

# 网络分析仪在调试谐波滤波器中的应用

侯建斌

(国家新闻出版广电总局 724 台 陕西宝鸡 722400)

**摘要:**网络分析仪是一种功能强大、极高精密度的仪器,尤其在测量无线射频(RF)元件和设备的线性特性方面非常有用。谐波滤波器则是DFIOOA型发射机的维护难点和重点。调试谐波滤波器更是重点中的重点,本文将从调试仪器网络分析仪的原理及使用、测试环境的搭建、调试谐波滤波器技术指标、详细步骤、注意事项等方面阐述网络分析仪调试谐波滤波器的原理及应用。

**关键词:**网络分析仪 谐波滤波器 调试 应用

中图分类号:TN713

文献标识码:A

文章编号:1007-9416(2013)06-0070-02

谐波滤波器是DFIOOA型发射机的维护难点和重点。其伺服传动机构复杂,同步转动的器件多(两个电感、三个电容)。正常阻抗为 $75\Omega$ ,若阻抗过高会产生异常高压造成电感打火甚至击穿真空电容(包括7单元的补偿电容),因此谐波滤波器的调试对于广播发射机维护人员是必需掌握的本领。

## 1 网络分析仪在调试谐波滤波器中的应用

### 1.1 网络分析仪简单介绍

现代网络分析仪已广泛在研发、生产中大量使用,网络分析仪被广泛地应用于分析各种不同部件、材料、电路、设备和系统。无论是在研发阶段为了优化模拟电路的设计,还是为了调试检测电子元器件,矢量网络分析仪都成为一种不可缺少的测量仪器。网络分析仪是一种功能强大的仪器,正确使用时,可以达到极高的精度。它的应用也十分广泛,在很多行业都不可或缺,尤其在测量无线射频(RF)元件和设备的线性特性方面非常有用。现代网络分析仪还可以应用于更具体的场合。本文以Agilent E5061A网络分析仪作为测试工具。

### 1.2 工作原理

光在透镜的传输过程可以帮助理解射频或微波信号在器件的工作过程(如图1)。

当射频信号输入到某个器件上时,会产生相应的反射和传输。每个器件在工作状态下,其传输和反射信号的大小和相位都是不同的,而反射和传输的特性决定器件对信号的处理作用。器件及电路的设计实际上就是定量控制器件的反射和传输特性。影响一个器件(系统)传输/反射特性的因素很多,作为网络分析仪主要研究器件传输/反射特性与工作频率及功率的关系。简单来讲,网络分析仪显示的结果纵轴可定义为传输或反射特性,而横轴为功率或频率。

一般而言,网络分析仪在射频及微波组件方面的量测上是最基本、应用层次也是最广的仪器,它可以提供线性及非线性组件的量

测参数,因此,举凡所有主被动组件的仿真、制程及测试上,几乎会使用到。在测量参数上,它不但可以提供反射系数,并从反射系数换算出阻抗的大小,且可以测量穿透系数,以及推演出重要的S参数及其它的重要参数,如相位、群速度延迟(GroupDelay)、插入损耗(Insertion Loss)、增益(Gain)甚至放大器的1dB压缩点(Compression point)等。

**基本原理:**电子电路组件在高频工作时,其特性与低频有所不同,在高频时,其波长与实际电路组件的物理尺度相比会相对变小,举例来说,在真空下的电磁波其速度即为光速,则,  $c = \lambda f$ ,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ , 若在2.4GHz的频率下,若不考虑空气的介电系数,则波长  $\lambda = 12.5\text{cm}$ , 即在短短的数公分内,电压大小就会因相位的偏移而有极大的变化。因此在高频下,我们会使用能量及阻抗的观念来取代低频的电压及电流的表示法,此时我们就会引入波的概念。

光波属于电磁波的一种,当我们用光分析一个组件式,会使用一个已知的入射光源测量未知的待测物,当光波由空气到达另一个介质时,会因折射率不同产生部分反射及部分穿透的特性,例如化学分析上使用的穿透及反射光谱。对于同样属电磁波的射频来说,道理是相通的,光之于折射率就好比微波之于阻抗的概念,当一个电磁波到达另一个不连续的阻抗接口时,同样也会有穿透及反射的行为,从这些反射及穿透行为的大小及相位变化中,就可以分析出该组件的特性。

用来描述组件的参数有许多种,其中某些只包含振幅的讯息,如回返损耗、驻波比或插入损耗等,我们称为纯量,而能得到如反射系数及穿透系数等,我们称为向量,其中向量可以推导出纯量行为,但纯量却因无相位信息而无法推导出向量特性。

### 1.3 谐波滤波器介绍

谐波滤波器是一种可调式双回路低通滤波器,安装在高末功率放大器机箱顶部,使用的电容和电感通过机械传动连接,由一只调谐马达驱动。它是PSM100KW短波发射机射频通路的重要元件之一,主要用来滤除基波以外的高次谐波,以达到国际电联规定的残波辐射小于50mw的标准。谐波滤波器是一个非调谐的阻抗匹配网络,采用定点预置的方法,每个频率都有唯一确定的位置,其伺服传动机构复杂,同步转动器件多,所以,一旦出故障,将造成很大的麻烦。

### 1.4 谐波滤波器的调试技术指标要求

a)匹配阻抗实部在 $75 \pm 5\Omega$ 、虚部在 $0 \pm 1\Omega$ 、驻波比小于1.1的范围内,并尽量接近纯阻 $75 \pm j0\Omega$ 。

b)要求谐波滤波器上限、下限机械位置合适。计数器读数与预

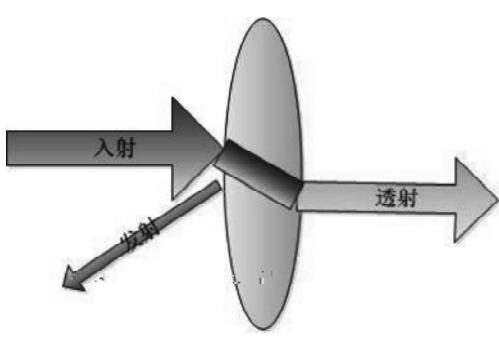


图 1

表 1

类型	频点	8C1 (PF)	8C2 (PF)	8C3 (PF)	输入总容量
国产	20MHz	124	165	128	455PF
进口	20MHz	106	120	106	392PF

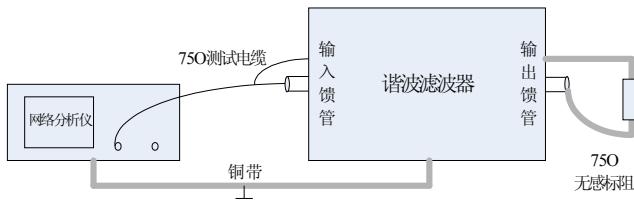


图 2

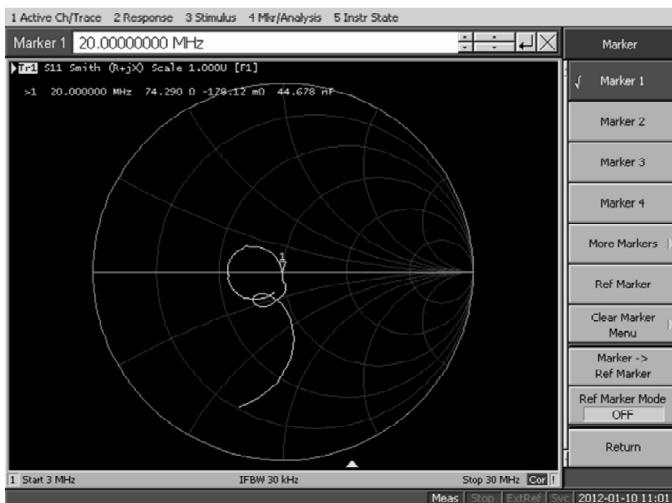


图 3

置频率位置一一对应。

c) 将调试好的谐波滤波器安装至发射机,用不同频段的频率进行试机,确认谐波滤波器的调试正常。

#### 1.5 调试环境及注意事项

使用谐波滤波器一般使用在高频环境、外界电磁环境复杂的情况下,因此测试首先要排除这些干扰因素,使网络分析仪能工作在良好的环境中,必须做好以下几点:

a)在发射机公共停机时间或者完全屏蔽的房间内进行,网络分析仪最好接在具有电源滤波器的电源上电源最好从在线式UPS取出,以防高频电源的串扰。

b)调试基准:以20MHz频率点作为基准调试。

c)网络分析仪均需用铜带进行良好的接地。

d)网络分析仪充分预热。

调试工程中要做好防静电措施,带防静电手套。调试人员带电操作,一定要注意安全。调试完成后注意清点工具。

## 2 谐波滤波器调试前的预置

### 2.1 谐波调试前电感预置

盘香电感预置在20MHz频率点的基准位置,即短路滚轮在盘香电感内数第二圈位置上,此时谐波滚轮(白色导向小轮)刚好正对观察窗口,相对位置应保持相对同步平行状态。否则应松开链条,调整其位置。

### 2.2 谐波调试前电容预置

真空电容按照20MHz频率点的典型电容量进行预置,也可按照国产电容器转至电容量最大点后(高限点)回转6圈预置。20MHz频率点的典型电容量如表1。

### 2.3 注意的事项

为保证谐波滤波器调谐电容的一致性,应选用同一厂家同批次的电容,且均应通过打压测试合格。

## 3 使用网络分析仪调试谐波

### 3.1 连接设备仪器

按调试接线图连接网络分析仪和75Ω标阻,仪器预热10分钟后,在3MHz~26MHz扫描频率范围内,观察史密斯阻抗原图的扫描图形(如图2)。

### 3.2 调试步骤(如图3)

a)统调C1、C2、C3,使扫描图形接近典型扫描图形。其中C1主要起到上半圈图形的缩小和放大;C2主要起到整个图形斜率的控制;C3主要起到整个图形拖尾的控制;

b)细调C1、C2、C3,使20MHz频率点的扫描轨迹落在实轴上且与等75Ω实部线相切,使20MHz频率点的匹配阻抗接近 $75 \pm j0(\Omega)$ 。

c)将C1、C2、C3电容连接轴接上,转动谐波滤波器驱动装置,观察3MHz~26MHz输入阻抗的变化轨迹,要求匹配阻抗实部在 $75 \pm 5\Omega$ 、虚部在 $0 \pm 1\Omega$ 、驻波比小于1.1的范围内,并尽量接近纯阻 $75 \pm j0(\Omega)$ 。

d)如未达到要求,反复调试,使谐波滤波器回到20MHz频率点,再次细调C1、C2、C3,必要时可微调L1、L2的相对位置,使谐波滤波器在短波频段内满足要求。

e)调试完成后,脱开谐波滤波器的输入和输出端,在输入端测量总电容量并记录,总电容量应符合典型值。重新连接网络分析仪和负载纯阻,谐波滤波器回到20MHz频率点,将计数器数码位置调整至1000后,齿合传动。

f)在网络分析仪中输入预置频率点,转动驱动装置,确定最佳位置,记录该频点处的阻抗值和计数器数码位置。制作已调试好的谐波滤波器短波频段各预置频率的计数器数码位置和C1、C2、C3、总电容量的电容量信息表。

通过以上调试方法,反复调试,从测试仪中选好最佳状态,固定好位置,调试就可以基本完成,保证滤除高次谐波成分,提升发射机性能指标。

## 4 结语

网络分析仪已广泛在研发、生产中大量使用,在很多行业都不可或缺,现代网络分析仪还可以应用于更具体的场合。本文只是介绍了Agilent E5061A网络分析仪在测量无线射频(RF)元件和设备(谐波滤波器)的线性特性的应用实例。

## 微波射频测试仪器使用操作培训

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, 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量测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悉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悉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>