

ТИПОВОЙ РАСЧЕТ ПО КУРСУ “ЭЛЕКТРОДИНАМИКА”, поток ЭР-15, 4 семестр

Часть 1. Плоские волны (сдача на 8 неделе)

Плоская электромагнитная волна с линейной поляризацией распространяется в среде с потерями вдоль одной из декартовых осей (см. таблицу) в сторону увеличения координаты. Известны и приведены в таблице: относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды ϵ и μ , удельная проводимость среды σ , частоты f_1 и f_2 . Для различных вариантов в начале координат заданы: а) начальная фаза колебаний проекции вектора \vec{E} или вектора \vec{H} на некоторую ось, например $\varphi_{E_x}(0) = -20^\circ$ или

$\varphi_{H_y}(0) = \pi/3$; б) средняя плотность потерь $p_{\text{ср}}$ или средняя плотность потока мощности $P_{\text{ср}}$ или средняя плотность энергии электрического поля $w_{\text{Эср}}$ или средняя плотность энергии магнитного поля $w_{\text{Мср}}$ (для частоты f_1). Выполните следующее задание.

1. Найдите тангенс угла потерь и угол потерь на частотах f_1 и f_2 .

2. Рассчитайте и постройте частотные зависимости коэффициента фазы, коэффициента ослабления, длины волны и фазовой скорости по точным формулам (жирная линия) в диапазоне частот, в котором тангенс угла потерь изменяется в пределах от 0.02 до 50. Используйте логарифмический масштаб по оси частот. На этих же графиках покажите кривые, полученные: а) по приближенным формулам для среды с малыми потерями (тонкая линия, в диапазоне, где $\text{tg}\delta=0,02..1$); б) по приближенным формулам для хорошо проводящей (металлоподобной) среды (тонкая штриховая линия, в диапазоне, где $\text{tg}\delta=1..50$). По графикам определите частотные области, в которых приближенные формулы дают погрешность не выше 5%.

3. Для частот f_1, f_2 и $f_3 = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$ рассчитайте и сведите в таблицу значения коэффициента фазы, коэффициента ослабления, длины волны, модуля и фазы характеристического сопротивления среды. Получите общие формулы (для Вашего случая) и формулы с конкретными числовыми параметрами (на частотах f_1, f_2 и f_3) для зависимостей комплексных амплитуд векторов \vec{E} и \vec{H} и плотности потока мощности от пространственной координаты и для зависимостей мгновенных значений векторов \vec{E} и \vec{H} от пространственной координаты и от времени. Для частот f_1 и f_2 рассчитайте и постройте зависимости амплитуды и мгновенных (при $t = 0$) значений проекций векторов \vec{E}, \vec{H} а также модуля вектора $\vec{P}_{\text{ср}}$ от пространственной координаты распространения волны в пределах от 0 до $1,5\lambda$. **Примечание.** Графики для амплитуды совместите с графиками для мгновенных значений. Для каждой частоты все графики приведите на одной странице один под другим в одинаковом масштабе по горизонтали.

4. Проанализируйте полученные в пп. 1-3 результаты и представьте выводы: о влиянии частоты и $\text{tg}\delta$ на исследуемые характеристики и графики; о том, в каком направлении график для мгновенных значений \vec{H} сдвинут относительно графика для \vec{E} в пространстве и в каком направлении – во времени; обоснуйте, как затухание на расстоянии λ зависит от тангенса угла потерь.

Часть 2. Отражение и преломление плоских волн (сдача на 11 неделе)

Плоская электромагнитная волна падает из среды с параметрами ϵ и μ на плоскую границу раздела с воздухом или из воздуха на плоскую границу раздела со средой с параметрами ϵ и μ (см. таблицу). Потери в среде отсутствуют. Амплитуда вектора \vec{E} в падающей волне такая же, как в части 1 данного ТР для плоской волны в начале координат на частоте f_1 . Выполните следующее задание.

1. Найдите углы Брюстера и полного внутреннего отражения для случая перпендикулярной поляризации и для случая параллельной поляризации (если эти углы существуют).

2. Запишите исходные формулы и рассчитайте коэффициенты отражения и преломления по вектору \vec{E} , амплитуды векторов (но не проекций!) \vec{E}, \vec{H} и модуля вектора $\vec{P}_{\text{ср}}$ в падающей, отраженной и преломленной волне для случая нормального падения и для падения под углом 12° для обеих поляризаций падающей волны. Результаты сведите в таблицу.

3. Запишите исходные формулы и рассчитайте зависимости коэффициентов отражения и преломления (отдельный график для фазы, отдельный – для модуля) от угла падения (в диапазоне от 0° до 90° , или, при наличии $\varphi_{\text{по}}$ от 0° до $3\varphi_{\text{по}}$ – для коэффициента отражения). На каждом графике приведите кривые для случая перпендикулярной поляризации и для случая параллельной поляризации.

4. Сделайте рисунок, выведите и запишите исходные формулы и рассчитайте зависимости амплитуды векторов \vec{E} и \vec{H} для случая нормального падения от координаты z , которая изменяется в направлении нормали к поверхности раздела сред. На графиках используйте область изменения z : $z \in -1,5\lambda; 1,5\lambda$.

Учтите, что поле в первой среде является суперпозицией падающей и отраженной волн.

5. Проанализируйте полученные результаты и представьте выводы: о возможности существования $\varphi_{\text{б}}$, $\varphi_{\text{по}}$, о влиянии угла падения и поляризации на исследуемые характеристики, о влиянии фазовых соотношений при интерференции волн в п.4 (покажите, что положение максимумов амплитуды соответствует разности фаз, кратной четному числу π , а минимумов – нечетному числу π).