

УДК 621.311.1

ОБЗОР МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А.Д. Цыпкайкина

В работе рассмотрены методы повышения энергетической эффективности агрегатов электростанций на технико-экономическом уровне управления. Результаты исследования показывают, что применение различных способов повышения энергоэффективности предприятия может привести к значительному снижению потребления топливных ресурсов.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, электростанция.

По данным министерства энергетики РФ в 2017 году электростанции Единой энергосистемы (ЕЭС) России выработали около 1000 млрд кВт·ч. Основную нагрузку несли тепловые электростанции.

Для такой масштабной выработкой электроэнергии необходимо соответствующее потребление энергетических ресурсов. Таким образом, проблема снижения потребления ресурсов с целью повышения энергоэффективности станций актуальна. В свою очередь, эффективность, как отдельных агрегатов, так и всей станции, существенно зависит от режимов их эксплуатации. Обоснованный выбор режимов осуществляется на основе использования методов и программных средств математического моделирования и оптимизации.

Для экономичного потребления топливных ресурсов и повышения энергетической эффективности электростанции на нижнем уровне используются системы автоматического регулирования режимов энергетического оборудования, а на верхнем уровне – специальные системы технико-экономического и организационного управления.

Исследованию способов оптимизации режимов энергетического оборудования электростанций и станции в целом посвящены многочисленные труды российских и зарубежных авторов, таких как Р.З. Аминов, А.И. Андрющенко, Э.К. Аракелян, В.А. Веников, Ф.А. Вульман, А.З. Гамм, А.А. Голышева, В.М. Горнштейн, Н.П. Деканова, Л.С. Казаринов, А.М. Клер, Г.Б. Левенталь, Л.А. Мелентьев, Г.В. Ноздренко, Л.С. Попырин, В.Н. Рузанков, А.В. Чалбышев, П.А. Щинников и др.

Существенный вклад в развитие работ по энергосбережению на промышленных предприятиях внесли Б.И. Кудрин, Г.В. Никифоров, Б.И. Заславец, В.К. Олейников, Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков, Д. Хайд, В.М. Фокин, М.Х. Чоджой, А.Г. Щеглов и др.

Способы оценки эффективности работы энергетического оборудования приведены в работах А.А. Гавриловой, А.Г. Салова, А.В. Сафронова, П.А. Щинникова, W. Yinsong, L. Shizhe, T. Jingyu, Z. Zheng и др.

Рассмотрим некоторые методы повышения энергетической эффективности электростанции, которые реализуются на уровне технико-экономического и организационного управления.

Довольно широко применимым является метод относительных приростов топлива [1–3]. Суть данного метода состоит в том, что минимизируется суммарный расход топлива по станции в целом, т.е.:

$$B_{cm} = B_1 + B_2 + \dots + B_i \rightarrow \min$$

Минимум расхода топлива в энергосистеме достигается при равенстве относительных приростов. В качестве относительных приростов рассматривается частная производная расхода топлива B_i по мощности каждой установки N_i :

$$\frac{\partial B_1}{\partial N_1} = \frac{\partial B_2}{\partial N_2} = \dots = \frac{\partial B_n}{\partial N_n}$$

Это условие позволяет определять очередность загрузки агрегатов исходя из топливной экономичности. В первую очередь должны загружаться те агрегаты, которые имеют наименьшие относительные приросты топлива, а разгружаться – наоборот, агрегаты, имеющие наибольшие относительные приросты.

К недостаткам данного метода можно отнести, то что не учитывается возможность использования на станции разных видов топлива с разными стоимостными показателями; не учитываются неэффективные уровни загрузки (когда цена на электрическую и тепловую энергию, складывающаяся в определенные часы суток может оказаться ниже топливной составляющей себестоимости производства электроэнергии или тепла на данной станции) и продолжительность условий такой эксплуатации в течение суток.

Суть эксергетического метода [4–6] заключается в представлении эффективности подсистем в виде:

$$\eta_e = \frac{\eta_{4N}N + \eta_{6T}E}{N + E} \rightarrow \max,$$

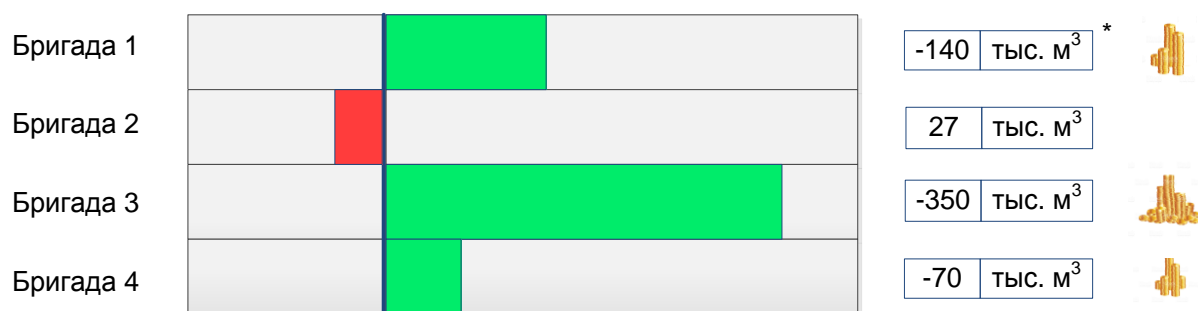
где η_{4N} – эксергетический КПД по отпуску электроэнергии; η_{6T} – эксергетический КПД по отпуску теплоэксергии; N – отпущенная электроэнергия; E – отпущенная эксергия.

Недостатком данного метода является необходимость проведения большого количества точных измерений, что в условиях реального производства не всегда бывает возможным.

В рамках повышения мотивации эксплуатационного персонала энергетического оборудования электростанций применяется метод, основанный на оценке эффективности работы технологических участков электростанции с бригадной разбивкой результатов. Суть метода заключается в повышении производительности за счет введения соревновательного между бригадами [7].

Оценка эффективности осуществляется путем сравнения текущего режима работы с базовым, приведенным к текущим условиям по неуправляемым внешним факторам.

В настоящее время данный подход реализован на одной из электростанций металлургического предприятия. На рис. представлен пример работы бригадной оценки. Как видно из диаграммы бригады стремятся экономить энергетические ресурсы по сравнению с базовым периодом, что приводит к увеличению эффективности работы оборудования.



* - (-) соответствует экономии природного газа; (+) соответствует перерасходу природного газа

Пример работы бригадной оценки

В данной статье были рассмотрены некоторые методы повышения эффективности работы электростанции. Исследования показали, что с использованием данных методов можно добиться снижения потребления энергетических ресурсов, а следовательно повысить энергетическую эффективность режимов работы оборудования электростанций.

Библиографический список

1. Горнштейн, В.М. Методы оптимизации режимов энергосистем / В.М. Горнштейн, Б.П. Мирошниченко, А.В. Пономарев. – М.: Энергоиздат, 1981. – 336 с.
2. Литвак, В.В. Оптимизация режимов работы турбоустановок тепловых электрических станций с использованием характеристик относительных приростов / В.В. Литвак, А.С. Матвеев, С.А. Шевелев // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. № 4. – С. 21–23.
3. Низамеев, Б.М. Повышение энергетической эффективности котельной путем оптимального распределения нагрузки между котлоагрегатами / Б.М. Ни-

замеев, В.К. Ильин // Информационные системы. Автоматизация и системы управления. – 2016 – С. 90–102.

4. Оптимизация режимов работы энергоблоков ТЭЦ / П.А. Щинников, Г.В. Ноздренко, О.В. Боруш и др. // Известия РАН. Энергетика. – 2014. – № 3. – С. 54–60.

5. Щинников, П.А. Экономия топлива на ТЭС за счет применения метода согласования энергобалансов / П.А. Щинников, Г.В. Ноздренко, А.В. Сафронов // Научный вестник НГТУ. – 2014. – № 1(54). – С. 151–158.

6. Критерий эффективности при эксергетической оптимизации функционирования энергопреобразования / П.А. Щинников, Г.В. Ноздренко, Ф.А. Серант и др. // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – Т. 1, № 1. – С. 208–211.

7. Kazarinov, L.S. Efficiency evaluation method for boiler performance with a team-based breakdown of outcomes / L.S. Kazarinov, A.A. Filimonova, O.V. Kolesnikova, T.A. Barbasova // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – 2017. – Pp. 1–5.

[К содержанию](#)