

О РАСЧЕТЕ НАДЕЖНОСТИ СТРУКТУРНО-СЛОЖНЫХ СХЕМ, ЭЛЕМЕНТЫ КОТОРЫХ МОГУТ НАХОДИТЬСЯ В ТРЕХ СОСТОЯНИЯХ

*Ковалев А.П., д.т.н.,
Спиваковский А.В., асп.*

Под структурно-сложной схемой будем понимать такие схемы, которые невозможно привести к одному эквивалентному элементу с помощью элементарных преобразований, т.е. используя только формулы для последовательного и параллельного соединения элементов.

Под простой по структуре схемой будем понимать такую схему, которая приводится к одному эквивалентному элементу с помощью элементарных преобразований.

Предположим, что все элементы, входящие в структурно-сложную схему, могут отказывать независимо друг от друга. Элементы из которых состоит рассматриваемая система, могут находиться в трех состояниях: работоспособном, неработоспособном – отказ типа “обрыв цепи”; неработоспособном – отказ типа “короткое замыкание”; отказ элемента типа “обрыв цепи” и “короткое замыкание” события несовместные; потоки отказов элемента типа “обрыв цепи” и “короткое замыкание” простейшие, пропускная способность элемента неограниченна.

Для определения надежности сложных по структуре схем будем использовать теорему о сумме вероятностей несовместных событий [1]. Сначала предполагаем, что все элементы, входящие в исследуемую схему подвержены отказам только типа “обрыв цепи”.

Разработанная на кафедре ЭПГ программа для персональных ЭВМ позволяет оценить надежность практически любой сложной схемы.

В сложной структуре выбирается по определенному правилу базовый элемент и делаются следующие допущения:

1. Элемент находится в работоспособном состоянии (сигнал через него проходит).
2. Элемент находится в отказавшем состоянии (сигнал через него не проходит).

Для этих случаев, представляющих собой два несовместимых события, исходная структурная схема преобразовывается в две новые схемы. В первой из них вместо выбранного базового элемента к точкам его подсоединения становится абсолютно надежная линия, а во второй – вместо базового элемента ставится абсолютно ненадежный элемент (разорванная линия). Если после такого преобразования полученные схемы будут представлять собой простые

структуры, тогда вероятность безотказной работы каждой из полученных схем вычисляются и умножаются: первая – на вероятность безотказной работы выбранного базового элемента p_{oi} , вторая на вероятность отказа этого же элемента q_{oi} . Полученные произведения складываются. Сумма полученных произведений и определяет вероятность безотказной работы сложной структуры, для случая, когда учитываются только отказы типа “обрыв цепи”

$$R_0 = p_{oi} \cdot R_{01} + (1 - p_{oi}) \cdot R_{02}, \quad (1)$$

где R_0 - вероятность безотказной работы исходной схемы при учете только отказов элементов типа “обрыв цепи”; p_{oi} – вероятность безотказной работы базового элемента; R_{01}, R_{02} – вероятность безотказной работы полученных двух простых схем.

В том случае, если после разложения полученные две схемы нельзя привести к одному эквивалентному элементу с помощью элементарных преобразований, тогда процедура разложения полученных схем продолжается. Этот процесс продолжается до тех пор пока все полученные после разложения схемы будут простыми.

После этого процесс разложения сложной исходной структуры прекращается и определяются вероятности безотказной работы полученных схем, которые затем умножаются на вероятности соответствующих им состояний базовых элементов.

Сумма полученных произведений и определит исходную функцию вероятности безотказной работы схемы

$$R_0 = f(p_{01}, p_{02}, \dots, p_{0j}) \quad j = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где n - число элементов в системе.

Используя допущения о том, что отказы элемента типа “обрыв цепи” и “короткое замыкание” события несовместные, вероятность отказов Q_S схемы для случая, когда элементы подвержены только отказом типа “короткое замыкание” найдем используя формулу (2). Для этого в формуле (2) заменяем R_0 на Q_S , а p_{0j} на q_{sj} , тогда получим

$$Q_S = F(q_{s1}, q_{s2}, \dots, q_{sj}) \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где Q_S – вероятность отказов исходной системы для случая, когда элементы, входящие в структуры подвержены только отказом типа “короткое замыкание”; q_{sj} – вероятность отказов j -того элемента (отказ типа “короткое замыкание”).

Вероятность безотказной работы схемы найдем следующим образом

$$R = 1 - Q_0 - Q_s, \quad (4)$$

где $Q_0 = 1 - R_0$ – вероятность отказов сложной по структуре схемы (отказ элементов схемы типа “обрыв цепи”).

Список литературы

Б.В.Гнеденко, Ю.К.Беляев, А.Д.Соловьев “Математические методы в теории надежности. Наука, 1965.