

УДК 621.31

Усовершенствование обобщающего показателя эффективности использования ТЭР в системе концерна «Белэнерго»

Куксов А.С.

Научный руководитель Нагорнов В.Н, к.э.н., доцент

Эффективность использования ТЭР в электроэнергетических системах оценивается через удельный расход топлива на отпущенную потребителям энергию:

$$b = \frac{k}{\eta}, \quad (1)$$

где b – удельный расход топлива на отпуск энергии, k – коэффициент перевода, η – коэффициент полезного действия (КПД) по производству (генерации) и транспортировке энергии, т.е. $\eta = \eta_{прт} * \eta_g$.

Когда производится один вид энергии, например электроэнергия или теплота, то выражение (1) достаточно однозначно определяет эффективность преобразования и транспорта энергии. Особенность белорусской энергосистемы – наличие в структуре генерирующих источников значительной доли ТЭЦ, производящих по комбинированному циклу электроэнергию и теплоту. В этом случае эффективность использования ТЭР зависит как от производства электроэнергии, так и от производства теплоты, т.е. показатели оказываются взаимосвязанными и однозначная оценка эффективности использования становится весьма затруднительной.

Как известно, в энергетических системах осуществляется преобразование энергии с использованием специального оборудования по так называемой «энергетической цепи»: топливо – транспорт топлива – преобразование энергии топлива в электрическую и тепловую энергию – передача электрической и тепловой энергии – потребители энергии.

Общий коэффициент эффективности топливоиспользования найдется как:

$$\eta_{ти} = \eta_{трт} * \eta_g * \eta_{пер} * \eta_{исп}, \quad (2)$$

где $\eta_{трт}$, η_g , $\eta_{пер}$, $\eta_{исп}$, – соответственно: КПД транспорта топлива, КПД генерации энергии, КПД передачи энергии, КПД использования энергии потребителем.

Удельный расход топлива на выработку электрической энергии по теплофикационному циклу сравнительно небольшой и отличается от теоретически возможного лишь потерями в котлоагрегате, механическими потерями и потерями в генераторе:

$$b^{T_{ээ}} = \frac{K'_{пер}}{\eta_{ка} * \eta_{тп}} * \frac{K_{пер}}{\eta_m * \eta_g}, \quad (3)$$

где $\eta_{ка}$, $\eta_{тп}$, η_m , η_g , – соответственно: КПД котлоагрегата, КПД теплового потока, механический КПД и КПД генератора; $K'_{пер}$, $K_{пер}$ – коэффициенты перевода.

Удельный расход топлива на выработку электроэнергии по конденсационному циклу включает потери в холодном источнике и определяется

$$b^{K_{ээ}} = \frac{K'_{пер}}{\eta_{ка} * \eta_{тп}} * \frac{K_{пер}}{\eta_m * \eta_g * \eta_t * \eta_{oi}}, \quad (4)$$

где η_t , η_{oi} – термический КПД цикла и относительный внутренний КПД турбины.

Если электроэнергия производится по конденсационному и теплофикационному циклам, то удельный расход топлива будет равен

$$b_{ээ} = \frac{\mathcal{E}_T * b^{T_{ээ}} + \mathcal{E}_K * b^{K_{ээ}}}{\mathcal{E}_T + \mathcal{E}_K}. \quad (5)$$

Как видно, удельный расход топлива зависит от доли выработки электроэнергии по теплофикационному и конденсационному циклам. Эффективность топливоиспользования будет тем выше, чем выше доля производства электроэнергии по теплофикационному циклу, т.е. чем выше выработка электроэнергии на базе теплового потребления.

Наличие на ТЭЦ и в белорусской энергосистеме в целом, двух удельных расходов топлива: по электрической энергии ($b_{ээ}$) и по тепловой энергии ($b_{тэ}$) значительно усложняет анализ эффективности топливоиспользования и не позволяет дать однозначную оценку, потому что один из показателей может уменьшаться при одновременном росте другого. С другой стороны возникает вопрос о необходимости такого разделения и если да, то по какому принципу это разделение необходимо осуществлять.

Предположим, что энергия топлива, теплоты и электрическая энергия представлены в одной размерности, тогда можно записать:

$$B = b_{ээ} * \mathcal{E} + b_{тэ} * Q, \quad (6)$$

удельный средний расход топлива будет равен:

$$\bar{b} = \frac{B}{\mathcal{E} + Q} = \frac{b_{ээ} * \mathcal{E} + b_{тэ} * Q}{\mathcal{E} + Q}. \quad (7)$$

При неизменных режимах загрузки энергосистемы этот показатель будет достаточно стабилен. Снижение удельного расхода топлива $\bar{b}$ будет показывать рост эффективности топливоиспользования в энергосистеме. При увеличении выработки электрической энергии на тепловом потреблении в комбинированном цикле $\bar{b}$ также будет снижаться.

Приведенное выше выражение для $\bar{b}$ можно также записать и для значений КПД:

$$\bar{b} = \frac{h_{ээ}^{-1} * \mathcal{E} + h_{тэ}^{-1} * Q}{\mathcal{E} + Q} \text{ или } \eta = \frac{1}{\bar{b}}. \quad (8)$$

Рассчитаем обобщенный КПД использования топлива в белорусской энергосистеме. Для этого воспользуемся данными концерна «Белэнерго» по расходу топлива и производству электрической энергии и тепла [1].

Пример:

$$b_{ээ} = 274,6; \quad b_{тэ} = 168,94;$$

$$\mathcal{E} = 30,11 \text{ млрд. кВт}\cdot\text{ч} = 30,11 * 10^6 \text{ МВт}\cdot\text{ч}, \quad Q = 35,44 \text{ млн. Гкал} = 34,44 * 10^6 \text{ Гкал}$$

$$B = 0,2746 * 30,11 * 10^6 + 0,16894 * 35,44 * 10^6 = 14,255 * 10^6 \text{ т у.т.}$$

$$\eta_{ээ} = 0,448; \quad \eta_{тэ} = 0,846$$

$$35,44 * 10^6 \text{ Гкал} = 35,44 * 1,163 = 41,22 * 10^6 \text{ МВт}\cdot\text{ч}$$

$$b_{тэ} = 0,123 / 0,846 = 0,1454 \text{ т у.т.} / \text{МВт}\cdot\text{ч}$$

$$\bar{b} = \frac{8,268 * 10^6 + 5,987 * 10^6}{(30,11 + 41,22) * 10^6} = \frac{14,255}{71,33} = 0,1998 \text{ т у.т.} / \text{МВт}\cdot\text{ч}$$

$$\bar{\eta} = 0,123 / 0,1998 = 0,615$$

Если учесть, что примерно 10 % энергии теряется при транспортировке в сетях и распределении, то финишный КПД использования топлива в белорусской энергосистеме в 2005 году будет равен

$$\eta_{\phi} = \eta_{\text{нер}} - \eta_{\text{пер}} \cong 0,615 * 0,9 = 0,582, \text{ т.е. } 58,2 \text{ \%}.$$

Комплексный показатель удельного среднего расхода топлива является достаточно действенным в определении эффективности энергетического производства и в широко охватывают данный аспект, по сути являясь универсальным.

Литература

1. Данные Министерства статистики и анализа Республики Беларусь.
2. Куксов А.С., Соболев А.Ю. Использование древесного топлива в энергетическом балансе республики //Материалы НТК “Актуальные проблемы энергетики”, Мн.: БНТУ, 2005
3. Куксов А.С. Использование отходов лесозаготовок для генерации энергии //Материалы 62-й НТК “Актуальные проблемы энергетики”, Мн.: БНТУ, 2006
4. Куксов А.С. Обоснование эффективности использования древесного топлива в энергетике Республики Беларусь на примере Вилейской мини-ТЭЦ //Материалы НТК “Актуальные проблемы энергетики”, Мн.: БНТУ, 2008