Многокритериальная оптимизация режимов работы электростанции в условиях неопределенности

Студент: Кузьмин Артем Юрьевич
Руководитель: Романова Татьяна Николаевна

Цель и задачи работы

Цель работы – постановка задачи оптимизации работы совокупности энергоагрегатов в условиях неопределенности.

Решаемые задачи:

1. Анализ предметной области.
2. Анализ подходов интервального расширения методов поиска экстремумов интервальных целевых функций.
3. Выбор одного из методов.
4. Выделение параметров, которые необходимо учесть в математической модели.
5. Формулирование целевых функций критериев оптимизации.
6. Формулирование общей целевой функции.

Введение

Проблема энергосбережения в настоящее время представляет собой стратегическое направление деятельности не только отдельных предприятий, но и экономической политики государства в целом. Одним из основных важнейших направлений энергосбережения является снижение затрат топливных ресурсов на производство энергии.

Адаптивный алгоритм случайного поиска с переменным шагом

Даны параметры a_f, a_s, M и начальная допустимая точка x^0.

Начальная величина шага *a* полагается равной 1, *m* – число испытаний, не дающих улучшений, - принимается равным 0.

- **Шаг 1.** Получить случайный вектор *d* единичной длины и положить $x^{(1)} = x^{(0)} + ad$.
- **Шаг 2.** Если $x^{(1)}$ – допустимая точка и $f(x^{(1)}) < f(x^{(0)})$, положить $y=x^{(0)} + a_s(x^{(1)} - x^{(0)})$ и перейти к шагу 3. В противном случае принять $m = m+1$ и перейти к шагу 4.
- **Шаг 3.** Если *y* – допустимая точка и $f(y) < f(x^{(0)})$, положить a = a_s*a, $x^{(1)} = y$ и перейти к шагу 5. В противном случае перейти к шагу 1.
- **Шаг 4.** Если $m > M$, положить $a=a_f a$, $m = 0$ и перейти к шагу 5. В противном случае сразу перейти к шагу 5.
- **Шаг 5.** Перейти к шагу 1, если не выполнено условие окончания вычислений.

Комбинаторный эвристический алгоритм

Шаг 1. Построить случайную допустимую начальную точку x0 и положить $F_{мин} = f(x^0)$. Для каждой переменной I, i=1,2,…,N выполнить следующую последовательность вычислений.

Шаг 2. Провести оптимизацию по i-й переменной, зафиксировав остальные.

(а) Выбрать случайным образом возможные значений i-й переменной для нахождения q дополнительных допустимых точек с лучшим значением целевой функции по сравнению с текущей базовой точкой. Если такие точки получить не удается, повторить шаг 2 для переменной I + 1.

(б) Определить наилучшее из q допустимых решений и положить значение целевой функции равным $T_{мин}$.

(в) Произвести «упреждающий» поиск.

(1) Для каждого из q допустимых решений, найденных на шаге 2(а), провести случайный выбор одного из q возможных значений переменной (i+1) для определения допустимого значения этой переменной, дающего лучшее значение целевой функции по сравнению с $T_{мин}$.

(2) Выбрать наилучшую из q допустимых точек. Зафиксировать значение переменной i, соответствующее этой точке, как оптимальное.

(г) Если I = N, перейти к шагу 3. В противном случае выполнить шаг 2 для переменной (I+1).

Шаг 3. Провести случайный поиск для определения наилучшего значений переменной N при фиксированных значениях других переменных, соответствующих текущим базовым точкам. Найденную точку принять за новую базовую точку, а значение целевой функции в ней – за новое значение Fмин.

Шаг 4. Перейти к шагу 2 с I = 1, если не выполнены условия окончания вычислений.

Метод прямых выборочных процедур с уменьшением интервала поиска

Шаг 1. Определяется начальное решение. Его получаем как середины варьируемых диапазонов для каждой переменной:

$$x_i^0 = \frac{\underline{x}_i + \overline{x}_i}{2}, \quad i = 1 \ldots n.$$

На первом шаге алгоритма вектор оптимальных значений {*x**} и вектор промежуточного оптимума {*xq*} полагаются равными вектору начальных решений {*x*0}:

$$\{x^*\} = \{x^q\} = \{x^0\}.$$

Шаг 2. Вычисляется случайная точка *X*:

$$x_i = x_i^q + r z_i, \quad i = 1 \ldots n$$

Шаг 3. Выполняется проверка на допустимость.

1. Если $x_i < \underline{x}_i$, принимаем $x_i = \underline{x}_i$.
2. Если $x_i > \overline{x}_i$, принимаем $x_i = \overline{x}_i$

Метод прямых выборочных процедур с уменьшением интервала поиска

Шаг 4. Вычисляется функция *f*({*x*}).

Если при минимизации $f(\{x\}) < f(\{x^*\})$, то
принимаем $\{x^*\} = \{x\}$. Если $p<P$, увеличиваем p на 1 и переходим к шагу 2.
Если $p = P$,переходим к шагу 5.

Шаг 5. Если $q<Q$:

1. принимаем $\{xq\}=\{x^*\}$;
2. уменьшаем интервал поиска:

$$\{z\} = \{z\}(1 - \varepsilon).$$

3. увеличиваем Q на 1 и переходим к шагу 2.

Если $q = Q$ - заканчиваем вычисления.

Критерии оптимизации

Рассмотрим задачу оптимизации работы группы котлоагрегатов: определение оптимального состава, паровых нагрузок и доли использования различных видов топлива каждым из них.

В качестве критериев оптимизации режимов работы энергоагрегатов принимаются следующие:

- максимум КПД теплоисточника;
- минимум расхода условного топлива;
- минимум материальных затрат на используемое топливо.

Параметры, которые должны быть учтены в математической модели

1. вид, марка и характеристики сжигаемого топлива;

2. параметры, определяемые при тепловом расчете котельных агрегатов;

3. нормативные характеристики и параметры, определяемые при режимно - наладочных испытаниях энергоагрегатов;

4. корректирующие параметры, замеряемые в процессе эксплуатации при текущем режиме работы;

5. входные управляемые переменные: состав загружаемых агрегатов; паровая нагрузка для каждого агрегата; доли использования различных видов топлива.

6. выходные параметры: оптимальный состав загружаемых агрегатов; оптимальная паровая нагрузка для каждого агрегата; оптимальные доли использования различных видов топлива каждым агрегатом;

Целевая функция критерия максимума КПД

Целевую функцию критерия максимума КПД представим в следующем виде:

F1 =

$$\eta_{KУ}^{бр}(\{D_K\},\{\lambda\}) = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\lambda_i \cdot \eta_{Ki/м}^{бр}(D_{Ki}) + (1-\lambda_i)\cdot \eta_{Ki/г}^{бр}(D_{Ki})\right)\cdot Q_{Ki}^{бр}(D_{Ki})}{\sum_{i=1}^{n} Q_{Ki}^{бр}(D_{Ki})}$$

где {λ} = {λ1 , λ2 , …, λn } – вектор, характеризующий доли использования разных видов топлива всеми *n* агрегатами; $\eta_{Ki/м}^{бр}(D_{Ki})$, $\eta_{Ki/г}^{бр}(D_{Ki})$ - КПД *i*–го агрегата при работе на мазуте и на газе, соответственно.

$\{D_K\} = \{D_{K1}, D_{K2}, \dots, D_{Kn}\}$ – вектор паропроизводительностей всех *n* агрегатов; $\eta_{Ki}^{бр}(D_{Ki})$ - КПД *i*–го агрегата (независимо от используемого топлива); $Q_{Ki}^{бр}(D_{Ki})$ - теплопроизводительность *i*–го агрегата.

Целевая функция критерия минимума расхода условного топлива

Целевую функцию критерия минимума расхода условного топлива представим в следующем виде:

$$F2 = B^{усл}(\{D_K\},\{\lambda\}) = \sum_{i=1}^{n}(\lambda_i \cdot Э_м \cdot B_{мi}(D_{Ki}) + (1 - \lambda_i) \cdot Э_г \cdot B_{гi}(D_{Ki})),$$

где - *Эм , Эг* – топливные эквиваленты, показывающие какому количеству условного топлива равноценна единица массы (или объема) мазута и газа соответственно.
$B^{усл}_i(D_{Ki})$ - расход условного топлива для обеспечения текущей паропроизводительности D_{Ki} *i-ым* парогенератором; $B_i(D_{Ki})$ - затраты натурального топлива на обеспечение заданной паропроизводительности *i–ым* парогенератором;

Целевая функция критерия минимума финансовых затрат

Целевую функцию критерия минимума финансовых затрат на используемое топливо представим в следующем виде:

$$\textbf{\textit{F3}} = \quad f_{MЗ}(\{D_K\},\{\lambda\}) = \sum_{i=1}^{n}\left(\lambda_i \cdot B_{Mi}(D_{Ki}) \cdot p_м + (1-\lambda_i) \cdot B_{гi}(D_{Ki}) \cdot p_г\right)$$

где $p_м$, $p_г$ - цены на жидкое топливо и газ соответственно.

Общая целевая функция

Общую целевую функцию для проведения многокритериальной оптимизации представим в следующем виде:

$$Y = F1 - F2 - F3 \rightarrow max$$

Оптимизация совместной работы энергоагрегатов

Важной проблемой при практической реализации описанной методики оптимизации является выбор оптимального состава энергоагрегатов. Необходимо учитывать, что реальный диапазон рабочей паропроизводительности агрегатов может иметь разрывы а паропроизводительности некоторых котлов, в зависимости от заданной суммарной паровой нагрузки теплоисточника, могут быть равными нулю ($D_{Ki} = 0$).

Последнее означает, что возможны ситуации, когда для улучшения целевой функции из n работоспособных в данный момент котлов целесообразно остановить один (или несколько) из них.

Для решения этой проблемы, исходная задача разбивается на подзадачи, в каждой из которых методом перебора всех возможных вариантов задается определенная комбинация работающих и неработающих котлов. Всего таких комбинаций 2^n. Затем проверяется, может ли данный вариант обеспечить выполнение заданной суммарной паропроизводительности:

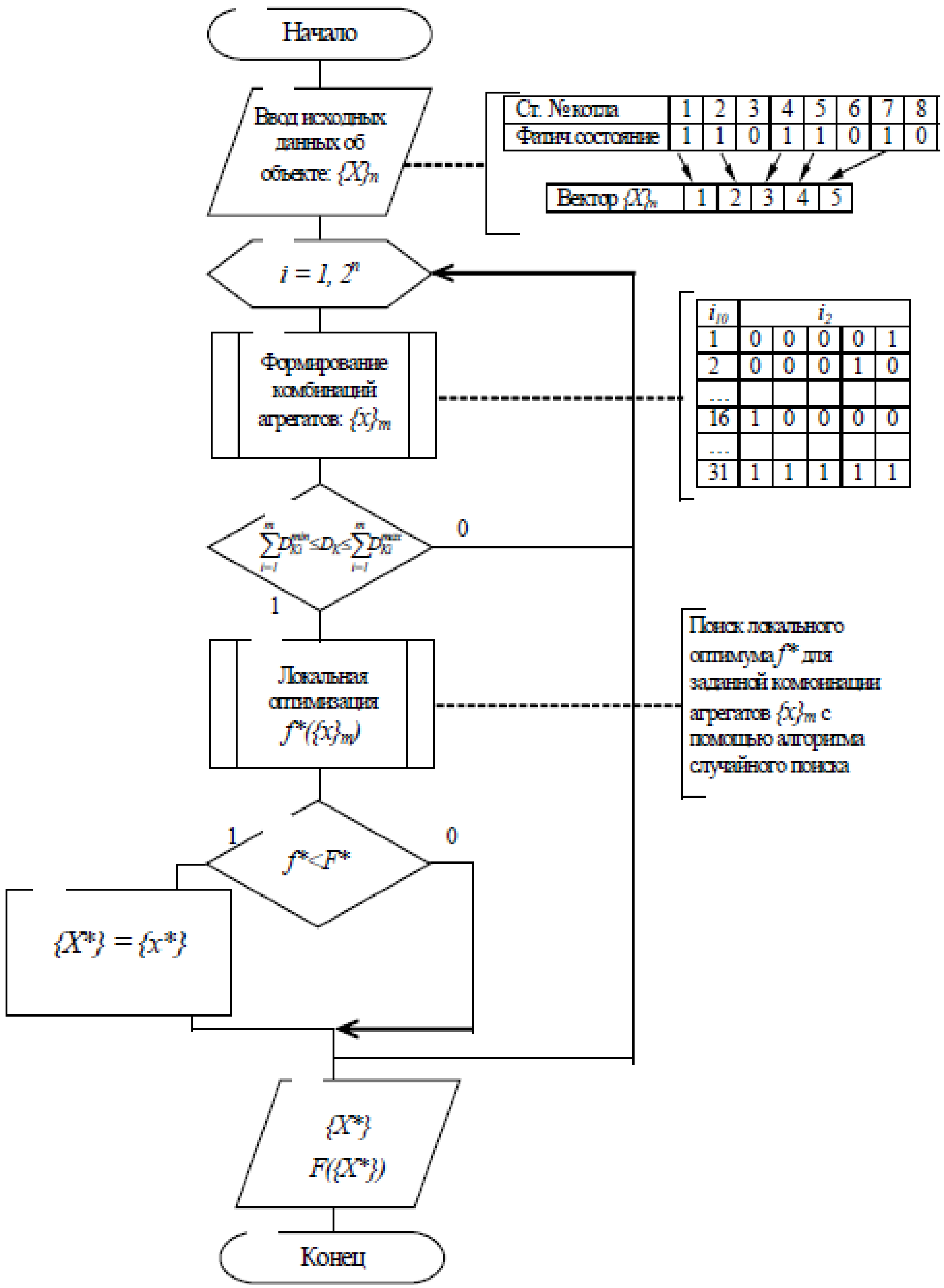
$$\sum_{i=1}^{m} D_{Ki}^{min} \leq D_K \leq \sum_{i=1}^{m} D_{Ki}^{max}$$

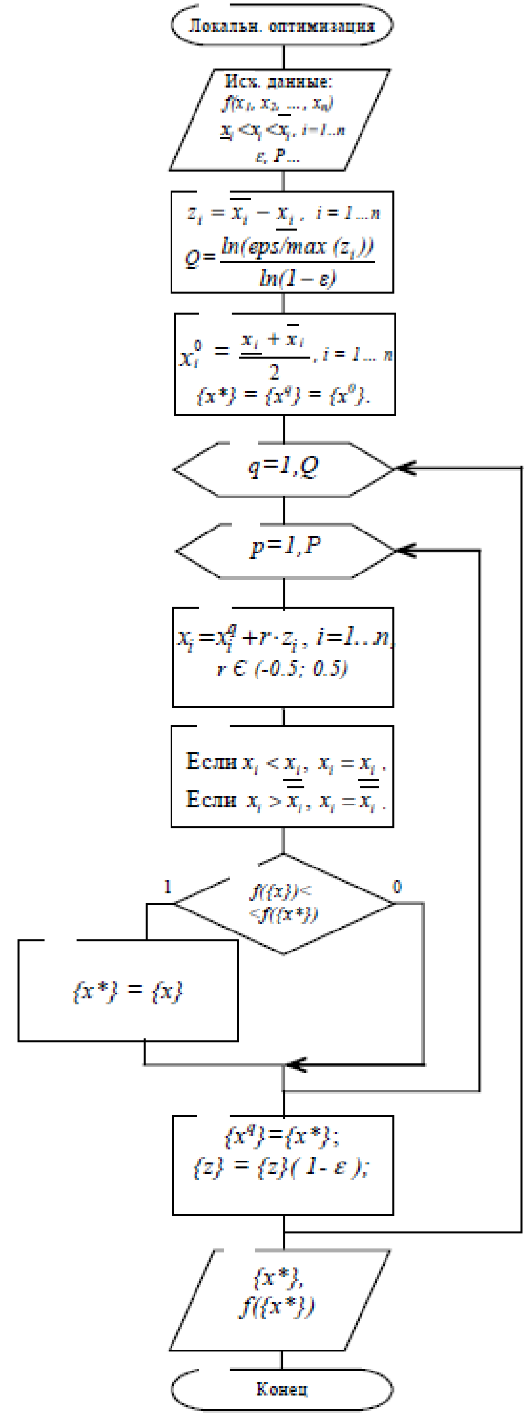
где m – количество работающих котлов в данной комбинации.

Оптимизация совместной работы энергоагрегатов

Осуществляется процесс оптимизации режимов работы энергоагрегатов, состоящий в максимизации КПД котельной установки, минимизации расхода условного топлива либо минимизации финансовых затрат на обеспечение заданной паровой нагрузки при ограничениях с использованием метода случайного поиска «прямые выборочные процедуры с уменьшением интервала поиска» .

В соответствии с изложенным, процедура оптимизации разбивается на два этапа.


Начало
Ввод исходных данных об объекте: {X}n
Ст. № котла 1 2 3 4 5 6 7 8
Фактич состояние 1 1 0 1 1 0 1 0
Вектор {X}n 1 2 3 4 5
i = 1, 2^n
Формирование комбинаций агрегатов: {x}m
i10 i2
1 0 0 0 0 1
2 0 0 0 1 0
…
16 1 0 0 0 0
…
31 1 1 1 1 1
0
1
Локальная оптимизация f*({x}m)
Поиск локального оптимума f* для заданной комбинации агрегатов {x}m с помощью алгоритма случайного поиска
1
f*<F*
0
{X*} = {x*}
{X*}
F({X*})
Конец


Локальн. оптимизация
Исх. данные:
f(x1, x2, …, xn)
ε, P …
q=1,Q
p=1,P
r ∈ (-0.5; 0.5)
1
0
{x*} = {x}
{z} = {z}(1- ε);
{x*},
f({x*})
Конец

Заключение

В результате работы:

1. Проведен анализ предметной области.
2. Проведен анализ подходов интервального расширения методов поиска экстремумов интервальных целевых функций.
3. Выбран один из методов.
4. Выделены параметры, которые необходимо учесть в математической модели.
5. Сформулированы целевые функции критериев оптимизации.
6. Сформулирована общая целевая функция.