

Следует отметить, что предложения по применению метода эквивалентных электродов для расчета поля в неоднородных средах отсутствуют в доступных автору материалах разработчиков этого метода. Поэтому сочетание метода эквивалентных электродов и метода электростатических отражений выполнено автором как развитие и дополнение уже предложенного метода для нужд конструкторской практики.

Расчеты на ЭВМ модельной задачи о поле микрополосковой линии, состоящей из одной линии передачи, показали следующее.

Собственные потенциальные коэффициенты могут оказаться меньшими нуля при малом числе учтенных отражений. Необходимо иметь минимум семь отражений для получения корректной матрицы коэффициентов с диагональным преобладанием.

Граничные условия на линиях передачи удовлетворяются весьма точно при достаточном числе разбиений и небольшом числе отражений. Граничные же условия на плоскостях — экранах (потенциал экранов равен нулю) удовлетворяются с достаточной точностью при небольшом числе отражений, если заданный потенциал линии передачи невелик. Это объясняется тем, что чем больше заряд, на котором оборваны бесконечные ряды, тем дальше его нужно располагать от плоскости. Тогда нескомпенсированный потенциал оказывается малым. А чтобы расположить отраженный заряд достаточно далеко от плоскости, требуется выполнить большое число отражений.

По теореме единственности решения электростатических задач можно заключить, что полученное распределение заряда эквивалентных электродов линии передачи является искомым. Оно может использоваться для расчета емкости проводников линии передачи по известным соотношениям.

УДК 656.259.12

РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ МЕТОДОМ ФУРЬЕ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого

Разработка современных микропроцессорных систем автоблокировки и автоматической локомотивной сигнализации требует анализа передачи по рельсовым цепям (РЦ) аperiodических полезных сигналов и импульсных помех. Об этом свидетельствуют работы В. И. Лисенкова, А. Б. Косарева, А. М. Костроминова.

Для решения указанной задачи необходим удобный математический аппарат. Из монографии А. Анго следует, что таким аппаратом являются интегралы Дюамеля. Если известна переходная характеристика рельсовой цепи, то напряжение в ней может быть найдено путем численного интегрирования.

Переходная характеристика определяется путем расчета переходного процесса при подключении на питающем конце рельсовой цепи источника постоянного напряжения $E = 1$ В. Этот расчет сводится к решению «телеграфных уравнений» во временной области.

Постановка задачи такова. К питающему концу рельсовой цепи в момент времени $t = 0$ подключается источник ЭДС E нулевого сопротивления. На приемном конце рельсовой цепи имеется сопротивление R_n приемника микропроцессорной автоблокировки. Согласно работам А. Б. Косарева и Б. И. Косарева рельсовая цепь характеризуется ее погонной индуктивностью L и проводимостью утечки G . Тогда из известных «телеграфных уравнений» следует, что напряжение в рельсовой цепи подчиняется уравнению Фурье

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{GL} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}. \quad (1)$$

При этом

$$u(0, t) = E \quad u(l, t) = R_n i(l, t); \quad (2)$$

$$u(x, 0) = 0. \quad (3)$$

Граничным условиям (2) можно придать вид

$$u(0, t) = E \quad \frac{\partial u(l, t)}{\partial x} + R_n G u = 0. \quad (4)$$

Обозначим

$$\frac{1}{LG} = a^2; \quad R_n G = h. \quad (5)$$

Решение краевой задачи (1), (3), (4) выполняется методом Фурье (разделения переменных). Этот метод позволяет найти решение непосредственно, в отличие от операторного метода, который обычно применяют для решения задач о переходных процессах в цепях с распределенными параметрами. По аналогии с описанными в монографии Я. М. Котляра решениями уравнения Фурье для задач теплообмена напряжение в РЦ ищем в виде ряда Фурье

$$u(x, t) = U(x, t) + \sum_{k=1}^{\infty} C_k e^{-a^2 \mu_k^2 t} X_k(x). \quad (6)$$

Функция $U(x, t)$ определяется из краевых условий и имеет вид

$$U(x, t) = E - \frac{E}{l+h} x, \quad (7)$$

где l — длина линии, м; x — текущая координата, м.

Характеристические числа $\mu_k = -\lambda_k^2$, где λ_k являются корнями уравнения

$$\operatorname{tg}(\lambda_k l) = -h \lambda_k. \quad (8)$$

Собственные функции задачи

$$X_k(x) = \sin \frac{k\pi}{l} x. \quad (9)$$

Коэффициенты ряда Фурье C_k определяются из начальных условий (3) путем подстановки их в ряд (4) и имеют вид

$$C_k = \frac{E}{k\pi} \left(\left(\frac{h}{l+h} \right) (-1)^k - 1 \right). \quad (10)$$

Полученное решение имеет характер затухающего колебательного переходного процесса, следовательно, оно физически корректно.

Недостатком всех решений уравнения Фурье методом разделения переменных является то, что эти решения справедливы при $0 \leq x < l$. Поэтому, на практике, напряжение на входе приемника автоблокировки принимается равным напряжению в точке линии, близкорасположенной к ее концу.

При ЭДС источника питания $E = 1$ В решение (6) и является переходной характеристикой рельсовой цепи. Она может использоваться для расчета переходных процессов при более сложной форме напряжения источника питания либо источника помех с помощью интеграла Дюамеля.

Весьма примечательным обстоятельством является то, что электрические процессы в рельсовых цепях описываются математическими соотношениями, аналогичными по форме задачам о распространении тепла в одномерных структурах. Эта аналогия позволяет применять в теории рельсовых цепей хорошо разработанный математический аппарат теории теплопередачи и использовать уже найденные в этой теории решения в качестве прототипов для решения задач о РЦ. Немаловажную выгоду применения указанной аналогии составляет то обстоятельство, что составляющие решения уравнения Фурье при различных начальных и граничных условиях табулированы в указанной монографии. В таблицах указаны частные решения уравнения Фурье, уравнения для характеристических чисел, собственные функции, формы решения для однородных и неоднородных уравнений Фурье. Эти таблицы охватывают большинство практических случаев и могут легко применяться при решении задач, в чем их несомненная польза.

УДК 656.2.08

КОНЦЕПЦИЯ ПРОТОКОЛИРОВАНИЯ СОБЫТИЙ СИСТЕМЫ МПЦ СТАНЦИИ «ИПУТЬ»

А. В. ЛОГВИНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта

Существующие системы ЭЦ на Белорусской железной дороге характеризуются значительным их старением. Кроме того, в релейных системах затруднительна реализация протоколирования событий, что в значительной мере затрудняет анализ и поиск неисправностей в таких системах. Преимущества микропроцессор-