

Тесты кафедры анатомии человека МГМСУ им. А.И. Евдокимова

Федеральное агентство воздушного транспорта
Иркутский филиал Государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский государственный технический университет
гражданской авиации» (МГТУ ГА)
КАФЕДРА АРЭО
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА
по дисциплине
«Основы электродинамики и распространение радиоволн»

Выполнил: студент
специальность
шифр

Проверил:
2018 г.

ЗАДАЧА № 1

Плоские электромагнитные волны.

Плоская однородная волна частоты f МГц заданной поляризации с $E=4 \cdot 10^{-4}$ В/м падает с воздуха с $\epsilon_0=8,8 \cdot 10^{-12}$ Ф/м и $m_0=12,5 \cdot 10^{-7}$ Г/м на сверхпроводящую плоскость YO

Отражение и преломление плоской однородной волны на плоской границе раздела сред при вертикальной поляризации.

Согласно условия имеем - $E=4 \cdot 10^{-4}$ В/м, 4 1/Ом,м, $f=30$ МГц, 47 , поляризация-вертикальная.

Найти:

- нормальные N_x и касательные N_z к границе компоненты полей падающей волны.

Учесть связь между E и H .

- у падающей волны: коэффициент фазы, фазовую и групповую скорости и длину волны вдоль направления падения волны: γ гр и по направлению вдоль gr .

- модуль усредненного по времени фактора Умова-Пойтинга падающей волны.

- эффективную поверхностную плоскость тока S на сверхпроводящей плоскости.

- удельное поверхностное сопротивление R_S отражающей поверхности при её $12,5 \cdot 10^{-7}$ Г/м, $1/Ом \cdot м$ и глубину проникновения D_0 .

- полное сопротивление проводника с размерами $L_Y = 50$ см., $L_z = 30$ см.

- удельную P_t и полную мощность тепловых потерь P_t на отражающей поверхности с площадью $S=I_Y \cdot l_z$

- при какой поляризации может иметь место явление полного преломления (т.е. отсутствовать отраженная волна) и при каких условиях может наступить явление

полного отражения (т.е. отсутствует преломленная волна) и определить угол Брюстера и критический угол падения, если $\epsilon_1=2$, $\epsilon_2=1$.

Решение:

1. При вертикальной поляризации нормальная к границе компонента поля E_n , касательные компоненты поля E_t и H_t .

Электрическое и магнитное поля плоской однородной волны связаны между собой через волновое сопротивление среды

$Z =$

где μ - относительная магнитная проницаемость среды (1,00000038)

$\epsilon =$

где ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость среды (1,000590)

Действующие значения нормальной и касательной к границе раздела напряженности электрического поля падающей волны равны:

$$E_n = E_n \sin \theta = 4 \cdot \sin 47^\circ =$$

$$E_t = E_n \cos \theta = 4 \cdot \cos 47^\circ =$$

$$H_t = H_t =$$

2. Коэффициент фазы, фазовая и групповая скорости, длина волны связаны друг с другом

Вдоль направления падения волны:

$$f = 30 \cdot 10^6 \text{ Гц} = 2 \cdot 3,14 \cdot f = 2,198 \cdot 10^8$$

$$v = \frac{c}{n} = 0,729$$

$$\lambda = \frac{v}{f} =$$

$$l = \frac{v}{f} =$$

скорость света в данной среде

По направлению вдоль оси

$$\sin \theta = 0,729 \sin 47^\circ =$$

3. Модули усредненного по времени вектора Умова-Пойтинга падающей волны при вертикальной поляризации одинаковы и равны

4. Эффективная поверхностная плотность тока при вертикальной поляризации

5. Удельное поверхностное сопротивление отражающей поверхности и глубина проникновения

$$4 a = 1,25 \cdot 10^{-6}$$

R

6. Полное сопротивление проводника

$$R = R \text{ Ом}$$

7. Удельная мощность тепловых потерь

$$= 0,0118 \text{ Вт/м}^2$$

Полная мощность тепловых потерь на отражающей поверхности с площадью S ;

8. Угол Брюстера и критический угол падения

$$\tan(\theta_B) = 350$$

$$\sin(\theta_c) = 47$$

ЗАДАЧА №2

Линии передачи высокочастотного диапазона.

Волновод заполнен воздухом, удельная проводимость стенок такая же, как в задаче 1 ($\epsilon_0=8,8 \cdot 10^{-12}$ Ф/м и $\mu_0=12,5 \cdot 10^{-7}$ Г/м), пробивная напряженность $E_{проб}=3$ кВ/мм, КБВ=0,8. Для расчета допустимой длины волны длительность импульса τ , частота заполнения $f_{макс}$.

Согласно условию задачи имеем: $Df=8-9$ ГГц, $E=30$ В/м, сечение- круглое, тип волны- H_{11} , $l=2,3$ м.

Найти:

Выбрать поперечные размеры прямоугольного волновода по заданным рабочим частотам и по минимальной частоте у круглого волновода. (по таблице 3)

Найти значение K_x , K_y , K_z (прямоугольный волновод) и $g_{e,n}$, K_z (круглый волновод)- на ср.

Используя найденные в п.2 значения K , записать выражения для полей заданного типа волны.

Найти поперечные размеры волновода при работе с высшими типами волн (при заданной рабочей волне H_{10} - найти размеры для волны H_{20} , при работе с волной H_{11} в круглом волноводе найти диаметр под волну E_{01} , а при работе с высшей волной E_{01} найти диаметр для волны H_{11}). Показать, в каком случае поперечные размеры получаются меньше- при работе с основной или с высшей волной.

Найти критическую частоту и критическую длину волны заданного типа.

Найти длину волны в волноводе, фазовую и групповую скорости на средней длине волны.

Найти максимально допустимую длину волновода, при которой наблюдалось бы искажение формы сигнала при работе короткими импульсами высокой частоты $f_{макс}$ и длительностью τ .

Рассчитать предельную мощность в волноводе на средней частоте выбранных его стандартных размерах. Найти пробивную мощность при КСВ=1,2, максимально допустимую мощность и сравнить её с рабочей мощностью.

Найти коэффициент затухания на средней частоте.

Найти отношение амплитуд поля (при $x,y=const$) и мощностей на расстоянии l м при рассчитанной величине коэффициента затухания (по таблице логарифмов).

Определить, на каком расстоянии амплитуды поля волны H_{20} в прямоугольном волноводе и волны H_{01} в круглом волноводе (по заданию), находящихся в закритическом режиме, уменьшаются не менее чем в сто раз, если частота равна средней частоте.

Найти КПД несогласованной с нагрузкой линии передачи при длине линии l и КБВ=0,8.

Решение задачи

Найдем длины волн рабочего диапазона:

=

так как волновод заполнен воздухом

Условия для выбора размеров круглого волновода для волны H_{11}

$0,77 > D > 0,6$, $D = 2R$

1. Согласно этим условиям стандартные волноводы выбираем из таблицы № 3: C76, D = 27,78.

2. Рассчитаем g по формуле:

;

где: - корни производной функции Бесселя

Коэффициент фазы в волноводе равен:

0,0199

где: $K=$

3. Для круглого волновода с радиусом R поле волны типа

;

Где H_{zm} -действительная амплитуда напряженности продольного магнитного поля (А/м), E_y , E_x - комплексные амплитуды напряженности электрического поля (В/м)

4. Критическая длина волны в круглом волноводе типа H:

47,7мм

5. В круглом волноводе критические частоты волн типа E и H с одинаковыми сочетаниями индексов m и n имеют разные значения:

6. Длина волны в волноводе, фазовая и групповая скорости вычисляются по формуле:

35,23

$K=$

где c_p - в соответствии с заданием, в волноводе заполненном воздухом.

=

7. Максимально допустимая длина волновода при которой искажения еще невелики

=

=

где: $\Delta f=2/\Delta$ - разность двух крайних частот спектра

8. Предельная мощность в круглом волноводе на средней частоте и волне типа H11

1,204 Вт

Пробивная мощность:

= Вт

где: $K_{CB} = 1,2$ - коэффициент стоячей волны

Максимально допустимая мощность:

Вт

Рабочая мощность:

= Вт

где: $E_{раб.m}$ - амплитуда максимального значения электрического поля ($E =$).

« (« - условие выполняется)

9. Коэффициент затухания волн типа H11 в круглом волноводе при воздушном заполнении равен

=

удельное поверхностное сопротивление

где - удельная проводимость стенок ($1/\Omega_{м,м}$)

10. Отношение амплитуд поля и отношение мощностей

= 10 = 1

= 1

11. Расстояние DZ , на котором поле волны H_{10} , находящейся в закритическом режиме, уменьшается в 100 раз на средней частоте диапазона, находится так-
Коэффициент закритического затухания

= 24,5i

где α , для воздуха

Откуда расстояние, на которое поле уменьшится в 100 раз равно

12. КПД несогласованной с нагрузкой линии передачи

Где Γ - модуль коэффициента отражения, коэффициент затухания в Неп/м, l - длина линии

Модуль коэффициента отражения

=

КСВ=

Коэффициент затухания

==

При расчете КПД величина $e^{l\alpha}$ вычисляется как обычно

$\ln x = 2,3 \lg x = 2l$

$\lg x = 2l / 2,3$

По таблицам антилогарифмов находим X .

Отсюда

КПД = $1 - |\Gamma|^2 / x$

ЗАДАЧА №3

Объемные резонаторы.

Задана форма резонатора и тип колебаний, его размеры a , b , d - в прямоугольном резонаторе, радиус R и длина d - в цилиндрическом резонаторе, меньший радиус $R_1 = 50$ мм и больший радиус $R_2 = R$, длина d - в коаксиальном резонаторе. Дана максимальная амплитуда напряженности электрического поля E_m макс. В/м, проводимость материала стенок равна $7 \cdot 10^{-4}$ Ом*м, заполнение воздушное, $\alpha_0 = 7$ Г/м, $\alpha_0 = 8 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Согласно условию задачи имеем:

Форма - коаксиальный цилиндр, тип колебаний - T (тем) $p = 1, 1, 9$; $E = 150$ В/м,

$R = 22$ см = 220 мм, $d = 31$ см = 310 мм

Определить и сделать рисунки -

Нарисовать картину поля заданного типа колебания, используя рис.3

Записать выражения для компонент поля соответствующего типа колебаний. В эти выражения подставить числовые значения K_x , K_y , K_z которые заданы типом колебаний и размерами a , b , d , R .

Найти резонансную частоту рез. резонатора с заданным типом колебания.

Запасенную энергию электромагнитного поля W .

Глубину проникновения в материал стенок.

Добротность резонатора Q без учета потерь в диэлектрике.

Постоянную времени τ . Определить, во сколько раз уменьшится запасенная в резонаторе энергия при свободных колебаниях за время $t = 5$ сек.

Решение:

1.

2. Для коаксиального резонатора с волной Т (тем) составляющие поля для колебаний

3. Резонансные частоты в коаксиальном резонаторе с колебаниями Т (тем) при $p = 1$

$c = \text{м/с}$

4. Запасенная электромагнитная энергия в коаксиальном резонаторе с колебаниями

Т (тем) при $p = 1$

=

5. Глубина проникновения в материал стенок

=

6. Добротность в коаксиальном резонаторе с колебаниями Т (тем) при $p = 1$

Q=

Q

7. Энергия при свободных колебаниях тратится на потери и постепенно уменьшается

по закону

$W = W_0 e^{-2t/\tau}$

волна ток высокочастотный резонатор

где W_0 - начальный запас энергии в резонаторе при $t=0$, τ - постоянная времени, ω_0

собственная частота резонатора. Собственная частота ω_0 и резонансная частота $\omega_{рез}$

связаны друг с другом через добротность Q так, что $\omega_{рез} = \omega_0 \sqrt{1 + (1/4Q^2)}$

Как видно, при больших добротностях $Q \gg 10$ в инженерных расчетах этой разницей в

величинах резонансной и собственной частоты можно пренебречь и считать $\omega_{рез} = \omega_0$.

За время t энергия поля при свободных колебаниях уменьшается

$W/W_0 = e^{-2t/\tau}$

= 0...