

矢量网络分析仪的时域功能在天线测量中的应用

黄坤超

(中电第十研究所)

摘 要 本文介绍利用矢网的时域功能在天线系统的驻波系数测量中, 确定各反射点的位置和反射大小, 以及在天线增益和方向图的测量中去掉周围环境的反射影响, 使测量的结果更精确的方法。

关键词 矢量网络分析仪 时域技术 天线测量

前言

对于一个新天线, 我们通常会关心它的驻波系数、增益和方向图三个主要性能指标。在合适的微波暗室里, 这三个指标用一台矢量网络分析仪和辅助的天线转台可以精确的测量, 但是对于没有波暗室, 或者频率较低而不适合在微波暗室里测试的天线, 在有地面反射或附近有反射物的条件下测试, 就会有测试误差, 这是天线工程师比较头疼的事, 以前没有很好的解决方法。现在有一种简单又彻底的方案, 我们只需在矢量网络分析仪中加入时域分析功能就可以得到精确的结果, 下面我们就进行分析和介绍。

1 频域时域的傅立叶变换和 FFT

我们知道, 任一个信号既可以用频域特征参数描述, 也可以用时域特征参数描述, 并且两种描述可以通过傅氏变换和傅氏逆变换联系起来。

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (1)$$

$$X(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{j2\pi ft} df \quad (2)$$

在网络分析仪中首先是把信号的波形取样, 再通过 A/D 变换、DSP 微处理器接收取样波形, 利用 FFT 在一个窗口计算处理波形。理论上

$$\text{最小分辨距离} = \frac{3E+8}{f_2-f_1} \quad (3)$$

$$\text{最小分辨时间} = \frac{1}{f_2-f_1} \quad (4)$$

$$\text{最大测试距离} = \text{最小分辨距离} \times \text{采样点数量} \quad (5)$$

f_1 为起始频率, f_2 为终止频率。

2 天线的驻波系数测量和故障点定位

用矢量网络分析仪在测量天线的驻波系数时, 一般情况下在天线主波束方向无遮挡, 其它方向离反射点大于三个波长, 测量的结果就几乎不受环境的影响, 这个测试条件容易满足。但是, 如果

有时域功能,那么在调试天线的驻波系数时,在检查天线系统有无故障时,就更直观、更快捷。举一例:设计一副串馈共轴天线阵,频带为:880MHZ-930MHZ,要求驻波系数(SWR) ≤ 1.5 。如图 1

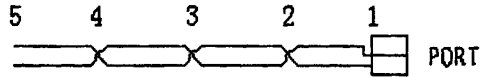


图 1 GSM 基站天线

这是一副由 4 节天线组成的天线阵,1-5 各节点的反射都要影响端口的驻波系数,用矢量网络分析仪只能看端口的驻波系数,如果驻波系数较差,不知道那个节点影响最大,只能逐点猜测调整。假设矢量网络分析仪带时域功能,就能看出每一节点的反射大小,知道那个节点对驻波系数的影响最大,就先调哪个节点,这样有的放矢,研制效率就高。同样在现场天线系统的安装调试过程中,如果遇到有天线、馈线、分支器和多个连接头的系统,用带时域功能矢量网络分析仪检测,一眼就明了那个地方连接得好,哪个地方还没连接好。图 2 是用带时域功能的矢网对上面 GSM 天线的测试实例,左图是测试的回波损耗与位置的关系图,右图是回波损耗与频率的关系图,可以看出距测试端口 1130mm 的地方是最大反射点,如果对右图的驻波还不满意,我们看左图,就清楚应继续调整天线的哪个位置。

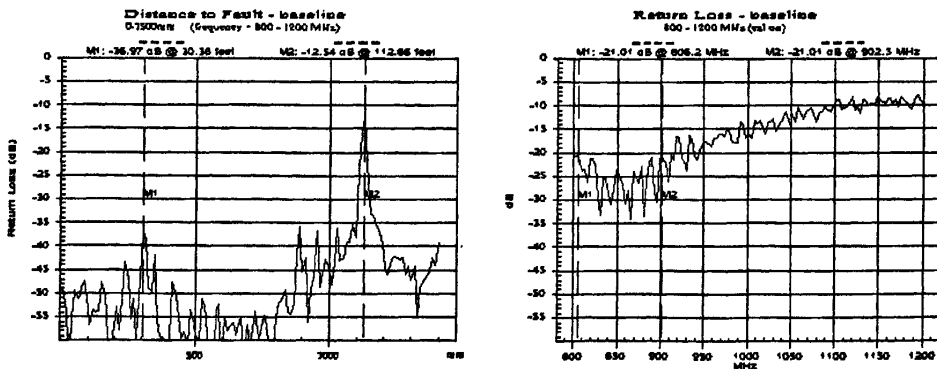


图 2 带时域功能矢量网络分析仪的应用

3 天线的增益和方向图测量

3.1 测量误差分析

如图 3,两相距 D 米,高度为 H 米的收发天线架设在反射系数为 r 的地面上。因天线的方向性,假设发射天线辐射到 O 点的场强是最大值的 k_1 倍,接收天线接收到 O 点反射波场强是其最大值的 k_2 倍。接收天线的接收场强由直射波场强 E_1 和反射波场强 E_2 构成。

两波的路程差为:

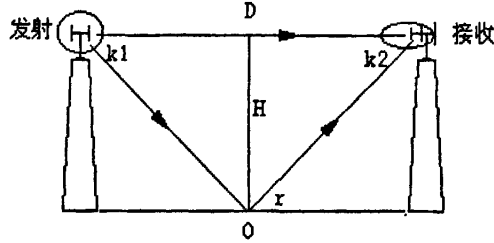


图3 天线测试示意图

在天线外场测试中,地面或周围环境的反射要对增益和方向图的测量结果带来或大或小的误差。

$$D_r = \sqrt{D^2 + 4H^2} - D \quad (7)$$

假设直射波的场强 E_1 归一化为 1, 则

$$E_2 = k_1 k_2 r \cdot \cos(2\pi D_r / \lambda) \quad (8)$$

合成波的场强 E 为:

$$E = E_1 + E_2 = 1 + k_1 k_2 r \cdot \cos(2\pi D_r / \lambda) \quad (9)$$

A. 增益的测试误差分析

天线的增益测量一般采用比较法, 因为被测天线往往与标准天线的形状不一样, 即使这两种天线架设在同一位置, 相位中心也不一定重合, 假设被测天线比标准天线距发射天线近 L 米, 则两波的路程差变为:

$$D_1 = \sqrt{(D-L)^2 + 4H^2} - D + L \quad (10)$$

合成波的场强为:

$$E' = E_1 + E_2 = 1 + k_1 k_2 r \cdot \cos(2\pi D_1 / \lambda) \quad (11)$$

引起的增益误差为:

$$G = E - E' \quad (12)$$

B. 方向图测试误差分析

同样的道理, 天线在旋转过程中, 有时相位中心没在转轴上, 假设相位中心距转轴的距离为 L , 转动的起始角在收发天线的连线上。

则两波的路程差为:

$$D_1 = \sqrt{D^2 + (L \sin \theta)^2} - L \cos \theta \quad (13)$$

合成波的场强为:

$$E' = E_1 + E_2 = 1 + k_1 k_2 r \cdot \cos(2\pi D_1 / \lambda) \quad (14)$$

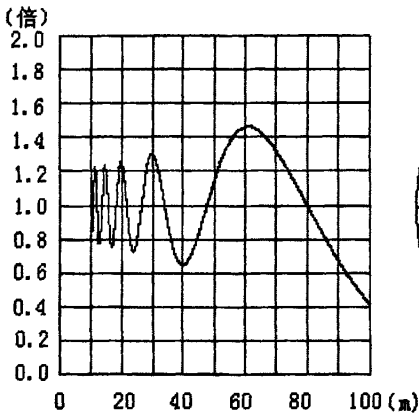


图 4 合成波随天线间距变化关系

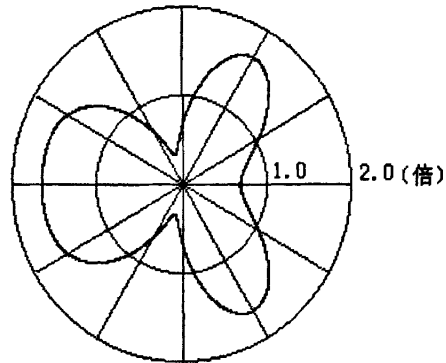


图 5 合成波随被测天线旋转变化关系

图 4 中取 $k_1=0.4$ $k_2=0.5$ $r=0.9$ $H=3$ $f=1\text{GHz}$; 图 5 中取 $k_1=0.8$ $k_2=0.9$ $r=0.9$ $H=3$ $D=10$ $L=0.2$ $f=1\text{GHz}$ 。如果只有直射波, 归一化场强为 1; 可看出反射波带来 ± 0.4 倍 ($\pm 2\text{dB}$) 左右的误差。误差可以通过减小地面反射系数, 增加天线架设高度和提高发射天线的增益来减小, 但很多时候不容易做到, 最彻底的方法是采用时域技术去掉反射。

3.2 时域应用方法

反射给我们的方向图测试结果造成误差, 我们现在用安立公司的矢量网络分析仪 MS4623B 加时域功能 OPTION2 把它滤掉, 其具体的方法是:

A. 根据天线的架设情况计算出反射波与直射波的路程差和时延大小。比如: 当 $D=10\text{m}$, $H=3\text{m}$ 时, 反射波与直射波的路程差为 1.66m , 时延为 5.53E-9 秒。

B. 首先在频域内测量, 根据实际选择对应的频率测量范围。

在 DOMAIN 菜单下选择 FREQUENCY SET UP 中的 RANGE SET UP, 用 CENTER、SPAN 设置。

C. VNA 通过傅立叶反变换计算到时域。

按键 APPL, DOMAIN 将 DISPLAY 中 TIME/DISTANCE 选择为 TIME, 再选择 TIME BAND。

D. 在时域中设置“门”, 选择需要通过或需要去除的响应。

通过 GATE SETUP 设置 CENTER 和 SPAN, 去除延时的反射波。

E. 设置好后, 让测试系统每转动一个角度, 扫描记录一次数据。

同时测得一个频带内多频点方向图数组。

除了扣除一些指定的多余信号响应外, 我们也可以运用 ANTI-GATING 功能只保留指定信号以外的响应, 其操作方法和 GATE 基本相同, 只需要在 GATE 中的 SPAN 选择负值即可, 这样就保留主要信号的响应而把其余一些信号响应均去除掉。

4 总结

随着现代电子测试技术的进步,许多以前无法测试或者无法精确测试的难题现在逐步的得到解决,上面的仪器功能和测试方法就是个例,矢网的时域功能对天线测试是非常实用的功能,把它介绍出来,供大家参考使用。

参考资料

- 1 《天线测量》林昌禄著
- 2 MS462X 矢量指南(Anritsu)
- 3 Time Domain for Vector Network Analyzers Application Note (Anritsu)

ABSTRACT: This paper introduce the method that confirm the position and the value of reflective point in the antenna VSWR measurement by using the VNA and it's time domain option, and remove the influence of the around environments in the antenna's gain and direction measurement to get accurate measure result.

KEY WORDS: VNA Time domain Antenna Measure

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>