

УДК 621.311

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС-120

Бруцкий-Стемпковский Н.А., Острейко А.В.

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

Потребители собственных нужд (с.н.) тепловой электрической станции (ТЭС), не предъявляющие повышенных требований к надежности электроснабжения. На станции установлены два генератора мощностью 63 МВт. Схема построения – блочная. Потребители на генераторном напряжении получают питание через реакторные отпайки и на надежность схемы питания собственных нужд не влияют. Потребители с. н. получают питание от трансформаторов собственных нужд (ТСН), также присоединенных отпайкой к энергоблокам генератор – трансформатор. В качестве резервного источника питания для секций с. н. установлен резервный трансформатор собственных нужд (РТСН). Схема электроснабжения изображена на рисунке 1.

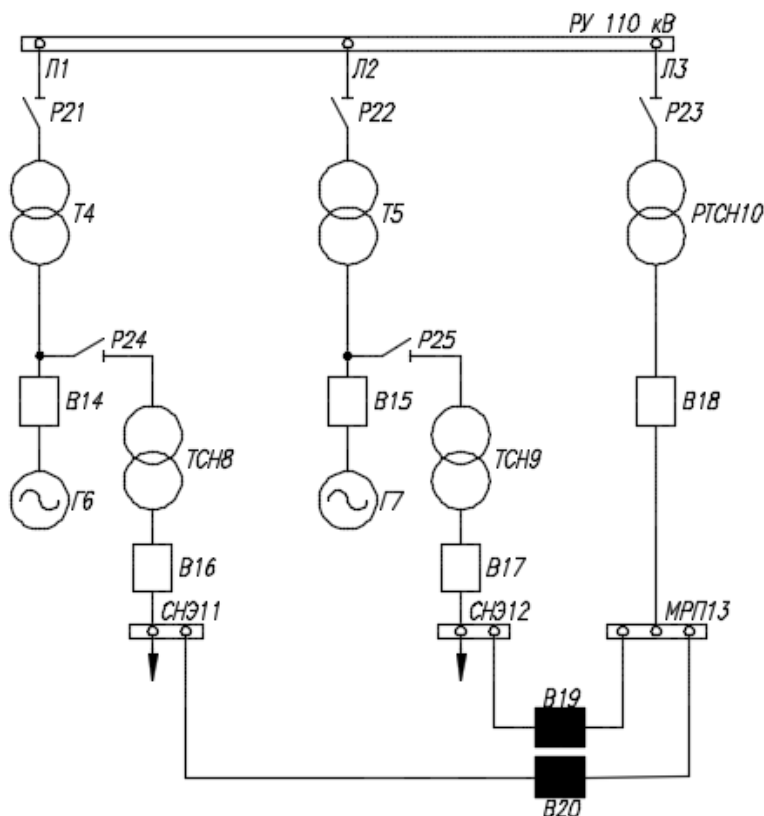


Рисунок 1 – Схема электроснабжения потребителей с.н. ТЭС-120

Список условных сокращений на схеме:

Л – линия; Г – генератор; Т – блочный трансформатор, СНЭ – секция нормальной эксплуатации; В – выключатель; Р – разъединитель; МРП – магистраль резервного питания; РУ – распределительное устройство.

Число секций 6 кВ нормальной эксплуатации – две (СНЭ11, СНЭ12). К ним присоединяются электродвигатели, конденсатные и циркуляционные

насосы турбин, дренажные насосы, насосы технической воды неответственных потребителей, а также трансформаторы 6/0,4 кВ.

Каждая рабочая секция имеет ввод от резервной магистрали 6 кВ (МРП13). Резервный трансформатор собственных нужд (РТСН10) присоединяется к сборным шинам 110 кВ.

Проведем анализ структурной надежности систем электроснабжения потребителей СН, включающих в себя источники рабочего и резервного электроснабжения, передающие элементы, коммутационные аппараты и отдельных потребителей. Схема имеет радиальную структуру построения, при которой в любом установившемся режиме ее функционирования передача мощности к любому потребителю осуществляется лишь по единственно возможной цепи. При помощи программы REISS вычислим частоты и длительности перерывов электроснабжения одновременно произвольного количества потребителей, а также коэффициента неготовности данных потребителей в отношении такого события.

Значения  $\lambda$  и  $T$  в общем виде определяются по выражениям:

$$\lambda = \sum_{k=1} \lambda(k); \quad (1)$$

$$T = \frac{1}{\lambda} \sum_{k=1} T(k) \cdot \lambda(k); \quad (2)$$

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

$$\lambda(k) = q(k, j) \cdot \lambda(k, m) \cdot \prod_s Q(k, s); \quad (3)$$

$$T(k) = q(k, j) \cdot \lambda(k, m) \cdot \min \left\{ \frac{t(k, j)}{2}; t(k, j); t_{\text{оп}} \right\} \cdot \prod_s Q(k, s); \quad (4)$$

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

$\lambda(k, m)$  – частота повреждения  $m$ -го элемента схемы, 1/год;

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

$Q(k, s)$  – вероятность отказа в срабатывании  $s$ -го устройства релейной защиты, коммутационных аппаратов или автоматического ввода резерва;

$t(k, m)$ ,  $t(k, j)$  – длительность послеаварийного восстановления  $m$ -го и  $j$ -го элементов схемы, ч.

Коэффициент неготовности  $k_n$  потребителей вычислим по формуле:

$$k_n = \frac{T \cdot \lambda}{8760}; \quad (5)$$

Для расчета с использованием программы REISS необходимо пронумеровать все элементы схемы в строго определенном заранее порядке. Составляем матрицу связности: каждому коммутационному аппарату задается номер подходящих к нему узлов (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица связности

Номер КА	14	15	16	17	18	19
1-й узел	4	5	8	9	10	13
2-й узел	6	7	11	12	13	12
Номер КА	20	21	22	23	24	25
1-й узел	13	1	2	3	4	5
2-й узел	11	4	5	10	8	9

Общие сведения для расчетной схемы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие сведения о расчетной схеме

Число источников рабочего питания	2
Число источников резервного питания	1
Число нормально включенных автоматических КА	5
Число КА автоматических вводов резервного питания	2
Число КА неавтоматических вводов резервного питания	0
Число нормально включенных неавтоматических КА	6
Номер последнего пронумерованного элемента	25
Время отключения поврежденного элемента от схемы, ч	1
Время оперативных переключений, ч	0,5
Вероятность отказа АВР	0,01

Данные, определяющие вероятность отказа простейших элементов схемы приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели надежности элементов схемы

Элементы схемы	$\lambda$ , 1/год	$t$ , ч	Частота плановых ремонтов, 1/год	Длит. планов. ремонта, ч	Вероятность отказа		
					при откл. КЗ, о.е.	при опер. перекл., о.е.	в сраб. РЗ, о.е.
Генераторы	0,87	58	1	600	-	-	0,0001
ЛЭП 110 кВ	0,001	10,3	0,4	13	-	-	0,0001
Тр-ры	0,04	45	0,4	9,5	-	-	0,0001
ТСН	0,014	76	1	30	-	-	0,0001
Сборные шины	0,05	3	0,5	12	-	-	0,0001
Выключатели 110 кВ	0,005	25	0,2	25	0,002	0,002	0,0001
Генераторные выключатели	0,009	10	0,5	10	0,002	0,002	0,0001
Разъединители	0,005	5	0,2	5	-	-	0,0001

Результаты расчета сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчета схемы собственных нужд ТЭС-120

Погашение секций	Суммарная частота события $\lambda_{\text{сумм}}$ , 1/год	Средняя продолжительность отключения, $T$ , ч	Коэффициент неготовности, о.е.
Одна секция шин (СНЭ11)	0,154	1,923	$0,54 \cdot 10^{-4}$
Две секции шин (СНЭ11, СНЭ12)	$0,789 \cdot 10^{-3}$	0,681	$0,714 \cdot 10^{-7}$

Проанализировав результаты видим, что погашение одной секции шин происходит в среднем раз в 6,5 лет, что является довольно маловероятным событием. Вероятность погашения двух секций шин ничтожно мала, это событие происходит в среднем раз в 1270 лет. Отсюда следует, что оно может не приниматься во внимание.

#### 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. Электрическая часть электростанций: учеб. для вузов / под ред. С. В. Усова. – 2-е изд. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 616 с.
3. Черновец, А. К. Элементы САПР электрической части АЭС на персональных компьютерах / А. К. Черновец. – СПб.: Санкт-Петербург. гос. ун-т, 1992. – 89 с.
4. Электротехнический справочник: в 4 т. / под общ. ред. В. Г. Герасимова [и др.]. – 9-е изд. – М.: МЭИ, 2003. – Т. 3: Производство, передача и распределение электрической энергии. – 2004. – 964 с.
5. Короткевич М. А. Анализ структурной надежности схем выдачи мощности от атомных электростанций / М. А. Короткевич // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – Вып. 64: Надежность систем энергетики: достижения, проблемы, перспективы. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2014. – С. 67–71.