

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

УДК 621.311

С.І. Випанасенко, д-р техн. наук, Н.С. Дрешняк, канд. техн. наук

(Україна, Дніпропетровськ, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»)

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА

Забезпечення енергією технологічних об'єктів може здійснюватися за різними схемами, та найбільш повною є схема енергозабезпечення, що включає складові генерування, розподілу та споживання енергії. Кожний етап, що складається з перетворення одного виду енергії в інший, її транспортування, характеризується відповідними втратами енергії, а це потребує застосування в аналізі процесів коефіцієнтів корисної дії (η), які характеризують їхню енергоефективність. Структурна схема системи забезпечення технологічного об'єкта енергією наведена на рисунку 1.

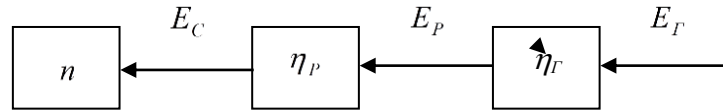


Рис. 1. Структурна схема системи енергозабезпечення технологічного об'єкта

На етапі генерування первинна енергія E_G перетворюється у вид енергії, прийнятний для її розподілу E_P та безпосереднього застосування в технологічному об'єкті E_C . Ефективність генерування та розподілу енергії характеризується відповідними коефіцієнтами корисної дії (η_G , η_P). Енергоефективність кінцевого споживання визначається значенням питомих витрат енергії на виробництво одиниці продукції (E_C/n , де n – обсяг продукції, виробленої протягом періоду T , що відповідає витратам енергії E_C). Послідовний ланцюг, що включає етапи генерування, розподілу та споживання енергії, зумовлює тісний зв'язок між значеннями витрат енергії на різних стадіях процесу (E_C , E_P , E_G), який слід ураховувати при оцінці ефективності заходів з енергозбереження на кожному із перелічених етапів. Оцінка ефективності таких заходів у рамках системи в цілому є важливим завданням енергоменеджера [1,2].

Стаття присвячена визначенню зв'язків між існуючими енергетичними параметрами на розглянутих етапах процесу.

Підсистеми генерування, розподілу та споживання можуть мати різну балансову належність, що зумовлює необхідність проведення різними підприємствами взаємних розрахунків за спожиту енергію. Лічильники, що встановлені на межі балансової належності складових системи, фіксують зміни енергоспоживання за рахунок проведених заходів з енергозбереження. Які зміни у цьому випадку відбуваються на інших етапах процесу? Як їх врахувати? Нехай в результаті заходів з енергозбереження, проведених на етапі кінцевого споживання, значення E_C при незмінній величині n зменшилося до E'_C . При цьому значення E_P та E_G також зменшилися і склали відповідно E'_P та E'_G . Можна довести, що відносні значення різниць в показаннях лічильників, встановлених на входах систем генерування, розподілу та споживання енергії складуть:

$$\frac{E_G - E'_G}{E_C - E'_C} = \frac{1}{\eta_G \eta_P}; \quad \frac{E_P - E'_P}{E_C - E'_C} = \frac{1}{\eta_P}. \quad (1)$$

Тут уведене припущення, що значення η_G та η_P при зміні режиму енергоспоживання, залишилися незмінними. Тоді із залежностей (1) зробимо висновок, що абсолютні значення економії енергії, зафіксованої встановленими на різних стадіях процесу лічильниками, будуть різними. Економія енергії, зафіксована на вході процесу генерування, перевищує відповідні значення, отримані на входах процесів розпо-

Енергозбереження та енергоефективність

ділу та споживання енергії. Висновок справедливий, якщо вважати $\eta_G < 1$ та $\eta_P < 1$. Ступінь відмінності результатів залежить від значень η_G та η_P . Звідси ясно, що величина економії енергії (в абсолютних показниках), отримана на етапі кінцевого споживання, трансформується в більш суттєві показники економії, зафіксовані на стадіях розподілу та генерування. Це пояснюється зменшенням втрат енергії на цих стадіях. Тому зменшення рівня кінцевого споживання енергії є пріоритетним завданням для енергоменеджера. Така економія є більш привабливою, але вона пов'язана з більшими труднощами її організації, оскільки мова йде про удосконалення технологічного процесу.

В практиці енергоменеджменту часто виникає необхідність у співставленні ефективності заходів, реалізованих на різних стадіях ланцюга енергозабезпечення. Розглянемо перший варіант розрахунку величини економії, зумовленої зменшенням кінцевого енергоспоживання на K відсотків, тобто $E'_C = E_C(1 - K/100)$. Тоді величина економії енергії на вході процесу для цього варіанта першого

$$(E_G - E'_G)_I = \frac{E_C K}{\eta_G \eta_P \cdot 100}. \quad (2)$$

У другому варіанті залишимо розмінним значення кінцевого споживання енергії E_C , і в той самий час збільшимо коефіцієнт корисної дії в системі розподілу енергії на K відсотків ($\eta'_P = \eta_P + \eta_P \cdot K/100$). Отримаємо

$$(E_G - E'_G)_{II} = \frac{E_C}{\eta_G \eta_P} \left(1 - \frac{1}{1 + K/100} \right). \quad (3)$$

Можна показати, що відношення розрахункових значень економії енергії в різних варіантах

$$\frac{(E_G - E'_G)_I}{(E_G - E'_G)_{II}} = 1 + \frac{K}{100}. \quad (4)$$

Тут $K > 0$.

Із виразу (4) видно, що зменшення кінцевого рівня енергоспоживання на K відсотків призводить до більшої економії енергії на вході енергосистеми, ніж збільшення коефіцієнта корисної дії на етапі розподілу енергії (η_P) на те саме значення K . Відношення розрахункових значень економії енергії зростає зі збільшенням коефіцієнта K . Висновок справедливий і у разі збільшення коефіцієнта η_G . Залежність (4) дозволяє енергоменеджеру зробити правильні висновки стосовно ефективності альтернативних рішень і сформулювати пріоритети їх реалізації в практичній діяльності.

Інтерес виявляє варіант розрахунку величини економії енергії на вході процесу при реалізації заходів з енергозбереження на кожній із його стадій. Будемо вважати, що кінцеве споживання енергії зменшилося на K_1 відсотків, а коефіцієнти корисної дії в системах розподілу та генерування збільшилися відповідно на K_2 та K_3 відсотків. Згідно з цим

$$\begin{aligned} E_G &= \frac{E_C}{\eta_P \eta_G}; & E'_C &= E_C \left(1 - \frac{K_1}{100} \right); \\ \eta'_P &= \eta_P \left(1 + \frac{K_2}{100} \right); & \eta'_G &= \eta_G \left(1 + \frac{K_3}{100} \right); \\ E'_G &= \frac{E'_C}{\eta'_P \eta'_G} = \frac{E_C \left(1 - \frac{K_1}{100} \right)}{\eta_P \eta_G \left(1 + \frac{K_2}{100} \right) \left(1 + \frac{K_3}{100} \right)}. \end{aligned} \quad (5)$$

Тоді величина економії енергії визначиться за формулою

$$E_{\Gamma} - E'_{\Gamma} = \frac{E_C}{\eta_P \eta_{\Gamma}} \left[1 - \frac{\left(1 - \frac{K_1}{100}\right)}{\left(1 + \frac{K_2}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{K_3}{100}\right)} \right]. \quad (6)$$

Отримана залежність (6) дозволяє аналізувати показники економії енергії не тільки за наявності заходів енергозбереження на кожній із стадій процесу енергопостачання, але й у разі часткової їх реалізації (коли K_1 , або K_2 , або K_3 дорівнюють нулю).

Для розрахунку величини економії енергії на стадії її розподілу слід користуватися формулою, що безпосередньо виходить із залежності (6), тобто

$$E_P - E'_P = \frac{E_C}{\eta_P} \left[1 - \frac{1 - \frac{K_1}{100}}{1 + \frac{K_2}{100}} \right]. \quad (7)$$

Формули (6), (7) можуть бути використані також для розрахунку показників зниження питомих витрат енергії на відповідних стадіях процесу. Якщо в процесі реалізації заходів з енергозбереження обсяг виготовленої продукції n не змінюється, тоді показники зниження відповідно запишуться так:

$$(E_{\Gamma} - E'_{\Gamma})/n \quad \text{та} \quad (E_P - E'_P)/n.$$

Висновок

Отримані в роботі аналітичні залежності розкривають зв'язки між параметрами режиму функціонування системи енергозабезпечення технологічного процесу, враховуючи зміни, що відбуваються у системі в результаті впровадження заходів з енергозбереження. Урахування характеру існуючих зв'язків дозволяє енергоменеджеру прийняти правильні рішення в процесі обґрунтування запропонованих заходів, співставити їх ефективність, оцінити реальну економію від їхньої реалізації.

Список літератури

1. Випанасенко С.І. Системи енергоменеджменту вугільних шахт: монографія / С.І. Випанасенко. – Д.: Національний гірничий університет, 2008, – 106 с.
2. Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення: навч. посіб./ Г.Г. Півняк, С.І. Випанасенко, О.І. Хованська та ін. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 214 с.

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Разумним Ю.Т.