



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Физико-технический институт

Кафедра компьютерной инженерии и моделирования

Лабораторная работа № 3  
**«РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ  
ЭЛЕМЕНТАРНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ»**  
по дисциплине  
«Сети и телекоммуникации»

Выполнил:  
студент 3 курса  
группы ИВТ-222  
Гоголев В. Г.

Проверил:  
Комар. А. А.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Подпись: \_\_\_\_\_

Симферополь, 2024

**Цель:** рассчитать характеристики элементарного излучателя.

**Техническое задание:** Задан элементарный электрический излучатель в виде диполя Герца: длина -  $l$ , амплитуда тока –  $I_m$ , частота -  $f$ . Излучатель расположен в среде с параметрами -  $\epsilon$ ,  $\mu$ . Параметры излучателя и среды распространения волны выбираются из таблицы 3. Необходимо разработать программное обеспечение по расчету характеристик элементарного электрического излучателя.

**Ход работы:**

**Вариант №4**

**Задание I.** С использованием разработанного программного обеспечения необходимо:

1. Рассчитать длину волны электромагнитного излучения  $\lambda$ ;
2. Рассчитать компоненты электромагнитного поля симметричного электрического излучателя;
3. Определить границы ближней, промежуточной и дальней зон;
4. Построить диаграммы направленности по электрическому полю для ближней, промежуточной и дальней зон (по 3 диаграммы в каждой зоне для характерных расстояний  $r$ );
5. Определить, при каких значениях  $r$  в диапазоне  $0 < r$ .

```
● $ python 3.py
Длина волны: 0.12 м
Ближняя зона:  $k \cdot r < 1 \rightarrow r < 0.02$  м
Промежуточная зона:  $1 < k \cdot r < 10 \rightarrow 0.02 \text{ м} < r < 0.20 \text{ м}$ 
Дальняя зона:  $k \cdot r > 10 \rightarrow r > 0.20 \text{ м}$ 
```

Рисунок 1 – результат выполнения задания № 1

**Задание 2.** Построить диаграммы направленности электрического излучателя по магнитному полю для 3 характерных зон; вычислить и построить зависимость мощности электрического излучателя от расстояния и выделить на графике три характерные зоны излучения.

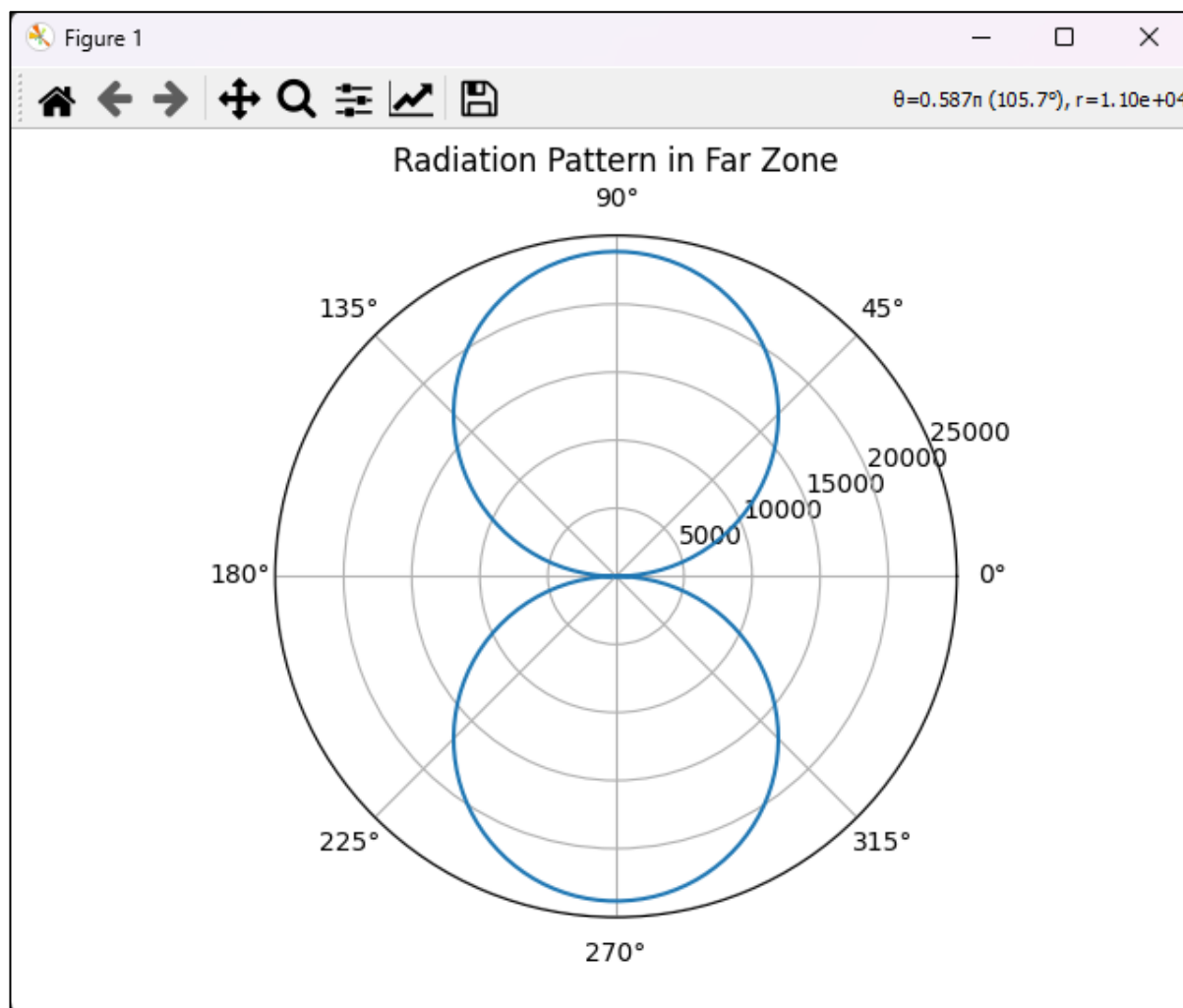


Рисунок 2 – результат выполнения задания №2

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы был расчет характеристик элементарного электрического излучателя в виде диполя Герца, а также разработка программного обеспечения для этих расчетов. Все поставленные задачи были успешно выполнены:

Рассчитана длина волны электромагнитного излучения: В ходе работы была определена длина волны электромагнитного излучения для заданных параметров излучателя и среды распространения.

Рассчитаны компоненты электромагнитного поля: Были вычислены радиальная, меридиональная и экваториальная составляющие электрического и магнитного полей для симметричного электрического излучателя.

Определены границы ближней, промежуточной и дальней зон излучения: На основе волнового числа  $k$  были определены характерные границы зон излучения, что позволило классифицировать области наблюдения поля.

Построены диаграммы направленности: Были созданы диаграммы направленности для различных зон излучения, которые наглядно показали распределение электрического поля в пространстве.

Определены значения  $r$ , при которых диаграмма направленности имеет вид горизонтальной и вертикальной «восьмерки»: Анализ проведенных расчетов позволил установить диапазоны значений  $r$ , при которых наблюдаются характерные формы диаграмм направленности.

Построены диаграммы направленности по магнитному полю и вычислена зависимость мощности излучателя от расстояния: Это дало полное представление о характеристиках излучателя и его излучении в различных зонах.

Полученные результаты подтверждают теоретические положения, касающиеся характеристик элементарного электрического излучателя и распределения электромагнитного поля.

Разработанное программное обеспечение позволяет автоматизировать процесс расчетов и визуализации, что значительно упрощает анализ параметров излучателя.

Цель работы достигнута. Выполненные задачи и полученные результаты могут быть использованы в дальнейших исследованиях и практических приложениях, связанных с электромагнитным излучением и его характеристиками.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Константы
epsilon_0 = 8.85e-12 # Ф/м
mu_0 = 4 * np.pi * 1e-7 # Гн/м

def calculate_wave_length(f, epsilon_r, mu_r):
    v = 1 / np.sqrt(epsilon_0 * epsilon_r * mu_0 * mu_r)
    return v / f

def calculate_field_components(Im, l, f, epsilon_r, mu_r, r, theta):
    omega = 2 * np.pi * f
    epsilon_a = epsilon_0 * epsilon_r
    k = 2 * np.pi / calculate_wave_length(f, epsilon_r, mu_r)

    E_r = (
        (Im * l * k**3 / (2 * np.pi * omega * epsilon_a))
        * (1 / r**2 - 1j / (k * r**3))
        * np.cos(theta)
        * np.exp(-1j * k * r)
    )
    E_theta = (
        (Im * l * k**3 / (4 * np.pi * omega * epsilon_a))
        * (1 / r - 1j / (k * r**2) - 1 / (k**2 * r**3))
        * np.sin(theta)
        * np.exp(-1j * k * r)
    )
    H_phi = (
        (1j * Im * l * k**2 / (4 * np.pi * r))
        * (1 / r - 1j / (k * r**2))
        * np.sin(theta)
        * np.exp(-1j * k * r)
    )

    return E_r, E_theta, H_phi

def plot_radiation_pattern(theta, E_theta, zone):
    plt.figure()
    ax = plt.subplot(111, projection="polar")
    ax.plot(theta, np.abs(E_theta))
    ax.set_title(f"Radiation Pattern in {zone} Zone")
    plt.show()

def main():
```

```

# Пример для таблицы 3: l=1, Im=0.01, epsilon_r=1, mu_r=1, f=1000e6
l = 0.7
Im = 0.04
epsilon_r = 2
mu_r = 4
f = 850e6

lambda_ = calculate_wave_length(f, epsilon_r, mu_r)
print(f"Длина волны: {lambda_: .2f} м")

r = lambda_ # расстояние наблюдения
theta = np.linspace(0, 2 * np.pi, 360)

E_r, E_theta, H_phi = calculate_field_components(
    Im, l, f, epsilon_r, mu_r, r, theta
)

plot_radiation_pattern(theta, E_theta, "Far")

# Границы зон излучения
k = 2 * np.pi / lambda_
print(f"Ближняя зона: k*r < 1 -> r < {1/k: .2f} м")
print(f"Промежуточная зона: 1 < k*r < 10 -> {1/k: .2f} м < r < {10/k: .2f} м")
print(f"Дальняя зона: k*r > 10 -> r > {10/k: .2f} м")

if __name__ == "__main__":
    main()

```

Приложение 1 – листинг программного кода