

大功率超长波天线电性能测试方法的研究

党明杰

(信息产业部电子第二十研究所)

摘要:在功率超长波天线的电性能测试中,天线输入阻抗的测试一直采用阻抗电桥法,实践中由于天电干扰太强致使电桥无法平衡而引入了较大的测量误差。本文提出了一种间接测试的方法,可以较为准确地测试超长波天线。

关键词:超长波天线;电性能;直接法;间接法

1 引言

超长波天线的工作频段,通常在 10~50 kHz 范围内。其特点是工作频率低,波长长,天线规模庞大。但天线尺寸与工作波长相比仍属于电气短天线。通常为了满足通信要求,天线应能承受相当大的功率,少则几十千瓦,大则高达几兆瓦。为了准确地、客观地评价天线的主要电气性能,并为发射机提供调谐参数,就需要对天线的电性能进行较为科学、准确的测定。

由于超长波天线本身规模较大,工作频率低,因此工业噪声、电磁波辐射、大气噪声等影响极为显著,其中最主要的天电噪声来源于雷电引起的无线电辐射。一般情况下,本地区近距离闪电能引起持续时间短、振幅大的脉冲性噪声,几千公里以外的闪电则引起偶尔出现尖峰脉冲的背景噪声。这些都给准确地进行天线电气性能主要是天线的输入阻抗测试带来一定的难度。天线输入阻抗的测试过去一直采用阻抗电桥法,由于超长波天线在其工作频段内输入阻抗特性表现为电抗值大、电阻值小,加上噪声的影响,电桥法本来就不容易测试。近年来由于工业噪声、无线电台等人为干扰的加剧,导致测试时电桥根本无法平衡而引入了较大的测量误差。同时,由天线引入的较高的感应电压对测试仪器及人员极不安全,给天线电性能的测试工作带来极大的不便。为了较为安全、准确地进行超长波天线电气性能测试,我们从测试方法上进行了改进。

2 测试原理

2.1 直接法测试

直接法即电桥法,这是中长波天线测试中过去一直采用的方法。用阻抗电桥直接测试被测天线,其特点是通过调节电桥平衡能较为直接地测得天线导纳及电抗。天线实测图如图 1 所示。

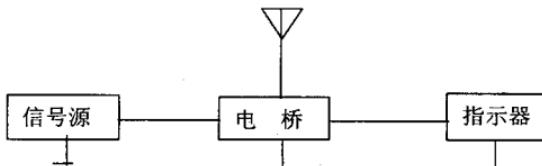


图 1 直接法测天线示意图

由实际测试过程可见,由于被测天线处于悬空状态,相当于一个大型的接收天线,大气噪声、电力线

辐射等天电干扰以及工业噪声和其他无线电台的干扰都相当强,测试时电桥无法平衡,由此引入了较大的测量误差,不能准确地测定天线的输入阻抗。

由此可见,用直接法测超长波天线在电磁环境较差时几乎无法进行,因而需要从测试方法上寻求改进。

2.2 间接法测试

根据以往的测试经验,结合长波天线的理论分析,我们采用了电压电流替换法对天线输入阻抗进行了测试,即以间接法测量天线参数避开了电桥直接测天线不能平衡桥体的缺点,同时也尽可能地避开了各种干扰的影响。

2.2.1 电压电流替换法的测试原理

假定天线阻抗为

$$Z_a = R_a + jX_a$$

引入集中参数的电感 L ,得

$$Z_L = R_L + jX_L$$

或电容 C ,得

$$Z_C = R_C + jX_C$$

组成如图 2 所示的串联回路。

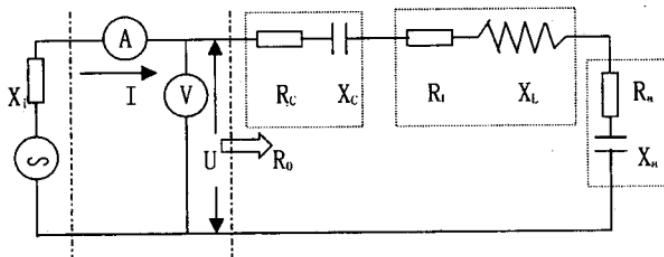


图 2 电压电流替换法原理图

在回路谐振时,应有天线电抗: $X_a = -(X_L + X_C + X_i)$, 其中, X_i 是由信号源输出变压器线圈的分布电感和分布电容的作用产生的,即

$$R_0 = \frac{U}{I} = R_L + R_C + R_a$$

$$R_a = R_0 - (R_L + R_C)$$

式中, $(R_L + R_C)$ 和 $(X_L + X_C)$ 可以用电桥在屏蔽室测得, 测试原理如图 3 所示。

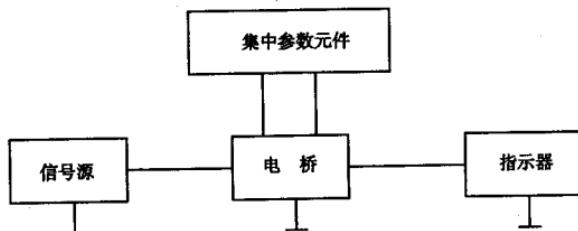


图 3 集中参数元件测试原理图

2.2.2 实测天线

如图 4 所示。

由于避免了用电桥直接测量天线不能平衡桥体的缺点,此串联回路较易寻找谐振点,引入的集中参

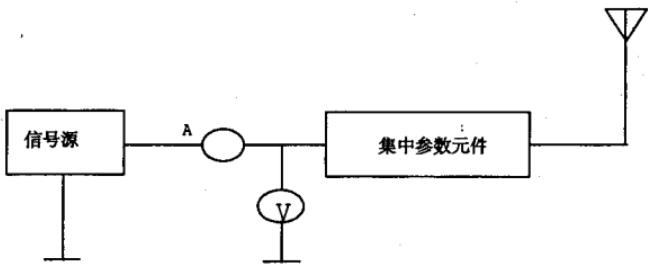


图 4 间接法测天线示意图

数元件基本能代替天线的性能。所以此方法能较为合理、准确地测试大功率超长波天线。

3 测试实践

3.1 引入的误差分析

(1) 通过对自制功率信号源输出端实际测试分析可知,在超长波的工作频段内, $|X_i| \leq 0.1\Omega$, 所以在误差允许范围内, 天线输入电抗可以由下式表示

$$X_a = -(X_L + X_C)$$

(2) 实际测试中, 用示波器读取电压峰值引入了一定的误差。在使用 1 V/DIV 档时, 读数误差约为 ± 0.05 V, 转化为平均值后误差可以减小为 ± 0.07 V。由此造成的输入电阻的误差在超长波天线的测试中是可以接受的。

3.2 阻抗特性曲线

从图 5 所示的阻抗特性曲线可以看出, 间接法所得的曲线较为光滑, 规律性较为明显, 与直接法相比, 由测量方法引入的测量误差就要小得多。另外, 间接法避开了直接测天线时由于天电干扰、雷电等引起的各种不稳定、不安全因素, 实际操作更为容易。

4 其他测试方法

天线作为一无源网络, 对其输入阻抗的测试可以采用如网络分析仪等较为先进的测试仪器, 但大功率超长波天线的规模很大, 天电噪声的感应很严重。据天气晴朗情况下实际观测, 天线上感应的瞬时尖脉冲可达数百伏,

根本不可能用集成电路元件组成的仪器进行带电测试。所以, 对超长波天线电性能测试采取间接测试的方法是对其进行准确测试的一条较为科学、合理的途径。

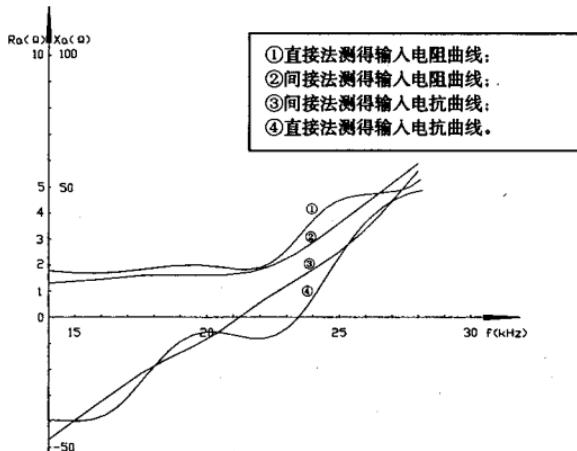


图 5 阻抗特性曲线

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，一直致力于专注于微波、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>