

Электродинамика и распространение радиоволн

Семинар 6

Русов Юрий Сергеевич

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА В НЕОГРАНИЧЕННЫХ СРЕДАХ

1. Изучить материалы лекции о распространении плоской электромагнитной волны в неограниченной среде.
2. Изучить приводимые примеры решения задач.
3. Решить предлагаемые задачи, используя исходные данные для своего варианта. Вариант задания определяется следующими параметрами: М – номер группы (1 для РЛ1-41, 2 для РЛ1-42, 3 для РЛ1-43, 4 для РЛ1-44, 5 для РЛ1-49, 6 для РЛ6-41, 7 для РЛ6-49), N – порядковый номер студента в списке группы.

Примеры задач

5.1. Плоская электромагнитная волна с частотой 10^9 Гц распространяется в среде с параметрами $\epsilon = 2,4$, $\operatorname{tg} \delta_a = 10^{-1}$, $\mu = 1$. Определить фазовую скорость, длину волны и коэффициент ослабления.

Решение. Учтем, что $\operatorname{tg} \delta_a \ll 1$ и разложим выражение (5.3) в степенной ряд. Ограничиваясь тремя первыми членами, получим

$$\gamma = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_a'} \sqrt{1 - j \operatorname{tg} \delta_a} \approx \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_a'} \left(1 - j \frac{\operatorname{tg} \delta_a}{2} + \frac{\operatorname{tg}^2 \delta_a}{8} \right).$$

Таким образом, для диэлектриков с малыми потерями коэффициент фазы и коэффициент ослабления приближенно равны:

$$\beta \approx \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_a'} (1 + 0,125 \operatorname{tg}^2 \delta_a),$$

$$\alpha \approx 0,5 \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_a'} \operatorname{tg} \delta_a.$$

Используя соотношение (5.4), найдем фазовую скорость волны

$$v_{\phi} = \frac{\omega}{\beta} \approx \frac{c}{\sqrt{\epsilon} (1 + 0,125 \operatorname{tg}^2 \delta_a)}.$$

Полученный результат показывает, что наличие потерь в среде приводит к изменению величины фазовой скорости. Для $\operatorname{tg} \delta_a = 10^{-1}$ поправка составляет 0,125%, так что практически можно положить

$$v_{\phi} \approx c/\sqrt{\epsilon} = 1,94 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$$

По известной величине фазовой скорости найдем длину волны:

$$\lambda = v_{\phi}/f = 0,194 \text{ м}.$$

Подстановка исходных данных в полученную ранее формулу дает:

$$\alpha = 1,622 \text{ м}^{-1}.$$

5.2. Вычислить фазовую скорость, коэффициент ослабления и глубину проникновения поля для плоской электромагнитной волны с частотой 10 МГц, распространяющейся в металле с параметрами $\sigma = 5 \cdot 10^7$ См/м, $\mu = 1$.

Задание для самостоятельного решения

Решить рассмотренную выше задачу, используя исходные данные своего варианта:

Частота колебаний 10ГГц.

Относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon=1+0,7M$.

Тангенс угла электрических потерь $\operatorname{tg}\delta=N\cdot 10^{-1}$.

Относительная магнитная проницаемость $\mu=1$.

1. Определить фазовую скорость, длину волны и коэффициент ослабления, не пренебрегая величиной $\operatorname{tg}\delta$.
2. Определить фазовую скорость, длину волны и коэффициент ослабления для среды без потерь при тех же исходных данных.
3. Сделать вывод о влиянии потерь в среде на параметры электромагнитной волны.

Задание для самостоятельного решения

Решение должно быть выслано в день проведения семинара, только в этом случае учитывается присутствие студента. В решении обязательно должна быть показана подстановка исходных данных в формулы и учтены размерности величин.

Решение необходимо формировать в виде одного файла. Файл с решением должен иметь название в следующем формате:

Год_месяц_день_ЭДиРРВ_Семинар_6_группа_ФамилияИО

Например:

2020_03_23_ЭДиРРВ_Семинар_6_РЛ1-41_ИвановИИ

Основная литература по дисциплине

1. Голубева Н.С., Митрохин В.Н. Основы радиоэлектроники сверхвысоких частот: учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 486 с. ISBN 5-7038-2740-X. Режим доступа: <http://ebooks.bmstu.ru/catalog/205/book1163.html>
2. Кугушев А.М., Голубева Н.С., Митрохин В.Н. Основы радиоэлектроники. Электродинамика и распространение радиоволн. Учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 368 с.

Дополнительные учебные материалы

1. Сборник задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн»: учеб. пособие / Баскаков С.И., Карташев В.Г., Лобов Г.Д., Филатова Е.А., Штыков В.В.; Под ред. С.И. Баскакова. М.: Высшая школа, 1981. 208 с.