

# Внедрение ПТК АСУ ТП на Курганской ТЭЦ

И. М. Шаровин (к.т.н.), Д. А. Жалнин – ООО «Инженерно-проектный центр Новой генерации»

**In brief**  
**Заголовок**  
Заголовок

**Г**руппа компаний «Интертехэлектро» реализует комплексные инвестиционные проекты в энергетике на базе ЕРС/ЕРСМ-контрактов, а также выступает генподрядчиком при модернизации, реконструкции, капитальном ремонте тепломеханического оборудования объектов генерации.

Курганская генерирующая компания в рамках выполнения капитального ремонта турбогенератора Т-100/120-130-5 ст. №8 Курганской ТЭЦ приняла решение внедрить ПТК АСУ ТП на данном объекте. В статье показаны этапы создания ПТК АСУ ТП, а также основные особенности реализованного ПТК ТГ ст. №8.

## Основные технические решения

Объем реконструкции объекта на стадии предпроектного обследования, кроме основных работ, включал полную замену датчиков КИПиА, расходомеров, импульсных линий, кабельной продукции, электрогидравлической системы регулирования (ЭГСР) турбогенератора и др. Планировалась частичная замена запорной арматуры и шкафов управления МСН, демонтаж старых НКУ, централизация шкафов управления на БЩУ, пересмотр закладных конструкций под шкафы управления.

Внедрение программно-технического комплекса было сопряжено с рядом сложностей. Поскольку пространство на БЩУ было ограничено (в связи с централизацией шкафов управления) и возможность применить первоначально задуманные решения отсутствовала, группе проектировщиков пришлось пересмотреть всю концепцию построения ПТК АСУ ТП. Основной целью при его проектировании стала минимизация количества шкафов без потери качества и удобства проведения монтажных работ, пусконаладки и последующей эксплуатации оборудования (*фото 1*).

Для достижения поставленной цели было решено отказаться: а) от шкафов промклеммников и промреле; б) от АПУ в виде пультовой секции – реализовать одну пультовую секцию для оператора ТГ с 4 мониторами по 24"; в) от ИБП в пользу инверторов с симисторным байпасом.

## Унификация проектных решений

Среднее время «жизни» ПТК составляет от 10 до 15 лет. При этом процесс монтажа оборудования на объекте занимает от 3 до 9 месяцев (в зависимости от мощности технологического оборудования) и столько же времени пусконаладка, опытная эксплуатация объекта – до 6 месяцев. Таким образом, практически 10 % времени функционирования ПТК им плотно занимаются узконаправленные специалисты, имеющие большой опыт внедрения оборудования и понимающие специфику организации и выполнения работ.

К сожалению, довольно часто монтажники, наладчики и программисты не делятся своим опытом и знаниями с представителями проектных организаций (генпроектировщики или разработчики ПТК). Решения, принятые непосредственно на объекте, не находят отражения в документации генпроектировщика на последующих объектах, что приводит к постоянным однотипным доработкам проектов.

Общая оценка качества реализованного ПТК складывается на основе индивидуального мнения различных участников процесса внедрения, каждый из которых оценивает проект со своей профессиональной точки зрения. Монтажникам нужны легко опознаваемая и читаемая маркировка оборудования, удобный монтаж жил кабеля; наладчикам – стандартизованные технические решения, удобство работы с оборудованием (наличие инструкций и руководств). Представителям эксплуатации требуется надежность оборудования, ремонтопригодность, прозрачность технических



➤ **Фото 1. Общий вид шкафов управления ПТК АСУ ТП ТГ ст. №8**

решений, наличие ЗИП непосредственно на объекте. Причем всем участникам необходима качественная документация.

Исходя из этого, очевидно, что качество разрабатываемой документации должно быть выполнено на высоком уровне, а применяемое оборудование быть не только надежным, но и поддерживаться производителем (наличие документации, оперативные сроки поставки, техническая поддержка). Все это в полной мере реализуемо, если функции генпроектировщика и разработчика ПТК совмещаются в рамках одной компании.

Чтобы создать в достаточной мере унифицированный в своих технических решениях ПТК, достаточно унифицировать все решения в проекте нижнего уровня АСУ ТП. Основным требованием при разработке технических решений в части ПТК было сохранение их актуальности минимум на 10 лет.

Среди реализованных технических решений отметим следующие:

- применение термометров сопротивления только Pt100 с трехпроводной схемой подключения;
- все термопары только типа ХА;
- компенсация температуры холодного спая реализована непосредственно в соединительных коробках с помощью трехпроводных ТС Pt100;
- единая принципиальная электрическая схема управления регулирующими клапанами.

Решение вопросов унификации на полевом уровне позволяет произвести сквозную унификацию на втором уровне ПТК АСУ ТП, т.е. обеспечить:

- однотипность применяемых модулей УСО в проекте: были применены 5 видов модулей ввода/вывода в текущем проекте: DI 24V DC и DO 24V DC на 16 каналов; AI 4-20mA на 4 канала (гальваническая развязка каждого канала); AI ТС и AI RTD на 8 каналов;
- единообразие схем подключения датчиков и исполнительных механизмов к ПТК АСУ ТП (типовой набор схем подключения).

На третьем уровне предусмотрены промышленные персональные компьютеры одного производителя с одинаковой конфигурацией аппаратного обеспечения; единая операционная система; наличие резервированных портов Ethernet в каждом компьютере. Было выбрано аппаратное обеспечение ПК последних модификаций на момент закупки, при этом учитывались запас производительности, актуальность технических решений на длительный срок эксплуатации, а также возможность внедрения однотипного оборудования при модернизации последующих турбоагрегатов.



С Фото 2. Общий вид АРМ машиниста ТГ и АПУ с экраном коллективного пользования

Особое внимание уделялось стандартизации решений в части шкафов НКУ по расположению оборудования, его подключению, а также внутренней маркировке шкафов:

- разделение питания полевых устройств и микроэлектронных компонентов ПТК АСУ ТП: любое происшествие (чаще короткое замыкание) со стороны полевого оборудования не приводит к выходу из строя дорогостоящего оборудования ПТК;
- полный вывод всех резервных каналов модулей УСО на промклеммники и промреле;
- размещение промреле и промклеммников на боковых стенках шкафов УСО, что позволило сократить не только количество шкафов, но и способствовало сокращению ПНР, так как количество коммутации в проекте кратно сократилось;
- реализация АПУ в виде шкафа с размещением на нем экрана коллективного пользования (фото 2);
- применение пружинных зажимов в клеммах и промреле.

Кроме того, отказались от «переприсвоения» внешней маркировки цепей внутренней маркировке шкафа, которая имеет обозначение *A07-4-3*, где *A* — буквенное обозначение линейки модулей УСО (всего две линейки — *A* и *B*); *07* — номер модуля УСО в соответствующей линейке; *4* — порядковый номер канала модуля УСО; *3* — порядковый номер жилы при подключении к соответствующему каналу.

Нумерация промклеммников также должна быть интуитивно понятной для персонала. При работе с клеммником работник должен однозначно понимать, с каким модулем УСО он работает. Маркировка промреле и промклеммников имеет обозначение *XA07.4*, где *X* —

Табл. 1. Общее количество сигналов ПТК АСУ ТП

Тип сигнала	Всего, шт.	Включая резервные, шт.
AI 4-20mA	144	15
AI TC	32	9
AI RTD	208	24
DI	448	78
DO	320	68
Сумма	1136	194

клеммник; А – буквенное обозначение линейки модулей УСО; 07 – порядковый номер модуля УСО в соответствующей линейке; 4 – порядковый номер клеммы в клеммнике.

### Выбор поставщика ПТК АСУ ТП

В данном проекте оборудование ПТК было разделено на две основные группы:

1. Оборудование ПТК от производителя: контроллеры, модули УСО, коммуникационные модули, подложки, программное обеспечение.

2. Периферийное оборудование: промреле, промклеммники, автоматические выключатели, контакторы, блоки питания, диодные развязки, инверторы, светосигнальная арматура, коммутаторы, сервер времени, шкафы.

Выбор оборудования первой группы представлял собой комплексное решение, так как в настоящее время на рынке достаточно много отечественных и зарубежных ПТК. Основными критериями выбора поставщика оборудования программно-технического комплекса от производителя были определены:

- соответствие НТД в части РД 153-34.1-35.127-2002 и РД 153-34.1-35.137-00;
- наличие в линейке производителя контроллеров с различной вычислительной мощностью, что позволяет сократить количество программируемых логистических контроллеров (ПЛК), не переплачивая за их количество или избыточную производительность (в случае маломощных или излишне мощных ПЛК);

Фото 3. Резервированный контроллер AC900F с ЖК-дисплеем



- наличие аппаратно-резервированных ПЛК и резервированная связь контроллеров с модулями УСО;
- единая среда разработки программ для ПЛК и интерфейса управления оператора;
- наличие дисплея на ПЛК, позволяющего по кодам на экране диагностировать состояние оборудования.

Учитывались также стоимость оборудования и сроки его поставки (наличие склада на территории РФ).

Выбор периферийного оборудования был более простой задачей, т.к. практически все комплектующие можно заказать у различных поставщиков. После выполнения проекта полевого уровня и сбора всех сигналов в базу данных был произведен финальный расчет количества сигналов ПТК АСУ ТП (табл.).

Рассмотрев и проанализировав технико-коммерческие предложения от поставщиков соответствующего оборудования, был выбран ПТК Freelance компании «АББ». Максимальное количество сигналов для одного контроллера AC900F данного ПТК составило 1500, что с запасом удовлетворяло требованиям проекта (даже в случае возможного расширения программного комплекса).

Freelance обладает стандартным для теплоэнергетических ПТК функционалом, а также соответствует стандарту МЭК 61131-3 и поддерживает расширенную системную диагностику, позволяя оперативно выявлять причины отказа работы оборудования.

В реализованном проекте на Курганской ТЭЦ впервые в России были применены последние разработки компании «АББ»:

- новый высокопроизводительный резервированный контроллер AC900F с графической панелью и резервированной технологической сетью Ethernet (фото 3);
- обновленное программное обеспечение оператора (Freelance Operations), поддерживающее работу с Windows 10;
- программное обеспечение для экрана коллективного пользования (Freelance Operations Lite), поддерживающее работу с Windows 10;
- возможность расширения ПТК до 25 000 физических сигналов ввода/вывода.

### Схема питания ПТК

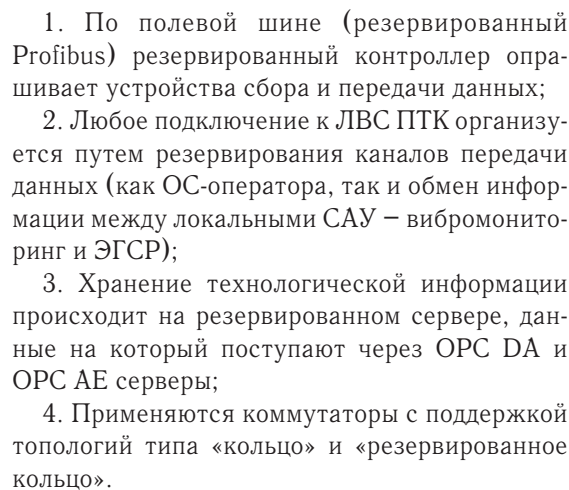
Согласно нормативам, ПТК АСУ ТП является электропотребителем первой, особой, категории надежности, предусматривающей работоспособность оборудования при различных возможных отказах.

При организации питания ПТК (рис. 1) было решено отказаться от источников беспере-

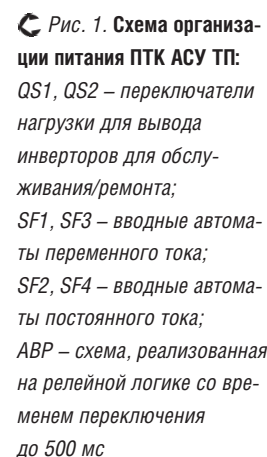


От каждого ввода были сделаны отпайки для организации АВР-питания вспомогательного оборудования шкафов ПТК (вентиляция, освещение, розеточная сеть). Это позволяет полностью развязать ПТК АСУ ТП с другими источниками питания и возникающими в связи с этим проблемами: регламентные или восстановительные работы на сторонних источниках питания могут стать причиной перегрева оборудования (отсутствие вентиляции) и пр.

После выбора оборудования ПТК и определения топологии построения ЛВС, а также сбора данных по полевым шинам и распределению сигналов по модулям ввода/вывода была реализована структурная схема объекта управления (рис. 2). Она представляет собой достаточно стандартное решение реализации ПТК АСУ ТП для теплоэнергетических



Заводские, или полигонные испытания ПТК представляют собой полный входной контроль оборудования ПТК АСУ ТП под напряжением (фото 4). Для этого в течение одной рабочей недели на площадке завода-изготовителя был



**Рис. 2. Структурная схема ПТК АСУ ТП**

➤ Фото 4. Проведение  
заводских испытаний  
ПТК АСУ ТП



собран коллектив создателей ПТК АСУ ТП – проектировщики, программисты, представители завода-изготовителя.

Объем испытаний включал:

- полный входной контроль оборудования (представители завода);
- подачу напряжения на все шкафы для визуального контроля исправности оборудования;
- подключение всех шкафов ПТК и операторских станций согласно структурной схеме объекта;
- настройку операторских станций (установка специализированного ПО, выставление IP-адресов, настройка резервирования портов ЛВС и пр.);
- вывод на мнемосхемы операторских станций помодульно всех каналов ввода/вывода ПТК;
- полный контроль целостности цепей шкафа под напряжением с контролем срабатывания каналов как на модулях УСО, так и на экранах операторских станций. На этом этапе данные должны не только передаваться на ОС, но и обрабатываться на верхнем уровне ПТК (отображение значений температуры по шкале Цельсия при имитации на канале УСО сопротивления);
- выбраковку оборудования, позволяющую экономить время на ПНР.

Результаты проведенных испытаний подтверждают работоспособность принятых технических решений на выходе оборудования с завода-изготовителя. Решается множество возникающих спорных вопросов на площадке в период проведения пусконаладочных работ. С этого момента все ошибки на площадке внедрения ПТК в случае неработающего оборудования следует искать только во внешних цепях, исключив из рассмотрения внутреннюю коммутацию шкафов (данный вывод подтверждается практикой внедрения оборудования).

➤ Рис. 3. Примеры  
лицевых панелей  
пользовательских  
функциональных блоков

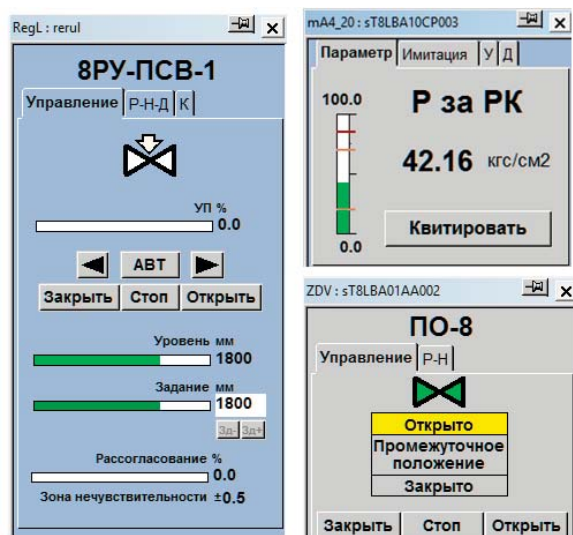
Особое внимание следует обратить на то, чтобы изготовление всех шкафов было выполнено одним заводом-изготовителем. Это позволит провести испытания однократно, получить одинаковое качество сборки шкафов (единообразие цвета и оформления проводов внутреннего монтажа шкафов, единство оформления заземления и расположения бугельных зажимов и прочие, кажущиеся на первый взгляд мелочи), а также получить оборудование на площадке в виде единой поставки.

### Реализация прикладного программного обеспечения

Разработка ПО-контроллеров и операторских станций осуществлялась программистами ООО «ИПЦ НГ». Работа проводилась с «нуля». Был создан собственный пакет функциональных блоков и динамических элементов, необходимый для качественной эксплуатации системы (рис. 3). Ниже приведены наиболее интересные и полезные реализованные функции данных блоков.

*Функциональные блоки первичной обработки аналоговой информации:* без перезагрузки контроллера изменять пределы измерения технологических параметров; включать/отключать и настраивать уставки срабатывания предупредительной и аварийной сигнализации; имитировать аналоговый сигнал и его достоверность (инженерное меню); обрабатывать и формировать признаки аппаратной и логической недостоверности канала измерения.

*Функциональные блоки управления запорной арматурой и двигателями:* диагностировать время хода/включения исполнительного механизма и несанкционированное изменение состояния механизма (самосход); снимать все запреты и защитные воздействия с механизма



для его прокрутки после замены или ремонта (инженерное меню); переводить исполнительный механизм в ремонтный режим (блокируются все воздействия оператора и технологических защит, чтобы исключить внезапное включение механизма при выполнении ремонтных работ).

**Функциональные блоки АСР:** компенсировать люфт в исполнительном механизме; безударно включать/отключать пропорциональные, интегральные или дифференциальные звенья; использовать задающее воздействие с балансировкой (статическая или динамическая) или без нее; ограничивать темп роста задания и темп изменения управляющего воздействия на увеличение и/или уменьшение.

Особое внимание следует уделить двухконтурным регуляторам уровня. В них реализован канал жесткой обратной связи с исчезающим сигналом, построенный на двух последовательных апериодических звеньях. Таким образом, удастся избежать статической ошибки при регулировании уровня, как это бывает при использовании традиционной структуры регулятора. При разработке функционального блока была учтена возможность поканальной настройки АСР без программных изменений его структуры (можно настроить АСР без внесения изменений в программный код и дополнительных перезагрузок контроллера).

Из особенностей алгоритма компенсации люфта следует отметить функцию обучения, не позволяющую осуществлять полные компенсационные воздействия, пока исполнительный механизм в процессе работы сам «не выберет» весь люфт в одном из направлений.

**Функциональные блоки коррекции расхода воды и пара:** в зависимости от давления и температуры среды они исключают необходимость пользоваться бумажными номограммами при осуществлении технологического процесса. При появлении признаков недостоверности сигналов по температуре или давлению значения параметров заменяются расчетными, определенными при конфигурировании блоков.

**Функциональный блок расчета параметров насыщенного пара:** вычисляет критическую температуру пара при текущем давлении и сигнализирует оператору о запрете подачи пара на паровую турбину.

Все функциональные блоки технологических защит имеют функции деградации при возникновении признаков недостоверности защитных параметров и оснащены обширным набором информационных, предупредительных и аварийных сообщений.

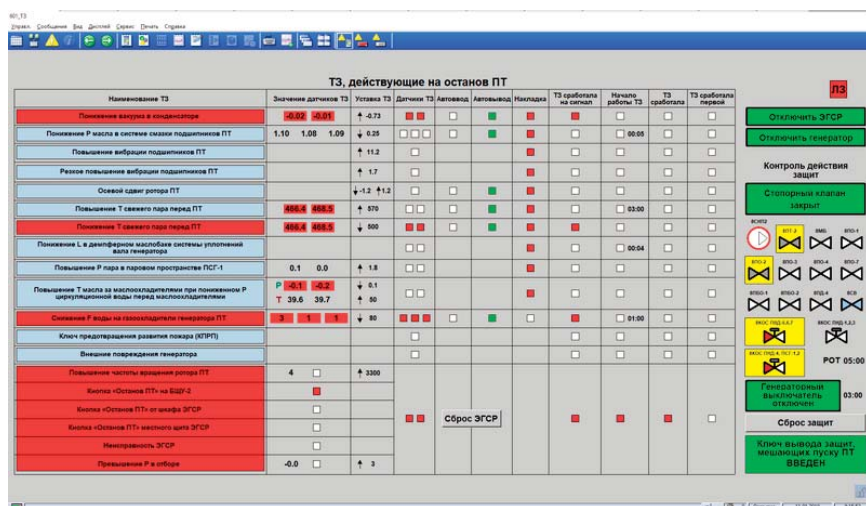


Рис. 4. Мнемосхема технологических защит

Следует отметить ряд полезных и отличительных возможностей среды разработки Freelance-2016, примененных при разработке пользовательского ПО:

- наличие большой встроенной библиотеки функциональных блоков (включает в себя набор широко применяемых при разработке АСУ ТП возможностей, таких как управление запорной арматурой, механизмами собственных нужд, регуляторами с аналоговыми и импульсными выходами и др.);
- формирование событий с разными приоритетами внутри функциональных блоков, которые автоматически передаются на верхний уровень и записываются в соответствующих журналах;
- использование событий и их состояний (пришедшее, ушедшее, сквитированное) при отображении динамических элементов на мнемосхемах и лицевых панелях, что исключает создание дополнительных переменных в системе при передаче информации на верхний уровень;
- изменение параметров функциональных блоков при работе контроллера без необходимости перезагрузки;
- полная диагностика ПТК на операторских станциях;
- наличие встроенного ОПС-сервера.

Помимо мнемосхем с отображением состояния технологического объекта, в проекте присутствуют мнемосхемы технологических защит (рис. 4), на которых отображаются защитные параметры, их состояние, контроль выполнения защитных действий. Также в проекте используется ряд вспомогательных мнемосхем для диагностики УСО, ПТК, питания, блокировок, поэтому оператор может получать необходимую информацию о работе оборудования без применения инженерной станции.



## Удаленный мониторинг объекта

Функции управления оборудованием и контроль его состояния выполняет оператор и начальник смены турбинного цеха. Мониторинг (без возможности управления) оборудования решено было реализовать на всех компьютерах ЛВС станции.

С этой целью была применена система контроля состояния промышленного оборудования ДЕЛЬТА/8. Она способна существовать и как самостоятельная полнофункциональная система контроля (включающая мониторинг объектов контроля, обработку технологических защит, сигнализацию, средства анализа параметров и формирования отчетов), и как система, интегрирующая информацию из АСУ ТП и локальных систем, предназначенных для решения частных технологических и организационных задач.

Таким образом, ПО ДЕЛЬТА/8 представляет собой единую технологическую информационную систему предприятия, обеспечивающую универсальный доступ к разнородным данным и возможность совместного эффективного анализа прежде разрозненной, а порой и недоступной, информации. В ее задачи также входит формирование и предоставление отчетов (часовых, сменных, суточных) о работе технологического оборудования, расчет технико-экономических показателей.

## Развитие программного комплекса

С момента проведения предпроектного обследования до окончания комплексных испытаний турбогенератора на номинальной мощности весь объем реконструкции с внедрением ПТК АСУ ТП занял 10 месяцев.

Основываясь на приобретенном опыте и полученных знаниях при реализации программно-технического комплекса АСУ ТП, группа компаний «Интертехэлектро» планирует в дальнейшем сократить сроки проектирования нижнего и верхнего уровней АСУ ТП за счет внедрения специализированной САПР. Планируется также сократить сроки реализации ПТК путем еще большей унификации проектных решений (единая схема управления запорной арматурой).

Кроме того, поставлена задача выполнить проектирование и программирование ЭЧСР своими силами. Для оперативного внедрения новых объектов будет расширена база функциональных блоков и макросов в проекте пользовательского ПО. В дальнейшем предусмотрен переход на полупроводниковые схемы управления обратным стопорным клапаном (КОС) и импульсным соленоидным (КИС). **Д**