

# 改善网络分析仪测试的三个提示

方 红

(中国电子科技集团公司第四十一研究所 266555)

**摘 要:** 本文包含三点提示,可以帮助技术人员理解 and 提高对矢网的使用能力,文中对矢网及其功能进行了本质性的总结。

**关键词:** 高功率 放大器 时间延迟补偿 反射测试

## Three Hints for Making Better Network Analyzer Measurement

Fang Hong

(The 41st Institute of CETC 266555)

**Abstract:** The paper includes three hints to help you understand and improve your capability of using VNA. It also summarizes the characteristics of VNA.

**Keywords:** High Power, Amplifier, Time Delay Compensation, Reflection Measurement.

### 0 引 言

网络仪可以测试有源和无源器件的特性,但是不同的器件有不同的特性,如果能够针对不同的测试对象,对网络仪进行相应的调整和设置,那么就能充分利用网络仪本身的性能,改善测试。本文对此进行了初步的探讨。

### 1 网络分析仪概述

网络分析仪可以表述为有源和无源器件的特性,比如放大器、耦合器、电缆等。这些器件被用在许多系统中,器件可以有一个端口或许多端口,如果能够测试每一个端口的输入特性以及一个端口到另一个端口的转移特性,那么,设计者就可以用掌握的知识来设计器件,使它成为大系统的一部分。

#### 1.1 网络分析仪的种类

网络分析仪包含矢量网络分析、标量网络分析仪以及网络/频谱分析仪

矢量网络分析仪是功能最强大的网络分析仪,它可以测试的频率范围为 5Hz~110GHz。设计人员和生产的最终测试阶段都需要使用矢量网络分析仪,因为它可以测试并显示电气网络的所有幅度和相位特性。这些特性包括 S 参数、幅度和相位、驻波比、插入损耗或增益、衰减、群延迟、回波损耗、反射系数和增益压缩。

矢网的硬件组成包括一个扫频信号源(通常是内置的),一个测试装置,它主要是用来分离前向和后向测试信号的,一个多通道,相位相干高灵敏度接

收机,如图 1 所示。

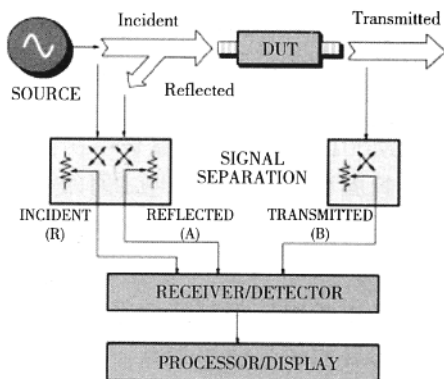


图 1 网络分析仪方框图

在射频和微波频段中,典型的测试参数是 S 参数。在计算机辅助设计中也普遍使用它。

#### 1.2 标量网络分析仪

标量网络分析仪只能测试 S 参数的幅度部分,因此,它可以测试传输增益或损耗,回波损耗和驻波比。一旦在一个有源或无源器件的测试过程中,使用了矢网的所有功能进行测试,那么,在生产线上,使用标网来显示指标是否超标,将是一个更经济的方案。当标网需要配置一个外置或内置的扫描信号源和信号分离硬件时,它们只需要简单的幅度检波器,而不需要复杂、昂贵的相位相干检波器。

#### 1.3 网络/频谱分析仪

一个网络/频谱分析仪去掉了在工作台上用网络仪和频谱仪搭建测试系统时的电路重复。它的频率覆盖范围为 10Hz~1.8GHz。这些组合功能的仪

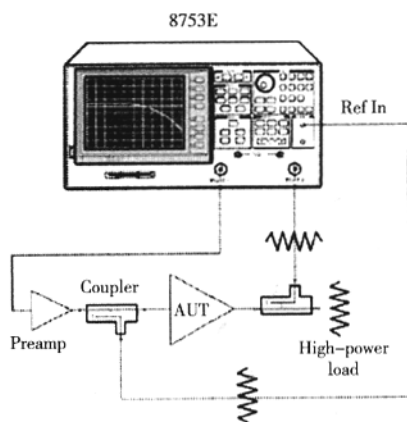


图2 高功率正向测试配置

器在放大器和混频器这些有源器件的设计和测试中,可以成为一个很经济的选择,在这些过程中,都需要对信号的频谱性能进行分析。

## 2 测试高功率放大器时,如何提高和衰减信号电平

有时测试高功率放大器是个很困难的事,因为测试所需要的信号电平可能超出网络分析仪的激励/响应范围。高功率放大器需要高的输入电平来测试它在接近真实工作情况下的特性,这些真实的工作条件也意味着放大器的输出功率将超过分析仪接收机的压缩电平或烧毁电平。

当需要高功率,而网络分析仪不能提供时,可以在待测放大器(AUT)前加一个前置放大器来提高电平。在前置放大器输出端,使用一个耦合器,将放大后的一部分信号分离出来,供分析仪的参考通道使用。这种配置去除了前置放大器的频响和漂移误差。从而使待测放大器的测试更加精确。

当待测放大器的输出功率超过接收机的输入压缩电平时,需要对输出信号进行一些衰减。可以使用耦合器、衰减器或两者组成的混合器件来完成。我们要精心选择一种器件,它能吸收待测放大器输出的信号,同时自己又不会损坏。由于大部分负载是用于小信号的,它们只能处理大约1W的功率,如果超过1W,就要使用能够驱动更大功率的特殊负载。

通过使用适当类型的误差校正,衰减器和耦合器的频响影响可以被完全移去或降到最低限度。有人担心,如果校准时使用外部衰减器,在校准周期内接收机的输入功率有可能很低。为进行精确测试,功率电平必须被提高到大大高于接收机的噪声基底。因此,拥有窄带宽和调谐接收机的网络分析仪被用于高功率测试。它们的噪声基底典型值都 $\leq 90\text{dBm}$ ,在很宽的功率范围内,它们的接收机都拥有很好的线性度。

一些网络分析仪,具有全二端口S参数测试的功能,所以它能够测试待测放大器的反向特性。而且,还能进行全二端口误差校正。在此配置中,前置放大器必须放在端口1的耦合器之前的信号通路上。否则,前置放大器的反向隔离将会妨碍在端口1上进行精确的测试。

如果衰减被加在了分析仪的输出端口,那么在进行反向测试,即测试 $S_{22}$ 和 $S_{12}$ 最好使用高功率,以减轻噪声的影响。许多矢网允许对测试端口的功率去耦合,以适应在正向和反向的不同功率电平。

## 3 为改善电缆测试所进行的时间延迟补偿

网络分析仪同时对它的信号源进行扫描和对它的接收机进行调谐,以进行激励——响应测试。在某一个特定时刻,从被测件(DUT)输出的信号可能和此时的源信号频率并不相同,这种情况有时可能导致令人混淆的测试结果。如果待测件是一根长电缆,它的时间延迟为 $T$ ,网络分析仪的扫描速率为 $df/dt$ ,在电缆末端的信号频率比源信号频率落后的值为 $F=T \times df/dt$ 。如果这个频率偏移和网络分析仪的中频检波带宽(通常是几千赫兹)可以相比拟,那么测试结果的误差将由中频滤波器的滚降所决定。

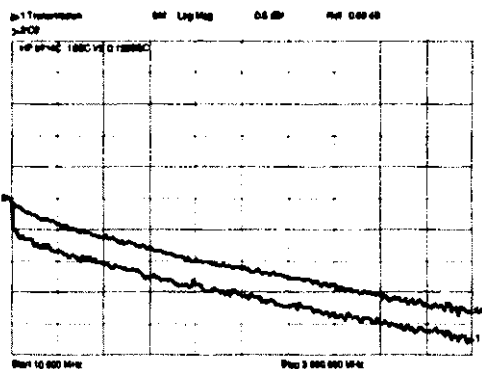


图3 通过增加扫描时间减小测试误差

图3显示了在8714ET上测试一根12英尺长电缆的传输响应时的影响。上边的迹线显示的是电缆的真正响应,它的扫描时间为1s;下边的迹线显示的是把扫描时间设为默认的129ms。由于通过电缆时的频率偏移,显示的数据比真实数据低了0.5dB。对于这种特殊的待测件,这个扫描时间太快了。

图4下面的迹线显示的是在8753ES上测试同样的电缆结果,它的扫描时间为100ms。这个结果显得更加混乱。不光数据有误差,而且在某些频率点,误差的幅度会有一个尖锐的跳变。这些频率点是8753ES中频带边缘的点,迹线的跳变是由于网络分析仪在不同的频段扫描速率 $df/dt$ 不同造成的。这样会导致通过电缆将产生不同的频率偏移,

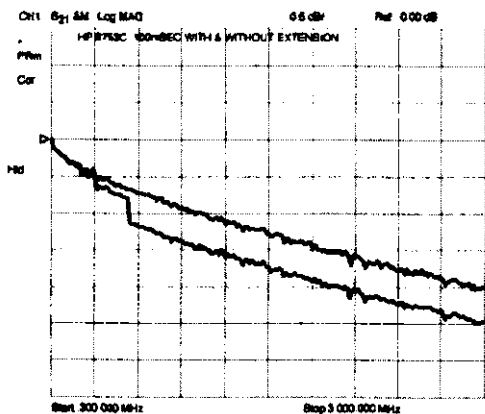


图 4 通过平衡参考通道减小测试误差

因而,对数据产生的误差也不同。在这种情况下,我们可以用一根和待测电缆相同长度的电缆代替 8753ES 前面板上参考通道的跳线。这样可以校正一定的误差。当然,另一种解决方法就是增加扫描时间。这种方式可以对参考和测试路径上的延迟进行平衡,从而在用网络分析仪进行比率传输测试时不再存在频率偏移误差。图 4 上边的迹线显示了在 100ms 扫描时间下,待测件的测试结果,此时在参考通道有匹配电缆。

#### 4 合适的终端——改善反射测试的关键

使用 T/R 型分析仪对两端口的器件进行精确反射测试时,要求在非测试端口接上一个好的终端负载。尤其在进行低损耗,双向器件测试时尤为重要,比如带通滤波器和电缆。T/R 型分析仪对于反射测试只提供单端口测试,它可以校正由方向性、源匹配和频率响应引起的误差,但是对于负载匹配引起的误差却不起作用。

既然负载匹配得不到校正,所以在单端口校准中假设在待测件端口 2(非测试端口)接了一个好终端。实现此假设的方法之一就是在待测检的端口 2 连接一个高性能的负载(比如,校准件中的负载)。通过在更贵重的 S 参数型分析仪上进行全二端口校准,可以达到比此项技术更高的测试精度。

然而,如果待测件的端口 2 直接连接到网络分析仪的测试端口,那么理想终端的假设就很难满足。在这种情况下,在待测检的端口 2 和网络分析仪的测试端口之间放置一个衰减器(比如 6dB~10dB)将会显著提高测试的精度。这种方法会改善分析仪的有效负载匹配,改善的数值为衰减值的 2 倍。

图 5A 展示了一个使用这种方法的例子。假设测试一个滤波器,它的插入损耗为 1dB,回波损耗为 16dB。如果使用负载匹配为 18dB,方向性为 40dB 的

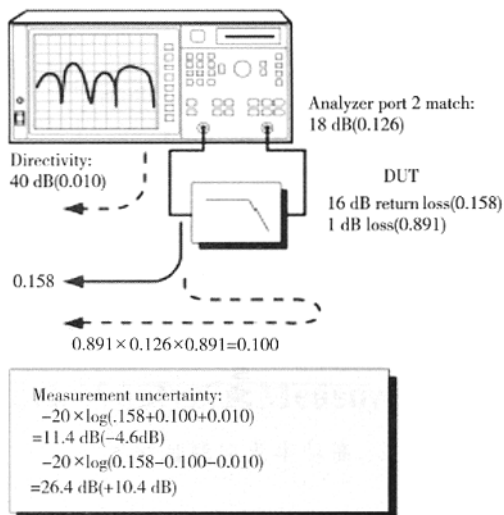


图 5A 反射测试不确定度

分析仪来测试此滤波器,将会产生最差的测试不确定度,对于回波损耗不确定度将达到 -4.6dB。这是一个非常大的变化,它可能使不合格的滤波器通过检验,使合格的通不过。图 5B 显示了如何通过增加一个 10dB 的高质量衰减器将分析仪的负载匹配指标提高到 29dB。将最差的测试不确定度降低到了 +2.5dB 和 -1.9dB,这个结果还是相当合理的。

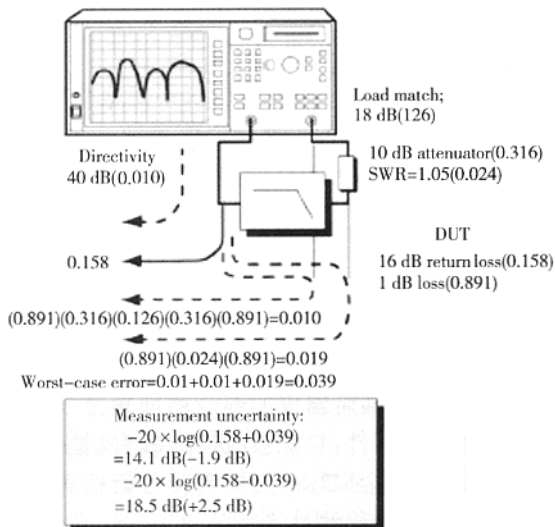


图 5B 测试不确定度的改善

#### 5 结束语

以上讲述了针对 3 种器件的特性,对网络仪进行相应设置的实例。从中可以看到通过有针对性设置之后,测试的结果有了明显的改善。在许多情况下,只要我们根据测试对象的具体情况,对网络仪的设置进行必要的调整,就一定能够改善网络仪测试,得到更理想的测试结果。

## 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>