

УДК 621.321

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ПРОСТЕЙШИХ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПОДСТАНЦИЙ

Радкевич А. А., Малашкевич А. Д.

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

Выбор схем электрических соединений подстанций и сетей, как правило, производится на основании рекомендаций, приведенных в нормативных документах без количественной оценки их **надежности**. Кроме того, при выборе схемных решений по сетевым районам и подстанциям не учитывается появление новых видов высоконадежного электрооборудования, а соответственно возможное рациональное упрощение схем. Такое положение приводит к тому, что в ряде случаев принимаются неоптимальные, с точки зрения экономичности и надежности, решения. Поэтому актуальной остается задача разработки и совершенствования методик оценки **надежности** схем электрических соединений подстанций и количественных показателей надежности при сравнении различных вариантов схем.

Актуальность создания и совершенствования методик расчета **надежности** вызвана возникающей при выборе схем распределительных устройств неопределенностью. Нередко на основании действующих нормативных документов невозможно принять решение об окончательном выборе между несколькими рассматриваемыми вариантами.

Задача оценки показателей **надежности** сводится к расчету конкретных значений вероятностей безотказной работы схемы по информации об усредненных значениях параметра потока отказов для единицы оборудования и среднем времени его восстановления в течение определенного периода. Далее, по вероятности безотказной работы (вероятности отказа) того или иного элемента сети (трансформатора, генератора, линии, присоединения) определяются аналогичные показатели для схемы в целом.

Для расчёта надёжности в этой работе используется программа «ТОPAS». Пакет прикладных программ «ТОPAS» позволяет проводить анализ надежности главных схем электрических соединений, включающих в себя распределительные устройства любого класса напряжения, генераторные присоединения, высоковольтные линии электропередачи, присоединения резервных трансформаторов собственных нужд и трансформаторы связи между ними.

В структуре пакета можно выделить следующие основные части:

- А) программу-редактор подготовки данных;
- Б) расчетную программу;
- В) базу данных показателей надежности энергетического оборудования;
- Г) утилиты обслуживания базы данных.

Пакет данных программ предназначен для вычисления частот и длительностей возможных аварийных режимов схемы, сопровождающихся отключением от сети генераторов, воздушных линий, трансформаторов связи, определения снижения генерируемой в систему мощности и соответствующего недоотпуска электрической энергии с учетом имеющегося в системе резерва.

Эффективный способ описания схем электрических соединений ЭС достигается при использовании коммутационного графа, ветвями которого являются коммутационные аппараты (КА) различных типов, а узлами - остальные связываемые ими элементы схемы.

Для расчёта надёжности станции используются такие показатели как:

- частоты отказов(1/год);
- длительности послеаварийного восстановления(ч);
- частоты плановых ремонтов(1/год);
- длительности плановых ремонтов(ч);

- вероятности отказа в срабатывании основных комплектов релейных защит при возникновении к.з.;
- вероятности отказа в срабатывании при отключении к.з. (только для выключателей).

Вычисление логических показателей надёжности главной схемы осуществляется на основе определения количества комбинаций событий (конъюнкций) $C(k)$, приводящих к отказу её функционирования k -го вида:

$$C(k) = \sum_i \sum_j \sum_s L(k), \tag{1}$$

где $L(k)$ - логическая функция, принимающая значение 0 или 1.

Вычисление частот отказов функционирования k -го вида $\lambda(k)$ и длительностей аварийного восстановления $T(k)$ в общем случае осуществляется по выражениям:

$$\lambda(k) = \sum_j \sum_i q(j) \lambda(i) Q(s/i) L(k); \tag{2}$$

$$T(k) = \frac{1}{\lambda(k)} \sum_j \sum_i q(j) \lambda(i) \min \left\{ \frac{t(j)}{2}; t(i); t_{o.п.} \right\} Q(s/i) L(k), \tag{3}$$

где $q(j)$ - относительная длительность j -го ремонтного режима (о.е.); $\lambda(i)$ - частота повреждения i -го элемента схемы (1/год); $t(i)$ - длительность послеаварийного восстановления i -го элемента схемы (ч); $t(j)$ - длительность j -го ремонтного режима работы схемы; $t_{o.п.}$ - время оперативных переключений (ч); $Q(s/i)$ - вероятность отказа в срабатывании s -го устройства РЗ или КА.

В данной работе произведем расчет трех схем электрических соединений напряжением 110 кВ, предварительно пронумеровав все элементы (рис.1). Длину линий принимаем 40 км. Показатели надежности элементов схемы напряжением 110 кВ представлены в табл.1.

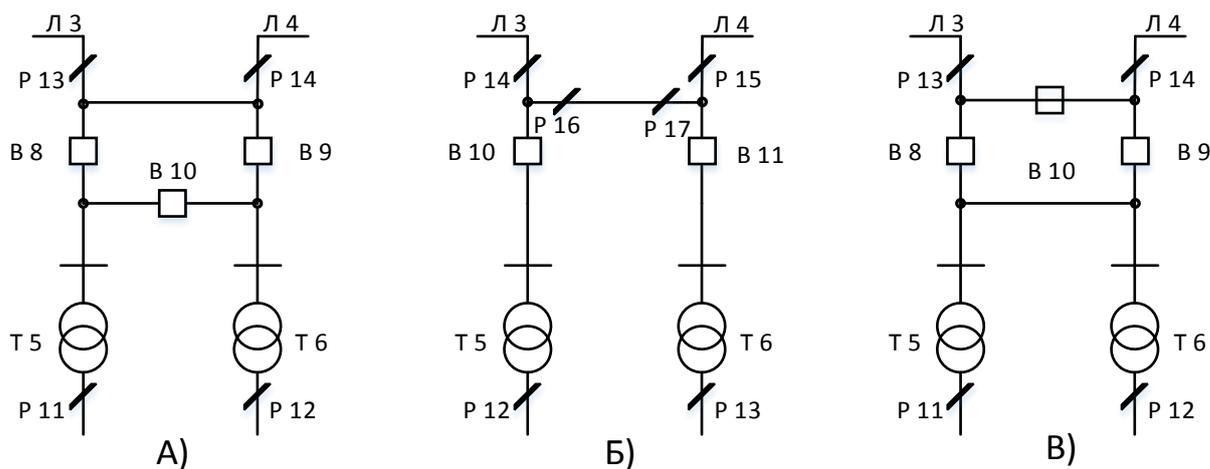


Рисунок 1. Схемы электрических соединений напряжением 110 кВ

Таблица 1 – Показатели надежности элементов

Номер элемента схемы	Элементы схемы	Частота отказа, 1/год	Время восстановления, ч	Частота планового ремонта, 1/год	Длительность планового ремонта, ч
Схема А					
3-4	Линии	0,200	280	20	560
5-6	Трансформаторы	0,08500	104	1	30
7	Шина	0.005	7,0	0,500	14
8-10	Выключатели	0,02600	32,0	0,200	105,4
Схема Б					
3-4	Линии	0,200	280	20	560
5-6	Трансформаторы	0,08500	104	1	30
7-8	Шины	0,14400	9,0	1,494	36
9	Шина	0,096	6,0	0,996	24,0

10-11	Выключатели	0,02600	32,0	0,200	105,4
Схема В					
3-4	Линии	0,200	280	20	560
5-6	Трансформаторы	0,08500	104	1	30
7	Шина	0.005	7,0	0,500	14
8-10	Выключатели	0,02600	32,0	0,200	105,4

Схема а) мостик с выключателем в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий. Такая схема применяется в радиальных линиях и линиях с двухсторонним питанием с заходом их на подстанции. Здесь на четыре присоединения (две линии и два трансформатора) устанавливается три выключателя.

Схема б) два блока с неавтоматической перемычкой со стороны линий. Данная схема может применяться для двухтрансформаторной подстанции, питающейся от двух параллельных линий. Содержат два последовательно включенных разъединителя Р1 и Р2. Такое включение разъединителей позволяет осуществлять их поочередный ремонт одновременно с соответствующим блоком линия – трансформатор.

Схема в) мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов. Данная схема применяется при необходимости транзита большой мощности по линиям.

При расчете данных схем получим следующие результаты:

Таблица 2 - Результаты анализа надежности:

Код аварии	Суммарная частота, 1/год	Среднее время восстановления, ч	Коэффициент неготовности
Схема а)			
1Т 1Л	0,395	5,85	0,0000264
2Т 2Л	0,0892	3,93	0,00004
Схема б)			
1Т 1Л	0,290	11,37	0,000376
2Т 2Л	0,725	0,54	0,00004469
Схема в)			
1Т 1Л	0,390	0,57	0,00002538
2Т 2Л	0,000425	51,81	0,00000251

2Т 2Л отключение двух трансформаторов и двух линий;

1Т 1Л отключение одного трансформатора и одной линии;

По результатам расчётов можно сделать вывод: наиболее надёжной считается схема мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов. Для данной схемы вероятность возникновения отказов и время простоя оборудования наименьшее. Наихудшей считается схема: два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий. Данная схема в 17.8 раз менее надёжна схемы мостика с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов. Схема мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов в 10.5 раз более надёжнее схемы мостика с выключателем в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий. При проектировании подстанций с такими схемами необходимо предусмотреть установку

надёжных коммутационных аппаратов (элегазовых выключателей), позволяющие снизить вероятность их возможных отказов, а также время простоя оборудования.

Литература

1. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – 3-е изд. – М., Энергоатомиздат, 1987 г.
2. Электротехнический справочник: в 4 т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии/ Под общ. Ред. Профессоров МГЭИ. – 9-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2004г.