



利用史密斯圆图辅助求解

阻抗匹配网络

任立君 柳 益

借助史密斯圆图可以用图解法求出一个阻抗的匹配网络,但由于受圆图精度限制,其准确性一般不高。但用圆图作为辅助的方法,可以较方便地解决天馈匹配网的计算问题。

首先,把负载(天线)阻抗 $Z=R+jX$ 用馈线阻抗 W 进行归一化,归一化的阻抗用小写字母表示: $z=Z/W=r+jx$ 。然后,画出圆图中的两个重要圆周,即归一化阻抗-导纳圆和圆图中 $r=1$ 、圆族中 $r=1$ 的圆,这两个圆是对圆图中心对称的。如图 1 所示。

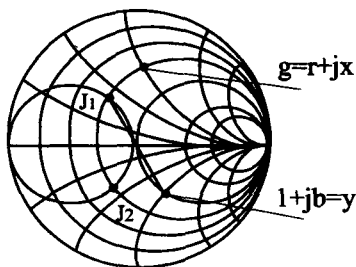


图 1

对于归一化的负载阻抗 $Z=r+jx$:

(1) 若 $r < 1$ (即 $R < W$), 则 Z 点位于 $r=1$ 圆外, 通过此点的 r 圆与归一化阻抗导纳圆有两个交点, 分别是 J_1 、 J_2 ; 这两点圆图坐标的 x 值经推算为 $\pm\sqrt{r(1-r)}$ 交点与 Z 点 x 值之差, $\Delta x = \pm\sqrt{r(1-r)} - x$ 即是匹配网络需串入的归一化电抗值, 还原后即得串联电抗值 $X = W\Delta x$, 并据此求出串联元件值。

交点对圆图中心的对称点, 就是阻抗倒数一一相应的导纳点, 该点落在 $r=1$ 的圆周上, 也就是导纳实部 $g=1$, 导纳虚部经推算 $b = \pm\sqrt{(1-r)/r}$, 分别对应 J_1 、 J_2 两点阻抗。显然, $-b$ 就是需要并入的归一化电纳值, 将其还原 $B = -b/W$, 求出并联元件值。

例: 发射频率 603kHz, 天线阻抗 $Z=26-j130$,

馈线阻抗 $W=75$, 求解其匹配网络(图 2 中 z 点)。

解:

a. 用 75Ω 进行归一化: $z=0.3467-j1.7333$

b. 求过点 z 的 r 圆与归一化阻抗-导纳圆交点的

x 值: $x_1 = \pm\sqrt{r(1-r)} = 0.4759$ $x_2 = -0.4759$

c. 选第一个交点:

$\Delta x = x_1 - x = 0.4759 - (-1.7333) = 2.2092$

$X = \Delta x W = 165.7 \Rightarrow L = 43.7\mu\text{H}$ (串联电感)

d. 求交点对称点即交点阻抗的导纳值:

$x'_1 = -\sqrt{(1-r)/r} = -\sqrt{(1-0.3467)/0.3467}$
 $= -1.3727$

还原: $-B = -x'_1/W = 1.3727/75 = 0.0183$

$\Rightarrow C = 4831\text{pF}$

即是并联电容值。如图 2 所示。

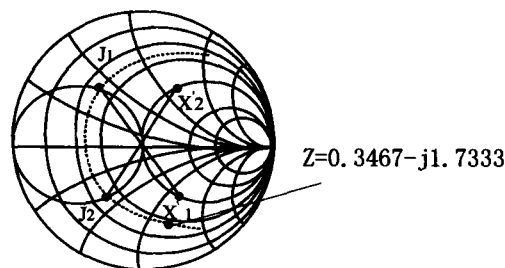


图 2

e. 计算第二交点:

$\Delta x = -0.4759 - (-1.7323) = 1.2574$

$X = 94.31 \Rightarrow L = 24.89\mu\text{H}$ (串联电抗)

f. 求交点对称点即交点阻抗的导纳值:

$x'_2 = 1.3727$

还原: $B = x'_2/W = 1.3727/75 = 0.0183$

$\Rightarrow L = 14.4\mu\text{H}$ (并联电抗)

以上解得两个匹配网络如图 3 所示, 即所谓“ Γ ”形。

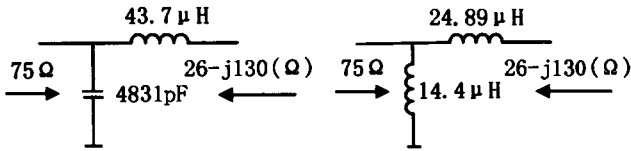


图3

(2) 若 $r > 1$, 则 z 点在 $r=1$ 圆内, 通过串联电抗不能使其阻抗点突出圆外, 但其对称点 (导纳) y 必在归一化导纳 - 阻抗圆内。通过 y 点的 r 圆与归一化阻抗 - 导纳圆有两个交点, 可实现匹配。因而, 此时先求出 $Z=r+jx$ 的导纳, $y=1/z=g+jb$, $r=g$ 的圆与归一化阻抗 - 导纳圆交于 J_1 、 J_2 , 与前述相同, 交点的圆图坐标 x 值为 $b_j = \pm\sqrt{r(1-r)}$ 。

由于对圆图上表示导纳的点, 如果沿等 r 圆移动, 是表示电纳部分的改变, 因而两点圆图坐标 x 值之差, 即表示并入的归一化电纳 $\Delta b = b_1 - b$, 将其还原后即可求出并联元件值。

交点的对称点则是其阻抗, 同样落在 $r=1$ 的圆周上, 该点圆图坐标的 x 值 $x = \pm\sqrt{(1-r)/r}$, 它的相反数就是匹配所需串入的归一化电抗值, 还原后再求出电抗元件值。

例: 发射频率 900kHz, 天线阻抗 $Z=57+j60$, 馈线阻抗 $W=50\Omega$, 求匹配网络。

解:

a. 用 50Ω 对阻抗归一化:

$$z = Z/50 = 1.14 + j1.2$$

因 $r > 1$, 故求出其导纳:

$$y = 1 / (1.14 + j1.2) = 0.4161 - j0.4380$$

b. 交点 x 值:

$$b = \pm\sqrt{r(1-r)} = \pm\sqrt{0.4161(1-0.4161)} = \pm 0.4929$$

c. 对 J_1 : $\Delta b = 0.4929 - (-0.4380) = 0.9309$

需并入电纳 $\Delta B = \Delta b / 50 = 0.9309 / 50 = 0.0186$

$$\Rightarrow c = 3293 \text{ pF}$$

J_1 的对称点 (阻抗) x 值:

$$x = -\sqrt{(1-r)/r} = -1.1844$$

$$X = -x50 = 59.22 \Rightarrow L = 10.47 \mu\text{H}$$

其网络如图 4 所示。

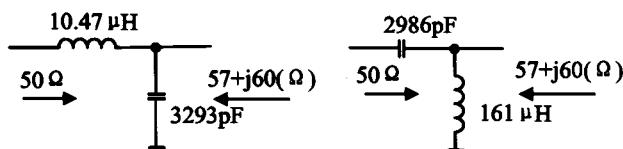


图4

d. 对 J_2 : $\Delta b = -0.4929 - (-0.4380) = 0.0549$

$$\Delta B = \Delta b / 50 = -1.098 \text{E-}3 \Rightarrow L = 161 \mu\text{H}$$

e. J_2 的对称点 (阻抗) x 值:

$$x = -\sqrt{(1-r)/r} = -1.1844$$

$X = -x50 = -59.22 \Rightarrow C = 2986 \text{ pF}$ 如图 5 所示。

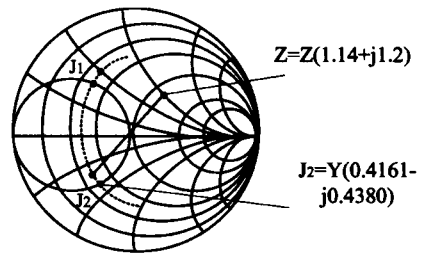


图5

(3) π 形网络。

前例中最后一个网络得出匹配电感量是 $161 \mu\text{H}$, 这在实用上有些太大, 这时可对其进行适当变化形成 π 网络匹配, 如图 6 所示。电感量较大的原因是

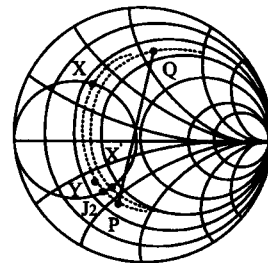


图6

交点 J_2 与 y 点的 x 差值较小, 我们可由 y 点沿 $r=g$ 圆越过 J_2 点继续向下移动至 P 点, 如果 P 点与 y 点的 x 差值适宜, 就可得到量值实用的匹配值。然后对其等效阻抗 - P 点的对称点, 用前述方法进行匹配, 得到 π 形网络。

例: (如二例) 前述 P 点, 若选其为 $x = -0.8$, 与 y 点的差值 $\Delta b = -0.8 - (-0.4380) = -0.3620$

并入电纳 $\Delta B = -0.3620 / 50 = -7.24 \text{E-}3$

$$\Rightarrow L = 24.43 \mu\text{H}$$

对 $Y_P = 0.416 - j0.8$, 求其倒数, 得 P 的对称点 Q 为阻抗, $Z_Q = 1 / Y_P = 0.5117 + j0.9838$

Q 点 r 圆与归一化阻抗 - 导纳圆交点:

$$x = \pm\sqrt{(1-r)r} = \pm\sqrt{(1-0.5117)0.5117} = \pm 0.4999$$

对第一交点 (上部):



$\Delta x = 0.4999 - 0.9838 = -0.4839$
 $\Delta X = -0.4839 \times 50 = -24.195 \Rightarrow C = 7309\text{pF}$
 其对称点：
 $x = -\sqrt{(1-r)/r} = -\sqrt{(1-0.5117)/0.5117} = -0.9769$
 应并入电纳 $Y = 0.9760/50 = 0.0195$
 $\Rightarrow C = 3448\text{pF}$

对另一交点（下部）：
 $\Delta x = -0.4999 - 0.9838 = -1.4837$
 $\Delta X = -1.4837 \times 50 = -74.185 \Rightarrow C = 2384\text{pF}$
 对称点 $x = 0.9769$ 应并入电纳 $B = -0.9769/50$
 $= -0.0195 \Rightarrow L = 9.07\mu\text{H}$

两个网络如图 7 所示。用圆图辅助的计算方法，可直观地对匹配网络做定性分析，对网络设计提供

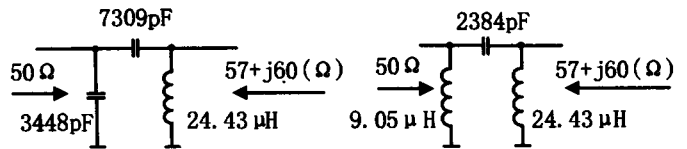


图 7

帮助，也可使计算过程比较快捷，提高工作效率。

作者简介：任立君 通辽广播发射中心台阿尔山 768 台
 台长 工程师

审稿人简介：崔海平 内蒙古广播电影电视局科技处
 处长 高级工程师

编辑 校对：杨雪梅

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆
 (上接第 57 页)

与控制及故障显示。

(2) 水温及风温监测。

监测高末功放管 (V_2) 的输出水温度和监测推动级 (V_1) 管风冷却温度，这两项监测的相应故障号为 05，只要其中任意一项监测异常，由本功能模板监测采样后，出现 05 故障号，送给 G_3 监控设备参与控制并显示。对发射机冷却系统的输入水温度的监测，该监测信号不参与控制，只送到选择开关 S_{12} ，当这个开关处于位置 B 时，高频机柜面板上的测量仪表就指示出该输入水温度数据。同样，推动级 (V_1) 管风冷却温度监测信号送到选择开关 S_{12} ，当这个开关处于位置 D 时，高频机柜面板上的测量仪表就指示出该风冷却温度数据。

冷却输入水温、输出水温、风冷却温度的监测方法和原理都是相同的，这里只介绍输出水温度的监测方法和原理。出水温度监测工作原理图，如图 3 所示。

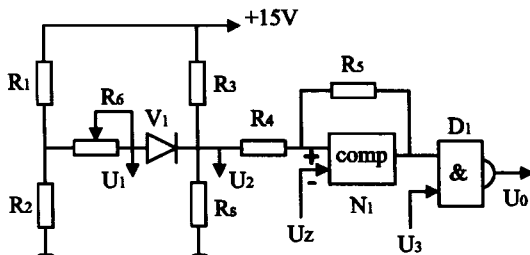


图 3 出水温度监测工作原理图

图中： V_1 ：二极管 N_1 ：比较器 D_1 ：与非门

$R_1 \sim R_5$ ：电阻 R_6 ：可调电位器
 R_s ：外接热敏电阻，即水温探测传感器
 U_1, U_2 ：水温监测采样信号 U_z ：基准电压
 U_3 ：推动级 (V_1) 管风温监测信号
 U_0 ：水温探测输出信号

由电阻 $R_1 \sim R_3$ 、可调电位器 R_6 、二极管 V_1 和外接热敏电阻 R_s ，共同组成出水温度监测电桥。从二极管 V_1 的两端得到 U_1, U_2 水温监测采样信号，该监测信号送到选择开关 S_{12} ，当这个开关处于位置 C 时，高频机柜面板上的测量仪表就指示出该输出水温度数据，通过 R_6 可调电位器，调整该输出水温度指示值。

在推动级 (V_1) 管风温监测信号正常时，即 $U_3 = H$ 条件下：当监测到高末功放管 (V_2) 的输出水温度在正常工作范围内时，使得 $U_2 > U_z$ ，经过比较器 N_1 比较后，则 $U_0 = L$ 。高末功放管 (V_2) 的输出水温度升高，使热敏电阻 R_s 的阻值降低，输出水温监测采样信号 U_2 也降低。当监测到高末功放管 (V_2) 的输出水温度超过工作范围 (约 80°C) 时，使得 $U_2 < U_z$ ，经过比较器 N_1 比较后，则 $U_0 = H$ ，这时产生 05 故障号，该故障信号送往 G_3 监测控制系统参与控制和故障显示。

作者简介：白生亮 内蒙古广播电影电视局 839 台

审稿人简介：严志刚 内蒙古广播电影电视局科技处
 副处长 正高级工程师

编辑 校对：杨雪梅

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>