

*Эм Артем Александрович,
аспирант кафедры Приборостроения
Дальневосточный Федеральный Университет
РФ, г. Владивосток*

АНАЛИЗ ПОЛЯ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ИЗ ТРЕХ ЭЛЕМЕНТОВ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

***Аннотация:** проведен анализ излучающей антенной решетки из трех излучателей, которая расположена в свободном пространстве. В качестве излучателей принимаются точечные источники, излучающие электромагнитные волны с равными амплитудами и частотами, постоянной разностью фаз.*

Представлены графики распределения амплитуды напряженности электрического поля в зависимости от расстояния.

***Ключевые слова:** анализ волновых полей; антенная решетка; направленная функция Грина.*

***Abstract:** An analysis of a radiating antenna array of three radiators, which is located in free space, is carried out. Point sources emitting electromagnetic waves with equal amplitudes and frequencies, constant phase difference are accepted as emitters.*

The graphs of the distribution of the amplitude of the electric field strength depending on the distance are presented.

***Key words:** analysis of wave fields; antenna array; directional Green's function.*

Введение: под задачами анализа волновых полей антенн понимается определение физических характеристик волнового поля при известной конфигурации источников[1].

При решении задач анализа могут возникнуть сложности, если необходимо учитывать различные неоднородности (границы раздела сред сложной формы, неравномерное распределение параметров среды, инородные включения и т.д.)[2,3].

Представлена математическая модель распространения сферических электромагнитных волн трех точечных источников. В основе модели лежат направленные функции Грина с неоднородными по углу граничными условиями.

Преимущества:

- модель позволяет представить рельефную поверхность как совокупность плоских, что позволяет использовать простые и широко распространенные методы решения задач анализа волновых полей;
- позволяет построить устойчивые алгоритмы как анализа так и синтеза антенн.

Математическая модель: рассмотрим задачу: нужно рассчитать поле антенной решетки из трех точечных излучателей при заданной частоте, постоянной разности фаз, начальной амплитуде (Рисунок 1). Все источники лежат на оси x и равноудалены друг от друга. Расстояние между источниками равно половине длины волны.

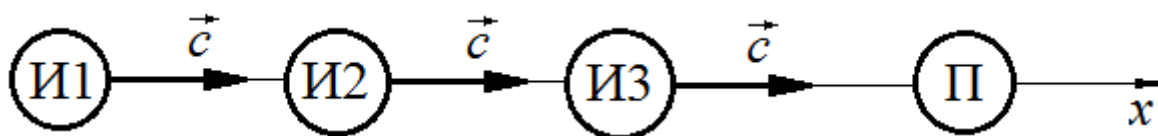


Рисунок 1. Поле трех точечных источников в свободном пространстве. И-источник, П-приемник, c -фазовая скорость электромагнитных волн.

В соответствии с теорией направленных функций Грина[1] поле точечного источника в свободном пространстве описывается следующим образом:

$$G_l = \frac{i}{2 \cdot \pi} \cdot \int_{U_{l \min}}^{U_{l \max}} \frac{F_l(\theta) \cdot E_0}{\sqrt{k^2 - U_l^2}} \cdot e^{[i \cdot (x - x_0) \cdot \sqrt{k^2 - U_l^2} + (y(x) - y_0) \cdot U_l]} dU_l \quad (1)$$

где G_l – направленная функция Грина l -го источника;

$F_l(\theta)$ – диаграммная функция;

$U_l = k_l \cdot \sin(\theta)$ – обобщенная координата;

E_0 – амплитуда колебаний вектора напряженности электрического поля.

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

Результаты численных расчетов: на рисунках 2-4 приведены результаты расчетов по предложенной модели при расположении источника в слое льда. Исходные данные: частота источника $f = 10$ МГц; расчетное расстояние 2 000 м, мощность каждого излучателя $P = 35$ Вт, относительная диэлектрическая проницаемость воздуха = 1; льда = 3,25; воды = 81.

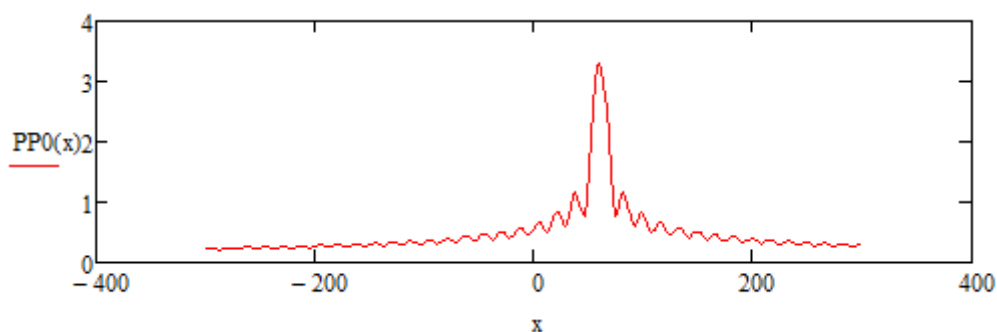


Рисунок 2. График распределения напряженности электрического поля источника И1 в свободном воздушном пространстве.

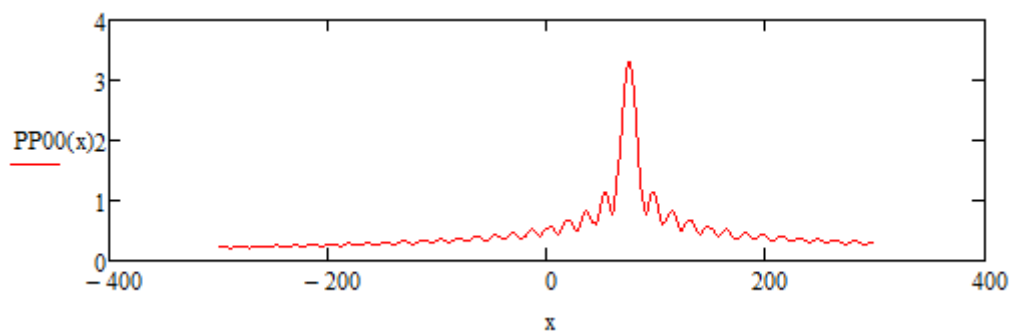


Рисунок 3. График распределения напряженности электрического поля источника И2 в свободном воздушном пространстве.

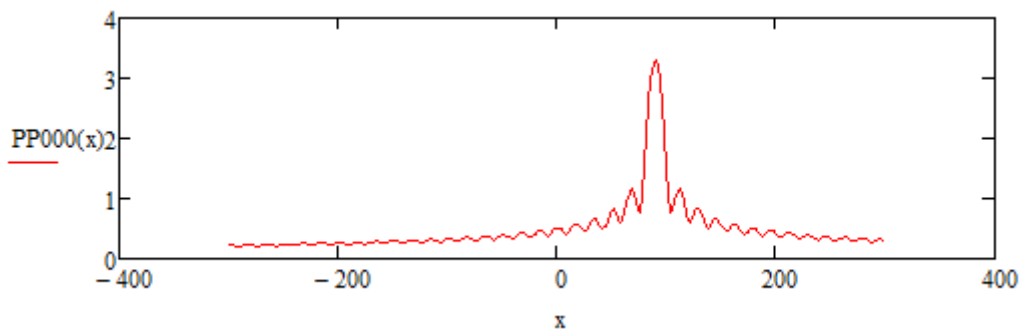


Рисунок 4. График распределения напряженности электрического поля источника И3 в свободном воздушном пространстве.

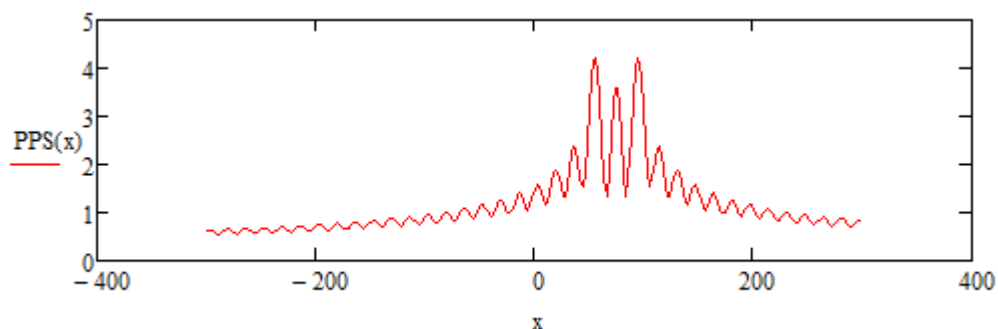


Рисунок 5. График распределения напряженности электрического поля всех источников в свободном воздушном пространстве.

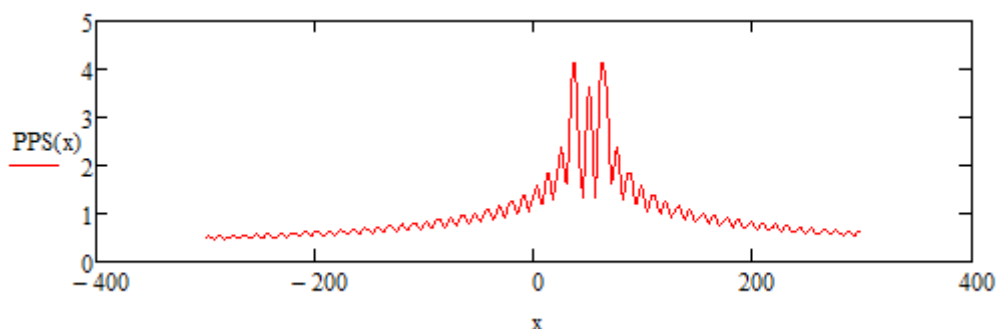


Рисунок 6. График распределения напряженности электрического поля всех источников в свободном воздушном пространстве при частотах источников 15 МГц.

Заключение: т.к. источники идентичны по заданным параметрам, то создаваемые ими электромагнитные волны должны совпадать по амплитуде и частоте, что и показано на рисунках 2-4.

На рисунке 5 показано распределение амплитуды волн, распространяющихся от системы из трех источников, результирующая амплитуда которых больше амплитуды волн каждого из источников по отдельности, что соответствует действительности.

При повышении частоты источников электромагнитные волны затухают на меньших дистанциях, а источники должны располагаться ближе, т.к. по условию задачи расстояние между источниками должно быть равно половине длины волны.

Полученные данные будут полезны для прогноза дальности связи в заданных условиях, синтезе как известных, так и новых типов антенн.

Список литературы:

1. Короченцев В.И. Волновые задачи теории направленных и фокусирующих антенн. Владивосток: Дальнаука, 1998. 192 с.
2. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. М.: Наука, 1973. 340 с.
3. Шендеров Е.Л. Волновые задачи гидроакустики. Ленинград: Судостроение, 1972. 348 с.