

СИНТЕЗ АНТЕНН НА ОСНОВЕ МУРАВЬИНЫХ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ.

Ермолаев С.Ю.¹, Слюсар В.И.²

¹Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики".

г. Самара, Россия

e-mail: aspcreator@mail.ru

²Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины

г. Киев, Украина

тел.: +38050-4436317, e-mail: swadim@inbox.ru

Аннотация – Описаны варианты и результаты синтеза новых конструкций электрически малых антенн на основе применения муравьиных алгоритмов оптимизации. Для исследования параметров полученных рамочных и непетлевых вибраторов использован пакет ММАНА. Применение полученных геометрических форм возможно в качестве контурных линий печатных, щелевых антенн или же в качестве формообразующей поверхности кристалла диэлектрической резонаторной антенны.

I. Введение

Одним из важных направлений в развитии теории антенн является поиск их оптимальных конструктивных решений. Для оптимизации формы антенны могут использоваться муравьиные алгоритмы. Пример такого рода рассмотрен в работе [1, 2], где предложены оптимальные конструкции антенн RFID-тэгов, полученные на основе муравьиных алгоритмов оптимизации (MAO). Следует отметить, что при синтезе антенн возможно несколько вариантов применения MAO. К примеру, один из них состоит в том, что процедура MAO служит лишь генератором множества оптимальных решений, среди которых далее предстоит отобрать наилучшие, с точки зрения достижимых параметров, моделируя антенную форму в пакете NEC, ММАНА и т.п. Другой вариант предполагает итеративный поиск оптимальных решений с пошаговой проверкой электродинамических свойств антенны в указанных пакетах и корректировкой процесса синтеза антенной формы, сродни тому, как это делалось при синтезе генетических антенн, рассмотренных в [3].

В данном докладе авторы использовали MAO как средство генерации множества оптимальных решений, применив, в качестве прототипа генератора антенных конструкций оптимизационную задачу коммивояжера [4]. Данная задача решается в классической постановке, то есть коммивояжеру нужно посетить каждый город только один раз (чтобы не было закольцовок пути) и вернуться в исходный город, при этом длина маршрута должна быть минимальной.

II. Основная часть

Структура рассматривавшейся решетчатой задачи представляла собой матрицу из 100 городов формата 10×10.

В первом случае в каждом из городов размещалось по одному «муравью», с их помощью в соответствии с логикой муравьиного алгоритма, реализованного в программном продукте, отыскивался оптимальный замкнутый маршрут, позволяющий кратчайшим путем обойти все города (гамильтонов цикл минимальной длины [4]). Результаты работы программы в виде последовательности координат горо-

дов, через которые проходит оптимальная линия, сохранялись в текстовый файл с расширением ".maa" в формате, позволяющем открыть его в программе ММАНА. Это позволило максимально автоматизировать расчеты параметров антенных конструкций.

Преобразование координат матрицы городов в координатную систему ММАНА осуществлялось таким образом, чтобы опорная точка в конструкции антенны с координатами (0,0) располагалась в одной из 4 вершин матрицы городов, совпадая, например, с 100-м ее узлом. Результаты оптимизации сохранялись в таблице координат в файле ММАНЫ в виде последовательности координат начала и конца каждого из прямолинейных отрезков элементарной длины, равной расстоянию между узлами решетки. Во всех задачах оно было равно 10. Из-за этого получалось, что таблица, описывающая координаты узлов антенны, состояла из гораздо большего количества строк, чем в случае учета лишь начальной и конечной координат прямолинейных отрезков. Такое решение несколько ухудшает точность расчетов из-за большого количества фрагментов, но само ухудшение является несущественным.

В результате последовательного отбора оптимальных маршрутов было сформировано несколько замкнутых ломаных, проходящих через все точки координатной матрицы, которые могут использоваться в качестве формообразующей линии при синтезе новых конструкций проводных рамочных антенн (рис. 1). При этом для антенн, вписанных в квадрат со стороной 0,9 м, на частотах около 100 МГц достигнута полоса пропускания 1 - 2 %. Возможно также применение полученных геометрических форм в качестве контурных линий печатных, щелевых антенн или же в качестве формообразующей поверхности кристалла диэлектрической резонаторной антенны.

Другая версия реализации MAO заключалась в отказе от требования возврата маршрута в исходную точку пути. При этом программа искала кратчайший незамкнутый гамильтонов путь, проходящий через все города. В данной версии в начале работы алгоритма все «муравьи» размещаются в одном городе (в отличие от задачи коммивояжера). Итоговый результат поиска зависит от того, с какого узла начинать движение, для этого в программе предусмотрено варьирование координатами точки "Начало пути".

Поиск незамкнутого маршрута, в отличие от задачи коммивояжера, позволил получить оптимальные формы непетлевых проволочных вибраторов (рис. 2). Фактически в данном случае имеет место еще один вариант синтеза антенн на основе MAO. Существенно, что в рамках такого подхода, при увеличе-

нии коэффициента локального испарения следа до 0,75 был получен внешний вид антенны, полностью идентичный меандровой ломаной, приведенной в статье по RFID [1, 2]. Для такой антенны существует аналитическая формула расчета резонансных частот, что позволило проверить правильность работы ММАНА и сняло вопросы о достоверности результатов.

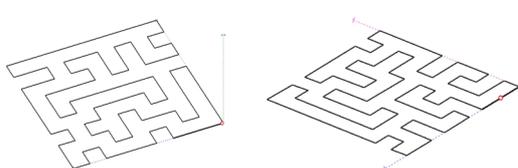


Рис. 1. Петлевые вибраторы 10×10, синтезированные с помощью МАО.

Fig. 1. Loopback vibrators 10×10, synthesized by means of MAO.



Рис. 2. Непетлевые вибраторы 10×10, синтезированные с помощью МАО.

Fig. 2. Unloopback vibrators 10×10, synthesized by means of MAO.

Следует отметить, что в процессе вычислительных экспериментов значения параметров МАО подбирались опытным путем в окрестности тех коэффициентов, которые использовал Марко Дориго (изобретатель муравьиных алгоритмов) и его коллеги. А вообще тема выбора оптимальных значений параметров МАО при синтезе антенн заслуживает отдельного обширного исследования с выявлением зависимостей одних параметров от других. При этом требуется выполнить очень большой объем вычислений с повторением многократных экспериментов, учитывая, что даже количество муравьев влияет на конечный результат, и существует наиболее оптимальный диапазон их численности в искусственной колонии.

III. Заключение

Показано, что применение МАО позволяет осуществить генерацию новых форм антенн, среди которых далее следует выбирать оптимальные конструкции с точки зрения значений достигнутых параметров. Результаты сравнения с работой генетического алгоритма в рамках решения задачи коммивояжера позволяют отдать предпочтение при синтезе петлевых вибраторов муравьиным процедурам оптимизации как более быстродействующим. Аналогичное применение генетического алгоритма перегружено синтезом большого количества неоптимальных по форме линий с взаимными пересечениями сегментов.

IV. Список литературы

- [1] Marcus Randall, Andrew Lewis, Amir Galehdar, David Thiel. Using Ant Colony Optimisation to Improve the Efficiency of Small Meander Line RFID Antennas.// In 3rd IEEE International e-Science and Grid Computing Conference, 2007. - http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/10072/17063/1/47523_1.pdf.

- [2] Gerhard Weis, Andrew Lewis, Marcus Randall, Amir Galehdar and David Thiel. Local Search for Ant Colony System to Improve the Efficiency of Small Meander Line RFID Antennas.// IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2008. CEC 2008. (IEEE World Congress on Computational Intelligence).- http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/10072/23663/1/51396_1.pdf.
- [3] Слюсар В.И. Синтез антенн на основе генетических алгоритмов. //Первая миля. Last mile (Приложение к журналу "Электроника: наука, технология, бизнес"). – 2008. - № 6. - С. 16 - 23.
- [4] Гэри М., Д. Джонсон. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. - 1982. – 439 с.

SYNTHESIS OF ANTENNAS ON THE BASIS OF ANT ALGORITHMS OPTIMIZATION.

Ermolaev S. Y.¹, Slyusar V.I.²

¹The Povolzhskiy state university of telecommunications and informatics

Samara, Russia

e-mail: aspcreator@mail.ru

²Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of Ukraine's Armed Forces

Kyiv, Ukraine

tel.: +38050-4436317, e-mail: swadim@inbox.ru

Abstract – Variants and results of synthesis of new designs for electrical small antennas on the basis of application of ant colony optimization algorithms are described. For research of parameters of the received loopback structures and unloopback vibrators MMAHA is used. Application of the received geometrical forms probably as topology lines of path or slot-hole antennas and as a form-building surface of a crystal dielectric resonator antennas.

I. Introduction

Ant colony system (ACS) is a constructive meta-heuristic search algorithm for optimization of the antennas forms.

One of variants of using ACS procedure is only as the generator of set of optimum decisions among which further it is necessary to select the best, from the point of view of achievable parameters, modeling the antenna form in package MMAHA, NEC, etc. In the given report an authors used ACS algorithm as means of synthesis of set of optimum decisions, having applied, as the prototype of the generator of antenna designs, a solution of the travelling salesman problem (TSP).

II. Main Part

As a result of consecutive selection of optimum routes the closed broken lines which are passing through all of the points on a coordinate matrix have been generated. These broken lines are a new designs of wire frame antennas. For the antennas entered in a square with the side of 0,1 m, on frequencies about 100 MHz a passbands 2 % are reached.

The search of not closed route, unlike a TSP, has allowed to receive optimum forms of unloopback wire vibrators.

III. Conclusion

It is shown that application of ACS algorithm allows to carry out generation of new antennas forms among which further it is necessary to choose optimum designs from the point of view of the achieved parameters values.

An results of comparison with work of genetic algorithm within the limits of the TSP decision allow to prefer synthesis of loopback vibrators on the base ant optimization procedures which are more high-speed. Similar application of genetic algorithm is overloaded by synthesis of a plenty non optimum lines with mutual crossings segments.