

# 矢量网络分析仪在时域测量中的应用

孙知建, 张贤志, 毕增军, 冯圆

(空军雷达学院 陆基预警监视装备系, 湖北 武汉 430019)

**摘要:** 文章主要讲述了使用矢量网络分析仪(VNA)在时域测试中进行故障定位分析的应用, 通过对几个实例的测量, 说明了矢量网络分析仪在时域测量中的有效性和重要性。

**关键词:** 矢量网络分析仪; 时域测量; 故障定位

中图分类号: TP274

文献标识码: B

文章编号: 1006-2394(2010)03-0060-02

## Application of Vector Network Analyzer in Time Domain Measurement

SUN Zhi-jian, ZHANG Xian-zhi, BI Zeng-jun, FENG Yuan

(Department of Land-based Early Warning Detection Equipment, AFRA, Wuhan 430019, China)

**Abstract:** In this paper, an approach of vector network analyzer in time domain measurement is mainly presented. Practical application confirms that it is effective and important of the VNA's application in time domain measurement.

**Key words:** vector network analyzer; time domain measurement; fault location

在测量一条传输线上各处的阻抗值以及在时间域或距离域中对被测器件(DUT—Device Under Test)中所存在的问题, 例如器件特性的不连续性进行检查时, 矢量网络分析仪的时域测试功能是非常有用的。时域测试结果的显示形式更为直观, 直接就可以看到被测器件的特性; 在测量传输线系统的宽带响应特性方面, 与其他测试技术相比, 时域测试技术通过把被测器件特性的不连续性显示为时间或距离的函数而能给出更富有含义的信息。本文主要讲述了使用矢量网络分析仪(VNA)在时域测试中进行故障定位分析的应用, 通过对几个实例的测量, 说明了矢量网络分析仪在时域测量中的重要性。

### 1 时域测量的基本概念与基本原理

#### 1.1 基本概念

**时域:** 指在时间范畴内进行的分析或时域测试结果的显示, 这种分析和测试结果显示在二维图形( $X-Y$ 曲线)上,  $X$ 轴表示的是距离(电长度)或时间;  $Y$ 轴表示的则是幅度信息(通常为阻抗或电压)。

**时域反射测量技术(TDR):** 指利用快速阶跃信号发生器和接收机来进行传输或反射的测量方法。

**矢量网络分析仪(VNA):** 指用矢量网络分析仪进行比值测量的方法, 这种方法是用一个反射信号接收机或传输信号接收机对扫频连续波(CW)激励源进行

跟踪, 测试结果通常显示为  $S$  参数(反射信号或传输信号与激励信号之比)。

**故障定位:** 是矢量网络分析仪在带通工作模式应用下的一个非常好的实例。如果观察一条电缆的频率响应时, 会发现在显示的结果中经常会有存在由于电缆内的阻抗失配而产生的纹波, 但是却不可能指出电缆内大的反射发生在何处, 所看到的是在每个频率点上电缆内所有反射相加在一起的反射, 这是整条传输线上所有部分的复合响应。然而, 当在时域中观察时, 不仅可以清楚地看到那些由于连接器引起的大的反射响应, 而且还能看到电缆内由于弯曲或失配引起的任何电感性或电容性的阻抗的不连续处。任何偏离特性阻抗的正反射或负反射均明显可见, 这些产生阻抗不连续性的位置和大小也很容易确定, 时域分析的直观性即在于此。

#### 1.2 基本原理

网络的时域响应和频域响应的关系是通过傅里叶变换来描述的: 频域  $H(f) \rightarrow$  时域  $h(t)$ 。因此, 在频域上测量被测件的频域响应, 然后通过傅氏逆变换得出时域响应的数据是可能的, 这种数学运算的结果是经过误差修正的时域响应。时域、频率和 VNA 之间的关系如图 1 所示。

### 2 测试系统的组成

#### 2.1 系统连接

收稿日期: 2009-11

作者简介: 孙知建(1976—), 男, 讲师, 研究方向为自动测试技术与装备保障研究。

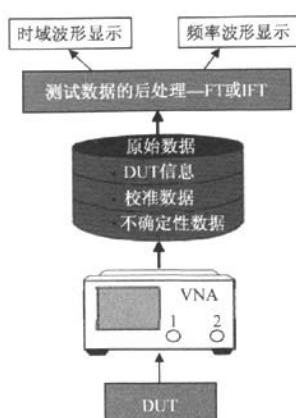


图1 时域、频率和VNA之间的关系

在本系统中,所用的设备有:矢量网络分析仪PNA3621一台、三端口电桥一个、开路校准件一个、短路校准件一个、标准连接电缆两根、测试电缆(长1m)一根。

系统组成示意图如图2所示。

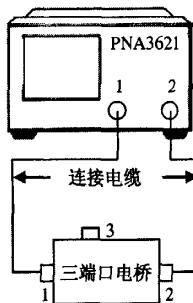


图2 测试系统连接示意图

## 2.2 系统设置

按图1将测试系统连接好,打开矢量网络分析仪电源,进行系统设置,系统参数设置如下。

测量模式:时域测量;

起始频率:30.0MHz;

频率间隔:2.0MHz;

终止频率:190.0MHz;

频率点数:80;

测量长度:6m。

## 3 系统测试

### 3.1 测试过程

系统连接、设置完成后,开始进行测试,具体测试步骤如下:

(1) 在电桥的三端口上连接开路校准件,VNA 进行开路校准;

(2) 卸下开路校准件,在电桥的三端口上连接短路校准件,VNA 进行短路校准;

(3) 卸下短路校准件,在电桥的三端口上连接测试电缆;

(4) 观测测试数据;

(5) 在测试电缆的另一端接上短路器;

(6) 观测测试数据。

### 3.2 测试结果

在本次试验中,共进行了两次测试,第一次是对一根1m长的测试电缆进行测试,测试结果如图3所示;第二次是把测试电缆的另一端进行了短路,测试结果如图4所示。

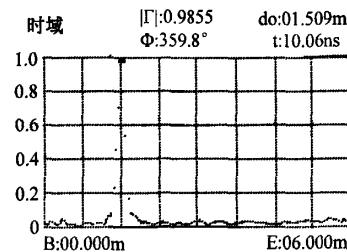


图3 第一次测试结果图

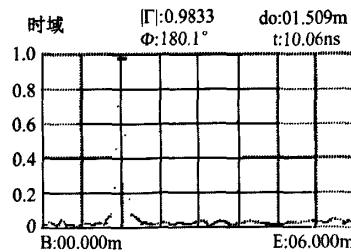


图4 第二次测试结果图

### 3.3 测试说明

(1) 在测试结果图中,左侧是反射系数 $|\Gamma|$ 标尺值;下面分别是测试距离的起始值和终点值;在结果图的上面,“时域”表示当前是在时域模式下进行的测试,“ $|\Gamma|$ ”表示光标处的反射系数值(当前光标在最大反射点处),“ $do$ ”表示最大反射点处的电长度,“ $\Phi$ ”表示在最大反射点处反射波和入射波的相位差,“ $t$ ”表示在最大反射点处反射波和入射波的时间差。

(2) 为了得到实际的有效物理长度,还需要在电长度的基础上乘以传输介质的相对传播速度换算系数(波速比)。以聚乙烯介质电缆为例,实心聚乙烯电缆的波速比约为0.66(该测试中所用的电缆为实心聚乙烯电缆),聚四氟乙烯的波速比约为0.7。

(3) 在理想情况下,开路点处的反射系数 $|\Gamma|$ 为1(全反射),反射波与入射波的相位差为 $0^\circ$ (或 $360^\circ$ );

(下转第70页)

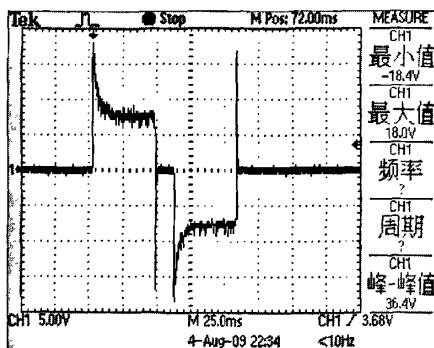


图7 传统的励磁系统的励磁电压波形

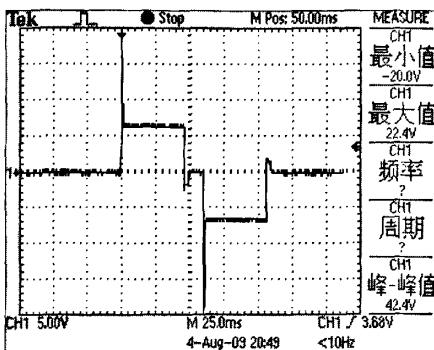


图8 改进后的励磁电压波形

圈的电流得到了很好的释放,尖峰虚电压的幅值大大减小,也大大减小了对电源的冲击。

#### 4 结论

本文在传统的H桥驱动电路的基础上,提出了一种改进的H桥驱动电路。分析了传统的H桥电路放电回路存在的问题,提出了一种新的放电回路和控制方法,即用4个控制端分别控制4个开关器件,通过一种轮转导通的方式为负载提供了良好的放电回路。

通过对放电回路的改进,一方面可以减小放电的时间以提高电磁流量计的励磁频率,这对于在某些特殊场合中应用的电磁流量计是非常重要的;另一方面,放电回路的改进也可以降低开关器件的功率要求,从而降低成本。本文提出的放电回路的改进方法中,4个开关器件也参与了励磁线圈的放电,相比于传统的放电回路中只采用续流二极管放电,放电回路更为简洁,放电更加快速也更为彻底。这种方法需要要比传统的方法多两个控制端,控制起来相对复杂,但是对于目前发展程度非常高的单片机来说,这并不算主要矛盾。

本文提出的方法并不局限于电磁流量计的励磁系统,也可推广到一般的H桥电路中,但是需要注意的是,本文提出的方法由于在控制过程中会出现瞬时同侧上下桥臂直通的情况,所以在在没有电流保护或恒

流电路的情况下是不允许的。

#### 参考文献:

- [1] 张炳佳.步进电机H桥驱动电路设计[J].长沙电力学院学报:自然科学版,2006,21(4):31~33.
- [2] 徐晨.电磁流量计低频三值梯形波励磁方法的研究[D].浙江:浙江大学,2005.
- [3] 蔡武昌,马中元,瞿国芳,等.电磁流量计[M].北京:中国石化出版社,2004.
- [4] 陈亮.不对称半桥的一种改进电路[J].通信电源技术,2006,23(5):22~25.
- [5] 李增民.功率H桥中续流二极管特性研究[J].微电机,2005,38(5):91~93.
- [6] 徐武雄.步进电机H桥型驱动电路设计及其应用[J].咸宁学院学报,2007,27(3):39~41. (郁菁编发)

(上接第61页)

短路点处的反射系数 $|T|$ 为1(全反射),反射波与入射波的相位差为 $180^\circ$ 。测试结果与理想值所存在偏差是由系统误差等引起的。

#### 3.4 结果分析

(1) 从图3中可以看出,在测试电缆约1m( $1.509 \times 0.66 = 0.99594$ )处,有一个全反射点,反射系数为0.9855,并且该点为开路状态。

(2) 从图4中可以看出,在测试电缆约1m( $1.509 \times 0.66 = 0.99594$ )处,有一个全反射点,反射系数为0.9833,并且该点为短路状态。

(3) 从上面的两次测试中可以看出,矢量网络分析仪可以很方便地对电缆进行故障定位,尤其是当电缆长度很长时,其优势更加明显。

#### 4 结论

现代微波测试技术要求在微波器件的使用过程中必须准确快速地测量微波器件及微波网络的各项参数指标。目前矢量网络分析仪已成为必不可少的微波测试仪器,在军用和民用方面都得到了广泛的应用。灵活地应用矢量网络分析仪进行检修测试,可以快速准确的对故障定位,达到事半功倍的效果。

#### 参考文献:

- [1] 叶红英,廖文仲.利用网络分析仪进行时域响应测试[J].计量与测试技术,2001(6):30~31.
- [2] 孙声雯.矢量网络分析仪的测量精度和测量稳定性[J].国外电子测量技术,2004(4):26~30.
- [3] 樊中山.矢量网络分析仪的校准方法[J].国外电子测量技术,2003(5):35~36. (郁菁编发)

## 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>