



试论矢量网络分析仪在 馈线维护中的运用

郑兰英

(国家广电总局七五一台 福建 邵武 354011)

摘要: 本文介绍在馈线的日常维护中,采用 PNA3628D 型矢量网络分析仪对馈线的特性阻抗及反射系数进行测量。根据馈线特性阻抗的变化情况,对发射机及天、馈线系统及适时进行调整;当馈线出现故障,反射系数增大时,采用时域故障定位法快速、准确地查找故障点。

关键词: 特性阻抗 开路电抗 短路电抗 时域故障定位法

矢量网络分析仪是用来在厘米波以下的射频范围内,对雷达、通讯、广播、电视等天线馈线以及各种单、双端口无源和有源器件的研究、调试与验收测试。在广播电台,主要用来测试天线馈系统的阻抗、反射系数等参数。通过对这些参数的分析,判断天线馈线系统是否处于最佳工作状态。

一、网络分析仪知识介绍

在广播电台中,采用各种各样简单的射频器件,通过不同的组合,连接成一个网络。这种网络可分为单端口网络和两端口网络。^[1]单端口网络习惯上称为负载,是只有一个口,连接在最后所以又称终端负载。常见的有负载、短路器等。复杂一点的有滑动负载、滑动短路器等。^[2]两端口网络就是一根两端装有连接器的射频电缆或馈线,以及由射频元件组成的匹配网络均可称为两端口网络。^[3]用来测量单端口网络和两端口网络各种参数的仪器,称为网络分析仪。根据仪器所能测量特性的不同,又分为标量网络分析仪和矢量网络分析仪,只能测量网络各种参数的幅值特性者,称为标量网络分析仪,简称标网。既能测量幅值又能测相位者称为矢量网络分析仪,简称矢网。在广播电台中,通常采用的是矢量网络分析仪。运用矢网来测量天馈系统的各种参数,通过对这些参数的分析,维护人员就可判断出天馈线系统是否处于最佳工作状态,为维护天馈线系统带来极大的便利。

二、仪器运用

(一)天馈系统特性阻抗的测试及匹配网络的调整

馈线在日常维护中很重要的一项是度夏与越冬检查。当馈线在冬季时,其导线受到强降温而收缩,半径将减小,其特性阻

抗增大;在夏季,导线受热而膨胀,半径将增大,其特性阻抗减小。所以馈线在寒冷的天气到来时,必须对馈线的松紧度及垂直度作适当放松调整,以免馈线受力把绝缘子拉断,造成内外层导线短路停播故障。而在炎热天气到来时,必须对馈线的松紧度及垂直度作适当拉紧调整,以免其特性阻抗发生较大变化。因此,在馈线的度夏与越冬检查后,需对其馈线阻抗进行测量,再根据馈线阻抗的变化情况对发射机及天线调配室的匹配网络进行调整。

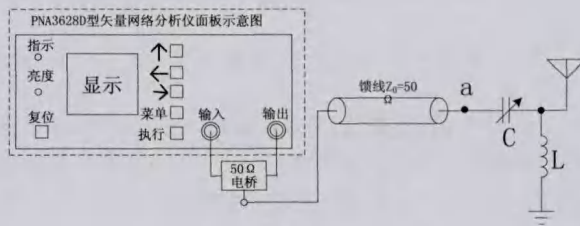


图 1

具体方法如下:

首先应将 PNA3628D 型矢量网络分析仪与馈线如图 1 所示连接好,并将馈线终端(图 1 所示点 a 处)断开,测得开路电抗 X_{OP} ;再将馈线终端(图 1 所示点 a 处)短路又测得短路电抗 X_S 。^[4]其次应根据公式 $Z_0 = \sqrt{X_{OP} X_S}$ ^[5] 计算出馈线的特性阻抗值,并记录下来。

然后再根据馈线的特性阻抗值,调整天馈线匹配网络内可调元件,使测出的馈线输入阻抗 Z_{in} 值接近于馈线的特性阻抗值,即: $Z_{in} \rightarrow Z_0 = \sqrt{X_{OP} X_S}$ 。若馈线输入阻抗 $Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$ 与馈线的特性阻抗值 Z_0 相差较大时,可匹配网络中的调整电感 L ,使 $R_{in} \rightarrow Z_0$,并调整匹配网络中的电容 C ,使 $X_{in} \rightarrow 0$ 。

调整完成后,应将馈线上机使用,并观察机器上的各表值,均应正常。其中反射功率表值、天线零点表值应接近于 0。若各表值与原始值有差距,则可微调馈线两端的匹配网络内的可调元件,使机器各表值接近于原始值。

(二)时域故障定位法

在馈线出现故障时,会引起机器驻波比保护,自动关机。

若采用沿着馈线查找故障的办法,由于馈线长度有长有短,长的可达1000米以上,且沿线要经过不同的地形地貌,所以处理故障费时,又费力。而若采用时域故障定位法,就可很快判断、查找出故障性质和位置,从而减少机器停播时间。该方法如下:

首先应将PNA3628D型矢量网络分析仪与馈线如图1所示连接好,然后对仪器进行设置和校准;完成校准后仪器进入时域测量。这时,应将电桥测试端口接入馈线输入端,仪器显示屏右上角出现变动的频率数字,说明此时仪器正在进行频域测量。测量完成后数字消失,仪器进入时域计算与显示,光点将由左至右逐点点出在给定测试距离内从头到尾(即全景)的各个距离上的反射强度。根据反射强度的大小,将光标移至需要关注的峰点附近。这时显示屏中方格顶上的各个数字分别显示出光标所在点的反射率 Γ 、电长度 d_0 、延时 t 、反射角(一般开路性质故障, Φ 在 0° 左右,短路性质故障, Φ 在 180° 左右)。由此可判断馈线发生短路故障。

这时,应将选中的峰点进行放大,在仪器屏面将展开四倍后进行显示,并在方格下面显出最大反射点的精确位置 $d_{\max}=127.8\text{m}$;此值即馈线的电长度。再根据公式 $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{L_{\text{机械}}}{d_{\max}}$

(式中 $L_{\text{机械}}$ 是传输线段的机械长度, d_{\max} 是传输线段的电长度, $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$ 是波速比,一般在0.66到1之间。当在实际测

量时,可先用一小段传输线,将其终端短路或开路后,测出电长度和机械长度,再将机械长度和电长度相除,即可得出该传输线的波速比。)计算出馈线故障点的位置,派维护人员处理即可。

在播音期间,若馈线内或外层导线的断开,而发生内外层导线短路故障时,可根据上述步骤查找到故障点后,将短路的导线剪掉,并调整发射机输出网络内的可调元件,使发射机的天线零点减小到允许开机的范围,以减少机器的停播时间。

(三) 馈线的性能测试及调整方法

在调配室的改造过程中,发现驻波比偏大,为查找原因:

首先应将馈线的终端(图1所示点a处)断开,并接上一个 50Ω 标阻。然后将PNA3628D型矢量网络分析仪与馈线如图1所示连接好,并对仪器进行设置和校准;完成校准后仪器进入驻波比测试。经过测量发现,在只接标阻而不接天线的情况下,驻波比就达到了1.5,且在工作频段内的多数频率驻波比大于1.34。这就说明馈线存在问题,需要对馈线进行调整,待调整合适后再恢复接入天线,若有必要还需再调整天线匹配网络部分。

为了找出馈线引起驻波比指标差的原因,采用时域故障定位法查找故障点。经过测试发现故障点如图2所示,其中,纵坐标为反射系数,横坐标为电长度。



图2

对图2进行分析可以看出,在电长度3.2米、44.5米、53.9米、70.2米、110.7米这5处的反射系数出现峰值较大,其中70.2米处的反射系数达到0.0976、110.7米处的反射系数达到0.0735,需要查找在馈线上的实际位置和引起故障的原因。对照馈线的机械长度,并考虑存在机械长度测量误差和网络分析仪分辨率误差的情况,可以判定故障位置在距离馈线窗口1、2、3、4处。

对4个故障点进行处理,根据馈线特性阻抗计算公式 $Z_0 = \frac{2\pi R_1 R_2}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$ 可知:在参数内层导线的半径 r_1 、内层导线数 n_1 、外层导线的半径 r_2 、外层导线数 n_2 无法改变的情况下,对这四处馈线参数:中心距地高度 h 、内层导线组成圆的半径 R_1 、外层导线组成圆的半径 R_2 进行适当调整,使特性阻抗值稍稍变化,可以抵消由于馈线杆及绝缘瓷棒等引起反射效应增大的影响。

故障点处理完后,应开启发射机,观察机器上的各表值,均应正常。其中反射功率表值、天线零点表值应接近于0。若各表值与原始值有差距,则可微调馈线两端的匹配网络内的可调元件,使机器各表值接近于原始值。

三、结束语

通过矢量网络分析仪的使用,可及时了解馈线的各项技术数据,为维护馈线时提供了必要的技术保障。而时域故障定位法不仅可以用来判断中波馈线故障性质和故障点,也可以适用于短波、有线电视等各类传输线的故障判断中。特别是在对同轴电缆、馈管等这类传输线的故障维护中,由于它们在出现故障时,不易观察,具有一定的隐蔽性,给维护工作带来了极大的不便利,而采用时域故障定位法就可及时判断出此类传输线好坏。因而,这种采用矢量分析仪来分析、判断各类传输线好坏的方法,在雷达、通讯、广播、电视等传输线的维护、检修中值得推广和借鉴。

参考文献:

- [1][2][3] 赵忠仁. 无线电技术基础[M]. 北京: 中国广播电视出版社, 1995: 123, 125, 126.
- [4][5] 张学田. 广播电视技术手册. 第6分册, 发射技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000: 1307, 1309.
- [6][7] 刘洪才, 等. 广播发射与卫星传输理论基础[M]. 北京: 中国广播电视出版社, 2002: 128, 129.

作者简介:

郑兰英 国家广电总局七五一电台工程师

微波射频测试仪器使用操作培训

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,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;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,推出多套微波射频以及天线设计培训课程,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>



微波射频测量仪器操作培训课程合集

搞硬件、做射频,不会仪器操作怎么行!对于射频工程师和硬件工程师来说,日常电路设计调试工作中,经常需要使用各种测试仪器测量各种电信号来发现问题、解决问题。因此,熟悉各种测量仪器原理,正确地使用这些测试仪器,是微波射频工程师和硬件工程师必须具备和掌握的工作技能,该套射频仪器操作培训课程合集就可以帮助您快速熟练掌握矢量网络分析仪、频谱仪、示波器等各种仪器的原理和使用操作...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/67.html>

矢量网络分析仪使用操作培训课程套装

矢量网络分析仪是最常用的测试仪器是射频工程师和天线设计工程师最常用的测试仪器;该套培训课程套装是国内最专业、实用和全面的矢量网络分析仪培训教程套装,包括安捷伦科技和罗德施瓦茨公司矢量网络分析仪的 5 套视频培训课程和一本矢网应用指南教材,能够帮助微波、射频工程师快速地熟练掌握矢量网络分析仪使用操作...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/34.html>



示波器使用操作培训课程套装

示波器是硬件和射频工程师几乎在每天的工作中都会用到仪器,因此掌握示波器的原理并能够正确使用示波器是所有从事电子硬件电路设计和调试的工程师必须具备的最基本的技能。本站推出的示波器视频培训课程套装既有示波器的基本原理以及示波器性能参数对测量结果影响的讲解,也有安捷伦和泰克多种常用示波器的实际操作讲解,能够帮助您更加深入地理解手边常用的示波器从而更加正确地使用示波器...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/osc/49.html>