Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника(РЛ)»

Кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства(РЛ1)»

Домашняя задание №1

по дисциплине

«Электродинамика и распространение радиоволн»

Вариант № 12

Выполнил ст. группы РЛ-41

Филимонов С.В.

Преподаватель Русов Ю.С.

Оценка в баллах_________

Москва, 2022

Задание №1

ГОСТ 18238-72

1. **Линия передачи сверхвысоких частот (**Линия передачи) - Устройство, ограничивающее область распространения электромагнитных колебаний и направляющее поток сверхвысокочастотной электромагнитной энергии в заданном направлении.

2. **Открытая линия передачи -** Линия передачи, поперечное сечение которой не имеет замкнутого проводящего контура, охватывающего область распространения электромагнитной энергии.

3. **Гибридная волна -** Электромагнитная волна, векторы электрического и магнитного полей которой имеют отличные от нуля поперечные и продольные составляющие.

4. **Критическая частота -** Наименьшая частота, при которой возможно распространение данного типа волны в линии передачи

5. **Вносимое ослабление -** десятикратного значение десятичного или половина натурального логарифма отношения мощности падающей волны на выходе при выключении из тракта некоторой его части к мощности падающей волны на том же выходе при включении этой части

ГОСТ 24375-80

1. **Радиосвязь -** электросвязь, осуществляемая посредством радиоволн.

2. **Космическая радиосвязь** - радиосвязь, в которой используется одна или несколько космических радиостанций или один или несколько отражающих спутников, или другие космические объект.

3. **Активная ретрансляция радиосигнала** - ретрансляция радиосигнала, включающая его приём, преобразование, усиление и излучение.

4. **Пассивная ретрансляция радиосигнала** - ретрансляция радиосигнала путём отражения или преломления, или рассеяния радиоволн в устройствах, телах или искусственных средах с целью изменения направления распространения радиоволн.

5. **Область тени** - зона на земной поверхности, окружающая передающую антенну и лежащая за пределами расстояния прямой видимости.

Задание №2

Условие.

Положительный заряд q равномерно распределён по объёму шара радиуса a. Определить напряжённость электрического поля, электрическую индукцию и скалярный потенциал внутри и вне шара. Диэлектрическая проницаемость материала $\varepsilon a1$, окружающей среды $\varepsilon a2$. Построить зависимости E(r), D(r), φ(r), указать характерные особенности графиков и причину их появления. Провести проверку граничных условий на границе раздела сред. Исходные данные: a[мм] = 0,029; q[Кл] = 0,6; $\varepsilon a = \varepsilon 0 \varepsilon r$; $\varepsilon r1 = 3{,}2$; $\varepsilon r2 = 1$.

Решение.

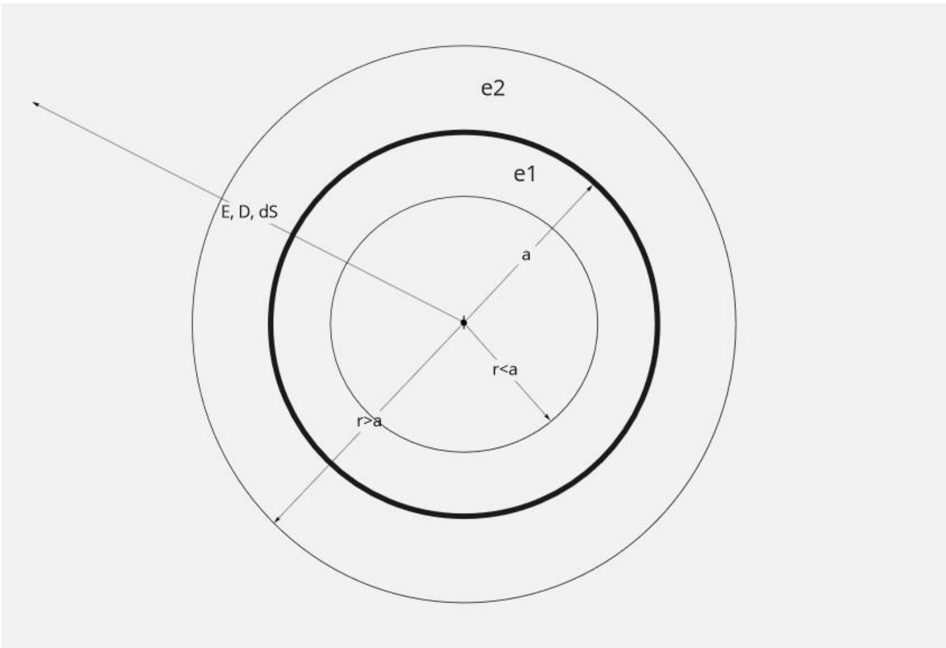

Рисунок 1 - Шар с зарядом q.

Для начала введём новую переменную R - радиус сферы, так чтобы R = a. Найдём для начала напряжённость электрического поля и скалярный потенциал внутри и вне шара. Применим теорему Гаусса. Выберем в качестве рассматриваемой поверхности замкнутый шар радиуса r > R. Очевидно, что напряжённость на поверхности этого шара будет одинакова по величине и направлена по радиусу. Тогда поток напряжённости через него будет равен

$$E4\pi r^2.$$

Согласно теореме Гаусса

$$E4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_{r1}\varepsilon_0},$$

откуда следует

$$E(r) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_{r1}\varepsilon_0 \cdot r^2}\text{, при } r > R.$$

Чтобы найти напряжённость электрического поля внутри шара, выберем в качестве замкнутой поверхности шар радиуса r < R с центром в центре шара.Из симметрии ясно, что напряжённость поля направлена по радиусу и одинакова по величине на всей поверхности сферы. Из теоремы Гаусса следует

$$E(r)4\pi r^2 = \frac{q(r)}{\varepsilon_{r2}\varepsilon_0},$$

где q(r) – заряд внутри выбранной поверхности. Введём плотность заряда шара ρ. Тогда

$$q(r) = \rho\frac{4}{3}\pi r^3 \text{ и } E(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{r2}\varepsilon_0}\cdot\frac{q(r)}{r^2} = \frac{\rho r}{3\varepsilon_{r2}\varepsilon_0}.$$

Плотность заряда равна полному заряду, делённому на объем шара

$$\rho = \frac{3q}{4\pi R^3}.$$

Для напряжённости поля внутри шара получим

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{r2}\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{R^3}r\text{, при } r < R.$$

И так подведём итог по напряжённость электрического поля внутри и вне шара

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{r1}\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r^2}\text{ при } r > R, E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{r2}\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{R^3}r\text{ при } r < R.$$

$$E = 8,9918 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,6}{r^2}\ \frac{В}{м} \text{ при } r > R, E = 2,8099 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,6}{0,029^3} r\ \frac{В}{м} \text{ при } r < R.$$

$$E = \frac{5,29508 \cdot 10^9}{r^2}\ \frac{В}{м} \text{ при } r > R, E = 6,912 \cdot 10^{13} \cdot r\ \frac{В}{м} \text{ при } r < R.$$

Теперь найдём электрическую индукцию

$$D = \varepsilon_0 E + P = \varepsilon_0 E + \kappa \varepsilon_0 E = \varepsilon_0 (1+\kappa) E = \varepsilon_0 \varepsilon_r E$$

Тогда

$$D = \varepsilon_0 \varepsilon_{r1} E \text{ при } r > R, D = \varepsilon_0 \varepsilon_{r2} E \text{ при } r < R.$$

$$D = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot E\ \frac{Кл}{м^2} \text{ при } r > R, D = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 3,2 \cdot E\ \frac{Кл}{м^2} \text{ при } r < R.$$

$$D = 4,686 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{r^2}\ \frac{Кл}{м^2} \text{ при } r > R, D = 1,9574 \cdot 10^3 \cdot r\ \frac{Кл}{м^2} \text{ при } r < R.$$

Проверим граничные условия для векторов D

$$D_{n(1)} - D_{n(2)} = \kappa,$$

$$D_{n(1)} = D_{n(2)}, \text{значит } \kappa = 0.$$

Проверим

$$D_{n(R)} = 8,85 \cdot 10^{12} \cdot 8,9918 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,6}{0,029^2} \approx 56,77\ \frac{Кл}{м^2},$$

$$D_{n(R)} = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 3,2 \cdot 2,8099 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,6}{0,029^2} \approx 56,77\ \frac{Кл}{м^2}.$$

$$D_{n(1)} = D_{n(2)},$$

Значит выполняются граничные условия для тангенциальных составляющих. Осталось определить только потенциал внутри и вне шара. Потенциал и напряжённость связаны следующим соотношением

$$E = -grad\, \varphi.$$

В сферической системе координат составляющие

$$E_\theta \text{ и } E_\varphi \text{ равны нулю, тогда } E = E_r = -\frac{\partial}{\partial r}\varphi \Longrightarrow \int \partial\varphi = \int E_r \partial r.$$

Тогда для начала найдём потенциал вне шара при r > R выразится в виде

$$\varphi(r) = -\int E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{r1}\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \partial r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{r1}\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r} + C_1,$$

Определим C1

$$r \Longrightarrow \infty, \varphi \Longrightarrow 0, \text{тогда } \frac{q}{4\pi\varepsilon_{r1}\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{\infty} = 0 \Longrightarrow C_1 = 0.$$

Теперь найдём потенциал внутри шара r ≤ R

$$\varphi(r) = -\int \frac{1}{4\pi\varepsilon_{r2}\varepsilon_0} \cdot \frac{qr}{R^3} \partial r = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_{r2}\varepsilon_0} \cdot \frac{qr^2}{R^3} + C_2,$$

Определим C2

$$r \Longrightarrow R, \text{тогда } -\frac{1}{4\pi\varepsilon_{r1}\varepsilon_0} \cdot \frac{qR^2}{R^3} + C_2 = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_{r1}\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{R} + C_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{r2}\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{R} \Longrightarrow$$

$$C_2 = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}\left(\frac{1}{\varepsilon_{r1}} + \frac{1}{\varepsilon_{r2}}\right).$$

$$C_2 = \frac{0,6}{0,029}(2,8099 + 8,9918) \cdot 10^9 = 1,279 \cdot 10^{11}.$$

И так подведём итог по потенциалу внутри и вне шара

$$\varphi(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{r1}\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \text{ при } r > R,\ \varphi(r) = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_{r2}\varepsilon_0} \cdot \frac{qr^2}{R^3} + 1,279 \cdot 10^{11} \text{ при } r \le R.$$

$$\varphi(r) = 8,9918 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,6}{r}\, B \text{ при } r > R,\ \varphi(r) = -2,8099 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,6 \cdot r^2}{0,029^3} + 1,279 \cdot 10^{11}\, B \text{ при } r \le R.$$

$$\varphi(r) = \frac{54 \cdot 10^{10}}{r}\, B \text{ при } r > R,\ \varphi(r) = -6,912 \cdot 10^{13} \cdot r^2 + 1,279 \cdot 10^{11}\, B \text{ при } r \le R.$$

Построим графики для полученных функций:

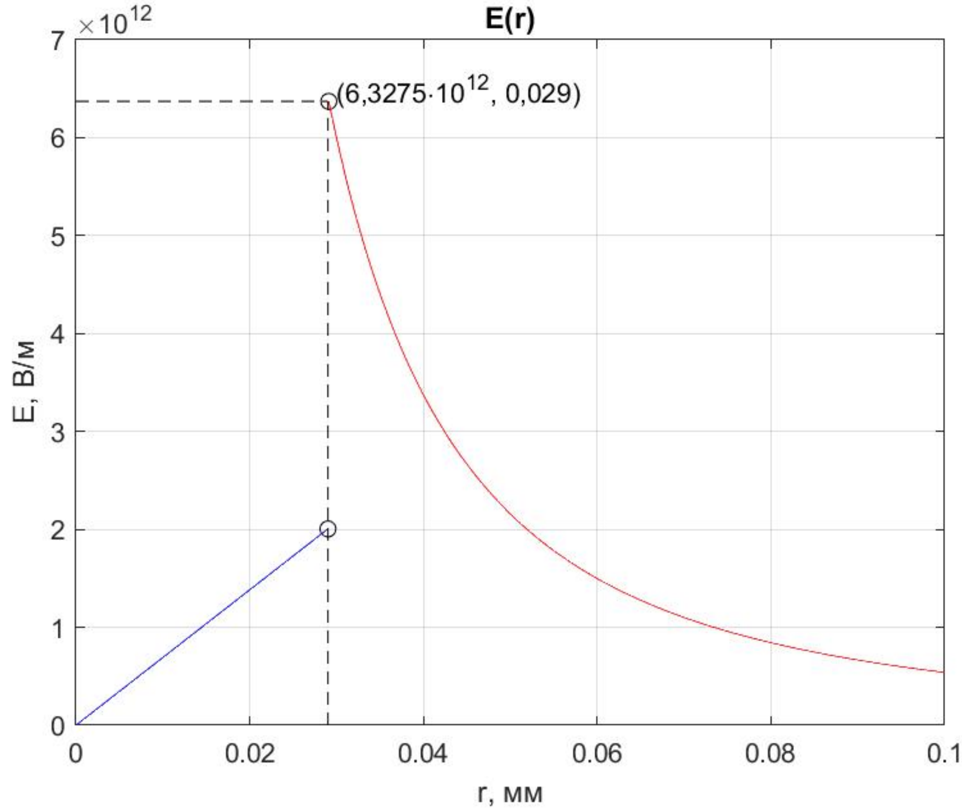

Рисунок 2 - Напряжённости E(r).

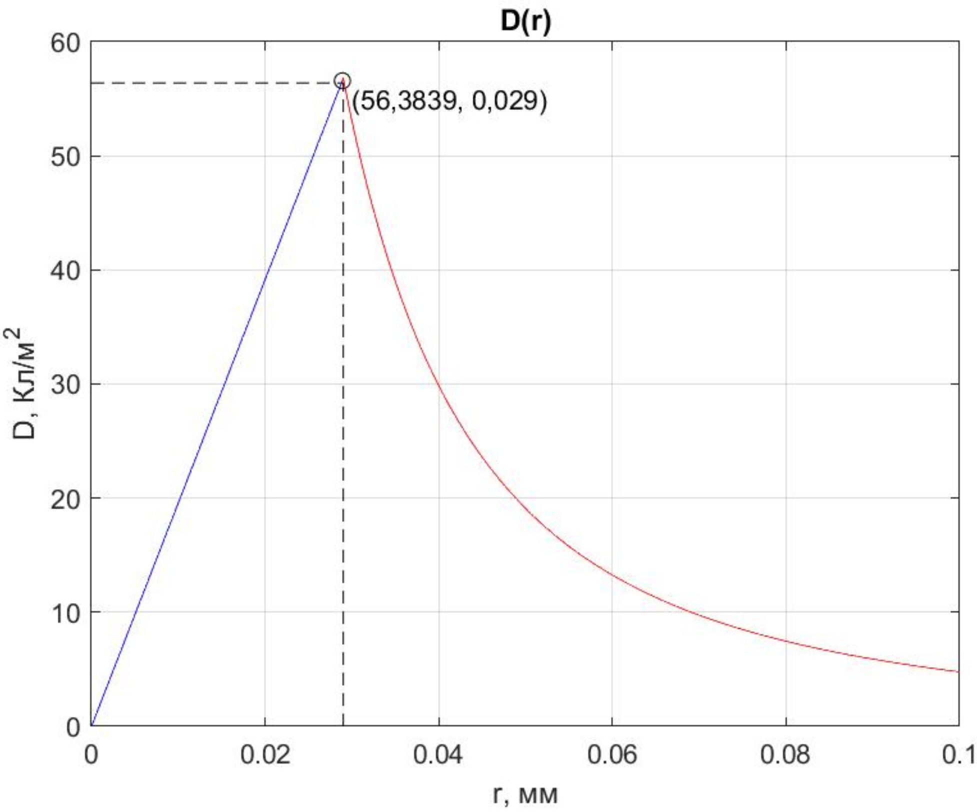

Рисунок 3 - Электрическая индукция D(r).

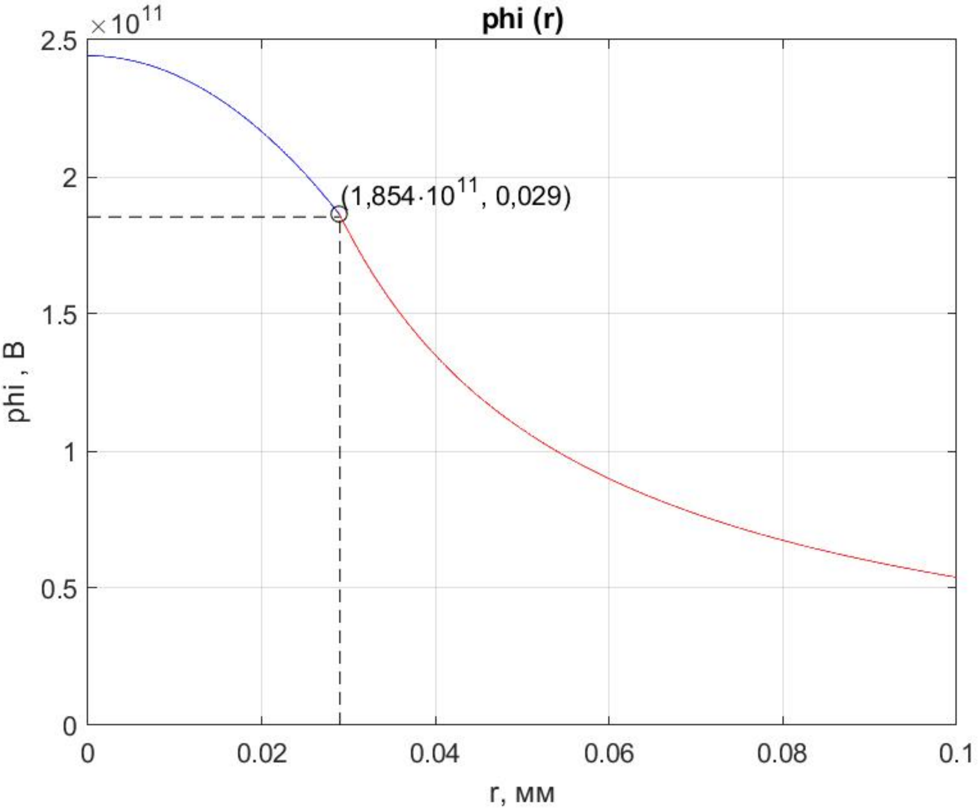

Рисунок 4 - Скалярный потенциал φ(r).

Задание № 3

Условие.

По бесконечно длинному цилиндрическому проводнику радиуса a протекает постоянный ток I, равномерно распределенный по площади поперечного сечения. Построить зависимости напряжённости и индукции магнитного поля H(r) и B(r), создаваемого этим током в однородной среде с μr = 1. Исходные данные: I[A] = 0,1·N+M, a[мм] = 2+0,1·N.

Решение.

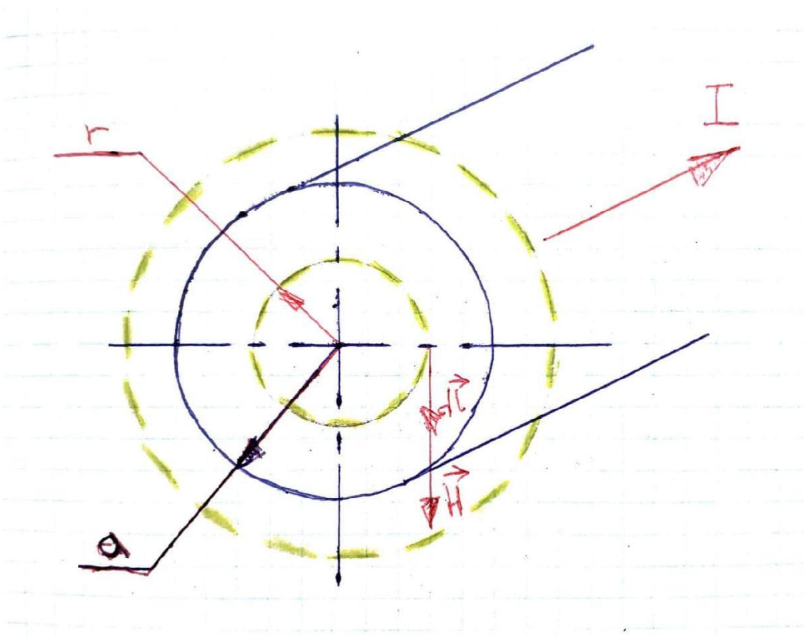

Рисунок 5 - Проводник.

Для начала введём новую переменную R - радиус проводника, так чтобы R = a. Учтём первое уравнение Максвелла

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \left(\vec{j} + \frac{\partial}{\partial t}\vec{D}\right) d\vec{S},$$

Пусть по бесконечно длинному цилиндрическому проводу радиуса R протекает постоянный ток I . Возьмём окружность за контур L т.к. она обладает осевой симметрией(поле по модулю будет одинаковым). А так же центр совпадает с центром поперечного сечения в результате

$$H = const.$$

Так как H направлен по касательной, то при выборе такого контура вектор H и D параллельны. Тогда из первого уравнения Максвелла следует,

что $\vec{H}d\vec{l} = Hdl$ и $\oint_L \vec{H}d\vec{l} = \oint_L Hdl$, тогда

$$\oint_L \vec{H}d\vec{l} = \oint_L Hdl = H(r)\oint_L dl = H(r)2\pi r,$$

где H(r) - не зависит от L. И так теперь мы имеем два случая:

$$\frac{\partial}{\partial t}D = 0$$

так как ток постоянный и поле соответственно тоже постоянно.

$\int_S \vec{J}d\vec{S} = JdS$, т. к. $\vec{J}\,||\,d\vec{S}$

то плотность тока считается постоянной, так как ток постоянный и распределенн равномерно, то ток протекает перпендикулярно поперечному сечению провода. Тогда

$$J = \frac{I}{S(a)} = \frac{I}{\pi a^2}.$$

Для случая 1 r ≤ a, тогда

$$\int_S \vec{J}d\vec{S} = J\int_S dS\,\frac{I}{\pi a^2} \Longrightarrow \pi r^2 = \frac{I}{a^2}r^2,$$

тогда из первого уравнения Максвелла следует, что

$$H(r)2\pi r = \frac{I}{a^2}r^2 \Longrightarrow H(r) = \frac{Ir}{2\pi a^2},$$

а так же, так как

$$\vec{B} = \mu(r)\vec{H},$$

то

$$B(r) = \frac{Ir\mu(r)}{2\pi a^2}.$$

Тогда для случая 2 r ≥ a, будет

$$\int_S \vec{J}\, d\vec{S} = I,$$

тогда

$$H(r)2\pi r = I \Longrightarrow H(r) = \frac{I}{2\pi r},$$

а так же, так как

$$\vec{B} = \mu(r)\vec{H}, \text{то}$$

$$B(r) = \frac{I\mu(r)}{2\pi r}.$$

Проверим граничные условия для векторов H

$$H_{\tau(1)} - H_{\tau(2)} = J_{\text{пов}},$$

$$H_{\tau(1)} = H_{\tau(2)}, \text{при}\, J_{\text{пов}} = 0.$$

Проверим

$$H_{\tau(R)} = \frac{6,2}{2\pi \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}} \approx 310\, \frac{A}{м},$$

$$H_{\tau(R)} = \frac{6,2}{2\pi \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}} \approx 310\, \frac{A}{м}.$$

$$H_{\tau(1)} = H_{\tau(2)},$$

Значит выполняются граничные условия для тангенциальных составляющих. Итак подведём итог:

$$H = \frac{I}{2\pi r} \text{ при } r > R, H = \frac{Ir}{2\pi a^2} \text{ при } r < R,$$

$$H = \frac{6,2}{2\pi r}\, \frac{A}{м} \text{ при } r > R, H = \frac{6,2 \cdot r}{2\pi \cdot 3,2^2 \cdot 10^{-6}}\, \frac{A}{м} \text{ при } r < R.$$

$$H = 0,9867 \cdot r\, \frac{A}{м} \text{ при } r > R, H = 96363 \cdot r\, \frac{A}{м} \text{ при } r < R.$$

И

$$B = \frac{I\mu(r)}{2\pi r} \text{ при } r > R, B = \frac{Ir\mu(r)}{2\pi a^2} \text{ при } r < R,$$

отмети, что

$$\mu(r) = \mu_r \cdot \mu_0, \text{где } \mu_r = 1,$$

по условию, тогда

$$B = \frac{I\mu_0}{2\pi \cdot r} \text{ при } r > R, B = \frac{I\mu_0 \cdot r}{2\pi a^2} \text{ при } r < R,$$

$$B = \frac{6,2 \cdot \mu_0}{2\pi \cdot r} \text{ Тл при } r > R, B = \frac{6,2 \cdot r \cdot \mu_0}{2\pi \cdot 3,2^2 \cdot 10^{-6}} \text{ Тл при } r < R.$$

$$B = 1,23 \cdot 10^{-6} \cdot r \text{ Тл при } r > R, B = \ 0,12 \cdot r \text{ Тл при } r < R.$$

Построим графики для полученных функций:

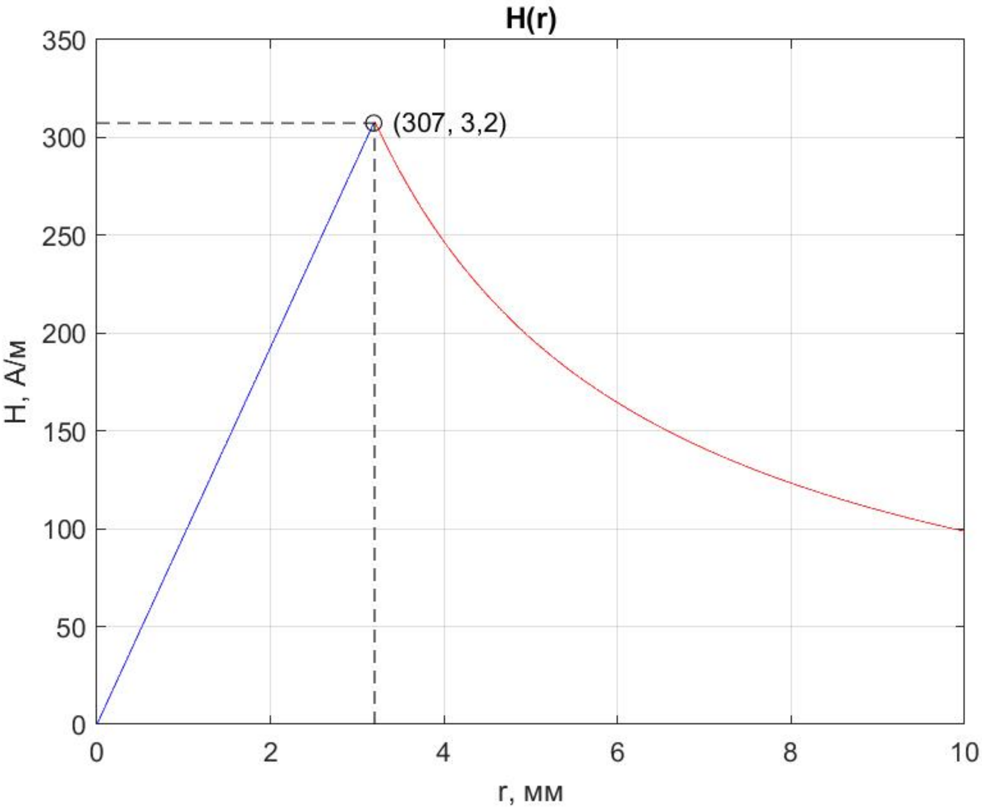

Рисунок 6 - Напряжённость магнитного поля H(r).

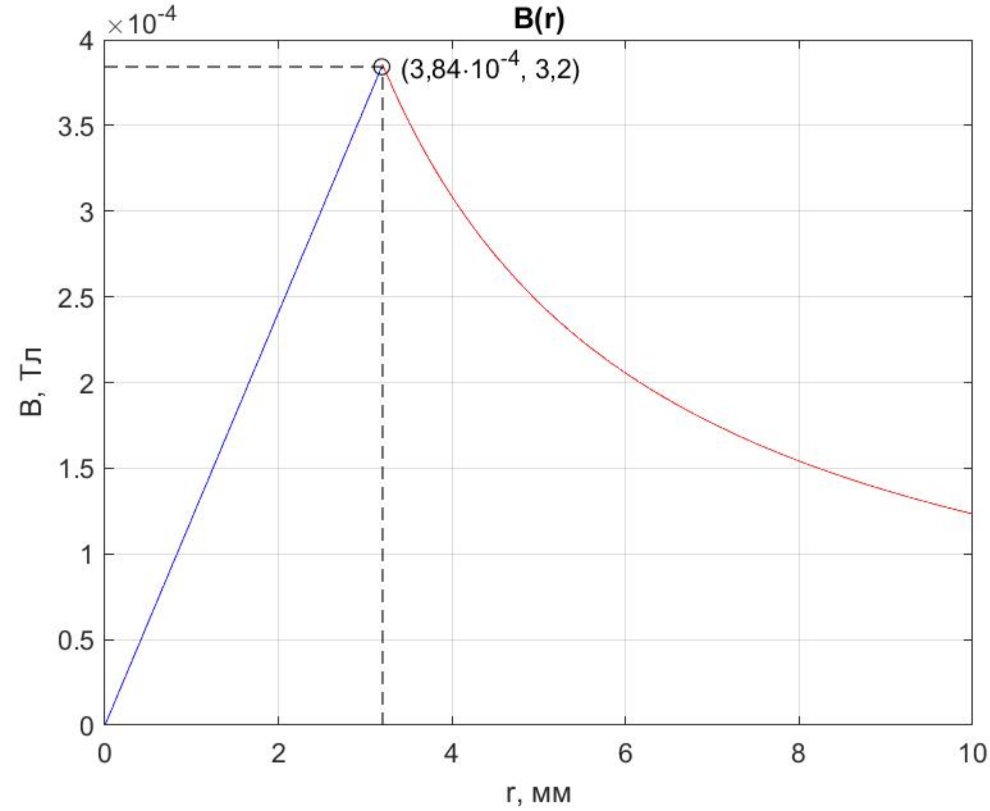

Рисунок 7 - Индукция магнитного поля B(r).

Задание № 4

Условие.

Плоская монохроматическая линейно поляризованная электромагнитная волна распространяется в неограниченном пространстве без потерь. Диэлектрическая проницаемость среды – εa, магнитная проницаемость среды – μa, амплитуда напряжённости электрического поля – Em, частота – f. Записать выражения для мгновенных значений напряжённостей электрического и магнитного полей плоской электромагнитной волны. Определить основные параметры волны. Исходные данные: εa = ε0 εr; εr = 2+N/10; μa= μ0μr; μr = 1+N/10; Em[мВ/м] = 50+N; f [Гц] = (M+N/20)10^9 .

Решение.

Для начала совместим одну из осей координат с вектором E, а направление распространения волны с осью z. Тогда, рассмотрим плоскую электромагнитную волну с линейной поляризацией, которая распространяется в бесконечной и однородной среде. В этом случае для плоской электромагнитной волны имеем:

$$\vec{E}(t,z) = E_m \cos(\omega t - \beta z)\vec{x_0},$$

где мы можем определить

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 5,6 \cdot 10^9 = 3,52 \cdot 10^{10}\ \frac{\text{рад}}{c}.$$

Где f - это частота в Герцах. Определим другой коэффициент

$$\dot{k} = \beta - i\alpha,$$

так как среда без потерь, то

$$\alpha = 0\ \frac{1}{м}.$$

Тогда

$$k = \omega\sqrt{\varepsilon_a\mu_a} = \beta\ = 3,52\cdot 10^{10}\cdot\sqrt{2,832\cdot 10^{-11}\cdot 2,75\cdot 10^{-6}} = 310,51\ \frac{1}{м}.$$

Подведём итог по вектору E:

$$\vec{E}(t,z) =\ 62\cdot\cos(3,52\cdot 10^{10}\cdot t\ - 310,51\cdot z)\vec{x_0}\ \frac{B}{м}.$$

Найдём теперь напряжённость магнитного поля

$$\vec{H}(t,z) = H_m\cos(\omega t\ - \beta z)\vec{y_0}.$$

В уравнении

$$H_m = \frac{E_m}{Z_c},$$

где Zc - это коэффициент пропорциональности между составляющими электрического и магнитного поля равен характеристическому (волновому) сопротивлению среды

$$Z_c = \frac{\omega\mu_a}{k} = \frac{\omega\mu_a}{\omega\sqrt{\varepsilon_a\mu_a}} = \sqrt{\frac{\mu_0\mu}{\varepsilon_0\varepsilon}} = \sqrt{\frac{\mu_a}{\varepsilon_a}} = \sqrt{\frac{2,832\cdot 10^{-11}}{2,75\cdot 10^{-6}}} = 311,616\ \text{Ом}.$$

Откуда

$$H_m = \frac{62}{311,616} = 0,199\ \frac{A}{м}.$$

Подведём итог по вектору H:

$$\vec{H}(t,z) = 0,199\cdot\cos(3,52\cdot 10^{10}\cdot t\ - 310,51\cdot z)\vec{y_0}\ \frac{A}{м}.$$

Найдём другие характеристики волны: период, длину волны и фазовой скоростью. Период находится из формулы

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{5,6\cdot 10^9} = 1,8\cdot 10^{-10}\,c.$$

Длина волны следует из

$$k = \omega\sqrt{\varepsilon_a\mu_a} = \frac{2\pi}{\lambda} \Longrightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{310,51} = 0,02\,м,$$

Рассмотрим основные характеристики плоской электромагнитной волны на примере составляющей электрического поля волны:

$$\overrightarrow{E}(z,t) = E_m \cos(\omega t - kz),$$

в нем

$$(\omega t - kz),$$

это есть фаза волны, которая зависит от времени t и от пространственной координаты z. Геометрическое место точек, в которых электромагнитное поле имеет одинаковую фазу, называется фазовым или волновым фронтом волны. Для плоской электромагнитной волны фронт волны представляет собой плоскость z = const. Скорость перемещения фазового фронта называется фазовой скоростью Vф волны. Определим Vф плоской электромагнитной волны, для чего зафиксируем фазу поля и продифференцировав её по времени, получим

$$\omega - k\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}z = 0.$$

Тогда отсюда можно получить

$$V_ф = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}z = \frac{\omega}{k} = \frac{\omega}{\omega\sqrt{\varepsilon_a\mu_a}} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}\sqrt{\mu\varepsilon}} = \frac{c}{\sqrt{\mu\varepsilon}},$$

где

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}} \approx 3\cdot 10^8\ \frac{м}{с},$$

это скорость света. Найдём Vф

$$V_ф = \frac{3\cdot 10^8}{\sqrt{3,2\cdot 2,2}} = 1,13\cdot 10^8\ \frac{м}{с}.$$

Задание № 5

Условие.

В диэлектрике с параметрами εa, μa, вдоль оси z распространяется электромагнитная волна, имеющая линейную поляризацию по x и частоту f. Напряжённость электрического поля в точке z = 0 в момент времени t = 0 равна Em. Записать выражения для мгновенных значений напряжённостей электрического и магнитного полей и определить расстояние, на котором амплитуда напряжённости электрического поля уменьшится в S раз относительно начального значения. Исходные данные: εa = ε0εr; εr = (3+N)/2; μa = μ0μr; μr = M+N/2; Em[В/м] = M+0,05·N; f [МГц] = N/10; S = M·102 ,σ [См/м] = N·10^(-3) .

Решение.

Рассмотрим плоскую электромагнитную волну с линейной поляризацией, которая распространяется в среде с потерями. В этом случае для плоской электромагнитной волны имеем:

$$\overrightarrow{E}(t,z) = E_m\cos(\omega t - \beta z),$$

где мы можем определить

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 12 \cdot 10^5 = 7,5398 \cdot 10^6\ \frac{\text{рад}}{c}.$$

Где f - это частота в Герцах. Определим другой коэффициент

$$\widetilde{\varepsilon_a} = \varepsilon'_a - i\varepsilon''_a = \varepsilon_a - i\frac{\sigma}{\omega},$$

$$\widetilde{\mu_a} = \mu'_a - i\mu''_a = \mu_a,$$

По условию. Тогда

$$\dot{k} = \omega\sqrt{\widetilde{\varepsilon_a}\widetilde{\mu_a}} = \omega\sqrt{\mu_a\left(\varepsilon_a - i\frac{\sigma}{\omega}\right)},$$

$$\dot{k} = 7,5398 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{1,375 \cdot 10^{-5} \cdot \left(6,6375 \cdot 10^{-11} - i\frac{0,012}{7,5398 \cdot 10^6}\right)} = 0,8053 - 0,7724i\ \frac{1}{м}.$$

Так как

$$\dot{k} = \beta - i\alpha,$$

То тогда из это следует, что

$$\beta = \mathrm{Re}(\dot{k}) = 0,8053 \ \frac{1}{м} \ и \ \alpha = \mathrm{Im}(\dot{k}) = 0,7724 \ \frac{1}{м} \ .$$

Выведем вектор E

$$\dot{E} = E_m e^{i(\omega t - \dot{k}z)} = E_m e^{-\alpha z} e^{i(\omega t - \beta z)} \Longrightarrow$$

$$\overrightarrow{E}(t, z) = E_m e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta z)\overrightarrow{x_0},$$

Подведём итог по вектору E:

$$\overrightarrow{E}(t, z) = 5,6 \cdot e^{-0,7724 \cdot z} \cdot \cos(7,5398 \cdot 10^6 \cdot t - 0,8053 \cdot z)\overrightarrow{x_0} \ \frac{В}{м}.$$

Найдём теперь напряжённость магнитного поля

$$\dot{\overrightarrow{H}} = \dot{H}_m e^{i(\omega t - \dot{k}z)}\overrightarrow{y_0} = |H_m| e^{-\alpha z} e^{i(-\varphi)} e^{i(\omega t - \beta z)}\overrightarrow{y_0} = |H_m| e^{-\alpha z} e^{i(\omega t - \beta z - \varphi)}\overrightarrow{y_0},$$

Отсюда получаем

$$\overrightarrow{H}(t, z) = \mathrm{Re}\left(\dot{\overrightarrow{H}}\right) = |H_m| e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta z - \varphi)\overrightarrow{y_0}.$$

В уравнении

$$\dot{H}_m = \frac{E_m}{\dot{Z}_c},$$

где Zc - это коэффициент пропорциональности между составляющими электрического и магнитного поля равен характеристическому (волновому) сопротивлению среды

$$\dot{Z}_c = \sqrt{\frac{\widetilde{\mu}_a}{\widetilde{\varepsilon}_a}} = \sqrt{\frac{\mu_a}{\varepsilon_a - i\dfrac{\sigma}{\omega}}},$$

$$\dot{Z_c} = \sqrt{\frac{1,375 \cdot 10^{-5}}{6,6375 \cdot 10^{-11} - i\dfrac{0,012}{7,5398 \cdot 10^{6}}}} = 67,05 + 64,31i \text{ Ом}.$$

Откуда

$$\dot{H_m} = \frac{5,6}{67,05 + 64,31i} = 0,0435 - 0,0417i \ \frac{А}{м}.$$

Разложим

$$\dot{H_m} = |H_m| e^{i\varphi},$$

где

$$|H_m| = \sqrt{\operatorname{Re}\left(\dot{H_m}\right)^2 + \operatorname{Im}\left(\dot{H_m}\right)^2} = \sqrt{0.0435^2 + 0.0417^2} = 0,0603 \ \frac{А}{м},$$

и

$$\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{Im}\left(\dot{H_m}\right)}{\operatorname{Re}\left(\dot{H_m}\right)}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{-0.0417}{0.0435}\right) = -0,76 \ \frac{\text{рад}}{c}.$$

Подведём итог по вектору H:

$$\overrightarrow{H}(t,z) = 0,0603 \cdot e^{-0,7724 \cdot z} \cdot \cos(7,5398 \cdot 10^6 \cdot t \ - 0,8053 \cdot z - 0,76)\overrightarrow{y_0} \ \frac{А}{м}.$$

Найдём расстояние, на котором амплитуда напряжённости электрического поля уменьшится в S раз относительно начального значения

$$E_m(z) = E_m e^{-\alpha z} = \frac{E_m}{S} \Longrightarrow e^{-\alpha z} = \frac{1}{S} \Longrightarrow e^{\alpha z} = S \Longrightarrow \ln(e^{\alpha z}) = \alpha z = \ln(S) \Longrightarrow$$

$$z = \frac{\ln(S)}{\alpha} = \frac{\ln(510)}{0,7724} = 8,0713 \, м.$$