



矢量网络分析仪的线性相位偏差测量应用

吕朋尧

(电子测试技术重点实验室, 山东 青岛 266555)

摘要:在实践中,许多器件对某些频率的延时会大于对另一些频率的延时,从而形成线性相位偏差。线性相位偏差测量以相位为单位,显示分辨率高,是矢量网络分析仪(VNA)测量相位失真重要方法之一。介绍了利用VNA进行线性相位偏差测量的方法,并与群时延表征方法作了比较。

关键词:矢量网络分析仪;相位失真;线性相位偏差;群时延

引言

对被测件(DUT)进行测量时,网络的相位响应是测量的重要部分。当信号通过DUT时会因为延时而出现相移。在一个无失真的DUT中,在不同频率下相位延时为一定值,是该DUT的特征参量,即信号的相移与频率成正比,为线性相移。而实际情况下,元器件的响应信号在不同频率下会有不同的延时,引起非线性相移,利用VNA测量线性相位偏差(也称为相位线性度)就是确定此类相位失真的一种方法。

1 VNA的电延时功能

相位与幅度一样,是VNA的测量要素之一,相位测量为相对测量即比值测量,是对元器件的入射信号相位和响应信号相位进行比较,响应信号既可以是反射信号,也可以是传输信号。通过对VNA进行精确的校准,就可以得到信号通过DUT的相移。理想器件的线性相移迹线在VNA上显示为一条直线,可由电磁波传输速度、介质的相对介电常数和DUT的电长度计算得到。

引起相位失真的只是非线性相移,通过去除相移的线性部分,就可以得到线性相位偏差。利用VNA的电延时功能,从数学上减去DUT的电长度,就可以得到线性相位偏差。电延时功能是由早期分析器中机械延时线演变而来的一种软件实现方案,通过模拟可变长度的无耗传输线,补偿DUT的电长度。

2 线性相位偏差测量

下面以一段3.5mm同轴空气线说明其线性相位偏差的测量方法。

2.1 测量设置

正确的设置是进行精确测量的基础,如测量格式、中频带宽、测量点数、端口功率的设置等。线性相位偏差观察相位格式,测量轨迹设置为S21。中频带宽即接收机中频带滤波器的带宽,通过减小中频带宽可以降低随机噪声对测量的影响,中频带宽每减小10倍,噪声基底降低10dB,但同时中频带宽减小,必然会使得扫描时间的增大。对扫描时间带来影响的还有测量点数,由于VNA在离散的频率点上对数据取样,将离散点连接起来得到连续的迹线。在进行相位测量时,保证相邻数据点间的相位差小于 180° 是十分重要的,否则会得到错误的结果。通过增加测量点数可以提高测量精度,但同时也增加了扫描时间。如进行放大器测量时,端口功率的设置要对DUT和VNA两方面的考虑,确定放大器工作在其频响的线性区域内,并且输出功率低于VNA接收机的压缩点和测试端口的损毁功率点。VNA接收机的0.1dB压缩点为0dBm,端口损毁功率远高于此值;而通常情况下,放大器的线性工作点设置低于其1dB压缩点10dB以上。这里我们不需要考虑这些因素,可将VNA设置为起始频率6GHz,终止频率18GHz,中频带宽100Hz,801点,端口输出功率-10dBm。

2.2 测量校准

完成上述测量设置后进行校准。校准是提高VNA测量精度十分有效的手段,通过校准可以去除多项系统误差,从而得到精确的测量结果,不同校准类型可去除不同的误差项,相应的测量精度有所差别。本测量采用的是全二端口SOLT校准,可去除12项系统误差,应用于所有S参数的高精度测量。选择需要的校准件,依次完成开路器、短路器、匹配负载和直通标准的测量。此时VNA显示的S21轨迹如图1所示。

2.3 设置电延时

设置测量格式为群时延,通过轨迹统计功能读取群时延的均方根值,作为平均信号渡越时间。将测量格式改为相位,打开电延时选项,将电长度设置为前面得到的平均信号渡越时间,由于该时间是通过测量得到的,因此速度因子不需要修改(缺省值为1)。图2所示为电延时的设置对话框。

2.4 测量线性相位偏差

完成电延时设置,此时S21轨迹显示为一条比较平直的迹线,如图3所示,可以通过设置光标自动搜索最大或最小偏差等。

3 结论

利用VNA的电延时功能,通过计算并设置被测件的电延时,就可以去除网络相位相应中的线性部分,在测量结果中只显示引起相位失真的非线性相移,即线性相位偏差数据。安捷伦公司的PNA、PNA-X系列产品都支持这一功能,ROHDE & SCHWARZ公司的VNA则提供自动长度检测功能(auto length),可用来计算整个扫描范围内的平均延时。

由于测量结果去除了线性相移,通过减小比例设置,可使迹线达到最佳的显示分辨率。DUT相位失真的细微差别都可以直观的得到,如果没有减去长度偏差(电延时),这些偏差是无法有效识别的。

群时延也用来表征相位失真,是每个频率信号通过DUT的实际渡越时间。它由两部分组成,其一是平均渡越时间,对应于线性相移;另一部分就是渡越时间随频率的变化,即群时延的波动,对应非线性相移,它是引起失真的主要原因。VNA要求指定频率孔径,计算相位随频率变化的近似值,即群时延,单位为秒。群时延测量结果依赖于频率孔径的设置,也就是频率间隔和数据点设置,通过增加点数或减小频率跨度可以提高测量精度。

群时延比相性相位偏差更精确的表征被测件的相位纹波特性,从而解释相位失真现象。而相比之下,线性相位偏差可以直观的观察迹线的相位数据,不是以秒为单位,对于传输调相信号的器件等,相位数据往往更加有用。

结束语

对于测量器件相位非线性失真,线性相位偏差测量是VNA的一个非常有用的工具。除了校准类型的选择影响测量精度,由于利用了群时延测量结果,测量中频率、点数等设置直接影响线性相位偏差测量结果。根据不同的测量应用,选择线性相位偏差或群时延表征,才能发挥各自的优势。

参考文献

- [1] Agilent Technologies PNA Series Network Analyzers User's Information.V3.1.
- [2] [美]罗伯特·A·维特.频谱与网络测量[M].李景威,张伦,译.第1版.北京:科学技术文献出版社,1997.

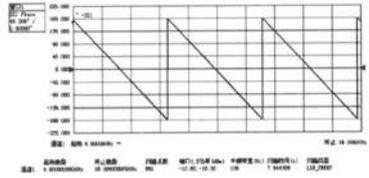


图1 使用电延时前测量曲线



图2 设置电延时

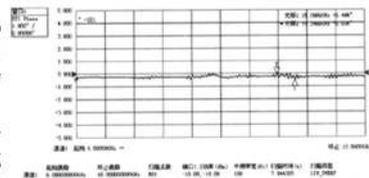


图3 使用电延时后线性相位偏差测量曲线

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>