

СЕКЦИЯ 4. РАДИОТЕХНИКА, МЕХАТРОНИКА, ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

УДК 621.396

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ЗАДАННЫМ УРОВНЕМ РАССЕЯННОГО ПОЛЯ

А. П. Преображенский, И. А. Тихонов

Воронежский институт высоких технологий, Российская Федерация

Рассмотрена задача, связанная с оптимизацией рассеивающих свойств дифракционных структур. Расчет полей рассеяния проводился на основе метода интегральных уравнений. Оптимизационный подход основывался на генетическом алгоритме. Были определены размеры дифракционной структуры, определяющие заданный уровень рассеянного поля при определенном угле наблюдения.

Ключевые слова: рассеяние радиоволн, генетический алгоритм, оптимизация, дифракция, проектирование.

MODERN METHODS OF ASSESSING THE RELIABILITY OF MACHINES

A. P. Preobrazhenskiy, I. A. Tikhonov

Voronezh institute of high technologies, Russian Federation

The paper examines the problem associated with optimizing the scattering properties of diffraction structures. The calculation of stray fields was carried out based on the method of integral equations. The optimization approach was based on a genetic algorithm. The dimensions of the diffraction structure were determined, which determine the given level of the scattered field at a certain observation angle.

Keywords: radio wave scattering, genetic algorithm, optimization, diffraction, design.

Дифракционные структуры входят в состав различных объектов. Для обеспечения требуемой электромагнитной обстановки, формирования необходимых характеристик электромагнитной совместимости важно, чтобы в ходе проектирования дифракционные структуры имели соответствующие размеры.

Цель работы состоит в разработке методики создания электродинамических объектов с заданными размерами на основе требований к уровню рассеянных полей.

Методика анализа. На рис 1. приведен пример дифракционной структуры. Расчет рассеянных полей проводился на основе метода интегральных уравнений [1].

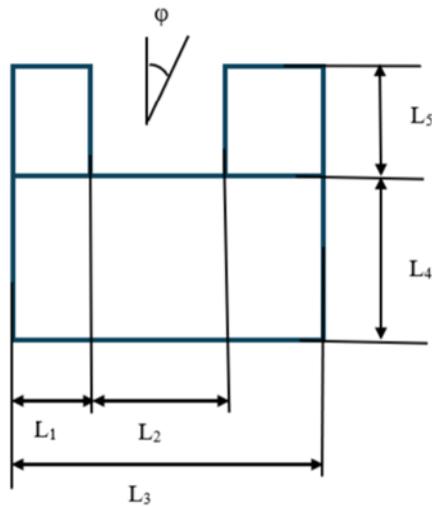


Рис. 1. Пример дифракционной структуры

Требуется обеспечить определенные ограничения по рассеянной мощности для дифракционной структуры в заданных направлениях, при этом необходимо в ходе моделирования и проектирования найти требуемые размеры такой структуры. В качестве основной характеристики рассматривается эффективная площадь рассеяния (ЭПР). Представляет интерес использование генетического алгоритма (ГА), чтобы провести решение оптимизационной задачи, связанной с определением характеристик дифракционной структуры [2]. В ГА требуется применять хромосому, представленную на рис. 1, в которой выделяется несколько генов: *h*, *m*, *s* и *g*. Анализ показывает, что 5 бит дают возможности для реализации процессов кодирования.

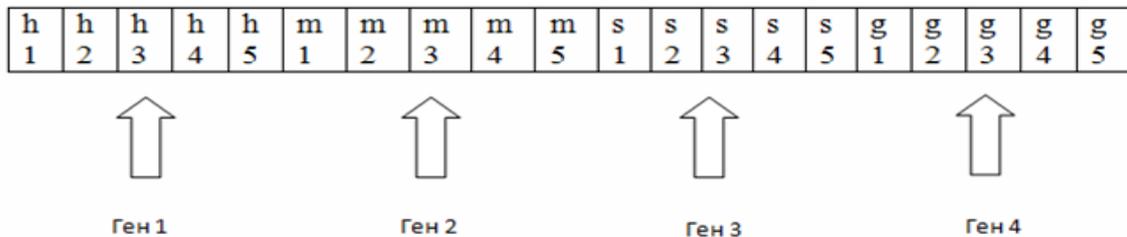


Рис. 2. Иллюстрация структуры хромосомы

Рассмотрим пример того, как применяются 5 хромосом, формирующих популяцию, что дает возможности для поиска искомого решения. Будем считать, что по возможным вариантам решений генерируются 5:

$$F = (q, x, c, d), q, x, c, d \in \{1, 2, 3 \dots 30\},$$

Проведем соотношение ошибки по решению с каждым из вариантов:

$$\delta = |F(q, x, c, d) - FD(q, x, c, d)|.$$

В табл. 1 на основе того, что применяется десятичный код, варианты решения проиллюстрированы.

Таблица 1

Пример получения вариантов по решениям

Номер хромосомы	Вид варианта (x1, x2, x3, x4)	Значение ошибки, δ	Значение ОП
1	(1, 28, 12, 4)	85	0,017
2	(11, 7, 2, 5)	25	0,045
3	(12, 4, 6, 2)	22	0,047
4	(22, 8, 15, 18)	123	0,0091
5	(8, 12, 4, 1)	28	0,054

Если в решении будет меньшее значение ошибки по хромосомам, то они должны выживать. Генетический алгоритм строится на этом принципе. Тогда для хромосомы относительная пригодность будет определяться таким способом: $ОП = 1/\delta$. В ходе рассмотрения последующей популяции для хромосомы вероятность того, что она будет отобрана определяется на основе следующего выражения:

$$P_i = \frac{ОП_i}{\sum_{i=1}^5 ОП_i}$$

В табл. 2 представлены результаты оценок, которые получены на базе этого выражения. Хромосомы могут отбираться с привлечением разных подходов. Предлагается использовать метод колеса рулетки. Тогда колесо будет разделено на секторы Z_i . Они будут соотноситься с соответствующими хромосомами (рис. 3). Задается число вращений рулетки. Например, их 13. Для каждого из них происходит фиксация соответствующего сектора и связанной с ним хромосомы. Так, в результате совокупности вращений были обозначены 15 хромосом. Для реализации процессов скрещивания по ним был проведен выбор пяти пар. После проведения указанного отбора есть возможность для формирования табл. 3.

Таблица 2

Пример определения вероятности того, как отбираются хромосомы

Номер i	P_i	$U_i, \%$
1	$0,017/0,721 = 0,99$	9,9
2	$0,045/0,721 = 0,614$	26,14
3	$0,047/0,721 = 0,731$	27,31
4	$0,0091/0,721 = 0,528$	5,28
5	$0,054/0,721 = 0,137$	31,37

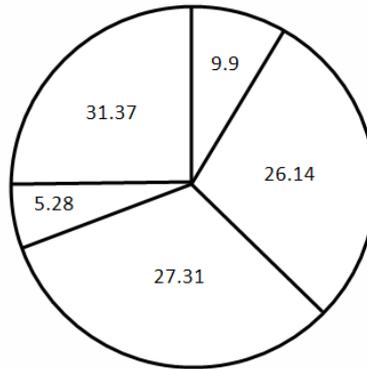


Рис. 3. Пример разделения рулетки по секторам

Таблица 3

Пример выбранных хромосом в ГА

Номер i , который соответствует матери	Номер i , который соответствует отцу
3	1
2	3
4	2
5	2
5	4

Анализ показал, что лишь один раз была выбрана хромосома 1, что соответствует небольшому значению ОП. Частый выбор был по хромосомам 2, 3 и 5, тогда значение ОП было большое. А вот хромосома 4 вообще не подвергалась рассмотрению. Процесс скрещивания происходит на последующем этапе. В ходе рассмотрения популяции потомков в решении значение средней ошибки было равно 57. Когда проводилось рассмотрение начальной популяции, то значение средней ошибки было равно 59.

Для рассматриваемой структуры, которая указана на рис. 1, были определены такие результаты для угла наблюдения $\varphi = 30^\circ$ и уровня ЭПР 5 дБ: $L_1 = 2,1\lambda$, $L_2 = 3,2\lambda$, $L_3 = 7,4\lambda$, $L_4 = 3,13\lambda$, $L_5 = 2,24\lambda$, где λ – длина волны.

Таким образом, представленный подход является достаточно универсальным. Он может быть использован для проектирования дифракционных структур с различной формой.

Литература

1. Преображенский, А. П. Моделирование и алгоритмизация анализа дифракционных структур в САПР радиолокационных антенн : монография / А. П. Преображенский. – Воронеж : Науч. кн., 2007. – 248 с.
2. Готишан, А. А. Применение методов искусственного интеллекта и машинного обучения в системах автоматизации / А. А. Готишан, А. В. Линкина // Молодежь в науке: экономика, технологии и инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Воронеж, 2023. – С. 100–103.