

Г. А. Борисов, Т. П. Тихомирова (Петрозаводск, ИПМИ КарНЦ РАН). **Обобщенная и частные задачи минимизации расхода первичной энергии в системе.**

Для минимизации расхода первичной энергии в системе, состоящей из m агрегатов, работающих параллельно на общую нагрузку (мощность) P_c и имеющих расходные характеристики вида

$$B_i = a_{0i} + a_{1i}P_i + a_{2i}P_i^2 + a_{3i}P_i^3, \quad (1)$$

где B_i — мощность на входе i -го агрегата; P_i — его выходная мощность, вначале находятся значения P_i , соответствующие локальному минимуму суммарной первичной мощности [1]

$$\min \sum_{i=1}^m B_i(P_i), \quad (2)$$

при условии, что

$$\sum_{i=1}^m P_i = P_c, \quad (3)$$

Затем при изменении общей мощности P_c в каждый из j интервалов времени Δt $\{P_{c1}, \dots, P_{cj}, \dots, P_{cn}\}$ находятся новые распределения нагрузок агрегатов P_{ij} за время $T = n\Delta t$, дающие сумму локальных минимумов расхода первичной энергии

$$W_{\Pi} = \sum_{j=1}^n \min \Delta t \sum_{i=1}^m B_i(P_{ij}), \quad (4)$$

которая не является глобальным минимумом и больше его. Эта задача наивыгоднейшего распределения активных нагрузок используется для оптимизации краткосрочных режимов энергосистем [2].

Для получения глобального минимума расхода первичной энергии в такой системе сформулирована новая задача: Найти

$$\min W_{\Pi} = \min \Delta t \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m B_i(P_{ij}) \quad (5)$$

при заданном количестве общей энергии потребления

$$W_c = \Delta t \sum_{j=1}^n P_{cj} = \Delta t \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij} \quad (6)$$

Решение задачи (5, 6) с использованием метода неопределенных множителей Лагранжа дает минимум при условиях

$$P_{cj} = \text{const} = \frac{W_c}{T} = P_c \text{ ср}; \quad (7)$$

$$\frac{\partial B_1(P_{1cp})}{\partial P_1} = \dots = \frac{\partial B_i(P_{icp})}{\partial P_i} = \dots = \frac{\partial B_m(P_{mcp})}{\partial P_m}. \quad (8)$$

Значит, глобальный минимум в рассматриваемой системе достигается при полной стабилизации за время T общей мощности системы P_c и агрегатов P_i на уровне ее среднего значения и равенстве первых расходных характеристик агрегатов.

Из этой задачи как следствие получается упомянутая задача наивыгоднейшего распределения активных нагрузок при $j = 1$. Вторая частная задача получается, если принять $i = 1$ и рассматривать минимизацию нагрузки для одного агрегата или элемента системы. Тогда имеем задачу:

Найти

$$\min \Delta t \sum_{j=1}^n B_1(P_{1j}), \quad (9)$$

при

$$W = \Delta t \sum_{j=1}^n P_j \quad (10)$$

и решение ее при

$$P_j = \text{const} = \frac{W}{T} = P_{cp}. \quad (11)$$

При отклонении нагрузки от стабилизированного среднего значения P_{cp} потребляемая агрегатом (элементом) первичная энергия [3] составит величину

$$W_{\Pi} = B(P_{cp})T + \frac{\Delta t}{2} \frac{\partial^2 B(P_{cp})}{\partial P^2} \sum_{j=1}^n (P_j - P_{cp})^2, \quad (12)$$

в которой выделяется динамическая составляющая потеря, зависящих от второй производной расходной характеристики агрегата (элемента) и дисперсии нагрузки.

Выводы.

1) Для достижения глобального минимума расхода первичной энергии в системе необходимо управление общей потребляемой мощностью с целью ее полной стабилизации на уровне среднего значения и ее распределение между параллельно работающими агрегатами по условию равенства первых производных расходных характеристик агрегатов (относительных приростов).

2) В частных случаях обобщенной задачи получения глобального минимума получаются известная реализуемая задача наивыгоднейшего распределения активных нагрузок и задача минимизации потерь энергии в отдельном элементе системы с нелинейной расходной характеристикой.

3) Анализ потерь первичной (или подведенной) энергии в отдельном элементе системы выявляет наличие в них динамической составляющей, зависящей от второй производной расходной характеристики и дисперсии нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахаров Н. А. Метод наивыгоднейшего распределения активных нагрузок между несколькими работающими генераторами. — Электричество, 1927, № 5, с. 167–169.
2. Баринов В. А., Савалов С. А. Режимы энергосистем: Методы анализа и управления. М.: Энергоатомиздат, 1990, 440 с.
3. Борисов Г. А., Тихомирова Т. П. Методы минимизации потерь энергии и мощности в топливно-энергетическом хозяйстве региона. — Тр. КарНЦ РАН. Сер. Матем. моделир. информ. технол. В. 4., 2013, № 1, с. 12–16.