

# Модернизация систем контроля и управления энергетическим оборудованием на базе программно-технического комплекса «САРГОН»

Рассмотрена эффективная технология модернизации систем контроля и управления,

учитывающая особенности отечественного энергетического производства.

Экономические трудности, испытываемые Российской энергетикой в течении последних 10 лет, существенно замедлили темпы ввода новых мощностей и реконструкции действующего оборудования. Увеличивающийся износ оборудования электростанций остро поставил вопрос о необходимости его модернизации. Именно на модернизацию оборудования всех видов, установленного на энергетических объектах, направлены сейчас основные усилия всех организаций, работающих в энергетике. **Необходимым условием эффективной работы энергетического оборудования является выполнение серьезной модернизации систем контроля и управления (СКУ) технологическими процессами.**

ЗАО «НВТ-Автоматика» разработала эффективную технологию модернизации СКУ на базе программно-технического комплекса (ПТК) «САРГОН», которая обеспечивает быстрое внедрение высококачественных систем автоматизации с минимальным сроком окупаемости капитальных вложений.

## Новая технология модернизации СКУ

Предлагаемая технология модернизации включает несколько принципиальных положений, отличающихся от традиционно используемых.

### **Многоэтапное внедрение**

Создание полнофункциональной АСУТП энергоблока за один цикл разработки-наладки-внедрения очень удобно для разработчика, но в условиях нестабильного финансирования часто приводит к долгострою. При этом финансовые средства, уже частично затраченные заказчиком, замораживаются на несколько лет, а приобретенные технические средства автоматизации подвергаются моральному и физическому износу (как ни странно на первый взгляд, но длительное хранение для сложных электронных устройств значительно разрушительнее, чем непрерывная эксплуатация).

В сегодняшних условиях целесообразен другой способ создания АСУТП действующих энергетических установок - последовательность нескольких коротких циклов (от полугода до года) разработки-наладки-внедрения функционально законченных подсистем.

Если при одноэтапном внедрении сумма затрат нарастает в течение длительного времени без всякой отдачи, а окупаться затраты начинают после практически полного внедрения (рис.1 верхний), то при многоэтапном внедрении продолжительность каждого цикла внедрения и срок окупаемости затрат сокращается в несколько раз, т.к. затраты на подсистему начинают компенсироваться сразу же после внедрения подсистемы (рис.1 нижний).

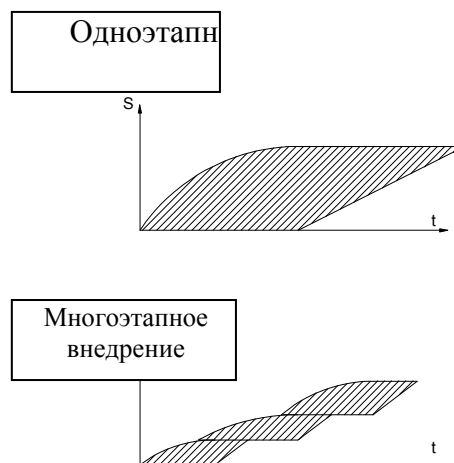


Рис. 1 Окупаемость вложенных средств при различных схемах внедрения

### **Проектирование от объекта, а не от средств автоматизации**

Одним из главных препятствий на пути многоэтапного внедрения является традиционный подход к проектированию АСУТП «от средств автоматизации». При необходимости расширения объемов контроля и управления или замены технических средств проектирование «от средств» приводит, как правило, к необходимости значительной корректировки проекта и ошибкам, что увеличивает сроки и стоимость выполнения работ.

Последовательное использование современной объектно-компонентной технологии создания АСУТП предполагает другой путь: «от описания объекта к алгоритмам контроля и управления» с привязкой подготовленной системы к программно-техническим средствам лишь на последнем этапе проектирования. Наличие системы автоматизированного проектирования позволяет выполнять привязку к выбранным техническим средствам путем вызова последовательности автоматических процедур с минимальными трудозатратами для разработчика АСУТП.

Проектирование «от объекта» обеспечивает максимальную независимость алгоритмов контроля и управления от конкретного программно-технического комплекса и реализации АСУТП, что позволяет с небольшими трудозатратами производить наращивание или замену технических средств системы в процессе модернизации и эффективно тиражировать технические решения на аналогичные объекты.

### **Активное использование элементов существующей СКУ**

При модернизации систем контроля и управления часто применяется «бульдозерный» вариант - существующая система уничтожается, а на ее месте создается новая. Такая технология модернизации не позволяет производить поэтапное внедрение, требует продолжительной остановки технологического оборудования и приводит к его полной остановке на длительное время в случае острого дефицита денежных средств.

Использование современных технических средств (малоканальных контроллеров, подключенных к дублированной промышленной сети) позволяет размещать микропроцессорные устройства ввода/вывода непосредственно в существующих шкафах панелях, приборных щитах и т.п. При этом в несколько раз снижается совокупная стоимость внедрения (экономятся затраты на кабель, шкафы для контроллеров, монтажные работы), не растрачивается дефицитное пространство в релейных и щитовых помещениях, обеспечивается выполнение большей части работ по монтажу и наладке АСУТП без остановки основного технологического оборудования.

Процесс модернизации может выполняться практически незаметно для операторов-машинистов, т.к. существовавшие системы отображения и избирательного управления на

блочном щите могут в течении требуемого времени продолжать функционировать (уже через контроллеры в модернизированной части СКУ).

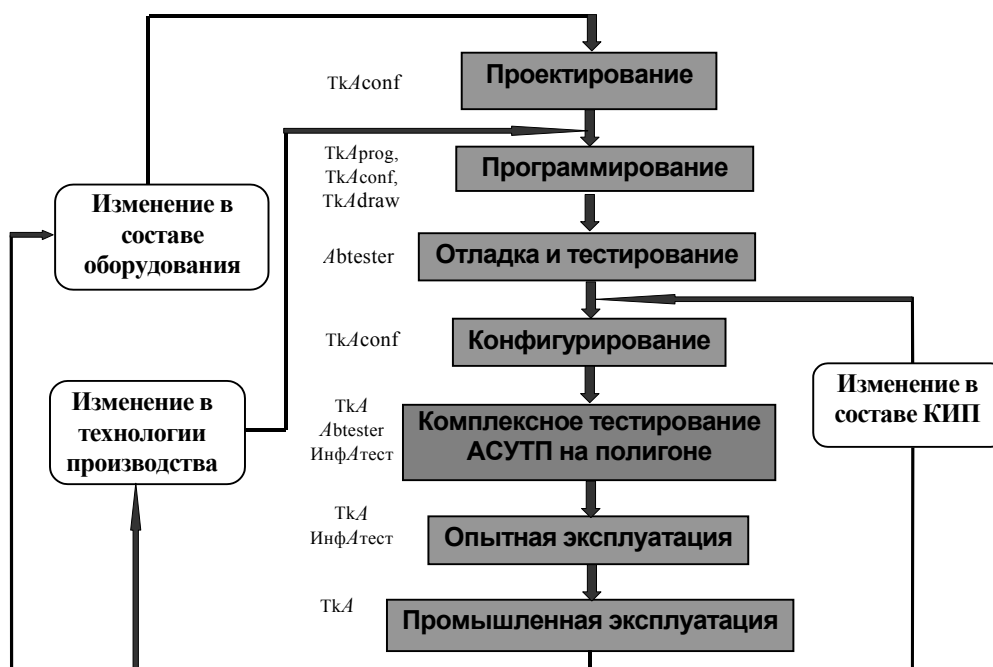
**«Безударность» перехода на новую СКУ**

Важным элементом новой технологии создания АСУТП является возможность реализации поэтапного перехода оперативного персонала на работу с новой СКУ. Практика внедрений на нескольких ТЭС РФ, в частности, на ТЭЦ-21 АО МОСЭНЕРГО, показывает, что после непродолжительного периода настороженности оперативный персонал убеждается в преимуществах новой системы и становится ее активным сторонником.

Возможность параллельного функционирования старой и новой СКУ в течении некоторого периода позволяет операторам-машинистам освоить новую технику без излишнего напряжения. Постепенность перехода обеспечивает также взаимозаменяемость оперативного персонала.

**Поддержка поэтапной модернизации АСУТП средствами ПТК «САРГОН»**

Необходимым условием применения технологии поэтапной модернизации СКУ является активное использование современных принципов «системостроения». Эти принципы должны быть поддержаны программными и техническими средствами, применяемыми для создания АСУТП (Рис. 2).



**Рис. 2 Компоненты «САРГОН» в цикле модернизации АСУТП**

В результате 10-летних усилий коллектива ЗАО «НВТ-Автоматика» был разработан программно-технический комплекс (ПТК) «САРГОН», включающий РС-совместимые микропроцессорные контроллеры наших постоянных партнеров, фирменное программное обеспечение ЗАО «НВТ-Автоматика», компьютеры и сетевое оборудование.

«САРГОН» имеет все средства, требуемые для многоэтапной модернизации АСУТП:

1. Многоканальные контроллеры типа МФК, производимые ЗАО «Текон» г.Москва, имеют высокую помехозащищенность и широкий температурный диапазон работы, что позволяет размещать их непосредственно в машинном зале, экономя большое количество кабеля и, соответственно, объем монтажных работ.

2. Комплекс защит и регистрации (КРЗ), реализующий технологические защиты, регистрацию аварийных событий и контроль действия защит, может устанавливаться вместо релейной системы защит на любой стадии модернизации СКУ.
3. Удаленные модули УСО, подключаемые по промышленной цифровой сети, позволяют эффективно организовать массовый сбор параметров, минимизируя стоимость монтажа и длину прокладываемого кабеля. Могут использоваться модули любого типа, поддерживающие обмен по протоколу ADAM: ADAM-4000 фирмы Advantech, i-7000 фирмы ICP DAS, «Теконик» фирмы «Текон» и т.д. Управление арматурой и двигателями может осуществляться как с многоканальных контроллеров (для исполнительных устройств, используемых в защитах и наиболее ответственных блокировках), так и из сетевых контроллеров управления, размещаемых непосредственно в шкафах РТЗО. Контроллеры управления строятся из нескольких модулей УСО, подключаемых аналогичным способом к компактному процессорному модулю контроллера, размещаемого в том же шкафу РТЗО.
4. Эффективную систему реального времени, обеспечивающую, в том числе, возможность написания технологических программ, не зависящих от того, в каком контроллере они исполняются.
5. Систему автоматизированного проектирования (сквозного проектирования) АСУТП, которая обеспечивает:
  - a) проектирование СКУ «от объекта»,
  - b) автоматическое распределение сигналов по техническим средствам;
  - c) автоматическую генерацию конфигураций программных средств реального времени;
  - d) автоматизированное внесение изменений в проект;
  - e) ведение единой базы данных для объекта масштаба ТЭС (до 200000 сигналов) и т.д.
6. Мощные средства тестирования, которые обеспечивают автоматическую проверку согласованности поэтапно модернизируемых подсистем.

## Применение технологии поэтапной модернизации СКУ

Проведенное рассмотрение особенностей текущей ситуации в энергетике РФ и преимуществ использования новой технологии поэтапной модернизации СКУ, уже проверенной на нескольких ТЭС России, позволяет утверждать, что ее применение обеспечивает не только существенную экономию средств, но и является катализатором процесса модернизации всего энергетического производства.

Рассмотрим технологию модернизации СКУ на базе комплекса «САРГОН» на примере нескольких конкретных СКУ.

### АСУТП ТЭЦ-21 АО МОСЭНЕРГО

ТЭЦ-21 АО МОСЭНЕРГО имеет два котло-турбинных цеха:

1. В КТЦ-1 установлено 8 турбогенераторов (7хТ-100-130, 1хПТ-80-130) и 8 котлов (ТГМ-96), которые объединены по схеме с поперечными связями. Технологически и оперативно оборудование цеха разбито на четыре технологических блока. Каждый из них включает два котла, две турбины и часть общецехового оборудования, обеспечивающего возможность работы данного технологического блока независимо от других. Пара котел-турбогенератор с одинаковым стационарным номером имеет общий пульт и щит, и, как правило, совместно эксплуатируется, поэтому на станции ее часто условно называют энергоблоком.
2. В КТЦ-2 установлены два энергоблока, каждый из которых включает турбогенератор Т-250-240 и котел Пп-1000-250.

К моменту заключения договора с ЗАО «НВТ-Автоматика» на ТЭЦ в течении многих лет функционировала АСУТП, построенная на средствах выпуска 80-х гг. Ввод аналоговых сигналов был выполнен через информационные машины СКП, принимающие до 1024-х аналоговых сигналов. Ввод/вывод дискретных сигналов и вся обработка информации

выполнялась СМ ЭВМ. Информационные функции системы активно использовались персоналом станции, а управляющие были отключены. На ТЭЦ уже действовала ЛВС на базе сервера Novell NetWare, объединявшая несколько десятков компьютеров. Регулирование было реализовано на контроллерах «Протар», дистанционное управление арматурой осуществлялось через избирательное устройство управления. Защиты на энергоблоках выполнены на релейных схемах, а на технологических блоках – на УКТЗ.

Подписанное в 1996г Техническое задание (ТЗ) предусматривало создание в течении нескольких лет полнофункциональной АСУТП ТЭЦ-21:

1. Одновременная замена всех СМ ЭВМ на современный ПТК с продолжением эксплуатации СКП как устройств связи с объектом (УСО). Сбор дискретных сигналов производится через контроллеры. Информационные функции реализуются в полном объеме.
2. Постепенная замена СКП на контроллеры.
3. Поблочное внедрение управляющих функций в АСУТП в течении 8 лет.

Первый этап работ начался в 1996. Использование мощной системы сквозного проектирования, входящей в состав ПТК «САРГОН», позволило выполнить первый этап создания АСУТП в кратчайшие сроки: через 6 месяцев после начала работ на всех 10 энергоблоках были внедрены основные информационные функции, а через 10 – информационные системы в полном объеме, включающие регистрацию аварийных ситуаций, расчеты ТЭП и допустимых скоростей прогрева металла турбины (задача Лейзиновича). Для отображения информации было нарисовано более 500 мнемосхем и составлено более 250 групповых фильтров просмотра истории технологического процесса.

Одновременно с модернизацией АСУТП энергоблоков началось создание АСУТП ХВО-2, но, в отличие от основного оборудования, его предполагалось создавать по традиционной схеме - за один цикл разработка-поставка-монтаж-наладка.

Полная приостановка централизованного финансирования работ по созданию АСУТП ТЭЦ-21 из-за финансового кризиса 1998г ярко проявила преимущества многоэтапного внедрения. АСУТП энергоблоков успешно эксплуатируются уже более четырех лет и дают отдачу вложенных средств. За счет средств ТЭЦ система продолжает развиваться, хотя и в несколько раз медленнее, чем планировалось. Большой объем комплектации ХВО-2, обусловленный одномоментностью ее внедрения не позволил завершить работы до приостановки финансирования, поэтому средства, выделенные в 1996-1997гг, оказались заморожены на 4 года и не давали никакой отдачи. Финансирование работ возобновилось только в 2001г по новому графику, предусматривающему несколько коротких циклов поставки-внедрения.

Созданная АСУТП ТЭЦ-21 включает в себя трехуровневую сеть с серверами-маршрутизаторами цехового и станционного уровней. На каждом из уровней (оперативный, цеховой, станционный) подключены АРМ соответствующих специалистов. Анализ архива регистрации пользователей показывает, что перед селекторными совещаниями число АРМ, подключенных к информации АСУТП, достигает 100 человек (действующая лицензия на сетевую операционную систему не позволяет подключиться большему числу пользователей).

АСУТП технологического блока КТЦ-1 в 1997г включала в себя:

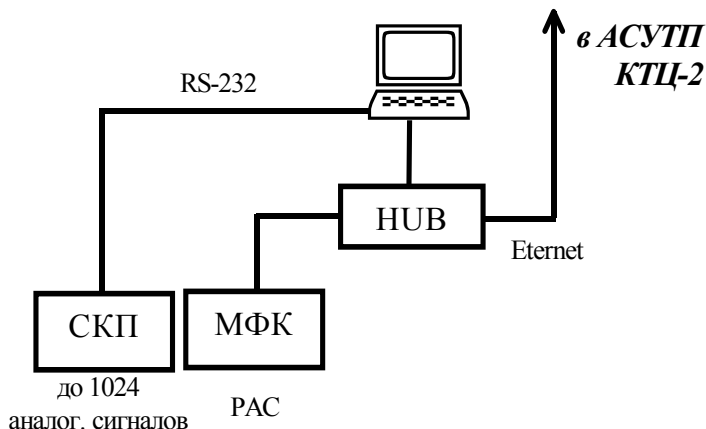
1. Две информационные машины СКП и два АРМ оператора – по одному на условный энергоблок.
2. Контроллер МФК (производства ЗАО «Текон» г. МОСКВА) для сбора дискретных сигналов, используемых для регистрации аварийных ситуаций на технологическом блоке. Регистрация производится отдельно для каждого условного энергоблока.

АСУТП энергоблока КТЦ-2 в 1997г включала в себя (рис.3):

1. Информационную машину СКП.
2. АРМ оператора энергоблока.

3. Контроллер МФК для сбора дискретных сигналов, используемых для регистрации аварийных ситуаций на энергоблоке.

*АРМ бл. №8*

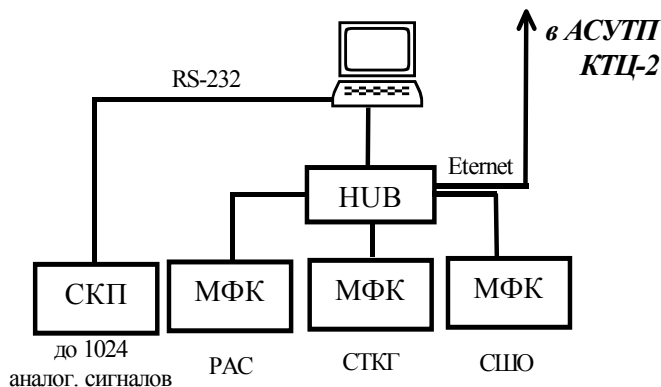


**Рис. 3. АСУТП энергоблока №8 ТЭЦ21 в 1997 г.**

Дальнейшее развитие АСУТП рассмотрим на примере энергоблока №8 (300 МВт):

1. В 2000г в состав АСУТП был включен контроллер МФК для проведения испытаний многоконтурной САР котла (испытания прошли успешно).
2. В 2001г в этом контроллере была реализована автоматизированная система управления шариковой очисткой конденсатора.
3. Также в 2001г была добавлена подсистема температурного контроля генератора, построенная на еще одном контроллере МФК. Структура АСУТП энергоблока №8 с добавлениями 2000-2001гг показана на рис 4.

*АРМ бл. №8*



**Рис. 4. АСУТП энергоблока №8 ТЭЦ-21 в 2001г.**

4. Каждый год производится расширение набора аналоговых параметров, вводимых в систему.
5. В соответствии с уже выполненным проектом и закупленным оборудованием на следующем этапе должна быть внедрена подсистема контроля и дистанционного управления арматурой и двигателями энергоблока. Подсистема строится на базе среднеканальных контроллеров, устанавливаемых непосредственно в шкафы сборок РТЗО. Распределение арматуры по контроллерам производится по функционально-групповому признаку. Программное обеспечение контроллеров арматуры обрабатывает команды, поступающие от АРМ оператора или от алгоритмов защит, блокировок, ФГУ, расположенных в более старших контроллерах.
6. Дальнейшее развитие системы планируется следующим образом:
  - а) Увеличения числа компьютеров АРМ оператора энергоблока до штатных 5-6 шт.

- b) Реализация всех систем автоматического регулирования в контроллерах ПТК (замена локальных регуляторов «Протар»).
- c) Реализация технологических защит на базе комплекса защит и регистрации (КРЗ), который заменит в АСУТП энергоблока контроллер регистрации аварийных событий.
- d) Замена СКП на модули удаленного ввода аналоговых параметров.
- e) Автоматизация выполнения операций пуска и останова.

В итоге выполнения указанных работ структура системы принимает вид, изображенный на рис.5.

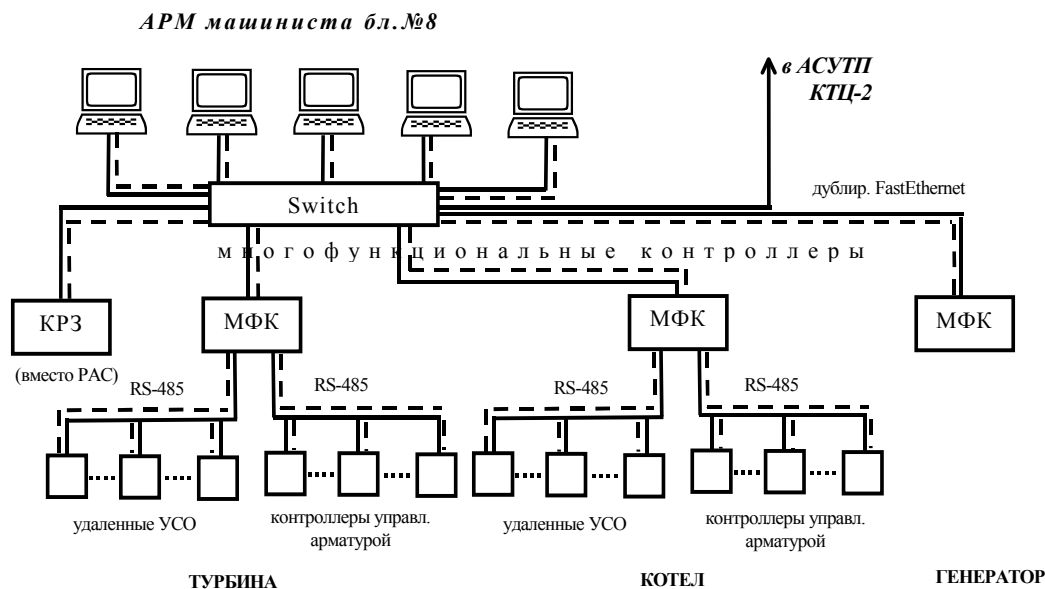


Рис. 5. Планируемая структура АСУТП энергоблока №8 ТЭЦ-21

### **АСУТП энергоблока №11 Среднеуральской ГРЭС мощностью 300 МВт**

На Среднеуральской ГРЭС установлены три энергоблока по 300 МВт и несколько энергетических установок меньшей мощности.

На энергоблоке ст. №11 в начале 90-х гг была внедрена информационная система, осуществлявшая сбор, обработку, регистрацию и представление в табличной форме информации о технологическом процессе. В том числе, выполнялась регистрация аварийных ситуаций. Сбор аналоговых данных (около 350 параметров) осуществлялся через многоточечные преобразователи Ш-711, дискретных инициативных сигналов – через специально разработанный контроллер. Регистрация и отображение в табличной форме осуществлялось на персональном компьютере. Дистанционное управление осуществлялось индивидуальными ключами, регулирование – локальными контроллерами «Протар», защиты реализованы на УКТЗ. Оперативные щитовые панели не содержат мнемосхемы энергоблока.

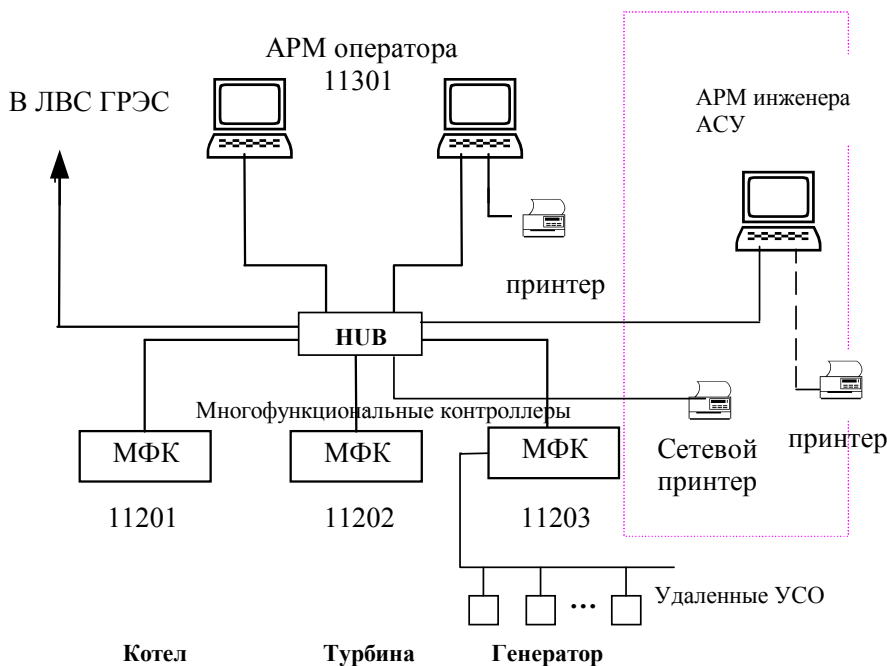
К 2000 году информационная система морально устарела и начала давать многочисленные сбои из-за физического износа оборудования.

Разработанный проект модернизации предусматривал, прежде всего, замену существующих технических средств на современный программно-технический комплекс с реализацией информационных функций в полном объеме и увеличением числа контролируемых параметров на 30%. Создаваемая система рассчитана на дальнейшее наращивание обрабатываемого объема информации и реализацию управляющих функций:

1. Разработанные мнемосхемы рассчитаны на использование в полнофункциональной управляющей АСУТП.
2. В состав программного обеспечения входят все компоненты, необходимые для реализации управляющих функций.

3. Структура АСУТП при реализации всех функций будет не изменяться, а только наращиваться.

Структура АСУТП, внедряемой в 2001г, изображена на рис.6.



**Рис. 6 Структура первой очереди АСУТП энергоблока №11 Среднеуральской ГРЭС**

В системе реализованы все принципы, изложенные в первой части статьи:

1. Используется объектная декомпозиция – из трех контроллеров МФК один обрабатывает информацию котла, второй – турбины, третий – генератора.
2. Максимальное использование существующих средств автоматики позволило существенно снизить совокупную стоимость внедрения:
  - а) Для размещения контроллеров использованы неоперативные панели, в которых размещались Ш-711, что позволило не приобретать дорогие контроллерные шкафы и свести к минимуму объем монтажных работ.
  - б) Высокая помехоустойчивость контроллеров комплекса «САРГОН» позволила использовать уже проложенный объектовый кабель (в основном, *не экранированный*).
  - в) Для ввода сигналов подсистемы температурного контроля генератора используются модули удаленных УСО, размещенные в том же шкафу, в котором были установлены старые регистрирующие приборы.
3. Первая очередь системы внедряется менее чем через 10 месяцев после начала финансирования работ.
4. Наращивание системы планируется производить в несколько этапов с использованием современных программных и технических средств ПТК «САРГОН» практически без перемонтажа сигнальных кабелей.

### **АСУТП ГТЭ-150 ст.№№4,5 ГРЭС-3 АО МОСЭНЕРГО**

На ГРЭС-3 МОСЭНЕРГО установлены уникальные отечественные газотурбинные энергоблоки мощностью 150 МВт производства ЛМЗ, которые рассматриваются как основа создания мощных отечественных газовых энергетических турбин и паро-газовых установок.

Блоки оснащены информационной системой на базе вычислительных машин М64 и СМ. Дистанционное управление осуществляется с блочного щита индивидуальными ключами

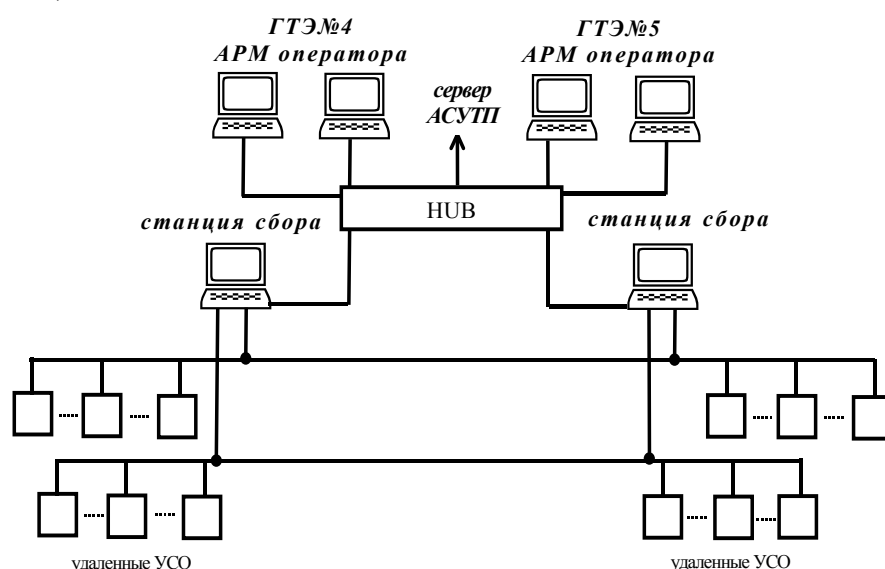
управления. Защиты и блокировки реализованы на релейных схемах, основные регуляторы – специализированным электронным блоком поставки ЛМЗ, прочее регулирование – локальными электронными регуляторами.

Блочный щит оснащен мнемосхемой и показывающими приборами, позволяющими контролировать основные параметры технологического процесса, однако экспериментальный характер энергоблоков делает бессмысленной их эксплуатацию при отсутствии полной системы контроля, регистрации и анализа данных.

К середине 2001г программно-технические средства существовавшей системы полностью вышли из строя, но средств на полноценную реконструкцию СКУ энергоблоков ГРЭС-3 так и не было выделено.

Модернизация системы должна быть выполнена с минимальными затратами, но без уменьшения объема контролируемой информации и ухудшения временных характеристик. При этом, должна обеспечиваться возможность дальнейшего развития АСУТП.

Исходя из указанных ограничений, была выбрана следующая схема автоматизации (рис.7):



**Рис. 7. Структура АСУТП ГТЭ №4,5 ГРЭС-3**

1. Для ввода аналоговых и дискретных данных используются модули удаленных УСО, подключаемые к компьютерам сбора и обработки информации по интерфейсу RS-485. Для минимизации стоимости в качестве базового семейства применена серия i-7000, выпускаемая Тайваньской фирмой ICP DAS (цена канала аналогового ввода составила менее 20\$). Для ввода сигналов термосопротивлений используются модули серии «Теконик» производства ЗАО «Текон» г.Москва.
2. На верхнем уровне АСУТП установлены:
  - а) Станции сбора и обработки данных;
  - б) АРМ операторов;
  - в) Сервер-маршрутизатор АСУТП.

Все компьютеры объединены сетью Fast Ethernet. В качестве операционной системы сервера и рабочих станций (компьютеров в обычном исполнении) используется Windows NT. По желанию Заказчика, станции сбора энергоблоков №4,5 резервированы: при отказе любой из них вся информация о технологическом процессе на обоих блоках может обрабатываться оставшейся в работе станцией.

В 2001г внедряется система на ГТЭ-5, в 2002 – на ГТЭ-4. В ближайших планах дальнейшего развития АСУТП – установка на каждом энергоблоке нескольких контроллеров

для сбора данных с удаленных УСО. Компактные недорогие контроллеры, входящие в состав семейств модулей удаленных УСО, имеют выход в Ethernet, что позволит существенно увеличить скорость обмена и сократить цикл опроса данных в 2-3 раза. Как и в других АСУТП на базе «САРГОН», система приспособлена для последующего развития управляющих функций, но для этого потребуется существенное увеличение финансирования.

### **Заключение**

Шестилетний опыт внедрений ЗАО «НВТ-Автоматика» показал эффективность технологии многоэтапной модернизации систем контроля и управления, позволяющей снизить совокупную стоимость внедрения современной АСУТП и значительно сократить срок окупаемости капитальных затрат.

В последние два-три года необходимость многоэтапной модернизации получила признание, технология начала применяться несколькими фирмами и даже стала выдвигаться как условие ряда конкурсов.

Многоэтапная модернизация системы контроля и управления существенно усложняет задачу разработчика АСУТП, поэтому программно-технический комплекс, используемый при создании АСУТП, должен отвечать повышенным требованиям по автоматизации процесса разработки и гибкости применения.

Программно-технический комплекс «САРГОН», выпускаемый ЗАО «НВТ-Автоматика» разрабатывался с учетом задач многоэтапной модернизации, поэтому он полностью соответствует предъявляемым требованиям.