

电磁仿真软件 HFSS 在天线设计中的应用

王 洪

(福建信息职业技术学院 福建福州 350003)

【摘要】: 文章以微带天线的设计为例,介绍了计算机模拟仿真技术在工业设计领域的应用。通过应用先进的 EDA 软件 HFSS 进行天线结构建模、模拟电磁仿真、分析优化等操作,实现了天线工业设计的智能化,缩短了从设计到实现的时间。

【关键词】: 计算机仿真;EDA 软件;HFSS;天线设计

1、引言

印制天线是采用印刷电路制造工艺构建的,而微带贴片天线与阵列是印制天线最普遍的形式^[1]。微带天线概念最早在 1953 年提出,但直到上世纪七十年代随着微波技术的进步才逐渐发展起来^[2],由于在结构和制造上的优势而迅速成为天线领域的重要研究方向,并在实际系统中得到了广泛的研究和应用。

在信息传播应用技术高速发展的今天,使用传统的实物制作测试再校正的方式已渐渐无法适应现代天线工程设计的需求,借助计算机辅助设计软件,利用数值计算分析方法进行天线的模拟仿真验证正逐步随着计算机性能的飞速发展和计算电磁学研究水平的不断进步而成为目前天线工程领域所广泛采用的方式,极大的缩减了从设计到实现所需的时间和成本。

本文将以前矩形微带贴片天线为例,介绍利用该软件进行工程设计的主要流程与快捷方法。

2、设计流程

2.1 建模

HFSS 软件提供了三种仿真求解模式,要进行天线设计与仿真,一般设置为模式驱动求解,在此模式下算法是根据端口电磁波的输入与反射功率形式来解算 S 参数。

进行变量定义工作可以方便模型的参数调整与优化,在此例中,天线的初始设计参量可根据经典设计理论得出。完成定义后,要对天线主体与馈电结构进行建模,包括了介质基板、接地面、贴片辐射元、辐射吸收边界和馈电位置等部分。

通过软件提供的基本结构模型与逻辑代数命令可以快速的建立所需的模型结构,并可设置模型的材料等仿真参数。如 Draw box 命令用于建立立方体,Draw rectangle 命令用于建立矩形贴面等,而用布尔代数指令可作立体模型的空间合并与分解运算。

模型主体建立完成后,还需要根据天线的设计特点进行环境边界与激励源设置。在本例中按照天线实

际应用需求,将接地板和微带贴片设置为有限电导率边界,将空气立方体设置为辐射吸收边界,将馈线端口设置成集总端口激励源等。

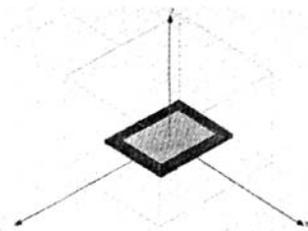


图 2-1 背馈结构矩形微带天线模型

2.2 仿真

在实际仿真开始之前,需为天线模型新建一个求解设置项目,用于设定模型的仿真求解参数。由于 HFSS 软件采用自适应迭代算法,因此有限元求解的精度与计算时间成反比,而所需的计算时间也与运行软件的计算机的计算能力有很大关系。在每次求解设置中,需要给定 S 参数连续迭代误差 ΔS 的最大值,当计算结果小于给定值时,软件自动判断为求解已收敛,并结束求解运算。

从初步仿真结果可以看出,天线的谐振频率存在偏移,阻抗匹配也不理想, S_{11} 等性能参数均未达到预期值,这是由于设计天线参数的计算公式是从传输线理论导出,而传输线理论本身存在着缺陷,因此需要进行设计参数的优化调整。

2.3 优化

HFSS 软件提供的参数扫描与参量优化功能都可实现对所设定变量的优化求解,其不同点在于,参数扫描是把变量参数在给定范围内按照给定步长进行全面求解,而后根据结果由人工选择所需要的参数,若所求解的变量范围较大且步长较小,容易造成计算机求解计算量过大;而参量优化则是根据使用者选择的优化算法来解算待优化变量,可以实现较高的精度,而总计算量取决于所采用的算法及给定的目标逼近精度。

从理论计算公式可知,背馈电理想的阻抗匹配点位置与贴片辐射元长度有关,辐射元长度是影响天线谐振频率的主要因素,而背馈电点位置又影响了天线谐振频率的偏移,因此如何确定两个变量的合理值使天线的性能指标最佳是最为关键的问题。在实际仿真背馈电结构之前,应综合考虑两个变量可能的变化取值范围,同时结合理论计算值与初步仿真结果,粗略选取几个参考值估计大致范围,在参考值区间内进行参数扫描求解。

实际上参数扫描的求解过程是将设定扫描的对象参数在求解范围内对整个模型进行分析求解,在扫描设置中可以看到参数扫描区内所有的解算点(共64个),也可以在模型求解结果中创建并查看某个期望参量(如S Parameter)在扫描范围内的多条频扫曲线报告,从而便于更直观的找到扫描参数最佳调整值。

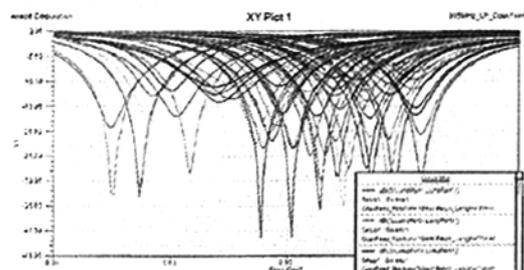


图 2-4 背馈电结构参扫仿真结果(S11)

根据参扫结果,当微带贴片辐射元长度区间缩小在73~74mm范围内,背馈电点位置区间缩小在19~21mm范围内时,天线谐振中心频率可调整在915MHz左右,且可实现良好的阻抗匹配。

进一步的精确优化可采用HFSS软件提供的参量优化功能,选择某一参量作为优化目标,设定目标值,并采用Quasi Newton等算法对待优化参数进行求解。但由于背馈电结构其馈点位置本身对输入阻抗的影响是不确定的,因此在实际仿真时此类优化方式效果并不理想。

在工程设计中,实物的取值精度由于受到制造工艺的影响,往往都有一定限制,因此可以采用继续缩小范围进行参数扫描的方式来找到最佳取值点。根据前一次参扫结果,将贴片辐射元长度扫描范围变为73.2~73.5mm,馈电点位置扫描范围变为19~21mm,则看到参数扫描区内的解算点变为84个。

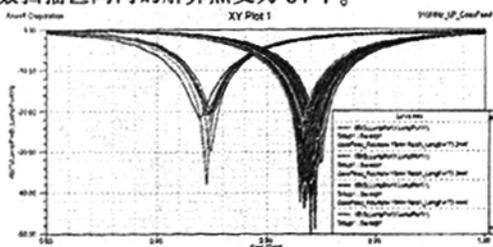


图 2-5 背馈电结构参扫仿真结果 2(S11)

3. 结论

根据仿真结果,在采用背馈电方式的矩形微带贴片天线设计中,选择介电常数=4.4、厚度=5mm的介质基板,贴片辐射元尺寸为99.8×73.5mm,馈电点位置与辐射元宽边距离为19.7mm时,天线各项性能指标达到最佳。

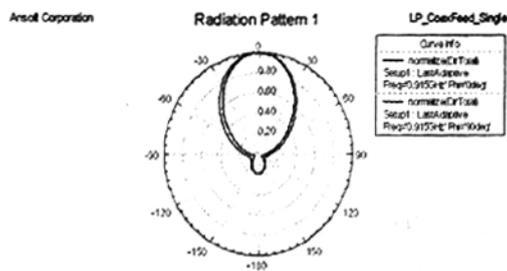


图 3-1 背馈电结构仿真结果(Directivity)

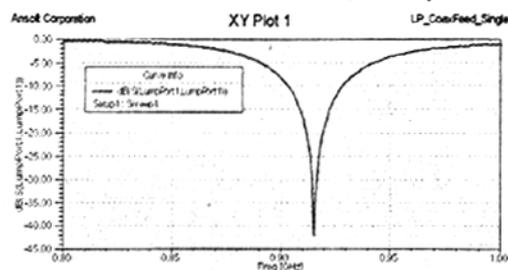


图 3-2 背馈电结构仿真结果(S11)

参考文献:

- [1] 谢拥军,王鹏. Ansoft HFSS 基础及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社,2007.
- [2] John D.Kraus,Ronald J.Marhefka. Antennas: For All Applications,Third Edition [M]. BEIJING: Publishing House of Electronics Industry,2008.
- [3] Warren L.Stutzman,Gary A.Thiele. Antenna Theory and Design(Second Edition) [M]. Beijing: POST & TELECOM PRESS, 2006.
- [4] D.G.Fang. Antenna Theory and Microstrip Antennas [M]. Beijing: Science Press,2006.
- [5] I. J. Bahl, P. Bhartia. 微带天线 [M]. 北京: 电子出版社, 1984.
- [6] 宋旭亮,朱义胜. 微带天线的设计和阻抗匹配[J]. 现代电子技术,2008;1:73-75.

HFSS 视频培训课程推荐

HFSS 软件是当前最流行的微波无源器件和天线设计软件，易迪拓培训(www.edatop.com)是国内最专业的微波、射频和天线设计培训机构。

为帮助工程师能够更好、更快地学习掌握 HFSS 的设计应用，易迪拓培训特邀李明洋老师主讲了多套 HFSS 视频培训课程。李明洋老师具有丰富的工程设计经验，曾编著出版了《HFSS 电磁仿真设计应用详解》、《HFSS 天线设计》等多本 HFSS 专业图书。视频课程，专家讲解，直观易学，是您学习 HFSS 的最佳选择。



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

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，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

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



更多 HFSS 视频培训课程:

● 两周学会 HFSS —— 中文视频培训课程

课程从零讲起，通过两周的课程学习，可以帮助您快速入门、自学掌握 HFSS，是 HFSS 初学者的最好课程，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/1.html>

● HFSS 微波器件仿真设计实例 —— 中文视频教程

HFSS 进阶培训课程，通过十个 HFSS 仿真设计实例，带您更深入学习 HFSS 的实际应用，掌握 HFSS 高级设置和应用技巧，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/3.html>

● HFSS 天线设计入门 —— 中文视频教程

HFSS 是天线设计的王者，该教程全面解析了天线的基础知识、HFSS 天线设计流程和详细操作设置，让 HFSS 天线设计不再难，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/4.html>

● 更多 HFSS 培训课程，敬请浏览: <http://www.edatop.com/peixun/hfss>

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相关培训课程和 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讲授,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>