

УДК 622.48

КРИТЕРІЙ КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ ШАХТНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ЗМІННИХ ВИТРАТ ТЕПЛОНОСІЯ

Ткаченко А.Е., магістрантка; Гавриленко Б.В., доцент, к.т.н.
(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)

В наш час деже госторо постає проблема невивистачання природних паливних ресурсів. Шляхи вирішення її містяться у вволікання в промислове використання джерел енергії, які раніше не враховувалися в паливно-енергетичному балансі країни, або в розробці нових більш економних засобів експлуатації паливних ресурсів.

Часним вирішення даної задачі є запровадження на шахтах топок низькотемпературного киплячого шару (НТКШ), які дозволяють спалювати паливо з вмістом попелу до 70%. Запровадження же багатоконтурної системи керування роботою даних топок дозволить підтримувати найбільш раціональний режим їх роботи та отримати необхідну якість керування процесом горіння твердого палива.

Враховуючи, що робота топок протікає в умовах змінних витрат теплоносія, що забумовлено зміненням кількості теплоспоживачів чи зміненням споживаного їми тепла, вважається раціональним розглядати роботу шахтної системи теплопостачання в цілому, та запроваджувати керування роботою топок в залежності від вимог теплоспоживачів.

Розглянемо подібну шахтну систему теплопостачання з декількома споживачами теплової енергії n та декількома топками НТКШ m , розташованими у котельній, що працюють на один колектор радіальної системи.

Для рівновісного стану тепла у системі у ній має бути наступний баланс, що враховує втрати теплоносія з обох боків:

$$\sum_{i=1}^{i=n} Q_{c_i} + \sum_{i=1}^{i=n} Q_{\text{em.c.i}} = \sum_{i=1}^{i=m} Q_{\text{K.O}_i} - \sum_{i=1}^{i=m} Q_{\text{em.m.i}} ,$$

де $\sum_{i=1}^{i=n} Q_{c_i}$ - сума споживаної теплоти теплоспоживачами; $\sum_{i=1}^{i=n} Q_{\text{em.c.i}}$ - сума

втрат теплоти у споживачах, $\sum_{i=1}^{i=n} Q_{c_i}$ - сума теплоти виробленої котлами;

$\sum_{i=1}^{i=m} Q_{\text{em.m.i}}$ - сума втрат теплоти у топках НТКШ

Враховуючи, що споживане тепло змінюється з часом, то отримуємо кінцеву залежність, що описує теплову рівновагу системи:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{i=n} Q_{c_i} + \sum_{i=1}^{i=n} Q_{\text{вм.с.і}} = \sum_{i=1}^{i=m} Q_{\text{к.о.і}} - \sum_{i=1}^{i=m} Q_{\text{вм.м.і}}, \\ \sum_{i=1}^{i=n} Q_{c_i} = f(t). \end{cases} \quad (1)$$

Змінювати сумарну кількість випрацюємого тепла можна як шляхом змінення кількості працюючих котлоагрегатів так і шляхом змінення їх потужності. При розподілі теплової енергії, яку має виробити кожний котлоагрегат необхідно враховувати, що котельня може бути обладнана котлами різного типу та з різним строком служби, у наслідок чого вони володіють різними тепловими характеристиками, можуть віддавати різну теплову потужність та працюють з різними ККД.

Головною задачею при визначення теплової потужності, яку має віддавати кожний котел є отримання максимального загального ККД котлоагрегатів. Цільовою функцією у такому разі є:

$$\eta_{\text{общ}} = \frac{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_m}{\eta_1 + \eta_2 + \dots + \eta_m} \rightarrow \text{Max} \quad (2)$$

Особливість роботи котлів міститься у тому, що ККД котла нелінійно залежить від його продуктивності, та максимальний ККД ми отримаємо при роботі котла десь на 70-80 % від його номінальної потужності [1].

Отже, спроектована система автоматизованого керування системою теплопостачання повинна задовольняти умовам (1) та (2), та при цьому забезпечувати вимогу безаварійного протікання процесу горіння твердого палива у топках НТКШ, що досягається підтриманням значень температури НТКШ $T_{\text{ш}}$ и скорости дуттєвого воздуха V_n у певних границях [2].

При розрахуванні кількості тепла, що має виробляється котлоагрегатами, маємо враховувати найбільш вагомні втрати тепла у системі. З рівняння (3) маємо, що кількість тепла, яку мають виробити усі котлоагрегаті, що на даний момент знаходяться у робочому стані дорівнює:

$$\sum_{i=1}^{i=m} Q_{\text{к.о.і}} = \sum_{i=1}^{i=n} Q_{c_i} + \sum_{i=1}^{i=n} Q_{\text{вм.с.і}} + \sum_{i=1}^{i=m} Q_{\text{вм.м.і}} \quad (3)$$

Як бачимо, вироблене тепло витрачається на три основні мети: задовольняння потреб споживачів, які визначаються об’єктивною необхідністю на даний відрізок часу; перекриття втрат тепла у споживачах; перекриття втрат тепла у котлоагрегатів топках НТКШ.

Знайдемо залежність між кількістю виробленого тепла та технологічними параметрами топках НТКШ. В загальному випадку теплота, що отримуємо від кожного котлоагрегату $Q_{\text{нрпх}}$ складає:

$$Q_{\text{нрпх}} = \Sigma Q_{\text{хім}} + \Sigma Q_{\text{фіз}}, \quad (4)$$

де ΣQ_{xim} - внесена хімічна теплота, ΣQ_{fiz} – внесена з теплою палива, дуттєвого повітря і т. ін. фізична теплота.

Майже уся внесена хімічна теплота становить тепло, що виділяється при згоранні палива (теплотою ендо- та екзотермічних реакцій, що протікають під час гріння нехтуємо):

$$\Sigma Q_{xim} = Q_n = B \cdot Q_n^p, \quad (5)$$

де Q_n^p – нижча теплотворна здібність палива;

Відношення кількості тепла, що корисно використовується на виробництво гарячої води $D(h_{n.n.} - h'_{n.с.})$, до кількості усього випрацьованого тепла Q_n , є коефіцієнтом корисної дії (ККД) котла, % :

$$\eta = \frac{D(h_{n.n.} - h'_{n.с.})}{Q_n} 100, \quad (6)$$

де D – вихід нагрітої води; $h_{n.n.}$ и $h'_{n.с.}$ – ентальпії нагрітої води та живлющої води.

По суті вираз (6) є коефіцієнтом корисного використання теплоти палива. З урахуванням виразу (5) знайдемо витрати палива, необхідні для забезпечення необхідної теплової потужності котлоагрегату:

$$B = \frac{D(h_{n.n.} - h'_{n.с.})}{Q_n^p \eta} 100\%. \quad (7)$$

Враховуючи (7) робимо висновок що, роботу топок НТКШ по завданій потужності можна регулювати змінними витратами твердого палива. Отже, маємо принаймні один засіб регулювання.

До головних технологічних параметрів топок НТКШ також відноситься і швидкість дуттєвого повітря. Змінюючи цей параметр також можна змінювати теплову потужність топок та запобігати виникненню аварійних режимів – шлакуванню чи спіканню шару. Необхідно визначити залежність теплової потужності топок від швидкості дуттєвого повітря.

В основу наступних міркувань покладемо рівняння теплової напруги повітророзподільної решітки, яка з одного боку дорівнює [3]:

$$q_F = \frac{B \cdot Q_n^p}{10^3 F}, \quad (8)$$

де F – площа повітророзподільної решітки. З іншого боку :

$$q_F = 3,6 M V_n \frac{Q_n^p}{\alpha_n \vartheta_0}, \quad (9)$$

де $M=2$ – число псевдооживлення; ϑ_0 - теоретично необхідна витрата повітря, для повного протікання реакцій горіння твердого палива. α_n – коефіцієнт надлишку повітря (враховуючи необхідність забезпечувати псевдооживлений стан палива у шарі $\alpha n \geq 1,5$).

Враховуючи (8), (9) та (5) маємо:

$$Q_n(B, V_n) = \frac{\alpha_n \cdot B^2 \cdot Q_n^p \cdot g_0}{M \cdot V_n \cdot F \cdot 3600} \quad (10)$$

Отже вираз (10) – це залежність між теплом, що випрацьовується топкою, та її технологічними параметрами – витратою твердого палива, та швидкістю дуттєвого повітря. Отже, змінюючи ці параметри ми можемо регулювати теплову потужність топки в залежності від вимагаємо показників.

З технічної токи зору значно простіше реалізувати регулювання роботи топки зміненням швидкості дуттєвого повітря. Цей показник змінюється в залежності від кута повороту лопаточок направляючого апарату дуттєвого вентилятора, а для вимірювання фактичних значень даного показника застосовується дифтрансформаторний датчик швидкості повітря. А при регулювання потужності топки по витраті твердого палива головною проблемою є вимірювання фактичних значень даного показника, що обумовлено рядом факторів. Але даний засіб дає значно більший економічний ефект, адже дозволяє економити тверде паливо.

Таким чином може бути спроектована системи регулювання роботи топки НТКШ по контурах “Паливо” та “Дуттєве повітря”, в якій в якості джерел інформаційних сигналів про стан об’єкту використовуються описані датчики швидкості дуттєвого повітря та витрати твердого палива. При цьому для визначення теплової потужності топки будемо використовувати значення температури НТКШ, як прямого показника кількості виробляє мого тепла.

У якості технічних рішень для побудови системи керування системою теплопостачання шахти пропонуємо примати прилади відомих фірм, надійнісні та якісні показники яких тримаються на високому рівні. Для регулювання технологічних параметрів топок НТКШ можливо прийняти вимірювачі-регулятори технологічних параметрів фірми Microlog Systems серії МЛ, що забезпечують високу точність вимірювання та високу якість регулювання. Для регулювання теплоспоживання споживачів системи доцільно прийняти теплолічильники MULTICAL фірми Kamstrup, які мають функцію керування 3-х ходового моторного клапану. Даний лічильник аналізує результати вимірювання та розрахунків та подає команду на закриття клапану при перевищенні завданих значень теплового навантаження.

Перелік посилань

1. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 528 с.: ил.
2. Сжигание угля в кипящем слое и утилизация его отходов/Ж.В. Вискин, В.И. Шелудченко и др. – Донецк: Типография “Новый мир”, 1997. – 284 с.
3. Материалы международной школы-семинара «Проблемы тепло и массообмена в современной технологии сжигания и газификации твердого топлива», Ч. 2, Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова АН БССР, 1988 – 151 с.