

文章编号:1672-6685(2006)01-0037-03

一种改进的测量天线辐射效率的方法

谭 彪

(宁波工程学院 电信学院, 浙江 宁波 315016)

摘要:介绍了一种改进的测量辐射效率的方法。这种方法是建立在维勒帽方法之上,分别在自由空间和维勒帽进行测量。改进了传统维勒帽方法中天线模型,将天线等效为一个线性二端网络,自由空间和维勒帽则看成是天线的负载。改进的天线模型精确地描述了天线位于维勒帽内的电磁特征,测量取得了好的结果,表明这是一种操作简便、测量精度高的测量天线辐射效率的方法。

关键词:天线辐射效率;维勒帽;天线测量;效率测量

中图分类号:TN98; TN821.3 **文献标识码:**A

An Improved Method for the Measurement of Antenna Radiation Efficiency

TAN Biao

(School of Electronic & Information, Ningbo University of Technology, Ningbo 315016, China)

Abstract: Antenna radiation efficiency is an important parameter for the design of communication systems. This paper describes an improved method for the measurement of radiation efficiency. The method is based on the Wheeler Cap method with two steps under two controlled environments: free space and Wheeler Cap. In the improved model, the antenna is seen as a linear two-port network, and the free space and Wheeler Cap as its terminals. The model can give an accurate description of the electromagnetic behavior of antenna within the Wheeler Cap. Good measurement results are obtained, showing that it is an effective method for the measurement of antenna radiation efficiency with easy operation and high accuracy.

Key words: antenna radiation efficiency; Wheeler Cap; antenna measurement; efficiency of measurement

0 引言

天线辐射效率是设计通信系统的重要参数。测量天线辐射效率的方法有:方向性/增益、Q因子、radiometric、维勒帽(Wheeler Cap)方法。其中维勒帽被认为是测量天线辐射效率最有效方便的方法^[1],原因在于它标准化的实验室的使用、快速的测量、可重复性、精确性和少的数据处理^[1-2]。但维勒

帽方法有明显的局限性:腔体多模谐振的存在会影响测量精度^[3]、维勒帽并不是理想的辐射电阻的短路。本文描述了一种改进的维勒帽测量天线辐射效率的方法。

1 基本理论

天线辐射效率定义为

收稿日期:2005-10-20;修订日期:2005-11-15

作者简介:谭彪(1970-),男,江苏连云港人,宁波工程学院电信学院讲师,硕士,主要从事微波技术应用、射频电路设计方面的研究,(E-mail)jslytb@hotmail.com.

$$\eta = \frac{\text{天线辐射功率}}{\text{全部天线接收功率}} = \frac{R_r}{R_r + R_l} \quad (1)$$

η 为天线辐射效率。维勒帽方法假定天线谐振时,天线被看成为损耗电阻 R_l 和辐射电阻 R_r 的串联组合。分别在自由空间和维勒帽内(即在一个封闭的金属盒内)进行两次测量。自由空间的测量可以测出 $R_r + R_l$ 。维勒帽的尺寸设计在近场和远场的转换区(半径 $\lambda/2\pi$),理想的维勒帽可以反射所有的辐射功率,因此 R_r 被维勒帽短路,在维勒帽内的测量可测出 R_l 。由公式(1)可得到辐射效率。

在改进的维勒帽测量方法中,天线被看成为一个线性二端网络,自由空间的测量模型如图1所示^[2]。

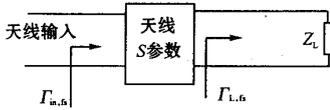


图1 自由空间里天线模型
Fig.1 Antenna model in free space

图1中, Z_L 是由天线网络输出端口所看的自由空间的等效阻抗。全部天线接收功率可以认为是输入到二端天线网络的功率,天线辐射功率可以认为是 Z_L 的功率,这样辐射效率就可看成为图1电路的功率增益 G 。辐射效率就表示为

$$\eta = \frac{1}{1 - |\Gamma_{in,fs}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_{L,fs}|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_{L,fs}|^2} \quad (2)$$

$\Gamma_{in,fs}$ 和 $\Gamma_{L,fs}$ 分别为天线置于自由空间内从天线网络看进和看出的反射系数。

自由空间可看成天线的匹配终端,因此, $\Gamma_{L,fs} = 0$ 。公式(2)就简化为

$$\eta = \frac{|S_{21}|^2}{1 - |\Gamma_{in,fs}|^2} \quad (3)$$

$\Gamma_{in,fs}$ 可由网络分析仪直接测量, S_{21} 不能直接测量,而要用间接测量的方法。

2 测量方法

S_{21} 参数可用反射技术进行测量^[2]。根据文献[2], S_{21} 可表示为

$$|S_{21}|^2 = \frac{2}{(\Delta S_{max})^{-1} + (\Delta S_{min})^{-1}} \quad (4)$$

其中

$$\Delta S_{max} = \max\{|\Gamma_{in,cap} - \Gamma_{in,fs}|\}; \quad (5)$$

$$\Delta S_{min} = \min\{|\Gamma_{in,cap} - \Gamma_{in,fs}|\} \quad (6)$$

$\Gamma_{in,cap}$ 是天线置于封闭金属盒内的反射系数, $\Gamma_{in,fs}$ 是天线置于自由空间的反射系数。

这样,天线辐射效率可表示为

$$\eta = \frac{2}{(\Delta S_{max})^{-1} + (\Delta S_{min})^{-1}} \times \frac{1}{1 - |\Gamma_{in,fs}|} \quad (7)$$

文献[2]中让天线处于单一谐振频率下,通过改变金属盒的尺寸,来获得 ΔS 的最大、最小值。但是改变金属盒的尺寸使得测量变得复杂。天线处于金属盒的等效电路如图2所示^[4]。



图2 维勒帽内天线模型
Fig.2 Antenna model in Wheeler Cap

L_{cap} 是天线与金属盒之间的有效电长, R_{cap} 表示金属盒的损耗电阻。显然,单一频率下金属盒尺寸的改变将会改变有效电长,但是,不改变金属盒尺寸,而改变频率同样也可以改变有效电长 L_{cap}/λ 。因此,只需要改变频率就可以测出 ΔS 的最大、最小值,对网络分析仪来讲,这是非常容易的。

不同频率下, $\Gamma_{in,cap}$ 将会在 smith 图上描绘一个圆,再在圆上标出 $\Gamma_{in,fs}$ 的位置, ΔS_{max} 和 ΔS_{min} 可由图3决定^[2]。

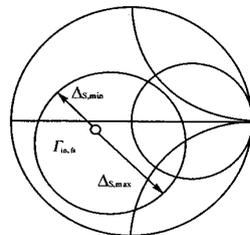


图3 ΔS_{max} 和 ΔS_{min} 的计算
Fig.3 Determination of ΔS_{max} and ΔS_{min}

3 测量结果

笔者制作了两个 $\lambda/4$ 单极天线,工作频率分别为 1 GHz 和 2 GHz。对应这两个天线,分别制作了两个圆柱体维勒帽,高度都是 200 mm,半径分别为 100 mm, 50 mm。

第一步,分别用传统的和改进的维勒帽方法测

量这两个天线的辐射效率,传统的方法测量得到的辐射效率分别为 98.57%和 98.81%,改进的方法结果分别为 99.10%和 99.15%。结果表明 $\lambda/4$ 单极天线是低耗天线,因为并不知道天线的实际效率,所以两组数据的比较没有实际意义。

第二步,测量了 1 GHz 天线串联一个 3 dB 衰减器情况下的辐射效率。由第一步得到的数据可算出辐射效率理论参考值为 58%,计算过程如下。由第一步传统的维勒帽方法测量得到 1 GHz 天线 $R_t + R_l = 32.2 \Omega, R_l = 0.46 \Omega$ 。自由空间里,1 GHz 天线串联 3 dB 衰减器的等效电路如图 4 所示。

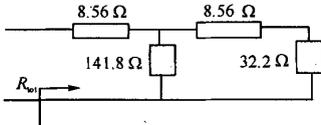


图 4 自由空间里 1 GHz 天线串联 3 dB 衰减器的等效电路
Fig. 4 Equivalent circuit of 1GHz antenna connected to a 3 dB attenuator in free space

$$R_{tot} = 8.56 + \frac{(8.56 + 32.2) \times 141.8}{(8.56 + 32.2) + 141.8} = 40.2 \Omega.$$

维勒帽内,天线被短路,1 GHz 天线串联 3 dB 衰减器的等效电路为图 5。

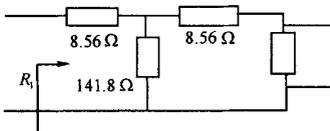


图 5 维勒帽内 1 GHz 天线串联 3 dB 衰减器的等效电路
Fig. 5 Equivalent circuit of 1 GHz antenna connected to a 3 dB attenuator in Wheeler Cap

$$R_l = 8.56 + \frac{8.56 \times 141.8}{8.56 + 141.8} = 16.63 \Omega.$$

1 GHz 天线串联 3 dB 衰减器的辐射效率理论值为

$$\eta_{theory} = \frac{40.2 - 16.63}{40.2} = 58\%.$$

第二步里传统的和改进的维勒帽方法测量结果分别为 47%和 53%。

第三步,测量了 2 GHz 天线串联一个 6 dB 衰减器情况下的辐射效率。由第一步传统的维勒帽方法测量得到 2 GHz 天线 $R_t + R_l = 25.25 \Omega, R_l = 0.3 \Omega$ 。6 dB 衰减器可等效为图 6。

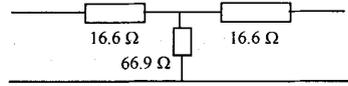


图 6 6 dB 衰减器的等效电路
Fig. 6 Equivalent circuit of a 6 dB attenuator

仿照 1 GHz 天线串联 3 dB 衰减器辐射效率的计算方法,2 GHz 天线串联 6 dB 衰减器辐射效率的理论参考值为 28%。第三步里传统的和改进的维勒帽方法测量结果分别为 20.1%和 24.2%。

第二、三步测量的结果表明,改进的方法比传统的测量精度要准确。

4 结论

本文描述了一种改进的测量天线辐射效率的方法。这个方法是建立在维勒帽方法之上的,但它抛弃了将天线等效为两个纯电阻的线性组合的概念,而是将天线看成为一个线性二端网络,在此基础上,自由空间和维勒帽被看成是天线的负载。测量的结果表明这是一种操作简单,测量精度高的测量天线辐射效率的方法。

参考文献:

- [1] POZAR D M, KAUFMAN B. Comparison of three methods for the measurement of printed antenna efficiency[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1988, 36(1): 136-139.
- [2] JOHNSTON R H, MCRORY J G. An improved small antenna radiation-efficiency measurement method[J]. IEEE Antennas and Propagation Magazine, 1998, 40(5): 40-48.
- [3] VAN DER RIEL K P, AUSTIN B A. Limitations of the Wheeler method for measuring antenna radiation efficiency due to cavity resonant modes[J]. Transactions of the SA Institute of Electrical Engineers, 1987, 78(4): 552-556.
- [4] GEISSLER M, LITSCHKE O, HEBERLING D, et al. An improved method for measuring the radiation efficiency of mobile devices[J]. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2003, 4(22-27): 743-746.

(责任编辑:吉美丽)

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

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,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),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,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,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。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>