

电波与天线习题答案(作业)

第 1 章 练习题答案

1-6 试求长度为 $2l = 0.75\lambda$ 的对称振子子午面的若干个方向的方向性函数值(小数点后至少要保留 3 位有效数字), 并按极坐标描点的方法绘出其子午面方向性图。

$$\text{解: } \beta l = \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{3\lambda}{8} = \frac{3\pi}{4} = 135^\circ$$

对称振子子午面的归一化方向性函数为

$$F(\theta) = \frac{\cos(135^\circ \cos\theta) - \cos(135^\circ)}{(1 - \cos 135^\circ) \sin\theta}$$
$$= \frac{\sqrt{2} \cos(135^\circ \cos\theta) + 1}{(\sqrt{2} + 1) \sin\theta}$$

1-6 题表 对称振子子午面归一化方向性函数值

θ	0° 180°	15° 165°	30° 150°	45° 135°	58° 122°	60° 120°	75° 105°	90
$F(\theta)$	0	0.134	0.298	0.507	0.707	0.737	0.926	1

(方向性图的形状为“ ∞ ”形, 方向性图略)

1-10 已知一臂长度为 $l = \lambda/3$ 的对称振子以馈电点电流 I_{in} 做参照的辐射电阻为 $R_{\Sigma in} = 186.7\Omega$, 假设对称振子上的电流 $I(z)$ 呈纯驻波正弦分布。试求:

(1) 指出对称振子上是否存在电流波腹点?

(2) 如果存在波腹电流 I_M , 求以它做参照的辐射电阻 R_Σ 。

解：由于 $l > \frac{\lambda}{4}$ ，故存在电流波腹点。

电流波腹点的位置与馈电点之间的距离为

$$z_0 = l - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{3} = \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{12} \quad (1)$$

以波腹电流做参照的辐射电阻为

$$\begin{aligned} R_{\Sigma} &= R_{\Sigma \text{in}} \frac{\sin^2(\beta l)}{\sin^2\left(\frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{\lambda}{3}\right)} = 186.7 \times \frac{\sin^2(\beta l)}{\sin^2\left(\frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{\lambda}{3}\right)} = 140(\Omega) \end{aligned} \quad (2)$$

1-13 对于 1-10 题中给出的对称振子，试求：

(1) 以波腹电流 I_M 做参照的有效长度 l_{eM} ；

(2) 以馈电点电流 I_{in} 做参照的有效长度 l_{ein} ；

(3) 分别通过 $f_{\max}$ ， l_{eM} 和 l_{ein} 3 个参数计算这个对称振子的方向性系数 D 。

解：以波腹点电流 I_M 做参照的有效长度为

$$\begin{aligned} l_{eM} &= \frac{\lambda}{\pi} [1 - \cos(\beta l)] \\ &= \frac{\lambda}{\pi} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{\lambda}{3}\right) \right] = \frac{3\lambda}{2\pi} \end{aligned} \quad (1)$$

三种方法计算方向性系数：

$$f_{\max} = [1 - \cos(\beta l)] = 1 - \cos 120^\circ = 1.5,$$

$$l_{\text{ein}} = l_{eM} \cdot \frac{I_M}{I_{\text{in}}} = \frac{3\lambda}{2\pi \sin(120^\circ)} = \frac{\sqrt{3}}{\pi} \lambda$$

$$D = \frac{120 f_{\max}^2}{R_{\Sigma \square} 140} = \frac{120 \times 1.5^2}{140} = 1.93, \quad (2)$$

$$D = \frac{30(\beta l_{eM})^2}{R_{\Sigma \square} 140} = \frac{30 \times 3^2}{140} = 1.93,$$

$$D = \frac{30(\beta l_{\text{ein}})^2}{R_{\Sigma \text{in}}} = \frac{30(2\sqrt{3})^2}{187.6} = 1.93$$

结果相同。

第 2 章 练习题答案

2-1 自由空间共轴线排列的半波对称振子构成了三元侧射式天线阵，元间距 $d = 0.5\lambda$ ，各单元天线电流等振幅。求：

(1) 写出单元天线的归一化方向性函数 $F_1(\theta, \varphi)$ 的表达式；

(2) 写出归一化阵因子 $F_a(\theta)$ 的表达式；

(3) 把天线阵子午面相应的方向性函数值 $F(\theta)$ 填写在下面表格中（小数点后至少要保留 3 位有效数字）；

(4) 画出子午面方向性图并计算主瓣张角 $2\theta_0$ 和主瓣宽度 $2\theta_{0.5}$ 。

解：单元半波对称振子的归一化方向性函数为

$$F_1(\theta, \varphi) = \frac{\cos(90^\circ \cos \theta)}{\sin \theta} \quad (1)$$

间距为 $d = 0.5\lambda$ 的同相天线阵的辐射场相位差函数为

$$\psi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{\lambda}{2} \cos\theta = 180^\circ \cos\theta \tag{2}$$

归一化阵因子为

$$F_a(\theta) = \frac{\sin(3\psi/2)}{3 \sin(\psi/2)} = \frac{\sin(270^\circ \cos\theta)}{3 \sin(90^\circ \cos\theta)} \tag{3}$$

共轴线排列的 3 元同相天线阵总的方向性函数为

$$F(\theta, \varphi) = \frac{\cos(90^\circ \cos\theta) \sin(270^\circ \cos\theta)}{\sin\theta \cdot 3 \sin(90^\circ \cos\theta)} \tag{4}$$

2-1 题中 3 元天线阵子午面归一化方向性函数值表格

θ	0° 180°	15° 165°	30° 150°	45° 135°	48.18° 131.8°	60° 120°	73.5° 106.5°	90°
$F_1(\theta)$	0	0.207	0.418	0.628	0.671	0.817	0.941	1
$F_a(\theta)$	0.333	0.33	0.275	0.075	0	0.333	0.752	1
$F(\theta)$	0	0.068	0.115	0.044	0	0.272	0.707	1

(方向性图略)

主瓣张角和主瓣宽度分别为

$$\begin{aligned} 2\theta_0 &= 131.82^\circ - 48.18^\circ = 83.64^\circ \\ 2\theta_{0.5} &= 106.5^\circ - 73.5^\circ = 33^\circ \end{aligned} \tag{5}$$

2-8 计算 2-1 题共轴线排列的三元侧射式天线阵中的各单元天线辐射阻抗 $Z_{\Sigma i}$ ，天线阵的总辐射阻抗 Z_Σ 和天线阵的方向性系数 D 。

解：由互阻抗表可查得

$$\begin{aligned} Z_{11} &= Z_{22} = Z_{33} = 73.1 + j42.5 \ (\Omega) \\ Z_{12} &= Z_{21} = Z_{23} = Z_{32} = 26.4 + j20.2 \ (\Omega) \\ Z_{13} &= Z_{31} = -4.1 - j0.7 \ (\Omega) \end{aligned} \tag{1}$$

三个单元半波对称振子的辐射阻抗分别为

$$Z_{\Sigma 1} = Z_{11} + Z_{12} + Z_{13}$$

$$= (73.1 + j42.5) + (26.4 + j20.2) + (-4.1 - j0.7)$$

$$= 95.4 + j62 (\Omega)$$

$$Z_{\Sigma 2} = Z_{21} + Z_{22} + Z_{23}$$

$$= (73.1 + j42.5) + 2(26.4 + j20.5) = 125.9 + j82.9 (\Omega)$$

$$Z_{\Sigma 3} = Z_{31} + Z_{32} + Z_{33}$$

$$= Z_{\Sigma 1} = 95.4 + j62 (\Omega)$$

天线阵的总辐射阻抗为

$$Z_{\Sigma} = Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 2} + Z_{\Sigma 3}$$

$$= 2(95.4 + j62) + (125.9 + j82.9) \quad (3)$$

$$= 316.7 + j206.9 (\Omega)$$

方向性系数为

$$D = \frac{120 f^2}{R_{\Sigma \square}} = \frac{120 \times 3^2}{316.7} = 3.41 \quad (4)$$

2-1 自由空间共轴线排列的半波对称振子构成了三元侧射式天线阵，元间距 $d = 0.5\lambda$ ，各单元天线电流振幅为 1: 2: 1 的分布。试求：

(1) 写出单元天线的归一化方向性函数 $F_1(\theta, \varphi)$ 的表达式；

(2) 写出归一化阵因子 $F_a(\theta)$ 的表达式；

(3) 把天线阵子午面相应的方向性函数值 $F(\theta)$ 填写在下面表格中(小数点后至少要保留 3 位有效数字)；

(4) 画出子午面方向性图并计算主瓣张角 $2\theta_0$ 和主瓣宽度

$$2\theta_{0.5}。$$

解：1：2：1 的电流分布可看成是三角形分布，亦可看成是二项式分布，归一化阵因子方向性函数为

$$F_a(\theta) = \cos^2 \frac{\psi}{2} = \cos^2 (90^\circ \cos \theta) \tag{1}$$

共轴线排列的同相天线阵总的方向性函数为

$$F(\theta, \varphi) = \frac{\cos^3 (90^\circ \cos \theta)}{\sin \theta} \tag{2}$$

2-2 题中 3 元天线阵子午面方向性函数值表格

θ	0° 180°	15° 165°	30° 150°	45° 135°	60° 120°	71.215° 108.785°	90°
$F_1(\theta)$	0	0.207	0.418	0.630	0.817	0.924	1
$F_a(\theta)$	0	0.003	0.044	0.197	0.5	0.765	1
$F(\theta)$	0	0.001	0.018	0.124	0.408	0.707	1

由计算数据可知，共轴线排列的 3 元天线阵子午面的主瓣张角和主瓣宽度分别为

$$2\theta_0 = 180^\circ - 0^\circ = 180^\circ$$

$$2\theta_{0.5} = 108.785^\circ - 71.215^\circ = 37.57^\circ$$

2-9 计算 2-2 题 1：2：1 电流分布的侧射式天线阵中的各单元天线辐射阻抗 $Z_{\Sigma i}$ ，以 2 天线电流 I_2 做参照的天线阵总辐射阻抗 $Z_{\Sigma (2)}$ 和天线阵的方向性系数 D 。

解：各振子的自辐射阻抗和相互间的互辐射阻抗同上题。
三个单元振子的辐射阻抗分别为

$$\begin{aligned}
Z_{\Sigma 1} &= Z_{11} + 2Z_{12} + Z_{13} \\
&= (73.1 + j42.5) + 2(26.4 + j20.2) + (-4.1 - j0.7) \\
&= 121.8 + j82.2(\Omega) \\
Z_{\Sigma 2} &= 0.5Z_{21} + Z_{22} + 0.5Z_{23} \\
&= (73.1 + j42.5) + (26.4 + j20.2) \\
&= 99.5 + j62.7(\Omega) \\
Z_{\Sigma 3} &= Z_{31} + 2Z_{32} + Z_{33} = Z_{\Sigma 1} \\
&= 121.8 + j82.2(\Omega)
\end{aligned} \tag{1}$$

以 2 天线电流 I_2 做参照，天线阵的总辐射阻抗为

$$\begin{aligned}
Z_{\Sigma (2)} &= \left| \frac{I_1}{I_2} \right|^2 Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 2} + \left| \frac{I_3}{I_2} \right|^2 Z_{\Sigma 3} \\
&= 0.25Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 2} + 0.25Z_{\Sigma 3} = 0.5Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 2} \\
&= 0.5(121.8 + j82.2) + (99.5 + j62.7) = 160.4 + j103.8(\Omega)
\end{aligned}$$

以 2 天线电流 I_2 做参照，天线阵的方向性函数最大值为 $f_{\max} = 0.5 + 1 + 0.5 = 2$ ，故方向性系数为

$$D = \frac{120 f_{\max(2)}^2}{R_{\Sigma (2)}} = \frac{120 \times 2^2}{160.4} = 2.99 \tag{3}$$

2-5 自由空间中用半波对称阵子构成的齐平排列的四元端射式均匀直线天线阵，间距 $d = 0.25\lambda$ 。试求：

(1) 分别写出单元天线、阵因子和天线阵的归一化方向性函数；

(2) 填写子午面方向性函数值 $F(\theta)$ 表格；

(3) 画出子午面方向性图并计算这个主平面的主瓣宽度 $2\theta_{0.5}$ 。

解：设单元半波对称振子的振子轴沿 x 轴排列，其归一化方向性函数为

$$F_1(\theta, \varphi) = \frac{\cos(90^\circ \sin\theta \cos\varphi)}{\sqrt{1 - \sin^2\theta \cos^2\varphi}} \quad (1)$$

辐射场相位差函数为

$$\psi = \frac{2\pi d}{\lambda} \times 0.25\lambda(\cos\theta - 1) = 90^\circ(\cos\theta - 1) \quad (2)$$

归一化阵因子方向性函数为

$$F_a(\theta) = \frac{\sin(2\psi)}{4 \sin(\psi/2)} = \frac{\sin[180^\circ(1 - \cos\theta)]}{4 \sin[45^\circ(1 - \cos\theta)]} \quad (3)$$

天线阵总的归一化方向性函数为

$$F(\theta, \varphi) = \frac{\cos(90^\circ \sin\theta \cos\varphi) \sin[180^\circ(1 - \cos\theta)]}{\sqrt{1 - \sin^2\theta \cos^2\varphi} \cdot 4 \sin[45^\circ(1 - \cos\theta)]}$$

$\varphi = 0^\circ$ 平面是子午面，该平面总的归一化方向性函数为

$$\begin{aligned} F(\theta, \varphi)_{\varphi=0^\circ} &= F(\theta) \\ &= \frac{\cos(90^\circ \sin\theta) \sin[180^\circ(1 - \cos\theta)]}{\cos\theta \cdot 4 \sin[45^\circ(1 - \cos\theta)]} \end{aligned} \quad (5)$$

2-5 题中 4 元端射式均匀直线天线阵方向性函数值表格

θ	0°	20°	35.8°	60°	90°	135°	180°
$F_1(\theta)$	1	0.914	0.748	0.418	0	0.628	1
$F_a(\theta)$	1	0.994	0.946	0.653	0	0.204	0
$F(\theta)$	1	0.909	0.707	0.279	0	0.128	0

(子午面方向性图略)。

端射式天线阵子午面的主瓣宽度和主瓣张角分别为

$$\begin{aligned} 2\theta_0 &= 2 \times 90^\circ = 180^\circ \\ 2\theta_{0.5} &= 2 \times 35.83^\circ = 71.66^\circ \end{aligned} \quad (6)$$

2-12 计算 2-5 题给出的齐平排列的四元端射式均匀直线天线阵中的各单元天线辐射阻抗 $Z_{\Sigma i}$ ，天线阵的总辐射阻抗 Z_{Σ} 和天线阵的方向性系数 D 。

解：各单元天线的自阻抗和相互间的互阻抗分别为

$$Z_{11} = Z_{22} = Z_{33} = Z_{44} = 73.1 + j42.5 (\Omega)$$

$$Z_{12} = Z_{21} = Z_{23} = Z_{32} = Z_{34} = Z_{43} = 40.8 - j28.3 (\Omega)$$

$$Z_{13} = Z_{31} = Z_{24} = Z_{42} = -12.5 - j29.9 (\Omega)$$

$$Z_{14} = Z_{41} = -22.5 + j6.6 (\Omega)$$

在端射式天线阵中，相邻单元天线的电流关系为

$I_{k+1} = -jI_k$ ，故各单元半波对称振子的辐射阻抗分别为

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma 1} &= Z_{11} - jZ_{12} - Z_{13} + jZ_{14} \\ &= (73.1 + j42.5) - j(40.8 - j28.3) - (-12.5 - j29.9) + j(-22.5 + j6.6) \\ &= 50.7 + j9.1 (\Omega) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma 2} &= jZ_{21} + Z_{22} - jZ_{23} - Z_{24} = Z_{11} - Z_{13} \\ &= (73.1 + j42.5) - (-12.5 - j29.9) = 85.6 + j72.4 (\Omega) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma 3} &= -Z_{31} + jZ_{32} + Z_{33} - jZ_{34} = Z_{11} - Z_{13} \\ &= (73.1 + j42.5) - (-12.5 - j29.9) = 85.6 + j72.4 (\Omega) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma 4} &= -jZ_{41} - Z_{42} + jZ_{43} + Z_{44} = Z_{11} + jZ_{12} - Z_{13} - jZ_{14} = \\ &= (73.1 + j42.5) + j(40.8 - j28.3) - (-12.5 - j29.9) - j(-22.5 + j6.6) \\ &= 120.5 + j135.7 (\Omega) \end{aligned}$$

(2)

等幅的端射式均匀直线天线阵总的辐射阻抗为

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma} &= Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 2} + Z_{\Sigma 3} + Z_{\Sigma 4} = 4Z_{11} - Z_{13} \\ &= 4Z_{\Sigma 2} = 4Z_{\Sigma 3} = 4(85.6 + j72.4) = 342.4 + j289.6 (\Omega) \end{aligned}$$

4 单元端射式均匀直线天线阵的方向性系数为

$$D = \frac{120 f^2}{R_{\Sigma}} = \frac{120 \times 4^2}{342.4} = 5.61$$

第 3 章 练习题答案

3-2 无线电波的工作波长是 $\lambda = 3 \text{ m}$ ，位于自由空间的接收天线是半波对称振子。已知其输入电阻为 $R_{\text{in}} = 75 \Omega$ ，电磁波射线与振子轴的夹角为 $\theta = 60^\circ$ ，电场矢量与入射面的夹角为 $\delta = 30^\circ$ ，来波电场振幅值为 $E = 2\pi \text{ mV/m}$ 。试求：

(1) 来波电场的极化匹配分量 E_θ ；(2) 接收天线感应电动势的振幅值 e ；(3) 把天线调整为极化匹配，并从最大接收方向做接收时的感应电动势振幅值 e_{max} ；(4) 天线与负载实现共轭匹配时向负载输出的最大功率 P_{max} 。

解：(1) 来波的极化匹配分量

$$E_\theta = E \cos \delta = 2\pi \cos 30^\circ = 2\pi \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \pi \sqrt{3} \text{ (mV/m)} \quad (1)$$

(2) 感应电动势振幅值

已知半波对称振子的有效长度为 $l_e = l_{\text{ein}} = \frac{\lambda}{\pi}$

方向性函数为 $F(\theta, \varphi) = \frac{\cos(90^\circ \cos \theta)}{\sin \theta}$

所以

$$e = E l_{\text{ein}} \cos \delta F(\theta, \varphi) = E_{\theta} \frac{\lambda \cos(90^\circ \cos \theta)}{\pi \sin \theta} \\ = \pi \sqrt{3} \times \frac{3}{\pi} \times \frac{\cos(90^\circ \cos 60^\circ)}{\sin 60^\circ} = 3 \sqrt{2} = 4.24 \text{ (mV)} \quad (2)$$

(3) 天线能够产生的最大感应电动势振幅值

$$e_{\text{max}} = E l_{\text{ein}} = E \frac{\lambda}{\pi} = 2\pi \times \frac{3}{\pi} = 6 \text{ (mV)} \quad (3)$$

(4) 天线向负载输出的最大功率

$$P_{\text{max}} = \frac{e_{\text{max}}^2}{8R_{\text{in}}} = \frac{6^2 \times 10^{-6}}{8 \times 75} = 0.06 \times 10^{-6} \text{ (W)} = 0.06 \text{ (}\mu\text{W)} \quad (4)$$

或因为已知半波对称振子的 $D=1.64$, 而

$$\eta_A = \frac{R_{\Sigma}}{R_{\text{in}}} = \frac{73.1}{75} = 0.975$$

所以

$$P_{\text{max}} = P_{\text{opt}A} \eta_A = \frac{E^2 \lambda^2 D}{960 \pi^2} \eta_A \\ = \frac{1.64}{960} \times 0.975 \times \left(\frac{2\pi \times 10^{-3} \times 3}{\pi} \right)^2 = 0.06 \text{ (}\mu\text{W)} \quad (5)$$

注：从以上解题过程可见，半波对称振子的各种参数值应该记住，通常这些值不再作为已知条件给出。另外，计算时一定要注意单位。

3-3 已知自由空间中某接收天线的方向性系数为 $D=2\pi^2/5$ ，来波电场的振幅值为 $E=3\sqrt{2} \text{ mV/m}$ ，来波的工作波长为 $\lambda=2 \text{ m}$ 。试求：（1）接收天线的最佳输出功率 P_{opt} ；（2）当天线的效率 $\eta_A=0.98$ 时，能够像负载输出的最大功率 P_{max} ；（3）如果来波电场 E 与入射面夹角

$\delta = 30^\circ$, 匹配系数 $\gamma = 0.8$, 接收天线向负载输出的功率 P 。

解: (1) 接收天线的最佳输出功率

$$P_{\text{opt}} = \frac{E^2 \lambda^2 D}{960 \pi^2} = \frac{2 \pi^2}{5 \times 960} \times \left(\frac{3 \times 10^{-3} \times 2}{\sqrt{2} \pi} \right)^2 \quad (1)$$

$$= 0.03 \times 10^{-6} \text{ (W)} = 0.03 \text{ (}\mu\text{W)}$$

(2) 最大输出功率

$$P_{\text{max}} = P_{\text{opt}} \eta_A = 0.03 \times 0.98 = 0.0294 \text{ (}\mu\text{W)} \quad (2)$$

(3) 实际输出功率 (此时可认为 $F(\theta, \varphi) = 1$)

$$P = P_{\text{opt}} \eta_A \gamma \cos^2 \delta F^2(\theta, \varphi) \\ = P_{\text{max}} \gamma \cos^2 \delta = 0.0294 \times 0.8 \times \cos^2 30^\circ = 0.176 \text{ (}\mu\text{W)} \quad (3)$$

3-5 自由空间某接收天线的工作频率 $f = 15 \text{ GHz}$, 最大有效面积为 $A_{\text{emax}} = 2 \text{ m}^2$, 来波电场极化匹配, 电场强度有效值为 $E_{\text{(有效)}} = 6 \text{ mV/m}$ 。试求: (1) 天线的增益系数 G ; (2) 接收天线向负载输出的最大功率 P_{max} ; (3) 如果来波电场矢量 E 与入射面夹角 $\delta = 45^\circ$, 该状态下接收天线的有效面积 A_e 和向负载输出的功率 P 。

解: (1) 由已知条件, 先求出天线的工作波长

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{15 \times 10^9} = 0.02 \text{ (m)} = 2 \text{ (cm)} \quad (1)$$

再求天线的增益系数

$$G = \frac{4 \pi}{\lambda^2} \frac{A_{\text{emax}}}{\pi} = \frac{4 \pi}{0.02^2} \times \frac{2}{\pi} = 20 \ 000 \quad (2)$$

(2) 接收天线向负载输出的最大功率

$$P_{\max} = \frac{E_{\text{max}}^2 \lambda^2 G}{480 \pi^2} = \frac{20\,000}{480} \times \left(\frac{6 \times 10^{-3} \times 0.02}{\pi} \right)^2 \quad (3)$$

$$= \frac{3}{5\pi^2} \times 10^{-6} \text{ (W)} = 0.0608 \text{ (}\mu\text{W)}$$

(3) 不完全极化匹配状态下的有效面积和输出功率（此时可认为 $\gamma = 1, F(\theta, \varphi) = 1$ ）

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} D_A \eta_A \gamma \cos^2 \delta F^2(\theta, \varphi)$$

$$= A_{\text{emax}} \cos^2 \delta = \frac{2}{\pi} \times \cos^2 45^\circ = \frac{1}{\pi} \text{ (m}^2\text{)} \quad (4)$$

$$P = P_{\text{opt}} \cdot \eta_A \cdot \gamma \cdot \cos^2 \delta \cdot F^2(\theta, \varphi)$$

$$= P_{\max} \cos^2 \delta = 0.0608 \cos^2 45^\circ = 0.0304 \text{ (}\mu\text{W)}$$

第 4 章 练习题答案

4-1 理想导电地面上水平对称振子的架设高度是 $H = 0.5\lambda$ 。设振子轴沿直角坐标系的 y 轴方向， z 轴正方向向上。试求：（1）确定最大辐射方向仰角 Δ_M ；（2）计算垂直的赤道面内的主瓣宽度 $2\theta_{0.5}$ ；（3）写出水平面内的归一化方向性函数 $F(\varphi)$ 的表达式，指出最大辐射方向 φ_M ；（4）填写水平面方向性函数值 $F(\varphi)$ 表格；（5）画出水平面的方向性图，并计算其主瓣宽度。

解：（1）确定理想导电地面上水平半波对称振子的最大

辐射方向

$$\Delta_{M1} = \arcsin \frac{\lambda}{4H} = \arcsin \frac{\lambda}{4 \times 0.5\lambda} = 30^\circ \quad (1)$$

(2) 垂直面内的主瓣宽度

由

$$\begin{aligned} \sin\left(\frac{2\pi H \sin \Delta}{\lambda} \cdot 0.5\right) &= \sin\left(\frac{2\pi \times 0.5\lambda \sin \Delta}{\lambda} \cdot 0.5\right) \\ &= \sin(180^\circ \sin \Delta \cdot 0.5) = 0.707 \end{aligned}$$

得

$$\begin{aligned} \Delta_{1,0.5} &= \arcsin 0.25 = 14.8^\circ \\ \Delta_{2,0.5} &= \arcsin 0.75 = 48.59^\circ \end{aligned}$$

于是有

$$\begin{aligned} 2\theta_{0.5} &= \Delta_{2,0.5} - \Delta_{1,0.5} \\ &= 48.59^\circ - 14.48^\circ = 34.11^\circ \end{aligned} \quad (4)$$

(3) 水平面内的归一化方向性函数

$$\begin{aligned} F(\Delta, \varphi)|_{\Delta=\Delta_{M1}} &= F(\varphi) \\ &= \cos(90^\circ \cos \Delta_{M1} \sin \varphi) \\ &= F_1(\Delta_{M1}, \varphi) = \frac{M1}{\sqrt{1 - \cos^2 \Delta_{M1} \sin^2 \varphi}} \end{aligned} \quad (5)$$

令上式的值等于 1，便可求得“水平”面内的最大辐射方向：

$$\varphi_M = 0^\circ \quad (6)$$

(4) 填写“水平”面内的归一化方向性函数值如下表：

$$\cos \alpha_y = \cos \Delta_{M1} \sin \varphi$$

以上内容
仅为本文
档的试下
载部分，
为可阅读
页数的一
半内容。
如要下载
或阅读全
文，请访
问：

[https://
d. book11
8. com/79
61252110
52010132](https://d.book118.com/796125211052010132)