

УДК 621.315

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СХЕМЫ СОБСТВЕННЫХ НУЖД АТОМНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Кравчук И.А, Малышев С.В.

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

Говоря о надежности объектов такого класса, как схемы электроснабжения собственных нужд АЭС, обычно имеют в виду уверенность в том, что при некоторых определенных условиях объект выполнит (или не выполнит) заданные функции с известной вероятностью.

Система собственных нужд атомной электрической станции является очень важной составляющей электроснабжения. К ней предъявляются следующие требования: безотказность (бесперебойность); ремонтпригодность; живучесть; безопасность; устойчивоспособность; режимная управляемость.

Стоит отметить, что собственные нужды АЭС гораздо надежнее, чем каких-либо других станций.

Расчет надежности системы электроснабжения собственных нужд АЭС можно выполнить с помощью программы “REISS”. Алгоритм программы построен на основе метода дерева отказов.

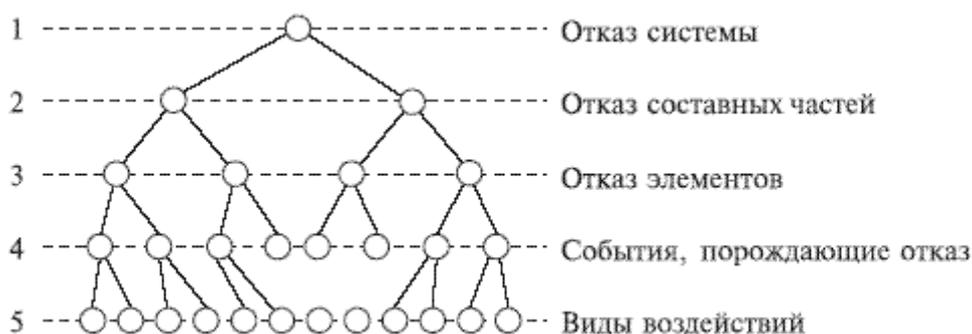


Рисунок 1. Визуализация метода дерева отказов

В программном коде жестко зафиксировано требование – анализируемая схема должна иметь радиальную структура построения, при которой в любом установившемся режиме ее функционирования передача мощности к любому потребителю осуществляется лишь по единственно возможной цепи.

Программа позволяет вычислить частоту и длительности перерывов электроснабжения одновременно произвольного количества, входящих в систему электроснабжения потребителей, а также коэффициента неготовности данных потребителей в отношении такого события.

Реализованная в программа модель анализа структурной надежности позволяет вычислять частоты λ и длительность T погашений потребителей в нормально режиме и в режимах аварийного простоя оборудования систем резервного и рабочего электроснабжения с учетом повреждений оборудования, возможности отказов в срабатывании устройств релейной защиты (РЗ) и коммутационной аппаратуры (КА) при отключении коротких замыканий, а также отказов в переключении на резервное электроснабжение из-за отказов в срабатывании автоматики, автоматического ввода резерва (АВР) и коммутационных аппаратов (КА) вводов рабочего и резервного питания.

Значения λ и T в общем виде определяются по выражениям

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

$$T = \frac{1}{\lambda} \sum_k T(k) \lambda(k), \tag{2}$$

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

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

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

$q(k, j)$ - относительная длительность ремонтного простоя j -го элемента, о.е.; $\lambda(k, m)$ – частота повреждения m -ого элемента схемы, 1/год; $t(k, m)$ – длительность послеаварийного восстановления m -ого и j -го элементов схемы, ч; $t_{\text{оп}}$ – время оперативных переключений, ч; $Q(k, s)$ – вероятность отказа в срабатывании s -го устройства РЗ, КА или АВР.

Коэффициент неготовности потребителей $k_{\text{н}}$ вычисляется по формуле:

$$k_{\text{н}} = \frac{T \lambda}{8760}. \tag{5}$$

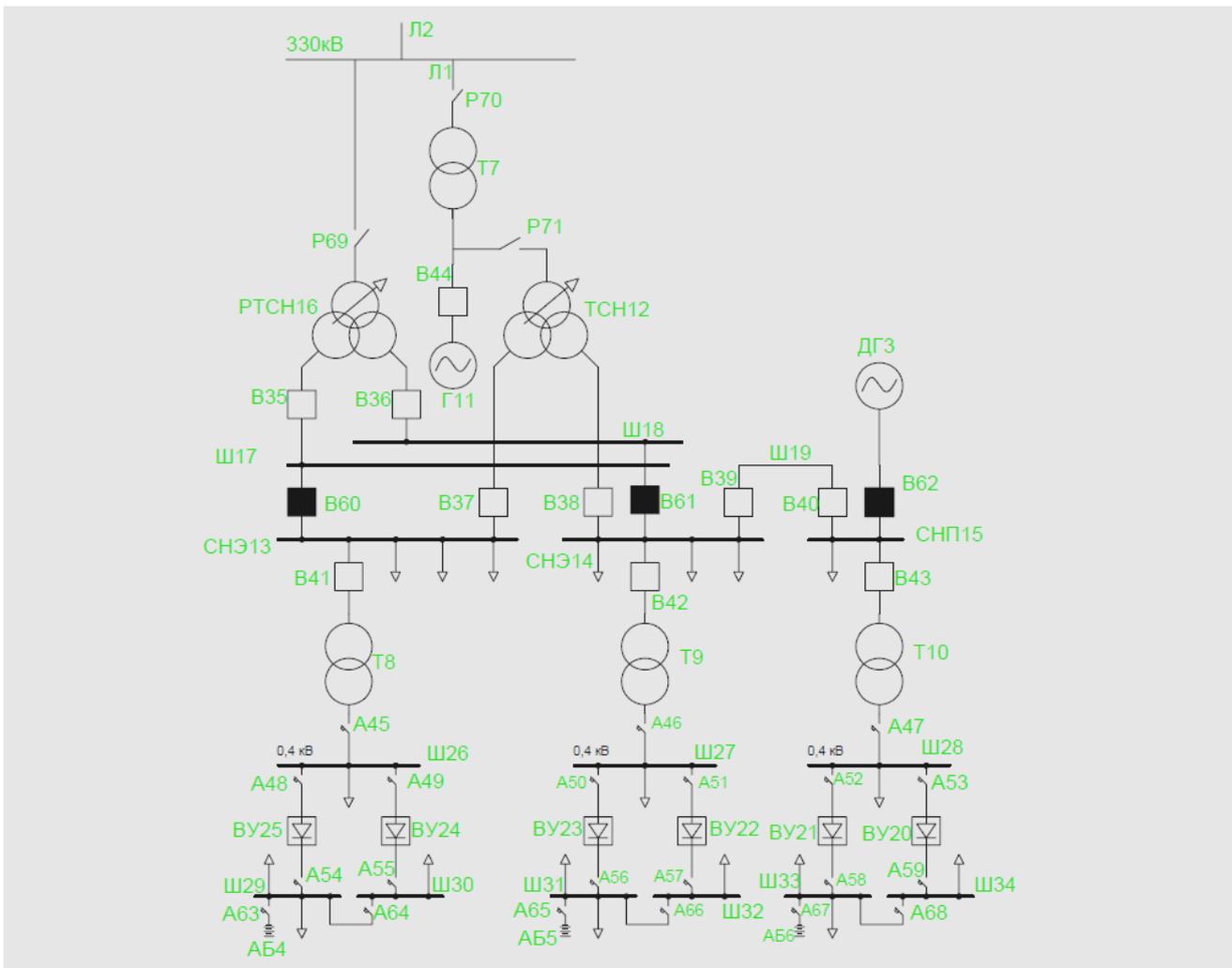


Рисунок 2 – Расчетная схема с нумерацией ветвей и узлов

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
Трансформатор 330кВ	0.04	45.0	0.500	9.5
Сборные шины 6кВ	0.09	2.0	0.498	15.0
Линия электропередачи 330кВ на 1 км	0.09	2.0	0.498	15.0
Дизель-генератор 6кВ	0.015	8.0	0.000	0.0
Рабочий трансформатор СН	0.08	60.0	0.250	6.0
Резервный трансформатор СН	0.04	45.0	0.500	9.5
Вакуумный выключатель 6кВ	0.015	10.0	0.200	10.0
Генераторный выключатель	0.09	10.0	0.166	10.0

Таблица 2 - Результаты расчета надежности электроснабжения собственных нужд АЭС

Погашение секций	Суммарная частота события $\lambda_{сум}$, 1/год	Средняя продолжительность отключения T , ч	Коэффициент неготовности, о.е.
Одна секция шин (номера элементов 13)	0.2231	12,0	$0.3055 \cdot 10^{-5}$
Одна секция шин (номера элементов 14)	0.2383	11,26	$0.3063 \cdot 10^{-5}$
Одна секция шин (номера элементов 15)	0.1242	1,589	$0.2252 \cdot 10^{-5}$
Две секции шин (номера элементов 13,14)	0.1183	22,24	$0.3003 \cdot 10^{-5}$
Две секции шин (номера элементов 14,15)	$0.3058 \cdot 10^{-5}$	0,5629	$0.1965 \cdot 10^{-5}$
Две секции шин (номера элементов 13,15)	$0.1553 \cdot 10^{-5}$	0,8845	$0.1568 \cdot 10^{-5}$
Три секции шин (номера элементов 13,14,15)	$0.155 \cdot 10^{-5}$	0,890	$0.1576 \cdot 10^{-5}$

В результаты расчета было выявлено, что секция шин номер 13 в среднем может погаснуть 1 раз в 4 с половиной года, номер 14 - раз в 4 года, 15 – раз в 8 лет. Одновременно 2 шины (13,14) могут потерять питание раз в 8 лет, шины (14,15) раз в 327 лет, две секции шин (13,15) – раз в 643 года. Для трех шин (13, 14, 15) - событие происходит не чаще, чем 1 раз в 645 лет. Данные значения говорят о высокой надежности схемы и практической невозможности потери электроснабжения собственных нужд.

Выводы

1. Выполнен расчет показателей надежности схемы электроснабжения собственных нужд атомной электростанции.
2. Определено время продолжительности отсутствия питания на шинах собственных нужд.

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.