

2. О п о е М., Warner A.W. and Ballman A.A., *Elastic and Piezoelectric Characteristics of Bismuth Germanium Oxide  $Bi_{12}GeO_{20}$* . *JEEE Trans. of sonics and ultrasonics*, v. SU-14, no 4, pp.165-167, oct.1969

3. Kraut E.A., Tittman B.R., Graham L.J. and Lim T.C., *Acoustic surface waves on metallized and unmetallized  $Bi_{12}GeO_{20}$* . *Appl. Phys. Letters*, v. 17, no 7, pp. 271-272. oct. 1970.

4. У а й т М. Поверхностные упругие волны. Обзор. Труды института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике т. 58, № 8, 1970, с. 68-100.

5. Campbell J.J. and Jones W.R., *Propagation of piezoelectric Surface Waves on Cubic and Hexagonal Crystals*. *Journ. Applied Phys.* v. 41, no. 7, pp. 2796-2801, June 1970.

6. Chin Chong Tseng and White R.M., *Propagation of piezo-electric and elastic surface waves at the Basal Plane of Hexagonal Piezoelectric Crystals*. *Journ. Appl. Phys.* v. 38, no 11, pp. 4274-4280. 1967

УДК 621.396.969

В.И.Чекин

УЧЕТ КРАЕВЫХ ЭФФЕКТОВ

ПРИ МАШИННОМ МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГРАММ ВТОРИЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
ТЕЛ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Задачи радиолокации требуют знания как диаграмм вторичного излучения тел сложной формы, так и производных от этих диаграмм — эффективной поверхности рассеяния и средней эффективной поверхности рассеяния. Однако число проблем, решаемых методом записи дифференциального радиолокационного сечения в зависимости от координат с последующим решением волнового уравнения с разделением переменных, очень ограничено. Строгие решения получены лишь для тел достаточно простой геометрической формы (сфера, сфероид, диск) или для тел, все или некоторые размеры которых малы по сравнению с длиной волны (тонкий провод). Но для ряда прикладных задач требуемая точность в 3 дБ позволяет перейти от строгих методов к приближенным или асимптотическим, в частности, к методу представления отраженного от предмета поля в виде суммы полей от отдельных его элементов [1].

Для тел, дифференциальный радиус кривизны которых больше длины волны излучаемого поля или равен ей, предложен [2] машинный метод вычисления диаграмм вторичного излучения тел сложной формы. Указанный метод позволяет для тел, излучение от кромок у которых не существенно, вычислять характеристики отражения с точностью до 3 дБ. Целесообразно расширить диапазон тел, для которых возможно применение машинных методов определения характеристик рассеяния.

Удобно ввести понятие элементарного излучающего цилиндра и элементарного излучающего клина.

Элементарный излучающий цилиндр при падении волны перпендикулярно образующей имеет моностатическую частотную характеристику [3]:

$$A = \ell \sqrt{kd/2} \exp(j2kz), \quad (1)$$

где  $\ell$  - длина цилиндра;  
 $d$  - диаметр цилиндра;  
 $k = 2\pi/\lambda$ ;  $\lambda$  - длина волны;  
 $z$  - расстояние между приемопередатчиком и средним центром рассеивающего цилиндра.

Известно [4], что клин может быть уподоблен излучающему цилиндру с эквивалентным диаметром:

$$d_E = \lambda/\pi [\cos \varphi f'_n(\vartheta)]^2 \quad (2)$$

или

$$d_H = \lambda/\pi [\cos \varphi q'_n(\vartheta)]^2, \quad (3)$$

где  $\varphi$  - угол между вектором Умова-Пойнтинга падающей волны и плоскостью, перпендикулярной к ребру клина;  
 $\vartheta$  - угол между плоскостью, проходящей через вектор Умова-Пойнтинга и ребро клина, и гранью клина;  
 $f'_n$  и  $q'_n$  - функции Уфимцева [4].

Подставляя (2) и (3) в (1), получим моностатическую частотную характеристику рассеяния для элементарного излучающего клина:

$$A_E = \ell \cos \varphi f'_n \exp(j2kz); \quad (4)$$

$$A_H = \ell \cos \varphi q'_n \exp(j2kz). \quad (5)$$

Излучающий клин любой формы можно представить как совокупность линейных элементов аппроксимации излучающих, согласно (4), (5).

Задавшись интервалом аппроксимации клина, на грани клина выделяем последовательные точки с координатами  $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots, (x_n, y_n, z_n)$  и соединяем их последовательно линейными элементарными клиньями. Тогда для клина, проходящего через точки  $(x_1, y_1, z_1)$  и  $(x_2, y_2, z_2)$ , из (4) и (5) получим:

$$\operatorname{Re} A = [(y_1 - y_2) f_n'(\varphi) + (z_1 - z_2) \varphi_n'(\varphi)] \cos(2\pi/\lambda(x_1 + x_2)); \quad (6)$$

$$\operatorname{Im} A = [(y_1 - y_2) f_n'(\varphi) + (z_1 - z_2) \varphi_n'(\varphi)] \sin(2\pi/\lambda(x_1 + x_2)). \quad (7)$$

Производя суммирование полей от всех элементов аппроксимации, можно получить

$$A_{\Sigma} = \sum_{k=1}^n (\operatorname{Re} A_k + j \operatorname{Im} A_k). \quad (8)$$

Аналогично получаются выражения для поля от тонкого цилиндра произвольной конфигурации:

$$\operatorname{Re} A = A \operatorname{mp} \cos(2\pi/\lambda(x_1 + x_2)); \quad (9)$$

$$\operatorname{Im} A = A \operatorname{mp} \sin(2\pi/\lambda(x_1 + x_2)), \quad (10)$$

$$\operatorname{Amp} = \frac{\sqrt{\pi} L \sin \theta \left[ \frac{\sin\left(\frac{2\pi L}{\lambda} \cos \theta\right)}{\frac{2\pi L}{\lambda} \cos \theta} \right]}{\sqrt{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 + \left(\ln \frac{\lambda}{\gamma \pi a \sin \theta}\right)^2}} \cos^2 \varphi, \quad (11)$$

$L$  - длина провода;

$a$  - радиус провода;

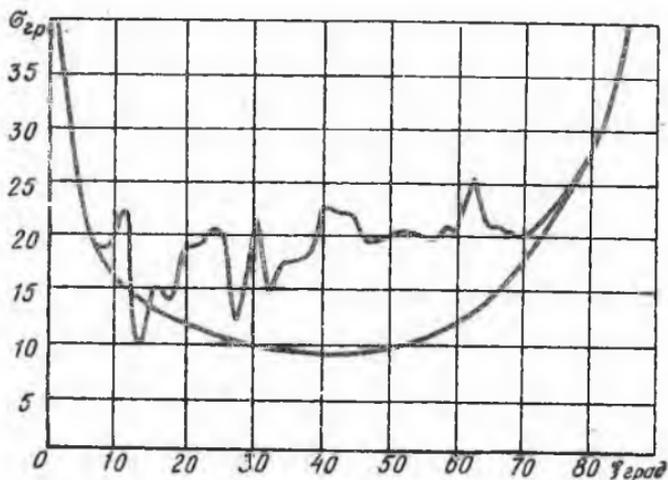
$\gamma = 1,78 \dots$ ;

$\theta$  - угол между проводом и направлением падения;

$\varphi$  - угол между направлением поляризации и плоскостью, определяемой проводом и направлением падения.

Задача введения в ЭВМ исходной произвольной поверхности, несущей "мелкую" структуру, решается особо для каждого конкретного случая. Для [2] удобно представить линии расположения элементов "мелкой" структуры как линии пересечения поверхностей второго порядка и определенным образом ориентированных плоскостей, либо как линии пересечения двух поверхностей второго порядка. На рис. I приведены характеристики поля, отраженного от цилиндра с размерами  $d = 50$  мм и  $l = 50$  мм, без учета краевых эффектов (кривая 1) и с учетом краевых эффектов (кривая 2).

Таким образом, введение понятий элементарного излучающего клина и элементарного излучающего цилиндра позволяет учесть краевые эффекты для тел сложной формы.



Р и с. I

#### Л и т е р а т у р а

1. Штагер Е.А., Чаевский Е.В. Рассеяние волн на телах сложной формы. М., "Сов.радио", 1974.
2. Вечканов Г.П., Вечканова Р.А., Чекин В.И. Тезисы докладов на Всесоюзной научно-технической конференции по применению машинных методов для решения краевых задач. Научно-техническое общество радиотехники электроники и связи им. А.С.Попова. М., 1976.
3. Кобако В.О. Радиолокационные отражатели. М., "Сов.радио", 1975.
4. Уфимцев П.Я. Метод краевых волн в физической теории дифракции. М., "Сов.радио", 1964.

УДК 621.396.969.18

В.В. П р о к у д и н

#### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДИАГРАММЫ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОДНОПОЗИЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

В работе [1] анализировалась связь между результатами однопозиционных измерений рассеянного произвольным рассеивателем поля в двух параллельных плоскостях. Было показано, что коэффициент передачи, равный отношению двумерных преобразований Фурье значений поля в этих