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.

Проверил 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 -**  десятикратное 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 - э**лектросвязь, 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 а. Определить напряжённость электрического поля, электрическую индукцию и скалярный потенциал внутри и вне шара. Диэлектрическая проницаемость материала εа1, окружающей среды εа2. 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; εа = ε0\*εr; εr1 = 3,2; εr2 = 1.

Решение.

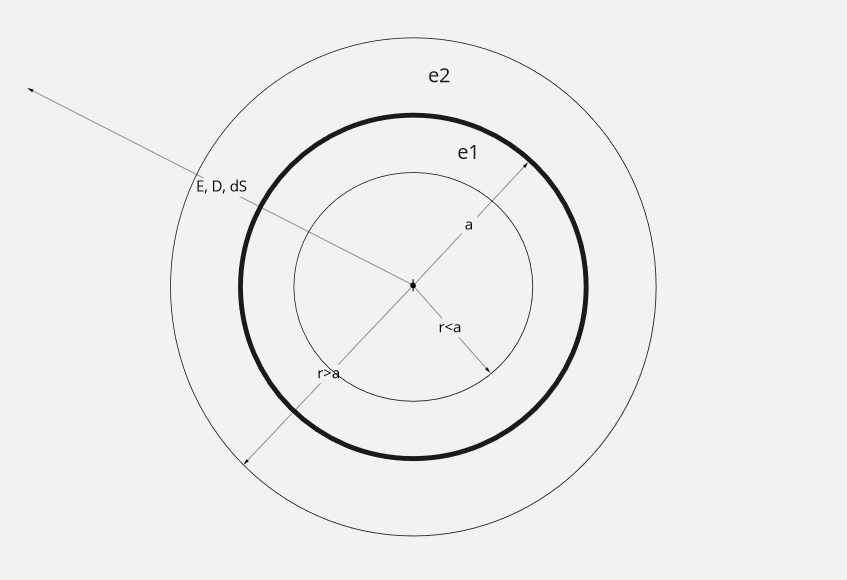
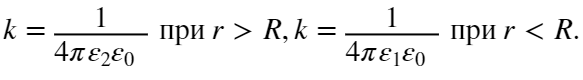


Рис. 1 Сфера

Для начала введём новую переменную R - радиус сферы, так чтобы R = a. Так как у нас есть две разные среды, то для начала обозначим k в зависимости от r,



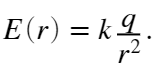
Дальше в решении будем учитывать просто k, который при построении графиков надо будет учесть, по зависимости, которая обозначена выше. Найдём для начала напряжённость электрического поля и скалярный потенциал внутри и вне шара. Применим теорему Гаусса. Выберем в качестве замкнутый шар радиуса r > R (рис.). Очевидно, что напряжённость на поверхности этого шара будет одинакова по величине и направлена по радиусу. Тогда поток напряжённости через него будет



Согласно теореме Гаусса



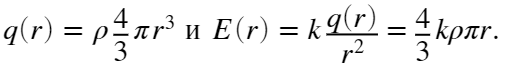
откуда следует



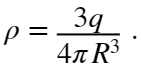
Чтобы найти напряжённость электрического поля внутри шара, выберем в качестве замкнутой поверхности сферу радиуса r < R с центром в центре шара.Из симметрии ясно, что напряжённость поля направлена по радиусу и одинакова по величине на всей поверхности сферы. Из теоремы Гаусса следует



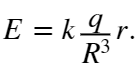
где q(r) – заряд внутри выбранной поверхности. Введём плотность заряда шара ρ. Тогда



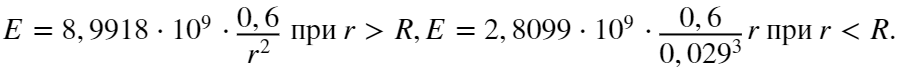
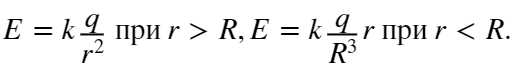
Плотность заряда равна полному заряду, делённому на объем шара



Для напряжённости поля внутри шара получим



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



Теперь найдём электрическую индукцию



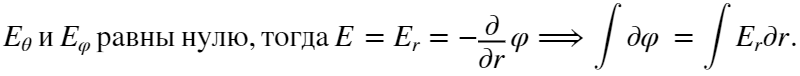
Тогда



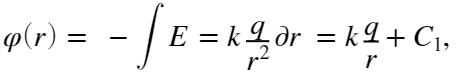
Осталось определить только потенциал внутри и вне шара. Потенциал и напряжённость связаны следующим соотношением



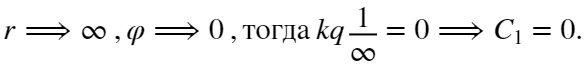
В сферической системе координат составляющие



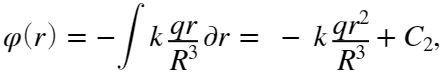
Тогда для начала найдём потенциал вне шара при r > R выразится в виде



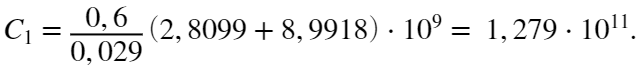
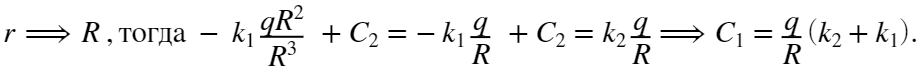
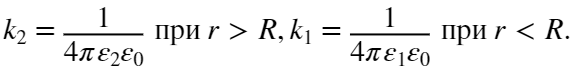
Определим С1



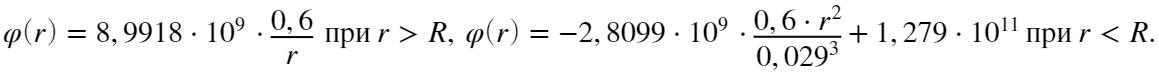
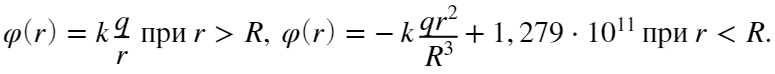
Теперь найдём потенциал внутри шара r < R



Определим С2, но для начала уточним k1 и k2



И так подведём итог по потенциалу внутри и вне шара



Построим графики для полученных функций:

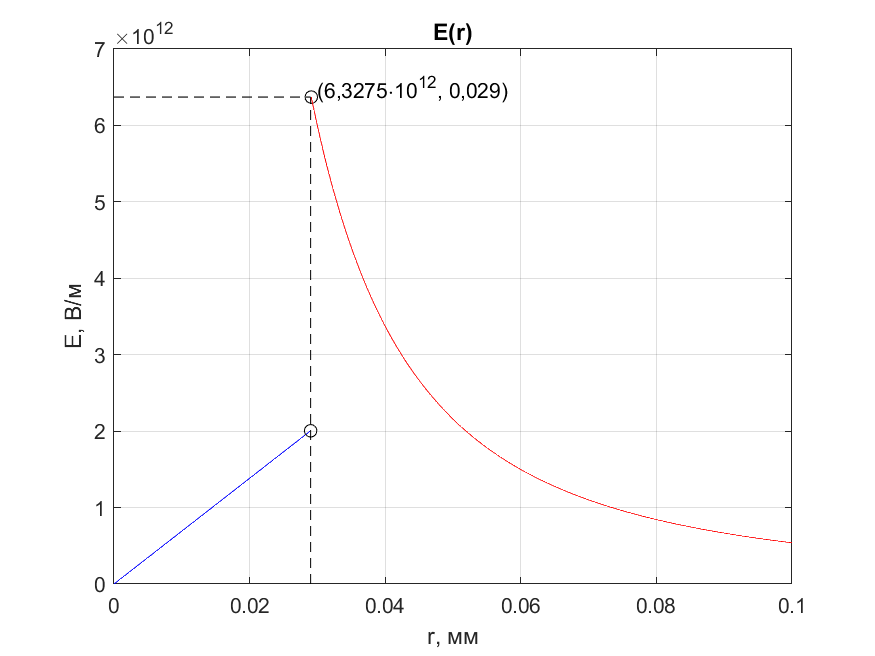


График 1. Напряжённости E(r )

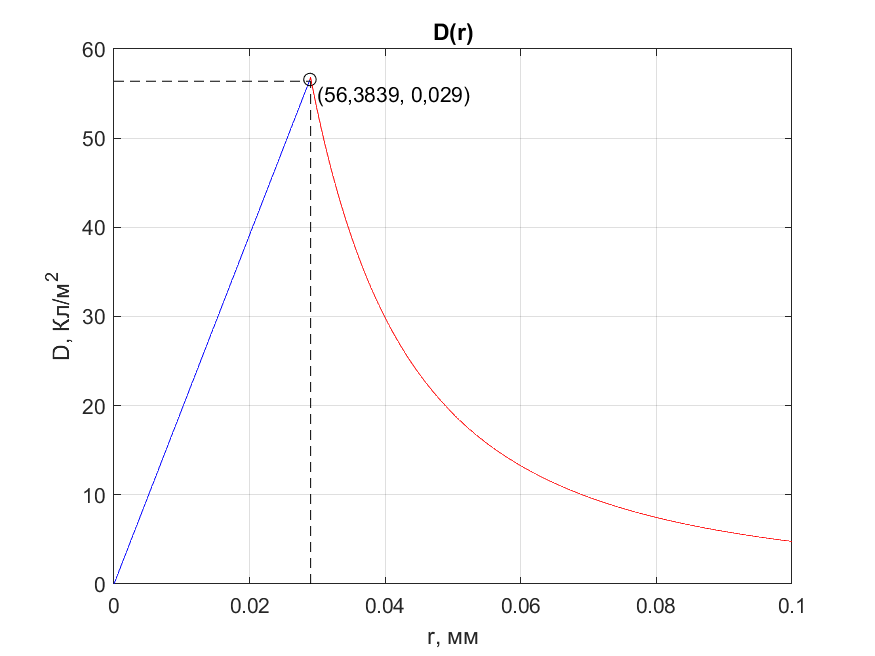


График 2. Электрическая индукция D( r)

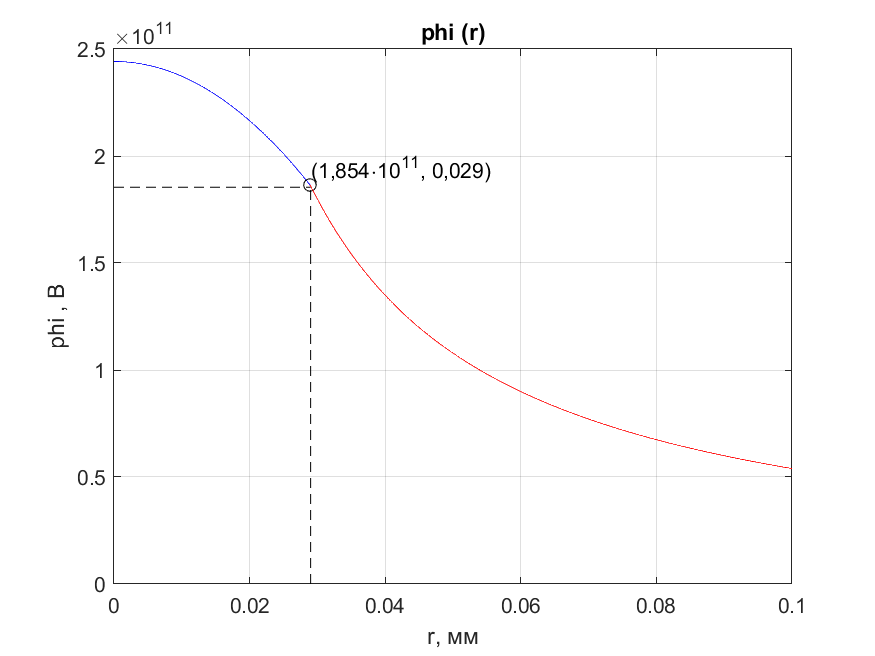


График 3. Скалярный потенциал φ(r)

Задание № 3

Условие.

По бесконечно длинному цилиндрическому проводнику радиуса а 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.

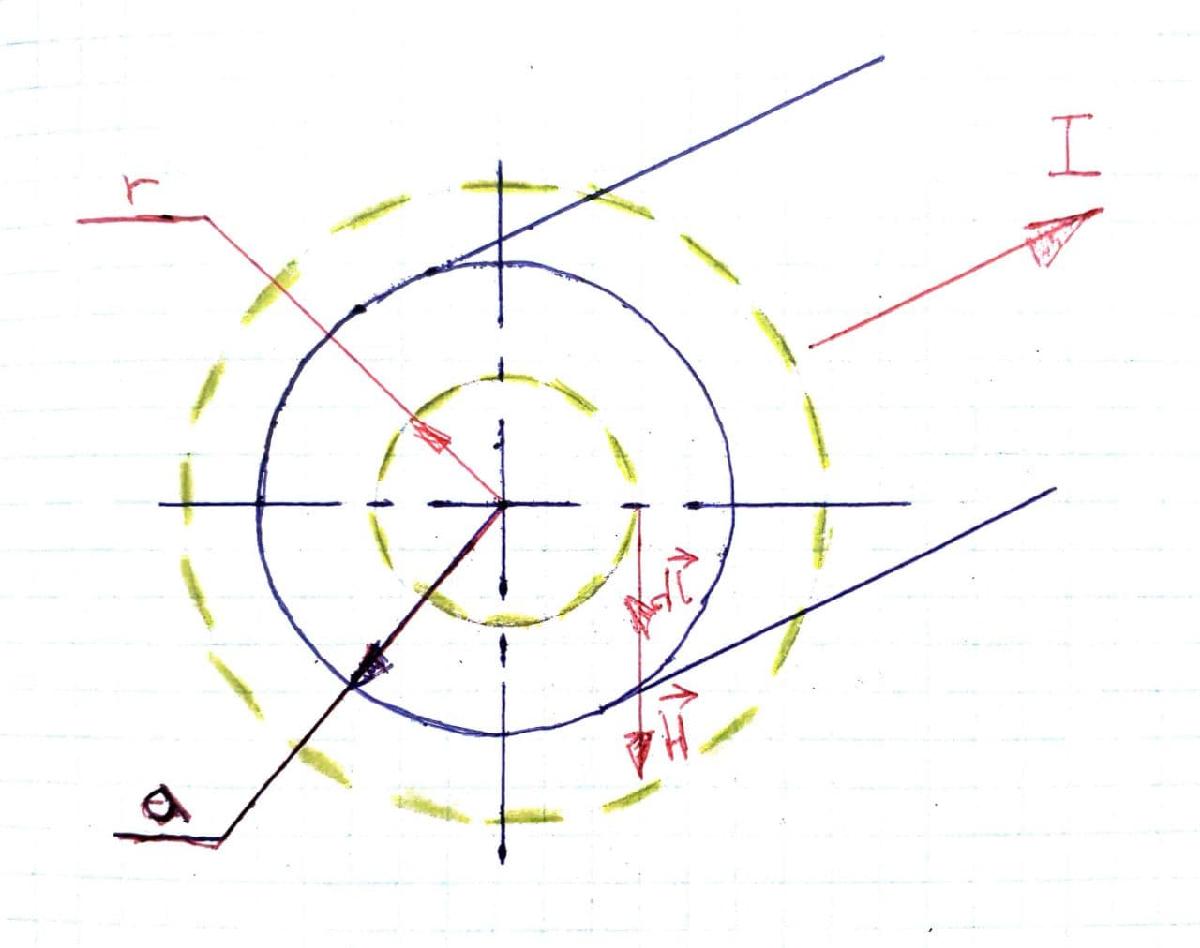
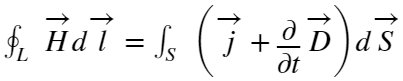


Рис.1 общая схема

Учтем первое уравнение Максвелла

,

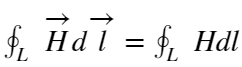


Пусть по бесконечно длинному цилиндрическому проводу радиуса R про­текает по­стоянный ток I . Возьмем окружность за контур L т.к. она обладает осевой симметрией(поле по модулю будет одинаковым). А так же центр совпадает с центром поперечного сечения в результате

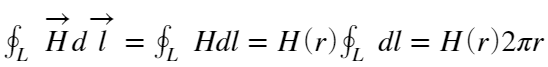
.



Так как направлен по касательной, то при выборе такого контура . Тогда из первого уравнения Максвелла следует, что  и , тогда



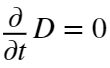
,



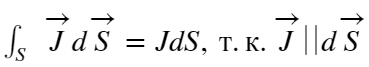
где  - не зависит от L. И так теперь мы имеем два случая:



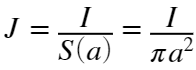
, так как ток постоянный и поле соответственно тоже постоянно.



, то плотность тока считается постоянной, так как ток постоянный и распределенно равномерно, то ток протекает ⊥попереченому сечению провода. Тогда



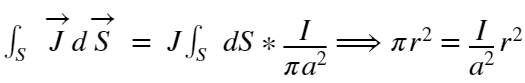
.



Для случая 1 , тогда

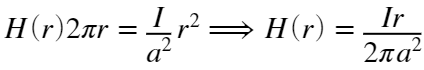


,



тогда из первого уравнения Максвелла следует, что

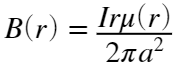
,



а так же, так как , то



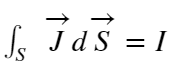
.



Тогда для случая 2 , будет

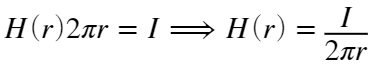


,



тогда

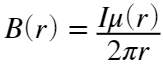
,



а так же, так как , то

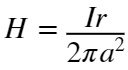
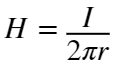


.

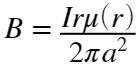
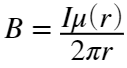


Итак подведем итог

при r > R,  при r < R , и



 при r > R,  при r < R.



Построим графики для полученных функций:

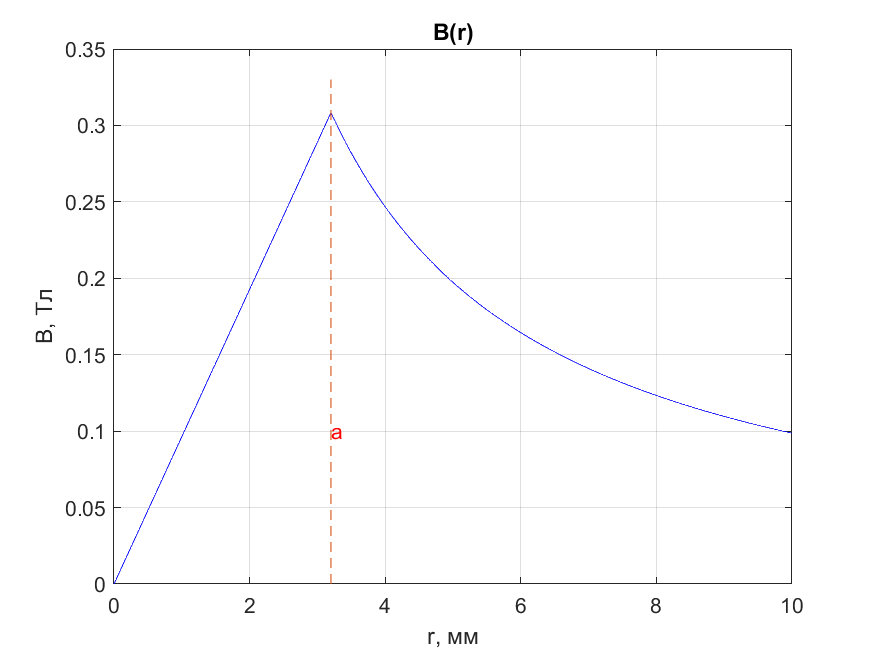


График 1. H( r)

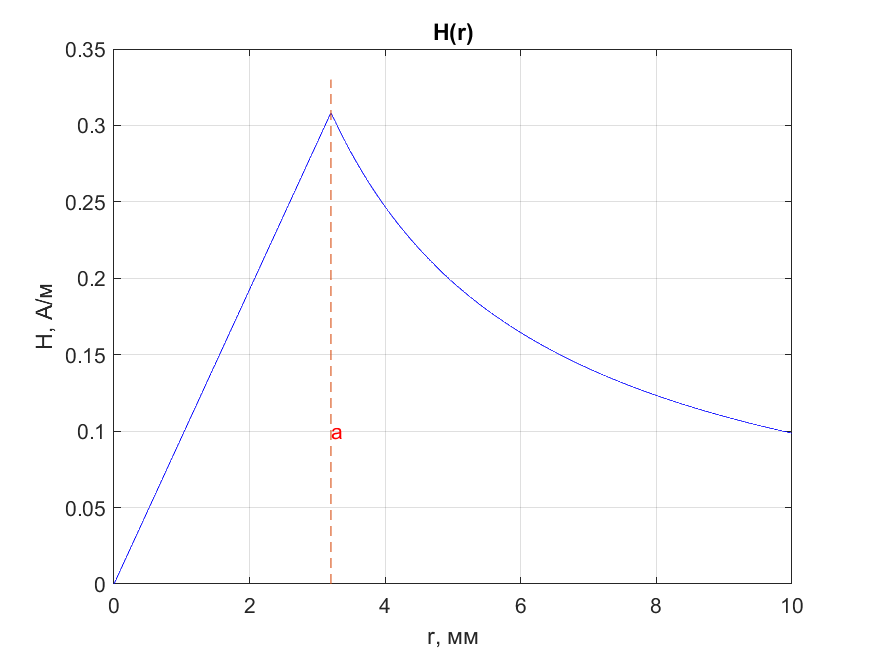


График 2. B( r)

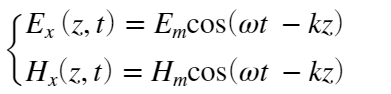
Задание № 4

Условие.

Плоская монохроматическая линейно поляризованная электромагнитная волна распространяется в неограниченном пространстве без потерь. Диэлектрическая проницаемость среды – εа, магнитная проницаемость среды – μа, амплитуда напряженности электрического поля – Еm, частота – f. Записать выражения для мгновенных значений напряженностей электрического и магнитного полей плоской электромагнитной волны. Определить основные параметры волны. Исходные данные: εа = ε0 εr; εr = 2+N/10; μа= μ0\*μr; μr = 1+N/10; Еm[мВ/м] = 50+N; f [Гц] = (M+N/20)\*10^9 .

Решение.

Рассмотрим плоскую электромагнитную волну с линейной поляризацией, которая распространяется в бесконечной и однородной среде. В этом случае из общего уравнения для плоской электромагнитной волны имеем:



Средой без потерь называют среду, в которой отсутствуют потери энергии при распространении электромагнитной волны. Для такой среды

.



В таком случеа изобразим на рис. 1 мгновенную картину полей плоской электромагнитной волны в среде без потерь.

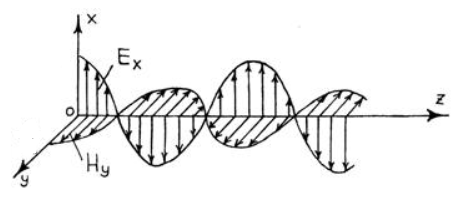
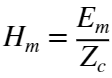


Рис.1 – Плоская электромагнитная волна в среде без потерь

Коэффициент  нам известен, найдем



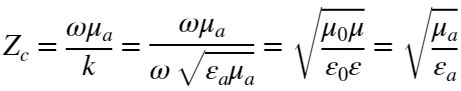
,



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



,



тогда  = 311,616. Теперь найдем , оно будет равно  = 0,199 мА/м. Определим *ω* и k,



,



тогда  рад/с, а k = 310,51 м^(-1). Так же найдем другие характерстики волны: период, длину волны и фазовой скоростью. Период находится из формулы



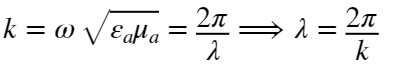
,



где  с. Длина волны следует из



 ,



*λ* = 0,02 м. Рассмотрим основные характеристики плоской электромагнитной волны на примере составляющей электрического поля волны:

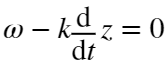
,



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

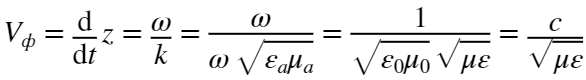


.

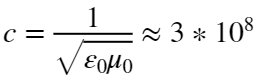


Тогда отсюда можно получить

,



где  м/с - скорость света. А  м/с. Дисперсией называется зависимость фазовой скорости от частоты. Как следует из уравнения для  плоская электромагнитная волна в среде без потерь не обладает дисперсией.



Задание № 5