

919 发射台中波天线调配网络的计算与调整

闫煜峰

(青海广播电视台 566 台, 青海 西宁 810000)

摘要: 中波天线调配网络是确保中波发射机安全播出的关键环节, 其工作状态好坏决定着中波广播的播出质量。本文结合 919 发射台实际就中波天线调配网络的计算与调整过程的关键问题进行了详细的阐述。

关键词: 阻抗匹配; 调配网络; 品质因数

中图分类号: TN934.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7542(2012)03-0100-03

目前, 随着“西新工程”的不断深入, 我省中波广播发送设备已不断的向全固态化、数字化方向发展, 原有的电子管乙类板调发射机已退出历史舞台, 取而代之的是 PDM、DAM 全固态中波广播发射机。由于全固态 PDM、DAM 发射机末级放大系统与传统的电子管发射机原理不同, 它们的保护系统比较完善和灵敏, 这就对它们的负载——天馈线系统有了更高的要求。当天线匹配不好时, 反射过大, 电压驻波比保护电路工作, 发射机自动降低输出功率, 直至自动关机。所以天馈线系统的好坏, 直接关系着中波发射机的安全播出与否, 对其计算与调整也就变得相当重要了。

1 天线调配网络概述

发射机系统要实现系统最大的功率传输, 必须满足的条件是负载(发射天线)阻抗与源(馈线)实现阻抗匹配。实现上述匹配的通常做法就是在源与负载之间插入一个无源的调配网络。调配网络的作用是实现阻抗转换, 使从调配网络的输入端向负载看过去的输入阻抗与传输线的特性阻抗相等, 消除调配网络输入端的反射波。理想情况下调配网络本身没有损耗, 那么发射机输出的全部功率都将传输到天线上, 实现了功率的最大化传输。

调配网络实现阻抗变换, 其本质是利用射频器件的储能特性, 改变电路中电压与电流的大小与相位关系。然而, 调配网络的功能并不仅限于实现理想的功率传输, 它还需要具备滤波器的功能。同时, 调配网络又往往具有谐振特性。滤波特性与谐振特性构成了调配网络的频率选择性。

天线调配网络由于发射机功率大小以及发射台周边电磁环境复杂程度不同, 其应用的网络类型一般分为 L 型网络或 π 型网络或 L 型网络和 π 型网络综合应用。

2 天线调配网络的计算方法

L 型网络及其计算方法如下:

当 $Z > R_a$ 时, 用图 1 的线路, 其元件值按下式计算:

$$X_1 = -X_a \pm \sqrt{R_a(Z - R_a)}$$

$$X_2 = \mp Z \sqrt{\frac{R_a}{Z - R_a}}$$

原件的最大电压和最大电流按下式计算:

$$V_{X_1 p} = 2.83 \times \sqrt{\frac{P}{R_a}} X_1 \quad I_{X_1 p} = 1.23 \sqrt{\frac{P}{R_a}}$$

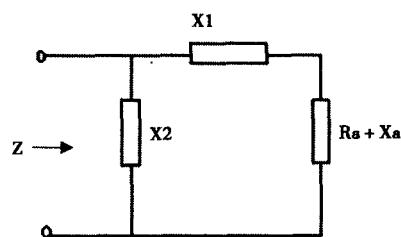


图 1

收稿日期: 2012-06-10

作者简介: 闫煜峰(1975—), 男, 甘肃兰州人, 工程师, 研究方向: 广播发送技术。

$$V_{x2p} = 2.83 \sqrt{PZ} \quad I_{x2p} = 1.23 \sqrt{\frac{PZ}{X2}}$$

当 $Z < R_a$ 时,用图 2 的线路,其元件值按下式计算:

$$X2 = \pm \frac{\sqrt{ZRa(Ra^2 - ZRa + Xa^2)}}{Ra}$$

$$X1 = \frac{ZXa \mp \sqrt{ZRa(Ra^2 - ZRa + Xa^2)}}{Ra - Z}$$

原件的最大电压和最大电流按下式计算:

$$V_{x1p} = 2.83 \sqrt{\frac{P}{Ra}} \times \sqrt{Ra^2 + Xa^2}$$

$$V_{x1p} = 1.23 \sqrt{\frac{P}{Ra}} \times \sqrt{Ra^2 + Xa^2} \times \frac{1}{X1}$$

$$V_{x2p} = 2.83 \sqrt{\frac{P}{Z}} \times X2 \quad I_{x2p} = 1.23 \sqrt{\frac{P}{Z}}$$

π 型网络图 3 及其计算方法如下:

由于 π 型网络是由两个 L 型电路构成的,先将 π 型网络按串并联等效原理做如下变形:

图 4 中 R_x 为虚电阻,且 $R_x < R_{p1}$ 和 $R_x < R_{p2}$.

对于图 4 的 L 型电路有

$$Q1 = \sqrt{\frac{R_{p1}}{R_x} - 1}$$

$$\text{所以 } R_x = \frac{R_{p1}}{1 + Q1^2}$$

对于图 5 的 L 型电路有:

$$Q2 = \sqrt{\frac{R_{p2}}{R_x} - 1} = \sqrt{\frac{R_{p2}}{R_{p1}} - 1} \quad \sqrt{\frac{1}{1 + Q1^2}}$$

$$\text{所以 } X_{p1} = \frac{R_{p1}}{Q1} \quad X_{p2} = \frac{R_{p2}}{Q2}$$

由 L 型公式知道 $Q = \frac{X_s}{R_s}$,故得到

$$X_{s1} = Q_1 R_x \quad X_{s2} = Q_2 R_x$$

$$\text{所以 } X_s = X_{s1} \pm X_{s2} = \frac{R_{p1}}{1 + Q1^2} (Q1 \pm Q2)$$

由以上可见,如果给出 R_{p1} 、 R_{p2} 、 Q_1 和 f ,就可以根据上面的公式计算出 π 网络的阻抗 X_{p1} 、 X_{p2} 、 X_s 及相应的电感和电容值. 这种电路要使得两端阻抗匹配,需要先给出品质因数 Q_1 值,这说明它在满足阻抗匹配的同时,还能保证一定的滤波性能^[1].

3 天线调配网络的调试方法

中波发射天线的使用频率是固定不变的,天馈线匹配的调整方法主要是阻抗测量法,用高频电桥测量天线和馈线的阻抗,然后进行网络设计、制作. 最后用高频电桥把组装好的网络阻抗调整到要求值.

这种办法的主要困难是发射天线本身通常感应较大的射频电压,这个射频电压会干扰仪器的正常测试甚至烧毁测试仪器. 克服这一困难的办法是使用射频电压输出高、电桥耐压高的测试仪器. 达标的依据是阻抗测试值落在电桥的测试范围内.

用电桥调整天调网络的程序如下:

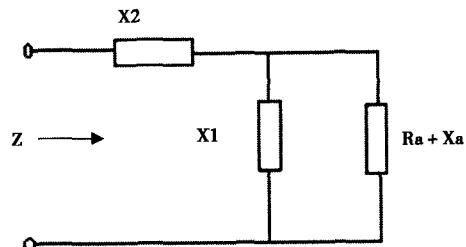


图 2

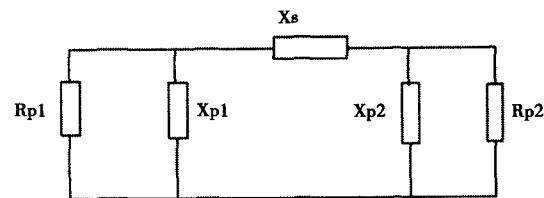


图 3

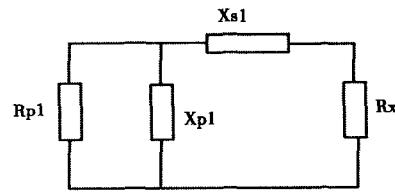


图 4

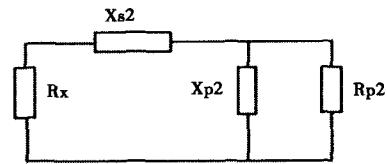


图 5

- ①首先用高频电桥测试馈管或馈线的阻抗和天线的阻抗 $Z_a = R_a + jX_a$.
- ②排查邻近中波发送设备高频回馈情况并确定抑制对象
- ③综合考虑防雷、高频干扰、阻抗匹配等问题,计算整个天调网络.
- ④加工制作或订购网络原件,并安装在天调架中,安装时要注意以下问题.
 - a.元件间的连线用宽铜皮或粗铜管,端部圆滑,防止尖端打火,连接处接触面宽、平,接触紧密良好.
 - b.元件安装位置离开大面积金属板 10cm 以上.
 - c.尽量减少引线电感,电感线圈的短路夹最好由线圈中心引入短接处.引线电感会导致线圈的电感值发生变化,有可能造成后期调整困难.
 - d.相邻电感元件尽量远离并相互垂直放置,避免线圈之间产生互感.
- ⑤不接入电路,单独用高频电桥调试抑制回路、陷波回路.
- ⑥匹配调整,调整时使高频电桥的读数 $Z = R + jX$ 实部 R 与馈线的特性阻抗相等,虚部 X 尽量接近于 0,这样就实现了天调网络的阻抗匹配.通过馈线传输过来的发射机功率能够无损的传输到发射天线上.

4 919 发射台调配网络的计算、调整过程

919 发射台天线实际测量输入阻抗值为 $64 + j65$,采用的是 50Ω 的馈管, R_a 为 64Ω ,即 $Z < R_a$,所以用图 2 的等效电路及其相关公式计算.

已知 $Z = 50\Omega$, $Z_a = 64 + j65$, $f = 1017\text{kHz}$,将上述参数带入公式中计算后得出:

$$X_1 = 521, X_2 = 63.25$$

由 X_1 计算得出 L_1 电感值为 $81.58\mu\text{H}$,由 X_2 计算出电容值为 $9.9\mu\text{F}$,考虑到可调电容造价比较高,另外在调整起来没有可参照性,故将一个电容电路改为电感电容串联电路,电容采用 1500pF 筒型电容后,根据电路计算得出所采用电感 L_2 值为 $6.43\mu\text{H}$.最后具体电路如图 6 所示:

电感选用带有短路夹的线圈,短路夹及其线圈固定在电感线圈的内部,使连线对线圈的影响降到最低.同时 L_1 是由三个电感串起来的,在安装时按照 XYZ 坐标相互垂直安装,其间连线用宽铜皮连接,使线圈互感对网络的影响降到最低.调配网络安装完成后,反复调整 L_1 和 L_2 ,使得高频电桥在调配网络的输入端测得的阻抗为 50Ω .考虑到降低雷电对天调网络的影响,又在电感 L_1 处并联了石墨放电球,使得雷电形成的高压在石墨放电球这里能够瞬间释放,确保了天调网络和发射机的安全,自此调配工作顺利完成.

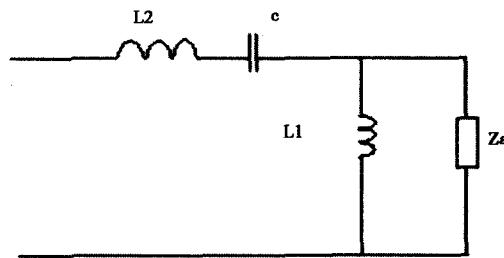


图 6

参考文献:

[1] 刘长年,吴名森,王福全,等.广播发送技术[M].北京:中国广播电视台出版社,1994.

919 launch Taichung wave antenna deployment of network computing and adjust

YAN Yu-feng

(Radio and Television Bureau of Qinghai 566, Xining 810000, China)

Abstract: medium wave antenna deployment of the network is to ensure that the safety broadcast medium wave transmitter key link in its working state determines the quality of the broadcast medium wave broadcast quality. In this paper, 919 transmitting station was actually medium wave antenna deployment of network computing and the key issues of the adjustment process in detail.

Key words: impedance matching; deployment of the network; quality factor

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)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)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)，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>