

TPMS 倒 F 螺旋天线的设计与实现*

顾明亮,张向文,许 勇,潘 明

(桂林电子科技大学 计算机与控制学院,广西 桂林 541004)

摘要: 在 TPMS 系统中,天线性能的好坏直接影响无线通信的效果。倒 F 螺旋天线具有全向性、增益高的特点。针对倒 F 螺旋全向天线进行研究与设计,用电磁仿真软件 CST 对天线模型进行了设计与仿真,并根据优化结果制作了实物模型。测试结果表明:谐振频率为 433 MHz,回波损耗为 -19.49 dB,测试结果与仿真结果吻合良好。

关键词: TPMS;天线;仿真;测试

中图分类号: TN827+.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)11-0088-04

The study and design of TPMS antenna

GU Ming Liang, ZHANG Xiang Wen, XU Yong, PAN Ming

(School of Computer and Control, Guilin University, Guilin 541004, China)

Abstract: In the TPMS system, quality of antenna performance immediately influences effect of wireless communication. Aiming at the problem of inverted F helical antenna, this article conducts to research and design. With the CST Microwave Studio software, antenna is simulated and designed, the antenna is omni-directional with -19.49 of reflection loss and 433 MHz of harmonic frequency, a model is built and is tested by network analyzer, the testing results agree very well with the simulation result.

Key words: TPMS; antenna; simulate; test

汽车轮胎压力监视系统 TPMS(Tire Pressure Monitoring System)主要用于在汽车行驶时实时地对轮胎气压进行自动监测,对轮胎漏气、低气压、高气压进行预警,以保障驾乘者行车安全^[1]。TPMS 系统中的天线是一个非常复杂的系统。目前国内外用在 TPMS 上的天线有紧凑印刷天线^[2]、RFID 标签天线^[3]、双环天线^[4]、车轮天线^[5]、螺旋天线等。其中螺旋天线电流工作在行波状态,工作频率变化时输入阻抗近似不变,其他电性能也变化较缓慢,具有体积小、重量轻、频带宽的优点^[6],因而被很多公司厂家应用。本文提出的倒 F 螺旋天线为谐振频率在 433 MHz,回波损耗为 -19.49 dB,输入阻抗近似 50 Ω (达到了与 50 Ω 同轴线匹配)的全向天线,此天线可以用在 TPMS 系统中。

1 天线设计

1.1 螺旋天线

1.1.1 螺旋天线的结构

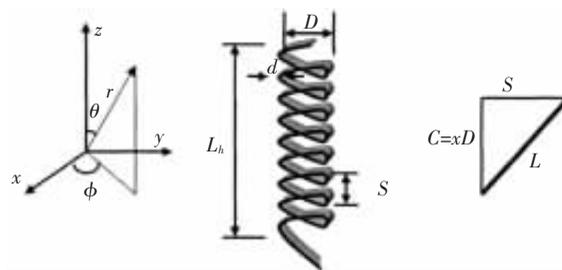
螺旋天线的结构如图 1 所示。用来描述螺旋天线的

* 基金项目:国家自然科学基金项目(60804059);广西自然科学基金项目(桂科自 0640172)

参量有:

D :螺旋直径; C :螺旋周长; S :螺距(相临两环间的距离); L :螺旋一圈的长度; N :螺旋圈数; h :螺旋天线拉直后的长度,等于 NL ; d :导线直径; L_h :轴向长度。

螺旋天线的方向性取决于螺旋的直径 D 与其工作波长之比(D/λ)。当 $0.25 < D/\lambda < 0.46$ 时,螺旋天线在轴向上有最大的辐射,成为轴向模天线,这种天线是定向性天线^[7]。当 $D/\lambda < 0.18$ 时,螺旋天线在垂直于轴线方向上有最大的辐射,称为法向模天线,这种天线是全向性天



(a)参考坐标系 (b)螺旋天线结构 (c)螺旋单周长展开

图 1 螺旋天线结构

线,法向螺旋天线比较适合 TPMS 系统。

1.1.2 法向螺旋天线的理论分析

螺旋天线设计基本原理是采用慢波系统的电磁场理论。螺旋结构使得电磁波轴向传播相速 V 比光速 C 慢。两者之间的关系为^[7]:

$$\left(\frac{C}{v}\right)^2 = 1 + \left(\frac{M\lambda}{\pi D}\right)^2 \quad (1)$$

式中, λ 、 D 、 S 分别为天线工作波长、直径、螺距。 M 则为 λ 、 D 、 S 的函数。

当 $\frac{D}{S\lambda} \leq \frac{1}{5}$ 时, $M^2 = 20\pi^2 \left(\frac{D^2}{S\lambda}\right)^{2.5}$

代入式(1)得:

$$\left(\frac{C}{v}\right)^2 = 1 + 20 \left(\frac{D}{S}\right)^{2.5} \cdot \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{0.5} \quad (2)$$

当天线工作于自谐振状态时, $h = \lambda_{\text{等效}}/4$ 。 $\lambda_{\text{等效}}$ 为螺旋慢波系统的波长。

由 $\frac{\lambda}{\lambda_{\text{等效}}} = \frac{C}{v}$ 可得:

$$\frac{\lambda/4}{h} = \frac{C}{v} \sqrt{1 + 20 \left(\frac{D}{S}\right)^{2.5} \cdot \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{0.5}} \quad (3)$$

所以为了天线工作在自谐振状态, 天线参数需要满足:

$$h = \frac{\lambda}{4 \sqrt{1 + 20 \left(\frac{D}{S}\right)^{2.5} \cdot \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{0.5}}} \quad (4)$$

1.2 倒 F 天线

倒 F 天线的结构如图 2 所示。



图 2 倒 F 天线

采用倒 F 型结构出于三方面考虑: 首先, 此类天线适用于尺寸受限的应用场合; 其次它的输入阻抗便于用天线倒 F 部分调节; 最后, 因为地电流集中在天线元件的附近, 所以地平面的形状和尺寸对性能的影响也比单极子天线要小得多。

1.3 倒 F 螺旋天线仿真设计

将倒 F 型天线的水平部分用螺旋天线取代, 可减少其尺寸。根据式(1)~式(4), 利用电磁仿真软件 CST 对天线进行仿真和优化设计, 最后设计的结构如图 3 所示。

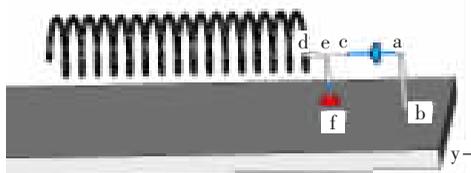


图 3 倒 F 螺旋天线 CST 仿真图

其中倒 F 部分(ac 间)增加了电容 C 和电阻 R , 让其并联, 使螺旋部分谐振, 以致使输入阻抗达到 50Ω 。具体尺寸如表 1 所示。

表 1 倒 F 螺旋天线尺寸参数表

$ab=ef$	R/Ω	C/pF	cd/mm	N	s/mm	D/mm	r/mm
0.5	15	5	4	16	1.5	5.5	0.25

2 天线仿真与测试

根据以上设计, 对天线模型进行了仿真和优化, 优化后得到的反射系数如图 4 所示。

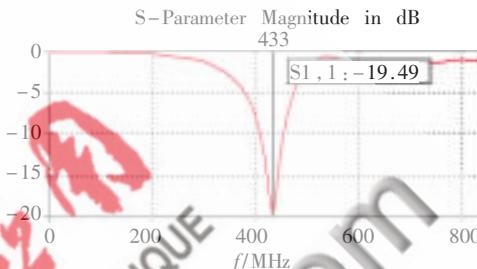


图 4 倒 F 螺旋天线 s 参数仿真结果

由图 4 可以看出谐振频率为 433 MHz, 反射损耗小于 -10 dB, 符合设计要求。

Smith 图如图 5 所示, 由图 5 可以看出得出的输入阻抗近似 50Ω , 阻抗匹配良好。

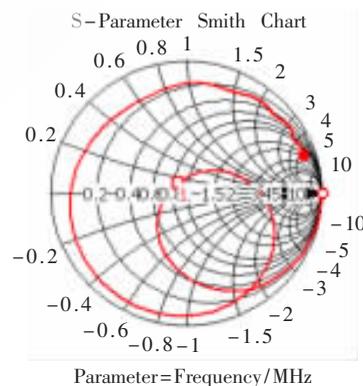


图 5 433 MHz 倒 F 螺旋天线 smith 图

仿真得到的方向图如图 6 所示, 由图 6 可以看出天线辐射方向为其法线方向, 且为全向辐射, 满足设计要求。

根据优化结果制作了实物模型如图 7 所示, 用矢量网络分析仪 8753ES 对天线模型进行了测试。测试结果如图 8 所示。

由图 8、图 9 可以明显的看到, 实测结果与仿真结果吻合较好, 达到了设计要求。这也说明设计的倒 F 螺旋天线是符合理论要求的, 验证了理论设计的正确性。

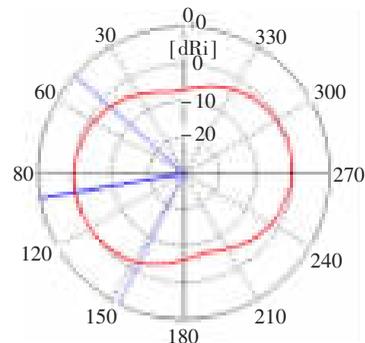


图 6 433 MHz 倒 F 螺旋天线方向图

本文通过对螺旋天线和倒 F 天线的理论分析, 结合两者的特点, 设计了一种倒 F 螺旋天线。利用电磁仿真软件 CST 对天线模型

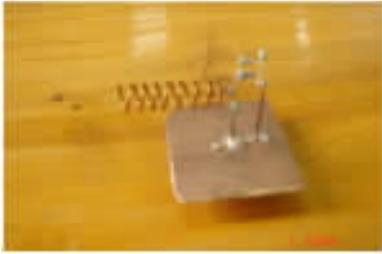


图7 倒F螺旋天线实物

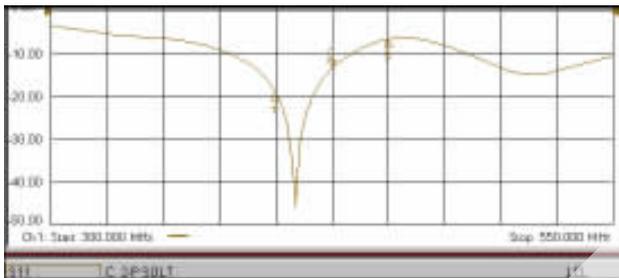


图8 实物天线实测 s11 参数



图9 实物天线实测 Smith 图

进行了仿真设计,并根据优化结果制作了天线模型。测试结果表明:在中心频率 433 MHz 处,回波损耗为-19.49 dB,且该天线获得了 76.423 MHz 的相对阻抗带宽,具有良好的全向性。由于 TPMS 发射模块外壳的局

限性,本文设计的天线用到轮胎接收模块上,发射模块的天线有待于进一步改进和设计。

参考文献

- [1] BURGESS J. Tire Pressure Monitoring: An Industry under Pressure. *Sensor Technology and Design*, 2003(7):29-33.
- [2] HE Shan Dong, XIE Ji Dong. A Novel Compact Printed Antenna Used in TPMS or Other Complex and Variable Environments. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2008,56(1):24-30.
- [3] BASAT S, TENTZERIS M M, LASKAR J. Design and Development of a Miniaturized Embedded UHF RFID Tag for Automotive Tire Applications. *IEEE International Workshop on Antenna Technology Small Antennas and Novel Metamaterials* 2006:160-163.
- [4] GENOVESI S, MONORCHIO A, SAPONARA S. Double-loop antenna for wireless type pressure monitoring. *Electronics Letters. The 20th IEEE Semiannual*, 2008(24):1385-1386.
- [5] LENG Yi, LI Qing Xia, HOU Bin, et al. Wheel Antenna of Wireless Sensors in Automotive Tire Pressure Monitoring System. *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. International Conference on*, 2007:2755-2758.
- [6] 徐琰,汪智萍.圆锥螺旋天线的设计和仿真. *制导与引信*, 2004, 25(3):40-43.
- [7] 贾西克. *天线工程手册*. 北京:国防工业出版社, 1996: 314-316.
- [8] 张芬. *汽车轮胎压力监测系统研究[D]*. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2006.

(收稿日期:2010-01-07)

作者简介:

顾明亮,男,1983年生,硕士研究生,主要研究方向:TPMS 天线设计。