

Оценка расхода топлива для производства электроэнергии на электростанциях промышленных предприятий

Старжинский А.Л.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время на некоторых предприятиях Республики Беларусь имеются собственные электростанции, обеспечивающие тепловой энергией технологический процесс или установленные в последние годы в целях экономии энергоресурсов, и представляют собой паротурбинные установки с противоаварийными турбинами мощностью от 0,5 до 3,5 МВт. Они работают в качестве редуктора для снижения избыточного давления пара, например с 1,3 МПа и температуре $t=191$ °С, вырабатываемого котельной предприятия, до требуемых параметров, необходимых для ведения технологического процесса. Применение противоаварийной турбины вместо обычно применяемых редуцирующе-охлаждающих установок (РОУ) позволяет полезно использовать (срабатываемый на рабочих лопатках) потенциал парового потока для получения электроэнергии [1, с. 6]. В схеме с установкой противоаварийной турбины обычное РОУ сохраняется как резервное на период плановых или аварийных остановов турбины. Удельные затраты топлива при использовании противоаварийной турбины несколько выше по сравнению с РОУ, т.к. производство электроэнергии связано с дополнительной потерей энергии в турбине (потери пара через концевые уплотнения, механические потери), редукторе, генераторе (механические и электрические потери).

Рассмотрим одно предприятие пищевой промышленности, требующее по технологии производства пар давлением 0,3-0,38 МПа и температурой 130-140 °С. На данном предприятии принята попытка снизить недоиспользование потенциальной энергии пара, полученной от сжигания топлива в котельной, за счет того, что пар вместо РОУ, направляется на паротурбинную установку для производства электроэнергии. Для этого в пристройке к производственному цеху установлена параллельно РОУ противоаварийная турбина мощностью 1,5 МВт, вал которой сочленен через редуктор с электрическим генератором такой же самой мощности. Технические параметры турбоагре-

гата представлены в таблице 1. Эксплуатационные условия работы данного турбоагрегата отличаются от номинальных, поэтому экспериментально полученные характеристики отличаются от паспортной.

Оценим значения удельного расхода топлива на выработку электрической энергии для данного турбоагрегата. При отсутствии электрогенерирующего комплекса котельная вырабатывает тепловую энергию Q с расходом топлива B , который определяется исходя из значения количества тепла, отпускаемого потребителю, потерь в котле, потерь в питающем паропроводе и РОУ. На тепловых электростанциях энергосистемы отпуск пара через РОУ применяется в дополнение к отбору из турбины при большом потреблении пара, не обеспечиваемой последней, или при выходе из строя турбины с отбором пара. Отпуск пара через РОУ не экономичен и допустим только в исключительных случаях [2, с. 82].

Таблица 1

Технические параметры турбоагрегата с противодавленческой турбиной

Тип турбоагрегата	Номинальные параметры свежего пара		Номинальные параметры пара за турбиной		Номинальный расход пара, кг/ч	Эффективный к.п.д. турбины, %	К.п.д. редуктора, %	К.п.д. генератора, %
	p_0 , МПа	t_0 , °C	p_2 , МПа	t_2 , °C				
ТГ 1,5А/10,5 Р13/3	1,3	191	0,3	133	34500	65,7	98,6	96,1

Для котельных промышленных предприятий схема пароснабжения от РОУ потребителей технологического процесса получила наибольшее распространение.

Эффективность замены процесса снижения параметров в РОУ заключается в срабатывании адекватного потенциала в противодавленческой турбине, являющейся по существу вращающейся РОУ [1, с. 6].

Необратимые потери в РОУ при дросселировании пара определяются по выражению [3, с. 460].

$$П = D_n \cdot [(h_n - h_n) - T_{o.c.} \cdot (s_n - s_n)], \quad (1)$$

где h_n – энтальпия пара перед дросселированием, кДж/кг; h_n – энтальпия пара при давлении, необходимом потребителю, кДж/кг; s_n – энтропия пара перед дросселированием, кДж/К; s_n – энтропия пара при давлении, необходимом потребителю, кДж/К; D_n – количество дросселируемого пара, кг/ч; $T_{o.c.}$ – температура окружающей среды, принимаемой обычно равной 293 К.

Исходя из номинальных параметров первичного пара ($p_0=1,3$ МПа; $t_0=191^\circ\text{C}$) и параметров вторичного пара ($p_2 = 0,3$ МПа; $t_2 = 133^\circ\text{C}$), расхода пара, $D_n=34500$ кг/ч, потери в РОУ, определенные по выражению (1), будут равны

$$П = 34500 \cdot [(812,04 - 559,211) - 293 \cdot (2,2453 - 1,6662)] = 34500 \cdot 83,154 = 2868813 \text{ кДж/ч} = 796,89 \text{ кВт}$$

Теплопадение в турбине (табл.1) составят [4, с. 8].

$$П_t = D_n \cdot (h_n - h_n), \quad (2)$$

где $h_n - h_n$ – перепад энтальпий пара в турбине, кДж/кг; D_n – расход пара на выхлопе из турбины, кг/ч

Исходя из паспортных данных турбоагрегата (табл. 1), по формуле (2) определим теплопадение в турбине

$$П_t = 34500 \cdot (812,04 - 559,211) = 8722600,5 \text{ кДж/ч} = 2423 \text{ кВт}$$

Часовые потери топлива в котельной в случае дросселирования пара в РОУ составят:

$$\Delta B^{\text{РОУ}} = \frac{П_{\text{РОУ}}}{Q_y \cdot \eta_{\text{кот}} \cdot \eta_{\text{изол}}}, \quad (3)$$

где Q_y – теплота сгорания условного топлива (равная 29300 кДж/кг); $\eta_{\text{кот}}$ – к.п.д. котельной исследуемого предприятия [5, с. 6] равен 0,892; $\eta_{\text{изол}}$ – к.п.д. изоляции паропроводов исследуемого предприятия [5, с. 17] равен 0,9604;

$$\Delta B^{\text{POY}} = \frac{2868813 \cdot 1}{29300 \cdot 0,892 \cdot 0,9604} = 114,291 \text{ кг. у. т.}$$

Часовые потери топлива при работе турбоагрегата составят:

$$\Delta B^{\text{TA}} = \frac{\Pi_{\tau}}{Q_y \cdot \eta_{\text{кот}} \cdot \eta_{\text{изол}}}, \quad (4)$$

$$\Delta B^{\text{TA}} = \frac{8722600,5 \cdot 1}{29300 \cdot 0,892 \cdot 0,9604} = 347,51 \text{ кг. у. т.}$$

Потери топлива при работе турбоагрегата в сравнении с использованием РОУ увеличатся на значение:

$$\delta B = \Delta B^{\text{TA}} - \Delta B^{\text{POY}}, \quad (5)$$

$$\delta B = 347,51 - 114,291 = 233,22 \text{ кг. у. т.}$$

Повышение потерь топлива при работе турбоагрегата над потерями при работе РОУ обеспечивает выработку электроэнергии мощностью 1,5 МВт, тогда удельный расход топлива на производство электроэнергии будет:

$$b_{\text{уд}}^3 = \frac{\delta B}{N_3 \cdot t_{\tau}}, \quad (6)$$

где N_3 – номинальная электрическая мощность турбоагрегата, кВт

$$b_{\text{уд}}^3 = \frac{233,22}{1500 \cdot 1} = 0,1555 \text{ кг.у.т./кВт}\cdot\text{ч.}$$

В случае неучета потерь тепла в РОУ, удельный расход топлива на производство электроэнергии будет равен:

$$b_{уд}^3 = \frac{\Delta B^{TA}}{N_s \cdot t}, \quad (7)$$

$$b_{уд}^3 = \frac{347,51}{1500 \cdot 1} = 0,2317 \text{ кг.у.т./кВт}\cdot\text{ч}$$

Выводы

Расход топлива на производство электроэнергии на паротурбинной установке малой мощности установленной на промышленном предприятии вместо РОУ, ниже соответствующего показателя на электростанциях энергосистемы примерно в 1,38-2,04 раза, что говорит об экономичности и эффективности применения ее в качестве производителя электроэнергии.

Литература

1. Кореннов, Б.Е. Замена РОУ противодавленческой турбины – эффективное энергосберегающее мероприятие для котельных и ТЭС // Промышленная энергетика. – 1997. – № 12. – С. 6-8.
2. Елизаров, Д. П. Теплоэнергетические установки электростанций / Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 264 с.
3. Теплотехнический справочник /Под ред. В.Н. Юренева и П. Д. Лебедева. Т.1. - М.: Энергия, 1975. – 744 с.
4. Лебедев, В.М., Усманов Ю.А. Техничко-экономическая эффективность ТЭЦ малой мощности/ Промышленная энергетика. – 2000. –№1 – С. 6–8.
5. Разработать методику определения удельных норм расхода тепловой энергии на производство электроэнергии на паротурбинной установке ОАО “Мозырьсоль”: Отчет о НИР / Бел. нац. техн. ун-т; Научный руководитель темы Короткевич М.А. – ХД 1615/04. – Минск, 2004. – 20 с.