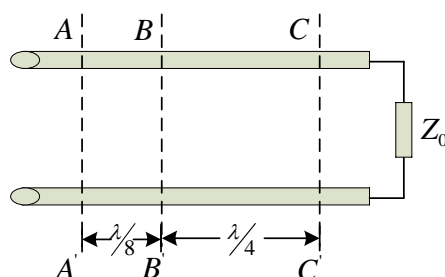


第二章作业

1、均匀无耗传输线的特性阻抗 $Z_0 = 50\Omega$ ，负载电流 $I_L = -2jA$ ，负载阻抗 $Z_L = -50j\Omega$ 。试求：(1)把传输线上的电压 $U(z)$ 、电流 $I(z)$ 写成入射波与反射波之和的形式；(2)利用欧拉公式改写成正余弦的形式。

2、一无耗线终端阻抗等于特性阻抗，如图所示，已知 $U_B = 50\angle 20^\circ$ ，求 U_A 和 U_C ，并写出 AA' ， BB' ， CC' 处的电压瞬时表达式。



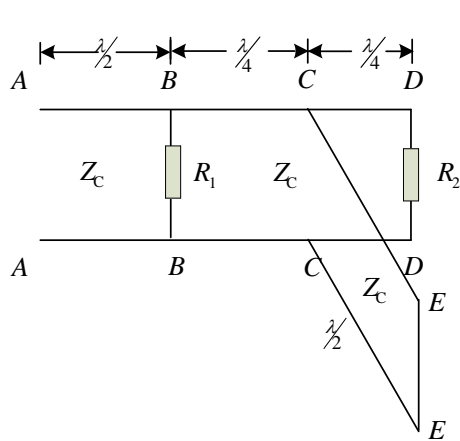
3、有一长度为 d 的无耗线，负载短路时测得输入阻抗为 $Z_{in}^{sc}(d)$ ，负载开路时测得输入阻抗为 $Z_{in}^{oc}(d)$ ，接某负载 Z_L 时测得输入阻抗为 $Z_{in}(d)$ ，试证明：

$$Z_L = Z_{in}^{oc}(d) \frac{Z_{in}^{sc}(d) - Z_{in}(d)}{Z_{in}(d) - Z_{in}^{oc}(d)}$$

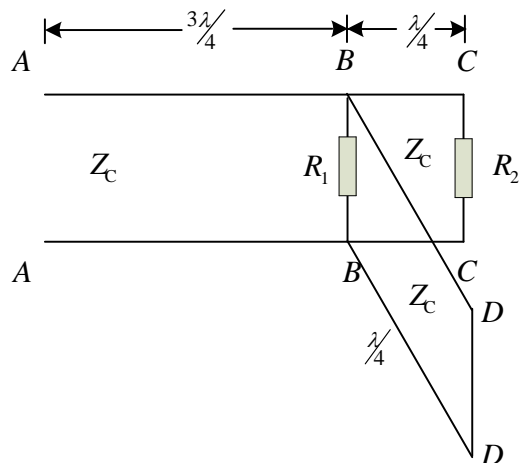
若 $Z_{in}^{sc}(d) = j100\Omega$ ， $Z_{in}^{oc}(d) = -j25\Omega$ ， $Z_{in}(d) = 75\angle 30^\circ\Omega$ ，求 Z_L 。

4、试证明长度为 $\lambda/2$ 的两端短路的无耗线，不论信号从线上哪一点馈入，均对信号频率呈现并联谐振。

5、求下图中无损传输线输入端（AA）的输入阻抗和反射系数。



(a)



(b)

6、在长度为 d 的无损传输线上，测得 $Z_{in}^{sc}(d) = j50\Omega$ ， $Z_{in}^{oc}(d) = -j50\Omega$ ，接实际负载时， $S=2$ ， $d_{\min}=0$ ， $\lambda/2$ ， λ ，.....，求负载 Z_L 。

7、传输线的特性阻抗为 Z_0 ，行波系数为 K ，终端负载为 Z_L ，第一个电压节点距终端的距离为 d_{\min} ，试求 Z_L 的表达式。

8、有长度为 $3\lambda/4$ 和特性阻抗为 600Ω 的传输线，若负载阻抗为 300Ω ，输入端电压为 $600V$ ，试画出沿线的电压、电流振幅分布图，并求出它们的最大值和最小值。

9、试证明：若负载 $Z_L = R_L + jX_L$ 与反射系数 $\Gamma_L = |\Gamma_L|e^{j\varphi_L}$ 有以下关系：

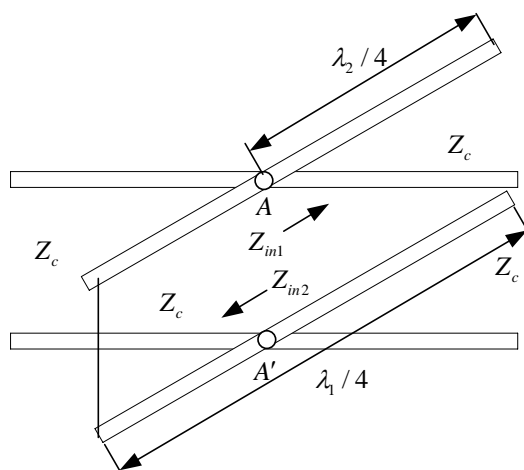
$$\frac{R_L}{Z_0} = \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{1 - 2|\Gamma_L|\cos\varphi_L + |\Gamma_L|^2} \quad \frac{X_L}{Z_0} = \frac{2|\Gamma_L|\sin\varphi_L}{1 - 2|\Gamma_L|\cos\varphi_L + |\Gamma_L|^2}$$

10、试证明：在任意负载下，有下列关系：

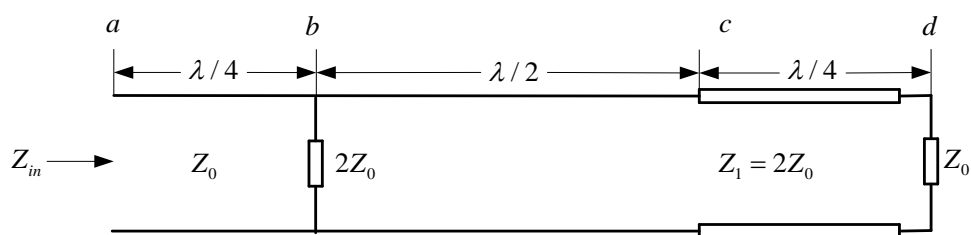
$$(1) \Gamma(z) = -\Gamma\left(z \pm \frac{\lambda}{4}\right) \quad (2) Z_{in}(z) \cdot Z_{in}\left(z \pm \frac{\lambda}{4}\right) = Z_0^2$$

11、传输线的总长为 $5\lambda/8$ ，终端开路，信号源内阻等于特性阻抗。始端电压为 $150\angle 45^\circ$ ，试写出始端，以及与始端相距分别为 $\lambda/8$ 和 $\lambda/2$ 处的电压瞬时值表示式。

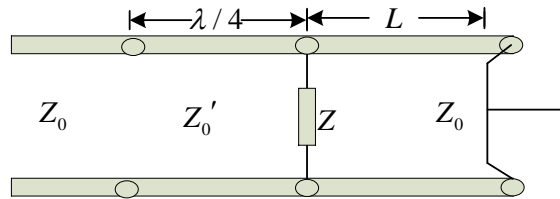
12、试证明：如下图所示的均匀无耗传输线结构可使波长为 λ_1 的导波不受任何影响地通过，而波长为 λ_2 的导波则不能通过。



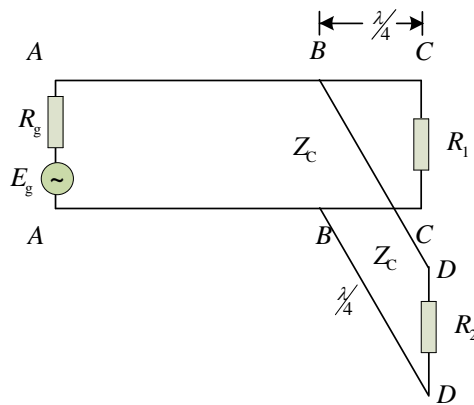
13、如图所示无损传输线，已知特性阻抗 Z_0 。求输入阻抗 Z_{in} 、 $abcd$ 各点的反射系数及各段的电压驻波比。



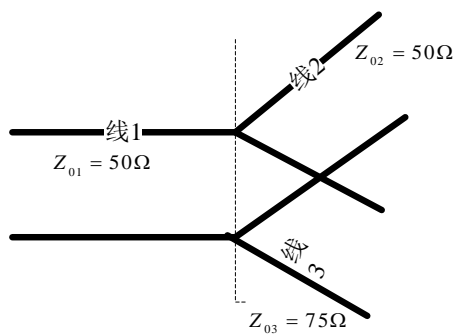
14、如图所示，传输线上并接阻抗 $Z = R + jX$ ，今用短路活塞和 $\lambda/4$ 阻抗变换器进行调配，求匹配时活塞的位置 L 和 $\lambda/4$ 阻抗变换器的特性阻抗 Z'_0 。



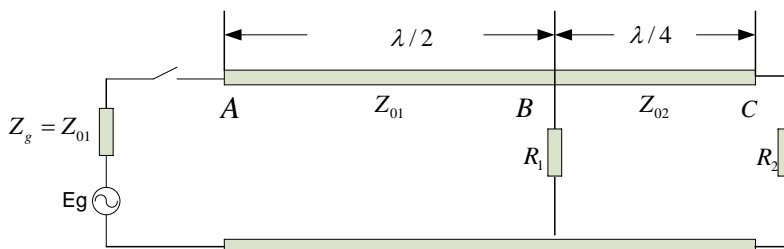
15、如图所示，主线和支线的特性阻抗均为 Z_c ，信号源电压的幅值为 E_g ，内阻 $R_g = Z_c$ ， $R_1 = \frac{2}{3}Z_c$ ， $R_2 = \frac{1}{3}Z_c$ ，试画出主线与支线上电压电流幅值分布图。



16、如图所示，功率入射到三段传输线连界面处，试求（1）反射给传输线 1 的功率？（2）传递给传输线 2 的功率？



17、如图所示，已知 Z_{01} 为 250Ω ， Z_{02} 为 250Ω ，电源电动势为 $100V$ ， Z_{01} 和 Z_{02} 线上行波系数分别为 0.8 和 0.5 ，B 点为 Z_{01} 线段的电压节点，试求 R_1 和 R_2 的值及 R_2 吸收的功率。



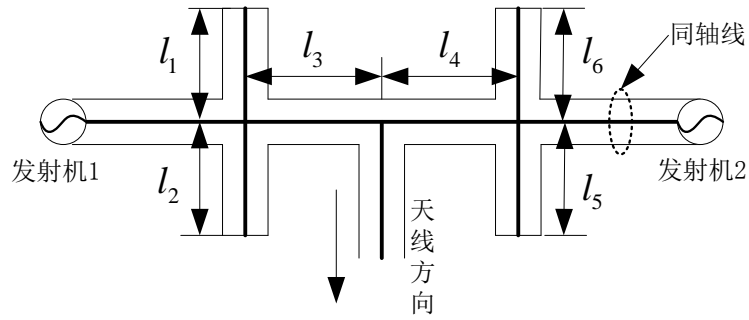
18、使用阻抗或导纳圆图完成以下求解：

(1)、用特性阻抗为 50Ω 的同轴线测得反射系数 $\Gamma = 0.166$ ，第一个电压波节点距终端 $10mm$ ，相邻两波节点之间的距离为 $50mm$ 。求终端负载阻抗 Z_L 。

(2)用同样的负载阻抗接在特性阻抗为 20Ω 的传输线终端，求终端电压反射系数 Γ_L 。

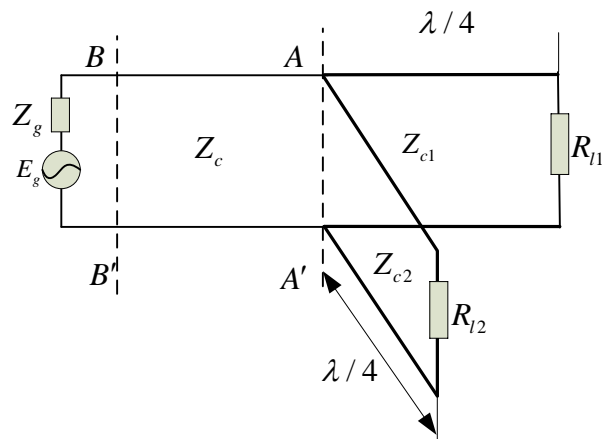
19、(使用阻抗或导纳圆图做题) 特性阻抗为 50Ω 的传输线，驻波比为 $S = 2$ ，在其终端负载处并联一短路支线，其输入阻抗为 $-j50\Omega$ 。若主传输线的第一个电压波节点距终端为 $\lambda/8$ ，求负载阻抗 Z_L 。

20、如图所示，某雷达两部发射机共用一副天线，两部发射机的工作波长分布为 $\lambda_1 = 4m$ ， $\lambda_2 = 3m$ 。其中同轴线纵向剖面图中的粗实线代表同轴线的内导体，细实线代表同轴线的外导体。若适当选取同轴线的长度 l_1 至 l_6 的尺寸，可使雷达的每部发射机功率畅通无阻地通过天线发射出去，而不进入另一部发射机。试确定长度 l_1 至 l_6 一组合适的尺寸。

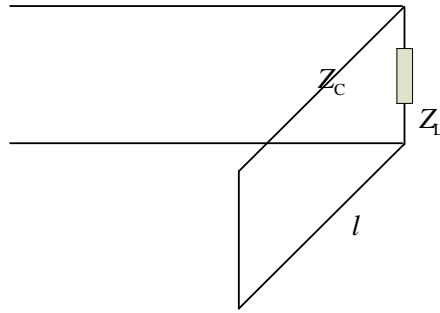


21、如图所示，电动势为 $E_g = 10e^{j0^\circ}$ 的匹配信号源通过特性阻抗为 50Ω 的均匀无损传输线，以相等的功率馈送给两个分别为 $R_{l1} = 64\Omega$ 和 $R_{l2} = 25\Omega$ 的并联负载，并用 $\lambda/4$ 阻抗变换器来实现与主传输线的匹配。试求：

- (1) $\lambda/4$ 阻抗变换器的特性阻抗 Z_{c1}, Z_{c2} ；
- (2) $\lambda/4$ 阻抗变换器上的驻波比；
- (3) 负载电阻 R_{l1}, R_{l2} 的吸收功率。

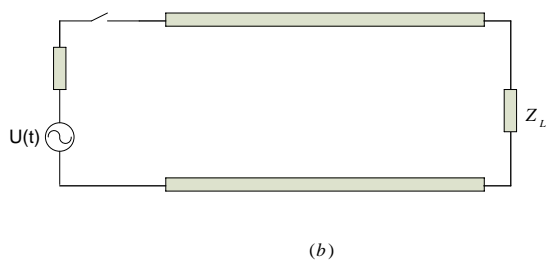
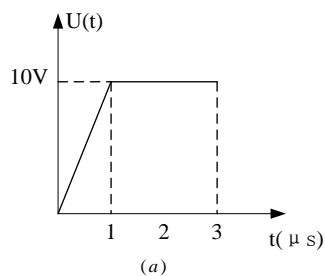


22、如图所示，主线和支线特性阻抗为 Z_c ，并联短路线接在主线，欲使主线达到行波状态，负载阻抗和支线长度应取何值。

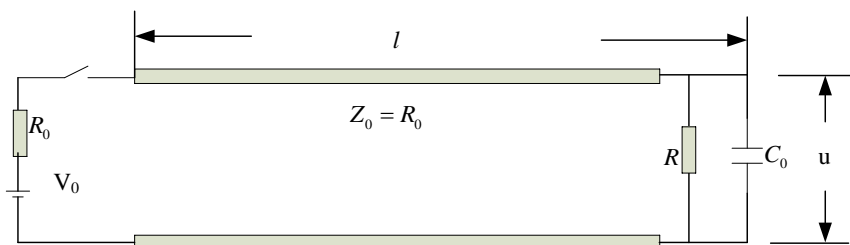


23、如图所示均匀无损传输线，始端电压反射系数 $\Gamma_g=0$ ，负载电压反射系数 $\Gamma_L=0.5$ ，波的传播速度为 1m/s ，线长为 10m 。当 $t=0$ 时，给传输线加上如图 (a) 所示的信号，试问：

- (1) $t=10$ 秒时， $V(Z, t)$ - Z 曲线如何？
- (2) $t=11$ 秒、 12 秒、 13 秒时， $V(Z, t)$ - Z 曲线分别如何？
- (3) $Z=5\text{m}$ 处， $V(Z, t)$ - Z 曲线如何？ ($0 < t < 20$ 秒)



24、如图所示无损传输线，在 $t=0$ 时刻，电压为 V_0 的电池组接入输入端，求输出负载上的电压 u 随时间的变化。



第三章作业

25、利用算符的性质，证明下列各等式：

$$(1) \nabla(\vec{A} \cdot \vec{B}) = \vec{B} \times (\nabla \times \vec{A}) + \vec{A} \times (\nabla \times \vec{B}) + (\vec{B} \cdot \nabla) \vec{A} + (\vec{A} \cdot \nabla) \vec{B}$$

$$(2) \nabla \times (\vec{A} \times \vec{B}) = (\vec{B} \cdot \nabla) \vec{A} - (\nabla \cdot \vec{A}) \vec{B} - (\vec{A} \cdot \nabla) \vec{B} + (\nabla \cdot \vec{B}) \vec{A}$$

$$(3) \nabla \times (\vec{A} \times \vec{B}) = \vec{B} \cdot (\nabla \times \vec{A}) - \vec{A} \cdot (\nabla \times \vec{B})$$

$$(4) \vec{A} \times (\nabla \times \vec{A}) = \frac{1}{2} \nabla A^2 - (\vec{A} \cdot \nabla) \vec{A}$$

26、试定性解释为什么空心金属波导中不能传输 TEM 波。

27、根据理想导体的边界条件，试证明求解规则金属波导中 E_z 和 H_z 本征值方程的边界条件可以分别表示为

$$E_z|_{\Omega} = 0 \qquad \frac{\partial H_z}{\partial \vec{n}} \Big|_{\Omega} = 0$$

其中 Ω 为导体表面， \vec{n} 为导体表面法线方向的单位矢量。

28、试证明规则波导的工作波长 λ 、波导波长 λ_g 和截止波长 λ_c 满足：

$$\lambda = \frac{\lambda_g \lambda_c}{\sqrt{\lambda_g^2 + \lambda_c^2}}$$

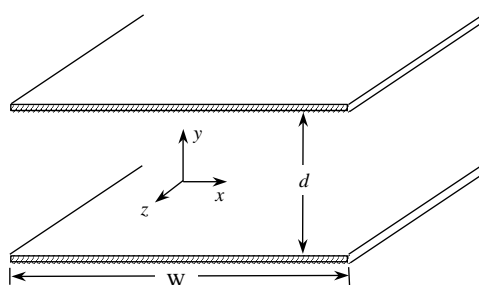
29、矩形金属波导的宽边 a 为 8cm，窄边 b 为 4cm，当工作频率分别为 3GHz 和 5GHz 时，给出该波导能传输的 TE 和 TM 模式。

30、矩形金属波导截面尺寸为 $a \times b = 23\text{mm} \times 10\text{mm}$ ，波导内填充空气，信号源工作频率为 10GHz ，试求：1、波导中可以传播的模式；2、该模式的截止波长 λ_c 、相位传播常数 β 、波导波长 λ_g 和相速 v_p 。3、若工作频率和窄边不变，使宽边增加一倍，上述参数如何变化？

31、在一段宽边为 $2a$ ($a = 0.7\lambda$) 的矩形金属波导中，若要求 TE_{10} 与 TE_{20} 的相移差为 $\pi/2$ ，求这段波导的长度 L 。

32、若已知某矩形金属波导内部真空时的主要参数 λ_c 、 λ_g 、 v_p 和 v_g ，当内部均匀填充相对介电常数为 ϵ_r 的介质后，试分析比较填充后的 $\lambda_{c\epsilon}$ 、 $\lambda_{g\epsilon}$ 、 $v_{p\epsilon}$ 和 $v_{g\epsilon}$ 与填充前的 λ_c 、 λ_g 、 v_p 和 v_g 大小。

33、如图所示，试推导无限长平行平板波导（内部为真空）TE 和 TM 波各场分量，并给出 λ_c 、 λ_g 、 v_p 、 Z_H 和 Z_E 的表达式。（提示：场在 x 方向是均匀的，忽略上下平板边缘的不均匀场。）



34、何为波导的简并现象？简述矩形和圆形金属波导中简并现象。

35、矩形金属波导内充空气，横截面尺寸为： $a \times b = 2.3\text{cm} \times 1\text{cm}$ ，试问：

(1)、当工作波长分别为 6cm、4cm、1.8cm 时，能传输哪些模式？

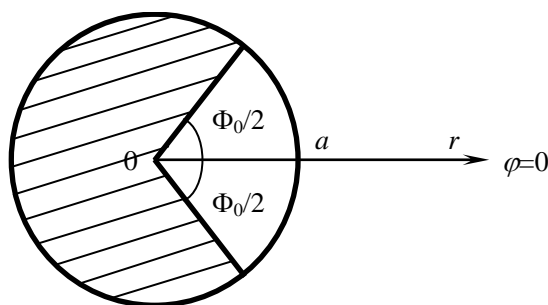
(2)、为保证只传输 H_{10} 模，工作波长范围可设为：最大波长比 H_{10} 截止波长低 10%，最小波长比 H_{20} 截止波长高 10%，求此波长范围。

36、如图所示（坐标系已定）半径为 a 、张角为 Φ_0 的扇形金属波导，

(1)、给出该波导 TE 波的 H_z 和 TM 波的 E_z 满足的本征值方程及其相应的边界条件。

(2)、推导出 H_z 和 E_z 的表达式。

(3)、在该扇形波导中能存在 E_{0n} 模吗？为什么？



第四章作业

37、若传输线的介质是有损的（即介质的电导率 $\sigma_d \neq 0$ ），试证明介质的损耗

角正切 $\tan \delta$ 与传输线分布参数的关系为：
$$\tan \delta = \frac{G_1}{\omega C_1}$$

（提示：不考虑传输线的导体损耗）

38、已知同轴线的单位长电感为 $L_1 = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$ ，试用增量电感法求导体衰减常

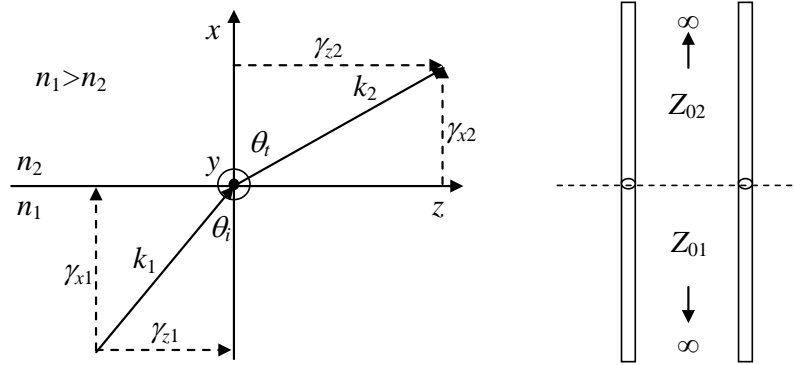
数 α_c 。（注： a 、 b 分别为同轴线内、外导体半径）

39、已知双导线的单位长电感为 $L_1 = \frac{\mu}{\pi} \ln \frac{D + \sqrt{D^2 - d^2}}{d}$ ，试用增量电感法求

导体衰减常数 α_c 。（注：两导线间距为 D ，导线直径为 d ）

第五章作业

40、如图所示，以 TM 平面波入射无限大介质交界面，试推导 x 方向等效传输线的电报方程，并给出特性阻抗表达式。

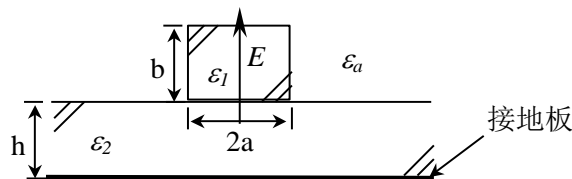


41、试证明以 TE 平面波入射介质分界面时，古斯-亨切位移为：

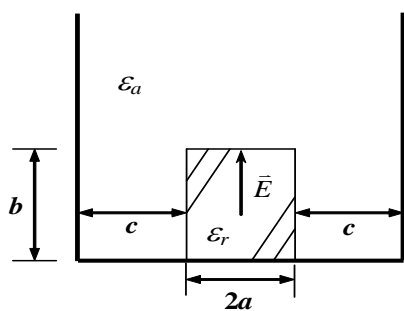
$$Z_s = \frac{\tan \theta_i}{k_{x2}} \quad X_s = \frac{1}{k_{x2}}$$

(提示: $\gamma_{z1} = \gamma_{z2} = \gamma_z = \beta$, $\gamma_{x2} = -jk_{x2}$)

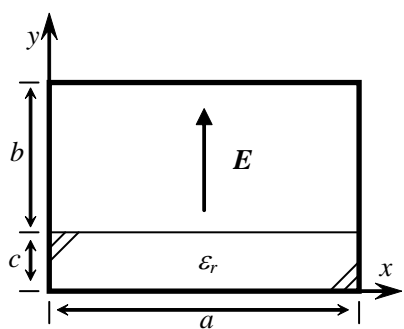
42、如图所示为隔离镜像线介质波导，主模 E_{11}^y 的电场方向已标出，试用 EDC 方法给出其有效介电常数 ϵ_e 应满足的方程。(ϵ_a 、 ϵ_1 和 ϵ_2 都是相对介电常数)。



43、如图所示为屏蔽介质波导，三面为接地导体，主模 E_{11}^y 的电场方向已标出，试用 EDC 方法给出其有效介电常数 ϵ_e 应满足的方程。(ϵ_a 和 ϵ_r 都是相对介电常数)

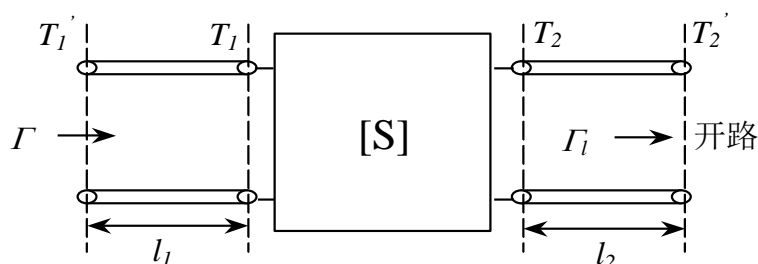


44、如图所示部分介质填充的矩形金属波导，主模 H_{10} 的电场方向已标出，试用 EDC 方法给出其有效介电常数 ϵ_e 应满足的方程。（ ϵ_r 是相对介电常数）



第六章作业

45、如图所示，已知参考面 T_1 和 T_2 所组成的二端口网络 $[S]$ 参数为 S_{11} , S_{12} , S_{21} 和 S_{22} ，试求参考面 T_1' 处的电压反射系数。



46、试证明：当无损互易二端口网络的 $|S_{11}|$, ϕ_{11} 和 ϕ_{22} 确定以后，网络的所有散射参数就完全确定了。（其中 ϕ_{11} 和 ϕ_{22} 分别为 S_{11} 和 S_{22} 的相角）

47、试证明单端口反射系数的模值 $|\Gamma|$ 和相角 ϕ_r 与网络内部损耗 P_L 和储能（平均电储能为 W_e ，平均磁储能为 W_m ）的关系如下

$$|\Gamma| = \sqrt{1 - \bar{P}_L} \quad \phi_r = \sin^{-1} \frac{\omega(\bar{W}_m - \bar{W}_e)}{\sqrt{1 - \bar{P}_L}}$$

其中 $\bar{P}_L = P_L / P_i$, $\bar{W}_m = W_m / P_i$, $\bar{W}_e = W_e / P_i$, P_i 为输入功率。

48、测得某二端口网络的 S 矩阵为 $[S] = \begin{bmatrix} 0.1 \angle 0^\circ & 0.8 \angle 90^\circ \\ 0.8 \angle 90^\circ & 0.2 \angle 0^\circ \end{bmatrix}$ ，问此二端口网络

是否互易和无耗？若端口 2 短路，求端口 1 处的反射系数。

第七章作业

49、证明谐振腔总储能 W 满足下式 $W = W_0 e^{-\omega_0 t / Q_0}$ ，式中 W_0 是 $t=0$ 时候的总储能， ω_0 是谐振频率， Q_0 是谐振腔的 Q 值。

50、设空气填充矩形腔 $a=2.5\text{cm}$ ， $b=2\text{cm}$ ， $l=5\text{cm}$ ，试求腔的 5 个最低次谐振频率，并说明它们分别对应的模式。

51、试写出 $a=b=l$ 的矩形腔中所有简并模式（ m 、 n 、 p 已知）。

52、设有一矩形谐振腔如图所示，其两个端壁为理想磁壁，四个侧壁为理想电壁，腔内填充均匀介质，腔的尺寸为 $a \times b \times l$ 。

(1) 列出磁波 H_z 和电波 E_z 应满足的波动方程和边界条件。

(2) 写出 H_z 和 E_z 的表达式以及 m 、 n 、 p 的取值。

(3) 写出该谐振腔谐振波长的表达式。

(4) 当 $l > a > b$ 时，该腔主模是什么？并绘出 x - y 和 x - z 剖面的场结构图。

