

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Ю. Г. ГРИГОРЬЯН

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПУСКОВЫХ РАСХОДОВ, СВЯЗАННЫХ
С ВЫБОРОМ СОСТОЯНИЙ АГРЕГАТОВ ТЕПЛОВЫХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В данной статье приводится методика расчета пусковых расходов при выборе оптимальных состояний по алгоритму, приведенному в статье [1], помещенному в этом номере журнала.

А. Пусть рассматриваемая энергосистема состоит из m тепловых станций на каждой из которых возможны соответственно $s_1, s_2, \dots, s_m$ состояний. Обозначим общее число турбогенераторов и котлов на каждой из m тепловых станций соответственно числами: x_c, y_c ($c = \overline{1, m}$).

Будем для удобства характеризовать состояния составными числами

$$M_c = x_c + jy_c,$$

$$M_{k_c}(t) = x_{k_c}(t) + jy_{k_c}(t), \quad (1)$$

где k_c — индекс состояний на каждой станции.

$$k_1 = \overline{1, s_1}; k_2 = \overline{1, s_2}; \dots; k_m = \overline{1, s_m}.$$

Первые слагаемые чисел (1) будут характеризовать число действующих турбогенераторов, а коэффициент при j — число действующих котлов соответственно для каждой тепловой станции системы в какой-то час t . Зависимость $M_{k_c}(t)$ от времени означает, что состояния могут меняться в зависимости от t , хотя бы потому, что должно удовлетворяться условие (4) [1]. Общее число различных комбинаций

состояний на каждый расчетный час t будет $N_0 = \prod_{i=1}^m s_i$.

Составим функции:

$$\begin{aligned} \Delta M_{k_c}(t) &= M_c - M_{k_c}(t) = [x_c - x_{k_c}(t)] + j[y_c - y_{k_c}(t)] = \\ &= \Delta x_{k_c}(t) + j\Delta y_{k_c} \end{aligned} \quad (2)$$

Функции $\Delta M_{k_c}(t)$ характеризуют останавливаемые турбогенераторы и котлы при $t = 1, 2, 4$ соответственно для каждой из тепловых станций системы.

Числа $\Delta x_{k_c}(t) \geq 0$ и $\Delta y_{k_c}(t) \geq 0$, целые и неотрицательные, при-

чем равенство 0 означает, что в данный t -ый час в покрытии нагрузки участвуют все котлы и турбогенераторы.

Для наглядности вышеизложенного составим следующую таблицу:

Таблица 1

t	1	2	3	4	5	21	22	23	24
$\Delta x_{k_c}(t)$	$\Delta x_{k_c}(1)$	$\Delta x_{k_c}(2)$	$\Delta x_{k_c}(3)$	$\Delta x_{k_c}(4)$	$\Delta x_{k_c}(5)$	...	...	$\Delta x_{k_c}(23)$	$\Delta x_{k_c}(24)$
$\Delta y_{k_c}(t)$	$\Delta y_{k_c}(1)$	$\Delta y_{k_c}(2)$	$\Delta y_{k_c}(3)$	$\Delta y_{k_c}(3)$	$\Delta y_{k_c}(5)$	...	...	$\Delta y_{k_c}(23)$	$\Delta y_{k_c}(24)$

Эта таблица характеризует функцию $\Delta M_{k_c}(t)$ для каждого c и t
 $(c = \overline{1, m}); (t = \overline{1, 24})$.

Б. Принимается $c = 1$ и фиксируются те моменты времени t , при котором $\Delta x_{k_1}(t) = 0$, $t = \overline{1, 24}$. Если таких t не существует, то это означает, что какой-то один турбогенератор в течение всех часов $t = \overline{1, 24}$ простоял и на его пуск в течение этих суток никакого дополнительного топлива не надо; очевидно, если все $\Delta x_{k_1} = 0$ для всех $t = \overline{1, 24}$, то это означает, что в течение суток в покрытии нагрузки участвовали все турбогенераторы и для них пусковые расходы не требуются. Аналогичные рассуждения приводятся для функции $\Delta y_{k_1}(t)$ и вообще для всех функций $\Delta x_{k_c}(t)$ и $\Delta y_{k_c}(t)$.

Тогда получаются следующие последовательности для турбогенераторов всех станций:

$$t_1^{(c)}, t_2^{(c)}, \dots, t_{a_c-1}^{(c)} \quad (3)$$

и такие же последовательности

$$t_1^{(c)}, t_2^{(c)}, \dots, t_{a_c-1}^{(c)} \quad (4)$$

для котлов этих же станций, где $c = \overline{1, m}$.

Справа добавляются к этим точкам еще две точки $t_{a_c}^{(c)} = t_1^{(c)} + 24$ и $t_{\beta_c}^{(c)} = t_1^{(c)} + 24$ соответственно к последовательностям (3) и (4), которые окончательно принимают следующий вид

$$t_1^{(c)}, t_2^{(c)}, \dots, t_{a_c-1}^{(c)}, t_{a_c}^{(c)} \quad (3')$$

$$t_1^{(c)}, t_2^{(c)}, \dots, t_{\beta_c-1}^{(c)}, t_{\beta_c}^{(c)} \quad (4')$$

Составляются из последовательностей (3') и (4') следующие разности:

$$t_2^{(c)} - (t_1^{(c)} + 1) = \Delta t_1^{(c)}$$

$$t_3^{(c)} - (t_2^{(c)} + 1) = \Delta t_2^{(c)}$$

$$\dots \dots \dots$$

$$t_{a_c}^{(c)} - (t_{a_c-1}^{(c)} + 1) = \Delta t_{a_c-1}^{(c)}$$

$$\theta_2^{(c)} - (\theta_1^{(c)} + 1) = \Delta \theta_1^{(c)}$$

$$\theta_3^{(c)} - (\theta_2^{(c)} + 1) = \Delta \theta_2^{(c)}$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\theta_{\beta_c}^{(c)} - (\theta_{\beta_c-1}^{(c)} + 1) = \Delta \theta_{\beta_c-1}^{(c)}$$

Полученные разности представляются в виде следующих последовательностей

$$\Delta t_1^{(c)}, \Delta t_2^{(c)}, \dots, \Delta t_{a_c-1}^{(c)} \quad (5)$$

$$\Delta \theta_1^{(c)}, \Delta \theta_2^{(c)}, \dots, \Delta \theta_{\beta_c-1}^{(c)} \quad (6)$$

Из таблицы (2) имея в виду, что

$$\Delta t_1^{(c)} = T_1^{(c)} + \tau_1^{(c)}$$

$$\Delta t_2^{(c)} = T_2^{(c)} + \tau_2^{(c)}$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\Delta t_{a_c-1}^{(c)} = T_{a_c-1}^{(c)} + \tau_{a_c-1}^{(c)}$$

и

$$\Delta \theta_1^{(c)} = \tilde{T}_1^{(c)} + \tilde{\tau}_1^{(c)}$$

$$\Delta \theta_2^{(c)} = \tilde{T}_2^{(c)} + \tilde{\tau}_2^{(c)}$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\Delta \theta_{\beta_c-1}^{(c)} = \tilde{T}_{\beta_c-1}^{(c)} + \tilde{\tau}_{\beta_c-1}^{(c)}$$

находятся;

$T_1^{(c)}, T_2^{(c)}, \dots, T_{a_c-1}^{(c)}$ — промежутки простоя одного турбогенератора для всех m станций;

$\tau_1^{(c)}, \tau_2^{(c)}, \dots, \tau_{a_c-1}^{(c)}$ — промежутки пуска одного турбогенератора для всех m станций;

$\tilde{T}_1^{(c)}, \tilde{T}_2^{(c)}, \dots, \tilde{T}_{\beta_c-1}^{(c)}$ — промежутки простоя одного котла для всех m станций;

$\tilde{\tau}_1^{(c)}, \tilde{\tau}_2^{(c)}, \dots, \tilde{\tau}_{\beta_c-1}^{(c)}$ — промежутки пуска одного котла для всех m станций

$$(c = \overline{1, m}).$$

Тогда формулы для пусковых расходов представляются в следующем виде

$$B_{c\gamma} = D_c \frac{T_{\gamma-1}^{(c)}}{h_c} \text{ т. у. т.} \quad (7)$$

для одного турбогенератора каждой станции, где

$$T_{\gamma-1}^{(c)} = \begin{cases} T_{\gamma-1}^{(c)} & \text{при } T_{\gamma-1}^{(c)} \leq h_c \\ h_c & \text{при } T_{\gamma-1}^{(c)} > h_c \end{cases}$$

$$B_{c\gamma} = G_c \frac{\widetilde{T}_{\gamma-1}^{(c)}}{L_c} \text{ т. у. т.} \quad (8)$$

для одного котла каждой станции, где

$$\widetilde{T}_{\gamma-1}^{(c)} = \begin{cases} \widetilde{T}_{\gamma-1}^{(c)} & \text{при } \widetilde{T}_{\gamma-1}^{(c)} \leq L_c \\ L_c & \text{при } \widetilde{T}_{\gamma-1}^{(c)} > L_c \end{cases}$$

причем $\gamma = 1, \alpha_c$; $\gamma = 1, \beta_c$; $c = 1, m$.

D_c, h_c, G_c, L_c — известные параметры энергосистемы.

Следовательно, пусковые расходы представятся

$$T_{c\pi} = \sum_{\gamma=1}^{\alpha_c} B_{c\gamma} \quad (9)$$

для турбогенераторов c -ой станции

$$\widetilde{T}_{c\pi} = \sum_{\gamma=1}^{\beta_c} B_{c\gamma} \quad (10)$$

для котлов c -ой станции.

Если окажется, что все $\Delta x_{k_c}(t), \Delta y_{k_c}(t)$ при $t = 1, 2, 4$ меньше или равны 1, то по формуле (1) || вычисляется суммарное топливо T для определенного набора состояний, полученного из алгоритма, изложенного там же и фиксируется набор состояний в каждый час t .

Если окажется, что хоть одно из чисел $\Delta x_{k_c}(t)$ и $\Delta y_{k_c}(t)$ больше единицы, означающее, что останавливаемые турбогенераторы и котлы на станциях больше 1, поступают следующим образом. Из $\Delta x_{k_c}(t)$ и $\Delta y_{k_c}(t)$ вычитывается 1 и полученные разности помещаются на их места таблицы (1), причем, если окажется, что

$$\Delta x_{k_c}(t) - 1 < 0$$

$$\Delta y_{k_c}(t) - 1 < 0,$$

то вместо этих разностей записывается 0, т. е. более коротко, эти условия выразятся функционально следующим образом:

$$\Delta x_{k_c}(t) - 1 = \begin{cases} 0 & \text{при } \Delta x_{k_c}(t) - 1 < 0 \\ \Delta x_{k_c} - 1 & \text{при } \Delta x_{k_c}(t) - 1 \geq 0 \end{cases}$$

$$\Delta y_{k_c}(t) - 1 = \begin{cases} 0 & \text{при } \Delta y_{k_c}(t) - 1 < 0 \\ \Delta y_{k_c} - 1 & \text{при } \Delta y_{k_c}(t) - 1 \geq 0. \end{cases}$$

Затем весь ход рассуждений такой-же, начиная с пункта Б.

Таблица 2

Для турбогенераторов с-ой станции			Для котлов с-ой станции		
простой + пуск $\Delta t_{\eta-1}^{(c)}$	число часов простоя $T_{\eta-1}^{(c)}$	число часов пуска $\tau_{\eta-1}^{(c)}$	простой + пуск $\theta \Delta_{\tau-1}^{(c)}$	число часов простоя $\tilde{T}_{\tau-1}^{(c)}$	число часов пуска $\tilde{\tau}_{\tau-1}^{(c)}$
1	$T_{\eta-1}^{(c)} (1)$	$\tau_{\eta-1}^{(c)} (1)$	1	$\tilde{T}_{\tau-1}^{(c)} (1)$	$\tilde{\tau}_{\tau-1}^{(c)} (1)$
2	$T_{\eta-1}^{(c)} (2)$	$\tau_{\eta-1}^{(c)} (2)$	2	$\tilde{T}_{\tau-1}^{(c)} (2)$	$\tilde{\tau}_{\tau-1}^{(c)} (2)$
3	$T_{\eta-1}^{(c)} (3)$	$\tau_{\eta-1}^{(c)} (3)$	3	$\tilde{T}_{\tau-1}^{(c)} (3)$	$\tilde{\tau}_{\tau-2}^{(c)} (3)$
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
24	$T_{\eta-1}^{(c)} (24)$	$\tau_{\eta-1}^{(c)} (24)$	24	$\tilde{T}_{\tau-1}^{(c)} (24)$	$\tilde{\tau}_{\tau-1}^{(c)} (24)$

Таблицей (3), являющейся частным случаем таблицы (2) задаются параметры, необходимые для расчета пусковых расходов одной энергосистемы с состояниями, приведенными в указанной выше статье.

Следует заметить, что если $\Delta t_{\eta-1}^{(1)} > 15$, то число часов пуска для т. г. первой станции остается равным трем, когда $\Delta \theta_{\tau-1}^{(1)} > 17$, то число часов пуска для котлов первой станции остается равным пяти.

Параметры D_c, h_c, G_c, L_c имеют следующий вид:

$$D_1 = 1 \text{ т. у. т.}; D_2 = 3 \text{ т. у. т.}; h_1 = 12 \text{ часов}; h_2 = 18 \text{ час.};$$

$$G_1 = 5,2 \text{ т. у. т.}; L_1 = 12 \text{ час.}$$

$D_3, h_3, G_2, G_3, L_2, L_3$ не приводятся, так как исходя из данных для этой энергосистемы эти параметры не требуются в процессе решения задачи. Заметим, что вышеизложенная методика расчета пусковых расходов несколько сложна из-за общности поставленной задачи. Для конкретных примеров она принимает довольно простой вид.

Таблица 3

Для т. г. первой станции			Число котлов первой станции			Для т. г. второй станции		
Простой + пуск	Число часов простоя	Число часов пуска	Простой + пуск	Число часов простоя	Число часов пуска	Простой + пуск	Число часов простоя	Число часов пуска
$\Delta t_{\eta-1}^{(1)}$	$T_{\eta-1}^{(1)}$	$\tau_{\eta-1}^{(1)}$	$\Delta \theta_{\eta-1}^{(1)}$	$\tilde{T}_{\eta-1}^{(1)}$	$\tilde{\tau}_{\eta-1}^{(1)}$	$\Delta t_{\eta-1}^{(2)}$	$T_{\eta-1}^{(2)}$	$\tau_{\eta-1}^{(2)}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5
2	1,5	0,5	2	1	2	2	1	1
3	2	1	3	2	1	3	2	1
4	3	1	4	2,5	1,5	4	3	1
5	3,5	7,5	5	3	2	5	3,5	1,5
6	4,5	1,5	6	4	2	6	4	2
7	5,5	1,5	7	5	2,5	7	5	2
8	6,5	1,5	8	5,5	2,5	8	6	2
9	7,5	1,5	9	6	3	9	6,5	2,5
10	8	2	10	7	3	10	7	3
11	9	2	11	8	3	11	8	3
12	10	2	12	8,5	3,5	12	9	3
13	11	2	13	9	4	13	9,5	3,5
14	11,5	2,5	14	10	4	14	10	4
15	12	3	15	11	4	15	10	5
16	—	—	16	11,5	4,5	16	11	5
17	—	—	17	12	5	17	12	5
18	—	—	—	—	—	18	12,5	5,5
19	—	—	—	—	—	19	12,5	6,5
20	—	—	—	—	—	20	13	7
21	—	—	—	—	—	21	14	7
22	—	—	—	—	—	22	15	7
23	—	—	—	—	—	23	16	7
24	—	—	—	—	—	24	17	7

Институт электротехники
АН Армянской ССР

Поступило 25. X 1960

ЛИТЕРАТУРА

1. Адонц Г. Т., Григорьян Ю. Г., Адонц М. М. Алгоритм, программа и пример расчета на ВМДД режима экономии топлива энергосистемы, связанного с выбором состояния агрегатов (данный номер журнала).