

文章编号: 1006-7736(2004)01-0096-03

短路针加载小型微带贴片天线的优化设计*

栾秀珍¹, 谭克俊², 邵佑诚¹

(1. 大连海事大学 信息工程学院, 辽宁 大连 116026;

2. 大连海事大学 自动化与电气工程学院, 辽宁 大连 116026)

摘要 短路针加载微带贴片天线结构复杂, 特性受多种因素影响, 且不易实验调试, 因此设计这种天线非常困难. 为了解决这一问题, 提出了短路针加载微带贴片天线的优化设计方法. 该优化设计方法共分两步进行, 首先, 对天线的频率特性进行优化, 然后在此基础上对天线的阻抗特性进行优化. 利用该法, 对工作于移动通信频段的短路针加载矩形贴片天线进行了具体设计, 设计结果表明, 利用该法进行设计, 不仅可以得到同时满足频率特性和阻抗特性的设计结果, 而且设计的收敛性也大大提高.

关键词 短路针; 微带贴片天线; 优化设计

中图分类号 TN811.2

文献标识码 A

0 引言

目前, 在许多应用场合(如移动通信手机中)都需要体积小、质量轻的小型接收天线. 微带贴片天线以其剖面低、重量轻等优点成为人们的首选. 但是, 这种天线在较低频率应用时尺寸还是太大, 不能满足实际要求, 从而影响了微带贴片天线在低频频段的应用. Waterhouse 于 1995 年在文献 [1] 中提出了在微带贴片天线中加入短路针使天线谐振频率降低、尺寸减少的方法, 并对这种天线进行了实验研究. 文献 [2] 对这种天线进行了理论分析, 很好地解释了在微带贴片天线中加入短路针使天线谐振频率降低的现象. 然而, 到目前为止, 关于短路针加载贴片天线设计方法的报道却很少. 在文献 [1, 4~6] 中, 有的是采用实验调整的方法进行设计; 有的是根据理论分析所得的一些结果, 选择初始设计结果, 然后再经实验进行调整; 有的是运用软件包进行设计. 但这些方法都有不足之处. 例如, 对于前面两种方法, 由于微带天线一经做好, 就很难调整, 所以实验调整法造价太

高, 且需具有一定的经验才能设计成功; 另外, 软件包通常价格昂贵, 且不易买到, 所以只有少数人才能用第三种方法. 由此可见, 如何设计一个满足实际要求的短路针加载贴片天线是一个非常值得研究的问题. 由于短路针加载贴片天线结构复杂、影响天线特性的因素很多, 所以本文提出了利用优化技术进行计算机辅助设计的方法. 该法可以统筹考虑各个因素的影响, 可以快速得到最佳设计结果, 特别适合用于短路针加载微带贴片天线的设计.

1 短路针加载微带贴片天线的优化设计

天线的特性有多个, 其中最主要的特性有两个, 一是频率特性, 另一是阻抗特性. 所谓频率特性就是天线的工作频率应等于谐振频率; 所谓阻抗特性就是天线在工作频率上的阻抗应与天线馈线阻抗相等, 即匹配. 然而, 由于短路针加载贴片天线的频率特性和阻抗特性均由多种因素决定, 所以, 同时满足频率特性和阻抗特性并不容易. 为

* 收稿日期 2003-06-26.

作者简介 栾秀珍 (1963-), 女, 山东青岛人, 副教授.

解决此问题,可采用优化的方法.下面以图 1 所示短路针加载矩形贴片天线为例介绍短路针加载微带贴片天线的优化设计方法.

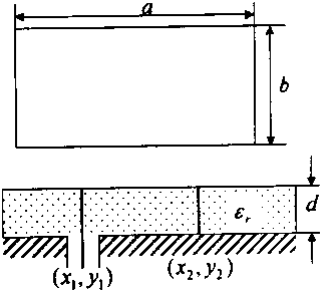


图 1 短路针加载矩形贴片天线

由文献 [3] 可知,短路针加载矩形贴片天线的谐振频率和输入阻抗分别由下式决定:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \tag{1}$$

$$Z_{in} = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}} \tag{2}$$

其中:

$$C = \frac{\epsilon ab}{d}$$

$$L = \sum_{m,n \neq 0} \frac{\mu_0 d}{k_{mn}^2 - k^2} \cdot \frac{\sigma_m \sigma_n}{ab} \cdot f_{mn}(x_2, y_2, \Delta_2)$$

$$k_{mn}^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2$$

$$\sigma_i = \begin{cases} 1 & i = 0 \\ 2 & \text{其他} \end{cases}$$

$$f_{mn}(x, y, \Delta) =$$

$$\frac{\cos\left(\frac{m\pi y}{W}\right) \cdot \sin\left(\frac{m\pi \Delta}{2W}\right) \cos\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \cdot \sin\left(\frac{n\pi \Delta}{2L}\right)}{\frac{m\pi \Delta}{2W} \cdot \frac{n\pi \Delta}{2L}}$$

$$Z_{ij} = \frac{1}{j\omega \epsilon W L / d} + \sum_{m,n \neq 0} \frac{j\omega \mu_0 d}{k_{mn}^2 - k^2} \cdot \frac{\sigma_n \sigma_m}{W L}$$

$$f_{mn}(x_i, y_i, \Delta_i) \cdot f_{mn}(x_j, y_j, \Delta_j)$$

式中: $i, j = 1, 2$, $i = 1$ 或 $j = 1$ 对应于同轴馈电探针, $i = 2$ 或 $j = 2$ 对应于短路针, 而 Δ 为同轴探针或短路针的直径.

由上式可见,谐振频率主要由贴片尺寸 $a \times b$ 、介质基板厚度 d 及短路针位置 (x_2, y_2) 决定,而阻抗特性除与上述因素有关外,还与馈电探针的位置 (x_1, y_1) 有关.优化设计时,可首先以贴片尺寸 $a \times b$ 、介质基板厚度 d 及短路针位置 (x_2, y_2) 为变量,以

$$F_1(a, b, d, x_2, y_2) = |f - f_0| \tag{3}$$

为目标函数进行优化,得到满足频率特性的 $a \times$

b, d 及 (x_2, y_2) 值(上式中 f 为由式 (1) 求出的天线谐振频率 f_0 为天线的工作频率).然后在保持 $a \times b, d$ 及 (x_2, y_2) 不变的前提下,再以 (x_1, y_1) 为优化变量,以

$$F_2(x_1, y_1) = |Z_{in} - Z_0| \tag{4}$$

为目标函数进行优化,得到满足阻抗特性的馈电探针位置坐标 (x_1, y_1) (上式中 Z_{in} 为由式 (2) 求出的天线输入阻抗, Z_0 为馈线特性阻抗).通过上述过程即可得到同时满足频率特性和阻抗特性的设计参数.

另外,上述优化过程均为约束优化.考虑到天线尺寸不能太大,且要易于加工,故选约束条件为:

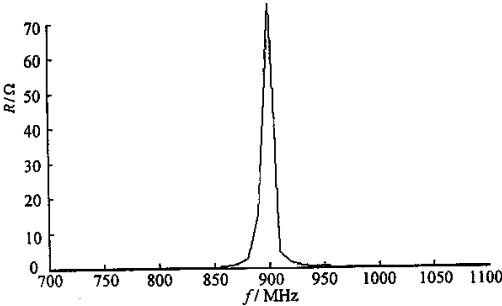
$$5 \text{ mm} < a < 30 \text{ mm}, 5 \text{ mm} < b < 30 \text{ mm},$$

$$0.5 \text{ mm} < d < 10 \text{ mm};$$

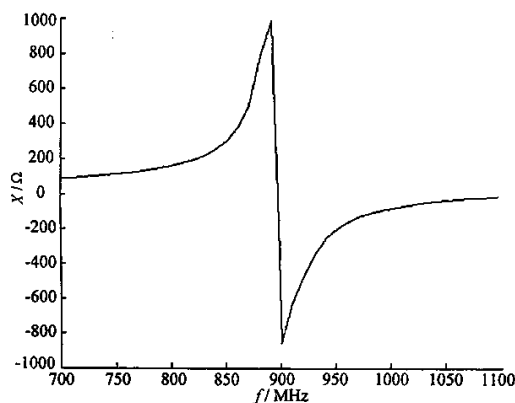
$$0.1 \text{ mm} < x_1 < a, 0.1 \text{ mm} < y_1 < b;$$

$$0.1 \text{ mm} < x_2 < a, 0.1 \text{ mm} < y_2 < b$$

本文利用上述方法具体设计了一工作在移动通信频段(900 MHz)的短路针加载矩形贴片天线.在众多优化方法中,复形调优法具有较好的性能^[7,8],不仅可以求解等式约束条件下的 n 维极值问题,而且还可以求解不等式约束条件下的 n 维极值问题,非常适合短路针加载微带贴片天线的设计,故本文采用复形调优法进行了设计.所得天线的结构参数为 $a = 14.5 \text{ mm}, b = 14 \text{ mm}, d = 4.77 \text{ mm}, \Delta_1 = \Delta_2 = 0.1 \sqrt{\pi} \text{ mm}, \epsilon_r = 17, \tan \delta = 0.0003, x_1 = 2.5 \text{ mm}, y_1 = 0.6 \text{ mm}, x_2 = 2.4 \text{ mm}, y_2 = 9.3 \text{ mm}$,其输入阻抗特性的仿真曲线如图 2 所示.由图可见,天线的谐振频率约为 900 MHz,与工作频率(900 MHz)几乎相等,且在谐振频率处,输入阻抗为 76Ω ,与同轴馈线的特性阻抗 75Ω 非常接近,所以该天线是满足设计要求的.



(a) 输入电阻



(b) 输入电抗

图 2 短路针加载矩形贴片天线
输入阻抗仿真曲线

3 结束语

天线设计是天线领域中最重要的问题之一, 如何设计一个满足实际要求的天线一直是人们追求的目标之一. 由于微带贴片天线不易实验调整, 所以最好的设计方法就是采用优化的方法进行计算机辅助设计. 本文针对短路针加载矩形贴片天线提出了具体的优化设计方法, 并利用所提方法进行了具体设计, 设计的仿真结果表明, 天线的性能完全满足设计指标要求, 说明本文所提出的方法是非常有效的.

参 考 文 献:

- [1] WATERHOUSE R. Small microstrip patch antenna[J]. Electron Lett, 1995, 31: 604-605.
- [2] REBEKKA P. Theory of miniaturized shorting-post microstrip antenna[J]. IEEE Trans. Antennas Propagat, 2000, 48(11): 41-47.
- [3] 栾秀珍. 小型矩形微带天线的理论分析[J]. 大连海事大学学报, 2002, 28(2): 66-68.
- [4] WATERHOUSE R B. Broadband stacked shorted patch[J]. Electron Lett, 1999, 35: 98-100.
- [5] WATERHOUSE R B. Stacked shorted patch antenna[J]. Electron Lett, 1998, 34: 612-613.
- [6] WATERHOUSE R B. Design and performance of small printed antenna[J]. IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, 1998, 46(11): 1629-1633.
- [7] 施光燕. 最优化方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [8] 徐士良. FORTRAN 常用算法程序集[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.

Optimum design of compact microstrip patch antenna loaded with a shorting pin

LUAN Xiuzhen¹, TAN Kejun², TAI Youcheng¹

(1. Information Eng. College, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026, China;

2. Automation & Elec. Eng. College, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026, China)

Abstract Microstrip patch antenna loaded with a shorting pin has complex construction. It's characters are decided by many facts, and can't be adjusted. The design of this kind of antenna is difficult. In order to solve this problem, an optimization design method for this kind of antennas is presented which this can be divided into two steps which are optimizing for frequency character and optimizing for impedance character. Using this method, a rectangular microstrip patch antenna loaded with a shorting pin is designed which operated at mobile communication frequency. The results showed that, using this method to design antenna, we can get the antenna which meets the design requests both on frequency character and on impedance character quickly.

Key words shorting pin; microstrip patch antenna; optimum design

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>