Тренды». Применение специальных алгоритмов автомасштабирования в сочетании с высокой чувствительностью используемых измерительных преобразователей ADAM позволяет оператору отслеживать малейшие тенденции в изменении технологического процесса (температур — до 0,1 °C, расходов и давлений — до 0,05%) и своевременно принимать адекватные

решения. В окне могут одновременно просматриваться до шести произвольно выбранных параметров (1 тренд для 6 параметров или 2 тренда для 3 параметров). Предусмотрены опции «грубо/точно», «быстро/медленно». Оператору предоставляется также возможность просмотра архивных трендов за любой отрезок времени на глубину до 31 суток.

### Некоторые итоги

ИУС Teroscont-2000 находится в эксплуатации более полутода и работает

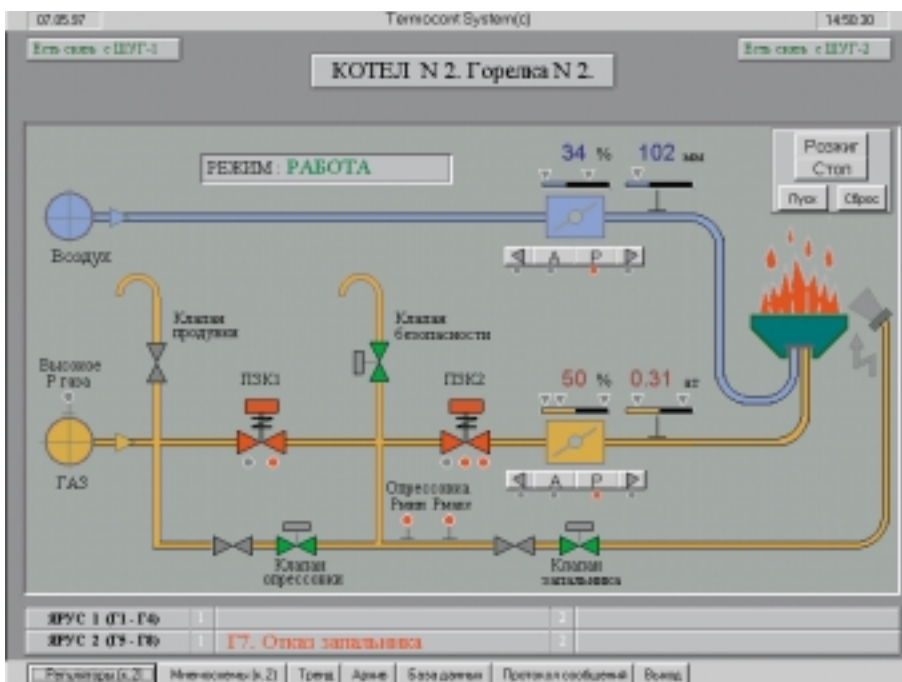


Рис. 5. Мнемосхема управления работой газовой горелки

достаточно надежно и эффективно. Ее внедрение позволило не только ликвидировать значительное количество устаревших аналоговых приборов, но и повысить качество контроля и управления оборудованием, поднять уровень технологической дисциплины.

Особо следует отметить эффективность модулей ADAM-4000. Их применение сделало возможным осуществление монтажа системы практически без затрат контрольного кабеля, резко сократив при этом его трудоемкость и сроки. Монтаж системы потребовал всего лишь семидневного останова котла. При этом пусковые операции производились уже с использованием информации, полученной от системы.

Опыт внедрения и разработки свидетельствует и о других достоинствах этих модулей.

● **Высокое качество изготовления и надежность.** Из 60 приобретенных модулей при входном контроле лишь в одном выявлен скрытый дефект — периодический самопроизвольный сброс конфигурации (проблем с поставщиком по замене дефектного модуля не возникло). За период эксплуатации системы не было зафиксировано ни одного случая отказа модуля, включая «зависание».

Замена «на ходу» (без отключения питания), как показал неоднократно повторенный эксперимент, не оказывает влияния на работоспособность как самого заменяемого модуля, так и остальных ADAM в сети.

● **Высокие и стабильные во времени метрологические характеристики.** Все модули на момент поставки находились в высоком для промышленных приложений классе — 0.1. Проведенная через 5 месяцев ведомственная метрологическая аттестация системы установила, что точностные характеристики приборов практически не изменились и необходимость в их калибровке отсутствует.

Модули ADAM обладают достаточно высоким входным сопротивлением и при параллельной работе со штатными приборами (потенциометры, милливольтметры) не вносят искажений в показания последних.

● **Высокая помехозащищенность.** Количество сбоев («нарушение контрольной суммы», «устройство не отвечает») при скорости обмена 19200 бод и длине интерфейсной линии 100 м не превышало 4-6 на 10 млн. сеансов связи.

Некоторые неудобства возникли из-за отсутствия в ADAM-4018 градуировки «хромель-копель», а в ADAM-4013 — градуировки «50П», что вызвало необходимость производить пересчеты результа-

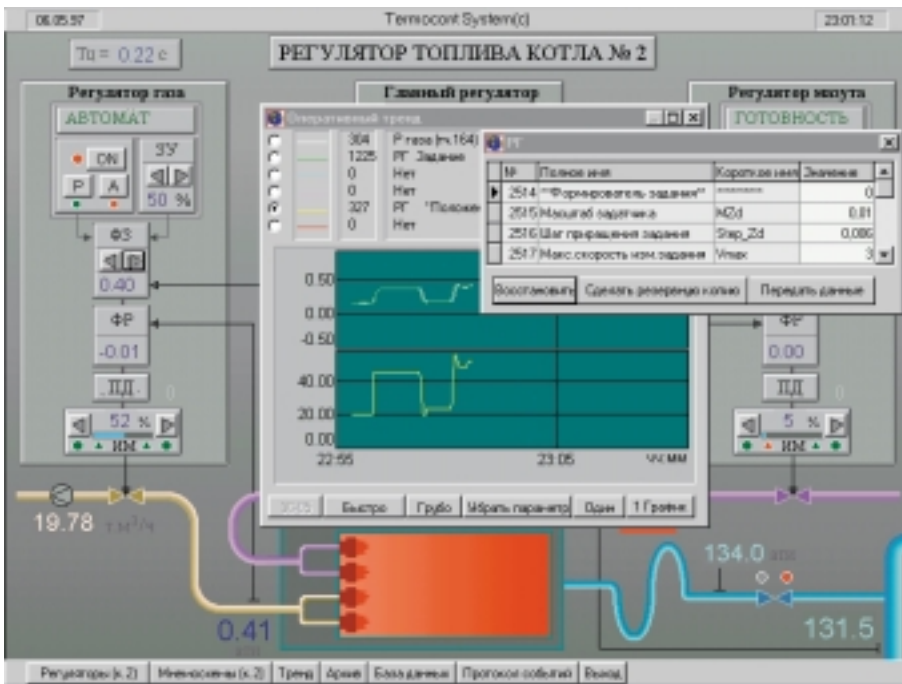


Рис. 6. Мнемосхема регулятора топлива

тов измерений, а во втором случае, кроме того, устанавливать в цепь датчика дополнительный резистор. В конечном итоге это привело к некоторому снижению метрологических характеристик измерительных каналов.

Значительный энтузиазм у разработчиков вызвало сообщение о появлении на рынке СНГ модулей серии ADAM-5000, программно совместимых с ADAM-4000 и обладающих скоростным интерфейсом (до 115 000 бод) и расширенным числом каналов (до 32 аналоговых или 64 дискретных). Выполненные расчеты показали, что их применение не только позволит повысить технические характеристики системы, но и снизит затраты на аппаратные средства на 15-20%.●