

**РАСЧЕТ УЩЕРБА ТЕПЛОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 460 МВт ПО  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ**

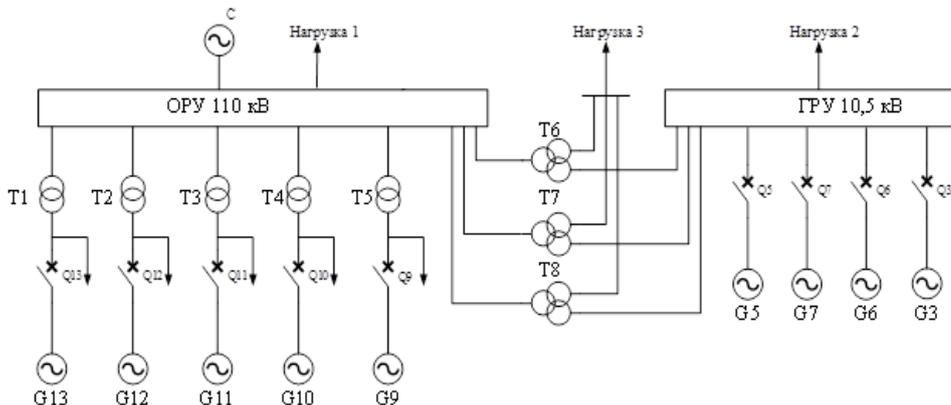
**С.С. Ворошилов, Н. М. Космынина**

Научный руководитель - доцент Н. М. Космынина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В работе будет проведено исследование ущерба тепловой электростанции с точки зрения выдачи мощности потребителя с учетом качества энергии.

Структурная схема электростанции приведена на рис. 1 [1].



**Рис. 1 Структурная схема электростанции**

На рис.1 изображены: генерирующее оборудование - турбогенераторы; открытое и закрытое распределительные устройства с напряжениями 110 кВ и 10,5 кВ; а также все связи турбогенераторов и трансформаторов с 10,5 кВ и 110 кВ.

В таблице 1 представлены характеристики источников электроэнергии [2].

**Таблица 1**

**Число и мощность источников электроэнергии (МВт) со станционной маркировкой**

Мощность, МВт	Тип	Обозначение на схеме
110	ТВФ	G13, G12
100	ТВФ	G11
63	ТВФ-	G10
60	ТВФ-	G9
12	T-12-	G5, G7
36	ТФП	G6
32	T	G3

В таблице 2 приведены данные силовых трансформаторов электростанции [2].

**Таблица 2**

**Каталожные данные трансформаторов**

Обозначение на схеме	Тип	S <sub>НОМ</sub> , МВ·А	U <sub>НОМ</sub> , кВ		
			ВН	СН	НН
T1, T2, T3	ТДЦ-125000/110	125	121	-	10,5
T4, T5	ТДЦ-80000/110	80	121	-	10,5
T6, T7, T8	ТДТН-63000/110	63	115	38,5	10,5

Для расчета надежности схемы выдачи мощности потребителям и ущерба используется таблично-логический метод [3], основные выражения которого приведены на рис.2. Исходные данные: доля энергоблоков: мощности и структурные обозначения приведены в табл. 2; T<sub>уст</sub>=7000 ч/год; мощность собственных нужд 10% от P<sub>ном, г.</sub>; местный промышленный район на напряжении 10,5 кВ; cos<sub>φ</sub>=0,8; P<sub>нагр 1</sub>=195 МВт; P<sub>нагр 2</sub>=44 МВт; P<sub>нагр 3</sub>=30 МВт.

Далее приводятся примеры расчетов.

Вероятность ремонтных режимов.

Энергоблоки:  $q_{р, Б} = \frac{\omega \cdot T_{в} + \mu \cdot T_{р}}{8760} = \frac{11 \cdot 120 + 1 \cdot 600}{8760} = 0,219$ , где  $\omega=11$  1/год,  $T_{в}=120$  ч/1,  $\mu=1$  1/год,  $T_{р}=600$  ч/1;

Трансформатор связи:  $q_{р, ТС} = \frac{\omega \cdot T_{в} + \mu \cdot T_{р}}{8760} = \frac{0,04 \cdot 200 + 1 \cdot 70}{8760} = 0,0089$ , где  $\omega=0,04$  1/год,  $T_{в}=200$  ч/1,  $\mu=1$  1/год,

T<sub>р</sub>=70 ч/1.

Среднегодовой недоотпуск электроэнергии в систему из-за отказов трансформаторов блоков:

Для блока, присоединенного к РУ 110 кВ:

$$\Delta W_{Г13} = P_{ном,Г13} \cdot \frac{T_{уст}}{8760} \cdot (\omega_t \cdot T_t + \omega_b \cdot T_b)(1 - \text{qr}, Б) = 110 \cdot 10^3 \cdot \frac{7000}{8760} \cdot (0,04 \cdot 200 + 0,04 \cdot 20)(1 - 0,219) = 0,604 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$$

Полный ущерб  $\Upsilon$

$$\Upsilon = \Upsilon_c + \Upsilon_f + \Upsilon_{потр}$$

Системный ущерб  $\Upsilon_c$

$$\Upsilon_c = y_{0,c} \cdot \Delta W_{Г, \epsilon}$$

$y_{0,c}$  – удельное значение системного ущерба

$\Delta W_{Г, \epsilon}$  – суммарный недоотпуск электроэнергии в систему

Ущерб снижения частоты  $\Upsilon_f$

$$\Upsilon_f = P_{max} \sum_1^m y_{0,ij} \omega_{ij} T_{ij} \frac{\Delta t}{24}$$

$T_{max}$  – число часов использования максимальной нагрузки в системе, ч/год;

$m$  – число аварийных ситуаций в проектируемой установке;

$\Delta t$  – длительность суточного максимума нагрузки в системе (1-2 ч);

$\omega_{ij}$  – средняя частота за год  $ij$ -й аварий, 1/год;

$T_{ij}$  – средняя длительность  $ij$ -й аварий, 1/год.

Ущерб внезапных нарушений электроснабжения  $\Upsilon_{потр}$

$$\Upsilon_{потр} = y_{0,потр} \cdot \Delta W_{потр}$$

$y_{0,потр}$  – удельный ущерб от перерывов в электроснабжении потребителей отключаемых АЧР;

$\Delta W_{потр}$  – недоотпуск электроэнергии потребителям.

Рис. 2 Выражения для ущерба согласно [3]

Аналогичным образом определяется среднегодовой недоотпуск электроэнергии для остальных блоков:

$$\Delta W_{Г12} = P_{ном,Г12} \cdot \frac{T_{уст}}{8760} \cdot (\omega_t \cdot T_t + \omega_b \cdot T_b)(1 - \text{qr}, Б) = 0,604 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$$

$$\Delta W_{Г11} = P_{ном,Г11} \cdot \frac{T_{уст}}{8760} \cdot (\omega_t \cdot T_t + \omega_b \cdot T_b)(1 - \text{qr}, Б) = 0,549 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$$

$$\Delta W_{Г10} = P_{ном,Г10} \cdot \frac{T_{уст}}{8760} \cdot (\omega_t \cdot T_t + \omega_b \cdot T_b)(1 - \text{qr}, Б) = 0,346 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$$

$$\Delta W_{Г9} = P_{ном,Г9} \cdot \frac{T_{уст}}{8760} \cdot (\omega_t \cdot T_t + \omega_b \cdot T_b)(1 - \text{qr}, Б) = 0,33 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$$

Для генераторов, присоединенных к РУ 10,5 кВ:

$$\Delta W_{Г5} = P_{ном,Г5} \cdot \frac{T_{уст}}{8760} \cdot \omega_b \cdot (\mu - \text{qr}, Б) \cdot T_b = 12 \cdot 10^3 \cdot \frac{7000}{8760} \cdot 0,04 \cdot (1 - 0,219) \cdot 20 = 5,99 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$$

$$\Delta W_{Г7} = P_{ном,Г7} \cdot \frac{T_{уст}}{8760} \cdot \omega_b \cdot (\mu - \text{qr}, Б) \cdot T_b = 12 \cdot 10^3 \cdot \frac{7000}{8760} \cdot 0,04 \cdot (1 - 0,219) \cdot 20 = 5,99 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$$

$$\Delta W_{Г6} = P_{ном,Г6} \cdot \frac{T_{уст}}{8760} \cdot \omega_b \cdot (\mu - \text{qr}, Б) \cdot T_b = 36 \cdot 10^3 \cdot \frac{7000}{8760} \cdot 0,04 \cdot (1 - 0,219) \cdot 20 = 17,974 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$$

$$\Delta W_{Г3} = P_{ном,Г3} \cdot \frac{T_{уст}}{8760} \cdot \omega_b \cdot (\mu - \text{qr}, Б) \cdot T_b = 32 \cdot 10^3 \cdot \frac{7000}{8760} \cdot 0,04 \cdot (1 - 0,219) \cdot 20 = 15,977 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{год}}$$

Суммарный среднегодовой недоотпуск электроэнергии в систему:

$$\Delta W_{Г} = \Delta W_{Г13} + \Delta W_{Г12} + \Delta W_{Г11} + \Delta W_{Г10} + \Delta W_{Г9} + \Delta W_{Г7} + \Delta W_{Г5} + \Delta W_{Г6} + \Delta W_{Г3} = 0,604 \cdot 10^6 + 0,604 \cdot 10^6 + 0,549 \cdot 10^6 + 0,346 \cdot 10^6 + 0,33 \cdot 10^6 + 5,99 \cdot 10^3 + 5,99 \cdot 10^3 + 17,974 \cdot 10^3 + 15,977 \cdot 10^3 = 2,479 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

Среднегодовой ущерб от недоотпуска электроэнергии в систему:

$$\Upsilon_c = 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,479 \cdot 10^6 = 372 \text{ тыс. руб./год}$$

#### Литература

1. Ворошилов, С. С. Исследование надежности схемы выдачи электроэнергии электростанции [Электронный ресурс] // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых. Томск, 8-12 апреля 2019 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа природных ресурсов; гл. ред. А. С. Боев; под ред. Е. Ю. Пасечник. — 2019. — Т. 2. — [С. 224-225]. — Заглавие с экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/56223>
2. Неклепаев Б. Н.; Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учеб. пособие / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – 5-е изд., стер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 608 с.: ил.
3. Околович М. Н. Проектирование электрических станций: Учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 400 с.: ил.