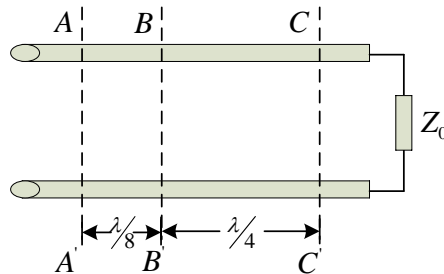


## 第二章作业

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。



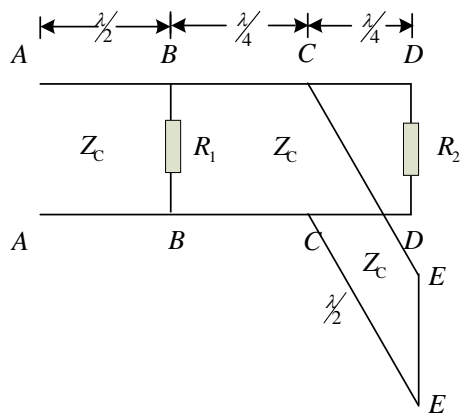
3、有一长度为  $d$  的无耗线，负载短路时测得输入阻抗为  $Z_{in}^{sc}(d)$ ，负载开路时测得输入阻抗为  $Z_{in}^{oc}(d)$ ，接某负载  $Z_L$  时测得输入阻抗为  $Z_{in}(d)$ ，试证明：

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

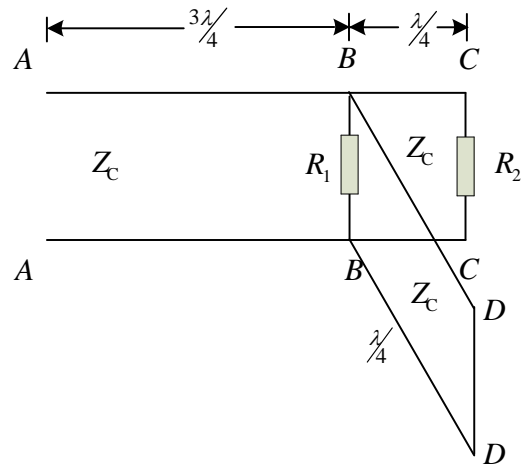
若  $Z_{in}^{sc}(d) = j100\Omega$ ， $Z_{in}^{oc}(d) = -j25\Omega$ ， $Z_{in}(d) = 75\angle 30^\circ\Omega$ ，求  $Z_L$ 。

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， $S=2$ ， $d_{min} = 0, \lambda/2, \lambda, \dots$ ，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  $600\Omega$  的传输线，若负载阻抗为  $300\Omega$ ，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：

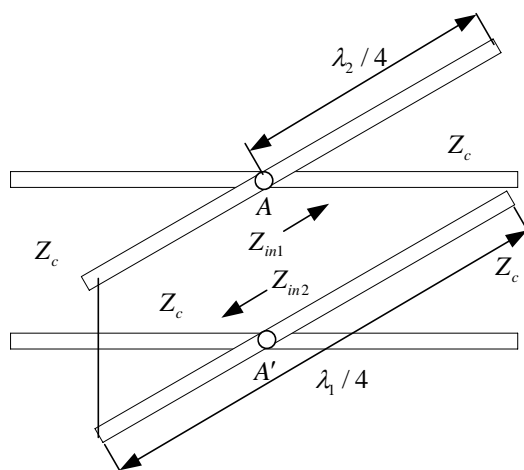
$$\frac{R_L}{Z_0} = \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{1 - 2|\Gamma_L|\cos\varphi_L + |\Gamma_L|^2} \quad \frac{X_L}{Z_0} = \frac{2|\Gamma_L|\sin\varphi_L}{1 - 2|\Gamma_L|\cos\varphi_L + |\Gamma_L|^2}$$

10、试证明：在任意负载下，有下列关系：

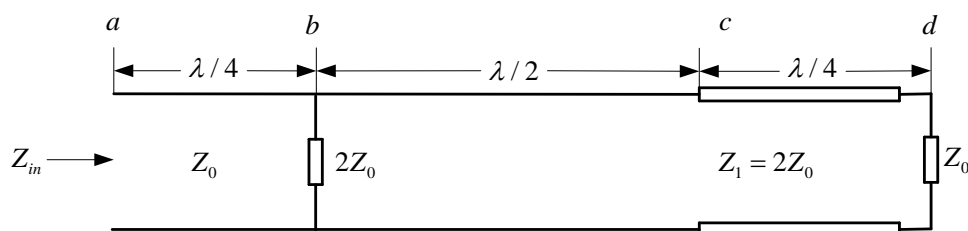
$$(1) \Gamma(z) = -\Gamma\left(z \pm \frac{\lambda}{4}\right) \quad (2) Z_{in}(z) \cdot Z_{in}\left(z \pm \frac{\lambda}{4}\right) = Z_0^2$$

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。

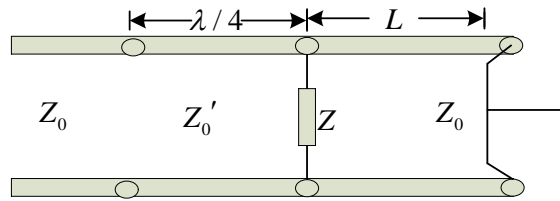
12、试证明：如下图所示的均匀无耗传输线结构可使波长为  $\lambda_1$  的导波不受任何影响地通过，而波长为  $\lambda_2$  的导波则不能通过。



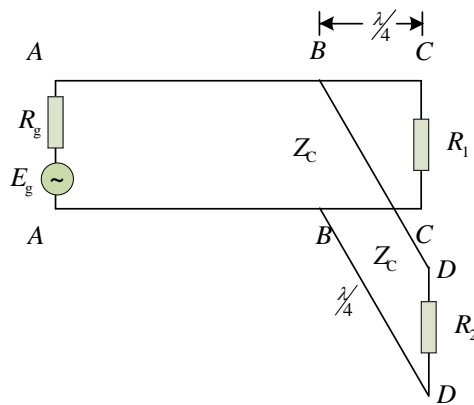
13、如图所示无损传输线，已知特性阻抗  $Z_0$ 。求输入阻抗  $Z_{in}$ 、abcd 各点的反射系数及各段的电压驻波比。



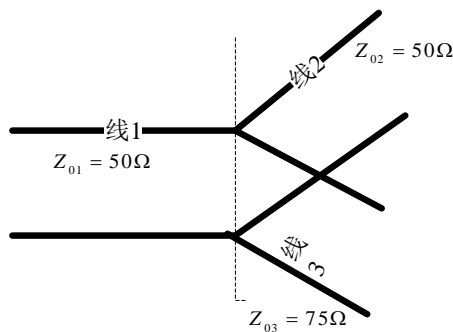
14、如图所示，传输线上并接阻抗  $Z = R + jX$ ，今用短路活塞和  $\lambda/4$  阻抗变换器进行调配，求匹配时活塞的位置  $L$  和  $\lambda/4$  阻抗变换器的特性阻抗  $Z'_0$ 。



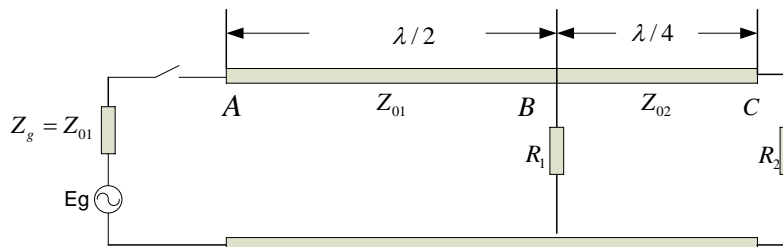
15、如图所示，主线和支线的特性阻抗均为  $Z_C$ ，信号源电压的幅值为  $E_g$ ，内阻  $R_g = Z_C$ ， $R_1 = \frac{2}{3}Z_C$ ， $R_2 = \frac{1}{3}Z_C$ ，试画出主线与支线上电压电流幅值分布图。



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  $250\Omega$ ， $Z_{02}$  为  $250\Omega$ ，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。



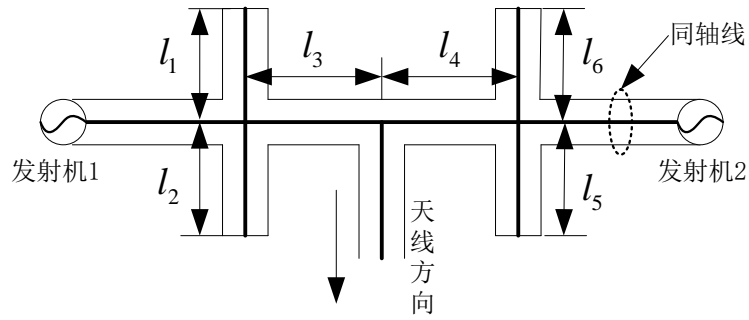
18、使用阻抗或导纳圆图完成以下求解：

(1)、用特性阻抗为  $50\Omega$  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  $20\Omega$  的传输线终端，求终端电压反射系数  $\Gamma_L$ 。

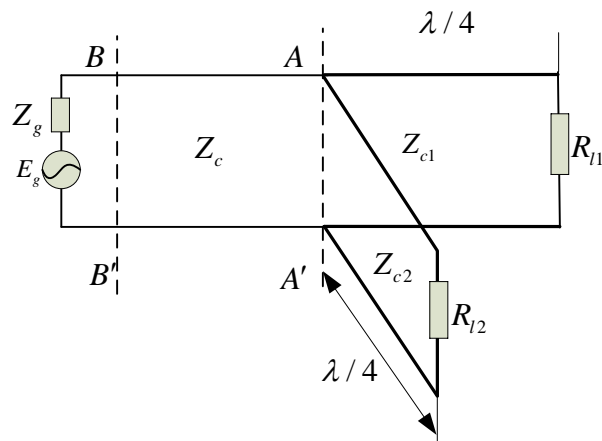
19、(使用阻抗或导纳圆图做题) 特性阻抗为  $50\Omega$  的传输线，驻波比为  $S = 2$ ，在其终端负载处并联一短路支线，其输入阻抗为  $-j50\Omega$ 。若主传输线的第一个电压波节点距终端为  $\lambda/8$ ，求负载阻抗  $Z_L$ 。

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。

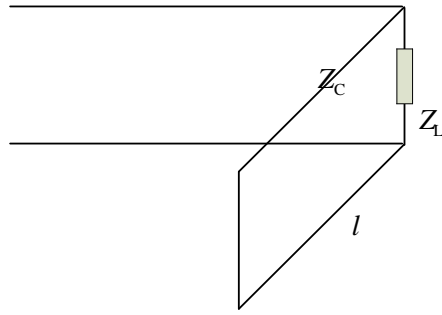


21、如图所示，电动势为  $E_g = 10e^{j0}$  的匹配信号源通过特性阻抗为  $50\Omega$  的均匀无损传输线，以相等的功率馈送给两个分别为  $R_1 = 64\Omega$  和  $R_2 = 25\Omega$  的并联负载，并用  $\lambda/4$  阻抗变换器来实现与主传输线的匹配。试求：

- (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  $R_1, R_2$  的吸收功率。

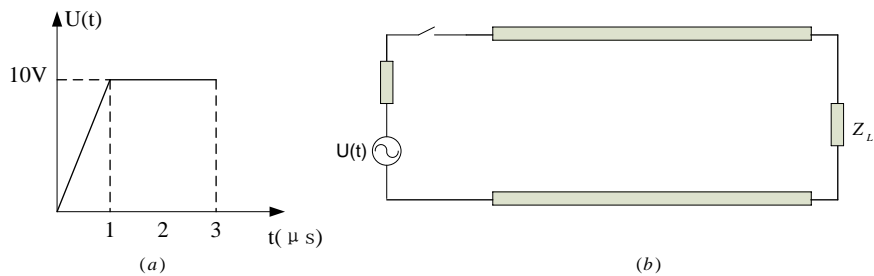


22、如图所示，主线和支线特性阻抗为  $Z_c$ ，并联短路线接在主线，欲使主线达到行波状态，负载阻抗和支线长度应取何值。

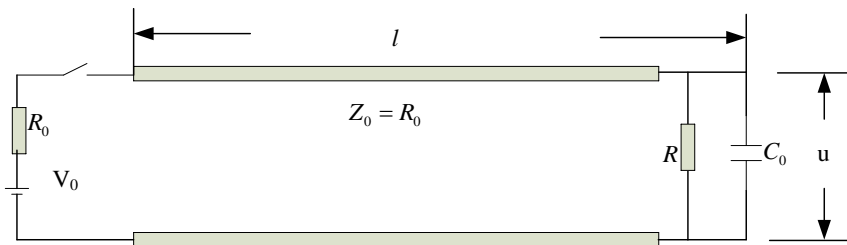


\*23、如图所示均匀无损传输线，始端电压反射系数  $\Gamma_g=0$ ，负载电压反射系数  $\Gamma_L=0.5$ ，波的传播速度为  $1\text{m/s}$ ，线长为  $10\text{m}$ 。当  $t=0\text{s}$  时，给传输线加上如图 (a) 所示的信号，试问：

- (1)  $t=10\text{s}$  时， $V(z, t)$  沿线分布如何？
- (2)  $t=11\text{s}$ 、 $12\text{s}$ 、 $13\text{s}$  时， $V(z, t)$  沿线分布如何？
- (3)  $Z=5\text{m}$  处， $V(z, t)$  沿时间  $t$  变化如何？（其中  $0 < t < 20\text{s}$ ）



\*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：

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

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

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

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

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

$$E_z|_{\Omega} = 0 \quad \frac{\partial H_z}{\partial n}|_{\Omega} = 0$$

其中  $\Omega$  为导体表面， $n$  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  $\lambda$ 、波导波长  $\lambda_g$  和截止波长  $\lambda_c$  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。

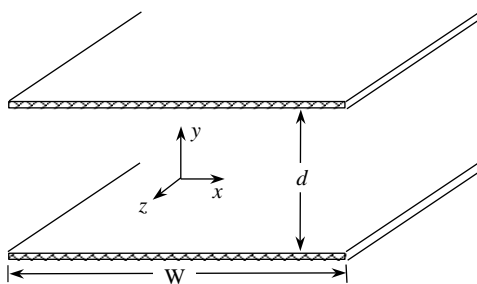


30、矩形金属波导截面尺寸为  $a \times b = 23\text{mm} \times 10\text{mm}$ ，波导内填充空气，信号源工作频率为  $10\text{GHz}$ ，试求：1、波导中可以传播的模式；2、该模式的截止波长  $\lambda_c$ 、相位传播常数  $\beta$ 、波导波长  $\lambda_g$  和相速  $v_p$ 。3、若工作频率和窄边不变，使宽边增加一倍，上述参数如何变化？

31、在一段宽边为  $2a$  ( $a = 0.7\lambda$ ) 的矩形金属波导中，若要求  $\text{TE}_{10}$  与  $\text{TE}_{20}$  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  $\lambda_c$ 、 $\lambda_g$ 、 $v_p$  和  $v_g$ ，当内部均匀填充相对介电常数为  $\epsilon_r$  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  $\lambda_c$ 、 $\lambda_g$ 、 $v_p$  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  $\lambda_c$ 、 $\lambda_g$ 、 $v_p$ 、 $Z_H$  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？

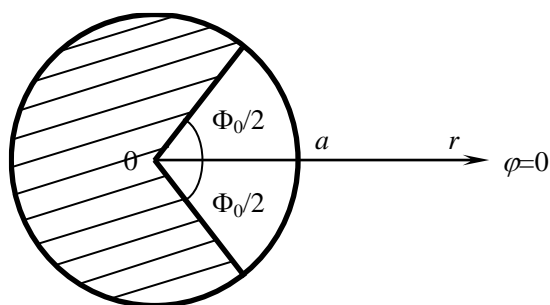
(2)、为保证只传输  $H_{10}$  模，工作波长范围可设为：最大波长比  $H_{10}$  截止波长低 10%，最小波长比  $H_{20}$  截止波长高 10%，求此波长范围。

36、如图所示（坐标系已定）半径为  $a$ 、张角为  $\Phi_0$  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 $\operatorname{tg}\delta$ 与传输线分布参数的关系为：
$$\operatorname{tg}\delta = \frac{G_1}{\omega C_1}$$

（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

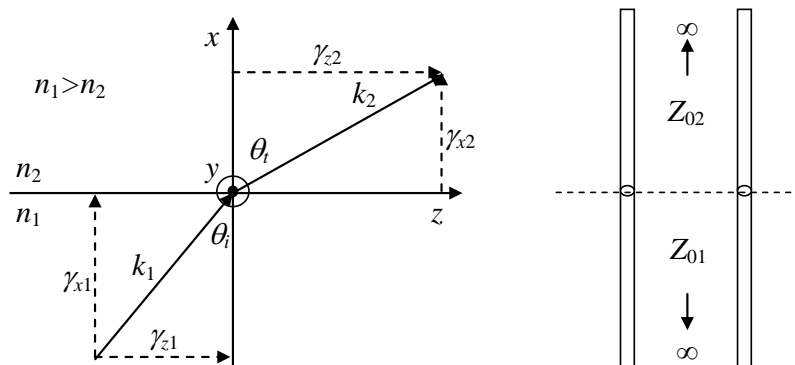
数 $\alpha_c$ 。（注： $a$ 、 $b$ 分别为同轴线内、外导体半径）

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 $\alpha_c$ 。（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。

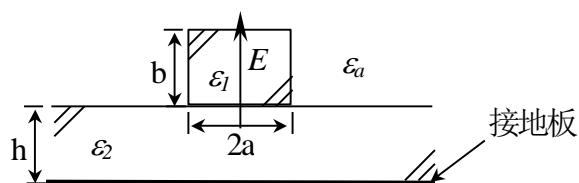


41、试证明以 TE 平面波入射介质分界面时，古斯-亨切位移为：

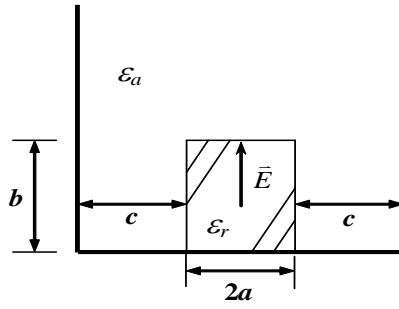
$$Z_S = \frac{\tan \theta_i}{k_{x2}} \quad X_S = \frac{1}{k_{x2}}$$

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

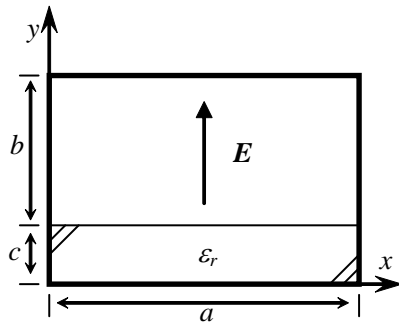
42、如图所示为隔离镜像线介质波导，主模  $E_{11}^y$  的电场方向已标出，试用 EDC 方法给出其有效介电常数  $\epsilon_e$  应满足的方程。（ $\epsilon_a$ 、 $\epsilon_1$  和  $\epsilon_2$  都是相对介电常数）。



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  $\epsilon_e$  应满足的方程。（ $\epsilon_a$  和  $\epsilon_r$  都是相对介电常数）

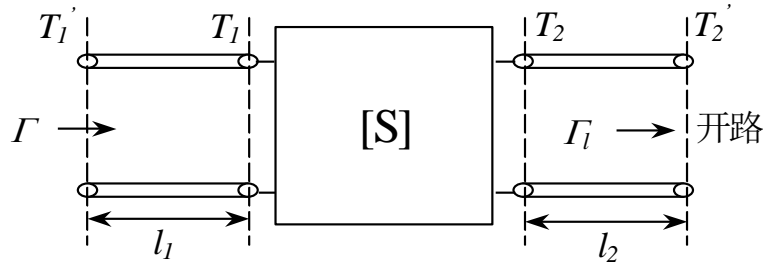


44、如图所示部分介质填充的矩形金属波导，主模  $H_{10}$  的电场方向已标出，试用 EDC 方法给出其有效介电常数  $\epsilon_e$  应满足的方程。（ $\epsilon_r$  是相对介电常数）



## 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  $|S_{11}|$ ,  $\phi_{11}$  和  $\phi_{22}$  确定以后，网络的所有散射参数就完全确定了。（其中  $\phi_{11}$  和  $\phi_{22}$  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  $\phi_r$  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  $W = W_0 e^{-\omega t / Q_0}$ ，式中  $W_0$  是  $t=0$  时候的总储能， $\omega_0$  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。

