Решение относительно W_d дает расчетную формулу для определения возможных максимальных значений контролируемого параметра с вероятностью P.

$$W_d^{min} = \overline{W} + \sigma\sqrt{2\ln[\overline{\mu}T/\ln(1/P)]}.$$

Учитывая, что нормальное распределение симметрично относительно математического ожидания, для минимального предела контролируемого параметра запишем

$$W_d^{min} = \overline{W} - \sigma\sqrt{2\ln[\overline{\mu}T/\ln(1/P)]}.$$

Разработанный автором метод позволяет рассчитать надежность технологического процесса по одному или нескольким контролируемым параметрам, а также определить с заданной вероятностью допустимые максимальные и минимальные значения параметра. Расчеты могут выполняться для любого заданного срока T. При этом входящие в расчетные уравнения показатели определяются на основании статистических рядов наблюдений за параметрами диагностируемых технологических процессов.

РАСЧЕТ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

В.В. Митянок

Филиал УО «Белорусский государственный экономический университет» в г. Пинске

Пусть дана некоторая квадратно-гнездовая решетка, состоящая из $n_i + 2$ строк, нумеруемых от 0 до $n_i + 1$ и $n_j + 2$ столбцов, нумеруемых от 0 до $n_j + 1$. Узлы решетки будем именовать парой (i, j), обозначающей номер строки и столбца. Пусть соседние узлы соединены друг с другом резисторами. Проводимость резистора, соединяющего узлы (i, j) и $(i + 1, j)$, обозначим RD_{ij}, а резистора, соединяющего узлы (i, j) и $(i, j + 1)$, обозначим RR_{ij}. Далее, пусть на узлы, находящиеся на периферии решетки, поданы известные потенциалы и пусть требуется определить потенциалы узлов решетки φ_{ij}.

Для расчета цепи учтем, что в каждом из узлов должен выполняться баланс токов: токи, втекающие в узел, в сумме должны равняться токам, вытекающим из узла. Для узла (i, j) имеем

$$(\varphi_{i-1,j} - \varphi_{i,j})RD_{i-1,j} + (\varphi_{i,j-1} - \varphi_{i,j})RR_{i,j-1} = (\varphi_{i,j} - \varphi_{i+1,j})RD_{i,j} + (\varphi_{i,j} - \varphi_{i,j+1})RR_{i,j}, \quad (1)$$

где $1 \le i \le n_i$, $1 \le j \le n_j$; всего $n_i \times n_j$ линейных алгебраических уравнений, столько же, сколько узлов, потенциалы которых подлежат определению.

Для решения выражения (1) все неизвестные φ_{ij} оформим общим списком X_μ по правилу

$$X_{(i-1)n_j+j} = \varphi_{ij}, \quad 1 \le i \le n_i, 1 \le j \le n_j. \quad (2)$$

В таком случае система (1) может быть записана в матричном виде.

$$\sum_{\nu=1}^{n_i \cdot n_j} A_{\mu\nu} X_\nu = B_\nu;\ \mu, \nu = 1, \dots, n_i \times n_j, \tag{3}$$

где квадратная матрица $A_{\mu\nu}$ записывается в блочном виде:

$$A_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} T_{11} & L_{1k} & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots \\ L_{1k} & T_{22} & L_{2k} & 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & L_{2k} & T_{33} & L_{3k} & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & T_{44} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & L_{n_i-1,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & L_{n_i-1,k} & T_{n_i n_i} \end{pmatrix} \tag{4}$$

всего $n_i \times n_i$ блоков. Отличны от нуля лишь блоки, находящиеся на главной диагонали $A_{\mu\nu}$, а также непосредственно над ней и под ней. Каждый из блоков – симметричная матрица размером $n_j \times n_j$ элементов. Матрицы L_{ik} – диагональные, их элементы суть

$$L_{ik} = \mathrm{diag}(RD_{i1}, RD_{i2}, RD_{i3}, \dots, RD_{in_j}).$$

Матрицы T_{ii} – симметричные, они имеют вид:

$$\begin{pmatrix} -W_{i,1} & RR_{i,1} & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ RR_{i,1} & -W_{i,2} & RR_{i,2} & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & RR_{i,2} & -W_{i,3} & RR_{i,3} & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & RR_{i,3} & -W_{i,4} & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & RR_{i,n_{j-1}} \\ 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & RR_{i,n_{j-1}} & -W_{i,n_j} \end{pmatrix}, \tag{5}$$

где
$$W_{i,j} = RD_{i-1,j} + RR_{i,j-1} + RD_{i,j} + RR_{i,j}. \tag{6}$$

Столбец свободных членов B_ν, входящий в уравнение (3), также может быть представлен в блочном виде из n_i блок-столбцов:

$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_{n_i} \end{pmatrix} \tag{7}$$

Все блоки b_i имеют длину, равную n_j. Первый блок b_1 имеет вид

$$b_1 = \begin{pmatrix} -\mathrm{T}_1 \cdot \mathrm{RD}_{0,1} - \mathrm{P}_1 \cdot \mathrm{RR}_{1,0} \\ -\mathrm{T}_2 \cdot \mathrm{RD}_{0,2} \\ -\mathrm{T}_3 \cdot \mathrm{RD}_{0,3} \\ \ldots \\ -\mathrm{T}_{n_j-1} \cdot \mathrm{RD}_{0,n_j-1} \\ -\mathrm{S}_1 \cdot \mathrm{RR}_{1,n_j} - \mathrm{T}_{nj} \cdot \mathrm{RD}_{0,n_j} \end{pmatrix} \tag{8}$$

последний блок b_{n_i} – вид

$$b_{n_i} = \begin{pmatrix} -\mathrm{Q}_1 \cdot \mathrm{RD}_{n_i,1} - \mathrm{P}_{n_i} \cdot \mathrm{RR}_{n_i,0} \\ -\mathrm{Q}_2 \cdot \mathrm{RD}_{n_i,2} \\ -\mathrm{Q}_2 \cdot \mathrm{RD}_{n_i,3} \\ \ldots \\ -\mathrm{Q}_{n_j-1} \cdot \mathrm{RD}_{n_i,n_{j-1}} \\ -\mathrm{Q}_{n_j} \cdot \mathrm{RD}_{n_i,n_j} - \mathrm{S}_{n_i} \cdot \mathrm{RR}_{n_i,n_j} \end{pmatrix} \tag{9}$$

а все остальные – вид

$$b_i = \begin{pmatrix} -\mathrm{P}_i \cdot \mathrm{RR}_{i,0} \\ 0 \\ 0 \\ \ldots \\ 0 \\ -\mathrm{S}_i \cdot \mathrm{RR}_{i,n_j} \end{pmatrix} \tag{10}$$

Задача свелась к решению системы $n_i \times n_j$ линейных алгебраических уравнений (3). Одним из методов решения таких систем уравнений является матричный метод. Если найти матрицу A^{-1}, обратную A (из физических соображений очевидно, что A^{-1} существует, если только связь каждого из узлов с периферией решетки не оборвана), то тогда решение есть

$$\mathrm{X}_\mu = \sum_{\nu=1}^{n_i \cdot n_j} \mathrm{A}_{\mu\nu}^{-1} \mathrm{B}_\nu; \quad \mu = 1, \ldots, n_i \times n_j. \tag{11}$$

Таким образом, решение поставленной задачи дается выражением (11) с учетом (2). Но, даже не решая систему уравнений (1), из вида (11) можно утверждать, что потенциал каждого узла внутри решетки есть линейная комбинация потенциалов на ее периферии (с коэффициентами, зависящими от значений проводимости резисторов).