

базисными операциями \wedge, \vee, \neg называется канонической. Каноническую алгебру предикатов можно рассматривать как консервативное расширение дизъюнктивно-конъюнктивной алгебры предикатов. Каноническая алгебра представляет собой разновидность булевой алгебры предикатов, т.е. алгебры предикатов с базисными операциями дизъюнкции, конъюнкции и отрицания. Законы идемпотентности, коммутативности, ассоциативности, дистрибутивности, элиминации, для 0 и ложности образуют полную систему законов дизъюнктивно-конъюнктивной алгебры предикатов. Добавляя к этой системе законы свертывания, двойного отрицания, противоречия, исключенного третьего, де Моргана, для 1, отрицания и истинности, получаем полную систему законов канонической алгебры предикатов. Перечисленные законы называются основными для этих алгебр. Любую формулу канонической алгебры предикатов можно преобразовать в тождественную ей формулу дизъюнктивно-конъюнктивной алгебры предикатов, исключая из нее знаки операции отрицания и вхождения символа 1. Знаки отрицания исключаем с помощью законов Моргана и отрицания, а вхождения знака 1 — с помощью законов для 1 и (или) истинности; например, если $x, y \in \{a, b, c\}$, то $x^a \neg y^b \vee \neg(x^c \vee y^a) = x^a \neg y^b \vee \neg x^c \neg y^a = x^a (y^a \vee c) \vee (x^a \vee x^b)(y^b \vee y)^c$.

Существенно новым в работе сравнительно с [1] является расширение алгебры предикатов, которая теперь охватывает не только конечные предикаты, но и бесконечные. Ранее алгебра предикатов была ориентирована на формульное описание функций (называемых в [1] алфавитными операторами), теперь же область ее рекомендуемого применения расширена и охватывает не только функции, но и произвольные отношения. Также впервые введены предметное и логическое пространства, общий вид предиката в форме (15).

Литература: 1. Шабанов-Кушнарченко Ю.П. Теория интеллекта. Математические средства. — Харьков: Вища школа, 1984. — 143 с.

Поступила в редколлегию 27.12.97

Дударь Зоя Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры ПО ЭВМ. Адрес: 310726, Харьков, пр. Людвига Свободы, 39, кв. 31, тел. 409446, 366631.

Мельникова Роксана Валериевна, ассистент кафедры ПО ЭВМ. Научные интересы: системы поддержки проектирования информационных структур. Адрес: 310726, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 409446, 234961.

Шабанов-Кушнарченко Юрий Петрович, д-р техн. наук, профессор кафедры ПО ЭВМ ХТУРЭ, заслуженный деятель науки и техники Украины. Научные интересы: теория и практика искусственного интеллекта. Адрес: 310726, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 409446, 438332.

УДК 621.391.82.016.35

РАСЧЕТ БИКОНИЧЕСКОЙ БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЫ

ДЗЮНДЗЮК Б.В., МАСЛОВ П.Н.

Приведен расчет биконической безэховой камеры методом геометрической оптики. Получены выражения, позволяющие достаточно просто определить основные характеристики безэховости и автоматизировать процесс проектирования профиля рабочей поверхности биконической безэховой камеры (БЭК).

Известно [1], что в прямоугольнике БЭК наблюдается отражение от стен, пола и потолка, что подтверждается изменением амплитуды электромагнитного поля. Этих отражений можно избежать, применяя камеру, имеющую форму тела вращения биконического типа. Такая конструкция эффективна тем, что благодаря ее геометрии энергия излучения распространяется в основном параллельно плоскостям, а та часть излучения, которая падает на рабочую поверхность под некоторым углом, претерпевает многократное переотражение в конусной поглощающей плоскости, что значительно снижает его уровень. С точки зрения теории антенн камеру этой конструкции

можно рассматривать как рупорную антенну с поглощающими поверхностями, на которых затухают высшие типы волн.

Рабочая безэховая камера определяется прежде всего характеристикой радиопоглощающего материала (РПМ), составляет (0,1÷1,0)%, у РПМ среднего качества — (1÷3)%, у РПМ низкого качества — 7%. Использование РПМ с коэффициентом отражения по мощности порядка 10% является нецелесообразным.

Повышения рабочей поверхности безэховой камеры можно добиться не только применением высококачественных РПМ, стоимость которых достаточно высока, но также правильным выбором конфигурации ее рабочей поверхности [2].

Основным требованием к БЭК, предназначенной для исследования радиотехнических характеристик РПМ, является то, что они должны обеспечивать условия, при которых электромагнитные волны в области исследуемого образца в первом приближении можно рассматривать как плоские. Это требование будет выполнено, если радиус оснований конусов биконической БЭК, соответствующий половине длины линии связи между приемной и передающей антеннами или расстоянию от образца до одной из антенн, будет выбран, исходя из условий дальней зоны. Тогда анализ полей может быть

произведен методом геометрической оптики, отраженные поля могут быть определены непосредственно через коэффициент отражения от регулярной плоскости поверхности РПМ, границы зоны интенсивных отражений оценены, исходя из геометрических представлений.

Пусть внутри замкнутого объема, ограниченного биконической поглощающей поверхностью, находятся передающая и приемная антенны, представленные на рис., расположенные на расстоянии двух метров друг от друга.

Рассмотрим поле, созданное в рабочей зоне БЭК передающей антенной. Оно представляет собой суперпозицию прямой волны основного излучения главного лепестка ДН передающей антенны $A_{пер}$ волн, попавших в рабочую зону в результате переизлучения от стен БЭК. Тогда мгновенное значение напряженности поля в рабочей зоне можно представить так:

$$E = E_0 + 2E_{rn}, \quad E_0 = E(0) \frac{\exp(-jkr_0)}{r_0}, \quad (1)$$

где r_0 – расстояние от передающей антенны $A_{пер}$ до точки наблюдения в рабочей зоне по оси x .

Определим мгновенные значения напряженностей поля излучений, претерпевающих переотражение внутри биконического поглощающего объема:

$$E_{rw} = E(\varphi) \frac{\exp\left(-jk \sum_{i=1}^n r_i\right)}{\sum_{i=1}^n r_i} \prod_{i=1}^n R_{n_i}(Q_i), \quad (2)$$

где r_i – расстояние между $(i-1)$ -й и i -й точками отражений от поверхности РПМ; Q_i – i -й угол падения – отражения луча на поверхности РПМ; $Q_i = Q_1(i-1)\alpha$, α – угол при вершине конуса.

Количество переотражений луча внутри конусной поглощающей плоскости может быть определено из выражения

$$n \leq \frac{2Q_1}{\alpha} + 1 \quad (Q_1 = \frac{\alpha}{2} - \varphi). \quad (3)$$

Из (3) непосредственно вытекает условие, при котором поглощающие конусы биконической БЭК начинают работать как ловушки при $n \geq 2$. Это условие определяется соотношением геометрических параметров камеры, а именно углом α при вершине конуса и направлением падения излучения на повер-

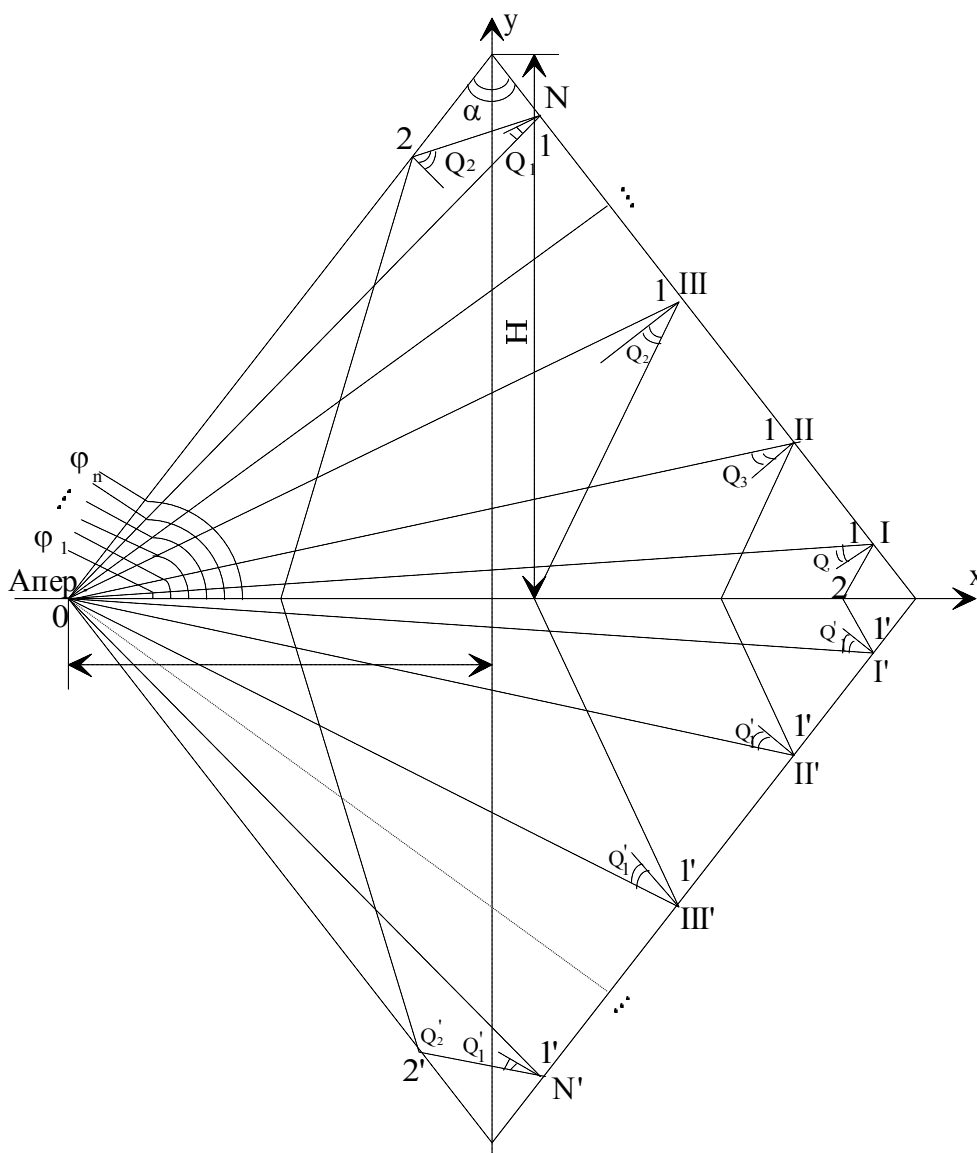


Рис. Модель хода лучей в БЭК биконического типа

хность РПМ, т.е. конус начинает функционировать как ловушка при

$$\frac{\alpha}{2} < \varphi. \quad (4)$$

Таким образом, изменяя угол при вершине конуса, можно расширять или сужать диапазон улавливания излучения передающей антенны и тем самым оказывать влияние на формирование безэховой камеры [1].

Квазиоптическая модель распространения излучений в сечении БЭК может быть легко описана системой линейных уравнений в прямоугольной системе координат (см. рис.), что позволяет определить координаты точек отражения, границы БЭ и ее линейные размеры. В рассмотренной модели границы сечения БЭК описываются в виде

$$\left\{ y_i = x_i \operatorname{tg} \left(90^\circ \pm \frac{\alpha}{2} \right) \pm H, \quad i = n, \dots, (n+4), \quad (5)$$

где H – высота конуса.

Распространение луча в поглощающей плоскости, начиная от источника и далее через точки отражения от РПМ на каждом прямолинейном участке, описывается системой уравнений

$$\left\{ y_i = x_i \operatorname{tg}(Q_i) \pm b_n, \quad n = 1, \dots, n, \quad (6)$$

где Q_i – угол пересечения i -го луча с положительным направлением оси X ; b_n – суммарная глубина проникновения i -го луча внутрь ловушки относительно начала координат вдоль оси Y ;

$$b_n = \sum_{i=1}^n h_i, \quad (7)$$

h_i – глубина входа луча внутрь ловушки.

$$h_i = 2 \left(H - \sum_{i=1}^{n-1} h_i \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left| \operatorname{tg} \left(90^\circ - Q_{n-1} \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right|.$$

Углы пересечения лучей с положительным направлением оси X определяются следующими соотношениями для четного

$$Q_{2i} = \begin{cases} \frac{\alpha}{2} + Q_1, & \text{при } \frac{\alpha}{2} > \varphi, \quad i = 1; \\ 180^\circ - \left(Q_{2i} - \frac{\alpha}{2} \right), & \text{при } \frac{\alpha}{2} < \varphi, \quad i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (8)$$

и нечетного числа переотражений:

$$Q_{2i+1} = \begin{cases} \frac{\alpha}{2} - Q_1, & \text{при } \frac{\alpha}{2} > \varphi, \quad i = 0; \\ Q_{2i+1} + \frac{\alpha}{2}, & \text{при } \frac{\alpha}{2} < \varphi, \quad i = 0, 1, \dots, n. \end{cases} \quad (9)$$

Координаты точек отражения могут быть получены совместным решением систем (5) и (6):

$$\begin{cases} y_i = x_i \operatorname{tg} \left(90^\circ \pm \frac{\alpha}{2} \right) \pm H, \quad i = n, \dots, (n+4), \\ y_i = x_i \operatorname{tg} Q_i \pm b_n, \quad i = 1, \dots, n. \end{cases} \quad (10)$$

Расстояние между двумя соседними точками от-

ражения вдоль направления распространения луча равно

$$r_i = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}. \quad (11)$$

Таким образом, выражения (5) – (11) позволяют определить геометрическую модель распространения внутри БЭК.

Уровень рабочей безэховости определяется из выражения

$$L_{БЭ} = 2 \frac{|E_{rn}|}{|E_0|}. \quad (12)$$

Тогда с учетом (1)-(8) для рассматриваемой БЭК

$$L_{БЭ} = 2 \frac{|E(\varphi)|}{|E_0|} \cdot \frac{r_0}{\sum_{i=1}^n r_i} \prod_{i=1}^n R_n(Q_i) \quad (13)$$

или переходя к уровням ДН передающей антенны уровень рабочей безэховости в i -м направлении равен

$$L_i = R(Q_i) \frac{f_{неп}(\varphi)}{f_{неп}(0)} \cdot \left(\frac{r_0}{r_i} \right)^2 = const. \quad (14)$$

После многократных переотражений луча внутри поглощающей полости, считая точки отражения от РПМ пассивными переотражателями, получим

$$L_{БЭ} = R(\theta_i) \left[\frac{f_{неп}(\varphi)}{f_{неп}(0)} \left(\frac{r_0}{r_1} \right)^2 + \sum_{i=2}^n \left(\frac{r_{0i}}{r_{r1}} \right)^2 \right], \quad (15)$$

где $r_{0i} = \sqrt{(x_{i+1} - x_{i-1})^2 + (y_{i+1} - y_{i-1})^2}$,

$$r_i = r_{i+1} + r_{0i}.$$

Разработанный подход к анализу формирования структуры поля внутри БЭК на основе геометрического приближения с использованием систем линейных уравнений позволяет достаточно просто определить основные характеристики безэховости и автоматизировать процесс проектирования профиля рабочей поверхности БЭК.

Литература: 1. *Торгованов В.А.* Безэховые камеры //Зарубежная радиоэлектроника. – 1974. – №12. – С. 20-46.

2. *Дзюндзюк Б.В. Рябоконт И.Ю. Тарасенко В.В.* Исследование влияния геометрических параметров биконической БЭК на точность радиоизмерений //Сб.науч.тр., в/ч 45807 Р/11. – 1988. – №4. – С. 15-22.

Поступила в редколлегию 24.12.97

Дзюндзюк Борис Васильевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой охраны труда ХТУРЭ. Научные интересы: защита от электромагнитных излучений; безопасность жизнедеятельности. Увлечения и хобби: автомобиль. Адрес: 310726, Украина, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-93-60.

Маслов Петр Николаевич, аспирант ХТУРЭ. Научные интересы: моделирование окружающей среды, сохранение экологии. Увлечения: путешествия на автомобиле. Адрес: 310085, Украина, Харьков, пр. Гагарина, 176, корп. 2, кв. 2., тел. 51-27-67.