

ки, сочетание паротурбинной установки и двигателя внутреннего сгорания.

5. Применение газотурбинного, парогазового и газопоршневого оборудования может быть недопустимым на реконструируемых ТЭЦ малых мощностей, из-за роста годовых выбросов NO_x при сжигании природного газа, особенно в городах с тяжелой экологической обстановкой.

Литература

1. Белорусская энергетическая система (1931-1991) – составитель Александров. И. Н., Мн – Министерство энергетики Республики Беларусь, 1992.
2. Государственная комплексная программа модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов в 2006 – 2010 годах. Указ Президента Республики Беларусь от 25 августа 2005 г. №399.

УДК 621.181

Учет экологического фактора при определении показателей надежности ТЭС

Шичко С.Н.
Минская ТЭЦ-5

В работе [1] получена зависимость функционального состояния ТЭС от надежности и экономичности. Дополнительно в [2] был введен третий фактор – экологичность, учитывающий степень экологического воздействия энергетического объекта на окружающую среду.

В качестве фактора экологичности рассмотрены выбросы окислов азота, мг/м³. В результате расчета для энергоблока К-300-240 была получена функция полезности (ФП), объединяющие все три показателя:

$$D = \exp \left\{ -\frac{1}{3} \left[\exp(17,366 - 0,5 \cdot b_y) + \exp(-301,7 + 308,6 \cdot \dot{E}_a) + \right] \right\} \cdot \exp(2,398 - 0,007 \cdot NO_x) \quad (1)$$

Проанализируем на основе полученных выражений ФП для энергоблока К-300-240 возможные соотношения между количественными значениями входящих в нее показателей. В общем виде для ФП, содержащей три показателя:

$$D = \sqrt{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3}, \quad (2)$$

где d определяется в соответствии с формулами 2.6, 2.7, y_i — исследуемый показатель функционирования ТЭС.

$$d_1 = \frac{D^3}{d_2 d_3}, \quad (3)$$

либо с учетом преобразований

$$y_1 = \frac{\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{d_2 \cdot d_3} \right) \right] - x_{11}}{x_{21}} =$$

$$= \frac{\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{-\exp(-\exp(x_{12} + x_{22} \cdot y_2)) \cdot d_3} \right) \right] - x_{11}}{x_{21}}, \quad (4)$$

получим формулу для оценки изменения одного параметра за счет ухудшения (улучшения) показателей другого параметра при обеспечении заданного значения комплексного показателя функционирования ТЭС. Для искомого показателя эффективности его зависимость от частной функции полезности:

$$y_i = \frac{\ln(-\ln d_i) - x_{1i}}{x_{2i}}; \quad (5)$$

$$NO_x = \frac{\ln(-\ln d_{NO_x}) + 2,398}{0,007}; \quad (6)$$

$$b = \frac{\ln(-\ln d_b) + 17,366}{0,05}; \quad (7)$$

$$K_2 = \frac{\ln(-\ln d_{K_2}) - 301,7}{-308,6}. \quad (8)$$

В приведенных формулах 5-8 параметры функционирования выражены через их частную функцию полезности.

Определим взаимные влияния параметров оптимизации:

$$\begin{cases} NO_x = f(K_z), b = const \\ NO_x = f(b), K_z = const \end{cases}; \begin{cases} b = f(K_z), NO_x = const \\ b = f(NO_x), K_z = const \end{cases};$$

$$\begin{cases} K_z = f(NO_x), b = const \\ K_z = f(b), NO_x = const \end{cases};$$

$$NO_x(K_z) = \frac{-\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(-301,7 + 308,6 \cdot K_z)) \cdot d(b)} \right) \right]}{0,007}$$

$$NO_x(b) = \frac{-\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(17,366 - 0,05 \cdot b_s)) \cdot d(K_z)} \right) \right] + 2,398}{0,007};$$

$$b(NO_x) = \frac{-\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(2,398 - 0,007 \cdot NO_x)) \cdot d(K_z)} \right) \right] + 17,366}{0,05}$$

$$b(K_z) = \frac{-\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(-301,7 + 308,6 \cdot K_z)) \cdot d(NO_x)} \right) \right] + 17,366}{0,05};$$

$$K_z(b) = \frac{\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(17,366 - 0,05 \cdot b_s)) \cdot d(NO_x)} \right) \right] + 301,7}{308,6};$$

$$K_z(NO_x) = \frac{\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(2,398 - 0,007 \cdot NO_x)) \cdot d(b)} \right) \right] + 301,7}{308,6}.$$

Приведенные зависимости описывают попарно взаимное влияние коэффициентов комплексного критерия эффективности. Две последние формулы позволяют установить количественную взаимосвязь между показателем надежности, показате-

лими экономичности и экологичности с учетом заданных ограничений.

Таблица 4. Результаты расчета параметров оптимизации

Отметки на шкале полезности	NO_x	K_r	b_s
0,95	0	0,9873	287,9
0,9	13,9	0,9849	302,3
0,85	75,9	0,9835	311,0
0,8	121,2	0,9825	317,3
0,75	157,4	0,9817	322,4
0,7	188,2	0,9810	326,7
0,65	215,1	0,9804	330,5
0,6	239,5	0,9798	333,9
0,55	261,9	0,9793	337,0
0,5	283,1	0,9788	340,0
0,45	303,3	0,9784	342,8
0,4	322,9	0,9779	345,6
0,35	342,4	0,9775	348,3
0,3	361,9	0,9770	351,0
0,25	382,1	0,9766	353,9
0,2	403,4	0,9761	356,8

Литература

1. Карницкий, Н.Б. Решение задач синтеза надежности с помощью мультипликативных критериев оптимальности // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ).—2001— № 3. —с.115-119.
2. Шичко, С.Н. Комплексный критерий оценки эффективности работы ТЭС// Энергетика – Изв. Высш. Учеб. Заведений и энерг. Объединений СНГ. – 2005