

УДК 621.321

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД АЭС НА
ПРИМЕРЕ ТРЕТЬЕЙ ГРУППЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**
**DETERMINATION OF THE RELIABILITY OF THE NPP'S OWN NEEDS
ON THE EXAMPLE OF THE THIRD GROUP OF CONSUMERS**

Д.Д. Тарасевич, Д.О. Лосенков

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
astarginsky@bntu.by

D.D. Tarasevich, D.O. Losenkov
Supervisor - A.L. Starzhinsky, c.t.s., docent
Belarusian National Technical University,
Minsk, Republic of Belarus

***Аннотация:** в работе приведен расчет определения надежности собственных нужд АЭС.*

***Abstract:** the article deals with the calculation of determining the reliability of the NPP's own needs.*

***Ключевые слова:** собственные нужды АЭС, надежность собственных нужд.*

***Keywords:** the NPP's own needs, the reliability of its own needs.*

Одной из важнейших частей любой электрической станции, в том числе и атомной (АЭС) являются собственные нужды (СН), так благодаря им осуществляется расхолаживание реакторов, обеспечивается надежное функционирование устройств нормальной эксплуатации, защитных и локализирующих устройств. Отказ отдельных видов электрооборудования в условиях нормальной эксплуатации из-за нарушения надежности СН может привести к срабатыванию релейной защиты реактора и остановке энергоблока. В результате чего могут создаваться предпосылки для развития системной аварии, которая повлечет за собой полный отказ системы СН.

СН АЭС принято разделять на три большие группы, в зависимости от требований надежности, которые предъявляются к данным потребителям. К первой группе принято относить потребителей, которые в процессе своей работы не допускают перерыв в электроснабжении даже на доли секунд. Вторая группа включает в себя потребителей, которые могут останавливаться до десятков минут. Электропотребители, которые в процессе своей работы не предъявляют повышенные требования к надежности снабжения электроэнергией относят к третьей группе. Такие потребители допускают перерыв в электроснабжении до автоматического ввода резерва (АВР).

Так как к схемам СН предъявляются высокие показатели надежности, то на этапе разработки схем СН моделируют различные отказы системы, с целью определения показателей надежности. К таким отказам можно отнести:

1. Отключение рабочих и резервных источников электроснабжения СН в результате аварии;

2. Аварийные отключения элементов электрической сети, приводящие к снижению напряжения на секциях СН на 20%;
3. Различные повреждения в цепях турбогенераторов, трансформаторов и трансформаторов СН (ТСН);
4. Аварийные ситуации на шинах высокого напряжения АЭС;
5. Устойчивое повреждение секциях распределительных устройств (РУ) СН различных ступеней напряжения.

Приведем схему электроснабжения СН потребителей третьей категории одного блока АЭС на рисунке 1.

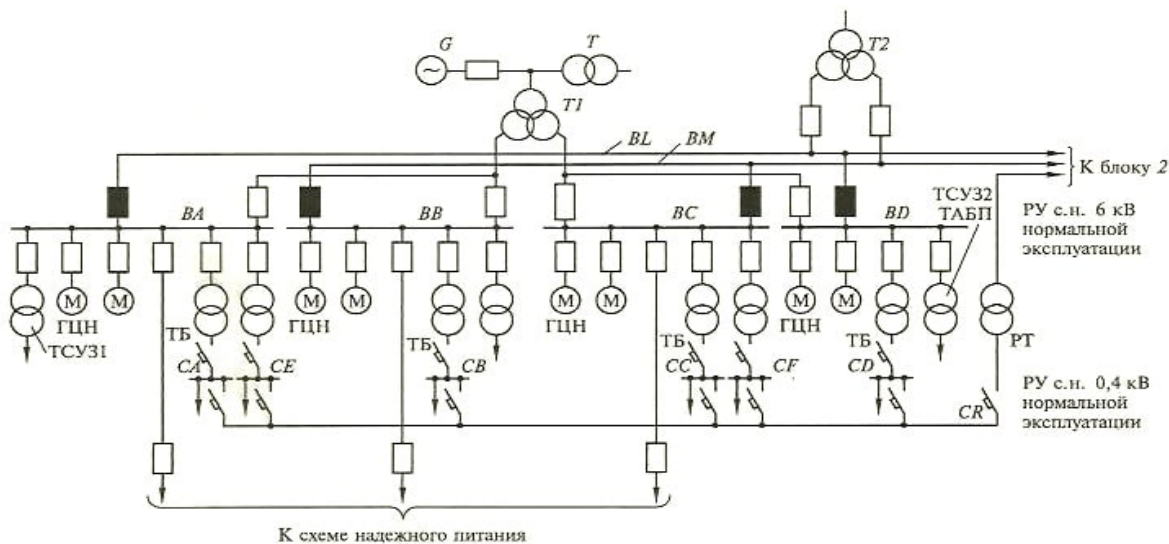


Рисунок 1 - Схема электроснабжения СН потребителей третьей категории одного блока АЭС

Как видно из рисунка, потребители третьей группы в основном представляют собой такие электродвигатели как насосы типа ГЦН. Так же к данным потребителям можем отнести различные сетевые и дренажные насосы, конденсатные и циркуляционные насосы турбин, понижающие трансформаторы 6/0.4 кВ.

Потребители третьей группы подсоединены к схемам надежного питания и секциям нормальной эксплуатации 6 кВ (ВА, ВВ, ВС, ВД). К каждой рабочей секции подсоединяется ввод от одной из резервных магистралей (BL и BM). Так же к сборным шинам РУ или другому источнику питания присоединяются ТСН (Т1) и РТСН.

Проводя анализ надежности системы энергоснабжения потребителей третьей группы СН рассмотрим ее поведение при погашении секций нормальной эксплуатации. При этом учтем проведение ремонта на РУ высшего напряжения. Так же следует отметить, что структура схемы СН радиальная, что говорит о том, что передача электроэнергии к потребителю осуществляется по одной цепи.

Расчет надежности схемы будет проводить при помощи программы REISS. С помощью данной программы определим частоты перерывов

электроснабжения и их длительности, коэффициенты неготовности потребителей к данному событию.

Значения λ и T в общем виде определяются по выражениям:

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

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

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

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

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

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_{on} – 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 потребителей k_H вычислим по формуле:

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

Для проведения расчетов понадобятся показатели надежности элементов СН АЭС, которые представлены в таблице 1. Результаты расчета надежности схемы СН АЭС приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Показатели надежности элементов СН АЭС

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 СН	0,005	40	0,250	7,5
Сборные шины	0,090	2	0,498	15
Резервный трансформатор СН	0,008	60	0,250	6
Кабельная линия	0,005	4,4	1,000	2
Выключатель	0,010	10	0,200	10
Разъединитель	0,010	1,8	0,166	1,8

Таблица 2 – Результаты расчета надежности схемы СН АЭС

Вид аварии	Суммарная частота события $\lambda_{\text{сум}}$, 1/год	Средняя продолжительность отключения T , ч	Коэффициент неготовности, о. е.
Отключение одной секции нормальной эксплуатации	0,1021	1,855	$0,2127 \cdot 10^{-4}$
Отключение двух секций нормальной эксплуатации	$0,5128 \cdot 10^{-3}$	0,5416	$0,3157 \cdot 10^{-7}$
Отключение трех секций нормальной эксплуатации	$0,1831 \cdot 10^{-3}$	0,6125	$0,1282 \cdot 10^{-7}$

Как видно из результатов расчетов надежности, даже отключение одной секции нормальной эксплуатации возможно 1 раз в течении 10 лет, что говорит о высокой надежности схемы СН АЭС. При этом вероятность погашения двух и более секций крайне мала.

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.