

АСУТП ТЭЦ-8 ОАО «Мосэнерго» на базе ПТК «САРГОН»

По общероссийским меркам ТЭЦ-8 ОАО «Мосэнерго» имеет мощность выше средней – семь турбогенераторов обеспечивают производство 605 МВт электроэнергии. Однако, в Мосэнерго, на фоне крупнейших новых ТЭЦ-21 – 27, станция несколько «потерялась», и уровень автоматизации был достаточно низок. К 2003г в части АСУТП на станции функционировали только система химико-технологического мониторинга и небольшая информационная система на технологическом блоке №1 (технологический блок ТЭЦ-8 включает два котла ТГМ-96 и две турбины, управляемые с общего блочного щита). Обе системы были реализованы ЗАО «НВТ-Автоматика» на базе ПТК «САРГОН» [1]. Положительный опыт эксплуатации этих систем стал основанием для выбора ПТК «САРГОН» как базового при создании АСУТП ТЭЦ-8, а ЗАО «НВТ-Автоматика» - как исполнителя работ «под ключ».

К середине 2003г. большая часть датчиков ТЭЦ-8 не имела унифицированного выхода, управление арматурой осуществлялось через избирательные системы управления (ИСУ), защиты и блокировки были реализованы на релейной логике, регулирование трех котлов – на Р-130, других котлов и турбоустановок – на регуляторах типа «Каскад» и РПИБ. Для отображения аналоговых сигналов использовались традиционные приборы и панель цифровых индикаторов, на которые избирательно, по 12 параметров, выводилась информация с устройства СКП (система контроля параметров производства опытного завода Мосэнерго) – до 512 точек контроля на технологический блок.

Использование современных технологий и высокие технико-экономические показатели ПТК «САРГОН» позволили всего за 1,5 года качественно изменить уровень автоматизации всей станции.

Для комплексного решения задачи создания АСУТП ТЭЦ-8 было принято несколько принципиальных решений:

1. При создании АСУТП использовать технологию многоэтапной модернизации, разработанную ЗАО «НВТ-Автоматика».
2. Как первый этап создания АСУТП внедрить информационно-регулирующие системы основного технологического оборудования ТЭЦ.
3. Для минимизации затрат первого этапа активно использовать существующее оборудование станции.

При этом качество реализации функций должно соответствовать требованиям РД 34-35.127-2002 [2].

К выполнению работ было привлечено несколько субподрядных организаций:

- специалисты «НПО Техноконт» (г. Москва) разработали основные алгоритмы систем регулирования котельных и турбинных установок и принимали участие в их наладке;
- специалисты «Мосэнергоналадка» разработали алгоритмы регуляторов температуры перегретого пара, и участвовали в наладке полевого уровня АСУТП и систем регулирования.

Достигнутый уровень автоматизации

Системы автоматического регулирования внедрены в 2003-2004гг. на восьми энергетических установках (шести котлах ТГМ-96Б и двух турбинах Т-110-130). Это многоконтурные каскадные САР, включающие регуляторы трех уровней: все регуляторы первого уровня (в том числе, регуляторы непрерывной продувки), корректирующие регуляторы второго уровня (например, корректор по концентрации кислорода в САР общего воздуха), регуляторы мощности котельных и паротурбинных установок.

Важной особенностью регуляторов, реализованных на ПТК «САРГОН», является их всережимность – они рассчитаны на эксплуатацию во всем диапазоне нагрузок от пуска установки до номинальной нагрузки. Это

достигается использованием средств FUZZY-logic – коэффициенты настройки и структура регулятора может изменяться в зависимости от режима работы автоматизируемого оборудования. В сочетании с автоматическим учетом технологических ограничений и развитой диагностикой, всережимность регуляторов обеспечивает устойчивую эксплуатацию оборудования и существенно облегчает труд операторов-машинистов.

В САР реализованы также блокировки по 50% разгрузке установок при отказе вспомогательного оборудования (например, одного дымососа), блокировки по достоверности измеряемых параметров.

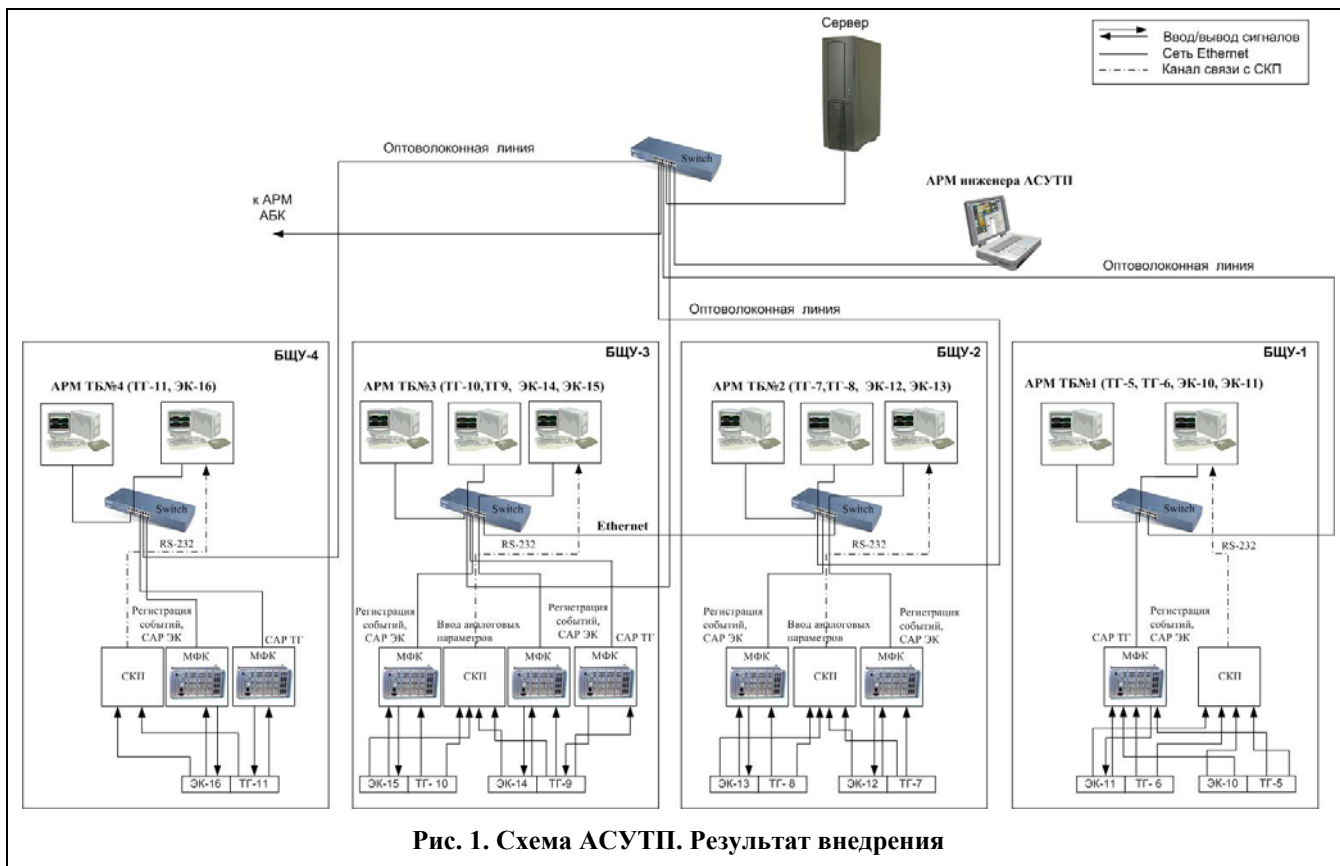
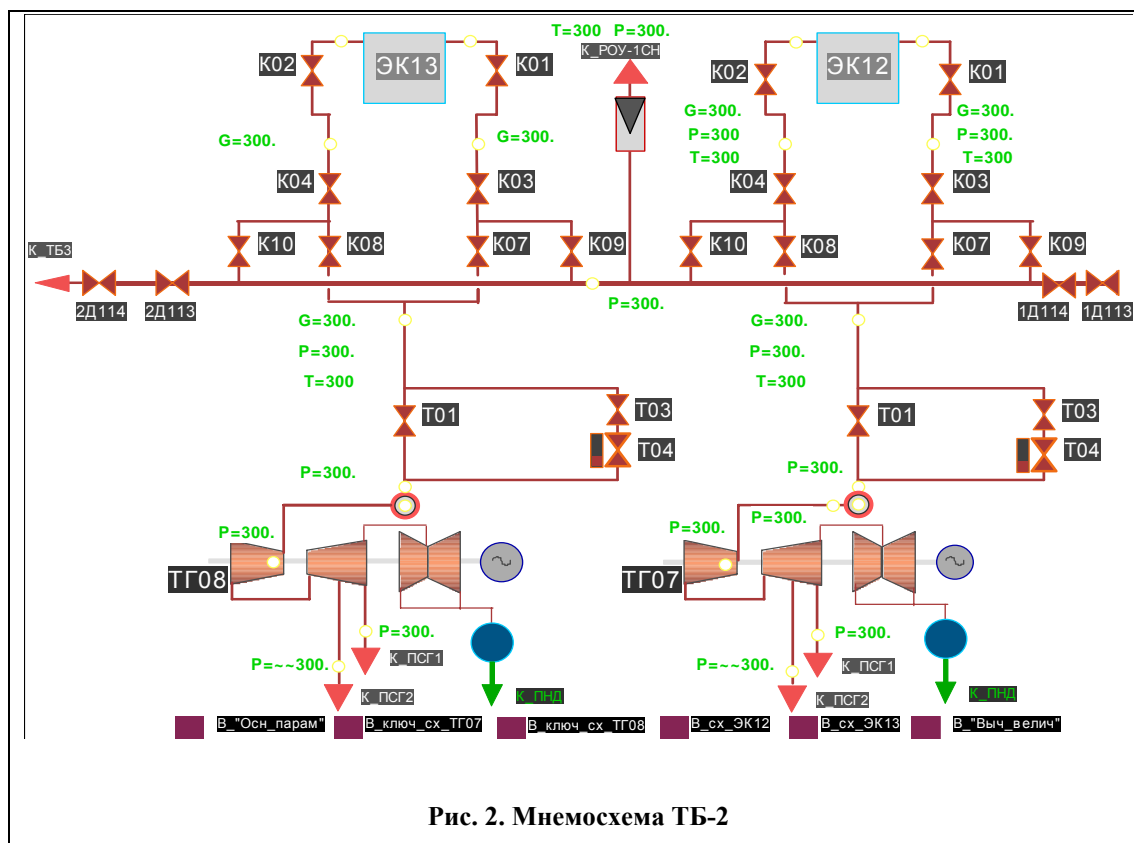


Рис. 1. Схема АСУТП. Результат внедрения

Информационные системы внедрены на всех 14 установках ТЭЦ: семи котлах типа ТГМ-96 (Е-480-140), пяти турбоустановках типа Т-110-130 и двух типа Р-50-130. Они контролируют, обрабатывают, представляют и документируют основные технологические параметры энергетических котлов, паровых турбин и общестанционного оборудования.

На каждой установке контролируется, в среднем, по 128 аналоговых параметров (512 на технологический блок) и 48 дискретных сигналов (142 на технологический блок). Дискретные сигналы используются для регистрации аварийных событий. На 8 установках, на которых внедрены системы регулирования, дополнительно контролируются несколько десятков параметров, включая положения регулирующих клапанов.

Мнемосхемы для АСУТП ТЭЦ-8 рисовались с учетом дальнейшего наращивания функций системы – они содержат изображения всех элементов тепловой схемы, включая запорную арматуру и двигатели собственных нужд, не включенных в текущий объем автоматизации. Это позволяет проводить наращивание АСУТП с минимальными изменениями в интерфейсе, что обеспечивает однократность оплаты работ и удобство операторов. Всего при создании АСУТП было нарисовано более 280 мнемосхем, охватывающих все оборудование четырех технологических блоков КТЦ.



Для отображения динамики текущего состояния технологического процесса и анализа истории его развития были подготовлены более 100 форм группового просмотра графиков, каждая из которых обеспечивает одновременный контроль до 24-х параметров в четырех связанных окнах (оператор имеет также возможность составить собственную форму, выбирая для нее произвольные параметры). Информация сохраняется в специализированных базах данных, устойчивых к различным видам отказов, и может просматриваться в виде графиков, таблиц и диаграмм. Обеспечивается печать графиков и ведомостей.

Для всех технологических установок КТЦ реализованы также регистрация событий, предупредительная и аварийная сигнализация, регистрация аварийных ситуаций, другие информационные и сервисные функции.

В состав программно-технического комплекса АСУТП ТЭЦ-8 был включен полный набор программных средств разработки и тестирования.

С момента внедрения все системы регулирования, включая регуляторы мощности 2-х турбин, находятся в постоянной эксплуатации.

Использование существующего оборудования

Важной особенностью внедренной системы является широкое использование существовавшего ранее оборудования: неоперативных панелей, пультов управления, информационных машин СКП и др. Для включения этого оборудования в состав АСУТП использовались типовые решения «НВТ-Автоматика», основанные на многолетнем опыте выполнения подобных работ. Это позволило не только существенное

снизить стоимость приобретения и монтажа оборудования АСУТП, но и сократило сроки внедрения. В результате темп автоматизации превысил 5 установок/год.

Контроллеры ИРС были установлены в существовавшие неоперативные панели, где ранее размещались заменяемые регуляторы. Ввод и вывод сигналов осуществляется через наборные клеммники, смонтированные на вертикальных рейках. При размещении контроллеров панели были доработаны установкой дополнительных реек и, соответственно, клемм. Высокая помехозащищенность контроллеров МФК, отсутствие требований к принудительной вентиляции при широком температурном диапазоне работы и цельность конструкции («все в одном крейте») обеспечили простоту использования существующих панелей.

Для ввода в АСУТП информации об основных технологических параметрах (в среднем, 128 на установку) были использованы существующие информационные машины СКП. Выпущенные опытным заводом Мосэнерго для избирательного вывода значений параметров на оперативные цифровые табло, эти машины успешно используются как многоканальные АЦП в составе ПТК «САРГОН» на нескольких станциях ОАО «Мосэнерго». Плата связи и эффективный программный драйвер, разработанные «НВТ-Автоматика», обеспечивают опрос 1024 параметров СКП с циклом менее 1сек.

В части КИПиА модернизация была проведена избирательно – с учетом состояния оборудования. На котлах большинство установленных датчиков имели унифицированный выход 0-5 мА и были просто подключены к новой системе. На турбинах датчики, используемые в системах регулирования, были полностью заменены. Большинство исполнительных механизмов (МЭО) выработали свой ресурс и также были заменены, но постоянное диагностирование исправности исполнительных механизмов, реализованное в типовых алгоритмах САР ПТК «САРГОН», позволило сделать это в несколько этапов уже в процессе эксплуатации.

Для удобного размещения АРМ оператора была произведена реконструкция пультов управления на БЦУ: две центральные секции пульта освободили от устаревшего оборудования связи; соответствующие пульты приставки срезали до уровня пульта; заменили столешницы. На освободившемся пространстве установили три монитора, а внутри пультных секций – системные блоки компьютеров и источники бесперебойного питания. Четвертый и пятый мониторы разместили на новых секциях пульта, добавленных справа и слева от основных. Вся реконструкция выполнялась постоянным ремонтным подрядчиком станции.

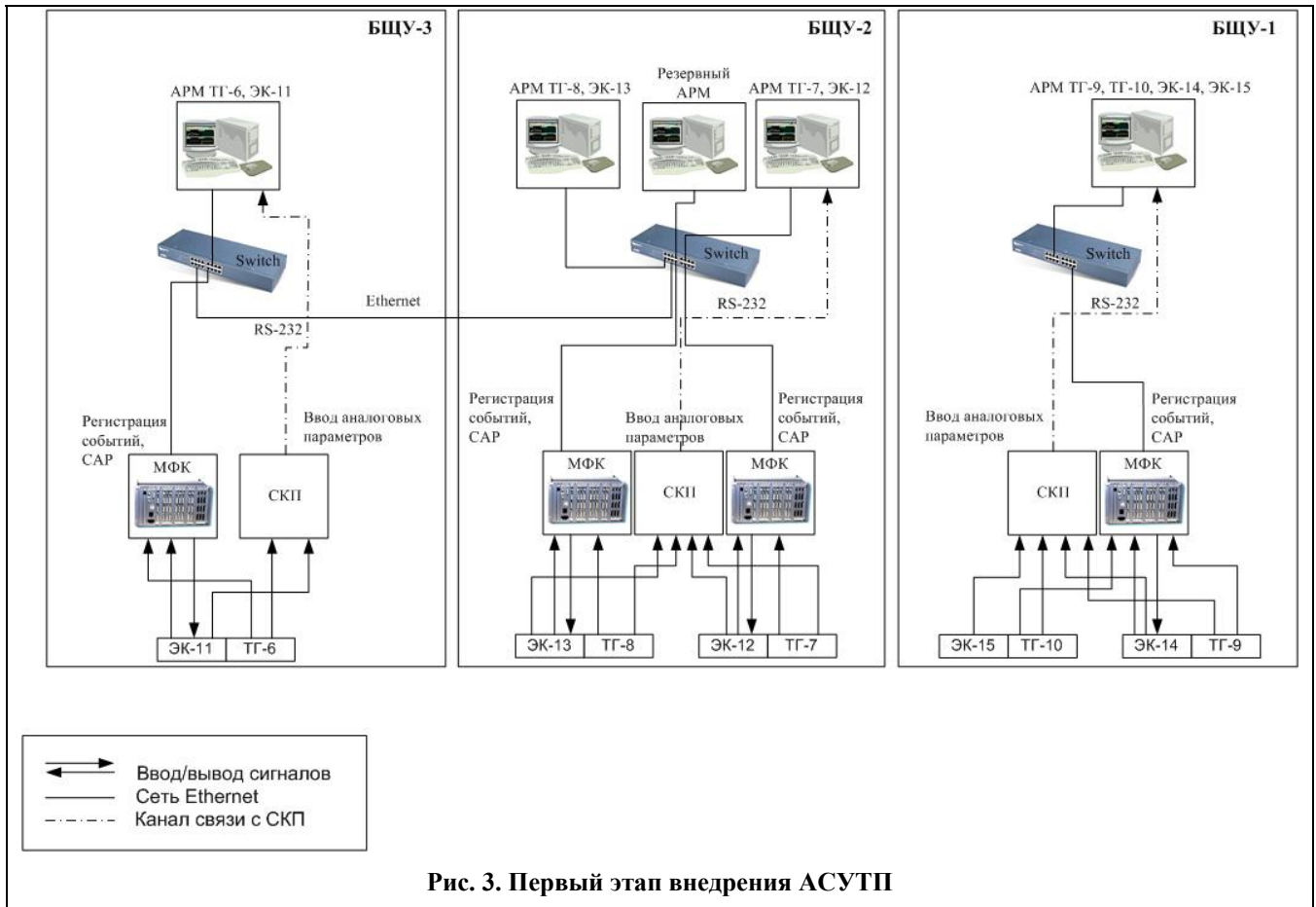
Серьезной проработки потребовала организация резервного дистанционного управления исполнительными механизмами (ИМ) с ключей, расположенных на оперативном пульте управления. Наличие такого резервного управления было требованием котло-турбинного цеха. Проблему решили путем разработки типовых схем, позволяющих управлять ИМ или с ПТК, или с ключей ДУ. Одновременное управление не допускается наличием переключателя, разрывающего одну из альтернативных цепей. В качестве переключателя и ключей ДУ использовали установленные на пультах блоки БУ-21. Использование свободных контактов существующих переключателей стало одним из средств обеспечения возможности подключения новой системы регулирования на работающем оборудовании, но различия в схемах их подключения на разных установках привели к необходимости разработки целого набора типовых схем.

Развитие структуры АСУТП в процессе выполнения работы

Технология многоэтапного внедрения, разработанная ЗАО «НВТ-Автоматика», позволила обеспечить быстрое внедрение и поэтапное наращивание структуры АСУТП «безударно» для эксплуатации основного оборудования.

В первую очередь на каждом из четырех БЦУ были установлены АРМ оператора с реализацией информационных функций на основе данных, получаемых из СКП. Машинисты, прошедшие к тому времени обучение, получили практические навыки работы с системой. В свободные неоперативные панели БЦУ были установлены контроллеры. При проведении ремонта котла или турбины (текущего или капитального) производилось переключение управления ИМ со старых регуляторов на ПТК.

К концу 2003г на БЦУ1-4 были установлены шесть АРМ операторов и четыре контроллера МФК.



К концу 2004г (на втором этапе внедрения Рис. 1) число АРМ операторов увеличилось до десяти. Распределение АРМ по БЦУ зависело от числа регулируемых установок в данном технологическом блоке: от двух на БЦУ-1 (одна ИРС + три ИС) до трех на БЦУ-3 (три ИРС + одна ИС). Количество многофункциональных контроллеров в системе увеличилось до восьми.

В перспективе планируется установить на каждом технологическом блоке по 5 мониторов и 6 широкоформатных экранов (по одному на мнемосхему установки и два на отображения выбранных машинистом параметров технологического блока), что позволит полностью отказаться от использования показывающих и регистрирующих приборов. Количество многофункциональных контроллеров при полной реализации АСУТП установок возрастет до 20-30 на технологический блок (2 котла и 2 турбины).

Общестанционная АСУТП была создана в течение трех недель после ввода в эксплуатацию оптоволоконной ЛВС КТЦ летом 2005 года. Информация о технологическом процессе и функционировании АСУТП стала доступна на АРМ инженерного персонала АБК, начальников цехов, руководства станции. Системные средства ПТК «САРГОН» обеспечили простоту конфигурирования этих АРМ. Для контроля за работой конкретного технологического блока используется конфигурация самого блока. Интеллектуальная система загрузки, встроенная в базовое программное обеспечение ПТК «САРГОН», при запуске конфигурации

на просматриваемом АРМ автоматически перенастраивает все связи и обеспечивает функционирование оперативной конфигурации в режиме просмотра. Создание конфигурации АРМ, контролирующей работу всех технологических блоков, производится автоматической процедурой – в этой конфигурации опрашиваются данные, имеющие высокий информационный уровень. Системные программные средства ПТК «САРГОН» обеспечивают эффективность многопользовательского доступа к данным о технологическом процессе – подключение более 100 АРМ, контролирующей информацию в реальном времени и из архивов без возможности управления, не замедляет работу оперативных контуров АСУТП.

Организация внедрения АСУТП

Основные проблемы организации монтажных и пуско-наладочных работ были связаны с высоким темпом внедрения АСУТП – за 1 год, в течение которого требовалось выполнить монтажные и наладочные работы по системам регулирования на восьми установках, в капитальный ремонт выводились только 2 из них.

Технология многоэтапной модернизации, поддержанная программными и техническими средствами ПТК «САРГОН» и соответствующими типовыми решениями, обеспечила возможность выполнения монтажных и наладочных работ в период текущих ремонтов и кратковременных остановов для проведения профилактических работ на технологическом оборудовании:

1. Установка контроллеров в существующих панелях на месте заменяемых регуляторов обеспечила минимизацию монтажных работ. Небольшой объем реконструкции пультовых секций также позволил выполнить их в сжатые сроки.
2. Замена датчиков и МЭО на установках, не выводившихся в капитальный ремонт, выполнялась по мере необходимости.
3. Во время кратковременных остановов был выполнен ремонт регулирующих клапанов с устранением выявленных дефектов в их характеристиках.
4. Прикладное программное обеспечение, устанавливаемое на объекте, предварительно проверялось на имитаторе, что позволило проверить правильность работы алгоритмов управления и существенно ускорить выполнение наладочных работ.
5. Ускорению наладочных работ способствовали также развитые средства графического анализа оперативной и архивной информации, встроенные в ПТК «САРГОН», и подключение данных с действующих устройств СКП.
6. Настройка коэффициентов регуляторов выполнялась с помощью программной системы «ПИД-эксперт» производства фирмы «Техноконт», интегрированной в состав ПТК «САРГОН». Применение «ПИД-эксперт» позволило получить хорошее начальное приближение для значений коэффициентов регуляторов, существенно ускорить их наладку и оптимизировать качество окончательной настройки.
7. Переход на новую систему регулирования был облегчен возможностью избирательного переключения исполнительных механизмов на управление с традиционных блоков, установленных на оперативной панели управления. Это позволило провести наладку части регуляторов без останова даже на кратковременный ремонт.

Одним из главных препятствий при наладке являлась сложность получения разрешения на выполнение работ на регуляторах мощности: по новым правилам РАО согласование выполнялось на уровне РДУ, время выделялось, как правило, ночью или выходные дни.

Обеспечение устойчивости работы САР

Главным требованием к САР энергетической установки является ее работоспособность в реальных условиях объекта - при наличии различных возмущений и неисправностей.

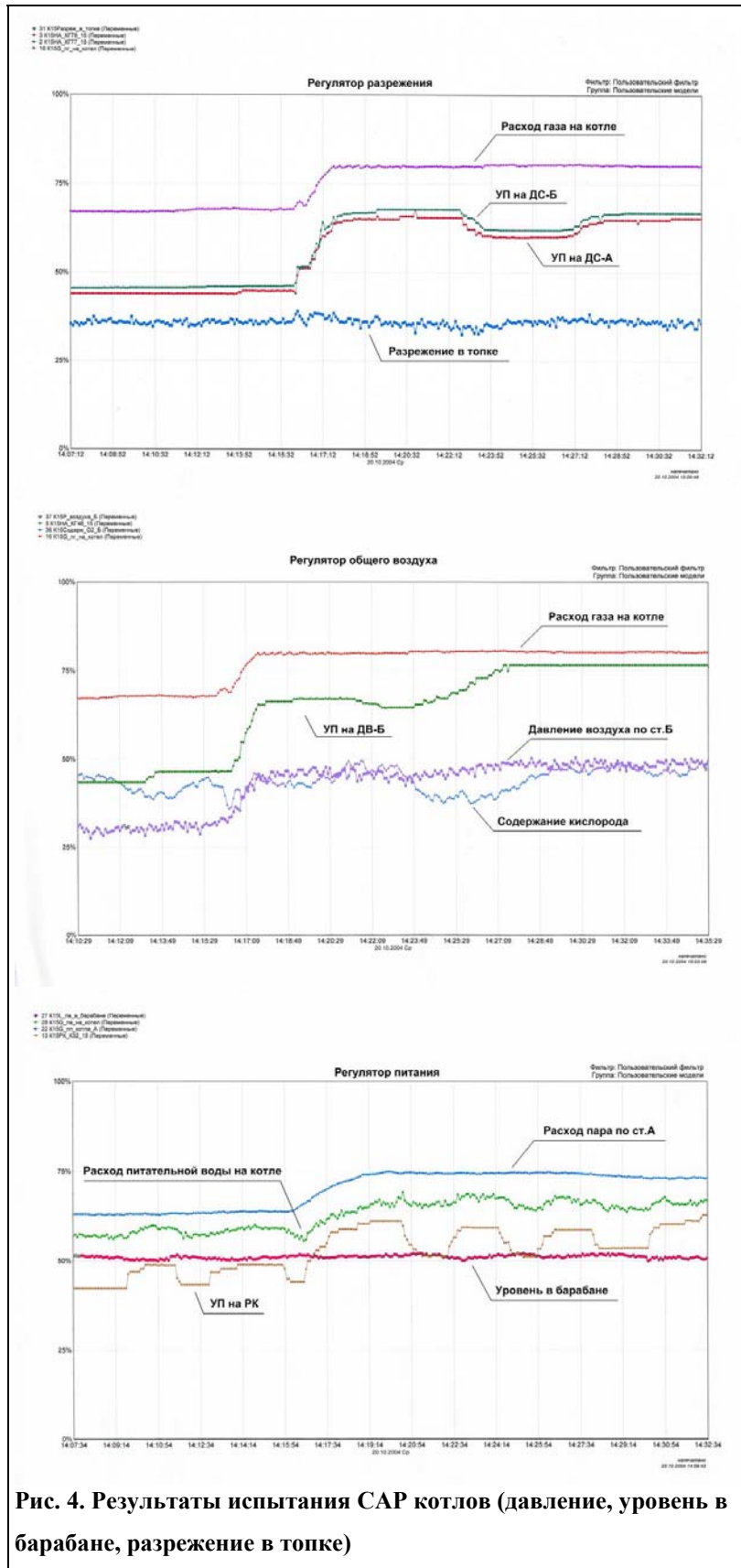
Устойчивость работы САР в АСУТП ТЭЦ-8 была обеспечена следующими средствами:

- Всережимность САР обеспечивает ее устойчивую работу даже при значительном изменении режима эксплуатации энергооборудования. Всережимность построена на динамическом изменении коэффициентов регуляторов по результатам вычисления арифметических и логических выражений любой требуемой сложности.
- Учет технологических ограничений гарантирует безопасность работы технологического оборудования под управлением системы автоматического регулирования при возмущениях как по нагрузке, так и по заданию.
- Контроль достоверности информации обеспечивает локализацию неисправности датчиков и каналов ввода и предотвращает ошибочное управление на основании недостоверных данных. В ПТК «САРГОН» сквозной контроль достоверности ввода, обработки и передачи данных реализован на системном уровне:
 - все элементы данных в системе имеют признак недостоверности, который обрабатывается на системном уровне и доступен в технологических программах;
 - диагностика устройств ПТК (модулей, контроллеров и т.п.) сопровождается установкой признаков достоверности выдаваемых этими устройствами данных;
 - контролируется своевременность обновления информации с выставлением признаков недостоверности при ее нарушении;
 - вычисление признаков достоверности результатов арифметических и логических операций осуществляется автоматически по признакам достоверности входных данных.
 В пользовательской программе недостоверность параметра может явно устанавливаться на основании технологических критериев.
- Диагностика неисправностей и отказов датчиков и исполнительных устройств с сигнализацией оператору. Малые неисправности (например, неравномерность хода исполнительного механизма) учитываются и корректируются системой автоматически. При серьезных отказах САР переключаются в режим ДУ. В процессе выполнения наладочных работ к стандартным диагностическим блокам контроля непротиворечивости показаний датчиков конечных выключателей, нахождения аналоговых датчиков в диапазоне измерения и т.п., были добавлены новые. Наиболее важным из них стал функциональный блок контроля за отработкой исполнительным механизмом получаемых импульсов управления. Примененный во всех регуляторах АСУТП ТЭЦ-8, этот блок существенно повысил надежность работы исполнительной части САР.
- Безударность переключений. Полная система автоматического регулирования котла/турбины, представляет собой 4-х уровневую иерархическую систему (ДУ, основные регуляторы, корректирующие регуляторы, регуляторы мощности). ПТК «САРГОН» обеспечивает возможность унифицированного включения и отключения верхних уровней управления при продолжении автоматического функционирования более нижних. Безударность переключений обеспечивается применением статических и динамических балансировок. Тип балансировки, используемой в конкретном случае, зависит от структуры САР и характера технологического процесса.

Результаты испытаний

Высокое качество работы внедренных САР было подтверждено в результате трех циклов испытаний:

- при передаче АСУТП в промышленную эксплуатацию (Рис. 4);
- при проведении плановых колебаний мощности в РАО ЕЭС России 15.04.2004;
- при работе в условиях системной аварии 25.05.2005.



В ходе первых испытаний несколькими турбогенераторами станции в течении нескольких минут был произведен набор 80 МВт электрической мощности (по нормативам приказа №524 оборудование электростанции должно обеспечивать набор до 65 МВт). ЭК-12 и ЭК-13 работали в режиме поддержания давления в трансферном трубопроводе, все другие котлы - в базовом режиме. В конце испытаний была

обратная разгрузка. Из приведенных графиков хотелось бы особо отметить точность поддержания уровня в барабане при резких изменениях нагрузки и устойчивость работы регулятора разрежения (при анализе результатов испытаний на НТС РАО ЕЭС отмечалось, что на большинстве котлов при форсировке происходят скачки разрежения в топке, вплоть до перехода «под давление»).

На испытаниях РАО ЕЭС по резкому изменению мощности, проведенных 15.04.2004, колебания электрической мощности ТЭЦ-8 составили всего 15 МВт. Регуляторы успешно отработали возмущение, которое было существенно меньшим, чем на приемо-сдаточных испытаниях.

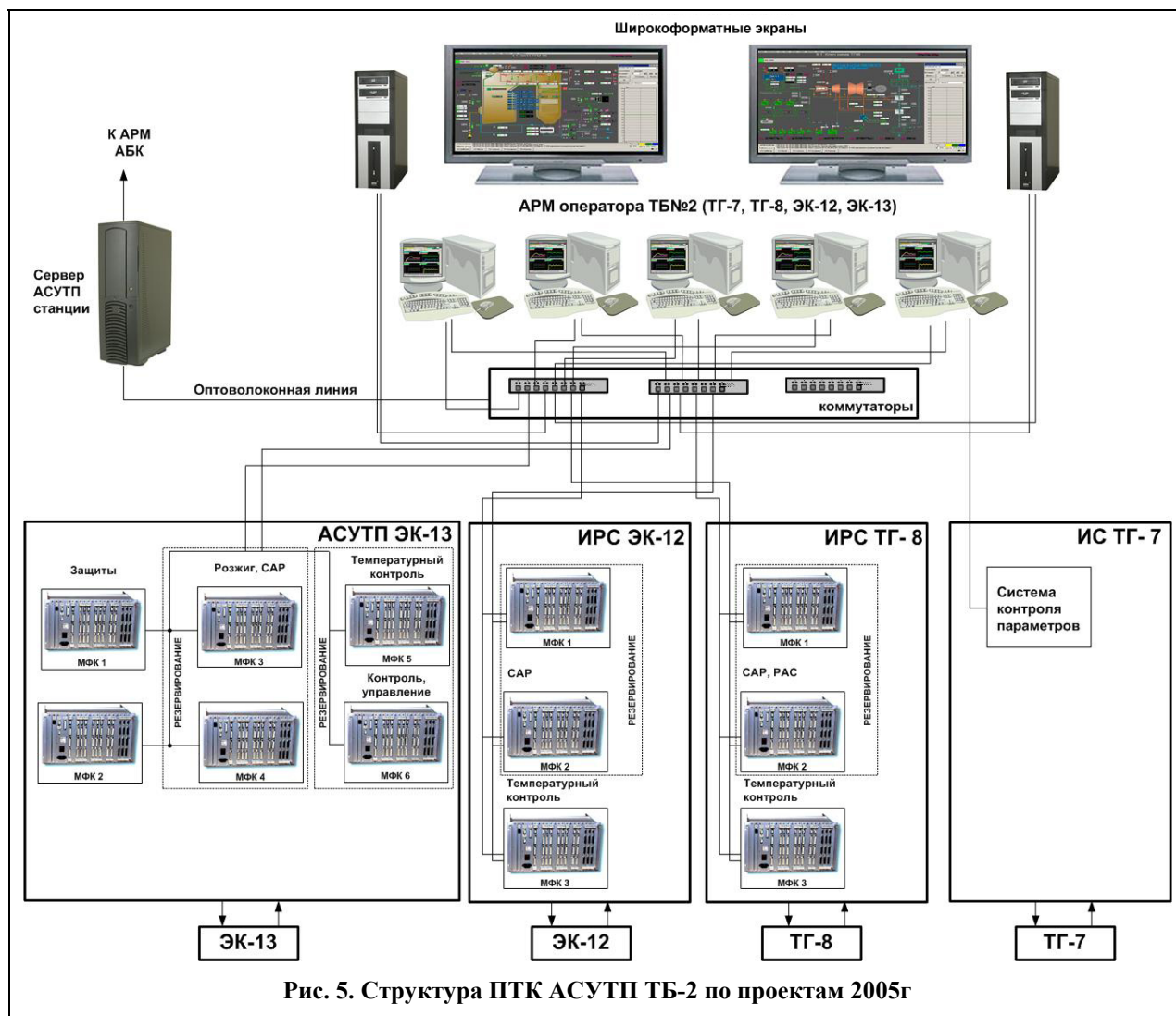
Наиболее жесткой проверке система подверглась в условиях системной аварии 25.05.2005 – ТЭЦ-8 попала в эпицентр аварии, т.к. подстанция «Чагино» имеет прямые связи с ТЭЦ-8 по линиям 10 кВ. Несмотря на это, станция сумела сохранить генерацию мощности, работая на выделенных потребителях по линии 10 кВ. В течение двух суток (с момента начала аварии на подстанции и до восстановления работы энергосистемы) котельные и турбинные установки должны были многократно и резко изменять нагрузку. Системы регулирования работали устойчиво. На оборудовании, оставшемся в работе при максимальной разгрузке, регуляторы продолжали функционировать в автоматическом режиме. При восстановлении генерирующих мощностей регуляторы немедленно вводились в работу.

Дальнейшее развитие АСУТП

В 2005г в развитие действующей АСУТП были выполнены проекты нескольких новых систем:

- полнофункциональной АСУТП ЭК-13, включающей микропроцессорный контроль всех технологических параметров (с исключением СКП), управление всей арматурой котла, реализацию технологических защит, блокировок и автоматизированного розжига;
- информационно-регулирующей системы ТГ-8 с полной реализацией систем регулирования и заменой многоточечных регистраторов;
- систем температурного контроля поверхностей нагрева.

На 2006г. планируется внедрение проектов 2005г. и проектирование полнофункциональных АСУТП установок, подлежащих капитальному ремонту в 2007г.



Гибкость структуры ПТК «САРГОН» и использование технологии многоэтапного внедрения позволяют осуществлять наращивание объемов контроля и управления с учетом важности реализации функций. В ближайшие 2-3 года наиболее приоритетными являются внедрения современных САР на ТГ-6 и ТГ-7, систем температурного контроля поверхностей нагрева на всех котлах, систем автоматизированного розжига на котлах, приводящихся в соответствие с правилами безопасности по газовому и мазутному хозяйству.

Затраты и эффект от внедрения АСУТП

Современный ПТК «САРГОН» - это результат многолетних усилий нескольких ведущих коллективов разработчиков по оптимизации соотношения цена/качество в системах автоматизации. В структуре затрат на создание АСУТП «под ключ» при новом строительстве или полной замене полевого уровня автоматизации, стоимость ПТК «САРГОН», как правило, не превышает 20%. Она примерно равно стоимости датчиков, кабеля и силовых шкафов управления исполнительными устройствами. Стоимости проектных и монтажно-наладочных работ несколько превышают стоимость ПТК. Поэтому, при новом строительстве внедрение АСУТП на базе ПТК «САРГОН» всегда целесообразно – стоимость традиционных вторичных приборов, дополнительных релейных шкафов управления и т.п. оказывается не меньшим, чем стоимость ПТК.

При модернизации существующих систем контроля и управления стоимость монтажа и поставки сильно зависит от объема реконструкции в части КИПиА. В первых разделах статьи были описаны способы минимизации этих затрат, использованные при создании АСУТП ТЭЦ-8.

Реальный экономический эффект от внедрения АСУТП подсчитать трудно - прежде всего, он связан с повышением надежности, точности контроля за измеряемыми параметрами и уровня эксплуатации технологического оборудования. Т.к. отказы технологического оборудования и ошибки персонала имеют вероятностный характер, реальная оценка эффекта внедрения АСУТП может быть дана только после нескольких лет эксплуатации системы.

Однако, один из результатов внедрения АСУТП на ТЭЦ-8 виден уже сейчас – использование более совершенных алгоритмов регулирования позволило при существенно лучшем качестве поддержания параметров техпроцесса меньше перемещать исполнительные механизмы. В итоге, количество эксплуатационных дефектов по модернизированным системам регулирования за 2005г. снизилось более чем в два раза по отношению к 2003г.

Выводы

Использование современного ПТК «САРГОН» и технологии многоэтапного внедрения ЗАО «НВТ-Автоматика» позволило за короткий срок при небольших финансовых затратах провести коренную модернизацию систем контроля и управления основного теплоэнергетического оборудования ТЭЦ-8 ОАО «Мосэнерго». За полтора года без удлинения срока плановых ремонтов были внедрены полномасштабные системы регулирования на 8 установках и информационные системы – на 14.

Испытания подтвердили высокое качество созданных систем. Работы по автоматизации ТЭЦ успешно продолжаются.

Положительный опыт выполнения данной работы следует учесть при внедрениях АСУТП на других электростанциях Мосэнерго и РАО ЕЭС России.

Владимир Анатольевич Менделевич – канд. физ.-мат. наук, директор ЗАО «НВТ-Автоматика».

Телефон (495) 361-23-34.

E-mail: nvtav@dataforce.net

[http:// www.nvtav.ru](http://www.nvtav.ru)

Екатерина Константиновна Спирина – инженер, начальник отдела АСУ ЗАО «НВТ-Автоматика».

Телефон (495) 361-68-07.

Александр Александрович Алексеев – инженер, зам. нач. цеха ТАИ ТЭЦ-8 ОАО «Мосэнерго»

Телефон (495)676-33-01

Александр Юрьевич Грузнов – инженер, нач. службы тепловой автоматики ОАО «Мосэнерго»

Телефон (495)957-31-67

Список литературы

1. *Менделевич В.А., Волкова И.С. Программно-технический комплекс “САРГОН-6” - Промышленные АСУ и контроллеры, №11, 2003.*
2. *РД 34-35.127-2002 “Общие требования к программно-техническим комплексам для АСУТП тепловых электростанций” / СПО ОРГРЭС. 2002.*