

УДК 621.315

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД КОНДЕНСАЦИОННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Ничипорков И.А., Скурат Д.А.

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

Конденсационная электростанция — тепловая электростанция, производящая только электрическую энергию. Несмотря на то, что тепловая энергия не вырабатывается на станциях данного типа, к ним предъявляются следующие требования: безопасность, безотказность, живучесть, ремонтпригодность, режимная управляемость. Остановимся на требованиях безотказности и ремонтпригодности, так как именно они относятся к сети рабочего и резервного питания собственных нужд.

Данные требования к системе электроснабжения собственных нужд определяют надежность электростанции, включая ее безопасность как в нормальных, так и аварийных условиях.

Очевидна необходимость принятия во внимание поведения системы в различных режимах работы. Понятие надежности системы подразумевает, что при выходе из строя оборудования должен быть предусмотрен резервный вариант электроснабжения собственных нужд.

О безопасной работе электростанции можно судить по показателям надежности системы электроснабжения собственных нужд конденсационной электростанции. Этими показателями являются условные вероятности одновременного погашения одной или двух секций, либо погашения некоторых элементов схемы. При этом считается возможным проведение ремонтных работ на оборудовании открытого распределительного устройства высшего напряжения.

При помощи программы REISS проведем анализ структурной надежности систем электроснабжения потребителей собственных нужд, включающих в себя источники рабочего и резервного электроснабжения, передающие элементы, коммутационные аппараты и отдельных потребителей. Анализируемая схема должна иметь радиальную структуру построения, при которой в любом установившемся режиме ее функционирования передача мощности к любому потребителю осуществляется лишь по единственной возможной сети. При помощи программы можно вычислить частоту и длительность перерывов электроснабжения одновременно произвольного количества объектов, входящих в систему электроснабжения собственных нужд, а также коэффициента неготовности данных потребителей в отношении такого события.

Значения λ и T в общем виде определяются по выражениям:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Коэффициент неготовности потребителей k_H вычисляется по формуле:

$$k_H = \frac{T\lambda}{8760}$$

При подготовке исходных данных производится нумерация каждого элемента схемы в строго заданной последовательности. После между элементами устанавливаются связи, которые сводятся в матрицу связности. Далее каждому коммутационному аппарату в порядке следования присваиваются номера примыкающих к нему узлов.

Расчет надежности системы электроснабжения собственных нужд конденсационной электростанции (рис. 1) выполним с помощью программы REISS. Алгоритм программы построен на основе метода дерева отказов.

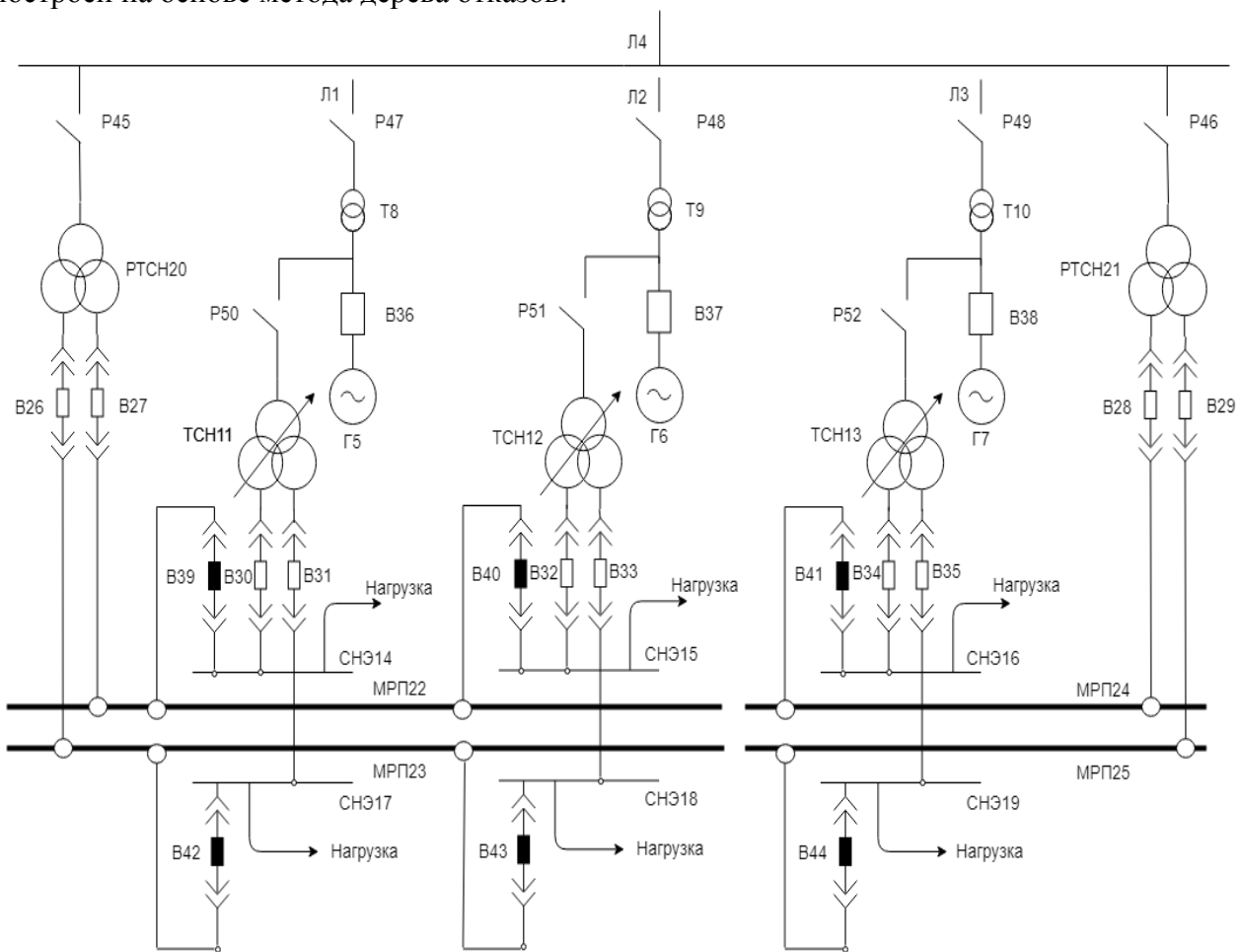


Рисунок 5. Схема собственных нужд конденсационной электростанции: Л – линия; ТСН – трансформатор собственных нужд; РТСН – резервный трансформатор собственных нужд; МРП – магистраль резервного питания; СНЭ – секция нормальной эксплуатации; В – выключатель; Р – разъединитель; Т – трансформатор.

Данные по надежности элементов собственных нужд электростанции сведены в таблицу 1.

Таблица 3. Показатели надежности элементов собственных нужд конденсационной электростанции

Элемент	Частота отказа λ , 1/год	Время послеаварийного восстановления T_B , ч	Частота планового ремонта $\lambda_{рем}$, 1/год	Длительность планового ремонта $T_{рем}$, ч
Линия	0,020	1,2	0,200	10
Генератор	0,550	91	1,000	540
Блочный трансформатор	0,008	60	0,250	6
Трансформатор собственных нужд	0,008	100	0,750	26
Секция нормальной эксплуатации	0,090	2	0,498	15
Резервный трансформатор собственных нужд	0,008	60	0,250	6
Магистраль резервного питания	0,005	4,4	1,000	2
Выключатель за резервным трансформатором собственных нужд	0,040	20	1,000	40
Выключатель за трансформатором собственных нужд	0,010	10	0,200	10
Генераторный выключатель	0,009	10	0,500	10
Резервный выключатель	0,010	10	0,200	10
Разъединитель	0,010	1,8	0,166	1,8

Результаты расчета надежности схемы собственных нужд конденсационной электростанции представлены в таблице 2.

Таблица 4. Результаты расчета надежности электроснабжения собственных нужд конденсационной электростанции (погашение секций нормальной эксплуатации)

Погашение секций нормальной эксплуатации	Суммарная частота события $\lambda_{сум}$, 1/год	Средняя продолжительность отключения T , ч	Коэффициент неготовности, о. е.
Одна секция шин (№14)	0,1013	1,834	$0,2121 \cdot 10^{-4}$
Одна секция шин (№17)	0,1013	1,834	$0,2121 \cdot 10^{-4}$
Две секции шин (№ 14, 17)	$0,6022 \cdot 10^{-3}$	0,5339	$0,3670 \cdot 10^{-7}$
Одна секция шин (№15)	0,1014	1,832	$0,2122 \cdot 10^{-4}$
Одна секция шин (№18)	0,1014	1,832	$0,2122 \cdot 10^{-4}$
Две секции шин (№15, 18)	$0,6044 \cdot 10^{-3}$	0,5337	$0,3683 \cdot 10^{-7}$

Погашение одной секции шин может произойти с вероятностью один раз в 10 лет. Погашение двух секций шин №14 и №17 на протяжении срока службы конденсационной

электростанции маловероятны и могут не рассматриваться. Показатели отказа работы других шин аналогичны рассмотренному выше варианту.

Выводы:

Выполнен расчет показателей надежности схемы электроснабжения собственных нужд конденсационной электростанции. На основании этих показателей можно утверждать, что погашение электростанции является маловероятным событием.

Литература

1. Гук, Ю. Б. Теория надежности: учеб. пособие / Ю. Б. Гук, В. В. Карпов, А. А. Лapidус. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 171 с.
2. 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.
3. 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.
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.