

КРУЧИНКИНА О. А.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ КПД КОТЛОАГРЕГАТА

Аннотация. Рассматривается алгоритм определения эффективной оценки КПД котлоагрегата при контроле на входе энергоценности и расхода газа, а выходе энтальпии и расхода воды. Эффективный КПД котлоагрегата – это отношение эффективной мощности на выходе к входу. Значение эффективных мощностей получено через статистические характеристики вероятностных процессов ее составляющих.

Ключевые слова: котлоагрегат, нагрузка, тепловая энергия, энтальпия, расход сетевой воды, энергоценность газа, вероятностные характеристики.

KRUCHINKINA O. A.

AN EFFICIENT ALGORITHM OF BOILER EFFICIENCY ASSESSMENT

Abstract. The article presents an efficient algorithm of boiler efficiency assessment, considering the power value and gas consumption inlet and the enthalpy and water consumption outlet. The boiler efficiency is a ratio of the effective power outlet and inlet. The value of the effective powers is calculated through statistical characteristics of probabilistic processes of its components.

Keywords: boiler, work capacity, thermal energy, enthalpy, consumption of network water, gas power value, probabilistic characteristics.

Основная доля затрат при производстве тепловой энергии приходится на топливо. Топливная составляющая в себестоимости тепловой энергии доходит до 70% и имеет тенденцию роста. Рост топливной составляющей в себестоимости тепловой энергии связан, главным образом, с автоматизацией процесса горения и высвобождением операторов. Применение современных средств автоматизации в горелочных устройствах котлоагрегатов с целью минимизации расхода топлива предполагает широкое варьирование режимами горения. Однако при расчете потребности в топливе для котельной пользуются методикой [1], утвержденной Минэнерго, которая учитывает только установившейся режим работы котлоагрегатов в четырех характерных режимах. Поэтому норматив топлива, утвержденный в тарифе, не покрывает фактических затрат. С переходом на долгосрочные тарифы разница от недоучета в изменении режимов может быть весьма существенной. Оценка полной мощности при колебательных режимах работы, например, электроагрегатов и дизель-генераторов, имеет расхождения с активной на 20-25%. В связи с этим при колебаниях нагрузки котлоагрегатов, вызванных как внешними метеорологическими условиями, так и внутренними факторами, нужно оценивать их КПД с учетом переменных составляющих.

Кроме того, требования учета переменной составляющей необходимо учитывать при создании узлов учета тепловой энергии.

Для колебательных систем со значительной величиной постоянной составляющей, к которым относится энтальпия и расход теплоносителя, оценка КПД предполагает последовательность шагов.

1. Записывают реализации процессов изменения энтальпии, расхода сетевой воды, энергоценности топлива, расхода газа как:

$$\Delta h_{bi}, g_{bi}, \varepsilon_{\Gamma i}, i = 1 \dots N \text{ с шагом } \Delta \tau.$$

2. Рассчитываются вероятностные характеристики процессов:

- математическое ожидание энтальпии сетевой воды;

$$\Delta h_{bo} = \frac{1}{N} \sum \Delta h(i),$$

- математическое ожидание расхода сетевой воды;

$$\Delta g_{bo} = \frac{1}{N} \sum \Delta g_b(i),$$

- математическое ожидание энергоценности газа;

$$\Delta \varepsilon_{\Gamma o} = \frac{1}{N} \sum \Delta \varepsilon(i),$$

- математическое ожидание расхода газа;

$$\Delta g_{\Gamma o} = \frac{1}{N} \sum \Delta g_{\Gamma}(i),$$

- среднее квадратическое отклонение энтальпии сетевой воды;

$$\sigma_{\Delta h_b} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta h_i - \Delta h_{bo})^2},$$

- среднее квадратическое отклонение расхода сетевой воды;

$$\sigma_{\Delta g_b} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta g_{bi} - \Delta g_{bo})^2},$$

- среднее квадратическое отклонение энергоценности газа;

$$\sigma_{\Delta \varepsilon_{\Gamma}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta \varepsilon_i - \Delta \varepsilon_{\Gamma o})^2},$$

- среднее квадратическое отклонение расхода газа;

$$\sigma_{\Delta g_{\Gamma}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta g_{\Gamma i} - \Delta g_{\Gamma o})^2},$$

- корреляция по воде;

$$\sigma_{\Delta h_b g_b} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta h_i - \Delta h_{bo})^2 \cdot (\Delta g_{bi} - \Delta g_{bo})^2},$$

- корреляция по топливу;

$$\sigma_{\Delta \vartheta_{\Gamma} g_{\Gamma}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\Delta \vartheta_i - \Delta \vartheta_{\Gamma o})^2 \cdot (\Delta g_{\Gamma i} - \Delta g_{\Gamma o})^2},$$

- коэффициент линейной корреляции для воды;

$$\rho_{\Delta h_b g_b} = \frac{\sigma_{\Delta h_b g_b}}{\sigma_{\Delta h_b} \sigma_{\Delta g_b}},$$

- коэффициент линейной корреляции для топлива;

$$\rho_{\Delta \vartheta_{\Gamma} g_{\Gamma}} = \frac{\sigma_{\Delta \vartheta_{\Gamma} g_{\Gamma}}}{\sigma_{\Delta \vartheta_{\Gamma}} \sigma_{\Delta g_{\Gamma}}}.$$

3. Определяются величины энергий:

- эффективная величина выработанной тепловой энергии

$$Q_{ab} = \Delta h_{bo} \Delta g_{bo} + \sigma_{\Delta h_b} \sigma_{\Delta g_b} \rho_{\Delta h_b g_b},$$

$$Q_{a\Gamma} = \Delta \vartheta_{\Gamma o} \Delta g_{\Gamma o} + \sigma_{\Delta \vartheta_{\Gamma}} \sigma_{\Delta g_{\Gamma}} \rho_{\Delta \vartheta_{\Gamma} g_{\Gamma}}.$$

4. Определяется эффективный КПД котлоагрегата:

$$\eta = \frac{Q_{ab}}{Q_{a\Gamma}} 100\%.$$

Ниже на примере работающего котлоагрегата типа ТВГ-8, принадлежащего ОАО «СаранскТеплоТранс», приведены результаты расчета его вероятностных характеристик (таблица 1).

Таблица 1

Результаты расчета вероятностных характеристик котлоагрегата типа ТВГ-8

Наименование показателя	Режим №1	Режим №2
Δh_{bo} , Дж/кг	150021,51	145438,70
Δg_{bo} , кг/с	51,93	46,26
$\Delta \varepsilon_{Go}$, Дж/кг	33512536,56	33512536,56
Δg_{Go} , кг/с	0,28	0,28
$\sigma_{\Delta h_b}$, Дж/кг	18670,16	24635,43
$\sigma_{\Delta g_b}$, кг/с	0,14	10,78
$\sigma_{\Delta \varepsilon_G}$, Дж/кг	99857,77	99857,77
$\sigma_{\Delta g_G}$, кг/с	0,05	0,05
$\sigma_{\Delta h_b g_b}$	2660,52	361065,67
$\sigma_{\Delta \varepsilon_G g_G}$	4659,02	4659,02
$\rho_{\Delta h_b g_b}$	1,01	1,36
$\rho_{\Delta \varepsilon_G g_G}$	0,95	0,95
Q_{ab} , Вт	7793037,25	7089457,49
Q_{aG} , Вт	9248533,69	9248533,69
η , %	84,26	76,65

Как видно из результатов расчета, практически при одинаковой затраченной тепловой мощности выработанная мощность отличается более чем на 9%. С насыщением котлоагрегатов более совершенными средствами автоматизации выработанная мощность будет более отличаться от затраченной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по организации в Минэнерго России работы по расчету и обоснованию нормативов удельного расхода топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию от тепловых электрических станции и котельных: Приказ Минэнерго России № 323 от 30 декабря 2008 г.