

文章编号:1002-0640(2011)01-0157-03

紧凑型印刷四臂螺旋天线的设计*

沈 亮^{1,2}, 钟顺时¹, 许赛卿³

(1. 上海大学通信与信息工程学院, 上海 200072,

2. 洪都航空工业集团, 南昌 330000, 3. 正原电器股份有限公司, 浙江 嘉兴 314003)

摘 要:采用了一种新的设计来减小传统谐振式四臂螺旋天线的尺寸。其馈电单元的面积比传统四臂螺旋天线的尺寸缩小了 50% 左右, 而且不需要隔离电阻。给出了这种天线的设计方法, 采用有限元(FEM)方法分析了对螺旋参数的影响, 同时给出了仿真及测试结果, 实测的圆极化轴比 3 dB 波束宽度达到了 171°。计算结果和测试数据比较吻合, 证明了此设计的有效性。

关键词:印刷四臂螺旋天线, 紧凑型, 圆极化, 微带巴伦, 卫星定位系统

中图分类号: TN822.4

文献标识码: A

The Design of Compact Printed Quadrifilar Helix Antenna

SHEN Liang^{1,2}, ZHONG Shun-shi¹, XU Sai-qing³

(1. School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China,

2. Hongdu Aviation Industry Group, Nanchang 330000, China, 3. Zhengyuan Electric Co., LTD. Jiaxing 314003, China)

Abstract: A new design is used to reduce the size of the traditional Printed resonant Quadrifilar Helix Antenna (PQHA) so that the area of the feed network is reduced by 50% and the isolation resistor isn't needed. The effect of helix parameters on the performances is analyzed and then the design is presented. The agreement between the simulated and measured results and a 3 dB axial ratio beamwidth of 171° are achieved, confirming the validity of the design.

Key words: Printed Quadrifilar Helix Antenna (PQHA), compact, circular polarization, microstrip balun, satellite positioning system

引 言

Kilgus 最先提出并分析了谐振式四臂螺旋天线的性能^[1]。由于其具有半球覆盖的宽波束、优良的广角圆极化、低廉的成本以及优良的阻抗匹配等特性, 在全球卫星定位系统、INMARSAT 系统等卫星通信系统中, 印刷四臂螺旋天线成为传统贴片天线和交叉偶极子天线有力的替代品^[2,3]; 同时与传统的绕线四臂螺旋天线相比, 印刷四臂螺旋天线还具有重量轻、高维稳定性好的优点^[4]。近来还出现了增大

带宽的折合型印刷四臂螺旋天线(FPQHA)的设计^[5], 等。

本文提出一种新设计来减小传统谐振式四臂螺旋天线的尺寸。由于对四臂螺旋天线来说, 馈电网络不仅关系着天线的集成性, 还关系到天线的尺寸和辐射特性。所以设计四臂螺旋天线的馈电网络在四臂螺旋的设计中占有重要的位置。本文提出的一种馈电网络不仅保证了所需的信号激励, 同时缩小了天线馈电网络的尺寸, 并减少或者免除了集总元件的使用。

1 天线结构

图 1 是印刷四臂螺旋天线辐射单元的平面展开结构, 辐射单元的四根臂及馈电网络印制在柔性、微波电介质薄膜上, 然后绕着一根轴线卷成柱形结构,

收稿日期: 2009-09-15

修回日期: 2009-12-29

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60071020)

作者简介: 沈 亮(1980-), 男, 江苏阜宁人, 工学硕士。
研究方向为航空无线电技术。

在卷好的柱面结构里放置一个泡沫圆柱,以防止四臂螺旋天线在受到意外外力作用的时候变形。对于四臂螺旋天线的馈电,需要在四根印刷螺旋的馈入端,具有幅度相等相位正交的信号输入。可有两种方式实现 90°相移,一种是通过采用馈电网络来实现,主要是采用定向耦合器或者 T 型功率分配器;另外一种是采用自相移结构来实现,就是调长一根双线螺旋以产生 +45°的相移,调短另外一根双线以产生 -45°的相移。由于自相移结构对于相位准确控制实现起来难度较大,本文采用定向耦合器来实现一种结构紧凑的新型馈电网络。图 2 是这种馈电网络的平面图。在环形耦合器的每个输出端口同时引出两组输出端口,所有的输出端口都同四臂螺旋天线的四根臂相连接,在每一组输出端口中,其中一个端口通过 90°电长度引线引出。这种馈电较好地满足了相位要求以及平衡馈电的问题。

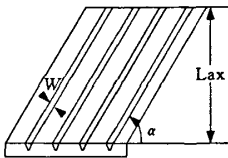


图 1 四臂螺旋天线辐射单元的平面展开图

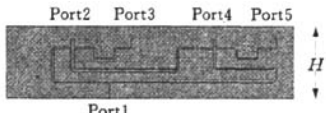


图 2 四臂螺旋线的馈电网络结构

2 仿真结果

利用基于有限元法(FEM)的商用软件 Ansoft HFSS 对本天线进行了仿真研究。

(a)不同臂宽对天线散射参数的影响

通过对不同臂宽仿真数据的分析,发现天线的谐振频率点发生漂移。在其他螺旋参数不变的情况下,改变螺旋天线辐射臂的宽度 W , W 越宽,天线的谐振点越向上漂移, W 越细,天线的谐振点越向下漂移。图 3 给出了不同螺旋臂宽对天线谐振频率的回波损耗图。

(b)不同螺旋轴向高度对天线方向图的影响

研究了 3 种不同轴向高度的四臂螺旋天线:
①轴向高度 $L_{ax}=41\text{ mm}$,螺旋半径 $R=6\text{ mm}$;
② $L_{ax}=36\text{ mm}$, $R=9\text{ mm}$;
③ $L_{ax}=30\text{ mm}$, $R=12\text{ mm}$ 。仿真结果表明,三种情况下,螺旋天线都能够提供满足要求的均匀的半球波束覆盖。当螺旋轴向高度增加,螺旋半径变小的时候,上半空间的波束覆盖均匀性越好,但是同时天线的前后瓣之比变小,也就是后瓣辐射增强。图 4 给出了不同螺旋轴向高

度 L_{ax} 下,天线的辐射方向图。

(c)馈电网络特性

图 5 是本天线微带巴伦输出的仿真结果,可以看出,4 个输出端口的幅度起伏不超过 0.5 dB,基本上相等,相位起伏不超过 5°,也满足要求。在设计频率上馈电网络 4 个输出端口散射参数如表 1 所示。

表 1 微带巴伦四输出端口的散射参数

幅度(dB)	相位(°)
$S_{12}:-6.12$	$S_{23}:-92.7$
$S_{13}:-6.11$	$S_{34}:-88.6$
$S_{14}:-6.25$	$S_{45}:-87.5$
$S_{15}:-5.83$	$S_{52}:90.8$

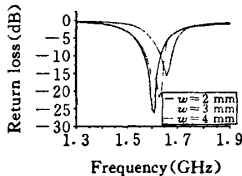


图 3 不同螺旋臂宽 W 的回波损耗

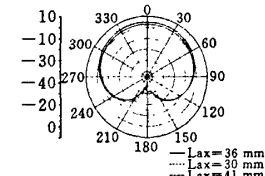


图 4 不同轴向高度 L_{ax} 下四臂螺旋天线的辐射方向图

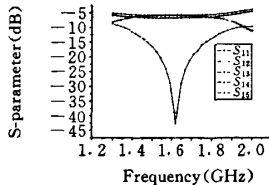


图 5 馈电网络的散射参数幅值

3 实验结果

设计并制作了一个用于北斗导航定位系统的试验天线,天线要求工作于 1 616 MHz,辐射左旋圆极化波,介质材料采用相对介电常数为 4.2 厚度为 0.1 mm 的微波柔性介质。具体的设计参数见表 2。

表 2 试验天线的设计参数

螺旋半径 $R(\text{mm})$	轴向高度 $L_{ax}(\text{mm})$	螺旋臂宽 $W(\text{mm})$	螺旋倾角 $\alpha(^{\circ})$	接地板高度 $H(\text{mm})$
14.3	105	2	54.5	15

图 6 是试验天线的照片,天线的输入端通过一根 50 Ω 的同轴线引出,测试仪器使用安杰伦公司的网络分析仪。图 7 给出了天线的回波损耗图,天线的 10 dB 阻抗带宽为 63 MHz,发现测试值(实线)与仿真值(虚线)吻合得很好。图 8 是实测的天线轴比图,可以看出,设计的天线具有优良的广角圆极化性能,天线的 3 dB 轴比带宽达 171°。图 9 是实测的天线远

场辐射方向图,天线的最大增益方向出现在 $\theta = 42^\circ$,最大增益为 4.01 dB;天线半功率波瓣点在 $\theta = 84^\circ$,半功率波瓣宽度 (HPBW) 达到 168° ;天线在方位角方向的周向起伏小于 0.5 dB。所以发现,天线在工作带宽内,方向图基本上保持恒定。

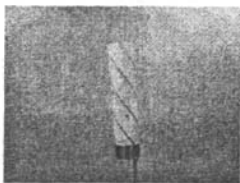


图 6 试验天线照片

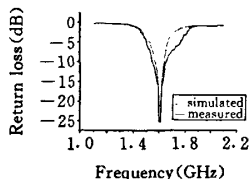


图 7 试验天线的回波损耗

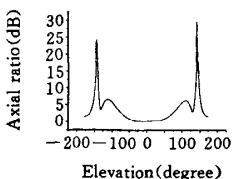


图 8 试验天线的轴比

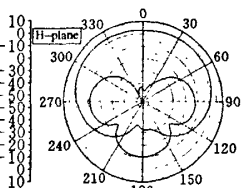
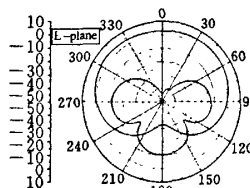


图 9 试验天线的辐射方向图

4 结 论

本文设计了一种紧凑型新型微带巴伦馈电网络

(上接第 156 页)

右转弯,位于左侧的跟随者 1 需要加速跟上领航者,而位于右侧的跟随者 2 在领航者的前方,需要减速。反之,向左转弯时,位于左侧的跟随者 1 减速,而位于右侧的跟随者 2 则加速。

4 结 论

本文提出一种 MAUV 控制体系结构,并设计了基于横向跟踪的编队航路点跟踪控制算法。该控制系统采用分层递阶结构,通讯系统只需要将领航者的位置信息和航路点信息发送给跟随者,是一种较为有效的 MAUV 控制方案,仿真结果验证了编队航路点跟踪控制算法的有效性。

参考文献:

[1] 蒋新松,封锡盛,王稼荣. 水下机器人[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2000.

的印刷四臂螺旋天线,并分析了螺旋参数对天线辐射性能的影响。文中给出了具体的设计方法和结构,给出了用有限元软件计算的仿真结果以及实验结果。取得了仿真与实验的较好吻合。由于其具有优良的半球覆盖的均匀圆极化波束、结构紧凑、重量轻巧及容易制作等优点,这种四臂螺旋天线将成为卫星通信系统中传统天线有吸引力的替代品。

参考文献:

[1] Kilgus C C. Multielement, Fractional Turn Helices [J]. IEEE Trans, Antennas Propagat, 1968, 16 (4):499-500.
 [2] Adams A T, Greenough R K, Wallenburg R F, et al. The Quadrifilar Helix [J]. IEEE Trans, Antennas Propagat, 1974, 22(2):173-178.
 [3] Kraus J D, Marhefka R J. Antennas [M]. Third Edition, McGraw Hill, New York, 2002.
 [4] Shumaker P K, Ho C H, mith K B. Printed Half-wavelength Quadrifilar Helix Antenna for GPS Marine Applications[J]. Electronics Letters, 1996, 32(3):153-154.
 [5] Letestu Y, Sharaiha A. Broadband Folded Printed Quadrifilar Helical Antenna [J]. IEEE Trans, Antennas Propagat, 2006, 54(5):1600-1603.

[2] 孟宪松. 多水下航行器系统合作与协调技术研究 [D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学工学博士学位论文, 2006.
 [3] 许真珍,封锡盛. 多 UUV 协作系统的研究现状与发展[J]. 机器人, 2007, 29(2):186-192.
 [4] 谭民,王 硕,曹志强. 多机器人系统[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.
 [5] Børhaug E, Pavlov A, Pettersen K Y. Cross-track Formation Control of Underactuated Autonomous Underwater Vehicles, "Group Coordination and Cooperative Control"[M]. Number 336 in "Lecture Notes in Control and Information Sciences", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006, 3: 35-54.
 [6] Prestero T. Verification of a Six-degree of Freedom Simulation Model for the REMUS Autonomous Underwater Vehicle [D]. MS Thesis, MIT/WHOI Joint Program in Oceanographic Engineering, 2001.

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>