

В электрике под живучестью объекта понимается свойство противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением питания потребителей [1].

Показателем живучести может служить частота появления системных цепочных аварий с различной глубиной нарушения электроснабжения.

О каждой из перечисленных аварий можно сказать, что данная энергосистема потеряла живучесть. Под живучестью будем понимать свойства объекта противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением питания потребителей [4].

$$H = \frac{1}{2^m} \cdot \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot \prod_{i=1}^m \Theta_i^2 \cdot \lambda_{s,i}^2, \quad (1)$$

где λ_j - параметр потока КЗ в j -том элементе сети;
 $\lambda_{s,i}$ - параметр потока отказов в срабатывании i -того защитного коммутационного аппарата. Здесь индекс s указывает на то, что учитывается поток отказов в срабатывании j -того защитного коммутационного аппарата;
 Θ_i - интервал времени между профилактическими осмотрами системы отключения i -того защитного коммутационного аппарата вместе с его релейной защитой;
 m - число защитных коммутационных аппаратов, через которые прошел сквозной аварийный ток, при этом действие их основной или резервной релейной защиты обязательно.

Формула (1) справедлива при выполнении условия: интервалы времени между появлениями КЗ в элементе сети и интервалы времени между отказами в срабатывании защитных коммутационных аппаратов не противоречат экспоненциальным функциям распределения вероятностей с параметрами соответственно λ_j и $\lambda_{s,i}$; $\Theta_i \cdot \lambda_{s,i} < 0,1$.

Пример. Для схемы, представленной на рисунке 1 определить вероятность аварийного отключения секций шин I и II в течение года при КЗ в одном из элементов сети, получающих электроэнергию от секции шин I.

$$\lambda_j = \sum_{k=5}^{11} \lambda_k, \quad \lambda_k$$

Дано: $\lambda_j = 3$ 1/год, где - параметр потока КЗ в элементах сети, получающих электроэнергию от секции I;
 $\lambda_{s,0} = \lambda_{s,1} = \lambda_{s,2} = \lambda_{s,3} = \lambda_{s,4} = \lambda_{s,12} = \lambda_{s,13} = \lambda_{s,14} = 0,098$ 1/год - параметр потока отказов в срабатывании защитного коммутационного

аппарата; $\lambda_{s,0}$ - параметр потока отказов в срабатывании защитного коммутационного аппарата; $\Theta = 1$ год — интервал времени между профилактическими осмотрами системы отключения защитного коммутационного аппарата вместе с устройством релейной защиты.

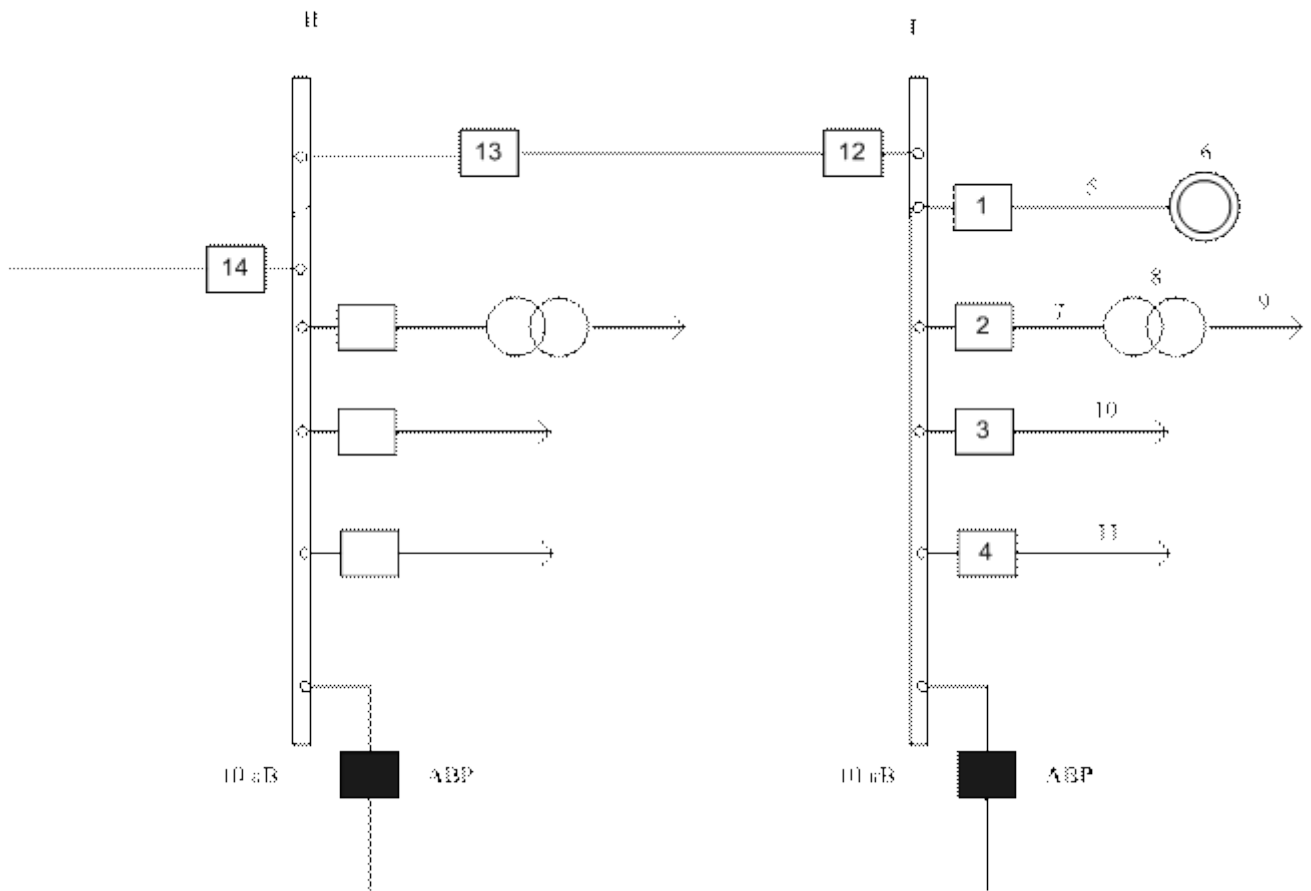


Рисунок 1 - Схема электроснабжения секций шин I и II

Решение. При КЗ в одном из k , $k = 5, 11$ элементов (рис. 1) в действие приходят релейные защиты коммутационных аппаратов 14, 13, 12 и одного из коммутационных аппаратов отходящих от секции шин I линий (1 или 2, или 3, или 4).

Отключение секций I и II коммутационным аппаратом 14 произойдет при случайном появлении КЗ в одном из k элементов сети; при этом откажет в срабатывании ближайший к месту КЗ коммутационный аппарат, через который прошел сквозной аварийный ток, а также откажут в срабатывании аппараты 12 и 13.

Используя формулу (2) при $m = 3$, находим:

$$H = \frac{1}{2^m} \sum_{k=5}^{11} \lambda_k \cdot \Theta^6 \cdot \prod_{i=1}^3 \lambda_{s,i}^2 = \frac{1}{2^3} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,098^6 = 3,32 \cdot 10^{-7} \text{ 1/год.}$$

Вероятность аварийного отключения в течение 1 года секций шин I и II при КЗ в одном из k элементов сети, получающих электроэнергию от секции I, находим, пользуясь формулой (3). Поскольку $H \cdot t \ll 0,1$, то получим:

$$Q(t) \cong H \cdot t = H \cdot 1 = 3,32 \cdot 10^{-7}.$$

Вывод. Результат расчета показал, что если под наблюдением в течение 1 года будет находиться $N = 3 \cdot 10^6$ систем электроснабжения, аналогичных изображенной на рис. 1, суммарный параметр потока КЗ в электрооборудовании и линиях, получающих электроэнергию от секции I, будет равен 3 1/год, а параметр потока отказов в срабатывании защитных коммутационных аппаратов будет 0,098 1/год, то в течение года статистически произойдет такое КЗ, в результате которого аварийно отключатся секции шин I и П.

ЛИТЕРАТУРА

1. Надежность систем энергетики. Терминология – М.: Наука, 1980, Вып.-32 с.
2. Ковалев А.П., Якимишина В.В. О живучести объектов энергетики. Промышленная энергетика. 2006 №1.-20-26 с.