

Задача анализа поля ставится следующим образом. На трехмерном проводящем теле, расположенном над бесконечно проводящей плоскостью, задан потенциал. Чтобы рассчитать распределение потенциала в верхнем полупространстве требуется предварительно найти распределение заряда по поверхности тела.

Для этого поверхность тела разделяется на прямоугольные элементы. Затем предполагается, что действие прямоугольного элемента равно действию шара, несущего тот же заряд, что и прямоугольный элемент. Этот шар и является эквивалентным электродом. Радиус шара определяется из условия равенства площадей поверхности шара и прямоугольного элемента по формуле

$$R = \sqrt{\frac{ab}{4\pi}}, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус эквивалентного электрода, м;  $a$  – длина стороны прямоугольного элемента, м;  $b$  – ширина прямоугольного элемента, м.

Заряды шаров размещаются в их центрах, пренебрегая отражениями заряда эквивалентного электрода в соседних шарах. Точки наблюдения помещаются в центрах шаров. Для определения зарядов эквивалентных электродов используется система линейных алгебраических уравнений на основе первой группы формул Максвелла, при известных потенциалах в точках наблюдения. Потенциальные коэффициенты двух шаров приведены в монографии Г. Н. Александрова и В. Л. Иванова и имеют вид:

собственный потенциальный коэффициент –

$$\alpha_{ii} = \frac{1}{4\pi\epsilon_a} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{2H} \right), \quad (2)$$

взаимный потенциальный коэффициент –

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{4\pi\epsilon_a} \left( \frac{1}{D} - \frac{1}{X} \right), \quad (3)$$

где  $\epsilon_a$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м;  $H$  – расстояние от центра шара до проводящей плоскости, м;  $D$  – расстояние между шаром номер  $i$  и шаром номер  $j$ , м;  $X$  – расстояние между зеркальным отражением шара номер  $i$  и шаром номер  $j$ , м.

Применение собственного потенциального коэффициента в форме (2) для расчета поля в центре шара допустимо, так как можно показать, что потенциал в центре равномерно заряженной сферы и потенциал на поверхности незаряженной сферы того же радиуса, созданный размещенным в центре сферы точечным зарядом, равны, если точечный заряд численно равен полному заряду первой сферы.

Для проверки предложенного метода был выполнен расчет распределения заряда по прямоугольной пластине, расположенной над бесконечной проводящей плоскостью. Расчет показал, что вычисленное распределение зарядов эквивалентных электродов создает в точках наблюдения на пластине потенциал, отличающийся от заданного с малой погрешностью 0,2 %. Это позволяет сделать вывод о возможности применения метода эквивалентных электродов для расчета трехмерных электростатических полей.

УДК 656.25.002.1

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

*И. КОРАГО, В. ЛЮБИНСКИЙ*

*Институт железнодорожного транспорта Рижского технического университета, Латвия*

**Введение.** У любой системы в процессе эксплуатации под воздействием случайных факторов происходит разрегулировка составляющих и различных по своим характеристикам модулей. В результате у системы снижаются производительность и качество выполнения своих функций.

Для повышения надёжности функционирования технических устройств автоматики и связи на Латвийской железной дороге широко применяется комбинация профилактической и восстановительной стратегий их обслуживания.

Для эффективного использования рабочего персонала и хорошей организации труда, а также для достижения запланированных показателей необходимо точно планировать период проведения регламентных работ и, как можно быстрее, устранять внезапные отказы.

**1 Функционирование многоэлементной системы, применяя плановую профилактику.** Предполагается, что в системе возможно проведение плановых профилактик, полностью обновляющих систему, и внеплановых аварийных ремонтов элементов (замена отказавшего элемента на новый), причём индикация появившегося отказа происходит мгновенно.

Порядок проведения восстановительных работ:

1 В начальный момент назначается проведение профилактики по достижении определённой, заданной заранее, наработки.

2 Если до момента проведения плановой профилактики происходит отказ системы, то проводится аварийный ремонт отказавшего элемента системы. Во время проведения аварийного ремонта система выключается, а значит, характеристики надёжности элементов не ухудшаются и наработка системы не увеличивается.

3 При достижении наработкой заданной величины проводится плановая профилактика независимо от прочих факторов, включая число аварийных ремонтов за данный период. После проведения плановой профилактики система полностью обновляется.

4 По окончании профилактики вновь назначается величина наработки систем на следующем периоде, по достижении которой проводится очередная плановая профилактика, и весь процесс обслуживания повторяется.

**2 Показатели качества функционирования системы.** За основные показатели качества функционирования системы могут приниматься коэффициент готовности  $K_g$ , являющийся показателем надёжности, и отнесённые к единице времени работы средние суммарные издержки отнесённые к единице времени работы  $C_s$ , являющиеся экономическим показателем.

Выбрав соответствующим образом период проведения плановой профилактики, можно добиться максимально возможных значений выбранных показателей.

**3 Оптимальный период  $\tau$  проведения регламентных работ для максимизации  $K_g$ .** Корень уравнения (1)  $\tau_0$  – оптимальный период профилактики по критерию  $K_g$ .

$$\tau \sum_{i=1}^m t_i \cdot HP_i(\tau) - \sum_{i=1}^m t_i \cdot H_i(\tau) - TP = 0. \quad (1)$$

В формуле (1)  $m$  – количество блоков в используемой системе;  $t_i$  – средняя длительность аварийного ремонта  $i$ -го элемента при его отказе;  $H_i(\tau)$  – функция восстановления  $i$ -го элемента;  $HP_i(\tau)$  – производная от  $H_i(\tau)$ ;  $TP$  – средняя длительность плановой профилактики.

Функцию восстановления  $i$ -го элемента  $H_i(\tau)$  можно найти из её преобразования Лапласа, как показано в выражении (2), применяя математическую программу MathCAD:

$$\text{laplace}[H_i(x)] = \frac{\text{laplace}[f_i(x)]}{1 - \text{laplace}[f_i(x)]}. \quad (2)$$

В формуле (2)  $\text{laplace}[F_i(x)]$  – преобразование Лапласа функции времени безотказной работы  $f_i(t)$   $i$ -го элемента.

Для нахождения  $K_g$  при известном  $\tau_0$  применяется выражение

$$K_g = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^m t_i \cdot HP_i(\tau_0)}. \quad (3)$$

4 Оптимальный период  $\tau$  проведения регламентных работ для минимизации  $C_s$ . Корень уравнения (4)  $\tau_0$  – оптимальный периодом профилактики по критерию  $C_s$ .

$$\tau \sum_{i=1}^m c_i t_i H P_i(\tau) - \sum_{i=1}^m c_i t_i H_i(\tau) - c p T P = 0 \quad (4)$$

В формуле (4)  $c_i$  – экономические потери за единицу времени при аварийных ремонтах  $i$ -го элемента;  $c p$  – экономические потери за единицу времени при проведении плановых профилактик.

Для нахождения  $C_s$  при известном  $\tau_0$  применяется выражение

$$C_s = \sum_{i=1}^m c_i t_i H P_i(\tau_0). \quad (5)$$

**Выводы.** Для нахождения оптимальных периодов профилактики по различным критериям удобно использовать вычислительный аппарат Given-Find математической программы MathCAD. MathCAD также пригоден и для нахождения преобразования Лапласа различных выражений. Оптимальные периоды профилактик позволяют оптимизировать различные критерии.

УДК 621.394.5

## МЕТОД РАСЧЕТА ОБОРУДОВАНИЯ СЕТЕЙ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Ю. А. КУШНЕРОВА

*Белорусский государственный университет транспорта*

Структура сети связи и методы ее расчета в значительной мере определяются техническими характеристиками применяемого станционного и линейного оборудования. Появление на сети общетеchnологической телефонной связи железнодорожного транспорта цифровых систем коммутации большой емкости с высокой пропускной способностью коммутационного поля и с мощной, легко наращиваемой производительностью системы управления, универсальных по назначению и интегральных по обслуживанию, с широкими возможностями выноса абонентского оборудования существенно изменили сложившиеся десятилетиями принципы построения сетей связи. Поэтому необходимы разработки новых концепций построения сети и новых методов расчета ее пропускной способности, особенно с учетом начавшейся интеграции и интеллектуализации сети, активного развития сетей подвижной и спутниковой связи, широкого распространения локальных сетей различного назначения.

При проектировании сетей телефонной связи определяют оптимальное число обслуживающих устройств – линий, каналов связи и коммутационных приборов автоматических телефонных станций (АТС), которое при заданном качестве обслуживания абонентов обеспечивает минимальные затраты на строительство и эксплуатацию сети. Как и любой другой поток случайных событий, поток телефонных вызовов характеризуется интенсивностью, представляющей собой среднее число занятий телефонного оборудования в единицу времени. Под величиной поступающей телефонной нагрузки понимают произведение

$$Y = N \bar{c} \bar{t}, \quad (1)$$

где  $N$  – число источников нагрузки;  $\bar{c}$  – среднее число вызовов, поступающих в час наибольшей нагрузки (ЧНН) на АТС от одного абонента;  $\bar{t}$  – средняя длительность одного занятия.