

УДК 621.315

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ГЛАВНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ ТЭЦ260 МВт

CALCULATION OF THE RELIABILITY OF THE MAIN DIAGRAM OF
ELECTRICAL CONNECTIONS OF THE HPS 260 MW

С.Н. Коротченко, М.Н. Поздняков, Н.Г. Шалыгин

Научный руководитель—А.Л. Старжинский, кандидат технических наук,
доцент

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

stankor04@gmail.com

S. Korotchenko, M. Pozdnyakov, N. Shalygin

Supervisor—A. Starzhinsky, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в данной работе анализируется надежность главной схемы электрических присоединений теплоэлектроцентрали 260 МВт используя пакет прикладных программ «ТОПАС», с помощью которого можно рассчитать основные показатели надежности распределительных устройств любого класса напряжения, генераторных присоединений, высоковольтных линий электропередачи, присоединений резервных трансформаторов собственных нужд и трансформаторов связи между распределительными устройствами.*

***Abstract:** this article analyzes the reliability of the main electrical connection diagram of a 260 MW combined power station with the help of the TOPAS software package, which can be used to calculate the main reliability indicators of switchgears of any voltage class, generator connections, high-voltage power transmission lines, connections of standby auxiliary transformers and communication transformers between switchgears.*

***Ключевые слова:** надежность, теплоэлектроцентраль, пакет прикладных программ «ТОПАС», логические показатели надежности, режим.*

***Keywords:** reliability, combined heat and power plant, «TOPAS» application package, logical indicators of reliability, mode.*

Введение

Весомая доля электроэнергии в нашей стране вырабатывается с помощью теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), поэтому для обеспечения надёжности электроснабжения необходимо учитывать надёжность ТЭЦ и электрических сетей на стадии проектирования. Основной целью расчёта надёжности является определение времени простоя и отказа оборудования.

Большинство ТЭЦ занимает промежуточное положение по величине установленной мощности среди тепловых электрических станций с установленными агрегатами мощностью от нескольких сотен киловатт до нескольких сотен мегаватт, имеющими генераторное напряжение 10,5 – 24 кВ. ТЭЦ со схемами на генераторном напряжении строятся по блочному принципу с питанием собственных нужд блока от своей сети генераторного напряжения.

Оценка показателей надёжности главной схемы электрических соединений теплоэлектростанции проводится методом коммутационного графа, ветвями которого являются коммутационные аппараты, а узлами— остальные элементы схемы. На данном методе основан пакет прикладных программ «ТОPAS», с помощью которого можно рассмотреть различные варианты состояний основного оборудования (нормальный, плановый и аварийный ремонты), релейной защиты, автоматики и коммутационных аппаратов (нормальная локализация аварии и отказ в срабатывании) в схеме.

Основные показатели, которые учитывают при расчете надёжности станций:

- частота отказов;
- время послеаварийного восстановления;
- частота планового ремонта;
- длительность планового ремонта;
- вероятность отказов в срабатывании выключателей при отключении КЗ;
- вероятность отказов в срабатывании РЗ при возникновении КЗ.

Вычисление логических показателей надёжности главной схемы осуществляется на основе определения количества комбинаций событий (конъюнкций) $C(k)$, приводящих к отказу ее функционирования k -го вида [1, с.59].

$$C(k) = \sum_i \sum_j \sum_s L(i, j, s, k), \quad (1)$$

где $L(i, j, s, k)$ – логическая функция, принимающая значение 0 или 1.

Вычисление частот отказов функционирования k -го вида $\lambda(k)$ и длительности аварийного восстановления $T(k)$ в общем случае осуществляется по выражениям

$$\lambda(k) = \sum_i \sum_j q(j) \lambda(i) Q(s/i) L(k); \quad (2)$$

$$T(k) = \frac{1}{\lambda(k)} \sum_i \sum_j q(j) \lambda(i) \min \left\{ \frac{t(j)}{2}; t(i); t_{оп} \right\} Q(s/i) L(k), \quad (3)$$

где $q(j)$ – относительная длительность j -го ремонтного режима, о.е;

$\lambda(i)$ - частота повреждения i -го элементы схемы; 1/год;

$t(i)$ – длительность послеаварийного восстановления i -го элемента схемы, ч;

$t(j)$ – длительность j -го ремонтного режима работы схемы;

$t_{оп}$ – время оперативных переключений, ч;

$Q(s/i)$ – вероятность отказа в срабатывании релейной защиты или коммутационного аппарата.

Коэффициент неготовности потребителей K_n вычисляется по выражению [1, с. 73]

$$K_H = \frac{T(k)\lambda}{8760}. \quad (4)$$

Основная часть

В качестве примера для расчета надежности рассмотрим ТЭЦ мощностью 260 МВт, которая состоит из 4 блоков (два блока по 80 МВт и 50 МВт) с выдачей электроэнергии по блочной схеме трех классов напряжений (10, 110 и 220кВ). Связь между РУ 110 и 220 кВ обеспечивается с помощью 2 автотрансформаторов связи (АТС) АДЦТН-125000/220/110 мощностью 125 МВт каждый. В качестве блочных трансформаторов используются ТРДН-63000/110 и ТРДН-63000/220 мощностью по 63 МВт, коммутационных аппаратов — элегазовые выключатели.

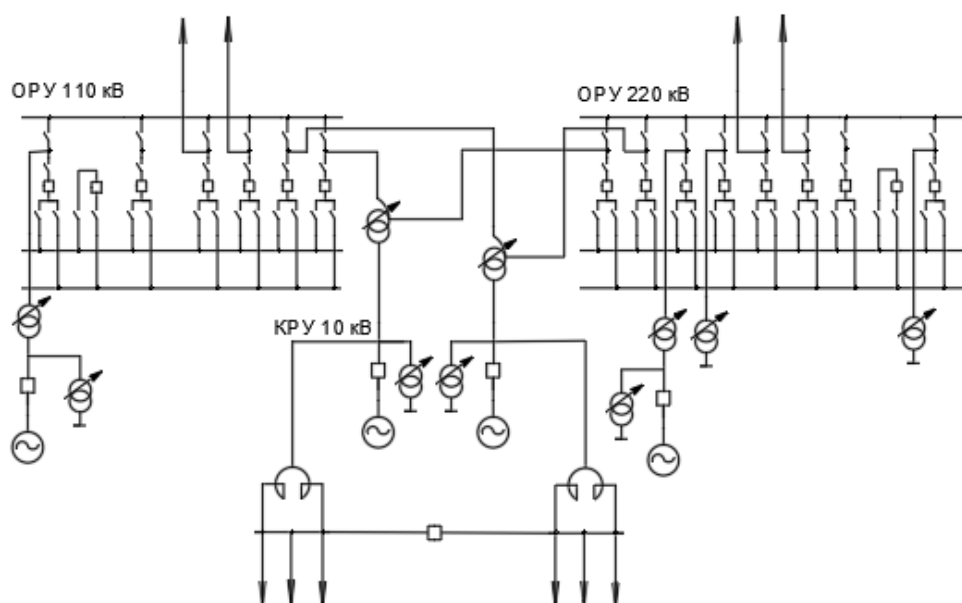


Рисунок 1. Структурная схема ТЭЦ

Для ОРУ 110 и 220 кВ приняты схемы с двумя рабочими и одной обходной системами шин с расположенными в один ряд выключателями для простоты их обслуживания. 123 МВт выработанной электроэнергии передается потребителям по 2 ВЛ-110 кВ, 29 МВт электроэнергии выдается потребителям со стороны 10 кВ, а оставшаяся часть электроэнергии — в энергосистему по 2 ВЛ-220 кВ. Все выключатели приняты элегазовыми.

КРУ выполнено на напряжение 10 кВ по схеме с одиночной секционированной системой сборных шин. Обе секции питаются от генераторов ТФ80.К каждой секции подключен сдвоенный реактор с ЗКЛ-10 кВ. Суммарная нагрузка потребителей на стороне 10 кВ составляет 29 МВт. Все выключатели приняты вакуумными.

При формировании исходных данных для программы, следует в определенном порядке пронумеровать элементы и сформировать матрицу узловых связей, в которой отображены связи коммутационных аппаратов с двумясмежными элементами. Все данные для элементов схемы, необходимые для расчета принимаем из базы данных программы TOPAS.

Рассмотрим несколько вариантов для анализа результатов надежности: отказ одного генератора, отказ одной линии и одного генератора, отказ двух генераторов, отказ двух генераторов и одной линии, отказ двух генераторов и четырех линий, отказ трех генераторов и четырех линий, отказ всех генераторов и линий (т.е. полным гашением станции). Все расчётные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа надёжности

Код аварии	Суммарная частота, 1/год	Среднее время восстановления, ч.	Коэффициент неготовности
1Г	3,78	55,48	$2,39 \cdot 10^{-2}$
1Г 1Л	0,0345	45,02	$1,77 \cdot 10^{-4}$
2Г	0,051	53,92	$3,14 \cdot 10^{-4}$
2Г 1Л	$4,1 \cdot 10^{-2}$	24,93	$1,17 \cdot 10^{-4}$
2Г 4Л	$2,1 \cdot 10^{-4}$	0,5	$1,2 \cdot 10^{-8}$
3Г 4Л	$3,8 \cdot 10^{-6}$	0,5	$2,16 \cdot 10^{-10}$
4Г 10Л	$1,87 \cdot 10^{-8}$	0,5	$1,07 \cdot 10^{-12}$

Рассчитаем коэффициент неготовности потребителей K_H по формуле (4):

1. Отключен 1Г

$$K_H = \frac{T(k)\lambda}{8760} = \frac{55,48 \cdot 3,78}{8760} = 2,39 \cdot 10^{-2}.$$

2. Отключены 1Г 1Л

$$K_H = \frac{T(k)\lambda}{8760} = \frac{45,02 \cdot 0,0345}{8760} = 1,77 \cdot 10^{-4}.$$

3. Отключены 2Г

$$K_H = \frac{T(k)\lambda}{8760} = \frac{53,92 \cdot 0,051}{8760} = 3,14 \cdot 10^{-4}.$$

4. Отключены 2Г 1Л

$$K_H = \frac{T(k)\lambda}{8760} = \frac{24,93 \cdot 4,1 \cdot 10^{-2}}{8760} = 1,17 \cdot 10^{-4}.$$

5. Отключены 2Г 4Л

$$K_H = \frac{T(k)\lambda}{8760} = \frac{0,5 \cdot 2,1 \cdot 10^{-4}}{8760} = 1,2 \cdot 10^{-8}.$$

6. Отключен 3Г 4Л

$$K_H = \frac{T(k)\lambda}{8760} = \frac{0,5 \cdot 3,8 \cdot 10^{-6}}{8760} = 2,16 \cdot 10^{-10}.$$

7. Отключен 4Г 10Л

$$K_H = \frac{T(k)\lambda}{8760} = \frac{0,5 \cdot 1,87 \cdot 10^{-8}}{8760} = 1,07 \cdot 10^{-12}.$$

Заключение

По результатам проделанной работы можно сделать вывод, что вероятность погашения всей станции крайне мала, о чем и свидетельствует малый коэффициент неготовности потребителей.

Литература

1. Черновец, А.К. Элементы САПР электрической части АЭС на персональных компьютерах / А.К. Черновец. – Спб.: Санкт-Петербург. гос. ун-т, 1992. -89 с.
2. Электротехнический справочник: В 4 т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. редактор А.И. Попов). – 9-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 964 с.