浙江大学 20<u>16</u> – 20<u>17</u> 学年<u>春夏</u>学期

《 电磁场与电磁波 》课程期中考试试卷

课程号：<u>11120010</u>，开课学院：<u>信电学院</u>

考试形式：一纸开卷，允许带一张 A4 大小手写稿入场

考试日期：<u>2016</u> 年<u>4</u>月<u>26</u>日，考试时间：<u>120</u>分钟 （14:00-16:00）

诚信考试，沉着应考，杜绝违纪。

考生姓名：______________学号：______________所属专业：________________

题序	一	二	三	四	五	六	七	总分
得分								
评卷人								

一、选择题（每题 2 分，共 20 分）：

1. 传输线特征阻抗为 Z_0，负载阻抗为 R_L，且 $Z_0 \neq R_L$，若用特性阻抗为 Z_{01} 的 1/4 波长阻抗变换器进行匹配，则 Z_{01} 应满足条件 （ C ）.

   A. $Z_{01}=Z_0R_L$ B. $Z_0=\sqrt{Z_{01}R_L}$ C. $Z_{01}=\sqrt{Z_0R_L}$ D. $Z_{01}=R_L$

2. 一圆极化波垂直投射于一理想导体平板上（平板和 z 轴垂直，位于 $z=b$），入射电场 $\mathbf{E}=E_m\left(\mathbf{x}_0+j\mathbf{y}_0\right)e^{-jkz}$，则反射波电场为（ C ）

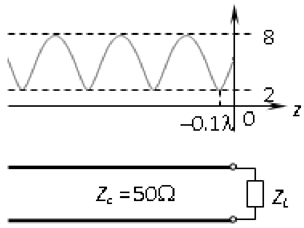
   A．$\mathbf{E}=E_m\left(\mathbf{x}_0+j\mathbf{y}_0\right)e^{-jkz}$ B. $\mathbf{E}=-E_m\left(\mathbf{x}_0+j\mathbf{y}_0\right)e^{jk(z-b)}$

   C. $\mathbf{E}=-E_m\left(\mathbf{x}_0+j\mathbf{y}_0\right)e^{jk(z-2b)}$ D. $\mathbf{E}=-E_m\left(\mathbf{x}_0+j\mathbf{y}_0\right)e^{jkz}$

3. 一容性负载经过四分之一阻抗变换器后，在导纳圆图上标注在（ B ）。

   A) 上半圆 B) 下半圆 C) 纯电纳圆 D) 纯电导线

4. 右图所示为传输线上电压的驻波分布，判别负载 Z_L 是什么性质的阻抗？（ B ）



   A．纯电阻 B. 电阻、电容都有

   C．纯电抗 D. 电阻、电感都有

5. 已知天线的方向性为 1.25，天线效率为 80%，则天线增益为（ C ）

   A. 0 dB B. 1 dB C. 2 dB D. 3 dB

6. 均匀平面波的电场为 $\vec{E}=\hat{x}E_0\sin(\omega t-kz+\pi/6)+\hat{y}E_0\cos(\omega t-kz)$，则表明此波是（ C ）

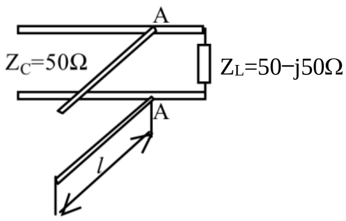
A. 左旋圆极化波　　B. 右旋圆极化波　　C. 左旋椭圆极化波　　D. 右旋椭圆极化波

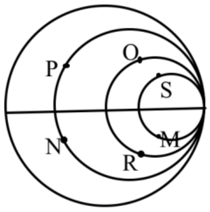
7. 理想无耗传输线终端短路，则短路端的电压反射系数为_______，距离短路段四分之一波长处的电压反射系数为_______ (　B　)

A. -1, -1　　B. -1, +1　　C. +1, -1　　D. +1, +1

8. 如下图所示，一个 50−j50Ω的负载接特征阻抗为 50Ω的传输线时，在阻抗圆图上的位置大致在（　D　）

A．P 点　　B.　N 点　　C.　O 点　　D.　R 点



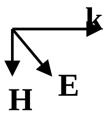


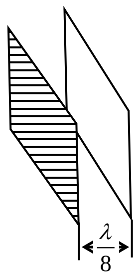
9. 上题中为了消除负载处的反射，用单可变电纳匹配器进行匹配，在 AA 面处接入一终端开路的传输线，已知负载经过主传输线到达 AA 面处的导纳为上面导纳圆图的 O 点，问并联开路传输线的最短长度 l 为（　C　）

A. $l < \lambda/8$　　B. $\lambda/8 < l < \lambda/4$　　C. $\lambda/4 < l < 3\lambda/8$　　D. $3\lambda/8 < l < \lambda/2$

10. 如右图所示，一理想导体平板前λ/8 处放置一个与水平方向成 45°的金属栅，若一水平极化的平面波入射，则反射波为（　D　）。

A. 水平极化波　B. 垂直极化波　C. 右旋圆极化波　D. 左旋圆极化波





二、（10 分）在如图给出的 Smith 导纳圆图上，标明以下几个点或线的轨迹。

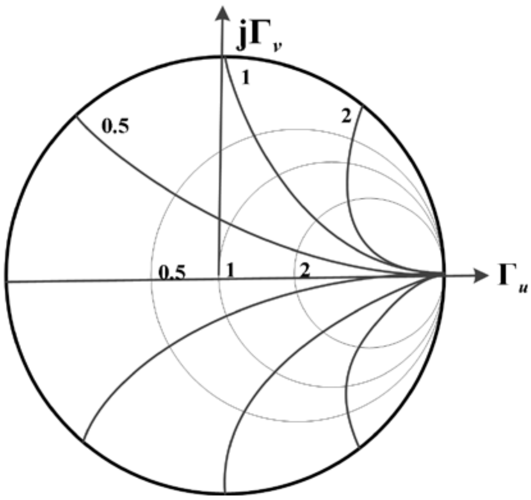
（1）开路点 A，短路点 B；

（2）可匹配圆；

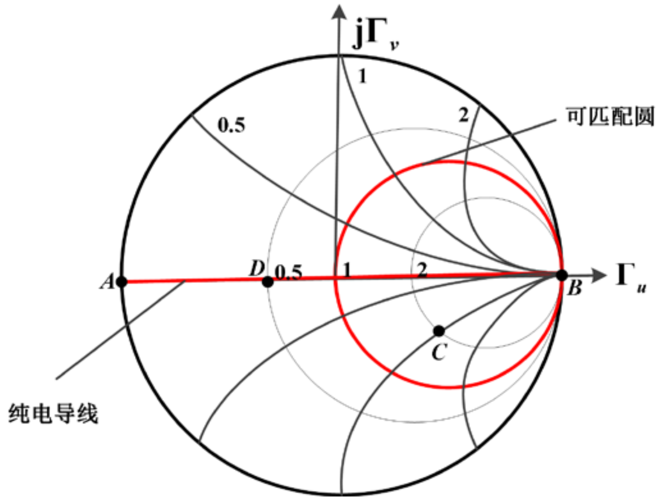
（3）纯电导线；

（4）阻抗为 $\bar{Z} = 0.4 + 0.2j$ 的点 C；

（5）电压驻波比为 2 时，沿线电压波腹点 D。



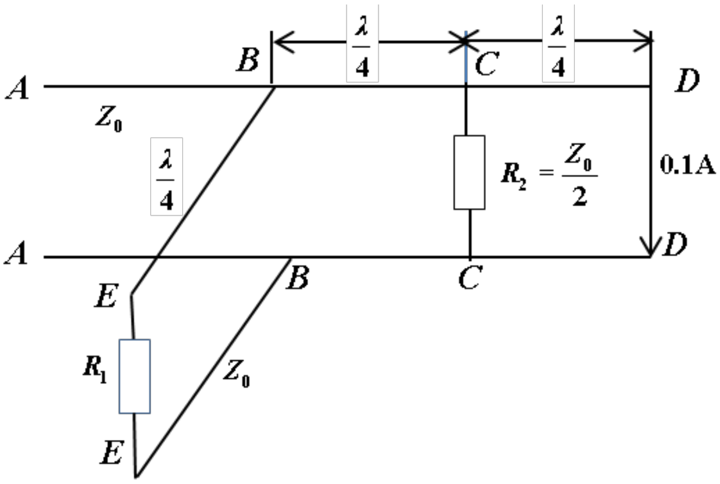
解：结果如下图所示。



三、（14 分）如图所示，均匀无耗传输线特性阻抗为 200Ω，试求：

(1) R_1 为何值时，AB 段为行波状态?

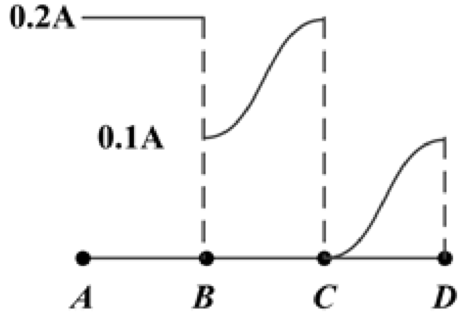
(2) 此时，如果在1/4 波长短路线上测得电流振幅为 0.1A，画出沿线的电压振幅、电流振幅分布；并求 R_1, R_2 上吸收的功率。



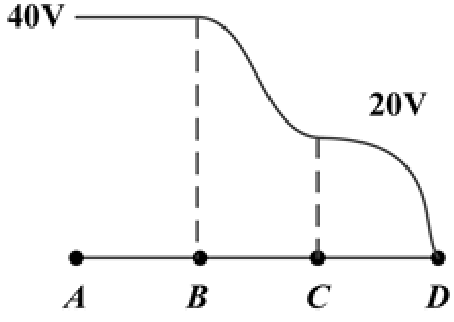
解：

（1） $R_1 = 100\Omega$

（2） $P_{R_1} = 2\text{W}$，$P_{R_2} = 2\text{W}$。电流、电压振幅分布如下图所示。



(a) 电流图



(b) 电压图

四、（12 分）自由空间中平面波的电场为$\mathbf{E}=\hat{\mathbf{z}}120\pi e^{jkx}$，试求：

（1）与之对应的$\mathbf{H}$。

（2）相应的坡印廷矢量瞬时值。

解：

（1）容易看出是均匀平面波，因此有：

$$\mathbf{H}=\frac{-\hat{\mathbf{x}}}{\eta_0}\times\mathbf{E}=\frac{1}{120\pi}(-\hat{\mathbf{x}}\times\hat{\mathbf{z}})\times120\pi e^{jkx}=\hat{\mathbf{y}}e^{jkx}\,\text{A/m}$$

或者直接利用麦克斯韦方程也可以求解：

$$\mathbf{H}=\frac{\nabla\times\mathbf{E}}{-\mathrm{j}\omega\mu_0}=\hat{\mathbf{y}}e^{jkx}\,\text{A/m}$$

（2）对复数形式取实部得到瞬时值，则

$$\mathbf{E}=\hat{\mathbf{z}}\ 120\pi\cos\left(\omega t+kx\right)$$
$$\mathbf{H}=\hat{\mathbf{y}}\cos\left(\omega t+kx\right)$$
$$\mathbf{S}=\mathbf{E}\times\mathbf{H}=[\hat{\mathbf{z}}120\pi\cos\left(\omega t+kx\right)]\times[\hat{\mathbf{y}}\cos\left(\omega t+kx\right)]=-\hat{\mathbf{x}}120\pi\cos^2(\omega t+kx)$$

五、（10 分）两个半波阵子天线平行放置，相距$\lambda/2$。若要求它们的最大辐射方向在偏离天线阵轴线$\pm60^\circ$的方向上，问两个半波阵子天线馈电电流相位差应为多少。

解：

当两个半波阵子天线馈电电流相位差β满足条件$\cos\varphi_m=-\dfrac{\beta}{kd}$时，由它们组成的天线阵的最大辐射方向$\varphi_{\mathrm{m}}$取决于相邻阵元之间的电流相位差$\beta$。

所以有：

$$\beta = -kdcos\varphi_m = -\frac{2\pi}{\lambda}\frac{\lambda}{2}\cos 60^\circ = -\frac{\pi}{2}$$

六、（14 分）已知某天线的辐射功率为100W，方向性系数为$D=3$。求：

（1）$r=10\text{km}$处，最大辐射方向上的电场强度振幅。

（2）若保持辐射功率不变，要使$r=20\text{km}$处的场强等于原来$r=10\text{km}$处的场强，应选取方向性系数D等于多少的天线。

解：

（1）最大辐射方向上的电场强度的振幅为：

$$E_m = \frac{\sqrt{60DP_r}}{r}$$

代入具体数值得：

$$E_m = 1.34\times 10^{-2}\,\text{V/m}$$

（2）符合题意的方向性系数为：

$$\frac{\sqrt{60D_1P_r}}{r_1} = \frac{\sqrt{60D_2P_r}}{r_2}$$

代入具体数值得：

$$D_2 = 12$$

七、（20 分）已知一电偶极子$I\text{d}l$在其最大辐射方向上，距离电偶极子r处的远区P点所产生的电场强度振幅值为100mV/m。试求：

（1）在此点的磁场强度和平均坡印廷矢量。

（2）在与电偶极子轴线的夹角为30°的方向上，与上面点的距离相同的一点处电偶极子所产生的电场强度、磁场强度和平均坡印廷矢量。

解：

（1）对于电偶极子的远区场，电场与磁场的比值为煤质的波阻抗，即：

$$\eta = \frac{E_\theta}{H_\varphi} = \frac{k}{\omega\varepsilon} = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$$

对于自由空间$\eta = 120\pi$，因此，磁场的强度振幅值为：

$$H_{\varphi} = \frac{E_{\theta}}{\eta} = \frac{100}{120\pi} = 0.265\text{mA/m}$$

平均坡印廷矢量为：

$$\begin{aligned}
\mathbf{S}_{\mathbf{av}} &= \frac{1}{2}\text{Re}\left(\mathbf{E} \times \mathbf{H}^{*}\right) \\
&= \frac{1}{2}\text{Re}[\mathbf{e}_{\boldsymbol{\theta}} E_{\theta} \times \mathbf{e}_{\boldsymbol{\varphi}} H_{\varphi}^{*}] = \mathbf{e}_{\mathbf{r}} \frac{1}{2}\text{Re}[E_{\theta} H_{\varphi}^{*}] \\
&= \mathbf{e}_{\mathbf{r}} \frac{1}{2}\left|E_{\theta}\right|\left|H_{\varphi}^{*}\right| = \mathbf{e}_{\mathbf{r}} \frac{1}{2}\frac{\left|E_{\theta}\right|^{2}}{\eta} = \mathbf{e}_{\mathbf{r}} \frac{1}{2}\frac{\left(100 \times 0.001\right)^{2}}{120\pi} \\
&= \mathbf{e}_{\mathbf{r}} 1.325 \times 10^{-5}\text{W/m}^{2}
\end{aligned}$$

（2）电偶极子的远区场与$\sin\theta$成正比，θ为与电偶极子轴线的夹角。$\theta = 90^{\circ}$为最大辐射方向。其他方向的场值为最大辐射方向的同等距离处的场值与$\sin\theta$的乘积。所以在与电偶极子轴线的夹角为30°的方向上，与最大辐射方向上距离相同的一点处电偶极子所产生的电场强度为

$100\text{mV/m} \times \sin 30^{\circ} = 50\text{V/m}$。

对于电偶极子的远区场，电场与磁场的比值为煤质的波阻抗，即：

$$\eta = \frac{E_{\theta}}{H_{\varphi}} = \frac{k}{\omega\varepsilon} = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$$

对于自由空间$\eta = 120\pi$，因此，磁场的强度振幅值为：

$$H_{\varphi} = \frac{E_{\theta}}{\eta} = \frac{50}{120\pi} = 0.1326\text{mA/m}$$

平均坡印廷矢量为：

$$\begin{aligned}
\mathbf{S}_{\mathbf{av}} &= \frac{1}{2}\text{Re}\left(\mathbf{E} \times \mathbf{H}^{*}\right) = \frac{1}{2}\text{Re}[\mathbf{e}_{\boldsymbol{\theta}} E_{\theta} \times \mathbf{e}_{\boldsymbol{\varphi}} H_{\varphi}^{*}] \\
&= \mathbf{e}_{\mathbf{r}} \frac{1}{2}\text{Re}[E_{\theta} H_{\varphi}^{*}] = \mathbf{e}_{\mathbf{r}} \frac{1}{2}\left|E_{\theta}\right|\left|H_{\varphi}^{*}\right| = \mathbf{e}_{\mathbf{r}} \frac{1}{2}\frac{\left|E_{\theta}\right|^{2}}{\eta} \\
&= \mathbf{e}_{\mathbf{r}} \frac{1}{2}\frac{\left(50 \times 0.001\right)^{2}}{120\pi} \\
&= \mathbf{e}_{\mathbf{r}} 3.3 \times 10^{-6}\text{W/m}^{2} = \mathbf{e}_{\mathbf{r}} 3.3 \times 10^{-3}\text{mW/m}^{2}
\end{aligned}$$