

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЫЛЕСИСТЕМЫ КОТЛА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ПРИМЕРЕ АКСУСКОЙ ЭС

**Н.Э. АРИПХОДЖАЕВ (АО ЕЭК),
С.В. ПУКСАНТ (Emerson Process Management)**



Описан практический опыт автоматизации пылесистемы прямоточного котла Пп-1050-25-545 (ПК-39-2М) действующего энергоблока 325 МВт Аксуской ЭС АО “ЕЭК”.

Ключевые слова: котельная установка электростанции, пылесистема, среднеходные мельницы, делитель-пылеконцентратор, контуры регулирования.



Рис. 1.
Общий вид
станции

Аксуская электростанция является одним из подразделений АО “Евразийская энергетическая корпорация” (ЕЭК) (рис. 1). Компания входит в состав Евразийской Группы (ERG), в 2014 году отметившей свой 20-летний юбилей и является одним из крупнейших поставщиков электроэнергии на казахстанском рынке. Со времени вхождения станции в состав АО “ЕЭК” здесь ведется масштабная программа модернизации, реализация которой позволила максимально эффективно использовать имеющиеся у предприятия основные фонды.

В 2008 году руководство Аксуской станции внедрило экспертную систему автоматизации Ovation™ (Овация) на 1-м блоке, в 2009 году введена в эксплуатацию система тренажеров для оперативного персонала действующих энергоблоков. В 2011 году на Аксуской ЭС завершилась реконструкция котла энергоблока

ст. № 2. С мая 2011 по январь 2013 года проходили работы по его автоматизации. В статье описан опыт успешной автоматизации пылесистемы прямоточного котла ПК-39-2М.

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РЕКОНСТРУИРОВАННОЙ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Прямоточный котел Пп-1050-25-545 (ПК-39-2М) ОАО “Подольского машиностроительного завода” предназначен для работы в блоке с турбиной К-325-23,5-1 и рассчитан на сжигание экибастузского каменного угля. Система пылеприготовления выполнена с прямым вдуванием пыли в топку и количеством установленных среднеходных мельниц типа МВС-195 (8 шт. на котел, 4 шт. на корпус, рис. 2). Мельницы установлены с фронта котла.

Установка среднеходных мельниц по ряду причин явилась более предпочтительной по сравнению с молотковыми мельницами, так как:

- среднеходные мельницы имеют большую рабочую поверхность мелющих органов (до 8-10 тыс. часов);
- обеспечивают более приемлемую тонину помола (R90 до 10...12 %), что повысит надежность воспламенения и устойчивость сжигания высокозольного экибастузского угля; снизит механический недожог и выбросы NOx;
- повышается ремонтпригодность систем;
- МВС имеют более низкие эксплуатационные расходы.

От каждой мельницы пыль подается на один ярус горелок полутопки корпуса котла, что позволяет более эффективно решить задачу снижения выбросов NOx и повышения устойчивости горения при низких нагрузках.

Мельницы выбраны из условия обеспечения повышенной производительности котла по пару $D_{ном} = 1050$ т/ч на шести работающих пылесистемах. Однако, наиболее благоприятным режимом работы котла на нагрузках, близких к номинальной, является работа котла с восемью пылесистемами.

Для распределения пылевоздушной смеси (ПВС) на четыре отвода: три основных, снабжающих топливной пылью горелки основного яруса, и один сбросной, подключенный к каналу сбросных горелок верхнего яруса, за сепаратором каждой мельницы установлен делитель-пылеконцентратор (ДПК).

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ И НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ КОТЛА

Перед проведением режимно-наладочных работ на котле ПК-39-2М энергоблока ст. № 2 на воздухопроводах были выполнены дополнительные врезки для подключения переносных приборов экспериментальных измерений и проверки показаний приборов штатного контроля.

Инструментальное обследование проводилось в соответствии с общепринятой методикой “Союзтехэнерго” [1], а также согласно методическим рекомендациям, приведенным в [2] и др.

Основные режимные параметры фиксировались по автоматизированной системе управления технологическими процессами (АСУ ТП), установленной на щите управления энергоблоком.

Во время проведения испытаний была выполнена программа наладки в эксплуатационном диапазоне нагрузки, в результате которой были определены зависимости основных параметров котла от нагрузки корпуса в части пароводяного тракта, пылесистемы, воздушного и газового трактов. Данные характеристики послужили в качестве встроенных функций реализованных алгоритмов, что обеспечило более качественное автоматическое регулирование.

Также в ходе выполнения наладочных работ проверялось состояние оборудования и средств измерения.

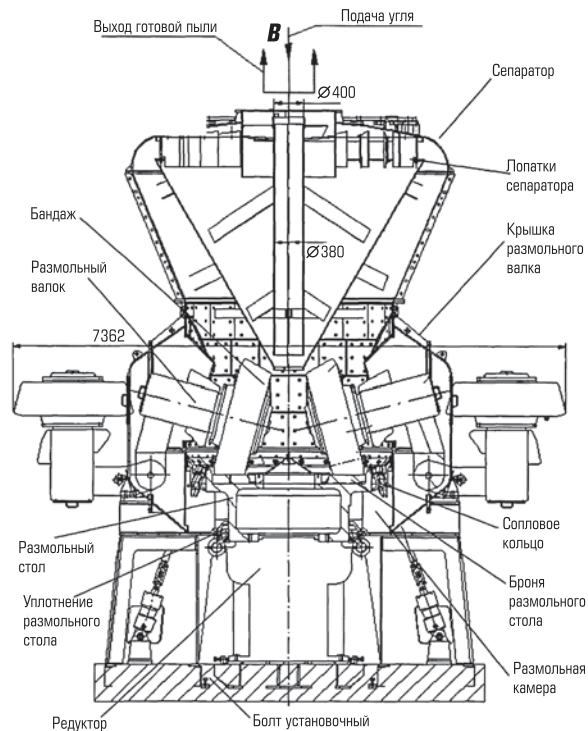


Рис. 2. Мельница валковая среднеходная МВС-195

В результате проведения наладочных работ мельниц были получены данные, демонстрирующие возможность готовить в среднеходных мельницах МВС-195 пыль необходимого количества и качества [3] для ее экономичного сжигания в топочной камере котла [4].

При проведении испытаний котла определенные трудности были вызваны разными нагрузочными характеристиками ПСУ (питатель сырого угля) [5]. На начальной стадии проведения наладочных работ из-за малого диапазона регулирования ПСУ (при минимальных оборотах ПСУ большая загрузка мельниц) было принято решение об уменьшении диаметра лопаток дозирующего шнека на 20...25 мм и увеличение перегородок на выходе дозирующего шнека для уменьшения сечения. Характеристика загрузки ПСУ изменилась от 13...40 т/ч по заводским расчетам до 10...36 т/ч. После проведения данных работ появилась неравномерность в производительности ПСУ при одинаковых оборотах до 1...4 т/ч, что приводит к неравномерности загрузки мельниц при одинаковых оборотах ПСУ и неравномерности распределения пыли между ярусами горелок. В конечном итоге это приводит к неравномерности тепловыделения в топке [4].

При работе котла на сниженных нагрузках и уменьшении загрузки мельниц до оборотов ПСУ 750...800 об/мин. (на каждой мельнице

по разному) наблюдались посторонние шумы (вибрация) в работе мельниц, что не давало возможности для дальнейшей разгрузки мельниц без отключения одной из четырех работающих мельниц (при 4-х мельничном режиме). Выявленные особенности работы котла осложнили задачу автоматизации пылесистемы, но были успешно решены в рамках проекта.

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕЛЬНИЦ

Система автоматизированного управления (САУ) котла предназначена для целенаправленного воздействия на технологические процессы и оборудование мельниц в соответствии с принятыми критериями управления. Основными критериями являются: безопасность, надежность, готовность к работе, экономичность, соответствие действующим нормам и правилам.

Проектирование автоматических регуляторов осуществлялось с использованием средств автоматизированного технологического проектирования (САПР), предоставляемого поставщиком АСУ ТП от компании Emerson. В состав САПР вошли библиотеки типовых алгоритмов и наиболее часто используемые схемы.

Согласно проведенной наладке режимов работы мельниц специалистами Emerson был представлен ряд решений по автоматическому управлению с целью поддержания указанных режимов работы во всех диапазонах использования: четыре контура регулирования, обеспечивающие безопасность эксплуатации и эффективность работы. Рассмотрим подробнее каждый из них.

1. Регулятор топлива (РТ)

Регулятор предназначен для поддержания заданного значения оборотов всех работающих ПСУ. Он является одним из важнейших регуляторов, стабильная работа которого, позволяет получить удовлетворительный результат в работе котла и энергоблока в целом. Сложность ручного поддержания требуемого количества топлива в динамических режимах обуславливает необходимость применения автоматических регуляторов.

Данный регулятор построен по схеме с опережающей связью, сигналом которой является задание общего топлива на котел, формируемое от схемы соотношения воздух/топливо. РТ получает сигналы по сумме оборотов всех ПСУ,

сигнал по расходу мазута, сигнал задания от регулятора тепловой нагрузки и сигнал ручного задатчика. Далее задание общего топлива сравнивается с количеством общего топлива на корпус и при рассогласовании значений более чем на 5 % подаётся сигнал блокировки на повышение нагрузки корпуса котла, а при менее чем на 5 % – сигнал блокировки на понижение нагрузки корпуса котла. После этого сигнал-задание поступает на вход алгоритма PID, и выступает в качестве параметра для поддержания.

Регулятор топлива формирует задание для регуляторов загрузки мельниц. Регулятор переходит в режим статической балансировки при переводе РТ или всех регуляторов загрузки мельницы (РЗМ) на ручное дистанционное управление. Кроме того, при срабатывании защит корпуса котла заданием для ПСУ будет являться ноль, что приведёт к останову питателей.

2. Регулятор загрузки мельницы (РЗМ)

РЗМ построен по соотношению “задание от РТ – обороты ПСУ” и обеспечивает требуемый расход топлива от данной мельницы в корпус котла. Автоматизация трудоемкого процесса поддержания необходимого количества оборотов мельницы, освобождает машиниста от постоянного контроля за данным технологическим процессом, при этом улучшает эффективность подачи топлива к горелкам.

На вход РЗМ подаются: задание от РТ, сигнал по оборотам соответственно ПСУ-А, ПСУ-Б, ПСУ-В, ПСУ-Г, ПСУ-Д, ПСУ-Е, ПСУ-Ж, ПСУ-З и сигнал от ручного задатчика, управляемого оператором и предназначенного для перераспределения нагрузки мельниц между собой с учетом их эксплуатационного состояния. Воздействует регулятор на изменение числа оборотов соответствующего электродвигателя мельницы посредством системы частотного регулирования. Специалистами Emerson был предложен алгоритм коррекции оборотов ПСУ через коэффициент участия питателя. Машинист имеет возможность распределить нагрузку на каждый ПСУ, изменив коэффициент участия питателя в большую или меньшую сторону (нагрузка изменится соответствующим образом). Этот режим позволяет повысить эффективность подачи топлива при технологических ограничениях, возможных во время эксплуатации. При этом, уменьшив нагрузку любого ПСУ корпуса котла, она возрастет на остальных работающих ПСУ этого корпуса (и наоборот).

На РЗМ вводятся ограничения на открытие при:

- максимальной мощности МВС (перегрузка МВС);
- минимальном значении момента на валу ПСУ (срезание шпилек муфты электродвигателя ПСУ), также обнуляется задание интегратора.

РЗМ переводится в дистанционный режим с обнулением интегратора при отключении ПСУ. Регулятор переходит в режим статической балансировки при переводе РЗМ на ручное дистанционное управление.

При срабатывании защит на снижение нагрузки, в случае, если котельный регулятор мощности находится в дистанционном положении, РЗМ переводится в дистанцию и на выход подается значение соответствующей нагрузки для установления пятидесятипроцентной нагрузки корпуса котла.

3. Регулятор температуры аэросмеси (РТАМ)

РТАМ-А(Б) предназначен для поддержания заданной температуры первичного воздуха на мельницы корпуса А и, соответственно, корпуса Б. Воздействие осуществляется на соответствующий РК корпуса А и корпуса Б на линии слабо подогретого воздуха.

Регулятор выполнен по одноконтурной схеме и получает задание по температуре в зависимости от нагрузки корпуса. Во время наладки блока специалистами Emerson была определена зависимость необходимых температур, обеспечивающих оптимальный процесс сжигания топлива. Статистическая зависимость температур первичного воздуха от нагрузки вносится в алгоритмы регулирования и в дальнейшем определяется в качестве задания. Данный метод позволяет очень гибко изменять характеристику контура регулирования во время эксплуатации при технологической необходимости.

Регулятор переходит в режим динамической балансировки при переводе РК на ручное дистанционное управление.

4. Регулятор первичного воздуха (РПВ) на МВС

РПВ поддерживает температуру аэросмеси за сепаратором соответственно МВС-А, МВС-Б, МВС-В, МВС-Г, МВС-Д, МВС-Е, МВС-Ж, МВС-З с коррекцией расхода воздуха на мельницу в зависимости от её нагрузки. Воздействие осуществляется на соответствующий

регулирующий клапан подачи горячего воздуха от ВЗП на мельнице.

Эффективность сгорания топлива обеспечивается как экономическую, так и экологическую составляющую показателей работы котла. Правильная работа контура поддержания температуры аэросмеси обеспечивает требуемые технологические показатели котлоагрегата и снимает с машиниста значительную нагрузку по контролю.

Регулятор получает сигнал по расходу воздуха сушильного агента на МВС-А, МВС-Б, МВС-В, МВС-Г, МВС-Д, МВС-Е, МВС-Ж, МВС-З, сигнал электрической мощности мельницы и сигнал задания. Для улучшения быстродействия и качества регулирования во время наладки специалистами была реализована динамическая связь по оборотам ПСУ данной мельницы, что значительно улучшило качество регулирования.

Регулятор переходит в режим динамической балансировки при переводе РК на ручное дистанционное управление.

ВЫВОДЫ

Автоматизация управления котла ПК-39-2М энергоблока ст. № 2 Аксуской ЭС АО «ЕЭК» прошла успешно. Данная работа позволила модернизировать управление основным оборудованием энергоблока, что делает возможным непрерывный контроль за оборудованием и предупреждение оператора о нежелательных изменениях параметров технологических процессов.

По мере накопленного опыта эксплуатации котла [6] можно сделать следующие выводы:

- В проверенном эксплуатационном диапазоне нагрузок ($0,76...0,98 D_{ном}$) на котле обеспечиваются проектные показатели по производительности и параметрам пара. Температура перегретого пара на всем интервале проведения испытаний составляла от 540 до 545 °С при расчетной температуре 545 ± 5 °С. Номинальные значения температуры соответствуют режимам работы котла с оптимальным распределением первичного и вторичного воздуха.
- КПД «брутто» котла при номинальной нагрузке меняется в диапазоне 91,35...92,14 % в зависимости от количества работающих мельниц. При этом средний КПД корпуса А составляет 92,0 %, средний КПД корпуса Б – 91,2 %.

- Составляющие тепловых потерь при этом находятся в пределах: $q_2 = 5,58...6,42 \%$; $q_3 = 0 \%$; $q_4 = 1,13...2,87 \%$; $q_5 = 0,30...0,32 \%$; $q_6 = 0,05 \%$.
- Топочный режим котла обеспечивает устойчивое воспламенение и сжигание экибастузского угля без видимого шлакования экранов топки.
- Минимальная зафиксированная нагрузка с устойчивым горением на угле (без подсветки мазутом) составила $\approx 0,57 D_{ном}$.

Таким образом, можно утверждать, что в результате модернизации котла повысилось качество управления основным оборудованием [7], точность ведения режимов и динамические характеристики энергоблока, а внедрение технических решений и работа команды специалистов Emerson обеспечили заявленный уровень автоматизации объекта.

В новой системе на базе единого программно-технического комплекса реализованы все функции автоматики энергоблока. Наряду с автоматическими режимами котла также реализованы и все другие основные компоненты энергоблока, включая электрическую часть системы регулирования турбогенератора и питательных турбонасосов, регулятор мощности блока и другие.

Автоматизация объекта обеспечила безопасность эксплуатации и высокую экономичность его работы. Помимо конструктивных решений, были внедрены решения, обеспечи-

вающие качественное автоматическое регулирование тепловых процессов, автоматических защит, дистанционного управления и информативность контрольно-измерительных приборов в необходимом объеме.

Список литературы:

1. *Методика* оценки технического состояния котельных установок до и после ремонта. РД 34.26.617-97.
2. *Теплотехнические* испытания котельных установок. В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеева. – М.: Энергоатомиздат. 1991.
3. *Теплотехнические* расчеты по приведенным характеристикам топлива. Я.Л. Пеккер. – М.: Энергия. 1977.
4. *Тепловой* расчет котлов (нормативный метод). Издание третье, переработанное и дополненное. НПО ЦКТИ-ВТИ, Санкт-Петербург. 1998.
5. *Установки* котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования. ГОСТ Р 50831-95. Госстандарт России. М. 1996.
6. *Правила* технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. СО 153-34.20.501-2003.
7. *Методика* оценки технического состояния котельных установок до и после ремонта. РД 34.26.617-97.

Арипходжаев Насыр Эркинович – канд. техн. наук, *Вице-президент по развитию АО ЕЭК*,
Пуксант Сергей Викторович – ведущий инженер *Emerson Process Management*.

НОВОСТИ

SIEMENS «СИМЕНС» ПОСТАВИЛ ОБОРУДОВАНИЕ НА СОЛНЕЧНУЮ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЮ В КАЗАХСТАНЕ

Компания «Сименс» завершила поставки высоковольтного оборудования для строительства солнечной электростанции мощностью 50 МВт в Жамбылской области Казахстана. Новый объект возобновляемой энергетики будет оснащен газовыми выключателями 220 кВ, разъединителями 220 кВ, измерительными трансформаторами тока и напряжения 220 кВ, ограничителями перенапряжения 220 кВ и шкафами высокочастотной связи PowerLink производства «Сименс».

Заказчиком выступает ТОО «Бурное Солар-1», которая реализует пилотный проект по запуску солнечной электростанции. В регионе, в котором ра-

ботает компания, уже ведется строительство ряда электростанций, работающих по технологиям «зеленой энергетики».

Правительство Казахстана, согласно национальным программам для перехода к устойчивому развитию, планирует увеличить долю электроэнергии, получаемой от возобновляемых источников, до 50 % к 2050 году.

<http://www.siemens.kz>

<http://www.siemens.com>

http://www.twitter.com/siemens_press