

应用天地

选择矢量网络分析仪时需注意的问题

曹芸 张海林
(北京 5130 信箱 111 号)

摘要:本文分析了矢量网络分析仪的主要参数,并指出在选择矢量网络分析仪时需注意的几个问题,以便更好地了解矢量网络分析仪的参数指标,并为网络分析仪的选型或比较提供帮助。

关键词:矢量网络分析仪 动态范围 测量精度 测量时间

Some questions about considering the parameters of VNA

Cao Yun Zhang Hailin
(NO 111, post Box 5130, Beijing)

Abstract: This article analyzed main parameters of VNA firstly. Some questions that we should pay attention to during considering the parameters of VNA were pointed out. This can make us a better understand of the parameters of VNA. In a word, it is helpful in selecting the type of VNA.

Keywords: VNA, dynamic range, measurement accuracy, measurement time.

0 引言

在对矢量网络分析仪进行选型或对不同厂家的相同等级矢量网络分析仪进行比较时,常需考虑网络分析仪的参数指标。但由于对参数的理解不同以及各厂家对仪器指标定义的区别,常会造成一定的误解。本文旨在通过分析矢量网络分析仪的主要参数,指出在考查矢量网络分析仪参数时需注意的几个问题,使用户对矢量网络分析仪的参数指标有更全面的认识。

1 网络分析仪的结构体系

首先了解一下网络分析仪的结构体系(以 Agilent 公司的 PNA 系列 RF 矢量网络分析仪为例见图 1)。

RF 源提供激励并被相锁至合成本振,转换开关将激励交替送至两个测试端口,功分器分别将信号传递给参考接收机(R1 和 R2)和被测件,定向耦合器用来分离入射信号和反射信号。接收机 A 用来测量进入端口 1 的信号,接收机 B 用来测量进入端口 2 的信号。

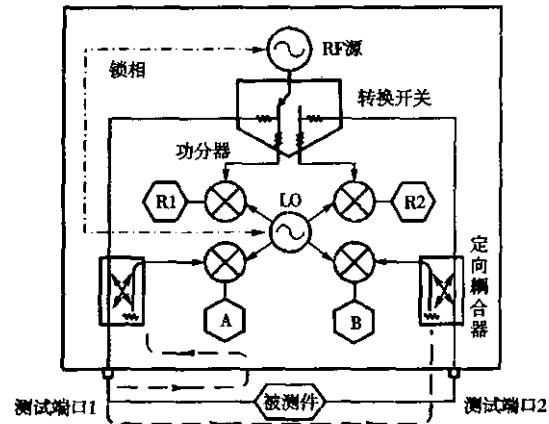


图 1 Agilent PNA 系列 RF 矢量网络分析仪标准测试装置

2 动态范围

网络分析仪的动态范围是网络分析仪的一项重要指标,它指的是网络分析仪所能测量的最大功率电平与最小功率电平之差。最大功率电平有两种定义,既可定义为接收机能测量的最大功率(P_{max}),又可定义为 RF 源能提供的最大功率(P_{src}),而最小功率(P_{min})则由接收机的本底噪声决定。因此,动态

作者简介:

曹芸,总装备部科研试验装备计量测试中心。

张海林,北京航天指挥控制中心装备部。

范围也有两种定义, P_{\max} 与 P_{\min} 之差被称为接收机动态范围, P_{src} 与 P_{\min} 之差被称为系统动态范围。由于在微波频段的 RF 源功率很难获取, 所以系统动态范围通常要低于接收机动态范围。在对网络分析仪的动态范围进行分析比较时, 首先需明确动态范围指的是哪一种, 才能做出正确的判断。

另外, 仪器的本底噪声也影响着动态范围的数值。本底噪声主要由仪器的 IF 带宽决定, 带宽越窄, 本底噪声越低, 动态范围越大。在网络分析仪的指标中, 通常本底噪声被定义为 10Hz 带宽, 但有些厂家将其定义为 1Hz 带宽, 这便会带来 10dB 的差异, 所以在查看本底噪声指标时, 需注意带宽的取值。

另外, 不同厂家对本底噪声(动态范围下限)的定义方式也有所区别。对 P_{\min} 有 4 种定义方式: RMS 值(RMS 噪声功率以 dBm 表示的线性幅度迹线的平均值计算)、线性幅度的平均值、对数幅度的平均值、线性幅度的平均值加上三倍标准方差。

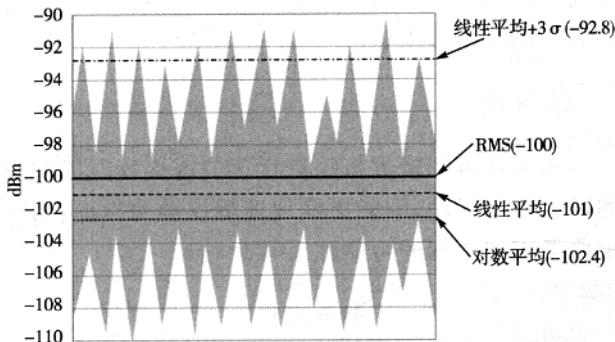


图 2 本底噪声的不同取值

图 2 所示为 RMS 值等于 -100 dBm 的高斯随机噪声。由此可见, 由于定义方式的不同, RMS 值和第四种定义之间可产生 7.2dB 的差别。

例如, Agilent 公司采用 RMS 值来定义矢量网络分析仪的本底噪声, 但德国 R&S 公司采用的则是第四种定义方式。由于测量接收机的等效输入噪声电平等于高斯随机噪声的 RMS 值, 所以定义方式的不同也会给动态范围的数值带来影响。

最后还需考虑最大动态范围是否进行了系统误差修正, 经过系统误差修正的指标数据显然要优于未经修正的数据。

3 测量精度

选择用于器件测试的网络分析仪时, 测量准确度和精度是最关键的, 可以将测量精度视为测量结

果趋于所要测量的真值或修正值的程度。矢量网络分析仪的测量精度主要取决于仪器的测试装置, 如测试装置的方向性、源匹配、负载匹配和损耗等。因此, 所给出的测量精度的指标都是在系统误差校准之后获得的。

矢量网络分析仪的测量精度可分为反射测量幅度精度、反射测量相位精度、传输测量幅度精度和传输测量相位精度。

在考查测量精度指标时, 仅查看数据手册中的指标还远远不够, 必须仔细研究其测量曲线图。而各厂家的测量曲线图的坐标也不尽相同, 这里以 Agilent8363(图 3) 和 R&S 公司的 ZVK(图 4) 为例就反射测量幅度精度做一下说明。

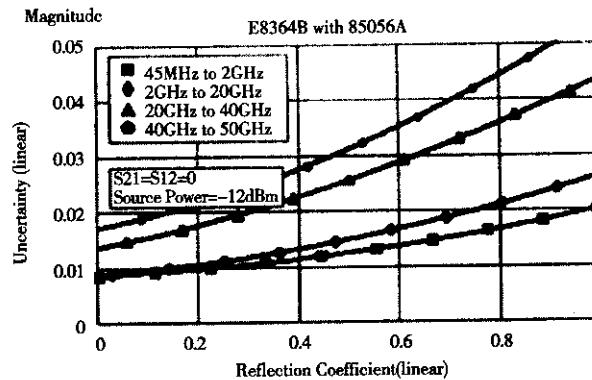


图 3 Agilent8363 的反射测量精度

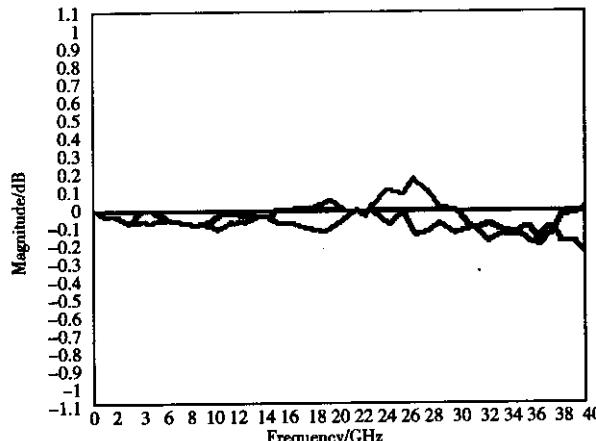


图 4 R&S 公司 ZVK 的反射测量精度

由图 3 和图 4 可知, Agilent8363 的反射测量精度曲线图以反射系数的线性值为横坐标, 纵坐标也以线性值表示。而 R&S 公司 ZVK 的反射测量精度曲线图是在确定反射系数的情况下, 以频率值作为横坐标, 纵坐标以 dB 值表示。若想对它们进行

比较,必须进行一系列变换。

以 45MHz~2GHz 频段为例,首先,由于 ZVK 的反射测量精度曲线图是在全反射系数的情况下获得,对图 3 中 45MHz~2GHz 之间全反射终端的反射幅度精度进行考查,可知其值为 0.02(线性),还需进一步将其转换为对数形式, $10\log(1+0.02)=0.086\text{dB}$,这样才可与图 4 中的曲线数据进行直接比较。

4 测量时间

实际的测量时间与仪器的设定参数密切相关,包括频段、测量点数及所要求动态范围的大小(影响到所需的校准类型)。测量时间与中频带宽、矢量平均之间有很大的关系。中频带宽减小 10 倍,测量时间大约增大 10 倍;矢量平均增大 10 倍,测量时间增大 10 倍。

表 1 宽中频带宽模式下的测量时间

中频带宽	矢量平均次数	本底噪声降低值(dB)	测量时间增长倍数
10kHz	0	0	1
10kHz	10	10	10
1kHz	0	10	7.75
10kHz	100	20	100
100Hz	0	20	74.8

在表 1 的宽中频带宽模式下,以 10kHz 中频带宽且没有进行平均的状态作为参考,可以发现当中频带宽减小 10 倍(降低到 1kHz)时,在没有进行平均的情况下,测量时间仅增加了 7.75 倍,这是因为扫描之间的间隔时间没有按相应比例增大 10 倍。

如果中频带宽不变,进行 10 次矢量平均,这时的测

表 2 窄中频带宽模式下的测量时间

中频带宽	矢量平均次数	本底噪声降低值(dB)	测量时间增长倍数
100Hz	0	0	1
100Hz	10	10	10
10Hz	0	10	9.9
100Hz	100	20	100
1Hz	0	20	99.5

量时间则增加了 10 倍。由此可知,在宽中频带宽情况下,考虑到测量时间的因素,降低中频带宽的策略要优于使用矢量平均。

在表 2 的窄中频带宽模式下,以 100Hz 中频带宽且没有进行平均的状态作为参考,可以发现中频带宽减小 10 倍和矢量平均增大 10 倍对测量时间的变化有着几乎相同的影响。这是因为在窄中频带宽模式下,扫描时间很长,扫描之间的间隔时间带来的影响相比较则很小。

5 结束语

如果在对网络分析仪进行选型或比较时能考虑到以上几个问题,则能更好地理解仪器的指标,当然也要考虑到指标的可靠性及冗余性。

参考文献

[1] Getting the Greatest Dynamic Range from Your Vector Network Analyzer. Agilent 公司

全球首个信号完整性联合实验室落户上海

安捷伦科技(NYSE:A)日前宣布与上海计算机软件技术开发中心(上海软件中心)合作,共同组建全球首个“信号完整性联合实验室”,并将在国家 863 软件孵化器(上海)基地开园时举行揭牌仪式。

“信号完整性联合实验室”将由上海软件中心出资购买安捷伦 Advanced Design System(ADS)框架及平台,并提供工程技术人员;由安捷伦提供逻辑分析仪和示波器等产品,以及业内最成熟的信号完整性设计和测试解决方案,并提供相关培训。联合实验室在成立初期将提供:信号完整性系统设计、信号完整性板级分析、信号完整性统计分析、通信系统、电路、板级设计等服务。

上海计算机软件技术开发中心主任宗宇伟先生说:“我们希望联合实验室能够汇集安捷伦信号完整性分析方面的优势和上海软件中心的国家战略优

势,为目前国内诸多的中小企业提供高速数字设计和测试领域的技术支持和服务。”

安捷伦科技 EDA 软件部门亚太区总裁叶豪相先生说:“安捷伦的 ADS 软件在安捷伦内部的高速产品设计中已经发挥了最重要的作用,作为信号完整性 EDA 工具和测试系统的供应商,安捷伦非常高兴能够与上海软件中心合作,提供信号完整性分析解决方案,希望联合实验室能够服务于广大客户,并成为信号完整性分析方面的培训基地。”

“信号完整性联合实验室”的成立是继安捷伦在华推出了安捷伦测试与测量技术认证(Agilent Test & Measurement Certification)之后的又一力作,此举再次表明安捷伦科技一直重视在中国的投资和发展,同时关注客户的需求和市场机遇。

(安捷伦科技有限公司 供稿)

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>