

Электродинамика и распространение радиоволн

Семинар 11

Русов Юрий Сергеевич

1. Изучить ошибки в расчетах предыдущего семинара.
2. Изучить 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.
4. Приступить к выполнению Домашнего задания №2. Задание доступно по ссылкам в личных кабинетах (в названии файла указаны потоки РЛ1 и РЛ6). Срок сдачи 12 неделя.

Работа над ошибками

При решении задач предыдущего семинара некоторые студенты допустили ошибку при записи тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля в первой задаче, взяв в качестве нее тангенциальную составляющую поля падающей волны.

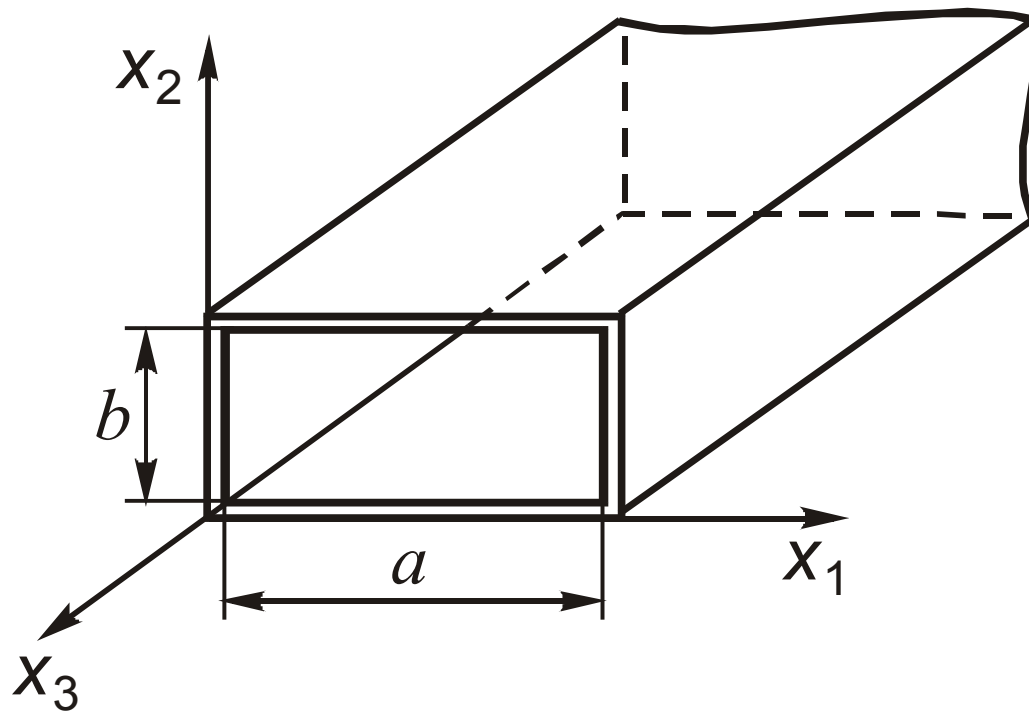
В предыдущем семинаре был рассмотрен случай падения волны на проводящую поверхность. Повторим материал предыдущего семинара еще раз.

Работа над ошибками

При падении на металлическую поверхность волны с тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля $\dot{H}_{\tau \text{ пад}}$ **тангенциальная составляющая напряженности магнитного поля на поверхности раздела сред складывается из составляющих падающей и отраженной волны $\dot{H}_{\tau \text{ пад}}$ и $\dot{H}_{\tau \text{ отр}}$** . Поскольку коэффициент отражения можно считать равным 1, то

$$\dot{H}_{\tau} = 2\dot{H}_{\tau \text{ пад}}.$$

Прямоугольный волновод



Прямоугольный волновод

Задача 1. Определить, волны каких типов могут распространяться в прямоугольном волноводе с поперечным сечением axb на частоте f , если волновод заполнен диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью ϵ и относительной магнитной проницаемостью μ .

Решение.

В волноводе могут распространяться волны, для которых выполняется условие распространения

$$\lambda < \lambda_{\text{кр}} \quad \text{или} \quad f > f_{\text{кр}}.$$

λ — длина волны в неограниченной среде, заполняющей волновод.

Прямоугольный волновод

Рассчитывается длина волны в среде, заполняющей волновод

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1}{f\sqrt{\epsilon\epsilon_0\mu\mu_0}}.$$

Критическая длина волн типов Н и Е в прямоугольном волноводе определяется по формуле

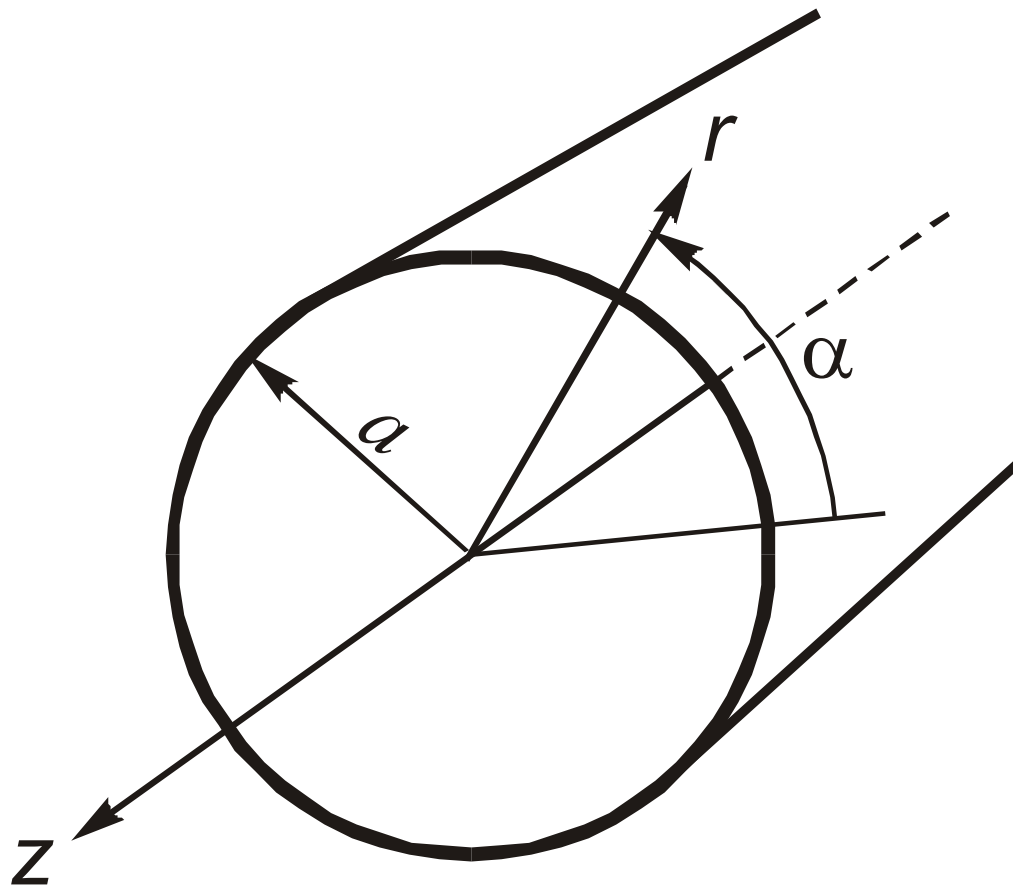
$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{2\pi}{\chi} = \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2}}.$$

Необходимо рассчитать критические длины волн для волны основного типа H_{10} и ближайших высших типов.

Прямоугольный волновод

Для волны основного типа H_{10} и ближайших высших типов проверяется выполнение условия распространения. Определяются те типы волн, для которых это условие выполняется. Необходимо увеличивать индексы волн до тех пор, пока условие распространения не перестанет выполняться. Обязательно проверить для волн с индексами 10, 01, 11, 02, 20, 12, 21 и других с большими значениями индексов, если условие распространения для всех этих волн выполняется.

Круглый волновод



Круглый волновод

Задача 2. Круглый волновод диаметром $2a$ заполнен воздухом. Определить длину волны в волноводе, фазовую и групповую скорости, характеристическое сопротивление для волны основного типа на частоте f .

Решение.

Для воздуха относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon=1$ и относительная магнитная проницаемость $\mu=1$. С учетом этого длина волны в среде, заполняющей волновод, определяется по формуле

$$\lambda = \frac{1}{f \sqrt{\epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0}} = \frac{1}{f \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = \frac{v}{f},$$

где $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$

Круглый волновод

Основным типом волны в круглом волноводе является волна H_{11} . Для нее критическая длина определяется формулой

$$\lambda_{кр} = 3,41a.$$

Фазовая скорость волны в волноводе

$$V_{\phi} = \frac{v}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{кр}} \right)^2}},$$

групповая скорость волны в волноводе

$$v_{гр} = v \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{кр}} \right)^2}.$$

Круглый волновод

Длина волны в волноводе

$$\Lambda = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{\text{кр}}}\right)^2}}.$$

Характеристическое сопротивление

$$Z_{0H} = \frac{Z_c}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{\text{кр}}}\right)^2}}.$$

где $Z_c = \sqrt{\frac{\mu_a}{\varepsilon_a}} = \sqrt{\frac{\mu\mu_0}{\varepsilon\varepsilon_0}}.$

Задание для самостоятельного решения

1. Решить задачу 1 при значениях
 $f=37-0,1N$ ГГц,
 $a=7,2$ мм, $b=3,4$ мм,
 $\varepsilon=1+0,1N$, $\mu=1$.
2. Решить задачу 2 при значениях
 $a=8$ мм,
 $f=14+0,1N$ ГГц.

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.