

Автоматизация проектирования АСУ ТП тепловых электростанций

Трофимов А.В., канд. техн. наук

Московский энергетический институт¹

Рассмотрена структура современных микропроцессорных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) ТЭЦ. Предлагаются методы автоматизации проектирования нижнего (датчики и исполнительные устройства) и верхнего (шкафы программно-технических комплексов) уровней АСУ ТП. Дается описание состава проектной документации, структуры базы данных проекта и базы данных САПР и их взаимодействия в процессе разработки проекта АСУ ТП. Показаны элементы интерфейса проектировщика и программы.

Разработка проектов АСУ ТП объектов энергетики (котлов, турбин, вспомогательного оборудования) представляет собой сложную задачу, связанную с выбором и подключением сотен датчиков и исполнительных механизмов. Так, для энергоблока 250 МВт количество датчиков аналоговых сигналов составляет около 1500; запорно-регулирующей арматуры — 400; механизмов собственных нужд — 80; общее количество сигналов — более 5000. Необходимость работы с большими объемами информации (тысячи сигналов) делает создание и использование средств автоматизации проектирования, обеспечивающих повышение качества и скорости выполнения проектов, все более актуальными.

В настоящее время при модернизации систем управления и вводе нового оборудования, как правило, внедряются автоматизированные системы управления технологическими процессами на основе микропроцессорных программно-технических комплексов (ПТК)². Упрощенная структура типичной современной распределенной системы управления на базе ПТК приведена на рис. 1. Система управления состоит из трех уровней:

операторские станции, связанные между собой и с контроллерами по локальной вычислительной сети Ethernet;

микропроцессорные контроллеры (МПК), реализующие алгоритмы (дистанционное управление, автоматическое регулирование, защиты и блокировки) с модулями устройства связи с объектами (УСО) для сбора и первичной обработки измеряемых сигналов (МПК связаны с модулями УСО полевой шиной);

датчики измеряемых аналоговых и дискретных сигналов, исполнительные устройства.

¹111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14. МЭИ.

²РД 153-34.1-35.127-2002. Общие технические требования к программно-техническим комплексам для АСУ ТП тепловых электростанций. М.: СПО ОРГРЭС, 2002.

Разработку проекта АСУ ТП также можно условно разделить на три уровня: нижний уровень связан с разработкой принципиальных и монтажных схем и компоновочных решений по подключению датчиков и исполнительных механизмов, верхний — с созданием структуры ПТК и подключением сигналов к ПТК. На самом верхнем уровне создается математическое, программное и информационное обеспечение АСУ ТП.

В состав базового программного обеспечения ПТК обычно входят системы автоматизированного проектирования (САПР) для создания самого верхнего уровня. Разработка схмотехнической документации нижнего и верхнего уровней АСУ ТП ведется в большинстве проектных организаций «вручную», хотя и на компьютерах, но только с использованием универсальных текстовых и графических редакторов (Word, Excel, AutoCAD и др.). Объем проектной документации составляет сотни листов, подготовка значительной ее части представляет собой рутинную работу по перерисовке однотипных схем, которая может быть выполнена компьютером автоматически.

В данной статье рассматривается САПР, ориентированная на разработку проектов нижнего и верхнего уровней современных микропроцессорных АСУ ТП. Эта САПР создана специалистами ОАО «ЦКБ Энергоремонт» и МЭИ и уже длительное время используется при разработке проектной документации, при этом производительность труда проектировщиков и качество выполнения проекта существенно повышаются. Система автоматического проектирования позволяет автоматизировать создание основных видов проектно-конструкторской документации, таких как:

перечень измеряемых параметров (температура, давление, расход и пр.);

перечень запорно-регулирующей арматуры (ЗРА) и механизмов собственных нужд (МСН);

спецификация аппаратуры;

схемы кабельных и трубных соединений приборов и исполнительных устройств;

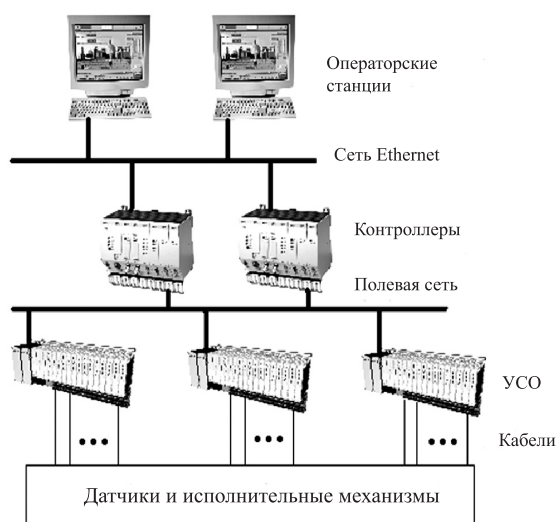


Рис. 1. Структурная схема АСУ ТП

таблицы заполнения и задание заводу на шкафы сборок задвижек;

кабельный журнал;

таблицы подключения аналоговых и дискретных входных и выходных сигналов ПТК;

принципиальные схемы подключения сигналов к ПТК;

монтажно-коммутационные схемы шкафов ПТК.

Основные принципы при работе с САПР, обеспечивающие повышение эффективности процесса проектирования, состоят в следующем:

- однократный ввод информации с последующим ее использованием во многих различных документах;
- унификация схемных решений;
- автоматическая генерация новой информации на основе использования типовых решений;
- автоматический синтез выходных документов в соответствии с принятыми стандартами;
- удобный проблемно-ориентированный интерфейс пользователя.

Многократное использование одной и той же информации в различных формах в нескольких документах характерно для разработки проектной документации. Например, описание измеряемого параметра при формировании перечня параметров затем используется в спецификации на заказываемую аппаратуру, в схемах кабельных и трубных соединений, в таблицах и схемах подключения сигналов к ПТК.

Унифицировать схемные решения можно следующим образом:

унификация принципиальных схем управления ЗРА и МСН (поскольку логика управления реализуется на программном уровне и используется стандартный набор сигналов, то может быть предложено небольшое

число типовых схем управления, различающихся используемыми блоками в шкафах присоединений, при этом и количество принципиальных схем подключения сигналов к УСО будет ограничено);

унификация используемых типов входных и выходных сигналов модулей УСО (на сегодняшний день фактически уже сложился стандарт на типы выпускаемых различными производителями модулей УСО);

использование типовых сигналов и типовых схем подключения сигналов;

стандартные правила генерации кабельных связей.

Автоматическая генерация новой информации может быть проиллюстрирована на примере описания исполнительных механизмов. После ввода названия и указания типовой схемы управления задвижкой автоматически формируются связанные с ней сигналы. После подключения задвижки к шкафу присоединений, а связанных сигналов — к модулям УСО ПТК формируются соответствующие описания кабелей.

Автоматический синтез документов реализуется благодаря наличию в современных текстовых и графических редакторах встроенных средств программирования. При создании определенной информационной модели для хранения базы данных проекта может быть реализован алгоритм, обеспечивающий с использованием шаблонов типовых решений (например, схема подключения типового сигнала) генерацию выходного документа.

Пользовательский интерфейс позволяет вводить данные о проекте в понятных терминах; обеспечивает контроль вводимой информации (например, один сигнал может быть подключен только к одному каналу модуля УСО и соответствующего типа); дает возможность коллективу проектировщиков одновременно работать над сложным проектом и постепенно накапливать информацию в базе данных проекта.

Основой САПР является интегрированная база данных (БД), с помощью которой генерируется выходная документация. На рис. 2 показаны информационные потоки при разработке проекта. Ввод данных в разные разделы проекта может осуществляться параллельно по мере его разработки. Следует отметить, что практически во всех разделах осуществляется совместное использование данных. Например, при разработке кабельных связей нужно иметь списки соответствующих устройств, при описании таблиц заполнения шкафов сборок задвижек — перечень арматуры и т.д. Разработка проекта начинается с формирования списков параметров, исполнительных устройств, низковольтных комплектных устройств (НКУ).

Описание параметров. При вводе описания параметра (рис. 3) нужно задать или выбрать из базы данных следующие показатели: номер позиции по проекту; наименование параметра; измеряемую величину (температура, давление, расход, вибрация и т.п.); среду (пар, металл, вода и др.); место измерения (стопорный

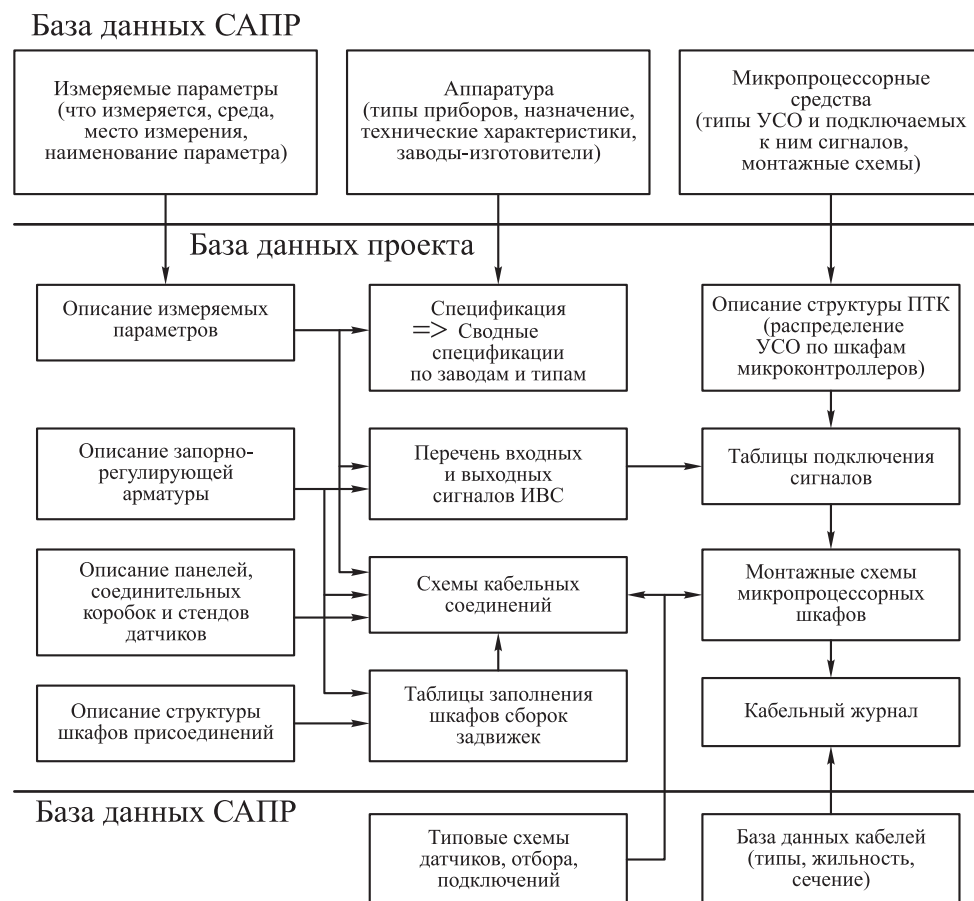


Рис. 2. Формирование проекта в САПР

клапан, подогреватель высокого давления и т.п.); рабочее значение параметра и диапазон измерения; форму представления информации [отображение и регистрация на приборах, использование в информационных вычислительных системах (ИВС) и т.д.]. Эти данные в дальнейшем используются в нескольких документах.

Номер позиции параметра, измеряемая величина, среда, место измерения и рабочее значение применяются для автоматического формирования заготовок соответствующих строк спецификации. Количество формируемых строк зависит от формы представления информации. Например, если параметр используется только по месту или только в ИВС, в спецификацию включаются только строки для описания датчиков, если предусмотрен вывод параметра на приборы — добавляются строки для показывающих приборов, нормирующих преобразователей.

Номер позиции параметра, измеряемая величина, среда, место измерения используются в схемах кабельных соединений датчиков.

Номер позиции параметра, наименование и диапазон измерения применяются в перечне входных аналоговых сигналов ИВС и в таблицах подключения входных аналоговых сигналов к шкафам микроконтролле-

ров, если в форме представления информации задан вывод на ИВС.

Для организации ввода измеряемых параметров разработана специальная база данных характерных точек (по «Методическим указаниям по объему технологических измерений, сигнализации, автоматического регулирования на тепловых станциях»).

Описание НКУ. В программе выделено пять групп устройств: шкафы ПТК; шкафы сборок задвижек; соединительные коробки; стенды датчиков; другие панели и шкафы. Для каждого устройства задаются: обозначение; название (Панель, Пульт N1, СК N25); описание; место установки (например, БЩУ); щит (например, Сборка задвижек N5). Эта информация используется при описании кабельных связей и задается для всех групп устройств.

Для шкафов ПТК задается состав модулей УСО, к которым затем подключаются сигналы. Для шкафов присоединений сборок задвижек задается состав блоков для подключения арматуры.

Описание исполнительных устройств. При вводе описания арматуры (рис. 4) нужно задать или выбрать из базы данных следующие показатели: номер позиции по проекту; наименование арматуры; данные об элект-

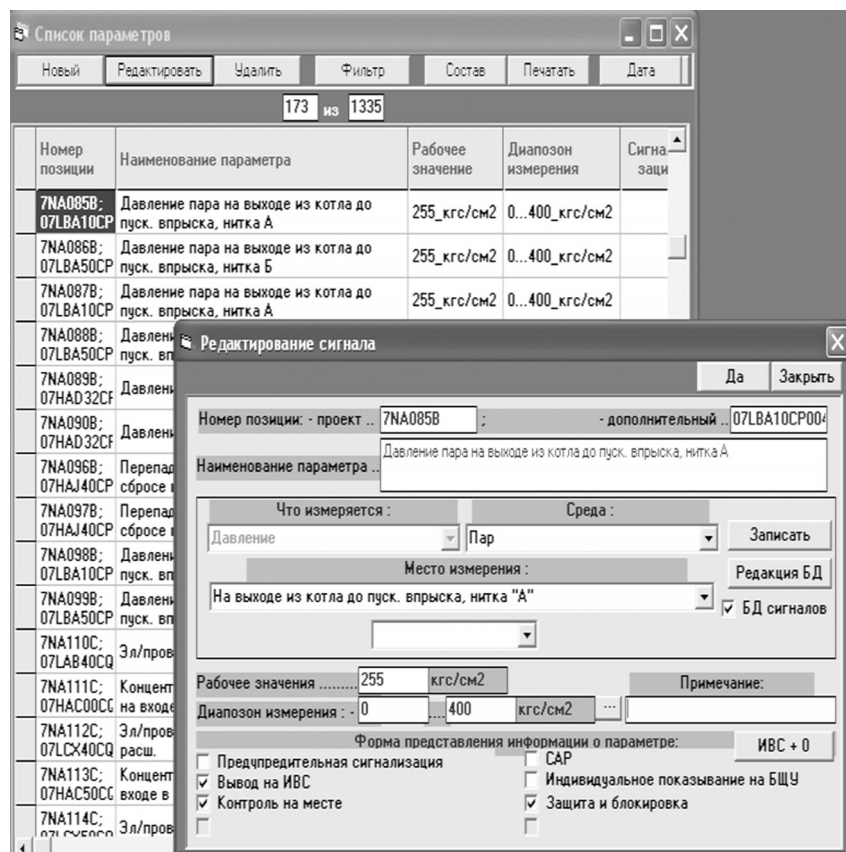


Рис. 3. Описание измеряемых параметров

роприводе (тип, мощность, напряжение); данные об управлении (место, вид, сигнализация положения); номер принципиальной схемы.

Дополнительный блок информации записывает сигналы ПТК, связанные с каждым видом арматуры, например сигнал «Задвижка ... в положении «Не открыто» — в список дискретных входных сигналов; «Указатель положения клапана ...» — в список аналоговых входных сигналов; «Воздействие регулятора на клапан ... в сторону «Больше» — в список дискретных выходных сигналов.

Эти данные в дальнейшем используются в следующих документах:

таблицах заполнения шкафов сборок задвижек (наименование арматуры, номер монтажной единицы и номер принципиальной схемы);

принципиальных схемах подключения сигналов ИВС и при формировании кабельных связей (номер принципиальной схемы);

таблицах подключения сигналов (наименование арматуры и номер позиции для формирования названия стандартных сигналов ПТК и маркировки проводов).

Формирование спецификации. Базовый перечень приборов для спецификации (включая номер позиции, наименование параметра, среду, значение параметра,

место установки) автоматически формируется при описании измеряемых параметров. На его основе разработчик отбирает из базы данных нужные аппараты (наименование, характеристики, тип и завод-изготовитель). По этим данным затем автоматически формируются сводные спецификации.

Если нужного аппарата в базе данных нет, то его наименование и технические характеристики можно задать в соответствующих полях, а затем сохранить в БД.

Формирование кабельных и трубных схем осуществляется простым распределением введенных параметров по листам с указанием, через какие соединительные коробки и в какие НКУ они заводятся. Для датчиков может быть задана схема отбора. Когда сигналы распределены по листам и заданы их схемы, можно перейти непосредственно к созданию кабелей (все операции фиксируются в кабельном журнале). Эти данные в дальнейшем используются в нескольких документах. Данные об источнике сигнала для аналоговых сигналов заносятся автоматически.

Если в качестве НКУ используется шкаф ПТК, то при распределении сигналов по УСО ведется контроль и автоматическое подключение кабелей.

Для ЗРА кабельные связи автоматически формируются по типовым схемам на основе подключения уст-

The screenshot shows a software window titled 'Арматура' (Valves). At the top, there is a toolbar with buttons: 'Новый' (New), 'Редактировать' (Edit), 'Удалить' (Delete), 'Вся' (All), 'Фильтр' (Filter), 'Печать' (Print), 'Кабели' (Cables), 'Сигналы' (Signals), and 'Дата' (Date). Below the toolbar is a table listing valves. The table has columns: 'Обозначение' (Designation), 'Наименование' (Name), 'Тип эл. прив.' (Electrical drive type), 'Мощн. эл. прив.' (Electrical drive power), 'U, В эл. прив.' (Voltage, V electrical drive), and 'Сборка и шкаф присоед.' (Assembly and cabinet connection). The table lists several valves, including 'Задвижка на тр-де питательной воды на впуски' (Gate valve on the feed water pipe at the inlet) and 'Главная паровая задвижка, нитка "А"' (Main steam gate valve, thread 'A').

Overlaid on the table is a 'Редактирование арматуры' (Valve editing) dialog box. It contains the following fields and sections:

- Обозначение** (Designation): 401-1
- Номер монт. ед.** (Mounting unit number): 7RA401
- Другое обозначение** (Other designation): 07MAA10AA001
- Номер по ИСУ** (Number according to ISU):
- Наименование** (Name): Главная паровая задвижка, нитка "А"
- Номер схемы** (Diagram number): 364.817.04833
- Электропривод** (Electrical drive):
 - Тип** (Type): 797-3-0
 - Мощность (кВт)** (Power (kW)): 14,5
 - Напряжение (В)** (Voltage (V)): 380
 - Схема кабелей** (Cable diagram): DP1
- Управление** (Control):
 - Место управления** (Control location):
 - Вид управления** (Control type):
 - Сигнализация положения** (Position signaling):
- Примечание** (Remarks):
- Сигналы в АСУ** (Signals in the control system):
 - Тип** (Type):
 - . Не открыто
 - . Не закрыто
 - . Открыть
 - . Закрыть
 - . Открыть по месту
 - . Закрыть по месту
 - . Стоп по месту

Рис. 4. Описание запорно-регулирующей арматуры

роЙств к шкафам присоединений сборок задвижек, а сигналов — к шкафам ПТК.

Разработка шкафов ПТК (размещение модулей УСО). Предполагается, что шкаф МПК может состоять из нескольких блоков (крейтов), а каждый блок — из нескольких модулей УСО. Состав шкафа определяется набором модулей УСО. При вводе нового модуля нужно задать его обозначение, указать, к какому блоку он относится, выбрать из БД тип модуля. При вводе очередного модуля в БД проекта автоматически формируются заготовки таблиц подключения сигналов и монтажных схем. Таблица содержит информацию о соответствующих входах модулей УСО.

По кнопке выводится список сигналов, еще не подключенных к ИВС. Для подключения нужно выбрать вход модуля (свободный), а затем дважды щелкнуть «мышью» на подключаемом сигнале. После этого сигнал займет соответствующий вход и уйдет из неподключенных. Для отключения сигнала нужно дважды щелкнуть «мышью» на отключаемом входе модуля.

Обычно модуль УСО имеет определенный набор типов входных сигналов. В процессе подключения

программа проверяет соответствие типов модуля и подключаемого сигнала. В некоторых микропроцессорных системах (например, TREI) состав входов модуля УСО набирается по заказу. В этом случае тип входа задается по типу подключаемого сигнала. Таким образом автоматически формируется карта заказа.

Следует отметить, что современные системы программирования ПТК обычно имеют средства импорта базы данных переменных из различных текстовых форматов. Поэтому разработанные в САПР нижнего уровня таблицы подключения входных и выходных сигналов шкафов ПТК в дальнейшем могут использоваться для автоматической генерации баз данных переменных в САПР программного обеспечения АСУ ТП.

Рассматриваемая САПР дает возможность существенно повысить производительность труда разработчика, позволяя ему сосредоточиться на решении принципиальных инженерных задач и освобождая его от рутинной работы благодаря автоматической генерации выходных документов на основе базы данных проекта.