

# 平均功能在矢量网络分析仪中的应用

李树彪 刘丹

(电子测试技术重点实验室 青岛 266555)

**摘要:** 矢量网络分析仪做为微波测量领域一类重要仪器,提供的测量功能非常丰富,平均是矢量网络分析仪上的一种主要辅助测量手段,如果应用得当会在实际测量中发挥重要作用。结合在矢量网络分析仪上的开发经历,主要讨论平均的作用及工作原理,重点介绍平均测量手段的适用范围,并以实测数据的形式给出正确与否应用平均而带来的不同测量结果。

**关键词:** 平均;噪声;动态范围

**中图分类号:** TP216    **文献标识码:** A

## Application of averaging in network analyzer

Li Shubiao Liu Dan

(Science and Technology on Electronic Test & Measurement Laboratory, Qingdao 266555)

**Abstract:** Vector network analyzer is an important instrument in microwave measurement area, the analyzer provides abundant test functions, averaging is an essential measurement function, and it may greatly improve the measurement results if used properly. The paper mainly discusses the effect and theory of averaging, when and how to use averaging is present either. Data and figures are provided to show that the measurement results are very different when using averaging properly or improperly.

**Keywords:** averaging; noise; dynamic range

## 0 引言

矢量网络分析仪自从诞生以来,一直以功能强大、测量精准而闻名于世,向来被尊称为“测量仪器之王”。平均作为矢量网络分析仪的1个辅助测量功能,如果应用得当,将在实际测量中发挥重要作用。

目前国内外知名厂商如美国的安捷伦公司、德国的RS公司、日本的安立公司、国内的41所等,生产的矢量网络分析仪中,平均一般采有2种实现方式<sup>[1-3]</sup>:

### 1) 扫描平均

$$\text{New} = (\text{Data}/n) + [\text{Old} * (n-1/n)]$$

New:最新显示数据

Data:新得到的测量数据

Old:当前显示数据

n=平均因子

连续扫描,在多次完整扫描过程中实现平均,如果平均因子设为10,需要执行10次扫描后才能完成真正意义上的平均。此后的再次扫描,平均仍然在发挥着作用,这是因为新数据总是以1/n的比例不断加入到当前显示数据中。

### 2) 点平均

在每个测量点完成平均后再向下一测量点扫描,当1遍扫描完成后,平均也就结束了,如果平均因子是10,每个测量点需要完成10次测量后才会向下一测量点扫描。这种方式在每次扫描中都会重新平均,多次扫描之间不会存在叠加效果。相对于扫描平均方式,完成相同次数的平均,点平均扫描速度会快一些。

## 1 平均的应用

平均功能在矢量网络分析仪中的主要作用是降低噪声对测量的影响,所以一般用于小信号测量,在大信号测量时,平均效果不明显。平均功能类似于中频带宽,在信号很小的情况下,平均的效果甚至优于通过减小中频带宽而带来的作用。

对于小信号测量,打开平均后,测量曲线会向中心收拢,有效降低噪声的干扰,使得测量结果更加准确,如图1所示。

通过图2极坐标下的图形显示可以很清楚的看出小信号测量时,平均所起作用。图中箭头代表被测信号,点代表实测数据,因为噪声是随机分布的,理想情况下,可以看作

本文于2012年10月收到。

均匀分布在真实信号的周围,实际测量数据,也就是图形中的数据点都是真实信号与噪声叠加的结果。通过矢量平均将有效减小噪声的幅度,这是因为噪声是随机分布的,各个方向都有,进行矢量叠加再平均,信号幅度无疑会向小的(接近0)方向发展,而真实信号大小不变,这样就会使得实测曲线收拢,向真实信号逼近。

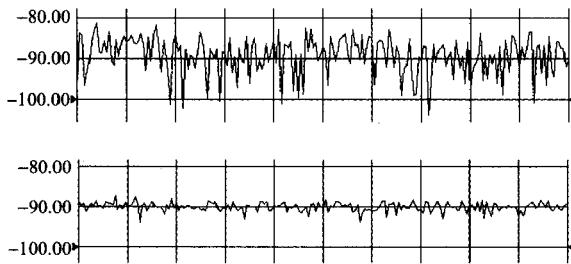


图1 平均关闭、打开测量曲线

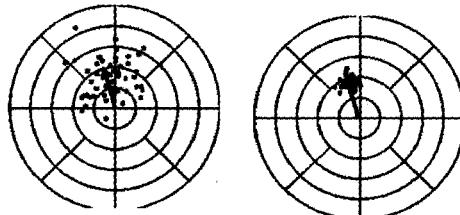


图2 极坐标下平均关闭、打开测量曲线

通过增加平均可以有效扩大矢量网络分析仪动态范围,降低噪声基底,提高检测微弱信号的能力<sup>[4-10]</sup>,可以看到平均因子设到10,噪声基底下降了接近10 dB,如图3所示。

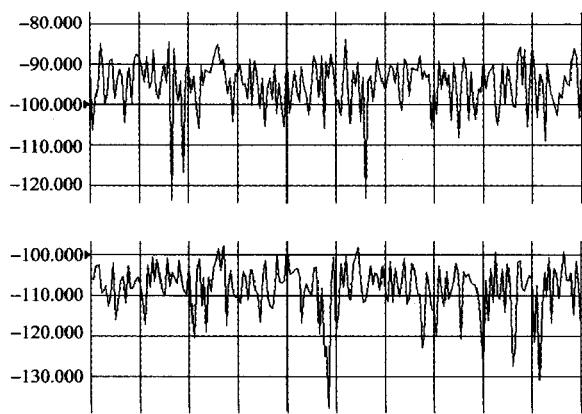


图3 平均关闭、打开噪声基底测量曲线

由极坐标显示可以清楚的看出平均所发挥的效果,如图4所示。由于没有信号,实测数据就是噪声,而噪声是随机分布在坐标原点周围的,噪声的矢量平均结果是整体缩小,并且持续向坐标原点逼近,对应到直角坐标上,就是有效降低了噪声电平。

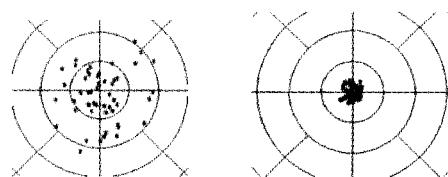


图4 极坐标下平均关闭、打开噪声基底测量曲线

## 2 绝对测量时不能使用平均

以上所有测量都是在比值测量下进行的,通常进行小信号S参数测量时使用平均。如果进行绝对通道测量,不能使用平均,否则将得出错误的结果,如图5所示。

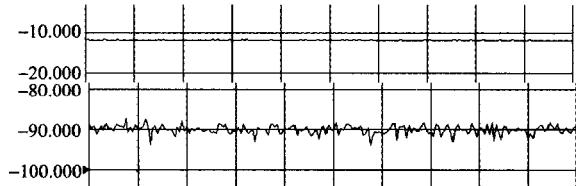


图5 平均关闭、打开绝对通道测量曲线

当进行比值测量时,因为有参考信号存在,所以被测信号的数据是稳定的、不变的;而在进行绝对通道测量时,因为没有参考通道,未使用数字中频同步检波技术的矢量网络分析仪,得到的绝对通道相位信息将是随机、无序的,即使采用了数字中频同步检波技术的矢量网络分析仪,数字检波时的量化误差等也会导致相位出现抖动,正是因为相位无法保持,导致真实信号的矢量测量数据随机变动。如图6所示,图中箭头代表被测信号,点代表实测数据。从图6的显示可以清楚的看出,由于噪声信号随机分布,平均后的噪声信号趋于0点,而被测信号因为相位的无序性,矢量叠加后反被削弱了。从而导致最终的测试结果产生严重偏差,甚至表现为完全测不到有用信号,整条曲线处于噪声状态的假象。

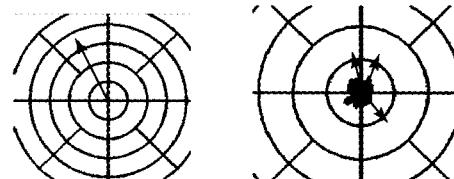


图6 极坐标下平均关闭、打开绝对通道测量曲线

## 3 平均应用实例

下面通过实测1个带通滤波器来体验一下应用平均的实际效果。从图7可以看出,应用平均之后,对于滤波器的通带测量没有什么影响,但是对于边带噪声抑制比较明显,这也进一步印证了平均功能主要针对小信号测量产生作用。

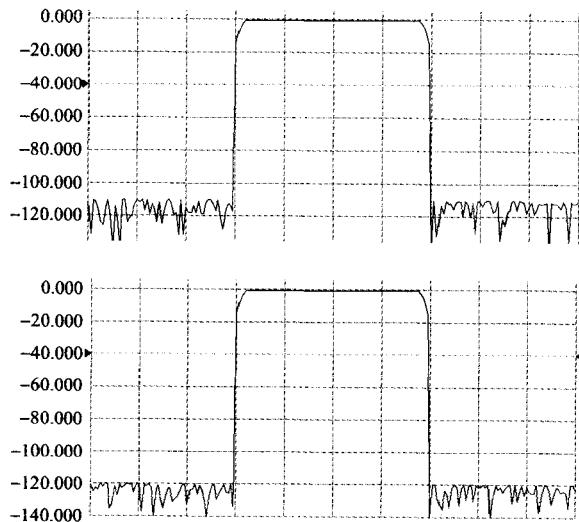


图 7 平均关闭、打开滤波器测量曲线

## 4 结 论

矢量网络分析仪包含的功能非常丰富,同时也对使用提出了更高的要求,对于矢量网络分析仪提供的各项功能只有深入了解了,才能正确使用,发挥其应有的功效。

### 参 考 文 献

- [1] 李立功,年夫顺.现代电子测试技术[M].北京:国防工业出版社,2008.
- [2] 安立公司推出 4 端口配置提升矢量网络分析仪(VNA)

(上接第 89 页)

- [5] VON-DER-EMDE G. Non-visual environmental imaging and object detection through active electrolocation in weakly electric fish[J]. Journal of Comp. Physiol. A, 2006,192(6):601-612.
- [6] VON-DER-EMDE G. Active electrolocation of weakly electric fish as a model for active sensing in technical systems[J]. Journal of Bionic Engineering ,2007(4): 85-90.
- [7] OL'SHANSKII V M,PAVLOV D S,VOLKOV S V. Electric fishes as a biological prototype of new technology[J]. Herald of the Russian Academy of Sciences,2009,79(1):64-77.
- [8] 孟武胜,朱剑波,黄鸿,等.基于 LabVIEW 数据采集系统的设计[J].电子测量技术,2008,31(11):63-65.

测量范围至 750 GHz[J].电子测量与仪器学报,2012,26(6):534.

- [3] R&S 公司推出用于快速、精确地进行多端口分析的四端口网络分析仪[J].电子测量技术,2012,35(1):141-142.
- [4] 郭亮.雷达接收机动态范围的研究[J].现代雷达,2012(1):76-78.
- [5] 韩爽,刘永前,杨威.用于计算平均风向的优化矢量平均法[J].电网技术,2012(5):68-72.
- [6] 韩月涛,吴嗣亮,马琳.相位差矢量平均的干涉仪解模糊方法[J].电子测量与仪器学报,2011,25(10):42-49.
- [7] 马海燕.随机信号的平均处理及再现[J].咸宁学院学报,2006(3):103-105.
- [8] 曹芸,邱新宇.矢量网络分析仪在变频器件群时延测量方面的应用[J].中国仪器仪表,2012(4):58-60.
- [9] 孙华东,王元,薛冰悬.矢量网络分析仪基本测试原理及其在地震电缆测试中的应用[J].物探装备,2012(3):183-186.
- [10] 潘军.网络分析仪的使用方法及在天调网络调试中的应用[J].中国有线电视,2012(2):210-211.

### 作 者 简 介

**李树彪**,男,1974 年出生,工程硕士,高工,主要研究方向为微波测试仪器与测试技术。

**刘丹**,女,1975 年出生,大学本科,高工,主要研究方向为微波测试仪器与测试技术。

- [9] 王世杰,彭杰纲.基于 LabVIEW 水下主动电场探测测控系统实现[J].Academic Magazine,2010,3(1): 31-34.
- [10] 孙树民,李锐.浅谈水下定位系统的发展[J].广东造船,2006(4):19-24.

### 作 者 简 介

**王文龙**,男,1985 年出生,2010 年毕业于华北水利水电学院电子信息工程专业,获学士学位;现为电子科技大学测试计量技术及仪器专业在读硕士研究生,主要研究方向为仿生传感器技术和水下导航定位系统设计。

E-mail:wenlong0311@126.com

## 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>