

РОЗРОБКА ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НА ТЕС

О.В. Вовна, А.А. Зорі, І.С. Лактіонов
Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет», Україна

Загальна постановка задачі. На теперішній час основним джерелом теплової та електричної енергії є кам'яне вугілля, споживання якого в Україні за останні роки значно збільшилося. Ця тенденція виявляється у зростанні здобичі та переробки вугілля Донецького басейну, головним недоліком якого є високий рівень пожежа- та вибухонебезпеки. Практично увесь технологічний процес здобичі та переробки вугілля техногенна небезпечний. Найбільш актуальна ця проблема є для теплоелектростанцій (ТЕС), пожежі та вибухи на яких викликають не тільки значні матеріальні збитки, але і призводять до соціальних наслідків. Самозагорання вугільного пилу є основною причиною пожеж на складах палива та паливоподачі (50...60) % і на теплових електростанціях (20...30) % [1].

Одна із основних причин положення, що створилося, – це недостатній рівень вивчення динаміки теплофізичних характеристик процесів самозагорання та вибухів вугільного пилу. Ця ситуація ускладнює розробку ефективних методів підвищення рівня пожежа- і вибухобезпечності теплоенергетичних об'єктів, зокрема, способів виявлення техногенних ситуацій на ранніх стадіях їх розвитку. Більшість існуючих на теперішній час вимірювачів за чутливістю, інерційністю, перешкодостійкістю, пиле-, волого- і вандало- захищеністю не задовольняють необхідним вимогам правил техніки безпеки на підприємствах ТЕС. В той самий час сучасні науково-технічні досягнення дозволяють створити ефективну вимірювальну систему контролю та підвищення техногенної безпеки промислових підприємств, які використовують у своєму виробництві кам'яне вугілля. Таким чином, розробка та дослідження електронної системи контролю пожежа- і вибухонебезпечної ситуації на ТЕС є актуальною задачею.

Постановка задачі дослідження. Ефективність роботи електронних систем протипожежного захисту залежить від надійності всіх її елементів, але головну роль виконують засоби виявлення та контролю, від яких залежить швидке та надійне виявлення вогнища самозагорання.

Головною вимогою, яка пред'являється до засобів виявлення вогнища самозагорання та тління вугільного пилу, є мінімальна інерційність системи, яка визначає час від виникнення вогнища до його реєстрації. Крім того до технічних засобів електронної системи раннього виявлення пожежа- і вибухобезпечної ситуації на промислових підприємствах пред'являється ряд особливих вимог: висока перешкодозахищеність від електромагнітних та імпульсних перешкод; підвищена пиле- і вологозахищеність; стійкість до механічних вібрацій; стійкість до дії повітряних потоків; вандалостійкість.

Другою не менш важливою задачею є підвищення достовірності вимірювань дисперсійного складу вугільного пилу всередині млина та сепараторі пилу, а також подальшого контролю температури, концентрації кисню та вуглекислого газу на виході систем пилеприготування.

Рішення задачі та результати дослідження. Розмелювання палива у більшості випадків поєднується із тим, що його підсушують в єдиній сушильно-млиновій системі. Найбільшого поширення набули замкнуті індивідуальні системи пилеприготування із

пиловим бункером прямого вдування, тому що пилеприготування із прямим вдуванням більш вигідно із технічної та економічної точки зору [2]. На рис. 1 наведено схему замкнутої індивідуальної системи пилеприготування на ТЕС із прямим вдуванням.

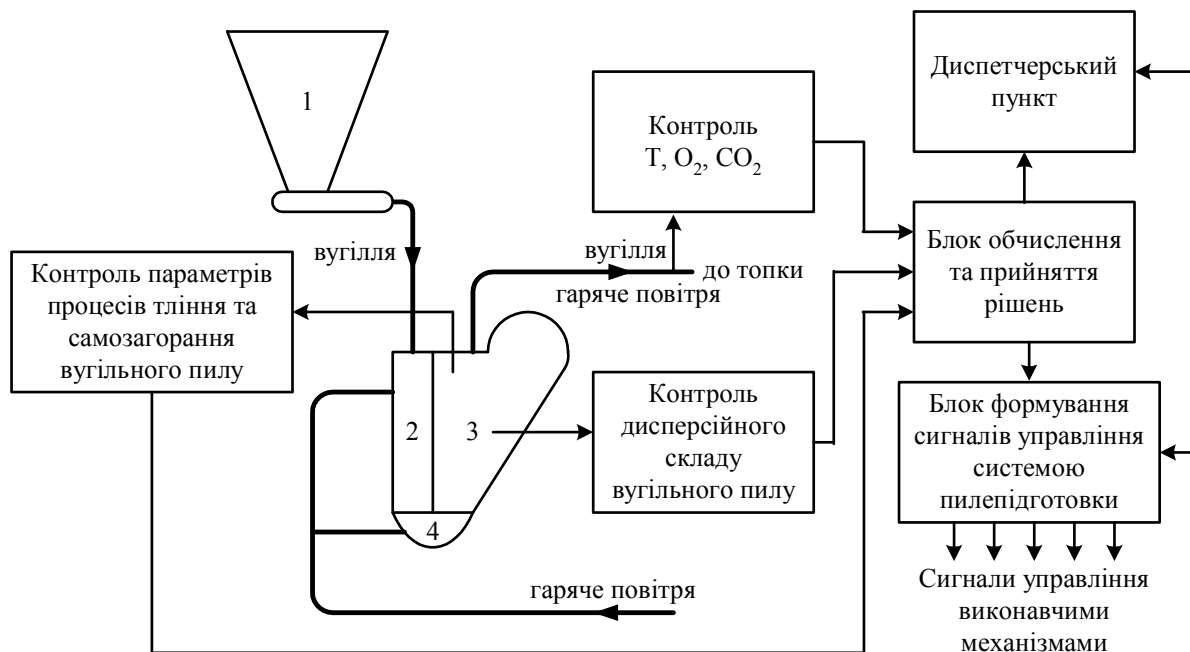


Рисунок 1 – Схема замкнутої індивідуальної системи пилеприготування із прямим вдуванням:

1 – бункер із сирим вугіллям; 2 – пристрій для сушки;
3 – млин та сепаратор пилу; 4 – циклон

Вугілля поступає із бункеру з сирим вугіллям 1 до пристрою для сушки 2, далі У млин 3, після чого одержаний пил поступає безпосередньо до пальників казана. Зміна навантаження парогенератору призводить до зміни роботи млина. При роботі із зниженим навантаженням млин виявляється недовантаженим. Індивідуальна система пилеприготування із прямим вдуванням знаходить застосування при роботі на високореакційному бурому та кам'яному вугіллі, що допускає крупний помел. Явний недолік такої схеми – жорсткий зв'язок млин-парогенератор. При відмові млина відбувається зупинка парогенератору. До переваг системи відноситься простота експлуатації та невисока вартість.

Безпосередньою причиною вибуху у системах пилеприготування із прямим вдуванням, є наявність джерел запалювання, перш за все тліючих відкладень пилу всередині елементів системи. Процеси самозагорання, тління та вибуху вугільного пилу супроводжуються рядом факторів:

- збільшенням температури;
- зміною хімічного складу газового середовища;
- зміною оптичних властивостей пиле-газового середовища.

Процес вибуху вугільного пилу, крім того, супроводжується зростанням тиску, що у свою чергу, призводить до появи характерних акустичних шумів.

Найбільш вибухонебезпечною є пилепоповітряна суміш із вмістом частинок пилу, розмір яких менше ніж 0,2 мм. Зниження вологості, підвищення температури пилоповітряної суміші та тонкості помелу пилу збільшує вибухонебезпеку пилової суспензії. Виникнення вогнищ тління у пилу, що відклався, можливо при вмісті кисню

у навколишньому газовому середовищі більше 3%. Рекомендовані значення температури (перша межа) пиле-газової суміші за млином при прямому вдюванні [3]:

I група палива $K_m \leq 1$ – марки вугілля А, АШ, ОС, Т Донецького басейну
 $K_m = (0,05 \div 0,95) - 220^\circ\text{C}$;

II група палива $1,0 < K_m < 1,5$ – 130°C ;

III група палива $1,5 < \hat{E}_m < 3,5$ – марка вугілля Д $K_m = (1,98 \div 2,78)$ та Г
 $K_m = (1,53 \div 3,19)$ Донецького басейну – 100°C ;

IV група палива $K_m \geq 3,5$ – 80°C ,

де K_m – критерій вибуховості, який визначено розрахунковим шляхом за фактичними значеннями елементного та технічного складу палива [3].

При підвищенні температури до вказаних значень (перша межа), вимірювальна система повинна приводити у дію подачу розпиленої води, а при перевищенні цих значень на 10°C (друга межа) необхідно забезпечити зупинку системи пилеприготування.

Для оперативного отримання інформації про виникнення вибухонебезпечної ситуації та своєчасного вживання заходів до її ліквідації вирішальне значення набуває надійність вимірювання температури пиле-газоповітряної суміші. Інерційність вимірювальної системи, яка відповідно до вимоги [4], не повинна перевищувати 20 с. Разом з тим, необхідність захисту первинних перетворювачів від агресивної дії високошвидкісного абразивного потоку пиле-газоповітряної суміші набагато разів збільшує їх теплову інерційність до неприйнятних значень.

Проведений пошук компромісного технічного рішення, яке забезпечить задовільну експлуатаційну надійність при прийнятній інерційності та точності вимірювань, показав, що цим вимогам задовольняє термоелектричний перетворювач із термоелектронного дроту хромель-копель із напіввідкритим гарячим спаєм, який розташовано у відкритому із робочого кінця чохла із нержавіючої сталі.

Для вирішення поставленої задачі необхідно розробити вимірювальну систему контролю (рис. 1):

- параметрів процесу тління та самозагорання вугільного пилу;
- дисперсійного складу вугільного пилу;
- температури пиле-газової суміші (T) і концентрації газових компонент (O_2, CO_2).

Одержані дані про зміну контрольованих параметрів передаються до блоку обчислення та прийняття рішення. Для своєчасного виявлення вогнищ самозагорання та тління вугільного пилу у млині та сепараторі необхідне виконувати контроль швидкості саморозігріву вугільного пилу $\frac{dT}{d\tau}$ [5]:

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{1}{mC_m}(Q_m + Q_d + Q_0),$$

де m – маса суспензії вугільного пилу, кг; C_m – теплоємність вугільного пилу, Дж/(кг·К); Q_m – теплова потужність, яку обумовлено теплопровідністю, Вт; Q_d – потужність теплових втрат на десорбцію летючих (із знаком «←»), Вт; Q_0 – потужність тепловиділення при окисленні вугілля, Вт.

На підставі одержаних даних про дисперсійний склад частинок пилу, а також

температури та газовому складі вихідної пиле-газової суміші у блоці обчислення розраховується характеристика вірогідності виникнення техногенної небезпеки на ТЕС, яка має наступний вигляд:

$$P = f\left(\frac{dT}{d\tau}; K_m = \varphi(D_C); T = \phi(\alpha, K_m); C_{CO_2}; C_{O_2}\right),$$

де $\frac{dT}{d\tau}$ – швидкість розігріву вугільного пилу; K_m – критерій вибуховості, який є функцією дисперсійного складу вугільного пилу (D_C); $T = \phi(\alpha, K_m)$ – температура на виході системи пилеприготування, яка є функцією критерію вибуховості та форми частинок вугільного пилу; C_{CO_2} та C_{O_2} – концентрація двооксиду вуглецю та кисню у пиле-газовій суміші.

Одержані результати вимірювання та розрахунку характеристики вірогідності техногенної небезпеки передаються до блоку прийняття рішень та за допомогою засобів цифрового каналу зв'язку передаються до диспетчерського пункту. Робота вимірювальної системи здійснюється як в автоматичному так і в автоматизованому режимах. В автоматичному режимі при критичних значеннях вимірюваних параметрів система формує рішення про відключення системи пилеприготування. У автоматизованому режимі вимірювальна система видає рекомендації у диспетчерській пункт, який й приймає необхідні рішення про корегування технологічного процесу у системі пилеприготування на теплоелектростанціях.

Висновки

При аналізі розглянутої проблеми у рамках задачі досліджень було визначено ряд інформативних параметрів та процесів, які впливають на пожежа - вибухонебезпечну ситуацію у системах пилеприготування на теплоелектростанціях. Розроблена математична модель вірогідності взаємозв'язку одержаних параметрів, яка дає можливість оперативно приймати рішення про небезпеку самозагорання вугільного пилу. Обґрунтована та розроблена структура вимірювальної системи, яка дозволяє підвищити рівень техногенної безпеки на підприємствах теплоенергетичного комплексу.

Список літератури

1. Захаренко Д.М. Проблемы раннего обнаружения очагов пожаров, тления, взрывов угольной пыли / Д.М. Захаренко // Сибирский вестник пожарной безопасности. – Красноярск, 2000. – Выпуск 4. – С. 36–47.
2. sci-lib [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <http://bse.sci-lib.com/article094468.html> . – Дата доступа: сентябрь 2010. – Загл. с экрана.
3. СО 153-34.03.352-2003 Инструкция по обеспечению взрывобезопасности топливоподачи и установок для приготовления и сжигания пылевидного топлива [нормативные документы для тепловых электростанций и котельных]. – М., 2004. –45 с.
4. НПАОП 40.3-1.05-89 Правила взрывобезопасности топливоподачи и установок для приготовления и сжигания пылевидного топлива [Держпромгірнагляд офіційний Реєстр НПАОП, 2008 р.]. – М.: Ротапринт ВТИ, 1990.
5. РД 153-34.1-03.352-99. Правила топливоподачи и установок для приготовления и сжигания пылевидного топлива [нормативные документы для тепловых электростанций и котельных]. – Москва, 2000.