

Упрощенная оценка узловой надежности систем промышленного электроснабжения

Яшков В. А., канд. техн. наук

Атырауский институт нефти и газа (Казахстан)

Приведена упрощенная методика оценки узловой надежности систем промышленного электроснабжения, где в качестве основного фактора, определяющего ущерб, принята длительность перерыва в электроснабжении узла схемы. Рассмотрено четыре состояния резервного элемента: параллельная работа с основным элементом, профилактическое обслуживание, отключение, аварийный ремонт.

Ключевые слова: продолжительность перерыва в электроснабжении, параметр потока отказов, время восстановления, резервный элемент, основной элемент.

Техническая оценка надежности систем промышленного электроснабжения (СПЭС) включает в себя определение уровня надежности (в основном с помощью двух показателей — параметра потока отказов ω и длительности восстановления t_B) и величины ущерба $U(\tau_3)$ на один отказ продолжительностью τ_3 .

В настоящее время существует много методов оценки надежности СПЭС (аналитические, логико-вероятностные, основанные на методе статического моделирования, топологические и др.). Однако их использование затруднено, поскольку для реализации требуются большой объем исходной информации и трудоемкие вычисления. Поэтому актуальна разработка достаточно простого и легко реализуемого эффективного метода, не требующего учета множества факторов.

Как показывают исследования и опыт эксплуатации СПЭС, на надежность их функционирования большее влияние оказывают узлы присоединений (сборные шины, места подключений ответвлений к магистральной линии, трехобмоточные трансформаторы), отказы которых (особенно главных шин подстанций) могут привести к значительным ущербам. Представляет интерес упрощенный расчет узловой надежности СПЭС для прогнозирования ущерба и оценки τ_3 с учетом надежности и состояния присоединений, структуры конкретной схемы, времени технического использования ее элементов $T_{и}$, длительности t_B и параметра потока отказов ω . В качестве основного фактора, определяющего узловой ущерб, принята узловая длительность перерыва τ_3 , что обусловлено следующим [1, 2]:

существенной зависимостью ущерба от глубины и длительности τ_3 , а также от структуры СПЭС;

различием размеров ущерба для конкретных потребителей;

неопределенностью в трактовке понятия “ущерб”;

отсутствием данных для установления законов распределения вероятностей будущих ущербов.

Кроме того, длительность перерыва характеризует функционирование электрической и технологической подсистем, когда используется только постоянная часть издержек производства.

В качестве исходных данных для расчета τ_3 приняты следующие показатели:

1) длительность нахождения элемента в состоянии технического использования в течение года

$$T_{и} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (1)$$

где $t_1 - t_4$ — продолжительность безотказного состояния элемента, нахождения его в резерве, на профилактическом обслуживании и в аварийном ремонте;

2) параметры потока отказов элементов, которые должны быть скорректированы с учетом времени t_1 :

$$\omega_{при} = \frac{t_1}{T_{и}} \omega_i, \quad (2)$$

где $\omega_{при}$ — приведенный параметр потока отказов на единицу элемента данного вида в год; ω_i — параметр потока отказов, определенный по статистическим данным;

3) продолжительность восстановления t_B (определяется структурой схемы).

В зависимости от структуры схемы имеются два варианта определения τ_3 :

при отсутствии резервного элемента

$$\tau_{\text{э}} = t_3 + t_4; \quad (3)$$

при наличии резерва возможны следующие состояния элемента:

1. Структурное резервирование. При срабатывании устройства автоматического включения резерва (параллельная работа основного и аварийного элементов) время восстановления $t_{\text{в1}} \approx 0,5 \div 1$ с, а при ручном переключении $t_{\text{в1}} \approx 3 \div 10$ мин.

Среднегодовая длительность перерыва

$$\tau_{\text{э}i} = \frac{T_{\text{и}} - t_{3\text{р}} - t_{4\text{р}} - t_{2\text{р}}}{T_{\text{и}}} \omega_{\text{пр}} t_{\text{в1}}, \quad (4)$$

где $t_{3\text{р}}$, $t_{4\text{р}}$, $t_{2\text{р}}$ — то же, что и t_3 , t_4 , t_2 , но применительно к резервному элементу.

2. Резервный элемент находится на профилактическом обслуживании. При отказе основного элемента резервный элемент вводится в работу. Продолжительность восстановления $t_{\text{в2}}$ составляет от 10 мин до 2–3 ч.

Среднегодовая длительность перерыва

$$\tau_{\text{э}2} = \omega_{\text{пр}} \frac{t_{3\text{р}}}{T_{\text{и}}} t_{\text{в2}}. \quad (5)$$

3. Резервный элемент отключен. Время восстановления $t_{\text{в3}}$ близко по значению к $t_{\text{в1}}$ (при ручном переключении): $t_{\text{в3}} \approx t_{\text{в1}} \approx 3 \div 10$ мин.

4. Резервный элемент находится в аварийном ремонте. Это крайне редкое событие при эксплуатации СПЭС можно не учиты-

вать. Тогда суммарная длительность перерыва в электроснабжении

$$\tau_{\text{э}} = \tau_{\text{э}1} + \tau_{\text{э}2} + \tau_{\text{э}3}. \quad (6)$$

Принимая $t_{\text{в1}} \approx t_{\text{в2}}$ (что соответствует практике), получаем:

$$\tau_{\text{э}} = \omega_{\text{пр}} \frac{T_{\text{и}} - t_{3\text{р}}}{T_{\text{и}}} t_{\text{в1}} + \frac{t_{3\text{р}}}{T_{\text{и}}} t_{\text{в2}}. \quad (7)$$

При $t_{\text{в1}} \approx 0$ (параллельная работа основного и резервного элементов) и $t_{\text{в1}} = t_{\text{в3}}$ имеем:

$$\tau_{\text{э}} = \omega_{\text{пр}} \frac{t_{3\text{р}}}{T_{\text{и}}} t_{\text{в2}}. \quad (8)$$

Если $T_{\text{и}} \gg t_{3\text{р}}$ и $t_{\text{в2}} \approx t_{\text{в1}}$, то

$$\tau_{\text{э}} = \omega_{\text{пр}} t_{\text{в1}}.$$

Продолжительность перерыва в электроснабжении для схемы, имеющей M элементов, составляет

$$\tau_{\text{э}} = \sum_{i=1}^M \tau_{\text{э}i}. \quad (9)$$

Список литературы

1. Турганов Д. Н. Оценка узловой надежности системы электроснабжения нефтегазовых комплексов. — Нефть и газ, 2002, № 2.
2. Яшков В. А., Трофимов Г. Г., Турганов Д. Н. Надежность функционирования систем электроснабжения. — Алматы: Гылым, 2001.

aie-2012@mail.ru