

Следовательно, $\Delta t = \pm 1,15 \frac{S}{p}$.

Принимаем решение ограничиться двадцатью циклами. Для двадцати точек плана фаза завершена, приняты целевые величины, полученные после 20 цикла.

Исходя из проведенных расчетов, принимаем следующее решение: ограничить количество опытов по 4 в каждом цикле. Процесс поиска достоверного приближения может быть завершен. Надежность находится в интервале при максимуме $0,9881 \leq \max \leq 0,9985$, а минимум находится в интервале $0,9760 \leq \min \leq 0,9884$.

Следовательно, опыты равночисленные и планирование эксперимента завершено.

Список литературы

1. Рыжов П.А. Математическая статистика в горном деле. - М. / Высшая школа, 1973. - 286 с.
2. Тищенко С.В. Математические модели физических процессов взрывных геотехнологий. - Кривой Рог / Миснерал, 2008. - 148 с.

Рукопись поступила в редакцию 15.01.14

УДК 621.45.04-52

Л.І. ЄФІМЕНКО, канд. техн. наук, доц., О.О. СПІВАК, студент
Криворізький національний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СПІВВІДНОШЕННЯМ ПОДАЧІ ПАЛИВА Й ПОВІТРЯ В ТОПКУ КОТЛА

Розглянуто сучасні методи автоматизації виробництва пари та вибір методів, придатних для створення системи автоматичного контролю та регулюванню режимів роботи котлоагрегату, шляхом установки контрольно-вимірвальних приладів і регулюючих пристроїв, для забезпечення оптимального співвідношення подачі палива й повітря в топку котла.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Основне завдання підвищення ефективності промислових котельних полягає в поліпшенні показників їх теплової економічності, тобто в підвищенні ККД котельних, зниженні питомої витрати палива на вироблення теплової енергії для технологічних і комунально-побутових споживачів, а також зниження викиду шкідливих речовин в довкілля.

Зниження забруднення довкілля токсичними продуктами згоряння органічних палив є однією з важливих проблем розвитку теплоенергетики. У цей час діють досить тверді нормативи, що регламентують викиди в атмосферу. Переважна більшість діючих котлів мають значно більш високі рівні викидів NO_x , ніж це регламентується. До теперішнього часу розроблена велика кількість методів зниження викидів оксидів азоту як на стадії спалювання палива, так і очищення газів на стадії охолодження продуктів згоряння. Останні є високоефективними методами, що дозволяють забезпечити задані рівні викидів оксидів азоту, і широко застосовуються в технологічно розвинених країнах.

Актуальність вирішення цієї проблеми підкреслюється тенденцією до збільшення ціни на паливо, значна частина якого спалюється в котлах промислових котельних. На долю промислових котельних доводиться близько 25% теплової енергії, споживаній в системах теплопостачання України. При цьому як паливо використовується переважно дефіцитний і дорогий природний газ.

Складність вирішення проблеми підвищення ефективності промислових котельних, а також зниження викиду шкідливих речовин в довкілля, посилюється зношеністю основного і допоміжного устаткування котельних, тепловими навантаженнями, що різко змінюються, невідповідністю параметрів теплоносіїв, необхідним споживачеві, обмеженістю матеріальних засобів підприємств для автоматизації та модернізації котельних, залежністю від зовнішніх постачальників енергоносіїв і інше. Необхідність вирішення цих питань підтверджує актуальність теми роботи.

Аналіз досліджень та публікацій. Оптимізація існуючої системи автоматичного керування співвідношенням подачі палива й повітря в топку котла є досить важливим питанням автоматизації виробництва. Детальний аналіз методів вимірювання газів і газоаналізаторів дано в літературних джерелах [1-7]. У розглянутих роботах вітчизняних науковців піднята актуальна проблема знижен-

ня викидів оксиду азоту, які утворюються при спалюванні палива в котлах теплових електростанцій, показано вплив складу палива, параметрів топкового процесу і конструктивних особливостей котла на утворення оксидів азоту. викладено практичні способи зменшення оксидів азоту за рахунок удосконалення процесу горіння [7]. Також виконано аналіз найбільш значущих досліджень зарубіжних вчених які з успіхом можуть бути використані у вітчизняній енергетиці.

Розглянуто характерні властивості кисню і оксиду вуглецю, які теоретично можна використовувати для створення автоматичних газоаналізаторів, у порівнянні з іншими компонентами димових газів. Показано, що вибір методу аналізу для газоаналізатора полягає у знаходженні найбільш специфічної фізико-хімічної властивості, що відрізняє вимірюваний компонент від інших в газовій суміші.

Відомо, що методи аналізу газів можна розділити на фізичні та фізико-хімічні. При використанні фізичних методів вимірюють певну властивість аналізованого компонента, а хімічний склад середовища не змінюється. Принципи дії фізико-хімічних методів полягають у вимірі фізичних ефектів, супроводжуваних хімічними реакціями. В роботах [2,3] методи аналізу газів розбиті на наступні групи: механічні, акустичні, теплові, магнітні, електричні, оптичні, іонізаційні і радіоактивні з додатковим розбиттям на підгрупи. Вимірюваними параметрами при визначенні вмісту кисню можуть бути об'ємна магнітна сприйнятливість, тепловий ефект згоряння пального при лімітуючому факторі вмісту кисню, струм в гальванічному ланцюжку, при визначенні вмісту оксиду вуглецю - абсорбція інфрачервоного випромінювання, тепловий ефект згоряння [3,10].

Проаналізовано результати досліджень процесів горіння, теплообміну при спалюванні горючих газів та рідких палив. Приведені випробувані на практиці способи підвищення економічності, надійності і маневреності котлів [6,9] показали, що найбільш легко реалізованих режимних заходів є зниження надлишку повітря в топці. Встановлено, що підвищення економічності котлів та топкових пристроїв в енергетиці кореляційно пов'язано із скороченням емісії токсичних оксидів, зниженням теплового та хімічного забруднення атмосфери та іншими природоохоронними ефектами, тобто дозволяє вирішувати серйозні екологічні завдання.

У промисловості апробовані різні методи зниження зазначених викидів, наприклад, шляхом ступеневого спалювання палива, рециркуляції димових газів в топку котла, упорскування води в зону горіння, хімічного очищення димових газів, (за допомогою аміаку) або опромінення газів електронними пучками. Однак перераховані методи і прийоми, в певній мірі знижуючи викиди оксидів, погіршують економічність котлів або дуже складні в практичному використанні, особливо в котельних установках малої і середньої потужності [6, 14].

Ретельно досліджується питання зниження викидів оксидів азоту за рахунок режимно-налагоджувальних випробувань котлів. Розрахунки показників PI й SI проведені за результатами випробувань показали, що великий внесок у сумарну шкідливість викиду продуктів згоряння в атмосферу вносять оксиди азоту NO_x , насамперед за рахунок NO_2 . Їхня частка в сумарній шкідливості викиду для різних режимів становить від 90 до 98%. (SI -показник сумарної шкідливості продуктів згоряння, що є сумою приватних показників шкідливості PI для C , NO_x і бензопірену БП). У результаті зменшення змісту кисню в зоні горіння відбувається заглушення утворення як термічних, так і паливних NO_x . Ефективний метод зниження викидів оксидів азоту - контрольований хімічний недопал.

Постановка завдання. Головна особливість виробництва пари складається у відносно невисокій швидкості перебігу технологічного процесу та його безперервності. Організація такого способу виробництва буде більш ефективною у разі автоматизації, оскільки процес буде йти рівномірно, скоротиться чисельність обслуговуючого персоналу, подовжиться термін служби обладнання, скоротиться витрата сировини, палива та електроенергії, збільшиться продуктивність апаратури. Також наслідком автоматизації виробництва можна вважати полегшення умов праці і зниження собівартості виробництва пари, а також зниження викиду шкідливих речовин в довкілля.

Автоматизація виробництва пари полягає в автоматичному контролі та регулюванні подачі живильної води, процесу горіння, температури перегрітої пари, водного режиму, паропроductивності котлоагрегатів, керування співвідношенням подачі палива й повітря в топку котла шляхом установки контрольно-вимірювальних приладів і регулюючих пристроїв, впровадження нових автоматизованих систем керування або модернізації існуючих систем [11,16,17].

Розробка, впровадження або модернізація існуючих систем керування передбачає також вибір ме-

тодузниження викидів шкідливих речовин як на стадії спалювання палива, так і очищення газів, а також відповідних контрольно-вимірювальних приладів, що на сьогодні є дуже актуальним питанням.

Викладення матеріалу та результати. Метою даної роботи є оптимізація існуючої системи автоматичного керування співвідношенням подачі палива й повітря в топку котла, шляхом впровадження газоаналізатора. Модернізована система автоматизації процесів горіння палива призводить до: зниження викидів шкідливих речовин (ПДВ); усунення проблеми перевитрати палива; підвищення надійності та безпеки процесу вироблення теплової енергії.

Розглянемо відому мінімальну систему оптимізації процесу горіння [8,20], яка призначена для економії палива і зменшення викидів CO і NO в атмосферу. Завдання економії палива вирішується за рахунок управління процесом горіння на основі даних по O₂ і CO, одержуваних від стаціонарного газоаналізатора КГА-8, датчиків температури газу і повітря, а також про кількість включених пальників.

До складу мінімальної системи оптимізації (МСО) режиму горіння входять:

Газоаналізатор КГА - 8С.

Контролер управління необхідної конфігурації.

Персональний комп'ютер.

Програмне забезпечення.

Структурну схему МСО представлено на рис. 1 [8,13].



Рис. 1. Структурна схема мінімальної системи оптимізації

В алгоритмі оптимізації горіння передбачена робота двох регуляторів - грубого й точного.

Грубий регулятор оптимального спалювання базується на режимних картах.

Ці карти складаються за результатами режимно-налагоджувальних випробувань і є табличною формою завдання максимального ККД котла

від значень його теплопродуктивності, співвідношення та тиску газу і повітря перед пальником, коефіцієнта надлишку повітря, вмісту продуктів згоряння.

Точний регулятор оптимізації та горіння працює за показаннями газоаналізатора КГА - 8С.

Регулятор оптимізації процесу горіння здійснює коригування тиску газу до котла за показаннями КГА - 8С, температури дуттєвого повітря, кількості працюючих пальників.

Коригування здійснюється за змістом O₂ у відведених газах.

У разі появи у вихідних газах CO понад 100 ppm регулювання по O₂ припиняється і починається зниження тиску газу після ПРЗ до котла для мінімізації викидів по CO.

Після того як CO вийде в норму, знову почнеться коригування за O₂. Якщо під час коригування тиск газу до котла стане відрізнятися від режимної карти більш ніж на 10 %, то регулятор оптимізації автоматично відключиться і залишиться в роботі регулятор тиску газу до котла режимної карти.

У цьому випадку оператору подається повідомлення - «Регулювання за показаннями КГА - 8С неможливо» і звуковий сигнал.

В існуючу систему автоматичного керування співвідношенням подачі палива й повітря в топку котла був впроваджений розглянутий газоаналізатор, схема підключення якого показана на функціональній схемі автоматичної системи регулювання з газоаналізатором (рис. 2).

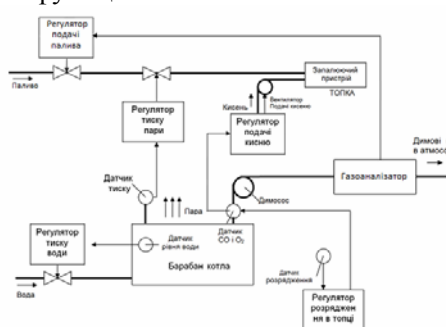


Рис. 2. Функціональна схема автоматичної системи регулювання з газоаналізатором

Для виконання додаткових функцій, а саме зниження викидів шкідливих речовин (ПДВ) у доквіллі та усунення проблеми перевитрати палива інформація з газоаналізатора подається на регулятор подачі палива, при цьому відбувається корекція режимів роботи котла з урахуванням наданої інформації.

Введення даного газоаналізатора оптимізує керування подачею палива, знижує кількість викидів шкід-

ливих речовин, усуває проблеми перевитрати палива, підвищує надійність та безпеку процесу вироблення теплової енергії.

Датчики виконують збір значень параметрів технологічних процесів котельного агрегату а керування параметрами - виконуються виконавчими пристроями.

Здійснення аналізу значень контрольованих параметрів, формування керуючих впливів, визначення позаштатних ситуацій виконує обчислювальне обладнання - автоматичний регулятор, що забезпечує порівняння отриманих значень параметрів зі значеннями параметрів нормального перебігу процесу - уставок тиску пари.

Регулювання подачі палива на спалювання забезпечується використанням у якості виконавчих пристроїв клапанів, що обмежують подачу палива в пальник.

Для підтримки рівня води в котлі в якості виконавчих пристроїв використовуються клапани, які перекривають подачу води в котел при наповненні котла до оцінки максимального рівня й відповідно дозволяють подачу води при зниженні рівня.

Подача повітря й підтримка розрядження в топці здійснюються зміною частоти обертання відповідних вентиляторів. Управління процесом подачі палива виконується на основі даних по O_2 і CO отриманих від газоаналізатору.

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.

Достовірність інформації про зміст вимірюваного компонента повинна перевірятися безперервно і визначатися якістю її вимірювання, чутливістю, швидкістю реагування на відхилення, похибкою, а також неабиякою мірою підготовленості і якістю обслуговування працівників, які експлуатують газоаналізатор.

Автоматичний газоаналізатор повинен здійснювати надійні вимірювання протягом тривалого часу у важких умовах експлуатації (висока температура, вологість, агресивне середовище, вібрації і т.д.) при відносно невисокій вартості капітальних витрат і одержуваної інформації.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У роботі представлено модернізацію існуючої системи, з урахуванням складу газу був впроваджений газоаналізатор, що дозволило оптимізувати подачу палива, а також зменшити кількість шкідливих викидів.

Модернізована система не допускає надмірний винос тепла і горючих компонентів з димовими газами, забезпечує надійне вимірювання вмісту кисню і газів недопалу в димових газах.

Вимірює вміст газів недопалу в димових газах, що в першу чергу необхідно в котлоагрегатах, що спалюють одночасно різні види газового палива.

Слід зазначити, що автоматизація процесів горіння палива призведе до зниження викидів шкідливих речовин, буде усунена проблема перевитрати палива та також до підвищення надійності та безпеки процесу вироблення теплової енергії.

Список літератури

1. Павленко В.А. Газоаналізатори. - М.-Л.: Машиностроение, 1965. - 296с.
2. Щербань А.Н., Фурман Н.И. Методи и средства контроля рудничного газа / А.Н. Щербань, Н.И. Фурман. - К: Наукова думка, 1965. - 411 с.
3. Тхоржевский В.П. Автоматический анализ газов и жидкостей на химических предприятиях. - М.: Химия, 1976. - 272 с.
4. Ваня Л. Анализаторы газов и жидкостей. - М: Энергия.1970. - 552с.
5. Анализатор кислорода LU2: Информация об изделии компании SICK AG (АО «ЗИК»). - Германия, г. Ройте, 1997. - 2 с.
6. Ахмедов, Р. Б. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. - 2-е изд. перераб. и доп. / Р. Б. Ахмедов, Л. М. Цирюльников. - Л.: Недра, 1984. - 238 с.
7. Котлер, В. Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов / В. Р. Котлер. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 144 с.
8. Самыкин В.И., Салтыков Ю.А. Минимальная система оптимизации горения топлива для котлов ПТВМ-60, 100, 120 на основе стационарного газоанализатора КГА-8С// "Новости теплоснабжения", № 1, (19), январь, 2002, С.25 - 26 www.ntsnu.ru.
9. Информация об изделии фирмы АМТЕК. США, г. Питсбург, 1999. - 97 с.
10. Газоанализаторы промышленные автоматические. Общие технические условия: ГОСТ 13320-81. - М.: Госстандарт, 1989. - 33 с.
11. Романенко В.И. Автоматизация процесса сжигания газового топлива в котлоагрегатах ТЭЦ промышленных предприятий: Дис... канд. Техн. Наук. - Днепропетровск, 2004. - 162с
12. Котлер, В. Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов / В. Р. Котлер. - М.: Энергоатомиздат, 1997. - 144 с.

13. Разработка и внедрение нестехиометрического сжигания топлива на газомазутных котлах / П. В. Росляков [и др.] // Электрические станции. – 1999. – № 8.
14. **Єфіменко І.І.** Автоматизація процесів горіння палива в котлах, як високоефективний спосіб зниження теплового й хімічного забруднення атмосфери // Вісник КТУ: зб.наук.пр. Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.- Вип.28.- С.32-35
15. **Замицький О.В., Єфіменко І.І.** Модернізація системи автоматичного керування режимами роботи котла // Вісник КТУ: зб.наук.пр. Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2012.- Вип.30.- С.168-171
16. **Єфіменко І.І., Замицький О.В.** Аналіз існуючих режимів спалювання природного газу // Вісник КТУ: зб.наук.пр. Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, Вип.30.- 2012
17. Наладка систем автоматического регулирования барабанных паровых котлов / **А.С.Клюев, А.Т.Лебедев, С.И.Новиков.** – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 280 с.
18. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования. Часть 1 / **В.А.Дубровский, Е.И.Забокрицкий, В.Г.Трегуб, Б.А.Холодовский.** – Киев: Наукова думка, 1981. – 463 с.
19. **Крячко А.П., Просветов И.И.** Автоматический газоаналитический контроль содержания кислорода в газовых средах на предприятиях черной металлургии // Металлургическая и горнорудная промышленность, 2001,-№6. – С. 116 – 118.
20. **Карпов Е.Ф., Биренберг И.Э, Басовский Б.И.** Автоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы.-М.: Недра, 1984. - 285 с.
21. А.С. СССР 1500925 Способ определения концентрации кислорода в газовой смеси /**Голинько В.И., Дудник М.Н.**-Опубл. в Б.И. 1989, №30.
22. Система контроля за выбросами с дымовыми газами на Казанской ТЭЦ-1 / **Щелоков Ю.В., Шкедов В.М., Миникаев Е.Ф.** и др. // Энергетик, 1998, -№ 3. – С. 12 – 16.
23. **Орлова И.А.,** Мотро М.Я., Зуев А.В. Опыт эксплуатации системы контроля выбросов в атмосферу на Казанской ТЭЦ-1// Энергетик, 2000, №2. – С. 8 – 11.

Рукопис подано до редакції 13.02.14

УДК 681.5.015: 622.7–52

В.Б. ХОЦКІНА, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

КОМПЛЕКСНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМ ПРОЦЕСОМ З СИНХРОНІЗАЦІЄЮ ПОТОКІВ ДАНИХ

Розроблено методику синхронізації даних, що надходять у підсистему інформаційного забезпечення інтелектуальної системи управління виробничим процесом збагачувальної фабрики з введенням параметрів технологічних вимог до кінцевого продукту.

У процесі модернізації українських гірничо-збагачувальних комбінатів на стратегічному періоді до 2030 року, по-перше, технічні рішення повинні віддзеркалювати сучасний рівень збагачувальної техніки і технологій [1], а по друге, - системи автоматизованого управління виробництвом концентрату в умовах зміни портфеля замовлень металургійних заводів повинні проектуватися на базі інтелектуальних комп'ютерних систем нового покоління [2], побудованих на принципах самоорганізації [3], характерних для поведінки живих систем [4].

Справа в тому, що процеси виробництва конкурентоспроможного залізородного концентрату з масовою часткою заліза як до 68,3%, так і більше 68,3% на підприємствах Групи «Метінвест» протікають в умовах збурених впливів сирової руди, що надходить на збагачувальну фабрику. Така ситуація призводить до погіршення якості концентрату через часові зміни рівня флуктацій таких параметрів, як: крупність, типи руди, вміст окислів заліза та SiO₂, фізико-механічні властивості, стан механічного обладнання, систем контролю, професіоналізм персоналу та ефективність роботи автоматизованих систем управління технологічним процесом (АСУТП) збагачувальних фабрик [5].

З метою стабілізації якісних показників концентрату, який надходить на фабрики огрудкування (ПАТ «ЦГЗК», ПАТ «Півн ГЗК») або на виробництво агломерату (ВАТ «Півд ГЗК»), а також збільшення продуктивності збагачувального виробництва концентрату сучасні АСУТП повинні чітко корегувати хід процесу трьохстадійного збагачення руди в залежності від стану процесу і зовнішніх збурених впливів [6]. Відомо, що процес збагачення характеризується множиною таких вимірюваних параметрів: продуктивність технологічних ліній, вміст магнітного заліза в сирій руді, її крупність, щільність пульпи, гранулометричний склад подрібненого в млинах продукту – вміст готового класу -0,056мм, що надходить на сепарацію, витрати електроенергії, води тощо. Десятки параметрів характеризують процеси збагачення другої та тре-