

УДК 681.5

А. Г. Потапов, магистрант;  
Ю. Р. Никитин, кандидат технических наук, доцент  
Ижевский государственный технический университет

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ В БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

*В статье показана и обоснована целесообразность применения блочно-модульных котельных с автоматизированной системой управления технологическим процессом. Автоматизация процесса управления реализована на базе модульной концепции на двух уровнях. Нижний уровень системы управления построен на программируемых логических контроллерах Siemens S7-200 с программированием на языке STEP 7 с человекомашинным интерфейсом на базе Simatic WinCC flexible. Верхний уровень системы управления реализуется посредством SCADA-системы на персональном компьютере.*

В настоящее время наблюдается ситуация, когда котельные нуждаются в модернизации технологического оборудования и системы управления. Если не затрагивать частный сектор, то подавляющее большинство тепловой энергии вырабатывается двумя способами: при помощи ТЭЦ и котельных. Причем в последнее время все более и более актуальным становится строительство котельных, это обусловлено возможностью максимально приблизить источник выработки тепловой энергии к ее потребителю, что дает ряд неоспоримых преимуществ при транспортировании теплоносителя и значительной экономии при прокладке коммуникаций.

Среди котельных особого внимания заслуживают блочно-модульные котельные. Блочно-модульная котельная представляет собой набор металлических блок-боксов стандартного размера, обусловленного габаритами размещаемого внутри оборудования и допустимо возможными размерами для перевозки авто- и железнодорожным транспортом. Данный вид конструкции котельной дает ряд преимуществ перед котельными, размещаемыми в специализированном здании. К ним относятся: возможность внутреннего монтажа трубопроводов газа, отопления, горячей и холодной воды непосредственно на предприятии-изготовителе котельных, что всегда качественнее, чем «на месте»; упрощенные схемы подключения внешних коммуникаций; меньшие затраты по сравнению со строительством железобетонной конструкции здания котельной; значительная экономия средств по прокладке теплопроводов большой протяженности; компактность, обеспечивающая экономию площадей и сокращение строительных объемов; легкость доставки к заказчику и сокращение транспортных расходов; сокращение времени монтажных и пусконаладочных работ.

Развитие технологии автоматизации производственных процессов привело к тому, что современная котельная представляет собой совокупность разнообразнейших технических приспособлений, предназначенных для контроля и управления физическими процессами, общей целью которых является преобразование потенциальной энергии сжигаемого топлива в тепловую энергию и передача ее потребителю. К таким процессам относятся: сжигание и подача топлива, в качестве которого может быть как газ, так и мазут или дизельное топливо; нагрев и транс-

портировка теплоносителя, которым может быть как пар, так и вода; удаление продуктов сгорания. Необходимо иметь устройства, автоматически прекращающие подачу топлива к горелкам при следующих ситуациях:

- повышение или понижение давления газообразного топлива перед горелками;
- понижение давления жидкого топлива перед горелками, кроме котлов, оборудованных ротационными горелками;
- понижение давления воздуха перед горелками для котлов, оборудованных горелками с принудительной подачей воздуха;
- уменьшение разрежения в топке;
- погасание факелов горелок, отключение которых при работе котла не допускается;
- повышение температуры воды на выходе из котла;
- повышение или понижение давления воды на выходе из котла;
- уменьшение расхода воды через котел;
- неисправность цепей защиты, включая исчезновение напряжения, только для котельных второй категории.

По согласованию с заказчиком данный перечень дополняется в каждом отдельном случае, в частности, практически всегда является обязательным устройство охранно-пожарной сигнализации и датчиков загазованности помещения оксидом углерода (CO) и метаном (CH<sub>4</sub>).

**Краткая характеристика технологического процесса.** Процесс управления котельной заключается в следующем: контроль вышеупомянутых параметров и приведение в действие электромагнитных клапанов безопасности при их аварийных значениях, регулирование температуры воды в подающем трубопроводе в зависимости от температуры наружного воздуха посредством управляемого электропривода клапана, регулирование объема сжигаемого топлива в зависимости от количества передаваемого тепла.

На рис. 1 изображена схема управления котла, обеспечивающая подачу и управление процессом сжигания топлива (газовоздушной смеси), отвод дымовых газов, нагрев воды в котле, регулирование разрежения в топке котла, контроль параметров протекающих процессов.

Существует большое количество схем управления всем вышеперечисленным оборудованием: от релейного до микропроцессорного, но современные тенденции развития систем автоматизированного управления технологическими процессами предполагают интеграцию управляющей аппаратуры. Большому количеству контроллеров, каждый из которых отвечает за управление отдельного узла – группы насосов, электроприводов клапанов или аварийных параметров среды, – предпочитают один, более мощный контроллер, управляющий данными процессами и, кроме того, позволяющий осуществлять передачу данных о состоянии котельной на расстояние и производящий дистанционное управление. Помимо процессов объединения управляющей аппаратуры внутри котельной, все более и более актуальным становится концентрация операторского и обслуживающего персонала в одной точке – диспетчерском пункте, который осуществляет управление и обслуживание всех котельных в определенном радиусе. Все вышеперечисленные меры дают ряд неоспоримых преимуществ за счет очевидной экономии человеческих ресурсов и сокращения аппаратно-технических средств.

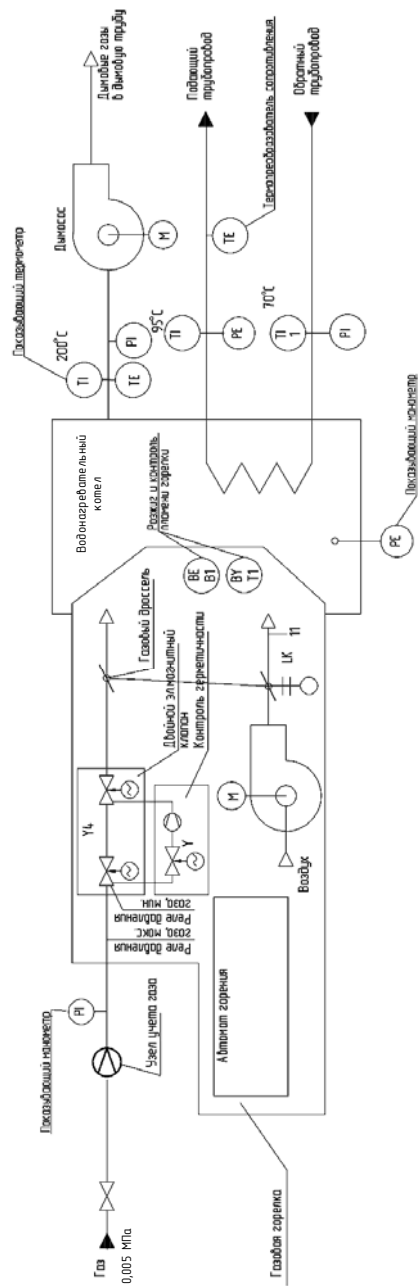


Рис. 1. Схема управления котла

**Система централизованного контроля.** Исходя из целей обеспечения высокого качества воспроизводимого теплоносителя, надежного функционирования технологического оборудования и повышения экономических показателей была разработана система централизованного контроля котельной. Для этого была выбрана SCADA-система.

Основными задачами системы централизованного контроля являются:

- мониторинг технологических параметров работы блочно-модульных котельных;
- автоматическое управление исполнительными механизмами при изменении количества потребляемой энергии и аварийных ситуациях;
- передача данных о состоянии протекающих процессов в котельной на компьютер в помещении оператора;
- возможность формирования на сервере базы данных с параметрами протекающих процессов;
- выдача данных о технологических параметрах текущего процесса выработки тепла на экране отображающего устройства – сенсорной панели, установленной непосредственно в щите автоматики котельной;
- передача предупредительных сигналов при возникновении предаварийных ситуаций;
- возможность выполнения всех вышеперечисленных функций одновременно на нескольких объектах под контролем всего одного диспетчера без снижения критериев качества.

**Модульная концепция построения системы.** Современные тенденции развития производства предполагают модульную концепцию построения системы. Модульная концепция реализована следующим образом. Нижний уровень системы спроектирован так, что в каждом блок-боксе устанавливается свой щит управления, в котором размещается контроллер, средства визуализации и управления, коммутационная аппаратура. Таким образом, процесс управления оборудованием внутри одного блок-блока может осуществляться автономно. Подавляющая часть прокладки силовых и контрольных проводников осуществляется в пределах данного блок-блока, что позволяет сделать это непосредственно на предприятии – изготовителе котельной. За счет этого транспортировать котельную можно с подключенным оборудованием, что также позволяет значительно снизить затраты на командировочные расходы электромонтажников. Близость размещения управляющей аппаратуры к средствам измерения и электродвигателям обуславливает экономию силовых и контрольных кабелей, а также затраты на их прокладку. При попытке реализации модульной концепции системы управления с единым пультом или щитом неизбежно возникновение клеммных коробок на стыке блок-блоков, что значительно снижает надежность данной системы. Наличие идентичных щитов управления позволяет использовать при необходимости их частичную аппаратную и программную взаимозаменяемость, что также позитивно сказывается на качестве процесса управления.

Верхний уровень системы управления реализуется посредством SCADA-системы. Дистанционно осуществляется управление рядом котельных, создание архивов, аварийная сигнализация. В той или иной степени процесс управления различными котельными совпадает, что позволяет копировать участки уже отработанной программы. При определенной доработке монитор реального времени диспетчерского пункта может быть установлен на нескольких компьютерах или размещен в интернете, что также обеспечит его взаимозаменяемость. Управление рядом ко-

тельных из одной точки позволяет значительно снизить затраты на заработную плату обслуживающего персонала, т. к. один диспетчер может контролировать параметры работы множества объектов, имея в своем распоряжении один компьютер, коммуникационный аппарат, специализированное программное обеспечение.

**Аппаратная реализация системы.** Рассмотрим аппаратную реализацию системы управления блочно-модульными котельными на примере одной пароводогрейной котельной, выработки горячей воды систем отопления и горячего водоснабжения; выработка пара производится при помощи водогрейных КВ-Г и паровых котлов ICI AX-200, оснащенных различным вспомогательным оборудованием и средствами автоматизации.

Система централизованного управления блочно-модульной котельной построена на базе промышленных программируемых контролеров Siemens серии S7-200. Система является распределенной и состоит из нескольких подсистем: щит управления водонагревательным котлом № 1 управляет вспомогательным оборудованием водонагревательного котла № 1, электродвигателями, приводами, анализирует показания датчиков, расположенных в данном блок-боксе; щит управления водонагревательным котлом № 2 выполняет аналогичные функции для водонагревательного котла № 2; щит управления водонагревательным котлом № 3 выполняет аналогичные функции для водонагревательного котла № 3 и, кроме того, дистанционную передачу сигналов посредством GSM (GPRS)-модема, щит автоматики осуществляет координацию работы двух паровых котлов и визуализацию параметров работы всей котельной на сенсорной панели; щиты управления паровыми котлами № 1 и № 2 поставляются комплектно с котлами и отвечают за управление оборудования входящего в комплект поставки котла, имеют в своем составе ПЛК. Связь подсистем осуществляется по протоколу RS-485. Выбор протокола передачи данных был обусловлен длиной кабеля, соединяющего щиты управления (не превышает 30 м), а также наличием двух встроенных в контроллер портов RS-485.

Кроме того, каждый котел укомплектован газогорелочным устройством фирмы Unigas, которое, в свою очередь, оснащено встроенными менеджерами горения, представляющими собой микропроцессорный блок с фиксированной логикой. Основная функция менеджера горения заключается в выполнении локальной задачи автоматизации – процессе сжигания топлива. Для того чтобы процесс сжигания газа был безопасным и рациональным, менеджеру горения необходимо осуществлять следующий перечень управляющих воздействий: регулирование соотношения сжигаемой газозооушной смеси, в том числе управление приводом газового дросселя, регулирование частоты вращения дутьевого воздушного вентилятора; контроль давления газа, контроль давления воздуха, контроль пламени запальника, контроль герметичности газовых клапанов, осуществление циклов продувки и розжига горелки, измерение температуры воды после котла и поддержание ее постоянного значения при помощи регулирования мощности горелки.

Контроллер, находящийся в щите, собирает данные со всех датчиков, обрабатывает их, сохраняет в блоке данных для последующей передачи в базу данных. Нижний уровень аппаратуры управления представлен датчиками температуры горячей воды, датчиком температуры пара в паропроводе и окружающего воздуха (термопреобразователи сопротивления Pt100), датчиками температуры дымовых газов, (термопреобразователи сопротивления Pt500), датчиками давления воды с аналоговым и дискретным сигналами, датчиком давления газа, давления пара, датчиком уровня жидкости.

**Применяемые программные средства.** Программирование контроллера производится с помощью программного пакета STEP 7 v.5.3. Система централизованного контроля использует SCADA-систему MasterScada, которая в силу своей абсолютной открытости легко взаимодействует со стандартными и пользовательскими программами, решает задачи визуализации.

Система диспетчеризации осуществляет информационное обеспечение оперативного персонала специалистов и руководителей, позволяет своевременно предупреждать и выявлять аварийные ситуации, снижать количество обслуживающего персонала и соответственно затраты на его содержание, обеспечивает формирование отчетных документов непосредственно на рабочих местах специалистов.

Состав и структура системы диспетчеризации – распределенная двухуровневая система.

Нижний уровень, разрабатываемый в среде STEP 7 v.5.3, предназначен для сбора и первичной обработки информации с датчиков, построен на контроллерах. С них на верхний уровень передается текущая и архивная информация. Технические средства первого уровня – датчики, контроллеры и средства передачи информации – размещаются в помещениях котельных. Технические средства первого уровня каждой котельной образуют отдельную подсистему, обеспечивающую также автономную работу. При восстановлении связи с верхним уровнем накопленная за время автономной работы архивная информация автоматически передается на верхний уровень.

Для реализации системы человекомашинного интерфейса нижнего уровня было использовано программное обеспечение SIMATIC WinCC flexible, предназначенное для решения обширного комплекса задач – от разработки проекта отдельной взятой панели оператора до разработки мощных систем человекомашинного интерфейса с архитектурой клиент/сервер. WinCC flexible обеспечивает возможность разработки проектов для всех типов панелей оператора на базе Windows. WinCC flexible может работать под управлением операционных систем Windows 2000 Professional/ 2000 Server/ XP Professional.

SIMATIC WinCC flexible в данном объекте предназначен для конфигурирования микропанели оператора SIMATIC TP177 Micro, встроенной в щит автоматики.

Второй уровень (верхний) построен на базе персонального компьютера и предназначен для сбора информации с первого уровня, ее обработки, формирования архивов и отчетных документов, представления информации персоналу. Верхний уровень включает в себя АРМ диспетчера (компьютер в промышленном исполнении), на базе которого реализованы серверные функции. АРМ диспетчера подключается к локальной сети предприятия для обеспечения возможности доступа к базе данных со стороны рабочих мест специалистов. Технические средства второго уровня размещаются в помещении центрального пульта управления. Для больших распределенных систем функции АРМ диспетчера и сервера могут быть разделены между различными компьютерами, в системе может быть несколько серверов.

Для предоставления информации на рабочих местах специалистов на них устанавливаются Master SCADA (для оперативной технологической информации) и Microsoft Excel (для формирования отчетных документов).

Система является расширяемой и позволяет подключать новое оборудование котельной, включать абсолютно новые объекты диспетчеризации, не запланированные изначально, может использоваться также для диспетчеризации отдельных узлов учета и т. п.

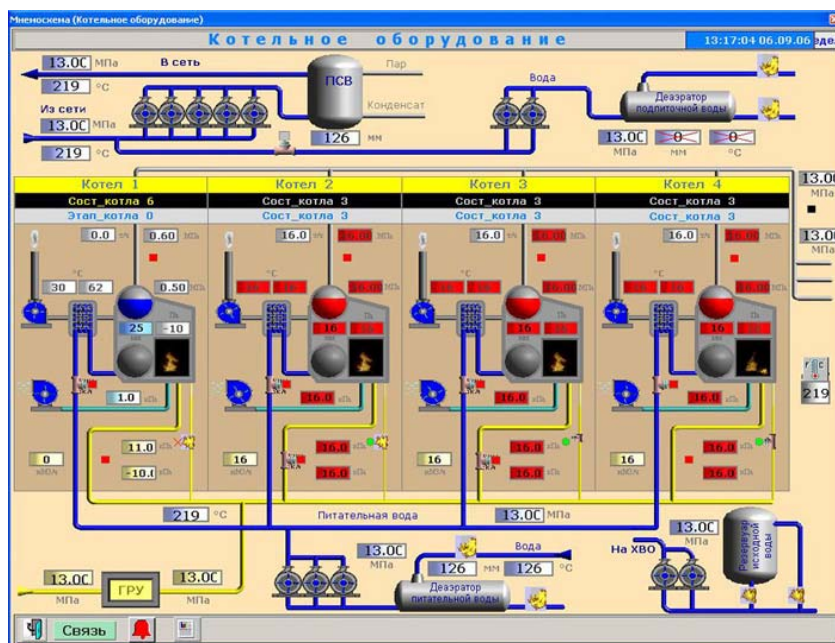


Рис. 2. Мнемосхема котельного оборудования

**Результаты внедрения АСУ ТП в блочно-модульных котельных.** В данной работе были реализованы две концепции построения систем автоматизации, отвечающие современным тенденциям развития данной отрасли производства – это концепция централизованного контроля информации и концепция модульного построения системы.

При внедрении централизованного контроля информации были получены следующие преимущества:

- повышение надежности работы котельных за счет повышения оперативности обработки информации, поступающей из котельных;
- возможность протоколирования и архивирования информации, анализа работы операторов и оборудования, разбора аварийных ситуаций на основании архивных данных;
- улучшение условий труда обслуживающего персонала;
- снижение затрат на энергоносители при оптимальном регулировании поддерживаемых параметров;
- снижение эксплуатационных затрат и сокращение обслуживающего персонала;
- возможность установки и с необходимой точностью поддержания требуемой температуры воды, что позволило повысить качество продукции.

Размещение локальной коммутационной и управляющей аппаратуры в пределах одного блок-бокса позволило получить следующие преимущества:

- снижение затрат на монтаж контрольных и силовых проводников;
- возможность производить подключения оборудования непосредственно на заводе-производителе блочно-модульной котельной, что позволило транспортировать котельную с более высокой степенью готовности до места назначения;
- повышение надежности работы котельной за счет внедрения в систему управления надежных и взаимозаменяемых комплектующих.