

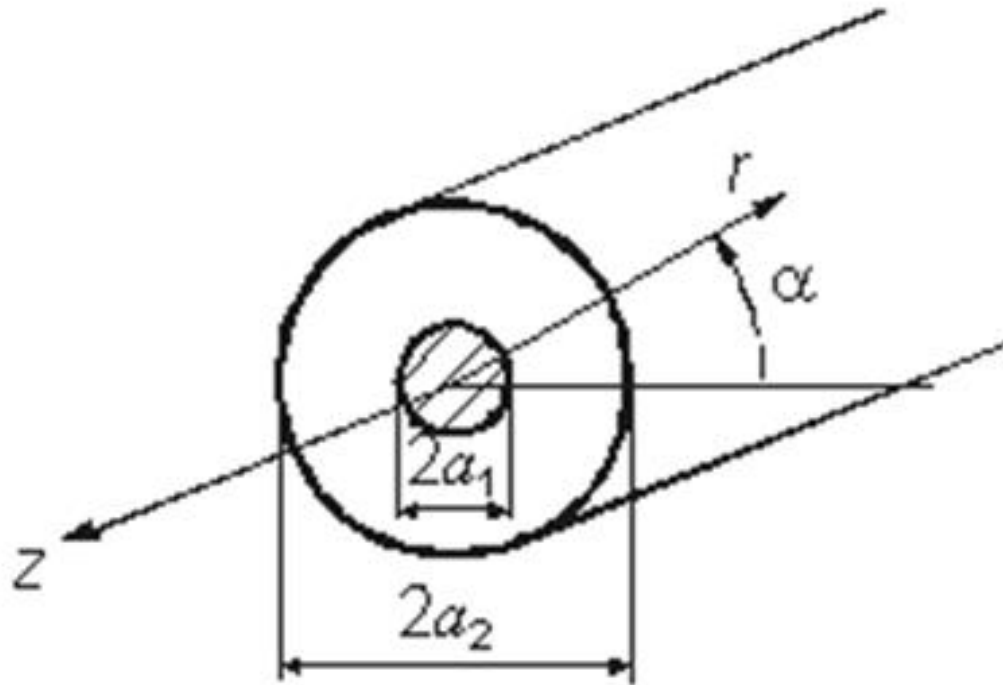
Электродинамика и распространение радиоволн

Семинар 14

Русов Юрий Сергеевич

1. Изучить примеры решения задач.
2. 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.

Коаксиальный волновод



Коаксиальный волновод

Задача 1. Коаксиальный волновод имеет размеры a_1 и a_2 и заполнен диэлектриком с параметрами μ и ϵ . Найти амплитуду напряжения в бегущей волне, если амплитуда тока равна I .

Решение.

Волновое сопротивление коаксиального волновода

$$Z_{\text{в}} = \frac{U}{I} = \frac{Z_c}{2\pi} \ln \frac{a_2}{a_1},$$

где $Z_c = 120\pi \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}.$

Амплитуда напряжения в линии определяется по формуле

$$U = IZ_{\text{в}}.$$

Коаксиальный волновод

Задача 1. Коаксиальный волновод с волновым сопротивлением 75 Ом имеет диаметр внутреннего проводника $2a_1$. Металл обоих проводников - медь. Волновод заполнен диэлектриком с относительными магнитной и диэлектрической проницаемостями μ и ε и известным тангенсом угла электрических потерь. Найти диаметр внешнего проводника $2a_2$ и погонные потери на частоте f .

Решение.

Волновое сопротивление коаксиального волновода

$$Z_{\text{в}} = \frac{U}{I} = \frac{Z_c}{2\pi} \ln \frac{a_2}{a_1}, \quad \text{где } Z_c = 120\pi \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}.$$

Отсюда можно определить радиус и диаметр внешнего проводника.

Коаксиальный волновод

Коэффициент ослабления волны типа Т за счет потерь в диэлектрике в коаксиальном волноводе определяется соотношением

$$\alpha_{\text{д}} = \frac{1}{2} \omega \sqrt{\epsilon_a \mu_a} \operatorname{tg} \delta_{\text{э}} .$$

$$\omega = 2\pi f.$$

Коаксиальный волновод

Коэффициент ослабления за счет потерь в металлических стенках для волны типа Т в коаксиальной линии

$$\alpha_{\text{м}} = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} \frac{\frac{R_{s1}}{2a_1} + \frac{R_{s2}}{2a_2}}{120\pi \ln \frac{a_2}{a_1}},$$

где $R_{s1} = R_{s2} = \sqrt{\frac{\omega \mu_{\text{ам}}}{2\sigma}}$ – поверхностные сопротивления металла внутреннего и внешнего проводников соответственно. В данном случае они равны, т. к. проводники изготовлены из одного металла.

Здесь $\mu_{\text{ам}} = \mu_{\text{м}}\mu_0$ – абсолютная магнитная проницаемость металла проводников.

Коаксиальный волновод

Проводники изготовлены из меди.

Для меди относительная магнитная проницаемость $\mu_m = 1$.

Удельные проводимости металлов приведены в таблице.

Таблица 1

Материал	Удельная проводимость σ (МСм/м)	Удельное сопротивление ρ (Ом·мм ² /м)	μ_r
Серебро	60,7...62,5	0,0160...0,0165	1
Медь	56,6...57,8	0,0177...0,0173	1
Латунь	15...50*	0,02...0,067*	1
Золото	42,2	0,0237	1
Алюминий	35,3...36,4	0,0275...0,0284	1
Никель	14,6	0,0685	70*
Сталь	10,3...13,7*	0,073...0,097*	200*
Сталь нержавеющая	13,3*	0,075*	50*
Олово	8,8	0,114	1
Титан	1,72	0,58	1

* Данные требуют уточнения в зависимости от состава и условий применения материала

Возьмем среднее значение для меди $\sigma = 5,7 \cdot 10^7$ См/м.

Коаксиальный волновод

Затухание волн в волноводах зависит от потерь в металлических стенках и в материале, заполняющем волновод. Коэффициент ослабления волны в волноводе складывается из двух составляющих, вызванных потерями в металлических стенках и в диэлектрике

$$\alpha_{\text{общ}} = \alpha_{\text{м}} + \alpha_{\text{д}}.$$

Вносимые потери в дБ на длине 1 м (погонное затухание или погонные потери в дБ)

$$\begin{aligned} L_1 [\text{дБ}] &= \\ &= 10 \log_{10} \frac{P(0)}{P(1)} = 10 \log_{10} e^{2\alpha_{\text{общ}}} = 20\alpha_{\text{общ}} \log_{10} e \approx 8,686\alpha_{\text{общ}} \end{aligned}$$

Задание для самостоятельного решения

1. Решить задачу 1 при значениях

$$a_1 = 0,5 \text{ мм},$$

$$a_2 = 3+0,1\text{М} \text{ мм},$$

$$\mu=1,$$

$$\varepsilon=2,4.$$

$$I = (0,1\text{Н}) \text{ А}.$$

2. Решить задачу 2 при исходных данных:

$$a_1 = (0,3+0,1\text{М}) \text{ мм},$$

$$\text{параметры диэлектрика: } \mu=1, \varepsilon=2,1, \operatorname{tg} \delta_{\text{э}} = 5 \cdot 10^{-4}.$$

$$\text{Частота } f=100(1+0,1\text{Н}) \text{ МГц}.$$

Литература

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.
2. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Высшая школа, 1992. 416 с.