

УДК 621.181.124

О.В. ЗАМИЦЬКИЙ, д-р техн. наук, доц., І.І. ЄФІМЕНКО, студент
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ КОТЛА

Розглянуто фактори, які впливають на якість димових газів, визначено що для забезпечення оптимальних виробничо-економічних, технологічних й технічних параметрів роботи котла необхідно синтезувати систему керування котлоагрегатом для покращення якості димових газів.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Сьогодні забруднення довкілля набуває загрозливих розмірів. Кількість викидів теплоенергетичного сектора стоїть на другому після автомобільного транспорту місці. Тому особливо гостро стоїть питання зниження шкідливих речовин в продуктах згоряння.

Основні забруднюючі речовини: оксид вуглецю CO; оксиди азоту NO_x; пари кислот. З першими двома чинниками доцільно боротися шляхом удосконалення процесу горіння (регулювати точне співвідношення газ-повітря) і зниження температури в топці котла.

У даний час, коли безвідходна технологія знаходиться в періоді становлення і повністю безвідходних підприємств ще немає, основним завданням газоочищення служить доведення вмісту токсичних домішок в газових домішках до гранично допустимих концентрацій (ГДК), встановлених санітарними нормами.

Слід зазначити, що при впровадженні даних технологій може спостерігатися не тільки зниження ККД котельної установки, але й складності з регулюванням технологічних процесів. Останнє часто обумовлене не тільки ускладненням схеми регулювання, але й поганим станом контрольно-вимірювальних приладів, установлених на котлі.

Аналіз досліджень та публікацій. У результаті роботи енергетичних й промислових підприємств, транспортних засобів й іншої господарської діяльності, а також природних процесів (вивітрювання, вулканічних) до атмосферного повітря підмішуються значні кількості різних техногенних і природних домішок: газів, пару, аерозолів. Питаннями очищення димових газів займається цілий ряд науковців такі, як: А.К. Внуков, В.А. Спейшер, А.Д. Горбатенко, Р.Б. Ахмедов., Л.М. Цирюльников., В.Р. Котлер, П. В. Росляков, А.В. Вершинін, А.Э. Зелінський, Ю.М. Варфоломеев, В.И. Самикін, Ю.А.Салтиков.

Одним з найбільше легко реалізованих режимних заходів є зниження надлишку повітря в топці. У результаті зменшення змісту кисню в зоні горіння відбувається заглушення утворення як термічних, так і паливних NO_x. Тому даний захід може бути застосовано при спалюванні будь-яких видів органічного палива. В роботах Р. Б. Ахмедова, В.Р. Котлера та П. В. Рослякова ретельно досліджується питання зниження викидів оксидів азоту за рахунок режимно-налагоджувальних випробувань котлів.

Розрахунки показників Пі й СП проведені за результатами випробувань Л.М. Цирюльникова, П.В. Рослякова, А.В. Вершиніна та А.Э. Зелінського показали, що великий внесок у сумарну шкідливість викиду продуктів згоряння в атмосферу вносять оксиди азоту NO_x, насамперед за рахунок NO₂. Їхня частка в сумарній шкідливості викиду для різних режимів становить від 90 до 98%. (СП -показник сумарної шкідливості продуктів згоряння, що є сумою приватних показників шкідливості Пі для C, NO_x і бензопірену БП).

Отже, режими з контрольованим помірним недопалом є найбільш виправданими як з погляду екологічної чистоти, так й з погляду ефективного спалювання палива.

Впровадження режимів з контрольованим недопалом доцільно при модернізації АСУ ТП котла. Для цих цілей слід передбачити установку на котлі вимірювальних систем для контролю змісту O₂, C й NO у продуктах згоряння.

Постановка завдання. Одним з ефективних методів покращення якості димових газів та енергозбереження є автоматизація процесів горіння палива в котельнях. Досконалість процесу горіння палива визначає економічність роботи котельної установки й сприяє захисту навколишнього середовища від забруднення. Подача палива й повітря в топку котла повинна здійснюватися в певному співвідношенні - як недостатня, так й надмірна подача повітря знижує ККД котла.

Автоматизована система керування процесами, які відбуваються в котельних установках, повинна наряду з ефективним використанням енергоресурсів як найменше забруднювати атмосферу. Автоматизація котельних агрегатів передбачає обладнання кожного котла засобами автоматичного контролю та виміру його параметрів, автоматичного захисту при виникненні аварійних ситуацій та забезпечення автоматизованого управління окремим агрегатом.

Викладення матеріалу та результати. Розглянувши фактори, які впливають на якість димових газів, визначаємо мету модернізації системи керування режимами роботи котла й її призначення - забезпечення оптимальних виробничо-економічних, технологічних і технічних параметрів роботи котла для покращення якості димових газів.

Автоматизована система керування процесами, які відбуваються в котельних установках, повинна наряду з ефективним використанням енергоресурсів як найменше забруднювати атмосферу.

Теоретичні дослідження режимів горіння, які забезпечують покращення якості димових газів та аналіз високоефективного способу зниження теплового й хімічного забруднення атмосфери газифікованими котельнями показали, що існують прості методи досягнення поставленої мети це:

- спрощене двоступінчасте спалювання;
- спрощена схема рециркуляції;
- вприск вологи;
- нестехіометричне спалювання;
- зниження надлишку повітря.

Одним з найбільше легко реалізованих режимних заходів є зниження надлишку повітря в топці. У результаті зменшення змісту кисню в зоні горіння відбувається заглушення утворення як термічних, так й паливних NO_x . Тому даний захід може бути застосовано при спалюванні будь-яких видів органічного палива. Воно дозволяє не тільки знизити викиди NO_x , але й трохи підвищити КПД котла за рахунок зниження втрат теплоти з газами, що йдуть, й витрат енергії на власні потреби.

Ефективний метод зниження викидів оксидів азоту - контрольований хімічний недопал.

Режими з помірним недопалом є найбільш виправданими як з погляду екологічної безпеки, так й з погляду ефективного спалювання природного газу.

Слід зазначити, що робота на знижених надлишках повітря з помірним контрольованим недопалом пред'являє більш високі вимоги до стану котельного агрегату, роботі контрольно-вимірювальних приладів.

Це, в першу чергу, відноситься до присосів холодного повітря в топкову камеру й газоходи котла, які перевищують нормовані значення, і рівномірності роздачі палива й повітря по пальниковому обладнанню.

Тому перед впровадженням режимів спалювання палива з контрольованим помірним недопалом слід провести ущільнення топки, перевірку штатних приладів й усунення перекосів у томливо повітряних трактах.

Створення необхідного тиску пари в котлі й його підтримка на заданому рівні забезпечуються створенням відповідних температурних режимів. Вони досягаються спалюванням деякої кількості палива. У свою чергу процес спалювання також має критичні моменти. Хімічна сторона горіння палива являє собою реакцію окиснення горючих елементів молекулами кисню. Для горіння використовується кисень, що перебуває в атмосфері. Повітря в топці подається в певному співвідношенні з газом за допомогою дутцевого вентилятора. Співвідношення газ-повітря становить приблизно 1:10.

Отже, при недостатності повітря в топковій камері відбувається неповне згоряння палива, й незгорілий газ викидається в атмосферу, що веде до зниження екологічних характеристик котельні й нераціональному використанню палива. Надлишкова ж подача повітря в топкову камеру приводить до повного згоряння палива. Крім того, залишки кисню й азот, що присутній у повітрі, будуть утворювати двоокис азоту, що також неприпустимо, оскільки це з'єднання шкідливе для людини й навколишнього середовища. Тому регулювання подачі повітря для спалювання палива необхідно як фізично, так й економічно.

Структурне моделювання котельного агрегату. Для подальшого аналізу процесів, які відбуваються у котельному агрегаті, необхідно визначити передаточну функцію об'єкта, для чого складається принципова технологічна схема котла. Більшість теплових об'єктів на електричних

станціях - складні динамічні системи з розподіленими параметрами. Аналітичне визначення статичних й динамічних характеристик таких систем, наприклад, у вигляді диференціальних рівнянь пов'язане з великим обсягом розрахункових й дослідницьких робіт. Один з методів спрощення розрахунків складається в поданні складного об'єкта з розподіленими параметрами у вигляді послідовного або паралельного з'єднання ділянок із зосередженими параметрами. Останні повинні мати єдність конструкції або одноманітність фізичних й технологічних процесів, що протікають у них, а також порівняльно простий математичний опис. Розглянемо, наприклад, процес зміни тиску перегрітої пари в трубопроводі на виході парового котла, принципова технологічна схема якого зображена на рис. 1.

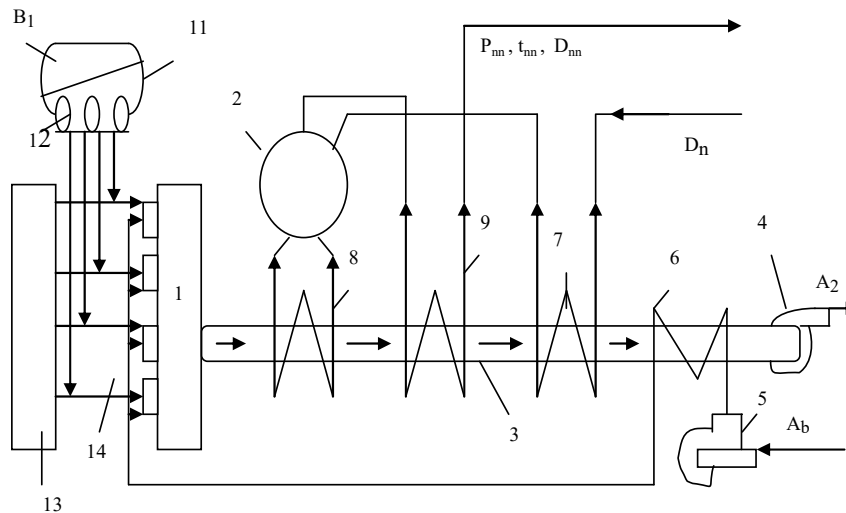


Рис. 1. Принципова технологічна схема котла: 1 - топка; 2- барабан; 3- газохід; 4- димосос; 5 - вентилятор; 6 - повітропідігрівник; 7 - економайзер; 8 - циркуляційний контур; 9 - пароперегрівник; 10 - пальники; 11- бункер пилу; 12- живильники пилу; 13 - короб первинного повітря; 14 – пилопроводи

Паровий котел як складна динамічна система може бути розділений на ряд більше простих ділянок.

Перша ділянка W_1 - транспортування пилоподібного палива живильниками пилу з бункерів пилу по пило проводам до пальників.

Динамічні властивості цієї ділянки дозволяють приблизно вважати його ланкою транспортного запізнювання з передатною функцією $W_1(p) = e^{-p\tau}$, у якій значення τ залежить від швидкості руху пилоповітряної суміші й довжини пиловоду.

Наступна ділянка W_2 - топкова камера. Описується рівнянням інерційної ланки першого порядку. Наступна ділянка W_3 - процес тепловіддачі. Його динаміка теж може бути описана рівнянням інерційної ланки першого порядку.

Наступну ділянку W_4 утворює барабан, опускні труби, екранні поверхні. Далі пароперегрівник - W_5 і приєднаний до нього трубопровід перегрітої пари. Результуюча передаточна функція визначається як добуток послідовно включених ланок.

Розглянутий спосіб складання передаточної функції складного об'єкта називається структурним моделюванням.

Розглянемо структуру САК котла з підсистемою для покращення якості димових газів. Для розв'язку зазначеного завдання автоматизована система повинна додатково виконувати наступні функції:

- автоматичний збір значень параметрів процесів горіння, які впливають на якість димових газів;
- аналіз одержаних значень контрольованих параметрів технологічних процесів горіння;
- автоматичне керування параметрами, які забезпечують необхідний недопал;
- визначення позаштатних ситуацій, тобто перевищення допустимого вмісту шкідливих включень у димові гази.

З аналізу покладених на систему керування функцій стає ясно, що для забезпечення збору значень параметрів технологічних процесів котельний агрегат і його технологічне встаткування повинні бути оснащені датчиками, а для керування параметрами – виконавчими пристроями.

Для здійснення аналізу значень контрольованих параметрів, формування керуючих впливів, визначення позаштатних ситуацій необхідно обчислювальне обладнання - автоматичний регулятор, що забезпечує порівняння отриманих значень параметрів зі значеннями параметрів нормального перебігу процесу - уставок.

На основі результатів порівняння регулятор забезпечує формування керуючих впливів на виконавчі пристрої з метою компенсації відхилень і відновлення значень параметрів, відповідних до нормального перебігу процесу.

Для оснащення котла й технологічного встаткування датчиками й виконавчими механізмами необхідно скласти перелік контрольованих параметрів із вказівкою їх максимальних й мінімальних значень, що відповідають нормальному, неаварійному функціонуванню встаткування. Далі слід скласти схему формування керуючих впливів системи при зміні значень параметрів, що знімаються з датчиків, й виході цих параметрів за межі мінімальних й максимальних значень. Маючи переліки вхідних й вихідних сигналів, критичних й небезпечних значень параметрів процесу, а також схему формування керуючих впливів системи неважко скласти алгоритм роботи системи.

Як було сказано вище, для керування процесами САКК у своєму складі повинна мати регулятори тиску пари, рівня води в котлі, подачі повітря на горіння й розрядження в топці.

Підтримка тиску пари може здійснюватися регулюванням подачі палива на спалювання з використанням у якості виконавчих пристроїв клапанів, що обмежують подачу палива в паливник.

Для підтримки рівня води в котлі в якості виконавчих пристроїв також можуть використовуватися клапани, які будуть перекривати подачу води в котел при наповненні котла до оцінки максимального рівня й відповідно дозволяти подачу води при зниженні рівня.

Регулювання подачі повітря й підтримка розрядження в топці можуть здійснюватися зміною частоти обертання відповідних вентиляторів. Найбільш якісне регулювання подачі повітря досягається застосуванням частотного перетворювача. Крім того, використання частотного перетворювача для регулювання частоти обертання вентилятора приводить до зниження споживання електроенергії вентилятором, а з урахуванням потужності електродвигуна – й до значної економії. Функціональну схему автоматичної системи регулювання наведено на рис. 2. Звичайно ж, це спрощена схема.

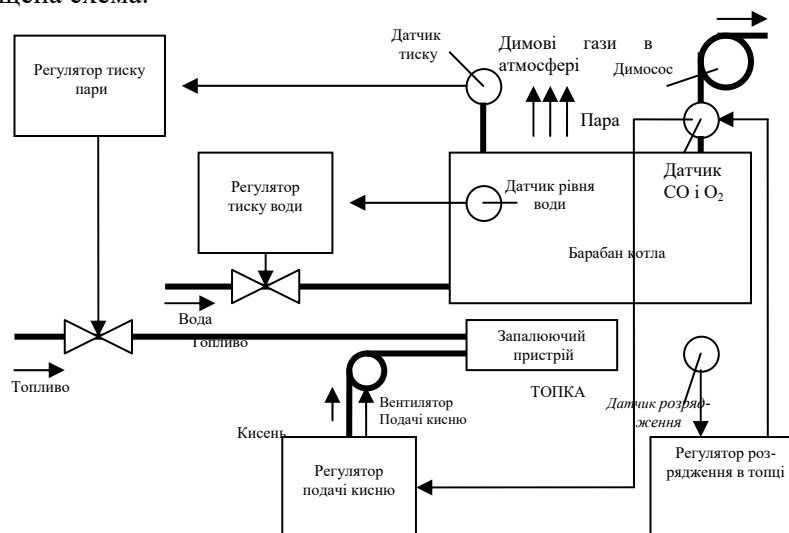


Рис. 2. Функціональна схема автоматичної системи регулювання

У реальності система повинна відслідковувати більш 50 параметрів і управляти більш ніж 20 пристроями, а також передбачати сигналізацію (попередження машиністу котла) про вихід параметрів за встановлені межі й сигналізацію про спрацювання захистів, що діють на зупинку котла. А для запобігання виводу з ладу котла у випадку виникнення небезпечних ситуацій алгоритм роботи системи повинен передбачати захист, реалізовану припиненням подачі палива на горіння.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Зниження забруднення навколишнього середовища токсичними продуктами згоряння органічних палив є однією з важливих проблем розвитку теплоенергетики. У промисловості існують різні методи зниження зазначених викидів, наприклад, шляхом східчастого спалювання палива, рециркуляції димових газів у топці котла, упорскування води в зону горіння, хімічного очищення димових газів, (за допомогою аміаку) або опромінення газів електронними пучками. Однак перераховані методи й прийоми, у певній мері знижуючи викиди оксидів, погіршують економічність котлів або досить складні в практичному використанні, особливо в котельних установках малої й середньої потужності.

Визначено, що режими з контрольованим помірним недопалом є найбільш виправданими як з погляду екологічної чистоти, так й з погляду ефективного спалювання палива. Режими з контрольованим помірним недопалом є малозатратними й швидко впроваджуваними, оскільки можуть бути легко реалізовані на котлі в результаті налагоджувальних випробувань.

Впровадження режимів з контрольованим недопалом доцільно при модернізації АСУ ТП котла. Метою створення системи є забезпечення оптимальних виробничо-економічних, технологічних і технічних параметрів роботи котла для покращення якості димових газів. Автоматизована система керування процесами, які відбуваються в котельних установках, повинна наряду з ефективним використанням енергоресурсів якнайменше забруднювати атмосферу.

Список літератури

1. Ахмедов Р.Б. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. – 2-е изд. перераб. и доп. / Р.Б. Ахмедов, Л.М. Цирульников. – Л.: Недра, 1984. – 238 с.
2. Котлер В. Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов / В.Р. Котлер. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 144 с.
3. Разработка рекомендаций по снижению выбросов оксидов азота для газомазутных котлов ТЭС / П.В. Росляков [и др.] // Электрические станции. – 1991. – № 9.
4. Высокоэффективный способ снижения теплового и химического загрязнения атмосферы газифицированными котельными / Ю.М. Варфоломеев // «Энергобезопасность в документах и фактах» №5, 2005 г., издание «Московского Института Энергобезопасности и Энергосбережения», www.endf.ru
5. Содержание вредных веществ в дымовых газах™ и способы снижения их концентрации // 2006-2009 Водная техника™, domotronika.ua.

Рукопис подано до редакції 20.01.12

УДК 622.7

Т.А. ОЛЕЙНИК, д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «Криворожский национальный университет»,
И.В. ХМЕЛЬ, главный обогатитель, ПАО «Северный горно-обогатительный комбинат»

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ РУДОПОДГОТОВКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕЛЬНИЦ С РЕЗИНОВОЙ ФУТЕРОВКОЙ

Приведены особенности процессов рудоподготовки при использовании резиновой футеровки в мельницах Северного горно-обогатительного комбината. Показаны существенные преимущества резиновой футеровки мельниц перед металлическими футеровками. Доказано, что при использовании резиновой футеровки повышается раскрытие рудных зерен на 1,8-3 %.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Измельчение полезных ископаемых - это один из наиболее важных процессов в обогащении полезных ископаемых. На горно-обогатительных комбинатах на него тратится 5-20 % всей электроэнергии мира. В целом на процессы измельчения приходится 50-70 % общих капитальных и эксплуатационных затрат и наибольшие затраты металла. Кроме энергетического фактора при выборе способа измельчения учитывается непосредственно главная цель этого процесса - не уменьшение крупности зерен, а раскрытие минеральных сростков. На обогатительных комбинатах по переработке магнетитовых кварцитов при крупности измельчения 94-98 % класса минус 0,044 мм раскрытие рудных зерен составляет 78-84 %. Соответственно качество концентратов не превышает 64 % по железу общему, что сегодня не удовлетворяет мировым стандартам. Одной из причин сложившейся ситуации, на наш взгляд, являются процессы, происходящие в мельницах с традиционной металлической футеровкой, где происходит в основном уменьшение крупности зерен (а не их раскрытие) за счет истирания. Для повышения степени раскрытия минеральных зерен необ-