

# 中波天线调配网络对全固态发射机工作稳定性的影响

胡金水

厦门广播电视台 201 台

**【提 要】**对全固态中波发射机来说,它的天线调配网络除了达到阻抗匹配外,还要有很好的抗外界干扰性能。所以天调网络的设计、安装、调试过程对全固态发射机的工作稳定性有着直接影响,特别是运行中元件的参数变化后,会影响整个调配网络的阻抗匹配,进而影响发射机的工作稳定性,本文就此进行讨论。

**【关键词】**全固态 天调网络 无功功率 周期性失谐

对于中波发射机,无论是电子管发射机还是全固态发射机都要设计天线调配网络,用于达到阻抗变换和抗外界干扰性能。通过天线调配网络的设计、各元器件的选择和调整,使负载对板极呈现的等效阻抗是纯阻性,且其数值应和设计时所需的板极负载阻抗  $R_{\infty}$  相等,同时还要解决好网络的滤波性和带宽这对矛盾,也就是网络  $Q$  值的合理选择。对于以电子管作高频末级功放管的发射机来说,由于它对抗外界干扰性能比晶体管强,天调网络一般都比较简单,多是  $\Gamma$  型、T 型或  $\Pi$  型网络。网络各元器件的无功功率也不大,因此工作过程中网络各元器件参数不容易改变,发射机工作稳定。而对于全固态发射机,由于全固态发射机末级功放管使用场效应管等器件,抗

外界干扰能力弱,因此全固态发射机对天线调配网络的要求就更高。特别对于同一发射场地内有多台不同频率发射机的广播发射台来说,由于发射天线的距离和工作频率的间隔接近,从天线上串入邻近频率的干扰电压都较大。因此,原来电子管机的天调网络对全固态发射机来说已不适用。对于全固态发射机的天调网络不但要有良好的阻抗匹配,而且也要有效地衰减邻近广播频率信号的串入,还应使网络各元件承受的无功功率最小。因为网络各元件无功功率增大,使天调网络不稳定因素增加,损耗也增大,必然会影响全固态发射机的工作稳定性。

## 1 并联谐振网络的无功功率

如图1所示,  $L_1$ 、 $C_1$  组成并联谐振网络,并联谐振网络元件的无功功率是因通过电流而产生的

阻抗和因阻塞电压而产生的二种无功功率之和。

### 1.1 由于通过电流而产生的无功功率

图1表明,通过线圈  $L_1$  和电容  $C_1$  的电流分别为

$$I_{L1} = \frac{1/j\omega C_1}{j\omega L_1 + 1/(j\omega C_1)} I = \frac{1}{1 - \omega^2 L_1 C_1} I = \frac{1}{1 - t^2} I \quad (1)$$

$$I_{C1} = \frac{j\omega L_1}{j\omega L_1 + 1/(j\omega C_1)} I = \frac{-\omega^2 L_1 C_1}{1 - \omega^2 L_1 C_1} I = \frac{t^2}{1 - t^2} I \quad (2)$$

其中  $\omega = 2\pi f$ ,  $\omega_0 = 2\pi f_0$ ,  $t = f/f_0$ ,  $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{L_1 C_1})$ ,  $f$  为工作频率,  $f_0$  为阻塞频率,  $I$  为图1中 b 点的电流。

所以由通过  $L$  和  $C$  的电流产生的无功功率可由下式给出:

$$S_1 = \omega L_1 I_{L1}^2 + 1/(\omega C_1) I_{C1}^2 = \omega L_1 I^2 / (1 - t^2)^2 + [(1/\omega C_1) t^4 I^2] / (1 - t^2)^2 = [\omega L_1 (1 + t^2) / (1 - t^2)^2] I^2 \quad (3)$$

### 1.2 由于阻塞电压而产生的无功



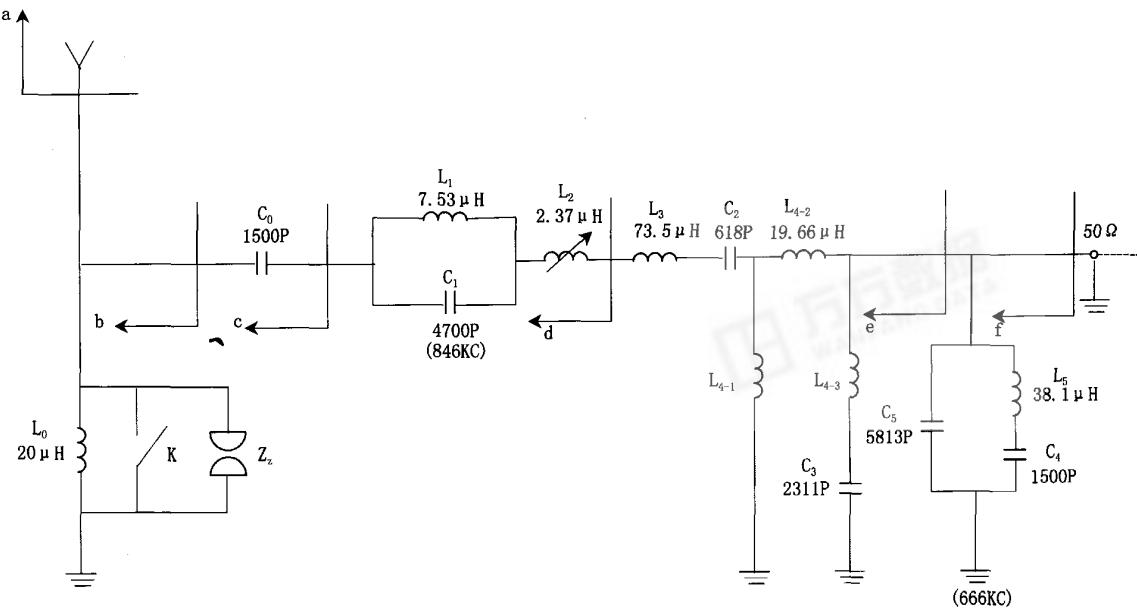


图 1 全固态中波发射机天线调配网络

## 功率

并联谐振网络对阻塞频率的信号谐振,形成极高的阻抗,阻止该信号通过。所以,该信号的电压将作为阻塞电压加到并联谐振网络的两端。

若阻塞电压为  $E_0$ ,那么因该电压而在  $L_1$  和  $C_1$  产生的无功功率为:

$$S_2 = E_0^2 / \omega_0 L_1 + \omega_0 C_1 E_0^2 = 2E_0^2 / \omega_0 L_1 = 2E_0^2 t / \omega L_1 \quad (4)$$

综上所述,网络元件  $L$  和  $C$  上的总无功功率为式(3)与式(4)之和:

$$S = S_1 + S_2 = \omega L_1 (1 + t^2) I^2 / (1 - t^2)^2 + 2E_0^2 t / \omega L_1 \quad (5)$$

由式(5)可知,对于已调好的天调网络中的并联谐振网络元件的  $\omega$ 、 $L_1$ 、 $C_1$  都为定值,  $I$  由该发射机的输入功率决定, 所以  $I$  为定值;  $E_0$  为阻塞电压, 当发射场地确定, 邻频发射机发射功率以及间

距确定, 则  $E_0$  为定值。这样该并联谐振网络的无功功率只与  $t$  有关。对式(5)  $S$  对  $t$  求一阶导数可知:

$$S' = [\omega L_1 C_1 (1 + t^2) I^2 / (1 - t^2)^2] + (2E_0^2 t / \omega L_1)' = \omega L_1 I^2 (2t^3 + 6t) / (1 - t^2)^3 + 2E_0^2 / \omega L_1 \quad (6)$$

所以  $S$  和  $t$  的关系如图2所示, 当  $t > 1$  时  $S$  为减函数; 当  $t < 1$  时  $S$  为增函数。

## 2 实例分析

一台发射频率为 747kHz 的全固态中波发射机的天线调配网络如图 1 所示, 图中  $L_1$ 、 $C_1$  组成并联谐振于 846kHz 的阻塞网络;  $L_3$ 、 $C_2$ 、 $L_4$ 、 $C_3$  组成匹配兼带通滤波网络;  $L_5$ 、 $C_4$  组成串联谐振, 再与  $C_5$  组成并联谐振。

该网络调试好后, 工作半小

时之后, 反射功率逐渐增大, 重调机内网络柜的微调 I、II 电感, 反射功率又下降到零。停机数小时之后开机, 反射功率又变得很大, 重新调整微调 I、II 电感, 反射功率又下降到零, 工作半小时之后又出现刚才现象, 周而复始地出现, 造成周期性失谐。当工作一段时间后停机, 马上到天调室检查天调网络各元器件, 发现  $L_1$ 、 $C_1$  元件都很烫。说明  $L_1$ 、 $C_1$  元件的无功功率较大, 造成该元件的参数发生变化, 影响原来已调好的阻抗匹配, 造成发射阻抗的周期性失谐。为使发射机工作稳定, 必须减少  $L_1$ 、 $C_1$  元件的无功功率, 即减少在该元件上的功率损耗。根据图2可知,  $t = 747\text{kHz} / 846\text{kHz} < 1$ , 为使

**ADC Telecommunications**  
MMDS 全球知名生产厂家

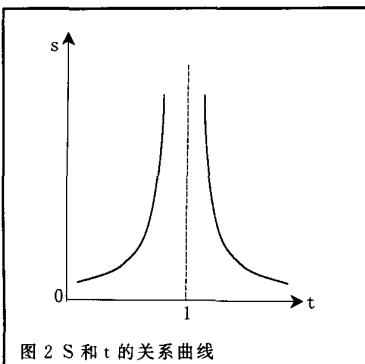


图 2 S 和 t 的关系曲线

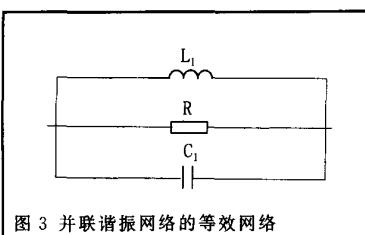


图 3 并联谐振网络的等效网络

$S$  减少则必须减小  $t$  的值, 即增大阻塞网络的谐振频率, 因此通过减小  $L_1$  电感量或减小  $C_1$  的电容量。

容量达到  $S$  的减小。然而阻塞网络是调谐在另一个发射频率上的  $LC$  并联谐振回路。为使两个发射频率之间不发生串音和不影响另一部发射机的频率特性, 一般要求阻塞网络的并联谐振阻抗是足够大的, 对被阻信号的衰减应大于  $-40\text{dB}$ ; 另外  $|Z_b| / |Z_a| > 8$  ( $|Z_b|$  为网络对被阻频率的边频阻抗,  $|Z_a|$  为被阻频率天线阻抗的模)。从图 3 中可知, 这个阻塞网络的等效电路的阻抗可用下式表示:  $Z = 1 / (1/R + 1/j\omega L_1 + 1/j\omega C_1)$ ; 为了增大  $Z$  值, 使阻抗达到某数值以上, 则必须加大  $\omega_0 L_1$ ,  $1/\omega_0 C_1$  的值。

因此必须加大  $L_1$  电感量或减少  $C_1$  的电容量。

### 3 结束语

由此可见, 对于全固态中波发射机的天线调配网络的设计, 应考虑天调网络的各元件所受的无功功率。在天线调配网络的设计中含有阻塞网络时, 为了减少阻塞网络各元件的无功功率, 同时又使该阻塞网络对被阻信号要有一定的衰减量, 根据图 1 可知, 必须适当减少  $C_1$  的电容量。经过这样的调整后, 原来  $L_1$  元件会发烫, 现在再也不发烫。经过一年多的运行, 该发射机未出现上述现象, 发射机工作稳定。

(收稿日期: 1999-10-20) ▲

## 第五代范思电视点歌机

### 全面支持广告功能:

播歌前后及空闲时带配音广告、视频活动广告(可选)、循环字幕广告、台标广告、播歌确认广告、游动字幕(飞字)广告(可选)

### 感谢 99 年的新用户:

广东: 台山、惠州、江门; 湖南: 岳阳、慈利; 江西: 萍乡; 河南: 孟州; 山东: 莱州; 辽宁: 丹东; 黑龙江: 鹤岗; 江苏: 常州、武进、靖江、盐城、妥堰、泰兴、丹阳; 吉林: 白城、敦化、前郭、安图、吉林市、延边……

### 2000 年推广活动安排:

3 月 22 日北京、4 月 4 日武汉、4 月 12 日南宁、5 月 17 日广州、7 月 5 日沈阳请欲参加者速与本公司联系, 以便通知具体活动地点。

### 第五代新特征

- 新平台: 采用 WindowsNT 操作系统, 全面改善系统稳定性;
- 播歌前后的广告: 多页配音图文广告;
- 字幕广告: 播一首歌出一字幕, 依次循环;
- 台标: 任意位置放置, 多个彩色台标;
- 播歌前的确认: 只有确认后才开始播歌并记费;
- MTV 和卡拉OK 切换: 用电话键任意切换;
- 输出声道控制: 可混音, 也可分双声道立体声输出;
- 多种进入方式: 观众拨通电话, 可设置多种进入方式:
  - (1) 直接进入; (2) 验证合法后才能进入;
  - (3) 字幕代码正确后才能点歌叠字幕;
- 同个电话两种进入方式;
- 多线电话: 定义不同进入方式;
- 来电号码获取: 并记录和处理;
- 拨入限制: 被限制者打不进电话;
- 曲目代码: 来定义其相关信息;
- 状态条的设置: 可变位置、大小、字体、色彩、隐藏等;
- 详尽点歌记录: 内容丰富;
- 监控功能: 保证系统长时间的运行(可选);
- 活动广告: 支持 MPEG I、MPEG II、AVI 格式等(可选);
- 预约点播: 指定时间或尽快有线播出(可选);
- 视频切换: 出错后可将画面切成白色或其它电视点歌信号(可选)。

### 上海范思软件有限公司

地址: 上海张江郭守敬路 498 号浦东软件园主楼  
电话: 021-52520357 邮编: 201203

### 南通范思软件有限公司

地址: 南通市人民东路 68 号新东方大厦三楼  
电话: 0513-5100362、5105712 Fax  
E-mail: fancy@public.nt.js.cn 邮编: 226001

资料索取号 062

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



### 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，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

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

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.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>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://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。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直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
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果, 又能免除您舟车劳顿的辛苦, 学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲, 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>