

УДК 32.973

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЯНИЯ ОБЪЕКТОВ

Львович И.Я., Преображенский А.П., Родионова К.Ю.

АНОО ВПО «Воронежский институт высоких технологий»,
Воронеж, e-mail: komkovvvt@yandex.ru

В работе рассмотрен анализ возможностей по применению приближенной модели для оценки средних характеристик рассеяния объектов. Продемонстрировано определение секторов углов наблюдения, в котором применима приближенная модель в рамках заданной ошибки. На основе обобщения информации по компонентам, представляющим собой цилиндры и полые структуры, даны предложения по построению подсистемы САПР для проектирования средних характеристик объектов. Объект сложной формы представляется в виде совокупности компонентов. В качестве входных данных для подсистемы выбираются вид компонентов, сектор углов наблюдения, требуемый уровень для средних характеристик рассеяния. В данной статье в рамках разработанной процедуры применяется корреляционный анализ, который позволяет на основе максимума коэффициента корреляции определить характеристики компонентов рассматриваемого объекта.

Ключевые слова: дифракция, средние характеристики рассеяния, САПР

THE DEVELOPMENT OF THE CAD SUBSYSTEM FOR DESIGN FEATURES OF AVERAGE SCATTERING CHARACTERISTICS OF OBJECTS

Lvovich I.Y., Preobrazhensky A.P., Rodionova K.Y.

Voronezh institute of high technologies, Voronezh, e-mail: komkovvvt@yandex.ru

In this paper the analysis of the possibilities for use of the approximate model to estimate the average characteristics of the scattering objects is carried out. Some sectors of observation angles in which the approximation of the model within a given error are demonstrated. According to the analysis of information on the components (cylinders and hollow structures) the proposals of building a CAD system for designing the subsystem of the average characteristics of objects are given. Complex objects can be represented as a set of components. As an input data to the CAD subsystem the type of components, angles of observations and the required level for the average characteristics of the scattering are selected. Within the developed procedure the correlation analysis is applied based on determining the maximum correlation coefficient in order to determine the characteristics of the components.

Keywords: diffraction, average characteristics of scattering, CAD

Анализ современных рассеивателей электромагнитных волн показывает, что они в большинстве случаев имеют сложную структуру. Анализ и синтез таких объектов необходимо проводить с использованием моделей и методов, дающих, по возможности, меньшие ошибки.

В настоящее время при исследовании и разработке электродинамических объектов все чаще используют системы автоматизированного проектирования (САПР), что позволяет ставить и решать различные задачи теории дифракции электромагнитных волн (ЭМВ) на структурах сложной формы.

При решении задач дифракции радиоволн и проектировании объектов во многих случаях исследуют ограничения, накладываемые на средние характеристики рассеяния [1, 7].

В данной статье рассмотрены двумерные модели рассеяния электромагнитных волн, поскольку в ряде случаев трехмерные задачи могут быть сведены к двумерным.

Целью данной работы исследование возможности применения приближенных

моделей для оценки средних характеристик рассеяния объектов и разработка предложений по структуре подсистемы САПР проектирования объектов с необходимыми средними характеристиками рассеяния.

Рассмотрим рассеяние ЭМВ на двумерном идеально проводящем цилиндре (рис. 1).

Для оценки средних характеристик такой структуры можно воспользоваться моделью цилиндра с параллельными боковыми стенками (рис. 2).

Необходимо оценить сектор углов наблюдения, отсчитываемый от нормали к боковой стороне цилиндра, в котором применима указанная модель цилиндра. Мы стремились к тому, чтобы различие в средних эффективных площадях рассеяния (ЭПР) цилиндра и его модели не превышало 3 дБ.

Интегральное уравнение Фредгольма первого рода для плотности неизвестного электрического тока в случае E-поляризации [4] представляется в следующем виде:

$$\frac{\omega \cdot \mu}{4} \cdot \int_{\alpha}^{\beta} j(t) \cdot H_0^2[k \cdot L_0(\tau, t)] \cdot \sqrt{\xi'^2(t) + \eta'^2(t)} dt = E_z^0(\tau);$$

$$\alpha \leq \tau \leq \beta, \quad (1)$$

где

$$L_0(\tau, t) = \sqrt{[\xi(\tau) - \xi(t)]^2 + [\eta(\tau) - \eta(t)]^2} -$$

расстояние от точки наблюдения до точки интегрирования; $E_z^0(\tau)$ – продольная составляющая напряженности первичного

электрического поля в точке на контуре. Контур объекта задается в параметрической форме: $x = \xi(t)$, $y = \eta(t)$, $\alpha \leq \tau \leq \beta$, а $\xi'(t)$, $\eta'(t)$ – первые производные соответствующих функций, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, λ – длина падающей электромагнитной волны.

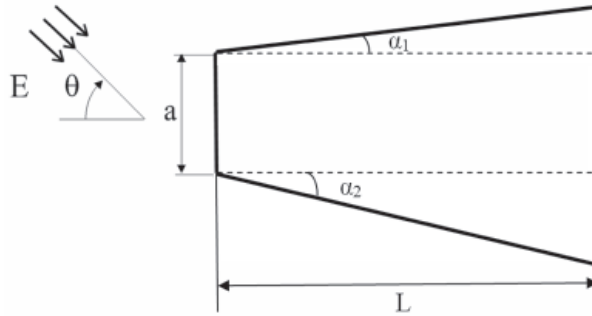


Рис. 1. Геометрия рассеяния ЭМВ на двумерном цилиндре: a , L – характерные размеры, α_1 , α_2 – углы наклона боковых стенок; E – вектор падающей электромагнитной волны; θ – угол падения плоской ЭМВ

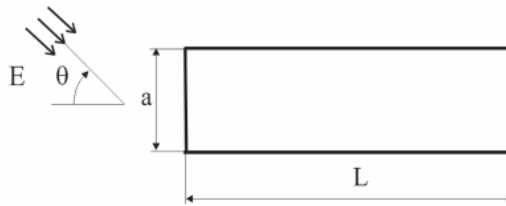


Рис. 2. Геометрия рассеяния ЭМВ на двумерном цилиндре: a , L – размер сторон цилиндра; E – вектор падающей электромагнитной волны; θ – угол падения плоской ЭМВ

Уравнение (1) решалось с использованием метода моментов.

Проводим расчет средней ЭПР на основе следующего выражения:

$$\bar{\sigma} = \sum_{i=0}^N \frac{\sigma(\theta_i)}{N+1}, \quad (2)$$

где $\sigma(\theta_i)$ – величина ЭПР для угла наблюдения θ_i .

Введем величину $\alpha = \max(\alpha_1, \alpha_2)$, которая дает максимальный угол наклона боковых стенок. Углы отсчитываются от нормали к боковой стенке.

На рис. 3 приведен пример расчета – линии уровня для возможных секторов углов наблюдения $\Delta\theta$ в зависимости от a и L при $\alpha = 5^\circ$. С увеличением α сектор возможных углов наблюдения $\Delta\theta$ будет уменьшаться. Подобные зависимости могут быть построены для других значений α .

В [5] решалась задача о возможности использования приближенной модели для полых структуры, аналогичным образом определялся сектор углов наблюдения, в [6] проводилось построение алгоритма

для определения размеров полых структур с максимальными значениями средних характеристик рассеяния.

Таким образом, полученные зависимости размеров секторов углов наблюдения для приближенных моделей могут храниться в БД и далее передаваться в подсистему САПР средних характеристик объектов.

Описание процесса функционирования подсистемы САПР

Объект сложной формы можно представить в виде совокупности отдельных компонентов (цилиндров, полых структур и т.д.). Для определения характеристик компонентов воспользуемся коэффициентами корреляции. В качестве входных параметров выделим следующие:

- 1) вид компонента;
- 2) сектор углов наблюдения;
- 3) требуемый уровень для средних характеристик рассеяния.

Процесс функционирования подсистемы САПР расчета компонентов объекта приведен на рис. 4.

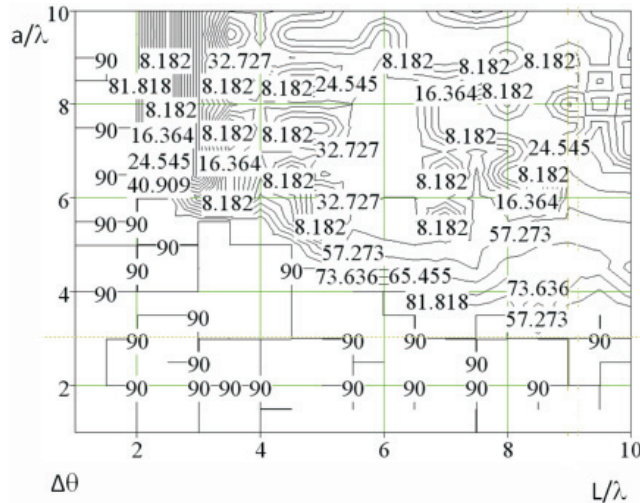


Рис. 3. Результаты определения секторов углов наблюдения $\Delta\theta$, в которых возможно представление исходной структуры (рис. 1) ее приближенной моделью (рис. 2)

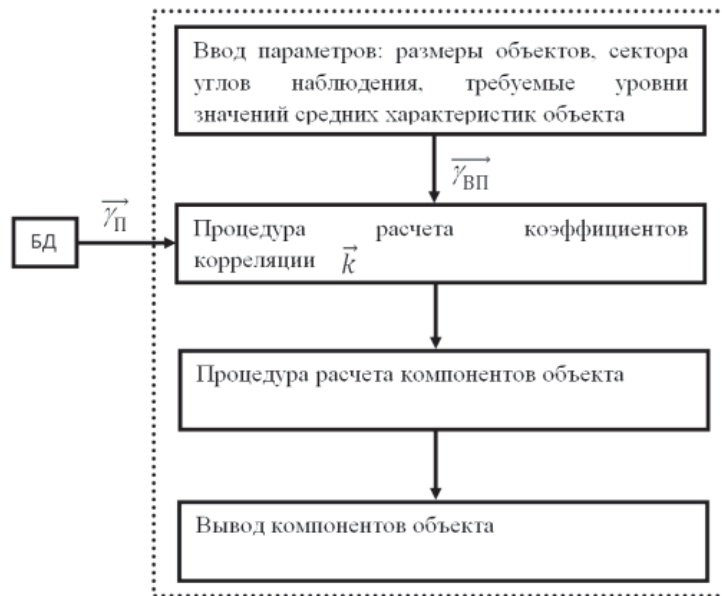


Рис. 4. Процесс функционирования подсистемы САПР средних характеристик объекта

Выходным результатом являются значения характеристик компонентов объекта.

Алгоритм работы в подсистеме будет следующий:

1. Ввод входных параметров.
2. Рассчитываются коэффициенты корреляции для каждого вида объекта.
3. На основе принципа максимума коэффициента корреляции выбирается наиболее подходящий компонент.
4. Вывод результата.

Использованы следующие обозначения:

$\vec{\gamma}_{ВП}$ – вектор, каждым из элементов которого являются соответствующие входные параметры; $\vec{\gamma}_{П}$ – вектор, содержащий соответствующие зависимости в БД; \vec{k} – вектор, содержащий коэффициент корреляции [2, 3].

Процесс определения характеристик компонент сводится к выполнению следующей процедуры отыскания максимума коэффициента корреляции.

$$\vec{k} = \frac{\int_{S_1 S_2 \dots S_L} \vec{\gamma}_{П}(\eta_1, \eta_2 \dots \eta_L) \vec{\gamma}_{ВП}(\eta_1, \eta_2 \dots \eta_L) d\eta_1 d\eta_2 \dots d\eta_L}{\sqrt{\int_{S_1 S_2 \dots S_L} \vec{\gamma}_{П}(\eta_1, \eta_2 \dots \eta_L)^2 d\eta_1 d\eta_2 \dots d\eta_L \cdot \int_{S_1 S_2 \dots S_L} \vec{\gamma}_{ВП}(\eta_1, \eta_2 \dots \eta_L)^2 d\eta_1 d\eta_2 \dots d\eta_L}}, \quad (3)$$

где S_1, S_2, \dots, S_L – области изменения параметров ($\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_L$).

Для вектора коэффициентов корреляции с помощью стандартной процедуры находятся максимальные элементы, номера которых соответствуют требуемым компонентам, в соответствии с входными параметрами.

Заключение

Таким образом, рассмотренный в работе подход и полученные результаты могут быть полезны при проектировании объектов с заданными требованиями на средние характеристики рассеяния.

Список литературы

1. Борзов А.Б., Быстров Р.П., Соколов А.В. Анализ радиолокационных характеристик объектов сложной пространственной конфигурации // Журнал радиоэлектроники. – 1998. – № 1. – <http://jre.cplire.ru/jre/dec98/4/text.html>.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2004. – 479 с.
3. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: учебник / под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 480 с.
4. Захаров Е.В. Пименов Ю.В. Численные методы решения задач дифракции. – М.: Радио и связь, 1986. – 184 с.
5. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Алгоритм расчета радиолокационных характеристик полостей с использованием приближенной модели // Системы управления и информационные технологии. – 2005. – № 4. – С. 17–20.
6. Преображенский А.П. Построение моделей объектов с максимальными средними значениями характеристик рассеяния // Радиолокация, навигация и связь: доклады XI междунар. НТК. – Воронеж, 2005. – Т. 3. – С. 1440–1446.

7. Юдин В.А. Аналитическое описание корреляционно-многочастотного способа оценки радиальных размеров воздушных целей // Электронный математический и медико-биологический журнал. – 2009. – Вып. 4. – <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-24-html/yudin-2/yudin-2.htm>.

References

1. Borzov A.B., Bystrov R.P., Sokolov A.V. Zhurnal radioelektroniki – Journal of radioelectronics. 1998. no. 1. <http://jre.cplire.ru/jre/dec98/4/text.html>.
2. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics]: A manual for universities. Moscow: High school, 2004. 479 p.
3. Eliseeva I.I., Yuzbashev M.M. Obshchaya teoriya statistiki [General Theory of Statistics]: A Textbook / Ed. By I.I. Eliseeva. Moscow. Finance and Statistics, 2002. 480 p.
4. Zaharov E.V. Pimenov Yu.V. Chislennyye metody resheniya zadach difrakcii [Numerical methods for solving diffraction problems]. M.: Radio and Communications. 1986. 184 p.
5. Preobrazhensky A.P., Choporov O.N. Sistemy upravleniya i informatsionnye tehnologii Control Systems and Information Technologies, 2005. no. 4. pp. 17–20.
6. Preobrazhensky A.P. // Doklady XI Mezhdynardnoy nauchno-tehnicheskoy konferencii «Radiolokaciya, navigatsiya i svyaz». (Proc. of the XIth Int. Technol. Symp «Radar, navigation and communications»). Voronezh, 2005. Vol. 3. pp. 1440–1446.
7. Yudin V.A. Elektronny matematichesky i mediko-biologicheskyy zhurnal. (Electronic math and life sciences journal). 2009. no. 4. <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-24-html/yudin-2/yudin-2.htm>.

Рецензенты:

Кострова В.Н., д.т.н., профессор, проректор по мониторингу Воронежского института высоких технологий, г. Воронеж;
 Чопоров О.Н., д.т.н., профессор, проректор по научной работе Воронежского института высоких технологий, г. Воронеж.
 Работа поступила в редакцию 07.03.2013.