ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXVIII, №1, 1975 Серия технических наук

ЭНЕРГЕТИКА

Ю. Г. ГРИГОРЬЯН, Д. М. БАБАЯН

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ ПО ПАРАМЕТРУ К ЗАДАЧАМ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МЕЖДУ АГРЕГАТАМИ ТЭЦ

В связи с развитием средств автоматического управления и регулирования энергетических систем дальнейшее развитие получил процесс алгоритмизации и программирования определенного класса задач, связанных с работой теплоэлектроцентралей. Применение ЭВМ значительно расширило возможности математического моделирования режимов ТЭЦ, что позволило обеспечить получение оптимального решения, т. е. минимального расхода топлива при неизменных исходных данных.

Задача оптимального распределения тепловых и электрических нагрузок между агрегатами ТЭЦ относится к классу условно-экстремальных задач с ограничениями типа неравенств на определяемые переменные. Математически она сводится к решению системы нелинейных уравнений

$$\varphi_i(x_1, x_2, \cdots \cdots, x_n)=0 \quad (i=\overline{1,n}) \tag{1}$$

при ограничениях

$$x_i^{\text{н}} \leqslant x_i \leqslant x_i^{\text{в}}. \tag{2}$$

Вопросы существования решения системы (1) и методы его нахождения являются достаточно сложными задачами.

За последние годы для решения системы нелинейных уравнений был предложен метод дифференцирования по параметру, который сводит задачу об определении корня системы (1) к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений с заданными начальными условиями. Этот метод и его разновидности применялись многими авторами [2, 3, 4] и признаны более эффективными по сравнению с общими методами, наряду с разновидностями метода Ньютона и методами спуска. Причем, в основном, эти методы отличаются как классами нелинейных уравнений, так и способом введения переменного параметра.

В настоящей статье рассматривается возможность введения не переменного параметра α, а некоторой непрерывной функции $\varphi(\alpha)$, за счет выбора которой можно обеспечить выполнение (2), причем от $\varphi(\alpha)$ требуется, чтобы она обладала свойством.

$$\varphi(\alpha) = \begin{cases} 1 \text{ при } \alpha = 1, \\ 0 \text{ при } \alpha = 0. \end{cases} \tag{3}$$

Рассмотрим общую математическую постановку задачи оптимального распределения тепловых и электрических нагрузок между агрегатами ТЭЦ, состоящей из различных конденсационных, теплофикационных (с одним и двумя отборами) и противодавленческих турбин.

Необходимо заданную электрическую и тепловую нагрузки различного параметра распределить между турбогенераторами ТЭЦ так, чтобы суммарный расход тепла по станции был бы минимальным. С этой целью необходимо минимизировать целевую функцию

$$\Phi_0(x_s, y_s, z_s) = \sum_{s=1}^{k} Q_s\,[x_s(y_s)] + \sum_{s=k+1}^{m} Q_s(x_s, y_s, z_s) + \sum_{s=m+1}^{l} Q_s(x_s, y_s) + \sum_{s=l+1}^{n} Q_s(x_s) \tag{4}$$

по x_s, y_s, z_s при ограничениях:

$$\sum_{s=1}^{n} x_s = A; \quad \sum_{s=1}^{l} y_s = B; \quad \sum_{s=k+1}^{m} z_s = C; \tag{5}$$

$$x_s^0 \leqslant x_s \leqslant x_s^*; \quad y_s^0 \leqslant y_s \leqslant y_s^*; \quad z_s^0 \leqslant z_s \leqslant z_s^*, \tag{6}$$

где x_s — активная мощность турбин;

y_s, z_s — тепловые нагрузки различных параметров;

A — электрическая нагрузка станции;

B, C — тепловые нагрузки станции;

Q_s — расход тепла на турбину;

k — число противодавленческих турбин;

m — число противодавленческих турбин и турбин с двумя регулирующими отборами;

l — число всех турбин, за исключением конденсационных;

n — общее число работающих на станции турбин;

x_s^0, y_s^0, z_s^0 — минимальные значения переменных;

x_s^*, y_s^*, z_s^* — максимальные значения переменных.

На основании (4) легко подсчитать число независимых переменных, которое будет равно $2n - 3k$. Построим функцию Лагранжа

$$F(x_s, y_s, z_s, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = \Phi_0(x_s, y_s, z_s) + \lambda_1\Big(\sum_{s=1}^{n} x_s - A\Big) + \lambda_2\Big(\sum_{s=1}^{l} y_s - B\Big) + \lambda_3\Big(\sum_{s=k+1}^{m} z_s - C\Big), \tag{7}$$

которая является функцией от $p = 2n - 3k + 3$ независимых переменных. Занумеровав эти переменные как $u_1, u_2, \cdots, u_p$, получим $F(u_1, u_2, \cdots, u_p)$. Отсюда необходимое условие экстремума представится в виде:

$$\frac{\partial F}{\partial u_i} = 0, \qquad (i = \overline{1, p}) \tag{8}$$

Для решения полученной нелинейной системы (8) построим новую систему уравнений:

$$\frac{\partial F}{\partial u_i} = \left[1-\varphi(\alpha)\right]\left(\frac{\partial F}{\partial u_i}\right)_0, \quad (i=\overline{1,p}) \tag{9}$$

вместо

$$\frac{\partial F}{\partial u_i} = (1-\alpha)\left(\frac{\partial F}{\partial u_i}\right)_0, \quad (i=\overline{1,p}) \tag{10}$$

где в отличие от [2, 3, 4] вместо параметра α принимается функция $\varphi(\alpha)$, обладающая свойством (3); $\left(\frac{\partial F}{\partial u_i}\right)_0$ —значение $\frac{\partial F}{\partial u_i}$ при некоторых начальных $u_i = u_i^0$ $(i=\overline{1,p})$. Продифференцировав (9) по α, получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\sum_{j=1}^{p} \frac{\partial^2 F}{\partial u_i\, \partial u_j} u_j' = \varphi'(\alpha)\left(\frac{\partial F}{\partial u_i}\right)_0. \tag{11}$$

Добавив к (11) начальные условия

$$u_i\,|_{\alpha=0} = u_i^0, \tag{12}$$

получим задачу Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений (11), численное решение которой можно осуществить по методу Рунге—Кутта. При практической реализации этой задачи в качестве $\varphi(\alpha)$ была подобрана функция $\varphi(\alpha) = \alpha \ln(1+e-\alpha)$, которая, очевидно, обладает свойством (3).

Численно решая систему дифференциальных уравнений (11) при условии (12) на отрезке [0, 1] с шагом $h=0,1$, получаем решение $u_i(\alpha)$, которое при $\alpha=1$ совпадает с решением системы (8).

Предложенный метод расчета оптимальных режимов ТЭЦ, кроме прочих преимуществ, указанных выше, характеризуется еще тем, что поставленная задача сводится к классу задач, успешно реализуемых методом Рунге—Кутта, программа которого хорошо разработана и входит в матобеспечение любой современной ЭВМ.

АрмНИИЭ

Поступило 12.VI.1974.

ՅՈՒ. Գ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Է. Մ. ԲԱԲԱՅԱՆ

ԸՍՏ ՊԱՐԱՄԵՏՐԻ ԴԻՖԵՐԵՆՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ՋԵՐՄԱԷԼԵԿՏՐԱԿԵՆՏՐՈՆԻ ԱԳՐԵԳԱՏՆԵՐԻ ՄԻՋԵՎ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԲԵՌՆԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ԲԱՇԽՄԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐՈՒՄ

Ամփոփում

Հոդվածում բերված է ջերմաէլեկտրակենտրոնի ագրեգատների միջև ջերմային և էլեկտրական բեռնավորումների օպտիմալ բաշխման խնդիրների լուծման նոր մոտեցում։ Այդ խնդիրները պատկանում են անհավասարություն-

ների տիպի սահմանափակումներով պայմանական էքստրեմալ խնդիրների դասին։

Մոտեցման հիմքում ընկած է ըստ պարամետրի դիֆերենցման գաղափարը, միայն այն տարբերությամբ, որ պարամետրի փոխարեն մտցվում է որոշ անընդհատ ֆունկցիա, որի ընտրությամբ կարելի է ապահովել որոշվող փոփոխականների վրա դրվող պայմանների կատարումը։ Որպես հետևանք խնդիրը հանգեցվում է տրված սկզբնական պայմաններով սովորական դիֆերենցիալ հավասարումների սիստեմի լուծման, որն իրականացվում է Ռունգե-Կուտտի մեթոդով։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабаян Д. М.* Алгоритм оптимизации режима ТЭЦ, построенный на основе методов динамического программирования и последовательных приближений. «Теплоэнергетика», № 10, 1970.
2. *Давиденко Д. Ф.* О приближенном решении систем нелинейных уравнений. «Укр. матем. журнал», 1953, 5, № 2.
3. *Яковлев М. Н.* К решению систем нелинейных уравнений методом дифференцирования по параметру. «Журнал вычисл. матем. и матем. физики», 1964, *4*, № 1.
4. *Баранов А. В.* Об одном методе вычислений комплексных корней системы нелинейных уравнений. «Журнал вычисл. матем. и матем. физики», 1972, *12*, № 1.