

УДК 004.9

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Г. В. Шаповалов

Одесский национальный политехнический университет  
Украина, г. Одесса  
sciencestudies@rambler.ru

*Предложена методика оптимизации размещения излучающих элементов в трехмерном ограниченном пространстве. Построена компьютерная модель, позволяющая исследовать топологию электромагнитного поля трехмерного пространства, создаваемого объемными источниками, на основе которой находятся точки оптимального размещения источников.*

*Ключевые слова: оптимизация, симплекс, источник, электромагнитное поле, пространство.*

Одним из методов проведения современных научных исследований, наряду с теоретическими и экспериментальными, является метод компьютерного моделирования систем различной природы. Проведение модельных компьютерных исследований требует разработки соответствующего вычислительного комплекса, обладающего возможностью варьирования в достаточно широких пределах исходных данных, а также способностью представить и обработать полученные результаты в удобном для научного анализа виде. Важным направлением в современном компьютерном моделировании является создание самоорганизующихся систем на основе алгоритмов оптимизации. Однако современные модели, построенные на классических оптимизационных методах, имеют целый ряд недостатков, связанных с требованиями к виду целевой функции, сложными системами ограничений, отсутствием привязки к конкретным областям применения, недостаточными базами данных по тестированию. Эти недостатки приводят к существенным трудностям практического использования полученных вычислительных комплексов либо ограничивают их области использования.

В настоящей работе, на основе разработанного авторами модифицированного симплекс-метода, проведены исследования его применения с различными типами симплексов для анализа топологии трехмерной модели электромагнитного поля, создаваемого источниками заданной конфигурации в ограниченном пространстве. Исследованы подходы к оптимизации типов симплекса. Предложены простые способы моделирования целевой функции исследуемого поля с учетом принципа суперпозиции. На основе исследованного в работе метода разработан и реализован эффективный алгоритм построения эквипотенциальных поверхностей и областей минимумов и максимумов напряженности поля, что позволяет получить оптимальное распределение элементов радиоэлектронного устройства по минимальному влиянию взаимных электромагнитных помех.

В процессе исследований был получен минимальный набор входных данных, необходимых для оптимизации размещения устройств, излучающих электромагнитное поле. Построены двух- и трехмерные модели для случаев ограниченного и неограниченного пространства. Показано, что линейные параметры излучающих устройств  $R_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ , где  $N$  – количество устройств), определяющие область пространства, занимаемую  $i$ -м устройством, оказывают существенное влияние на конфигурацию поля в том случае, если расстояния между устройствами сравнимы с их линейными параметрами. Оптимизация функции потенциала поля, необходимого для моделирования, позволила перейти от сложных расчетов конфигурации поля к использованию параметра мощности излучения  $W_i$ , создаваемого устройством с номером  $i$ , значение которого можно определить экспериментально. В задаче условной оптимизации размещения излучающих элементов в ограниченном пространстве используются линейные размеры  $a_j$  ( $j=1, 2, 3$ ) корпуса или помещения, в который монтируются устройства для двумерного или трехмерного случая. При необходимости метод позволяет фиксировать по координатам двух- ( $j=1, 2$ )

или трехмерного ( $j=1, 2, 3$ ) пространства положение  $s_i^j$  ( $i=1, 2, \dots, N; j=1, 2, 3$ ) одного, двух или нескольких устройств с целью определения оптимального распределения остальных.

На основе принципа суперпозиции целевая функция  $f(x)$  строится в виде

$$f(x) = \sum_{i=1}^N \frac{W_i}{\sum_{j=1}^3 [(s_i^j - x_j)^2 + R_i]} \quad (1)$$

при системе ограничений

$$\begin{cases} x_j \geq 0; j=1, 2, 3, \\ x_j \leq a_j; j=1, 2, 3, \\ s_i^j + R_i \leq x_i \leq s_i^j - R_i; i=1, 2, \dots, N; j=1, 2, 3, \end{cases} \quad (2)$$

где  $x$  – исследуемая точка,  $x_i$  – ее декартовы координаты.

Как показали компьютерные эксперименты, применение градиентных и других методов, ограниченных жесткими требованиями к целевой функции, малоэффективны для оптимизации моделей, подобных построенной в данной работе. Однако и неградиентные методы в их обычном виде использовать затруднительно в связи с неопределенностью целевой функции в областях, вырезаемых ограничениями (2), сложностью согласования критериев выхода из оптимизации с требуемой точностью полученных результатов и, наконец, с отсутствием связей между симплексом и целевой функцией. Исследования, проведенные в работе, показали, что последнее несоответствие существенно влияет на полноту оптимизационного процесса.

В работе были получены решения задачи оптимизации связи между используемым симплексом, целевой функцией и системой ограничений. При построении исходного симплекса учитывались размеры области пространства, в котором располагаются элементы, их положения, линейные размеры и концентрация как по всей области, так и в локальных областях. При этом размер симплекса  $L$  является функцией линейных размеров области поиска, положений фиксированных источников, их размеров и концентрации:  $L = L(a_i, s_i, R_i, N)$ . (3)

Такой подход позволил получить мобильный симплекс, который в процессе движения по исследуемому пространству способен автоматически изменять свои размеры и ориентацию.

Сравнение полученного метода с известными подходами [1–2], используемыми при оптимизации параметров в радиоэлектронике позволяют сделать вывод о существенных преимуществах данного метода. Прежде всего, предлагаемый метод универсален относительно целевых функций, позволяет оптимизировать широкий класс их, в том числе отличных от (1) и при этом не требует непрерывности и гладкости функции. Метод не требователен к критериям оптимизации и легко адаптируется к изменениям системы ограничений. При этом симплексы, используемые в методе, автоматически подстраиваются под изменения параметров задачи оптимизации. Для программной реализации полученного метода использовался язык Java, что обеспечило кроссплатформность разработанного программного обеспечения.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Глебов А. Л. Методы анализа и оптимизации цифровых КМОП СБИС // Дис. ... докт. техн. наук.— Москва, 2003.
2. Грачев Н. Н. Лазарев Д. В. Вопросы оптимизации проектирования РЭС с учетом ЭМС // Естественные и технические науки.— 2012 г.— № 3.

G. V. Shapovalov

#### **Development of software for the study of optimal arrangement of the electronic elements in three-dimensional space.**

The technology of optimizing the arrangement of the radiating elements in limited three-dimensional space is presented. The developed computer model allows to explore the topology of the electromagnetic field of three-dimensional space created by the volume sources. Using this model one can find points of optimal allocation of the sources.

Keywords: *optimization, simplex, source, electromagnetic field space.*