

влажности корпуса П-В по сравнению со способом завода «Тоотси» суточная выгода составит 121,28-58,176=63,1 тыс. руб.

Для окончательного вывода о наиболее рациональном варианте способа подсушки топливного торфа повышенной влажности следует произвести подробную калькуляцию затрат по рассмотренным способам.

Литература

1. Горфин О.С., Михайлов А.В. Машины и оборудование по переработке торфа. Учебное пособие. Ч.1. Производство торфяных брикетов. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2013. 250 с.
2. Горфин О.С., Михайлов А.В. Способы подсушки топливного торфа повышенной влажности на торфобрикетных заводах // Вестник Тверского государственного технического ун-та, Вып. 1(23), Тверь, 2013. С. 32 - 35.
3. РД 34.10.502. Нормы расхода мазута или газа при сжигании торфа и сланцев на тепловых электростанциях Минэнерго СССР. (НР 34-00-83-85). Министерство энергетики и электрификации СССР. 1985. 7 с.
4. Мазут. Прайс-лист. URL: http://www.riccom.ru/sale_market_r_np_16.htm (дата обращения: 30.09.2013).
5. ООО «ЕРТ». Торф фрезерный топливный. URL:<http://ert.rosfirm.ru/torf-frezernyj-toplivnyj-pc348343874.htm> (дата обращения: 30.09.2013).
6. Наумович В.М. Искусственная сушка торфа. - М.: Недра, 1984. 222 с.
7. ОАО «Ронгинское торфобрикетное предприятие». Торфобрикет навалом по безналичному расчету. URL:<http://torfobriket.biz/price.html> (дата обращения: 30.09.2013).

УДК 696.697:58.012.011.56

К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

Маркова Т.А., Демин В.К., Чибисова П.

Тульский государственный университет

Разработанная система позволяет изучить все процессы, протекающие в котельном агрегате, проследить взаимосвязи между отдельными контурами регулирования, выявить влияние малейшего изменения в одном контуре на всю систему в целом при неизменных остальных параметрах.

Тепловая энергетика и отопление сегодня по праву занимают одно из первых мест по уровню автоматизированности. Все современные котельные установки и тепловые пункты в обязательном порядке оснащаются самым широким спектром устройств автоматического управления, которые позволяют создать гибкую, надежную и абсолютно безопасную систему горячего водоснабжения и отопления. И действительно, сегодня очень трудно представить себе котельную без установленного в ней целого комплекса автоматики, ведь теплоэнергетические установки характеризуются тем, что все происходящие в них процессы протекают непрерывно. При этом выработка тепловой энергии, всегда должна строго соответство-

вать потреблению (нагрузке). По этой причине практически все операции, осуществляемые теплоэнергетическими установками- автоматизированы, и участие человека в этих процессах сведено к минимуму. Этим и объясняется широкое распространение систем автоматизации в тепловой энергетике.

Система автоматизации котельного агрегата должно обеспечивать:

- аварийное отключение при превышении объемной доли CO продуктов сгорания более 1 %.
- при зажигании основной горелки система автоматики котла обеспечивает время безопасности не более 3 с, в конце которого начинается восприятие основного факела. Если основной факел не обнаружен за этот период, происходит энергонезависимое отключение.
- поддержание давления топлива с точностью не менее 10 % заданного.
- опережение подачи воздуха при увеличении тепловой мощности, опережение подачи топлива при уменьшении тепловой мощности, достаточный и избыточный воздух для предотвращения газообогащенного сжигания.
- расход воды через котел не менее 0,9 номинального значения.
- поддержание температуры воды на входе в котел не менее 70 градусов.
- время безопасности при погасании пламени(интервал между сигналом погасания пламени и сигналом на отключение газа) — не более 1 с.
- суммарное время отключения — не более 2 с.

Система может обеспечивать работу с двухтопливными горелками, при этом возможна раздельная система контроля пламени. Степень приспособляемости системы к изменению процессов и методов управления, к отклонениям параметров объекта управления — протекание переходных процессов, вызываемых скачкообразным изменением заданного значения нагрузки котла не должно вызывать максимальные отклонения по основным технологическим параметрам хуже, чем 5 %.

Паровой котел как объект математического моделирования. Упрощенная функциональная схема котельного агрегата (рис. 1).

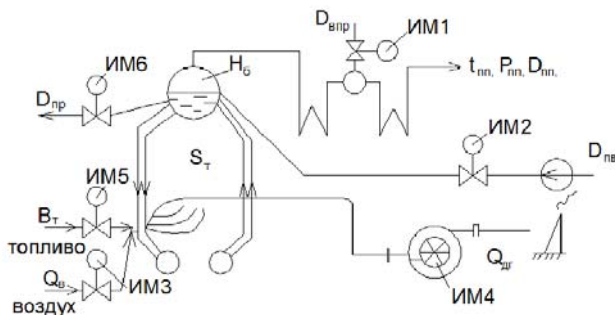


Рис.1 Функциональная схема котельного агрегата

Исполнительные механизмы:

ИМ1 – исполнительное устройства впрыскивания в трубопровод конденсата ($D_{впр}$ – расход воды на впрыск);

ИМ2 – исполнительный механизм подачи питательной воды ($D_{пв}$ – расход питательной воды);

ИМ3 – исполнительный механизм подачи воздуха ($Q_{в}$ – расход воздуха);

ИМ4 – исполнительное устройство в трубопроводе дымовых газов ($Q_{дг}$ – расход дымовых газов, S_t – разрежение в топке);

ИМ5 – исполнительный механизм подачи топлива (B_t – расход топлива);

ИМ6 – исполнительное устройство подачи продувочной воды ($D_{пр}$ – расход продувочной воды).

Задачей комплексной автоматизации котельного агрегата является выявление регулируемых величин и обнаружение связей между ними, а также определение дестабилизирующих величин, влияющих на регулируемые параметры.

Система автоматизации котельного агрегата включает в себя следующие регулируемые параметры:

- температура пара;
- уровень воды в барабане;
- избыток воздуха в топке;
- расход топлива;
- разрежение в верхней части топки.



Рис. 2. Задачи комплексной системы регулирования котла.

Комплексная система автоматического регулирования барабанного парового котла в целом состоит из отдельных систем регулирования:

- 1) температуры пара;
- 2) уровня воды в барабане;
- 3) избытка воздуха в топке, определяющего экономичность процесса горения топлива;
- 4) расхода топлива;

5) разрежения в верхней части топки.

1. *Контур управления температурой пара.* На выходе из котлоагрегата пар должен иметь определенную температуру. При повышении температуры пара срабатывают, так называемые, впрыски, которые впрыскивают в трубопровод конденсат, тем самым понижая температуру пара.

2. *Контур управления уровнем воды в барабане.* Поддержание уровня воды в барабане котла в заданных пределах означает соответствие расхода питательной воды, поступающей в барабан, расходу пара (нагрузке).

К регулированию предъявляются особо высокие требования, так как упуск уровня или перепитка котла могут привести к серьезным авариям: пережогу экранных труб или забросу воды в магистральный паропровод.

На колебание уровня в барабане котла оказывает влияние не только изменение нагрузки, но и явление "набухания" воды - изменение объема, занимаемого паром в пароводяной смеси, проходящей через циркуляционный контур котла. "Набухание" происходит при резких изменениях давления в барабане (сброс или нарастание нагрузки) либо при колебаниях тепловыделений в топке, связанных с изменениями подачи топлива или воздуха. Например, при увеличении расхода пара уровень сначала за счет "набухания" начнет повышаться и только через некоторое время понизится.

Значение уровня в барабане котла с датчика уровня поступает на контроллер, где оно сравнивается с заданным значением и где формируется закон управления. Управляющий сигнал от контроллера поступает на исполнительное устройство, расположенное на трубопроводе.

Если в статическом режиме положение уровня воды в барабане котла определяется состоянием материального баланса, то в динамике на положение уровня влияет большое количество возмущений. Основными из них являются изменения:

- подачи воды в котел;
- паросъема котла при изменении нагрузки потребителя;
- паропроизводительности при изменении нагрузки топки;
- температуры воды, подаваемой в котел.

3. *Контур управления подачей воздуха.* Процесс сжигания топлива должен осуществляться с максимальной экономичностью. Топливо, поступающее в топку должно сгорать по возможности полностью, а потери выделившегося тепла при его передаче поверхностям нагрева должны быть минимальными. Для экономичного сжигания топлива необходимо, чтобы количество воздуха подаваемого в топку котла, строго соответствовало количеству тепла, поступающего с топливом, причем коэффициент избытка воздуха - α , определяемый содержанием O_2 в продуктах сгорания, должен поддерживаться в соответствии с режимной картой котлоагрегата. Достаточно точное поддержание коэффициента избытка воздуха α затруд-

нительно, т.к. газоанализаторы, используемые в настоящее время для анализа уходящих газов, являются инерционными и, следовательно, не позволяют получить желаемое качество регулирования. Поэтому подача воздуха в топку должна регулироваться по косвенным показателям, более или менее точно учитывающим количество тепла, вносимое в топку котла. Если воздуха будет подаваться больше, чем его необходимо для полного сгорания топлива, то на нагрев этого воздуха в топке расходуется дополнительное топливо, что снижает КПД котла. При нехватке воздуха в топке будет происходить неполное сгорание топлива, что также снизит КПД.

4. *Контур управления подачей топлива.* При работе котлоагрегата основным возмущением является изменение потребления пара. При сбросе нагрузки, например, давление в барабане растёт. Давление пара поддерживается в пределах допустимых отклонений, что обуславливается требованиями заданного режима работы. Давление пара отклоняется от расчетного значения во всех случаях небаланса между количествами потребляемого пара и вырабатываемого и регулируется посредством изменения тепловыделения в топке, т.е. главным образом изменением подачи топлива.

5. *Контур управления разрежением.* Для нормального протекания топочного режима в верхней части топки котла поддерживается разрежение. Создание устойчивого разрежения в топке должно осуществляться автоматически в пределах от -20 до -30 Па (от -2 до -3 кгс/см²).

В противном случае наблюдается выбивание пламени из топки при уменьшении разрежения или присосы холодного воздуха через кладку топки при увеличении разрежения.

При отклонении разрежения от нормы подается сигнал на контроллер, который воздействует на направляющие аппараты дымососов.

Значение разрежения в верхней части топки с датчика разрежения поступает на контроллер, где оно сравнивается с заданным значением и где формируется закон управления. Управляющий сигнал от контроллера поступает на исполнительное устройство, расположенное на трубопроводе дымовых газов.

Для обеспечения сбора значений параметров технологических процессов котельный агрегат и его технологическое оборудование должны быть оснащены датчиками, а для управления параметрами – исполнительными устройствами. Для осуществления анализа значений контролируемых параметров, формирования управляющих воздействий необходимо вычислительное устройство – автоматический регулятор, обеспечивающий сравнение полученных значений параметров со значениями параметров нормального течения процесса – уставок.

На основе результатов сравнения регулятор обеспечивает формирование управляющих воздействий на исполнительные устройства с целью

компенсации отклонений и восстановления значений параметров, соответствующих нормальному течению процесса.

В системе используются датчики:

- уровня в барабане;
- расхода топлива;
- расхода воздуха;
- расхода конденсата;
- расхода пара;
- температуры пара;
- температуры питательной воды;
- разрежения в топке.

Исполнительными механизмами в контурах регулирования являются регулирующие клапаны, приводимые в действие механизмами электрическими однооборотными (МЭО).

Для того чтобы объединить отдельные контуры регулируемых величин в комплексную модель необходимо проследить взаимосвязи между ними. Заметим, что питательная вода проходит последовательно барабан и пароперегреватель, т.е. выходной сигнал барабана будет являться входным для пароперегревателя.

Контур стабилизации разрежения и расходов топлива и воздуха связаны единым местом протекания процесса – топкой, в которой происходит процесс горения природного газа под определенным разрежением с необходимым для этого количеством воздуха.

Исходя из этого, схема комплексной системы автоматизации котельной установки выглядит следующим образом (рис. 3), где

$K1 (c_{пара})$ – удельная теплоемкость пара (1,97 кДж/(кг·°C));

$K2 (r)$ – удельная теплота парообразования (2256 кДж/кг);

$K3 (1/Q_p^H)$ – величина, обратная удельной теплоте сгорания топлива (для газа 1/33500 м³/кДж);

$K4 (c_{воды})$ – удельная теплоемкость воды (4,2 кДж/(кг·°C));

$K5 (T_{пит. воды. вх})$ – температура питательной воды на входе в водяной экономайзер (250°C);

ИМ – исполнительный механизм.

Вышеперечисленные принципы организации и работы системы автоматизации котельного агрегата позволяет гарантированно обеспечить повышение КПД на 2-2,5 % , что позволит, например, после автоматизации газового котла экономить на каждый 1МВт мощности — от 65 куб.м. газа в сутки. При цене газа 70\$ за 1000 куб. м. — экономия составит более 120 \$ в месяц на каждый 1МВт мощности.

Литература

1. Ковалев Р.А.; Демин В.К.; Маркова Т.А. Автоматизация процесса производства тепловой энергии: Монография. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – 111 с.
2. Демин В.К., Маркова Т.А. Математическая модель регулирования уровня воды в барабане парового котла // Материалы конференции «Социально – экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 6-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики.- ТулГУ, Тула, 2011 – Т.1.- с. 519-524.
3. Демин В.К., Маркова Т.А. Законы управления системой регулирования уровня в барабане парового котла // Материалы конференции «Социально – экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 6-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики.- ТулГУ, Тула, 2011- Т.1.- с. 504-508.
4. Демин В.К. Управление паровыми котлами при работе на общую магистраль // Материалы конференции «Социально – экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 6-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики.- ТулГУ, Тула, 2011- Т.1.- с. 501-504.
5. Маркова Т.А., Демин В.К., Гречишкин В.Н. Регулируемый асинхронный электропривод котельного оборудования // Материалы конференции «Социально – экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 8-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики.- ТулГУ, Тула, 2012- Т.2.- с. 552-558.

УДК 621.3.052.

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ МНОГОУРОВНЕВОЙ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ НА СОВРЕМЕННОМ УРОВНЕ

Касобов Л.С., Таштабанов Д.Ф., Иноятов М.Б., Давлатшоев Д.Д., Ахъёев Дж.С.
Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими

Предложен алгоритм управления для предотвращения нарушений устойчивости путем применения многоуровневой противоаварийной автоматики в энергосистеме Таджикистана в режиме реального времени.

Основное направление совершенствования управления энергосистемой - переход к автоматизированной системе, т.е. управление нормальными и аварийными режимами.

Управление энергосистемой в аварийном режиме наиболее эффективно при наличии централизованной энергосистемы противоаварийной автоматики, позволяющей локализовать и не дать развиваться аварии или вовсе предотвратить её. При отсутствии же такой системы управления может привести к возникновению и развитию сложных системных аварий.

Задача построения современной системы противоаварийной автоматики особенно актуальна в нашей стране в связи с внедрением проекта CASA-1000 и включением Рогунской ГЭС. С введением этих проектов