

Л. А. Гурченко
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)
Науч. рук. **В. Н. Капшай**, канд. физ.-мат. наук, доцент

РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА БИИЗОТРОПНОМ ЦИЛИНДРЕ ПРИ НОРМАЛЬНОМ ПАДЕНИИ

Введение. В работе обсуждается рассеяние электромагнитных волн на биизотропном цилиндре в том частном случае, когда падающая плоская волна распространяется перпендикулярно оси цилиндра. Актуальность этой задачи обусловлена потенциальной возможностью использования биизотропных цилиндров в качестве элементов стержневых антенн и рассеивателей.

Постановка задачи. Пусть плоская монохроматическая волна падает на цилиндр так, что волновой вектор падающей волны перпендикулярен оси цилиндра. Мы рассматриваем бесконечно длинный, вертикальный, однородный, биизотропный цилиндр, продольная ось симметрии которого ориентирована параллельно оси z , и начало системы координат находится на оси цилиндра радиуса a . Требуется определить электромагнитное поле внутри цилиндра и рассеянное поле вне его. Окружающую цилиндр среду считаем изотропной (рисунок 1).

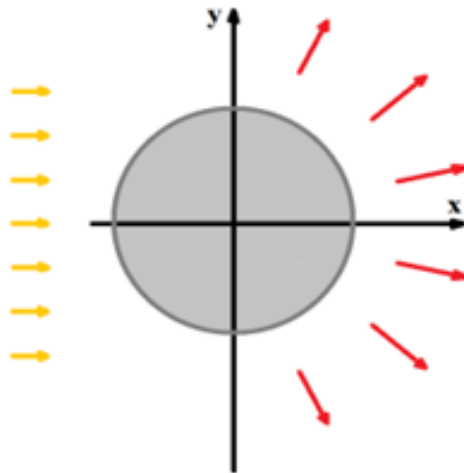


Рисунок 1 – Рассеяние плоской волны на цилиндре, облучаемом перпендикулярно к его продольной оси

В представлении Теллегена, предполагая экспоненциальную зависимость от времени вида $e^{-i\omega t}$, запишем материальные уравнения

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} + \xi \vec{H}, \quad \vec{B} = \zeta \vec{E} + \mu \vec{H}, \quad (1)$$

где ϵ и μ – скалярные диэлектрическая и магнитная проницаемости;

ξ и ζ – биизотропные псевдоскаляры [1].

Импедансы представим в виде

$$\eta_1 = -\frac{\omega\mu}{(\gamma_1 - i\omega\zeta)}, \quad \eta_2 = \frac{\omega\mu}{(\gamma_2 + i\omega\zeta)}, \quad (2)$$

а волновые числа определим по формулам

$$\gamma_1 = \left(\frac{\omega}{2} \right) \left[i(\zeta - \xi) + \sqrt{4(\epsilon\mu - \zeta\xi) - (\zeta - \xi)^2} \right], \quad (3)$$

$$\gamma_2 = \left(\frac{\omega}{2} \right) \left[i(\xi - \zeta) - \sqrt{4(\epsilon\mu - \xi\zeta) - (\xi - \zeta)^2} \right].$$

Теперь запишем формулы для векторных цилиндрических волновых функций [2]:

$$M_m^{(1)}(\sigma, \vec{r}) = \left[\frac{im}{\sigma\rho} J_m(\sigma\rho) \vec{u}_\rho - \partial J_m(\sigma\rho) \vec{u}_\varphi \right] e^{im\varphi},$$

$$M_m^{(3)}(\sigma, \vec{r}) = \left[\frac{im}{\sigma\rho} H_m^{(1)}(\sigma\rho) \vec{u}_\rho - \partial H_m^{(1)}(\sigma\rho) \vec{u}_\varphi \right] e^{im\varphi}, \quad (4)$$

$$N_m^{(1)}(\sigma, \vec{r}) = J_m(\sigma\rho) \vec{u}_z e^{im\varphi},$$

$$N_m^{(3)}(\sigma, \vec{r}) = H_m^{(1)}(\sigma\rho) \vec{u}_z e^{im\varphi},$$

где $\vec{u}_\rho, \vec{u}_\varphi$ и \vec{u}_z – единичные векторы в круговой цилиндрической системе координат;

индекс m принимает любые целочисленные значения;

$J_m(\dots)$ – цилиндрические функции Бесселя;

$H_m^{(1)}(\dots)$ – цилиндрические функции Ханкеля первого рода;

префиксом ∂ обозначено дифференцирование по аргументу;

σ – символ, соответствующий обозначению четности или нечетности.

Мы также определяем, следуя [3],

$$L_m^{(j)}(\sigma, \vec{r}) = M_m^{(j)}(\sigma, \vec{r}) + N_m^{(j)}(\sigma, \vec{r}), \quad (5)$$

$$R_m^{(j)}(\sigma, \vec{r}) = M_m^{(j)}(\sigma, \vec{r}) - N_m^{(j)}(\sigma, \vec{r}).$$

Решение задачи. Окружающая среда принимается диэлектрической и магнитной: $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$ и $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$. При указанных условиях

$$E^{na\partial}(\vec{r}) = [E_\perp \vec{u}_y + E_\parallel \vec{u}_z] e^{ik_0 x}, \quad (6)$$

$$H^{na\partial}(\vec{r}) = \frac{1}{\eta_0} [-E_\parallel \vec{u}_y + E_\perp \vec{u}_z] e^{ik_0 x},$$

где $k_0 = \omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$ – волновое число;

$\eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$ – импеданс окружающей среды;

\vec{u}_x, \vec{u}_y и \vec{u}_z – единичные декартовы векторы.

Для ТЕ-поляризованной падающей плоской волны $E_{\parallel} = 0$; для ТМ-поляризованной падающей плоской волны $E_{\perp} = 0$.

В терминах векторных волновых функций, определенных ранее, электрическое и магнитное поля падающей волны могут быть записаны в виде

$$E^{nad}(\vec{r}) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[A_m M_m^{(1)}(k_0, \vec{r}) + B_m N_m^{(1)}(k_0, \vec{r}) \right], \quad (7)$$

$$H^{nad}(\vec{r}) = \frac{k_0}{i\omega\mu_0} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[A_m N_m^{(1)}(k_0, \vec{r}) + B_m M_m^{(1)}(k_0, \vec{r}) \right],$$

где

$$A_m = i^{m+1} E_{\perp}, \quad B_m = i^m E_{\parallel}. \quad (8)$$

Рассеянное электромагнитное поле должно удовлетворять условиям излучения; следовательно, вне цилиндра

$$E^{pac}(\vec{r}) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[C_m M_m^{(3)}(k_0, \vec{r}) + D_m N_m^{(3)}(k_0, \vec{r}) \right], \quad (9)$$

$$H^{pac}(\vec{r}) = \frac{k_0}{i\omega\mu_0} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[D_m N_m^{(1)}(k_0, \vec{r}) + C_m M_m^{(1)}(k_0, \vec{r}) \right].$$

Внутри цилиндра имеем

$$E^2(\vec{r}) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[E_m L_m^{(1)}(\gamma_1, \vec{r}) + F_m R_m^{(3)}(\gamma_2, \vec{r}) \right], \quad (10)$$

$$H^2(\vec{r}) = i \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[\left(\frac{E_m}{\eta_1} \right) L_m^{(1)}(\gamma_1, \vec{r}) + \left(\frac{F_m}{\eta_2} \right) R_m^{(1)}(\gamma_2, \vec{r}) \right].$$

Тангенциальные компоненты электрического и магнитного полей должны быть непрерывными при пересечении окружности. Кроме того, векторные волновые функции образуют тригонометрический ряд Фурье по переменной φ . В итоге получаем систему простых алгебраических уравнений, которые выполняются при всех m и $p = 1, 2, 3, 4$:

$$\sum_{q=1, 2, 3, 4} V_{m,pq} X_{m,q} = \sum_{q=1, 2} W_{m,pq} Y_{m,q}. \quad (11)$$

Заключение. В работе исследован процесс рассеяния электромагнитных волн цилиндрической частицей в изотропной среде при облучении частицы плоской волной, направленной нормально к продольной оси симметрии цилиндра. Основным результатом является сведение системы исходных уравнений в частных производных к системе алгебраических уравнений. Результаты, полученные в ходе исследования рассеяния волн биизотропными цилиндрами, могут быть полезны при расчете полей, излучаемых стержневыми антеннами, а также при исследовании волноводов и рассеивателей.

Литература

1. Lindell, I. V. Electromagnetic waves in chiral and bi-isotropic media/ I. V, Lindell, A. H. Sihvola, S. A. Tretyakov, A. J. Viitanen. – Artech House, Boston and London. – 1994. – 344 P.
2. Barabas, M. Scattering of a plane wave by radially stratified titled cylinder / M. Barabas. // J. Opt. Soc. Amer. A 4, 1987. — Pp. 2240–2248.
3. Chittayil, K. Electromagnetic scattering by a chiral cylinder immersed in another chiral medium / K. Chittayil, A. Lakhtakia // Optik 89, 1991. – Pp. 59–64.

Н. А. Доломакин

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. С. А. Лукашевич, ст. преподаватель

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАТТЕРНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Паттерн проектирования предоставляет эффективный инструмент для документирования принимаемых решений, основанных на предыдущем опыте и извлеченных уроках. Этот подход обеспечивает структурирование процесса реализации модели проектирования с использованием нескольких программных компонентов. В результате модель способствует ускорению взаимодействия между различными компонентами, что облегчает сложную работу [1].

Применение шаблонов проектирования приносит множество выгод в процессе разработки программного обеспечения. В первую очередь, они способствуют ускорению процесса создания приложений. Шаблоны предоставляют готовые, оптимизированные решения для типичных задач, что позволяет избежать необходимости разработки новых компонентов с нуля. Это существенно сокращает время, затрачиваемое на проектирование и кодирование [1].

В рамках данной статьи будут рассмотрены два шаблона проектирования, будут показаны способы их реализации в связке с веб-фреймворком Django языка Python. Это будет тестовая реализация шаблонов в рамках проекта, которая покажет, как шаблон может быть интегрирован даже в готовое приложение. Конечно, данная реализация не имеет смысла в рамках разработки коммерческих проектов, однако необходимо знать эти шаблоны проектирования и как их применять на практике.

Сначала рассмотрим шаблон проектирования “Команда”. Данный паттерн представляет собой поведенческий паттерн, который инкапсулирует запрос в виде объекта, позволяя параметризовать клиентов с различными запросами, ставить запросы в очередь, а также поддерживать отмену операций [2]. Основные преимущества использования данного шаблона проектирования заключаются в следующих пунктах:

1. Отделение отправителя от получателя: Шаблон позволяет отделить объект, инициирующий запрос от объекта, который фактически выполняет операцию. Это уменьшает связанность и делает систему более гибкой, так как отправитель не зависит напрямую от реализации получателя.