

Кокшаров Владимир Алексеевич

доктор экономических наук, профессор, кафедры «Экономика транспорта»
ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИИ

Аннотация. В статье рассматривается методика оптимизации режимов использования производственных мощностей электростанций в энергосистемах.

Ключевые слова: Расходные характеристики, характеристики относительных приростов расхода энергоресурсов, теплофикационные турбоагрегаты, минимум приведенных затрат.

Для нахождения оптимального режима использования производственных мощностей электростанций в энергообъединении и расхода энергоресурсов необходимо проведение двух взаимосвязанных расчетов с иерархической противоположной последовательностью: расчет характеристик и расчет оптимального распределения нагрузок, расхода энергоресурсов.

Расчет характеристик начинается с низшего иерархического уровня – с разработки характеристик оборудования электростанций и электрических сетей, на базе которых формируются характеристики электростанций в целом и необходимые характеристики для учета электрических сетей. На основе этой информации на следующем этапе разрабатываются характеристики энергосистем (ЭС). В свою очередь характеристики энергосистем и межсистемных связей используются для разработки характеристик объединенных энергосистем (ОЭС). На высшем иерархическом уровне на базе характеристик объединенных систем формируется характеристика единой энергосистемы (ЕЭС) России.

Следовательно, расчет характеристик начинается с низшего иерархического уровня и завершается высшим.

Процесс оптимального распределения нагрузок, базирующийся на этих характеристиках, производится в противоположной последовательности.

Вначале электрическая нагрузка ЕЭС России распределяется между входящими в ее состав ОЭС. Затем нагрузка данной ОЭС распределяется между входящими в ее состав ЭС. Далее нагрузка ЭС распределяется между входящими в ее состав электростанциями. Расчет завершается на низшем иерархическом уровне, когда электрическая нагрузка электростанции распределяется между ее основными агрегатами. Одновременно с распределением нагрузок устанавливается расход энергоресурсов. Таким образом, расчеты по оптимизации режимов необходимо начинать с подготовки исходной информации по характеристикам. Эти характеристики являются расходные (энергетические) характеристики и характеристики относительных (удельных) приростов расхода энергоресурсов.

Зависимость между количеством энергоресурса или первичной энергии, подведенной к агрегату (станции), и количеством получаемой вторичной энергией носит название расходной или энергетической характеристики агрегата (станции) [1].

Первая производная расхода энергоресурса или первичной энергии, подведенной к агрегату (станции), по его полезной нагрузке представляет собой относительный (удельный) прирост расхода энергоресурса или первичной энергии. Зависимость относительного (удельного) прироста расхода энергоресурса от его полезной нагрузки представляет собой характеристику относительных (удельных) приростов расхода энергоресурса или первичной энергии, называемую в дальнейшем для краткости характеристикой относительных приростов.

Далее рассмотрим характеристики электростанций и электрических сетей.

Расходная характеристика и характеристика относительных приростов тепловой электростанции. Расходная или энергетическая характеристика парогенератора представляет собой зависимость расхода топлива парогенератора от его полезной нагрузки.



Расходная характеристика составляется для установившегося режима и характерных условий эксплуатации.

Производная расхода топлива парогенератором по его полезной нагрузке r_k представляет собой относительный прирост расхода топлива.

В аналитической форме характеристика относительных приростов расхода топлива парогенератором может быть представлена в виде

$$r_k = r_{ko} + a_k \left(\frac{Q}{Q_n} \right)^n \text{ т у.т./ ГДж}$$

где r_k, r_{ko}, a_k – постоянные для данного парогенератора;

Q_n – номинальная нагрузка парогенератора, ГДж/ ч;

Q – текущая тепловая нагрузка парогенератора ГДж/ ч.

Анализ кривых относительных приростов расходов топлива для парогенераторов различных типов, работающих на разных видах топлива, показал, что наибольшее влияние на характер кривой относительных приростов оказывает вид сжигаемого топлива. Наименьшее возрастание относительного прироста расхода топлива (10%) при изменении нагрузки парогенератора от минимальной до максимальной имеет место, как правило, при работе парогенераторов на мазуте или газе. При работе парогенераторов на других видах топлива относительный прирост расхода топлива возрастает более чем на 20%. а иногда до 50%. Поэтому замена во всех случаях действительных характеристик относительных приростов средним значением для всего диапазона возможных нагрузок приводит к заметным ошибкам) [1; 2].

Характеристика относительных приростов котельной строится исходя из условий наивыгоднейшего распределения тепловой нагрузки между парогенераторами.

Стоимостным критерием оптимизации наивыгоднейшего распределения нагрузки является минимум приведенных затрат.

Применительно к данной задаче целесообразно выделить топливную составляющую. Тогда получим

$$Z = S_{y.n} + E_n K' + Z_m \text{ руб./год}$$

где $S_{y.n}$ – условно постоянная составляющая годовых эксплуатационных расходов, руб./год; K' – капиталовложения без учета затрат на добычу, переработку и транспорт топлива, руб.; Z_m – приведенные затраты на топливо руб./год.

Величина $S_{y.n}$ и K' практически не зависит от режима загрузки агрегатов на станции. Поэтому минимум приведенных затрат сводится в данном случае к минимуму топливной составляющей этих затрат.

Приведенные затраты на топливо можно представить в виде:

$$Z = \sum_{i=1}^n B_i \overline{Z_{mi}}$$

B_i – годовой расход топлива i -м агрегатом (станцией), руб./год;

$\overline{Z_{mi}}$ – удельные приведенные затраты на топливо руб./ т у.т.

Если агрегаты (станции), между которыми распределяется суммарная нагрузка, используют одинаковое топливо ($\overline{Z_{mi}} = const$), то минимум п приведенных затрат на топливо сводиться к минимуму суммарного расхода топлива.

Следовательно, общий стоимостной критерий минимума приведенных затрат сводиться для рассматриваемой задачи к минимуму топливной составляющей затрат или, в частном случае, к минимуму суммарного расхода топлива.



Расчеты показывают, что для вывода основных соотношений и построения характеристик удобнее пользоваться критерием минимума суммарного расхода топлива, от которого в случае необходимости, на заключительной стадии легко перейти минимуму топливной составляющей затрат) [3].

Для нахождения условия распределения суммарной нагрузки, при которой обеспечивается минимум суммарного расхода топлива, рассмотрим котельную, состоящую из двух парогенераторов. Пусть суммарная нагрузка котельной в данный момент времени равна Q .

Передадим на парогенератор 1 нагрузку Q_1 , а на парогенератор 2 – $Q_2 = Q - Q_1$. Нагрузке Q_1 соответствует расход B_1 , а нагрузке Q_2 – величина B_2 . Тогда суммарный расход топлива $B = B_1 + B_2$.

Для нахождения минимума суммарного расхода топлива найдем производную dB/dQ_1 приравняем ее к нулю:

$$\frac{dB}{dQ_1} = \frac{d(B_1 + B_2)}{dQ_1} = \frac{dB_1}{dQ_1} + \frac{dB_2}{dQ_1},$$

или

$$\frac{dB}{dQ_1} = \frac{dB_1}{dQ_1} + \frac{dB_2 dQ_2}{dQ_2 dQ_1},$$

Значение $\frac{dQ_2}{dQ_1}$ может быть представлена как $\frac{d(Q - Q_1)}{dQ_1} = -1$ (при данном Q), тогда

$$\frac{dB}{dQ_1} = \frac{dB_1}{dQ_1} - \frac{dB_2}{dQ_2} = 0,$$

$$\frac{dB_1}{dQ_1} = \frac{dB_2}{dQ_2}.$$

Отсюда

$$r_{k1} = r_{k2} \text{ т у.т/ ГДж}$$

Следовательно, при большем числе парогенераторов в котельной аналогично получим

$$r_{k1} = r_{k2} = r_{k3} = \dots = r_{kn}$$

Таким образом, для обеспечения минимального расхода топлива в котельной необходимо, чтобы в каждый момент времени соблюдалось равенство относительных приростов расходов топлива. Отклонение от этого условия приводит к перерасходу топлива в котельной.

Следовательно, для построения характеристики котельной необходимо суммировать нагрузки отдельных парогенераторов при одинаковых значениях относительных приростов [4].

Расходные характеристики и характеристики относительных приростов турбогенераторов являются важной информацией. Увеличение отборов пара ведет к росту минимальной нагрузки турбогенератора, так как увеличивается мощность, вырабатываемая на базе теплового потребления. Снижение максимальной нагрузки из-за ограничения по пропускной способности турбины практически не всегда сказывается ввиду того, что мощность, ограничиваемая генератором, во многих случаях меньше максимальной мощности турбины. Величины относительных приростов расхода тепла турбогенераторов и коэффициенты, отборов пара несколько снижаются с увеличением тепловой нагрузки ввиду роста КПД цикла.

Определение наиболее выгодного распределения электрических и тепловых нагрузок ТЭЦ между работающими теплофикационными турбоагрегатами должно проводиться совместно, поскольку распределение тепловых нагрузок влияет на минимальные электрические нагрузки турбогенераторов и ТЭЦ в целом, а также на значения относительных приростов расхода тепла на производства электроэнергии.



Список литературы:

1. Прузнер С.Л. Экономика энергетики СССР: Учебник. – М. высшая школа, 1978, 478 с.
2. Зайцев Н.Л. Экономика, организация и управление предприятием: Учеб. пособие. – 2-е изд., доп. М.: ИНФРА-М, 2008. – 445 с.
3. Рой Л.В., Третьяк В.П. Анализ отраслевых рынков: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 442 с.
4. Друкер, Питер, Ф. Эффективное управление предприятием: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», – 2008. – 224 с

