

*Эм Артем Александрович,
аспирант департамента Электроники,
Телекоммуникаций и Приборостроения
Дальневосточный Федеральный Университет
РФ, г. Владивосток*

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ ИЗ ТРЕХ ТОЧЕЧНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ НАПРАВЛЕННЫХ ФУНКЦИЙ ГРИНА

***Аннотация:** в данной статье рассматриваются проблемы расчета антенн, связанные с учетом влияния внешних факторов на структуру и поле антенн.*

Объектом исследования является решение задачи анализа антенны из трех точечных излучателей, расположенной вблизи границы раздела сред. В роли предмета исследования выступает функция зависимости амплитуды поля антенны от угловой координаты. Анализ и синтез антенны проводился с помощью математической модели, построенной на теории направленных функций Грина.

Результатом анализа являются графики зависимости амплитуды поля антенны от угловой координаты.

***Ключевые слова:** анализ волновых полей; граница раздела сред; направленная функция Грина.*

***Abstract:** This article discusses the problems of calculating antennas associated with taking into account the influence of external factors on the structure and field of antennas.*

The object of the study is to solve the problem of analyzing an antenna of three point emitters located near the interface between the media. The subject of research

is the function of the dependence of the antenna field amplitude on the angular coordinate. The analysis and synthesis of the antenna was carried out using a mathematical model based on the theory of directional Green's functions.

The analysis results in graphs of the dependence of the antenna field amplitude on the angular coordinate.

Key words: analysis of wave fields; interface between media; directional Green's function.

Введение: основной характеристикой антенн является диаграмма направленности, которая представляет собой математическую функцию зависимости амплитуды или интенсивности поля антенны в свободном пространстве от угловой координаты[1,5]. В большинстве случаев диаграммы направленностей являются преобразованием Фурье амплитудно-фазового распределения поля[1].

Математическая модель: рассмотрим задачу: нужно рассчитать диаграмму направленности по известной конфигурации источников (Рисунок 1). Все равноудалены друг от друга на расстояния, равное половине длины волны.

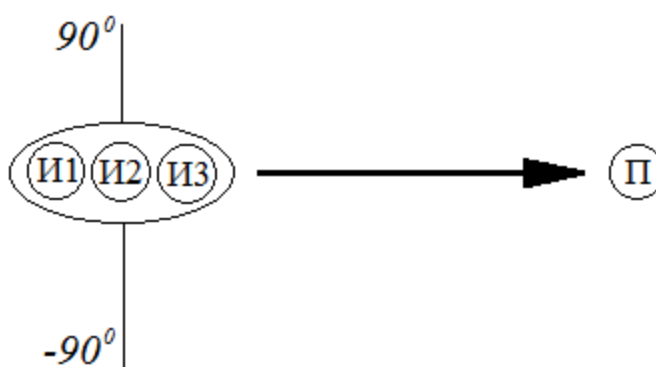


Рисунок 1. Геометрия задачи. И1, И2, И3 - источники, П - приемник.

Большинство традиционных методов расчета антенн рассматривают задачи анализа и синтеза как отдельные невзаимосвязанные задачи [2, 4, 5].

Основной рассчитываемой характеристикой антенн является диаграмма направленности антенны.

Предлагается метод расчета, основанный на направленных функциях Грина, удовлетворяющие граничным условиям неразрывности по угловым координатам. С помощью предложенной модели построены диаграммы направленности точечного источника при разных частотах.

$$G_{\Sigma} = \sum_{l=1}^L [G_l(M, M_0) + k_{отрл} \cdot G_l^{-1}(M, M_0)] \quad (1)$$

M - точка приема сигнала с координатами x и y ;

M_0 – точка излучения сигнала с координатами x_0 и y_0 ;

Направленная функция Грина имеет вид:

$$G_l = \frac{i}{2\pi} \int_{U_{lmin}}^{U_{lmax}} \frac{F_l(\theta)}{\sqrt{k^2 - U_l^2}} e^{i(x-x_0)\sqrt{k^2 - U_l^2} + (y-y_0)U_l} dU_l \quad (2)$$

где $F_l(\theta) = 1$, если $\theta_{lmin} \leq \theta \leq \theta_{lmax}$ при $l=1,2,3,\dots,L$. $F_l = 0$ при остальных значениях θ .

Результаты расчетов

Моделирование проведено в программной среде MathCad. В ходе моделирования изменялись только частота излучателя и толщина слоя льда. Приведено три графика.

Исходные данные расчета поля точечного излучателя:

c – фазовая скорость распространения электромагнитных волн в среде $3 \cdot 10^8$ м/с;

f – частота излучателя;

P – мощность излучателя;

Результаты численных расчетов: на рисунках 3-6 представлены диаграммы направленности точечного источника электромагнитных волн при заданных значениях частоты и мощности.

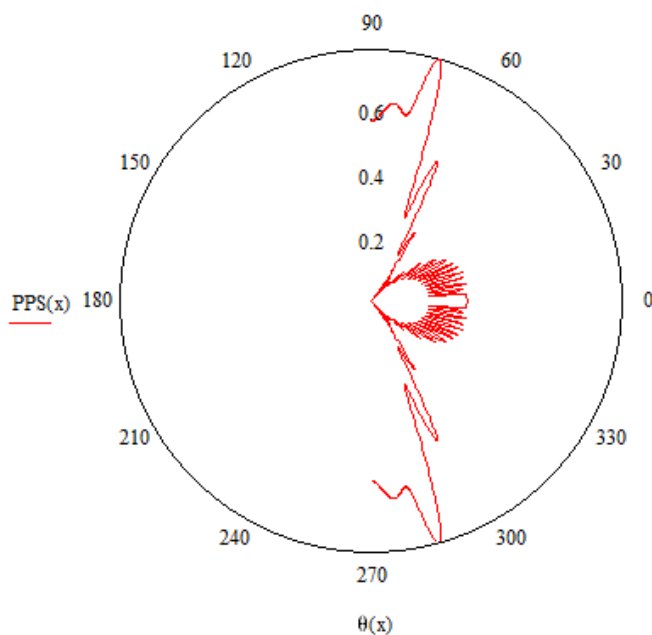


Рисунок 2. График диаграммы направленности антенны. $f=5$ МГц, $P=35$ Вт.

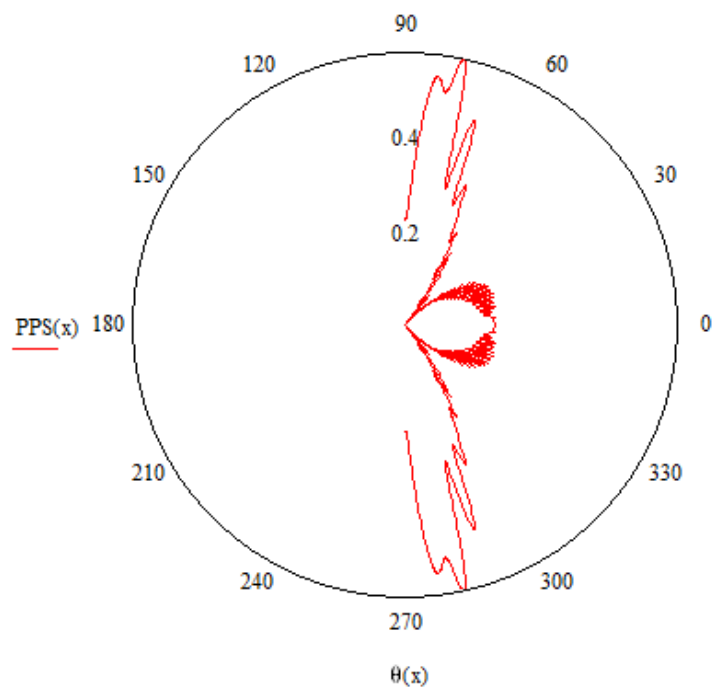
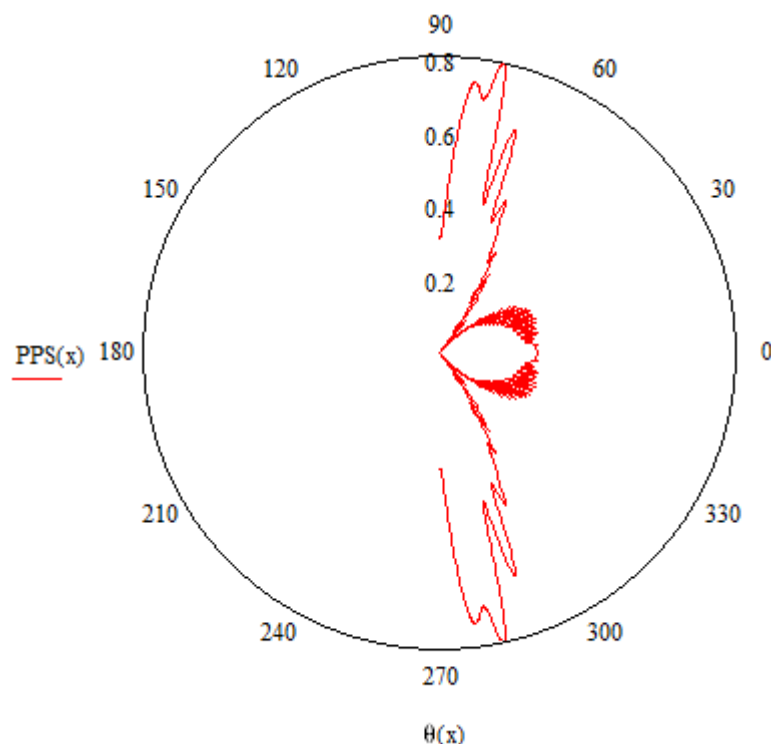


Рисунок 3. График функции плотности источников излучения вдоль оси x. $f=10$ МГц, $P=35$ Вт.

Рисунок 4. График пространственного распределения напряженности



электрического поля в свободном пространстве. $f=10$ МГц, $P=70$ Вт.

Отклонения на границах - вблизи углов 0° и 90° обуславливаются ошибками разработанного алгоритма.

Представленный алгоритм позволяет рассчитывать поля точечных электромагнитных излучателей в слоистых средах с учетом отражения волн от границ раздела. Погрешность вычислений составляет 25 – 30 %.

Список литературы:

1. Фок В.А. Проблемы дифракции и распространения электромагнитных волн. - М.: Советское радио, 1970. 476 с.
2. Шендеров Е.Л. Волновые задачи гидроакустики. - Ленинград: Судостроение, 1972. 348 с.
3. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. - М.: Наука, 1973. 340 с.

4. Cross J.D., Atkins P.R., Electromagnetic Propagation in Four-Layered Media Due to a Vertical Electric Dipole: A Clarification. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2015 vol. 2, issue: 2. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6991576>

5. Короченцев В.И. Волновые задачи теории направленных и фокусирующих антенн. - Владивосток: Дальнаука, 1998. 192 с.