

АСУ ТП газоотводящего тракта конвертера

Анатолий Кривонос, Алексей Криволапов, Юрий Каплунов, Андрей Пироженко, Евгений Гурылёв

Представлена разработанная, изготовленная и введённая в эксплуатацию ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» автоматизированная система управления технологическим процессом «мокрой» газоочистки реконструированного газоотводящего тракта конвертера №2 кислородно-конвертерного цеха ПАО «Енакиевский металлургический завод».

К началу работ по автоматизации газоотводящего тракта (ГОТ) кислородно-конвертерного цеха (ККЦ) ПАО «Енакиевский металлургический завод (ЕМЗ)» государственное предприятие (ГП) УкрНТЦ «Энергосталь» (г. Харьков) имело опыт разработки и успешного внедрения АСУ ТП ГОТ четырёх конвертеров ККЦ ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат (НТМК)» [1]. Одновременно и с некоторым опережением шли пусконаладочные работы АСУ ТП ГОТ конвертера № 2 ККЦ ОАО «Челябинский металлургический комбинат».

ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ

Объектом автоматизации в ПАО «ЕМЗ» стал реконструируемый газоотводящий тракт конвертера № 2 (К2) кислородно-конвертерного цеха. Основные параметры конвертера и его газоотводящего тракта:

- ёмкость конвертера – 160 т;
- интенсивность продувки кислородом – 450–500 м³/мин;
- отвод конвертерного газа с частичным дожиганием;
- температура газа на выходе из конвертера – 1650°С;
- содержание пыли в конвертерном газе – до 200 г/м³;
- система охлаждения конвертерных газов – водяная, замкнутая, с водовоздушными теплообменниками.

ГОТ конвертера условно разделён на

- котёл-охладитель конвертерных газов (ОКГ) в составе циркуляционной насосной, барабана-испарителя, деаэратора, нагревательных поверхностей;

- газоочистку (ГО) в составе «мокрой» газоочистки, дымососа и свечи дожигания окиси углерода (СО) на дымовой трубе.

В целях наглядности воспользуемся штатным для разработанной АСУ ТП видеокадром «Газоотводящий тракт конвертера» (рис. 1), на котором виден весь путь отходящих из конвертера газов до свечи дожигания на дымовой трубе.

В процессе продувки конвертера кислородом конвертерный газ за счёт разрежения, создаваемого нагнетателем дымососа, направляется по системе газопроводов, устройств охлаждения и очистки в сторону дымовой трубы. Охлаждение газа осуществляется в процессе его движения через кессон, подъёмный и опускной газоходы за счёт подачи воды на охлаждающие поверхности котла, расположенные по трассе движения. Охлаждённый газ попадает в скруббер. Подача охлаждающей воды производится циркуляционной насосной в составе пяти циркуляционных насосов и десяти электроуправляемых исполнительных механизмов (ИМ) – задвижек.

Во время продувки конвертера кислородом в барабане-испарителе происходит парообразование. В скруббере осуществляются процесс дальнейшего понижения температуры конвертерного газа и его грубая очистка. В результате взаимодействия газа и воды крупные частицы пыли, находящиеся в газовом потоке, осаждаются вместе с водой в бункер. Для обеспечения подачи воды на скруббер, трубу Вентури и для

поддержания необходимого уровня шламовой воды в баке-гидрозатворе также используются электроуправляемые задвижки.

Насыщенный влагой газ через газопровод, соединяющий выпускной патрубок скруббера с конфузуром трубы Вентури, попадает в трубу Вентури. Частицы пыли, находящиеся в газовом потоке, после контакта с водой осаждаются вместе с водой в гидрозатвор трубы Вентури. Очищенный газ с остатками влаги проходит через газопровод в каплеуловитель. Таким образом осуществляются охлаждение газа до температуры около 60°С и глубокая (тонкая) очистка газа.

Управление положением створок трубы Вентури обеспечивается в дистанционном режиме с АРМ на этапе пусконаладочных работ и в процессе эксплуатации газоотводящего тракта конвертера по результатам лабораторного анализа содержания пыли в уходящих газах.

В каплеуловителе происходит отделение конвертерного газа путём отделения капель воды из газового потока. Газ и капли воды проходят через сепаратор с винтовыми завихрителями, где за счёт завихрения потока газа и возникновения центробежных сил остатки влаги отбрасываются и оседают на внутренних стенках каплеуловителя, а газ движется по спирали до выпускного патрубка газохода очищенного газа, соединяющего каплеуловитель с нагнетателем дымососа.

- Нагнетатель дымососа обеспечивает:
- разрежение по всей трассе движения конвертерного газа;

- отвод газов конвертера в атмосферу через дымовую трубу.

Основными задачами автоматизации ГОТ являются поддержание важнейших технологических параметров в заданных пределах, предотвращение аварийных ситуаций, приведение ИМ ГОТ в безопасное состояние при нештатных ситуациях (выходе параметров за аварийные пороги или неисправностях), диагностика оборудования, представление эксплуатационному персоналу оперативной информации о ходе технологического процесса, управление агрегатами, а также сигнализация, архивирование и документирование.

Общее количество контролируемых параметров и сигналов управления/сигнализации:

- входных аналоговых – 109;
- выходных аналоговых – 5;
- входных дискретных – 285;
- выходных дискретных – 98.

АСУ ТП ГОТ К2 управляет исполнительными механизмами различного назначения (электрифицированные задвижки, электромагнитные клапаны, регулирующие клапаны, вентиляторы, насосы) общим количеством 43.

Количество регуляторов в АСУ ТП ГОТ К2 – 5.

АСУ ТП ГОТ стыкуется с АСУ ТП «Плавка», газоанализатором «Гранат», системой контроля вибрации «Рубин», системой управления горелкой Shreder.

СТРУКТУРА И СОСТАВ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА АСУ ТП ГОТ

В качестве основы системы автоматизации выбрана платформа SIMATIC S7 фирмы Siemens.

Аппаратная часть

Программно-технический комплекс (ПТК) АСУ ТП ГОТ К2 спроектирован как двухуровневая распределённая система (рис. 2), состоящая из

- подсистемы нижнего уровня (НУ) – четырёх программируемых логических контроллеров (ПЛК) с процессорными модулями CPU 315-2PN/DP, обеспечивающих работу двух контуров управления: основного (ОКУ) на базе ПЛК1 для контроля и управления ГОТ (кроме нагнетателя) и ПЛК3 для контроля и управления нагнетателем, а также резервного (РКУ) на базе ПЛК2 и ПЛК4;
- подсистемы верхнего уровня (ВУ) – трёх автоматизированных рабочих

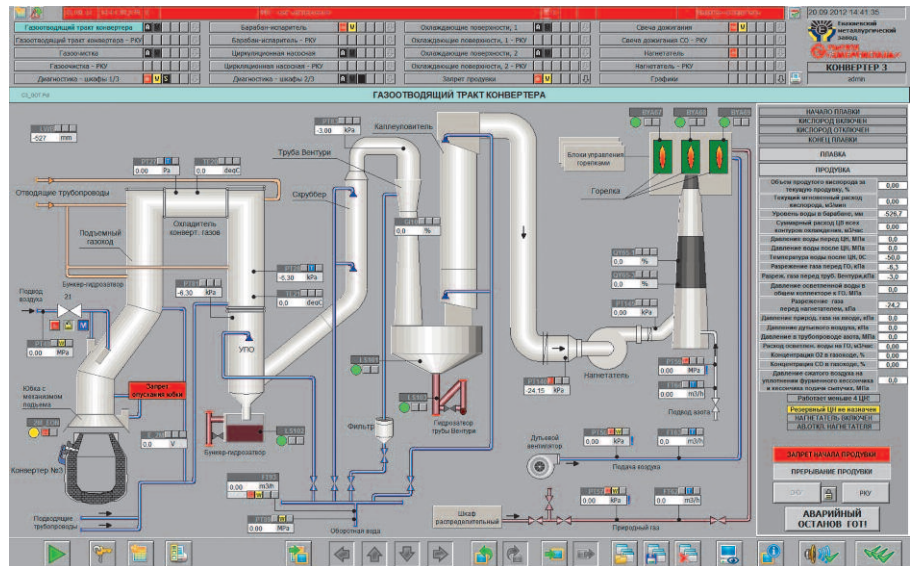


Рис. 1. Видеокадр «Газоотводящий тракт конвертера»

мест операторов (АРМ-серверы) и одной инженерной станции, обеспечивающих управление подсистемой технических средств ПЛК и интерфейс человек–машина.

Два АРМ-сервера № 1 и № 2 операторов ГОТ К2 и инженерная станция находятся в общем для всех конвертеров помещении поста управления. Ещё один АРМ-сервер оператора установлен в операторской нагнетателей, причём все видеокадры нагнетателя при отказе этого АРМ-сервера можно увидеть на обоих АРМ-серверах № 1 и № 2 и оттуда при необходимости осуществлять управление. Все АРМ-серверы и инженерная станция – это промышленные ПЭВМ IPC-610 фирмы Advantech.

Такая резервированная структура (с основным и резервным контурами управления) явилась альтернативой первоначальному требованию заказчика о создании дополнительно к основному автоматизированному контуру пульта ручного управления. При детальном рассмотрении механизма реализации данного требования было выявлено:

- объекты управления расположены на значительном расстоянии;
- существующее на заводе штатное распределение обязанностей предусматривает управление всеми тремя котлами и газоочистками **одним** оператором.

Если такой пульт будет централизованным, то резко увеличиваются количество и длина кабельных разводов, кабельных каналов и объём монтажных работ. Но самое главное – одновременно управлять в ручном режиме

всеми системами ГОТ крайне проблематично (пять регуляторов, более 50 аварийных параметров, ещё две параллельно работающие системы ГОТ конвертеров 1 и 3). Наличие резервного контура управления на базе ПЛК исключает необходимость создания и применения пульта ручного управления, стоимость которого с учётом стоимости прокладки и монтажа всех дополнительных кабелей к этому пулту и дополнительных щитов КИП вполне сравнима со стоимостью резервного контура ПЛК.

Каждый из пары ПЛК решает одинаковые функциональные задачи контроля, управления и задачи противоаварийной защиты, включая контроль аварийных параметров и регулирование необходимых технологических параметров. Отличие резервных ПЛК от основных состоит в том, что ПЛК основного контура принимают и контролируют **все** (109) сигналы от датчиков, а резервный (с целью экономии средств) – только те, без которых невозможно управлять ГОТ и осуществлять противоаварийную защиту (64). Предполагается, что в случае отказа основного контура в процессе плавки этот процесс может быть завершён на резервном контуре, а до начала следующей плавки основной контур должен быть приведён в работоспособное состояние.

Для сокращения длин кабелей большая часть сигналов контроля и управления котлом заведена в ПЛК нагнетателя, значительно ближе расположенного к котлу; обмен информацией между контроллерами осуществляется по сети Ethernet посредством ВОЛС, так

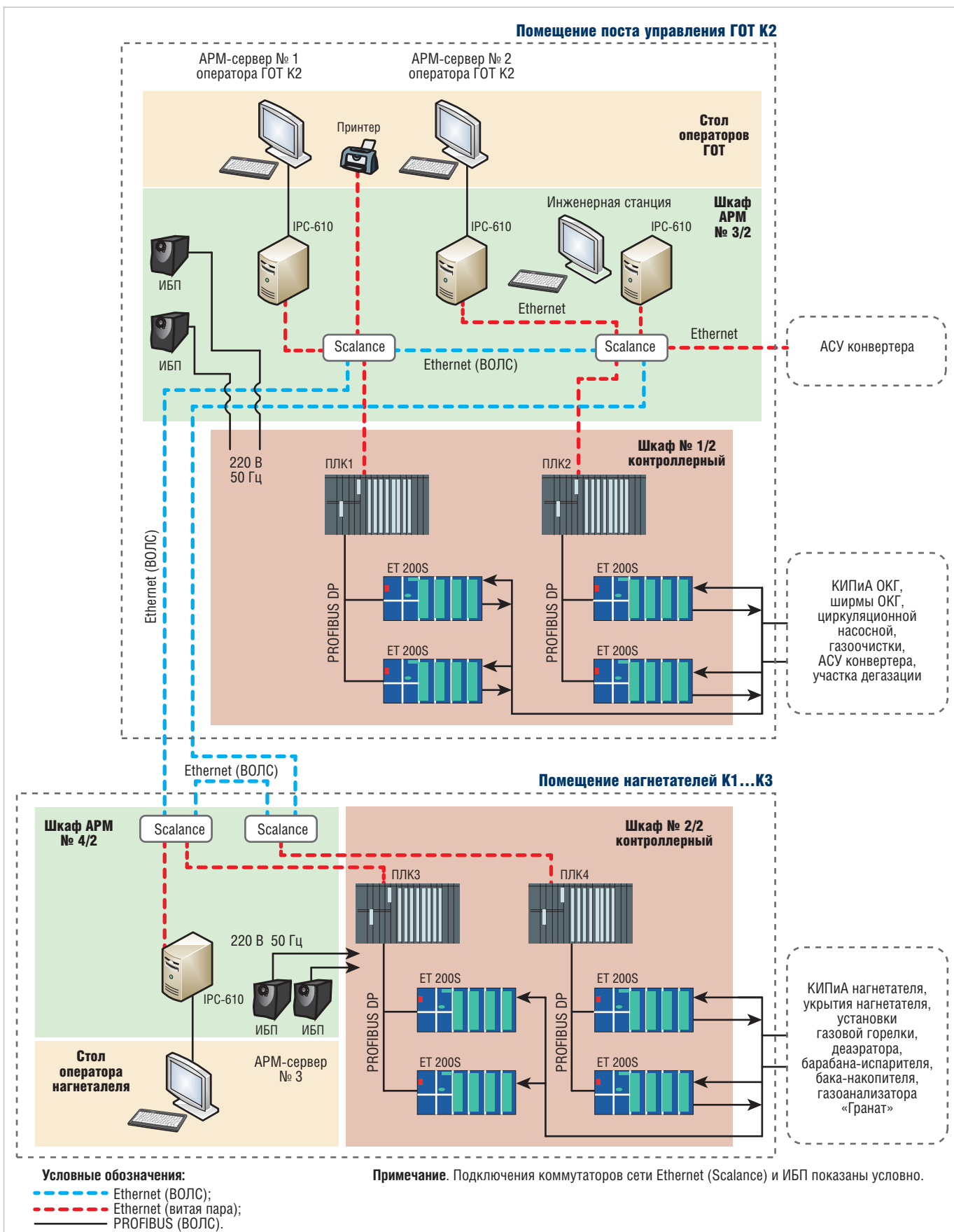


Рис. 2. Структурная схема ПТК АСУ ТП ГОТ К2

как расстояние существенно больше 100 м.

Все технические средства нижнего уровня (ПЛК) размещены в двух контроллерных шкафах (рис. 3). В каждом

шкафу установлены процессорный модуль ПЛК и станции ET200S с модулями ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, а также вторичные источники питания, развязывающие реле, коммутационные колодки. Все сигналы от термопар поступают непосред-

ственно на модули станций ET200S, основная часть аналоговых сигналов 4...20 мА принимается по двухпроводной схеме с запиткой от ПЛК.

Все технические средства верхнего уровня и сетевое оборудование размещены в двух других шкафах. В каждом

шкафу установлены промышленные ПЭВМ фирмы Advantech, источники бесперебойного питания (ИБП) VH1000 19" фирмы General Electric, коммутаторы Scalance. Все используемые конструктивы являются продукцией фирмы Rittal и имеют степень защиты IP54.

При реализации РКУ были решены технические вопросы контроля и управления по подключению нерезервированных датчиков и исполнительных механизмов к двум параллельно работающим контроллерам.

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) ПТК АСУ ТП ГОТ К2 ЕМЗ построено с учётом требований, предъявляемых к открытым системам, имеет стандартные интерфейсы и обеспечивает возможность информационного обмена с другими автоматизированными системами, которые соответствуют требованиям, предъявляемым к открытым системам.

ПО состоит из системного и прикладного.

Системное ПО, устанавливаемое на АРМ-серверы операторов и инженерную станцию, включает в себя:

- лицензионную операционную систему Windows 7 Professional;
- ПО инженерной станции, содержащей лицензионные программные продукты, такие как
 - SIMATIC WinCC V7.0 SP2 RC,
 - SIMATIC S7, STEP7 prof 2010,
 - SIMATIC CFC V7.1 SP2;
- ПО АРМ-серверов с лицензионным пакетом SIMATIC WinCC V7.0 SP2 RT. Прикладное ПО ПТК АСУ ТП ГОТ К2 состоит из
- прикладного ПО двух контуров управления, размещённого в четырёх ПЛК;
- прикладного ПО АРМ-серверов (ПО инженерной станции + АРМ-серверов).

Структура взаимодействия программного обеспечения ПТК АСУ ТП ГОТ К2 представлена на рис. 4.

Прикладное ПО ПЛК состоит из четырёх частей, каждая из которых находится в своём контроллере. Два контроллера основного контура управления выполняют функцию непосредственного управления системой в штатном режиме. Контроллеры резервного контура управления осуществляют управление технологическим процессом в



Рис. 3. Контроллерный шкаф АСУ ТП ГОТ К2

случае отказа ОКУ. Программа каждого из контроллеров состоит из программы конфигурирования оборудования периферии, сбора информации, обработки и управления оборудованием ГОТ.

Прикладное ПО АРМ-серверов предназначено для визуализации процесса

контроля и управления ПТК АСУ ТП ГОТ К2. Оператор имеет возможность при необходимости осуществлять мониторинг и управление технологическим процессом с помощью мнемосхем, которые он видит на экране АРМ-серверов.

На мнемосхемах представлены:

- схемы участков технологического оборудования;
- значения измеренных параметров;
- состояние исполнительных механизмов технологического оборудования (включено, выключено, закрыто, открыто и т.п.).

ПТК АСУ ТП ГОТ К2 работает в автоматическом режиме, обеспечивая автоматическое непрерывное выполнение всех заданных функций (задач), а также в дистанционном ручном режиме, обеспечивая выполнение всех команд управления, задаваемых оператором на АРМ, включая дистанционное управление исполнительными механизмами контуров регулирования технологических параметров с мнемосхем АРМ-серверов.

В разработке ПО использовались типовые программные модули (ТПМ) собственной разработки. Их применение дало следующие преимущества:

- сокращение времени процесса разработки ПО;
- уменьшение количества ошибок разработчика при проектировании и создании ПО;
- уменьшение объёма и цикла проверки ПО;
- сокращение времени процесса поиска ошибок и коррекций ПО в процессе его тестирования и эксплуатации.

В качестве примера использования ТПМ в ПО данного проекта можно отметить модули по обработке аналогового сигнала с одним или двумя наборами уставок, модули по контролю и управлению задвижками и др.

Отметим ещё одну особенность проекта. В Центре «Энергосталь» создана динамическая математическая модель (ММ) работы ГОТ конвертера. В ММ учитываются термодинамика и динамика исполнительных механизмов и процессов, материальный и энергетические балансы, фазовые преобразования рабочего тела (вода—пар) и т.д. В процессе моделирования штатное ПО ПТК АСУ ТП ГОТ работает с ММ объекта как с реальным объектом управления, что позволяет провести отработку ПО во всех условиях работы ГОТ кон-

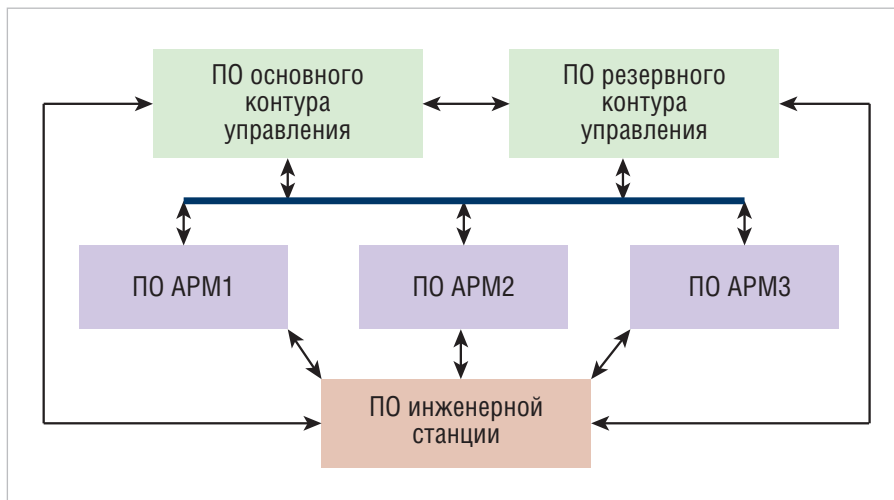


Рис. 4. Структура взаимодействия программного обеспечения ПТК АСУ ТП ГОТ К2

вертера на стенде ГП УкрНТЦ «Энергосталь».

ММ процессов в ГОТ описана в виде системы линейных и нелинейных дифференциальных и алгебраических уравнений, учитывающих взаимосвязь и особенности динамики технологического процесса:

- теплопередачу от конвертерного газа к первичному контуру и связанное с этим расширение/сжатие воды в нём, что является основным возмущающим воздействием в контуре регулирования давления, а также в контуре регулирования уровня в деаэраторе;
- теплопередачу от первичного контура к вторичному и связанное с этим парообразование в последнем, что обуславливает возмущение в контуре регулирования уровня в барабане-испарителе.

Также в модели имитируется работа всех датчиков и исполнительных механизмов (регулирующих клапанов, задвижек, насосов, дымососа).

Созданная модель позволила проверить и отладить:

- логическое функционально-групповое управление (ФГУ) в номинальных режимах и при отказах, а также автоматическое включение резерва (АВР);
- формирование запретов плавки/продувки;
- контуры регулирования технологических параметров (оценить коэффициенты настройки регуляторов) и др.

Перед отправкой заказчику программно-технический комплекс был проверен на комплексном стенде ГП УкрНТЦ «Энергосталь» при замкнутой схеме во всех режимах работы ГОТ с подключением ММ процессов, происходящих в ГОТ при ведении плавки

в конвертере, что позволило выявить ряд недочётов и сократило время пусконаладочных работ на объекте. Последующая эксплуатация в течение года не обнаружила недостатков программно-математического обеспечения или аппаратных решений, кроме признанных поставщиком трёх случаев отказов ИБП.

Выводы

1. Особенностью АСУ ТП ГОТ является двухконтурная система управления, включающая основной и резервный контуры управления и обеспечивающая повышенную надёжность АСУ ТП ГОТ конвертера, подтверждённую годичной эксплуатацией.
2. В ГП УкрНТЦ «Энергосталь» создана и использована для отработки программного и алгоритмического обеспечения АСУ ТП математическая модель работы газоотводящего тракта. Особую ценность модель имеет при отработке ПО для нештатных и аварийных ситуаций, которые на реальном объекте проверить и отработать невозможно или очень сложно. Использование ММ позволило повысить качество отработки прикладного ПО и сократить сроки пусконаладочных работ на объекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Криволапов А., Кривонос А., Пирогов А., Базюченко С., Шахов С., Каплунов Ю. Особенности проектирования и отработки АСУ ТП газоотводящего тракта конвертера // Современные технологии автоматизации. – 2009. – № 4. – С. 20–24.

E-mail: andy@krovatka.su