

УДК 621.315

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГЛАВНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СМОЛЕНСКОЙ АЭС

Мячин А.В., Сибирцев Е.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Старжинский А.Л.

Главные схемы электрических соединений АЭС выбираются на основании утвержденной схемы развития энергосистемы и ее участка, к которому подключается данная АЭС, с учетом единичной мощности агрегатов и суммарной мощности станции в целом. Схема присоединения к энергосистеме должна обеспечивать на всех стадиях сооружения АЭС выдачу в нормальных режимах полной введенной мощности станции и сохранение устойчивости ее работы в энергосистеме при отключении любой отходящей электропередачи или трансформатора связи. Основными критериями при выборе главной схемы являются: надежность; экономичность; маневренность; ремонтпригодность; возможность расширения; наглядность и простота. Наиболее важными из перечисленных являются надежность и экономичность.

В качестве примера расчета мы рассчитывали главную схему Смоленской АЭС, которая включает в себя:

- 3 энергоблока с реакторами РБМК-1000. В состав двух из них, работающих на сеть 500 кВ, входят по два турбогенератора ТВВ-500-2У3 каждый со своим повышающим трехфазным двухобмоточным трансформатором. Так же в состав третьего, работающего на сеть 750 кВ, входят также два турбогенератора ТВВ-500-2У3 и один повышающий трехфазный трехобмоточный трансформатор.

- ОРУ 750, 500 и 330 кВ;

- 4 автотрансформатора связи;

- 1 РТСН;

- 22 сборных шины и ошиновки;

- 43 выключателя;

- 8 разъединителей;

- 2 линии электропередач 750кВ протяженностью 350 км, 2 линии электропередач 500кВ протяженностью 300 км, 3 линии электропередач 330кВ протяженностью 170 км.

Для расчета мы использовали программный пакет TOPAS.

Алгоритм расчета в программе TOPAS:

Моделирование, анализ множества состояний схемы вычисление показателей надежности осуществляется в состоянии с учетом характеристик повреждаемости, ремонтпригодности, профилактики основного электрического оборудования и возможности отказов срабатывания устройств релейной защиты, автоматики (РЗ, А) и КА.

Функциональная модель расчетов установившихся режимов генерации мощности учитывают пропускные способности трансформаторов и автотрансформаторов, ВЛ связи с системой (по критерию запаса статической устойчивости работы генераторов).

Эффективный способ описания схем электрических соединений достигается при использовании коммутационного графа, ветвями которого является КА различных типов, а узлами - остальные связываемые ими элементы схемы.

Для описания надежности основного электрического оборудования используются показатели:

- Частоты отказов (I/год);

- Длительности послеаварийного восстановления (Ч);

- Частоты плановых ремонтов (I/год);

- Длительности плановых ремонтов (ч);

$C(k) = \sum_i * \sum_j * \sum_s L(k)$, - количество комбинаций событий; $L(k)$ -логическая функция принимающая значения 0 или 1.

$$\lambda(k) = \sum_j * \sum_i q(j) \lambda(i) Q\left(\frac{s}{i}\right) L(k);$$

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

где $\lambda(k), T(k)$ – частота и длительность смоделированных аварий k -го вида, приводящих к расчетному погашению,

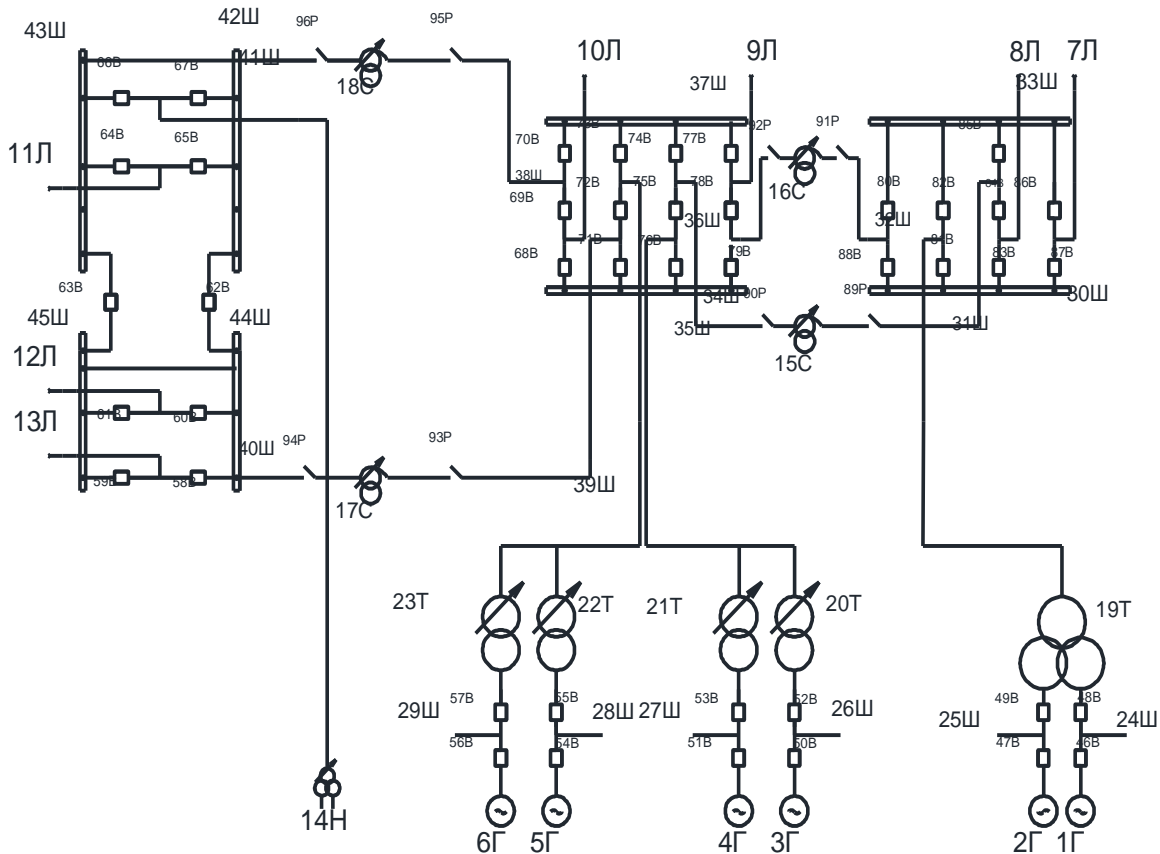


Рисунок 2 – Расчетная схема с нумерацией ветвей и узлов

Таблица 1 – Показатели надежности элементов собственных нужд электростанции.

Элемент	Частота отказа λ , 1/год	Время послеаварийного восстановления $T_{в}$, ч	Частота планового ремонта $\lambda_{рем}$, 1/ГОД	Длительность планового ремонта $T_{рем}$, ч
Блочный турбогенератор	0.84	136.0	1.0	880.0
Линия электропередач 750кВ на 350км	0.007	20.0	0.17	20
Линия электропередач 550кВ на 300км	0.0045	12	1	18
Линия электропередач	0.0034	9	0.5	20

330кВ на 170км				
Автотрансформатор 750 кВ	0.04	220	0.5	10
Автотрансформатор 500 кВ	0.04	220	0.5	10
РТСН 330кВ	0.04	45	0.5	9.5
Блочный трансформатор 10 кВ	0.008	60	0.25	6.0
Сборные шины 10 кВ	0.09	2.0	0.498	15
Сборные шины 330 кВ	0.039	15.0	0.498	9
Сборные шины 500 кВ	0.03	5.0	0.498	15
Сборные шины 750 кВ	0.03	5.0	0.498	15
Генераторный выключатель	0.009	10.0	0.5	10
Воздушный выключатель 330 кВ	0.02	48.0	0.2	90
Воздушный выключатель 500 кВ	0.04	60	0.2	120
Воздушный выключатель 750 кВ	0.04	60	0.2	120

Таблица 2. Результаты анализа надежности

	Код аварии	Суммарная частота, 1/год	Среднее время восстановления, ч
№1	3Г 5Л	0,0136	0,5
№2	2Г 3Л	0.448	37.37
№3	6Г 7Л 1Н	0.00419	105.86

В полученных нами результатах запись 3Л обозначает потерю любых трех линий и т.д.

Также критерием надежности является коэффициент неготовности:

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

где K_H - коэффициент неготовности;

$T(k)$ - среднее время восстановления, ч ;

λ - частота отказов, 1/год.

Посчитаем K_H для трех вариантов аварии :

1. Отключены 1 генератор и 5 линий :

$$K_{H1} = \frac{T(k)_1 \lambda_1}{8760} = \frac{0,0136 \cdot 0,5}{8760} = 7 \cdot 10^{-7}$$

2. Отключены 2 генератора и 3 линии :

$$K_{H2} = \frac{T(k)_2 \lambda_2}{8760} = \frac{0,448 \cdot 37,37}{8760} = 0,0019$$

3. Отключены 6 генераторов 7 линий и 1 РТСН :

$$K_{H3} = \frac{T(k)_3 \lambda_3}{8760} = \frac{0,00419 \cdot 105,86}{8760} = 0,00005$$

Как мы видим из результатов расчета, что отключение двух генераторов и трех линий в среднем может погаснуть раз в два года; три генератора и 5 линий раз в 73 года; шесть генераторов, семь линий и 1 резервный трансформатор собственных нужд раз в 238 лет. Данные значения говорят нам о высокой надежности схемы.

Выводы

1. Выполнен расчет показателей надежности схемы электрических соединений Смоленской АЭС.
2. По полученным результатам выяснили, что схема является надежной.

Литература

1. Гук, Ю.Б. Устройство, проектирование и эксплуатация схем электроснабжения собственных нужд АЭС/ Ю. Б. Гук, В. М. Кобжув, А. К. Черновец. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 296 с.
2. Старжинский А.Л. Определение надежности схем электроснабжения собственных нужд атомной электрической станции. *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*. 2015;(3):34-31.
3. Фельдман, М.Л. Особенности электрической части атомных электростанций / М.Л. Фельдман, А.К. Черновец. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 172 с.