

通过实例提高“HFSS 软件的使用”实验教学效果

袁海军 马云辉 杨健君 陈李胜 高玉梅

(电子科技大学中山学院 广东·中山 528402)

摘要 为了提高无线技术专业学生对 HFSS 软件的理解和操作使用,通过精选实例并进行实验教学使学生进一步理解微波技术基础、天线原理与设计以及微波网络课程的相关知识的同时,熟练掌握 HFSS 软件,涉及的实例有滤波器仿真、功率分配器仿真、双模喇叭仿真、对数周期天线仿真、微带天线仿真、超宽带天线仿真、基站天线仿真和阵列天线仿真。

关键词 HFSS 软件 仿真 实验课程

中图分类号: O441.4

文献标识码: A

对于无线技术专业学生,掌握 HFSS 软件的基本使用与操作是十分必要,“HFSS 软件的使用”作为一门必修课程,通过理论教学和实验教学使学生不但会操作 HFSS 软件,同时更需要专业知识加以理解,因此,在实验安排上,不但掌握 HFSS 软件基本操作,而且最好能体现微波技术基础、天线原理、微波网络等课程的知识点,同时器件便于加工和测试,这样让学生在老师的指导下完成从设计到仿真,从制作到测试的全过程,从而使学生对所学知识融会贯通、运用自如。实验内容为滤波器仿真、功率分配器仿真、多模喇叭仿真、对数周期天线仿真、微带天线仿真、超宽带天线设计与仿真、基站天线仿真、阵列天线仿真等。

1 滤波器仿真

滤波器、功率分配器涉及到微波网络内容,微带结构便于加工,采用微带结构切比雪夫式低通滤波器如图 1 所示,由高低阻抗短线相间接的方式。技术指标为:截止频率 $f_s=3.0\text{GHz}$,带内等波纹衰减 $L_p=0.1\text{dB}$,阻带边频 $f_s=5.4\text{GHz}$ 处的衰减为 $L_s\geq 25\text{dB}$,输入输出微带线的特性阻抗为 $Z_0=50\Omega$ 。滤波器的仿真涉及到材料设置、导体边界和辐射边界的设置,采用集总参数端口。

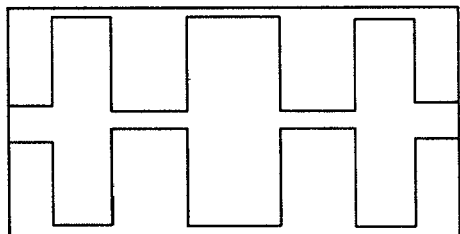


图 1 微带低通滤波器

2 功率分配器仿真

功率分配器也称为功分器,是一种将一路输入信号能量分成两路或多路输出相等或不相等能量的器件,也可反过来将多路信号能量合成一路输出,此时可也称为合路器。一个功分器的输出端口之间应保证一定的隔离度。三端口功率分配器如图 2,设计公式为: $P_1/P_2=1/k^2$, $Z_{02}=Z_0\sqrt{k(1+k^2)}$, $Z_{03}=Z_0\sqrt{k(1+k^2)/k^3}$, $Z_{04}=Z_0\sqrt{k(1+k^2)/k^3}$, $Z_{05}=Z_0\sqrt{k}$, $Z_{06}=Z_0/\sqrt{k}$ 当 $k=1.414$ 时,功率分配比为 $P_1:P_2:P_3=1:2:2$,其它参数依公式可以计算得到,通过功率分配器的仿真,学会阻抗边界条件的设置,理解 S 参数的各项含义,如 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{23} 等,其它设置与滤波器的设置类似。

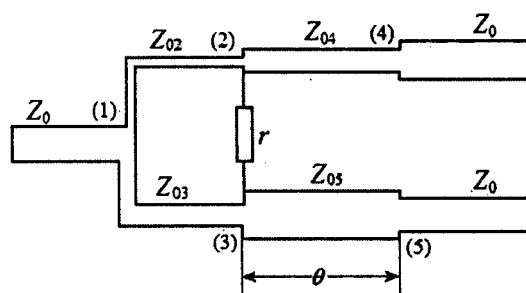


图 2 三端口功率分配器

3 多模喇叭仿真

双模喇叭结构如图 3,其中 $2a_0=0.71\lambda$, $2a=1.31\lambda$, $l=1.37\lambda$, $\theta\approx 30^\circ$,在 TE_{11} 模上增加 TM_{11} 模后,若二模在口径中心同相,同时二模振幅比 $|TM_{11}/TE_{11}|$ 选择得当,从而使二模叠加在极化方向的边缘处近于零,使 E 面方向图与 H 面方向图近于重合。双模圆锥喇叭的仿真涉及到导体材料的设置、辐射边界及辐射远场的设置,学会波端口的设置,学会观察波导内场分布, TE_{11} 模场分布, TE_{11} 模 + TM_{11} 模场分布,理解 E 面和 H 面方向图。

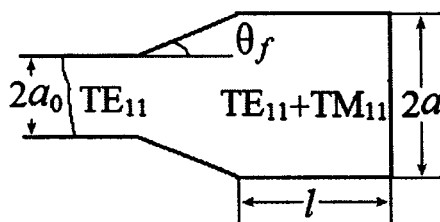


图 3 双模圆锥喇叭

4 对数周期天线仿真

对数周期偶极子天线是一种结构简单、性能优良的宽频带定向天线,在短波、超短波、微波等波段的雷达、通信、测向、侦察和电子对抗等领域均有广泛的应用。印刷对数周期天线是随着介质基片技术的成熟而出现的,与传统的天线相比,其物理尺寸更小,对数周期天线结构如图 4,天线选用板材为 FR4,厚度 1.58mm ,尺寸为 $45.3\text{mm}\times 57\text{mm}$,两层辐射贴片分

别位于介质板的两面,由矩形贴片组合而成的,激励端口在天线的低频端,采用特性阻抗为 50Ω 电缆线对天线进行馈电。通过对数周期天线的仿真,理解对数周期天线的原理,学会判断 E 面和 H 面方向图。

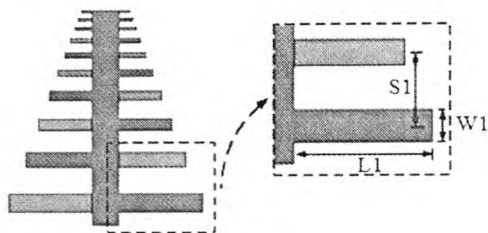


图 4 对数周期天线

5 微带天线仿真

微带天线仿真模型如图 5 所示,为矩形贴片,其切角是为了实现右旋圆极化,通过该仿真学会同轴馈电的设置,学会参数扫描分析,学会设置优化变量等。

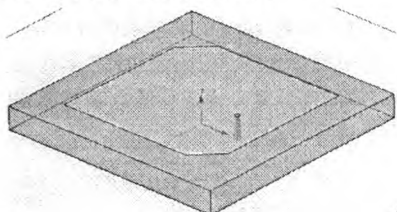


图 5 微带天线

6 超宽带天线仿真

具有阻带的超宽带天线结构图如图 6 所示,随着超宽带通信系统的发展,其数据传输率高、损耗低的优点,越来越受到人们的关注,超宽带系统的主要任务就是在无线通信标准存在的前提下实现高数据速率通讯。由于超宽带系统必定会与现有的窄带无线通信系统发生干扰或冲突,用于防止潜在干扰的具有带阻特性的超宽带天线便成为了研究需要。本例采用在辐射贴片上开 SRR 谐振槽的方法,实现了非常陡峭的阻带。

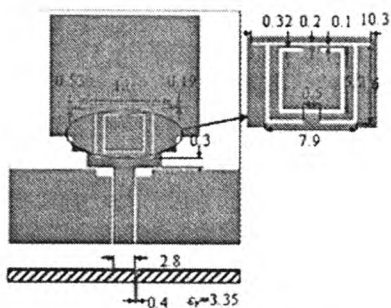


图 6 具有阻带 UWB 天线模型

通过对超宽带天线的仿真,学会对共面波导的设置,熟练掌握优化设计。

7 基站天线仿真

基站天线要求能覆盖尽量宽的频段,兼容 2G/3G/4G 等不同制式,显然对充分利用日益稀缺的站址资源以及减少电信设备的重复性建设具有重要意义。移动通信基站天线常用的振子单元形式有普通振子天线、印刷振子天线及微带天线,不同天线形式具有不同的优缺点。本例所设计的宽频段双极化

基站天线单元,采用普通振子天线形式,结构简单、紧凑,加工方便,如图 7 所示,要求覆盖 1.71-2.69GHz 频段,兼容 GSM1800/1900/UMTS/LTE2300/2500 等多种通信标准。

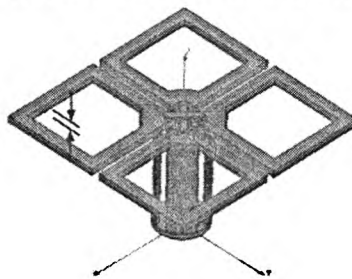


图 7 双极化基站天线

通过对基站天线的仿真,理解交叉极化、隔离度、前后比和巴伦等。

8 阵列天线仿真

在微带天线阵列的设计中,微带馈电网络可以与天线单元共用同一层介质,从而降低了微带阵列的尺寸。以 X 波段的串联馈电的微带天线阵列为例,仿真的最大副瓣电平小于 20dB,在 300MHz 的带宽范围内驻波小于 1.5,增益大于 18dB。设计阵列要求副瓣小于 -20dB,设计时幅度分布可采用 -25dB 的泰勒分布,即串联馈电的每个节点分支的幅度,自左至右符合泰勒分布关系。根据要求,设计的一个一分十的串联馈电功分器,并用 HFSS 进行优化。

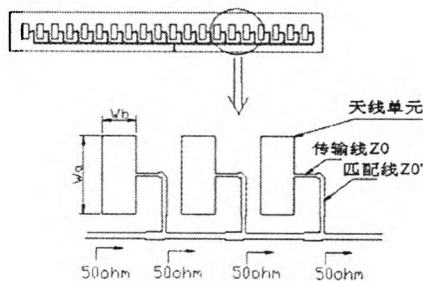


图 8 微带阵列天线

通过阵列天线的仿真,进一步掌握功率分配器,理解阵列天线中单元幅度与相位对方向图的影响,掌握泰勒分布。

9 总结

为提高“HFSS 软件的使用”实验教学效果,通过精选 8 个实例,使学生在学习 HFSS 软件时,掌握各种模型的建立,理解各种端口的设置,掌握辐射边界、导体边界、材料等的设置,同时掌握对数周期天线、双模圆锥喇叭、具有阻带超宽带天线、微带天线、基站天线及微带阵列天线等的仿真。

★本文得到广东省高等教育教学改革项目资助,项目名称:无线技术应用型人才培养的研究与实践,项目编号 2012377。

参考文献

- [1] 曹园青.具有四阻带特性的超宽带单极子天线的设计[A].中国电子学会天线分会.2011 年天线年会论文集[C].北京:电子工业出版社,2011:271-274.
- [2] 包增娣等.一种新型宽带基站天线单元的设计[A].中国电子学会天线分会.2011 年天线年会论文集[C].北京:电子工业出版社,2011:357-340.
- [3] 简玲.X 波段串联馈电微带天线阵列仿真设计 [A]. 中国电子学会天线分会.2011 年天线年会论文集[C].北京:电子工业出版社,2011:561-563.

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>