УДК 621.396.67

КУДИН В. П.

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПРОВОЛОЧНЫХ СТРУКТУР С СИММЕТРИЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Предложен универсальный алгоритм для анализа возбуждения произвольных тонкопроволочных структур с вращательной симметрией.

В [1] построен универсальный алгоритм для анализа возбуждения произвольной проволочной конструкции, состоящей из набора тонких прямолинейных проводников цилиндрического сечения. Как всегда при использовании метода интегральных уравнений, вычислительные затраты определяются затратами на расчет элементов соответствующих матриц и последующее решение системы линейных алгебраических уравнений, которые растут пропорционально квадрату и кубу числа неизвестных. Поэтому в общем случае даже при использовании современной вычислительной техники не удается сколько-нибудь существенно продвинуться в высокочастотную область. Учет симметрии тел облегчает положение. Особенно полезна симметрия вращения, которая позволяет построить уравнения относительно одной ячейки. Ситуация похожа на ту, что имеет место при исследовании сплошных многогранных тел с поворотной симметрией, когда интегральное уравнение по всей поверхности тела удается свести к уравнению по поверхности одной грани и тем самым снизить размерность задачи [2].

Целью данной работы является развитие универсального алгоритма [1] применительно к тонкопроволочным структурам с вращательной симметрией, что позволяет уменьшить размерность задачи почти до одной ячейки. Рассматриваются проволочные структуры с M-полюсной симметрией: при повороте на угол $\psi = 2\pi/M$, где M — целое число, структура переходит сама в себя. При наличии подобной симметрии геометрия проволочной структуры полностью определяется геометрией одной ячейки и описывается совершенно аналогично тому, как это было сделано в [1].

На рис. 1 приведен пример такой структуры с 4-полюсной симметрией. Один из возможных вариантов выбора единичной ячейки показан штриховой линией.

При построении алгоритма относительно одной ячейки основной проблемой является учет гальванического контакта между соседними ячейками (при отсутствии такового ячейки представляют собой изолированные тела и задача становится почти тривиальной).

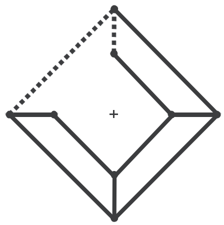

Рис. 1

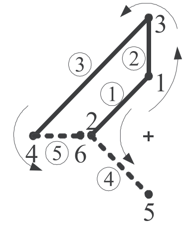

Рис. 2

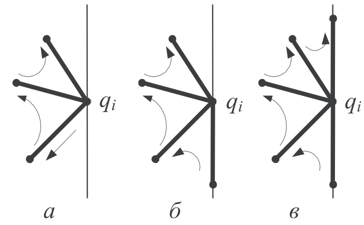

Рис. 3

Наличие гальванического контакта между ячейками приводит к образованию тока через соответствующие узлы и, следовательно, для его учета необходимо вводить надлежащие базисные гармоники. Основное свойство этих гармоник следующее: их плечи должны находиться на различных ячейках. Поскольку алгоритм построения гармоник тока жестко привязан к ветвям, то единичная ячейка должна быть дополнена виртуальными ветвями, принадлежащими соседним ячейкам.

Предварительно построим механизм задания контактов между ячейками. Для этого введем понятие двойственных узлов. Два узла, принадлежащие одной ячейке, будем называть двойственными, если: а) при повороте на угол ψ один узел переходит в другой; б) через эти узлы осуществляется контакт между соседними ячейками. Например, для структуры на рис. 1 двойственными являются пары узлов *1* и *2*, а также *3* и *4*.

Дополнительно к матрице соединений, определенной в [1], в качестве входной вводится матрица двойственности, которая в количественной форме отображает дуальные узлы. Матрица двойственности для вышеприведенного примера