

Задача 2

«Определение вероятного годового недоотпуска электроэнергии»

Энергетическая система состоит из n однотипных блоков каждый мощностью N_H . Построить интегральную кривую вероятного годового недоотпуска электроэнергии. Определить величину необходимого аварийного резерва при заданном значении аварийности блоков q и заданном недоотпуске электроэнергии $\Delta \mathcal{E}$.

В рамках решения этой задачи необходимо найти вероятный годовой недоотпуск электроэнергии при выходе из строя 2-х энергоблоков.

Исходные данные

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n , шт	100	80	65	65	40	60	55	50	90
N_H , МВт	150	100	200	300	100	200	300	200	100
q , доли	0,03	0,02	0,04	0,03	0,05	0,01	0,03	0,02	0,04
$\Delta \mathcal{E}$, %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	4	6	6	2	5	3	7	4
$\bar{N}_{мин}$, %	40	50	30	30	40	50	50	40	30
h_y , час	7000	8000	6000	8000	7600	6500	6000	7000	6000
№ варианта	10	11	12	13	14	15	16	17	18
n , шт	100	80	65	65	40	60	55	50	90
N_H , МВт	100	200	300	200	100	300	300	200	100
q , доли	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,01	0,05	0,04
$\Delta \mathcal{E}$, %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	4	6	6	2	5	3	7	4
$N_{мин}$, %	50	40	50	40	30	40	40	50	35
h_y , час	6500	7500	6000	7000	8000	6700	6300	7200	6100
№ варианта	19	20	21	22	23	24	25	26	27
n , шт	50	40	81	62	44	20	15	10	50
N_H , МВт	100	150	300	100	200	500	300	800	200
q , доли	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05	0,04	0,01
$\Delta \mathcal{E}$, %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	5	4	3	1	2	3	4	6
$\bar{N}_{мин}$, %	40	50	30	30	40	50	50	40	30
h_y , час	7500	8500	6500	8500	7500	7500	6200	7200	6200

Примечания:

$\sum N_H$ – суммарная установленная мощность энергоблоков в системе;

$\bar{N}_{\text{МИН}}$ – минимальная нагрузка системы, в % от $\sum N$;

h_y – число часов использования установленной мощности, час/год.

Теоретические сведения к задаче

Кривая длительности электрических нагрузок выражается формулой Россандера [1]

$$\frac{N}{\sum N_H} = 1 - (1 - f_0) \cdot \left(\frac{\tau}{\tau_{\text{ГОД}}} \right)^\lambda, \quad (1)$$

где N - текущая нагрузка системы, МВт;

τ - текущее время, ч;

$\tau_{\text{ГОД}} = 8760$ час - время работы за год;

$f_0 = N_{\text{МИН}} / \sum N_H$ - коэффициент минимальной нагрузки;

$N_{\text{МИН}} = \bar{N}_{\text{МИН}} \cdot \sum N_H$;

$f_0 = \bar{N}_{\text{МИН}} / 100$;

$\lambda = (f_{\text{ГОД}} - f_0) / (1 - f_{\text{ГОД}})$ - константа формулы Россандера;

$f_{\text{ГОД}} = h_y / \tau_{\text{ГОД}}$ - годовой коэффициент загрузки.

Площадь под кривой Россандера равна годовой выработке электроэнергии. При выходе из строя, например, 1-го блока будет иметь место соответствующий недоотпуск электроэнергии ω . При известной аварийности блока q вероятный годовой недоотпуск электроэнергии составит величину $(q \cdot \omega)$.

Очевидно, что для снижения недоотпуска электроэнергии энергосистема должна иметь в своем составе резервное генерирующее оборудование.

Выпадающая мощность, МВт

$$\Delta N_m = m \cdot N_H,$$

где m - число выпадающих блоков, шт.

Вероятность выхода из строя m блоков из общего числа n определяется формулой Бернулли

$$q_n^m = C_n^m \cdot q^m \cdot p^{n-m} = C_n^m \cdot q^m \cdot (1-q)^{n-m}, \quad (2)$$

где C_n^m - число сочетаний из m элементов по n . Вычисляется следующим образом

$$C_n^m = \frac{n!}{m! \cdot (n-m)!}.$$

τ_m - абсцисса на графике годовой длительности электрической нагрузки, соответствующая ординате $\sum N_H - \Delta N_m$.

Эта абсцисса рассчитывается по формуле

$$\tau_m = \frac{\tau_{\text{ГОД}}}{(1-f_0)^{1/\lambda}} \cdot \left(\frac{\Delta N_m}{\sum N_H} \right)^{1/\lambda}.$$

Годовой недоотпуск электроэнергии при выходе из строя m блоков из n , кВт·ч

$$\omega_m = \Delta N_m \cdot \tau_m - \frac{\sum N_H}{\tau_{\text{ГОД}}^\lambda} \cdot (1-f_0) \cdot \frac{\tau_m^{\lambda+1}}{\lambda+1}.$$

Годовой недоотпуск электроэнергии в относительных единицах

$$\bar{\omega}_m = \frac{\omega_m}{\sum N_H \cdot h_y}.$$

Вероятный годовой недоотпуск электроэнергии при выходе из строя m блоков из n , доли

$$q_n^m \cdot \bar{\omega}_m.$$

Порядок расчета

1. Рассчитать постоянные коэффициенты f_0 , $f_{\text{ГОД}}$, λ .
2. Построить кривую Россандера как функцию $N = f(\tau)$. Для этого произвольно задавать значения мощности системы N в диапазоне от $\sum N_H$ до N_{MIN} и по (1) определять значения τ .
3. Построить зависимость вероятного недоотпуска электроэнергии от числа выпадающих энергоблоков как функцию $\sum q_n^m \cdot \omega_m$ от m .

3.1. задать число неисправных блоков $m=1$;

3.2. по формуле Бернулли (2) определить вероятность q_n^m выхода из строя m блоков из общего числа n ;

3.3. вычислить годовой недоотпуск электроэнергии ω_m (в МВт·час), при отказе 1-го блока. Полученные значения недоотпуска перевести в относительные единицы;

3.4. найти вероятный недоотпуск электроэнергии по формуле $q_n^m \cdot \bar{\omega}_m$;

3.5. повторить расчеты п.п. 3.1-3.4 для $m=2, 3, 4, 5$.

Начиная с $m=2$ определять суммарный недоотпуск $\sum q_n^m \cdot \omega_m$ при одновременном отказе разного количества блоков, суммируя рассчитанные значения $q_n^m \cdot \bar{\omega}_m$ для за-

данного m с суммой $\sum q_n^m \cdot \omega_m$, рассчитанной для предыдущего этапа $m-1$.

4. Графически определить количество блоков аварийного резерва, откладывая на графике значение допустимого недоотпуска $\Delta \mathcal{E}$.

Литература

1. Техничко-экономические основы выбора параметров конденсационных электрических станций: Учебное пособие / Под ред. Л.С. Стермана. - М.: Высш.шк., 1970.-280 с.
2. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции, 1987, с. 177.