

Создание АСУТП энергоблока 200 МВт с ПТК «Торнадо»

Фельдман В.Г. - ведущий технолог ЗАО «МСТ» г. Новосибирск
Сердюков О.В. – зав.лаб. «ИЦ-6» ИАиЭ СО РАН, к.т.н., г.Новосибирск

Ввод на энергоблоке №6 Новосибирской ТЭЦ-5 АСУТП, охватывающей как теплотехническую, так и электротехническую части блока, даёт повод для анализа проделанной работы по созданию системы.

Разработка этой системы стала для всех её участников - компании «Модульные Системы Торнадо» (МСТ), ЗАО «СибКОТЭС» и ЗАО «Инженерный центр» Новосибирскэнерго - важным этапом автоматизации крупных теплоэнергетических объектов на базе современных средств. Здесь были заложены многие решения, ставшие в дальнейшем базовыми для ряда систем, которые построены на основе программно-технического комплекса (ПТК) «Торнадо». Это касается решений по их архитектуре и средствам автоматизации, как техническим, так и программным, а также методов и подхода к созданию систем.

1. Расширение функциональных возможностей

Основное, что отличает АСУТП блока №6 от систем контроля и управления предыдущих однотипных энергоблоков этой станции (аналоговые регуляторы, щит управления со вторичными контрольно-измерительными приборами, контактно-релейные схемы управления), является расширение функциональных возможностей. Оно достигнуто в результате применения ПТК, отвечающего современному уровню техники управления технологическими процессами и имеющих перспективу применения в обозримом будущем.

Основные отличия, о которых упомянуто выше, отражены далее в таблице.

Область изменения функций системы	Содержание изменения	Направленность изменения
Логическое управление	Внедрение, функционально-группового управления, ранее отсутствовавшего	Расширение функций, выполняемых автоматически
Автоматическое регулирование	Введение в структуры регуляторов дополнительных связей и подстроек при изменении режима	Повышение экономичности процессов, улучшение регулировочных характеристик, упрощение работы оператора-технолога
Технологические защиты	Введение дополнительных защит по вибрационным характеристикам не только на турбоагрегате, но и на мельничном оборудовании	Расширение состава технологического оборудования и режимов его работы, охваченных автоматическими защитами
Электрические и технологические	Реализация защит на средствах, обладающих	Развитие контроля состояния средств защит – части системы,

защиты	свойством автоматической самодиагностики	находящейся в «ждущем» режиме
Информирование операторов-технологов	Внедрение оперативного расчёта ТЭП	Возможность дополнительного поиска путей оптимизации ведения технологического режима
	Представление информации в виде взаимосвязанных мнемосхем, графиков, гистограмм, таблиц	Расширение возможности оценки протекания процессов для более точного управления ими
	Расширение информации о выполнении команд управляющих подсистем и оператора, более развитая сигнализация	Облегчение оператору-технологу контроля и управления режимом, особенно если команда не отработана за заданное время или есть причины, препятствующие её выполнению.
	Внедрение пирометрического контроля тепловой нагрузки топочных экранов, отсутствовавшего ранее	Расширение возможности оценки протекания процесса для более точного управления положением факела
Информирование персонала, обслуживающего АСУТП	Развитая автоматическая самодиагностика и глубокая автоматизированная диагностика в сочетании с модульностью построения	Снижение объёма трудозатрат персонала, обслуживающего систему, ускорение устранения нарушений и повышение готовности системы к работе
Контроль действий оперативного персонала	Внедрение ранее отсутствовавшей регистрации воздействий персонала на технологический процесс и систему управления	Повышение ответственности персонала, расширение возможности анализа его действий
Архивирование информации о ходе процесса и состоянии системы	Создание подробного архива, содержащего гораздо больше информации, чем давала существовавшая ранее регистрация самописцев.	Облегчение анализа состояния технологического оборудования и системы управления, упрощение анализа ведения режима и действий персонала.
Информирование неоперативного персонала станции	Внедрение ранее отсутствовавшей автоматизированной выдачи неоперативному персоналу станции своевременной,	Расширение возможности руководства станции, руководства цехов и инженерно-технических служб по выполнению решаемых ими

	объективной и полной информации о режимах и состоянии оборудования	организационно-технических и производственно-экономических задач
--	--	--

2. Технические решения

В части технических решений, принятых на данном энергоблоке, удалось создать много базовых, которые без доработки или с незначительными доработками используются по другим объектам, выполненным на базе ПТК «Торнадо». Наиболее существенные из них, относящиеся к разным аспектам создания систем, перечислены далее.

Технические средства, архитектура систем и организация питания

- В процессе создания АСУТП этого блока специально для автоматизации крупных объектов теплоэнергетики были разработаны Модули Интеллектуальных Функций (MIF-модули). Эти модули имеют дублированные коммуникации с внутриконтроллерной сетью CAN-bus, реализована возможность “горячей” замены MIF-модулей без отключения питания контроллеров.
- Функции ввода/вывода отделены от обрабатывающего ядра, которое реализуется в виде модуля-носителя MIF со встроенным 32-разрядным микропроцессором, памятью, сетевыми интерфейсами и 3-мя слотами для установка субмодулей ввода/вывода серии ModPack.

Отличительной особенностью этих модулей и несомненным их достоинством являются:

- Наличие встроенного 32-разрядного микропроцессора обеспечивает автономную реализацию управляющих программ и обработку информации. MIF-модуль поддерживается операционной системой реального времени OS-9 и исполнительной средой ISaGRAF для выполнения прикладных технологических программ;
- применение мезонинной технологии, благодаря которой в системе используется только один тип модуля-носителя с обрабатывающим микропроцессорным ядром, а все коммуникационные функции и функции аналогового и дискретного ввода-вывода определяются проектно комплектуемой установкой мезонинных субмодулей, что существенно сокращает стоимость ЗИПа и упрощает обслуживание системы;
- малое энергопотребление, обеспечившее возможность реализации контроллеров без принудительного охлаждения с широким рабочим температурным диапазоном от -25 до 55°C окружающего воздуха;
- высокая вычислительная мощность, которая позволяет решать ряд диагностических и других задач не схемотехнически, а программным способом, и снизить стоимость каждого модуля.

Положительный опыт создания и внедрения этих модулей послужил позже основой создания MFC-модулей, совместимых с ними программно и по мезонинным модулям УСО, для контроллеров малых и вспомогательных объектов. Это позволяет

создавать новые системы с необходимой однородностью и оптимальной стоимостью на последующих объектах.

- Сетевая структура имеет простую конфигурацию без деления на сети верхнего и нижнего уровня: все средства ПТК (компьютеры АРМ, серверы и контроллеры) объединены одной системой дублированных шин Ethernet. Сеть имеет радиальную топологию и выполнена с использованием витой пары промышленного исполнения, а на отдельных участках - оптоволоконного кабеля.

Дублированные коммуникационные MIF-модули контроллеров функциональных узлов позволяют организовать в ПТК стандартную высокопроизводительную сеть Ethernet с коммутируемыми каналами. Этим достигается низкая стоимость сети и построена она исключительно на стандартных программно-аппаратных средствах, не требует покупки уникального, редкого и дорогостоящего частно-фирменного оборудования и программного обеспечения.

В данном решении проявилось взаимное влияние разных объектов: первоначально сети этого энергоблока были запроектированы двухуровневыми, затем был проработан вариант, принятый сейчас, он был проверен и обкатан на других объектах и после этого стал внутренним стандартом.

- Система выполнена с глубокой территориальной рассредоточенностью. Так, основное ядро ПТК сосредоточено в бункерно-деаэрационном отделении. Для обслуживания технологического оборудования, расположенного в зонах электрофильтров, а также технологического и электротехнического оборудования у ряда «А», соответствующие контроллеры вынесены в помещения, находящиеся вблизи этого оборудования; отдельные УСО для массового температурного контроля пароперегревателя вынесены к зоне «тёплого ящика» котлоагрегата.

Такое решение способствует сокращению кабельных связей и уменьшению пожароопасности мощных кабельных потоков, поэтому на тех объектах, где есть возможность применить подобное решение, оно внедряется обязательно.

- Разработана схема питания ПТК, отвечающая специфике применяемых технических средств и ответственности ТОО. Она построена на статических преобразователях, максимально использующих надёжные вводы питания переменного и постоянного тока, имеющиеся на любой электростанции. Для защиты от наведённых помех по линии питания применены ИБП с двойным преобразованием, кроме того, обеспечен детальный контроль состояния системы питания. В качестве аккумуляторов, питающих систему при потере источников переменного тока, использована стационарная батарея. Такое решение хорошо зарекомендовало себя на других объектах.
- В систему интегрированы специализированные программно-технические комплексы и непрограммируемые средства, выполненные на технических платформах других производителей и обеспечивающие решение специфических задач:

- комплект защит оборудования главной схемы на аппаратуре НПО «ЭКРА»,
- комплект средств системы возбуждения генератора на аппаратуре фирмы «Энергоцветмет»,

- комплект средств виброконтроля и вибродиагностики, (турбоагрегата и мельниц) НПП «Вибробит»,
- комплект диагностики и защиты вращающихся механизмов разработки и поставки Новосибирского Государственного Технического Университета (НГТУ),
- микропроцессорные блоки БМРЗ производства НТЦ «Механотроника» для защиты механизмов собственных нужд и вводов питания распределительных устройств,
- средства регулирования оборотов питателей сырого угля типа Altivar фирмы Шнайдер Электрик.

Часть перечисленных решений пока реализована только на этом блоке, часть - распространена и на другие объекты.

- Температурный контроль генератора выполнен полностью на средствах ПТК «Торнадо», с учётом этого опыта при разработке контроля турбогенераторов других объектов вопрос о применении установок типа А-701 или подобных им отпал.
- На базе датчиков ПНТЦ «Видеодиагностика» реализована система пирометрического контроля обогрева и тепловой нагрузки экранов топки.
- Систему этого энергоблока, как и всех остальных объектов, выполненных на ПТК «Торнадо», отличает отсутствие шкафов промежуточных клеммников, что снижает трудозатраты по их монтажу и повышает надёжность. На это же направлено и применение подпружиненных клемм «Wago», которые нечувствительны к вибрации, для подключения полевых кабелей к контроллерам.
- Испытания, проведённые на полигоне у заказчика, подтвердили высокую помехозащищённость средств системы и позволили отказаться от создания автономного контура заземления для ПТК «Торнадо».
- Предусмотрено внешнее дублирование ПТК, путём создания отдельной, независимой Резервной Системы управления (РС), которая обеспечивает безаварийный останов ТООУ в случае отказа основной системы управления. Резервная система, реализуется на непрограммируемых средствах контроля и управления. Состав РС на отдельных объектах корректируется с учётом пожелания заказчиков, но неизменным остаётся принцип: РС – может выполнять только безаварийный останов.

В части унификации, расширения сервиса и улучшения решений по инженерной психологии

- Разработаны унифицированные принципиальные электрические схемы ЗРА и обменных сигналов по МСН. Они сократили число разновидностей схем и обеспечили унификацию схемных решений на различных объектах. Первоначально они были разработаны при проектировании данного энергоблока, а в процессе работы по другим объектам дополнились и были сведены в каталоги. То же самое нужно сказать о каталогах схем присоединений датчиков.

Унификация решений в этой части создаёт очевидные удобства и при работе с новыми организациями-соисполнителями проектов по другим объектам, которые

получают в качестве задания готовые решения, точно вписывающиеся в идеологию построения систем на базе ПТК «Горнадо».

- Были разработаны и согласованы с региональной службой Госстандарта методики поверки и калибровки измерительных модулей и измерительных каналов, а также программы их реализации. Эти материалы стали обязательной составной частью документации, применение их упрощает и ускоряет работы не только при создании систем, но и при их дальнейшей эксплуатации.
- Разработаны алгоритмические блоки, ставшие тем «конструктором», на котором базируется прикладное ПО этой и всех последующих систем. Применение технологического программирования с использованием этих алгоблоков позволило технологической-наладочной организации успешно освоить разработку прикладного ПО, что расширило число его разработчиков и ускорило работу по созданию систем. Этим также созданы условия для развития систем силами эксплуатационного персонала.
- В алгоритмических блоках управления применена усовершенствованная система анализа входных сигналов, что позволило сократить число используемых физических входов.
- Доработана система классификации и кодирования, в основе которой лежит KKS по версии Сименс – ВТИ, она хорошо сочетается с другими системами классификации и кодирования, которые применялись на станциях.
- Применено новое цветовое кодирование изображений информации на мнемосхемах, которое точнее отвечает требованиям инженерной психологии, чем цветокодирование, применявшееся ранее в традиционных СКУ.

Наряду с решениями, которые были внедрены, следует сказать и о тех предложениях, которые были рассмотрены и отклонены на этом блоке и не пошли на других объектах (пока, во всяком случае).

Это были предложения:

- об отказе от применения сборок задвижек РТЗО и выполнении схем управления арматурой на пониженном напряжении,
- о применении сенсорных экранов для передачи команд управления,
- об использовании термопар и термометров сопротивления с унифицированным выходом,
- о применении экрана коллективного пользования.

Причины отказа от этих предложений были разные, в основном – степень готовности разработки и стоимостные показатели. Не исключено, что к рассмотрению этих вопросов нужно будет вернуться вновь, но «каждому овощу – своё время».

3. Полигон у заказчика и стадийность разработки системы

Детальный анализ исходных данных по технологическому объекту управления и разработка концепции будущей системы, которая содержала много новых решений,

определили необходимость выполнять проектные работы в две стадии: технический проект (ТП) и рабочая документация (РД). Такой подход вытекал из очевидных предпосылок:

- работа с новым объектом управления, включающим и теплотехническую и электротехническую часть энергоблока,
- применение новых средств автоматизации,
- отсутствие опыта таких масштабных работ.

Всё это требовало времени на осмысление того, что делается, поэтапного приближения к конечному решению и согласования с заказчиком.

Поэтому параллельно с выполнением ТП был создан широкомасштабный промышленный полигон у заказчика на блоке №1 этой же станции. На этом полигоне были проведены необходимые испытания и получен первый опыт внедрения ряда новых решений. Полигон был реализован, как часть штатной системы контроля, которая заменила приборы, обслуживающие более 400 параметров энергоблока. Система полигона имела резерв, который предназначался для расширения его функциональных возможностей путём добавления управляющих функций. Эта задача была в дальнейшем реализована, причём, в значительной степени – силами персонала станции, который быстро освоил новую систему и активно развивал её возможности, опираясь на взаимодействие с МСТ.

Средства, на которых был реализован полигон, были родственны тем, что предназначались для блока №6, большинство из них оправдали себя вполне и были на нём использованы, некоторые были модернизированы.

Создание и использование этого полигона обеспечило:

- для разработчиков - проверку и доводку собственных технических решений, это использовали и сотрудники МСТ и сотрудники СибКОТЭС;
- для заказчика - ознакомление персонала с основными особенностями технических и программных средств, с которыми им предстояло работать, до того, как ПТК новой системы был создан, кроме того, полигон позволил персоналу станции использовать свой творческий потенциал в создании системы и вклад его стал значительным;
- для потенциальных заказчиков систем на других объектах – возможность воочию увидеть то, что им предлагают разработчики, получить объективные отзывы о новых средствах автоматизации от коллег, которые приобрели опыт работы с ними.

Полигон у заказчика, созданный на первом крупном объекте внедрения системы, сыграл свою важную роль, но для последующих объектов необходимости в создании подобных полигонов нет.

Сейчас, когда и проектные работы по этому объекту завершены, и блок уже пущен, оглядываясь на пройденный путь, можно с уверенностью сказать, что двухстадийное проектирование на этом объекте себя, безусловно, оправдало. Более того, из-за большого перерыва работ (более 2,5 лет), связанного с приостановкой финансирования, в течение которого многие принципиальные решения, принятые ранее, потребовали уточнения и изменения, первую стадию проектирования – технический проект пришлось ещё раз радикально скорректировать.

Тем не менее, технический проект этого объекта, сданный и подвергнутый экспертизе ещё до перерыва работ, сослужил большую службу: многие принятые в нём

решения доказали свою жизнеспособность. Они стали основой не только для выполнения рабочей документации этого энергоблока, но и для одностадийного (технорабочего) проектирования АСУТП группы последующих систем. Так были выполнены АСУТП нескольких объектов (котельных агрегатов Читинской ТЭЦ-1, Кузнецкой ТЭЦ, Омской ТЭЦ-4, Абаканской ТЭЦ и целой очереди электростанции с поперечными связями Бийскэнерго).

4. Исходные данные

При использовании решений описываемой системы на других крупных теплоэнергетических объектах стало очевидным: технология на всех этих объектах не настолько отличалась, чтобы радикально повлиять на принципиальные технические решения при рабочем проектировании. Другое дело – конкретная «начинка» этой технологии: состав технологических подсистем, охваченных автоматизацией, количество измеряемых параметров на них и количество управляемых устройств. К этому нужно добавить различия в существующих системах классификации и кодирования на разных объектах, пространственно-компоновочные различия и ряд других. Эти показатели на большинстве запроектированных и введённых объектов отличались весьма существенно.

В этих условиях усиливается значение скрупулёзного и своевременного сбора исходных данных и составления полноценного технологического задания на автоматизацию.

Даже в пределах одного объекта влияние разницы в подходе к сбору исходных данных и составлению технологического задания проявились очень ощутимо. Так, при работе над АСУТП этого блока технологическое задание по теплотехнической части было более полным и лучше оформленным, чем в электротехнической части. Это позволило выполнить проектные работы по теплотехнической части раньше и с меньшим количеством проблем.

Вывод из этого очевиден: представление исходных данных и выдача оформленного задания технологов на автоматизацию должны быть вехами договорных документов с заказчиком, наравне со сроком окончания отдельных этапов проектных работ. Это стало теперь обязательным условием проведения работ по созданию АСУТП.

Работа над АСУТП этого блока дала толчок разработке методики сбора исходной информации и её обработки. Были разработаны внутренние стандартные документы, которые стали типовыми при работе по другим объектам:

- опросные листы для первичного сбора информации, необходимой и достаточной для составления технико-коммерческих предложений (ТКП);
- таблицы предварительной оценки состава и заполнения контроллеров;
- требования к составу и содержанию исходных данных и технологического задания для разработки системы на стадиях проектирования;
- методические рекомендации по предпроектному обследованию объектов для сбора и уточнения информации;
- состав полей информационной базы данных и требования по очередности их заполнения.

Отработана форма конструкторской документации на контроллеры и выработаны достаточно чёткие требования к их компоновке. Выявлялись и места требующие доработки. Так, стало очевидным, что таблицы подключения контроллеров оказались

недостаточно информативны, их пришлось дополнить схемным изображением, это дополнение было положительно оценено монтажниками.

Стандартизованы не только состав, но и содержание эксплуатационных документов, сопровождающих систему.

5. Организация работ

Приступая к созданию рассматриваемой системы, участники разработки ясно понимали, что результат её создания зависит от многих факторов, основные из которых:

- стратегически правильный подход к выбору программных и технических средств, объединённых оптимальной архитектурой системы,
- привлечение к работе высококвалифицированных специалистов по всем направлениям разработки системы,
- достоверные и полные исходные данные, оформленные в виде чёткого технологического задания.

Но также было очевидно, что в значительной мере результат создания системы определяется правильной и пунктуально соблюдаемой технологией выполнения работ. Дальнейшая практика дополнила это уточнением: чем более жёсткие сроки и чем больше фирм-участников заняты в создании системы, тем важнее становится организация работ для соблюдения технологии её создания.

В организации работ на этом объекте были выделены такие наиболее значимые составляющие:

- определение на начальном этапе состава и содержания всех работ до ввода системы, а также взаимных заданий между участниками создания системы для выполнения этих работ;
- взаимная увязка планируемых сроков работ по выдаче документации и обмена заданиями между соисполнителями;
- регулярный контроль выполнения планов и своевременная корректировка планов оставшихся работ;
- управление проведением работ.

В основу определения состава работ были положены требования ГОСТ 34.201, а содержательное наполнение определялось РД 50-34.698-90. Указанные стандарты содержат обобщённый опыт многих высококвалифицированных специалистов, поэтому их использование - не только условие хорошего качества, но и способ сокращения трудозатрат и уменьшения вероятности ошибок, однако, потребовалась их адаптация для учёта методов работы и взаимодействия всех смежников, работавших над созданием системы. Изменилось представление о необходимости некоторых предусмотренных ранее материалов и выявилась необходимость в создании новых. Поэтому, на базе государственных и отраслевых стандартов были созданы внутренние стандарты, которые вылились в группу унифицированных шаблонов-документов:

- ведомость выпускаемой документации и связанная с ней таблица экспертной оценки «удельного веса» каждой части документации;
- перечень материалов, подлежащих взаимной передаче в процессе разработки АСУТП;
- шаблоны-заготовки графиков.

Ведомость выпускаемой документации можно рассматривать, как «джентельментский набор», который отражает видение системы её разработчиками, позволяет унифицировать состав выдаваемых документов, необходимых для создания, внедрения и эксплуатации АСУТП. Конечно, по желанию заказчика ведомость может быть скорректирована.

Использование таблицы экспертной оценки «удельного веса» каждой части документации, которую выполняют разные соисполнители, облегчает планирование финансирования и взаимные расчёты соисполнителей между собой.

Перечень материалов, подлежащих взаимной передаче при разработке системы, был определён тем, что при создании АСУТП этого энергоблока сотрудничали специалисты нескольких перечисленных выше компаний, работающие по разным направлениям: системотехники, специалисты по информационным технологиям, специалисты по технологии объекта управления, проектировщики. Между ними сложилось определённое распределение работ, которое и диктовало содержание материалов, подлежащих взаимному обмену заданиями.

Нужно сказать, что перечень оказался достаточно удачным, и с некоторыми коррективами он успешно использовался и используется по другим объектам, где участвуют другие организации. По большинству заданий смежникам выработаны шаблоны.

Шаблоны-заготовки графиков предполагают привязку для каждого конкретного объекта, но содержат в качестве постоянной основы трудоёмкую часть планирования:

- состав работ с построением их иерархической структуры;
- указание взаимных связей между работами;
- усреднённую оценку продолжительности работ;

Естественно, что перечисленные документы по организации работ для каждого объекта должны быть согласованы между собой и не являются застывшей догмой.

При разработке АСУТП блока осуществлялся текущий постоянный контроль и сопоставление хода работ с намеченными планами путём регулярного проведения организационно-технических совещаний представителей организаций-разработчиков с участием заказчика. Такая мера управления процессом разработки системы оправдана, а частота проведения совещаний должна определяться накопившимися вопросами, требующими совместного обсуждения.

В процессе работы над АСУТП этого блока была выработана и обкатана структура каталогов, которая унифицировала организацию размещения всех видов документов, выполняемых в МСТ и организациях-соисполнителях по всем объектам. Сама по себе структура оказалась достаточно удобной и с некоторыми уточнениями её использование прижилось.

6. Заключение

Оценка полученных результатов показывает, что создание АСУТП с использованием ПТК «Торнадо» позволяет выполнять заказы по объектам энергетики на высоком техническом уровне, обеспечивая широкий круг функциональных задач и необходимую надёжность и живучесть систем.

Организационные меры, направленные на чёткое взаимодействие всех участников процесса создания АСУТП, унификацию принимаемых решений и проектной документации, позволили существенно снизить трудозатраты по разработке систем. Это

даёт возможность уверенной конкуренции с другими поставщиками подобных систем по показателю цена/качество.

Работа по созданию рассмотренной АСУТП и многие принятые по ней решения послужили фундаментом для других автоматизированных систем управления. Так были созданы и внедрены АСУТП на котлах производительностью 210, 240, 420 и 500 т/час, теплофикационных турбинах 120 МВт отечественных электростанций, а также подсистемы пылеприготовления и управления топочным процессом в составе АСУТП котлов производительностью 1000 т/час на блоке мощностью 350 МВт за рубежом.

И, вместе с тем, работа по другим АСУТП во время перерыва работ по этому блоку обогатила его рабочую документацию опытом перечисленных внедрённых систем.