

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Комплексная защита информации»

ОТЧЕТ

По дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн»

Практическая работа №2

Выполнили
студенты гр. БИТ-181:
Белый В.Е.,
Шабанов В.С.

Проверил:
доц., канд. физ-мат.н.
Михеев В.В.

Омск, 2020

Задание 2. Плоская гармоническая ЭМВ с частотой f , располагается вдоль оси z в проводящей среде с параметрами $\varepsilon = 1, \mu, \sigma$. Амплитуда вектора E в начале координат равна E_m .

Найти $\tan \delta$, коэффициент затухания и фазы $\lambda_v, \nu_\phi, \nu_{\text{гр}}$, волновое сопротивление среды, глубину проникновения ЭМВ в вещество. Определить амплитуду плотности тока проводимости и смещения, а также плотность потока мощности волны в начале координат и на расстоянии z от начала координат. Рассчитать, на каком расстоянии от начала координат амплитуда поля уменьшится в m раз.

Сравнить полученные результаты с заданием 1, сделать выводы.

Вариант	f , МГц	μ	σ , См/м	E_m , В/м	z , мм	m
45	1,2	8,0	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{-1}$	2,4	5000

Таблица 1: Исходные данные.

ε_0 , Ф/м	μ_0 , Гн/м	Z_0 , Ом
$\frac{10^{-9}}{36\pi}$	$4\pi \cdot 10^{-7}$	120π

Таблица 2: Постоянные величины.

Решение:

Найдем тангенс потерь, для того чтобы определить классификацию среды.

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\sigma}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot f \cdot \varepsilon_0} = 1,5 \cdot 10^{10}; \quad (1)$$

Поскольку, значение $\operatorname{tg} \delta$ находится в интервале от 10 до ∞ , можно классифицировать среду как – проводник.

$$\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 1,2 \cdot 10^6 = 7,54 \cdot 10^6 \text{ рад/с}; \quad (2)$$

$$\alpha = \beta = \sqrt{\pi f \sigma \mu_0 \mu} = 6,156 \cdot 10^3 \text{ 1/м}; \quad (3)$$

Находим характеристики ЭМВ:

- длину волны:

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (4)$$

- фазовую скорость, групповую скорость:

$$v_{\phi} = \frac{\omega}{\beta} = 1,225 \cdot 10^3 \text{ м/с}, \quad v_{\text{гр}} = 0 \text{ м/с}; \quad (5)$$

- волновое сопротивление проводника:

$$Z_{\text{в}} = \sqrt{\frac{\omega\mu_0\mu}{\sigma}} \exp\left(i\frac{\pi}{4}\right) = 0,00615 + 0,00615i \text{ Ом}; \quad (6)$$

- глубину проникновения:

$$\Delta^{\circ} = \frac{1}{\alpha} = 1,624 \cdot 10^{-4} \text{ м}; \quad (7)$$

Рассчитаем амплитуду плотности тока проводимости и смещения:

$$j_{\text{пр}} = \sigma E_m = 1 \cdot 10^5 \text{ А/м}^2, \quad (8)$$

$$j_{\text{см}} = \frac{j_{\text{пр}}}{tg\delta} = 6,667 \cdot 10^{-6} \text{ А/м}^2; \quad (9)$$

Рассчитаем плотность потока мощности ЭМВ:

$$\Pi_0 = \frac{E_m^2}{2 \cdot Z_{\text{в}}} = 0,524 \text{ Вт/м}^2, \quad (10)$$

$$\Pi(z) = \Pi_0 \cdot e^{-2 \cdot \alpha z} = 8,434 \cdot 10^{-14} \text{ Вт/м}^2; \quad (11)$$

Рассчитаем на каком расстоянии от начала координат амплитуда поля уменьшается в 5000 раз:

$$A = e^{\alpha z} \rightarrow m = e^{\alpha z} \rightarrow z = \frac{\ln m}{\alpha} = 1,384 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad (12)$$

Вывод:

Сравнительный анализ ЭМВ в полупроводящей среде и в проводнике:

Параметры	Полупроводящая среда	Проводник
$tg\delta$	0,27	$1,5 \cdot 10^{10}$
α , 1/м	0,193	$6,156 \cdot 10^3$
β , 1/м	1,634	$6,156 \cdot 10^3$
λ , м	3,845	$1,02 \cdot 10^{-3}$
v_ϕ , м/с	$3,845 \cdot 10^7$	$1,225 \cdot 10^3$
$v_{гр}$, м/с	$3,845 \cdot 10^7$	0
Z_B , Ом	47,70720-5,29937i	0,00615+0,00615i
Δ° , м	5,181	$1,624 \cdot 10^{-4}$
$j_{пр}$, А/м ²	$18 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^5$
$j_{см}$, А/м ²	$6,667 \cdot 10^{-4}$	$6,667 \cdot 10^{-6}$
$\Pi(z)$, Вт/м ²	$1,24 \cdot 10^{-10}$	$8,434 \cdot 10^{-14}$
z , м	22,013	$1,384 \cdot 10^{-3}$

Таблица 3: Сравнение параметров.

Из таблицы 3 можно увидеть, что ...