

# 一种新型超宽带异形单极天线

肖志文, 卢万铮, 马嘉俊

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

**摘要:**用时域有限差分法(FDTD)对圆柱单极天线进行分析,并用遗传算法对其形状进行优化,优化的结果得到一种异形单极天线,这种天线驻波比小于2.5、相对带宽超过100%,在超宽带通信系统中具有应用价值。

**关键词:**超宽带天线;时域有限差分;遗传算法

**中图分类号:**TN822.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2004)06-0051-02

超宽带天线是超宽带通信系统中的关键部件,常规的对数周期天线等宽带天线由于相位中心随频率而变不能用于超宽带通信,而原本是窄带的单极天线和双极天线采用一些特殊技术却可能具有超宽带的辐射特性,如分布电阻加载双极天线、Bow-Tie 天线等。本文利用时域有限差分法和遗传算法相结合的方法<sup>[1-2]</sup>,以阻抗带宽为目标函数,对粗圆柱单极天线的剖面形状进行优化,优化的结果得到一种异形的单极天线,这种天线驻波比小于2.5、阻抗带宽大于100%,并且具有较好的脉冲辐射特性。

## 1 模型分析

计算模型如图1所示,采用圆柱坐标系,由于天线的轴对称性,只需计算含轴剖面上的半空间二维问题, $z$ 轴为对称边界,其余3边为PML边界。单极天线由特性阻抗为 $50\ \Omega$ 的同轴线馈电,同轴线工作于TEM模。在圆柱坐标系中的场可分解为对 $\rho$ 的TE( $E_\rho, H_\rho, H_z$ )模和TM( $E_\rho, E_z, H_\phi$ )模,考虑到单极子受同轴线TEM模( $E_\rho, H_\phi$ )激励,因此仅考虑TM模的解。

在同轴线的A点用高斯脉冲 $E_\rho$ 激励,通过FDTD迭代,在一定时间步之后,在同轴线的B点可以得到天线的反射信号<sup>[2]</sup>,通过与入射信号的比值可以得到天线输入端的参数 $S_{11}$ ,并由此求得天线的输入阻抗、输入电压驻波比等参数。

用Yee网格对计算空间进行剖分,考虑到计算空间中含有介质,除PML外的网格分别赋以0、1、2、3、4的代码。这里,0表示空气、1表示导体、以2表示磁壁、以3表示同轴线中介质区域、以4表示激励源所在位置。取单极天线的高度为中心频率(60 MHz)的1/4波长(1.25 m),其横向形状及尺寸用遗传算法进行优化。在遗传算法中,对天线的横向形状及尺寸进行随机编码,编码由多个二进制代码串组成。一部天线所对应的编码表示为1个个体,在这些个体中随机选择部分个体以组成初始种群<sup>[3-4]</sup>。为了便

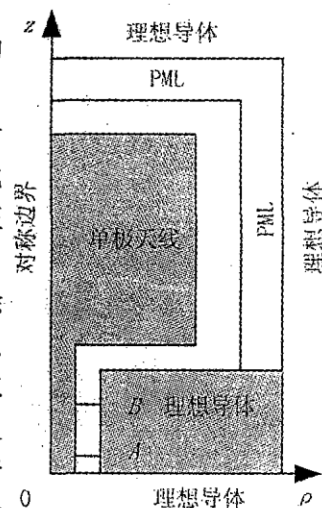


图1 计算模型

于计算,初始种群由10个初始个体组成;优化准则采用目标函数最小,目标函数为通过FDTD算法得到的天线输入电压驻波比来确定,要求在频率范围30~120 MHz内输入电压驻波比小于2.5;在交叉和变异阶段,

收稿日期:2004-06-07

基金项目:军队科研基金资助项目

作者简介:肖志文(1978-),男,湖北武汉人,硕士,主要从事电磁场及微波技术研究;

卢万铮(1943-),男,四川成都人,教授,博士生导师,主要从事电磁场及微波技术研究。

采用单点交叉法和基本位变异法,并适当选择交叉率和变异率,以确保种群中好的特性传递给新的种群,同时保证了部分基因的突变。为了简化计算。选择过程中采用轮盘赌法(Roulette Wheel Selection)进行选择。

## 2 计算结果

遗传算法对天线进行优化共运行了50代,在第38代得出了最佳结果,其结果为该种群中的第5个个体。图2所示为优化后的天线的纵截面图,将该截面绕对称轴旋转一周即可得柱状天线体。

图3为该天线输入电压驻波比(USWR)的频率特性曲线,在10~100 MHz范围内最低驻波比为1.573,对应的频率为56.50 MHz;该天线高度与最低驻波比对应频率的1/4波长相比,高度差为0.07 m;在30~100 MHz范围内的平均驻波比为2.067;在30~120 MHz范围内的平均驻波比为2.113,驻波比小于2.5的相对频率带宽可达100%。作为比较,图3中也给出了用同样的FDTD程序计算的简单单极天线的输入电压驻波比的频率特性曲线,该计算中最低驻波比为4.664,对应的频率为100 MHz;30~120 MHz范围内的平均驻波比为7.804,这比起图3所示的超宽带天线的带宽特性要差得多。

图4为天线近区 $E_p$ 和 $E_z$ 的波形。从图中可以看出,在采用高斯脉冲作为激励源的情况下,天线的近区场( $E_p$ 和 $E_z$ )仍为脉冲信号,这说明了该天线可以有有效的辐射电磁波。同时,从图中也可以看出该天线的极化特性,该天线的水平分量 $E_p$ 比垂直分量 $E_p$ 和 $E_z$ 大得多,可认为是水平极化。图5为简单单极子天线的输入阻抗与电长度( $l/\lambda$ )的关系。计算中取天线的长度为1.25 m,天线半径为0.009 155 m。电抗图与对称振子的阻抗特性符合较好,从图中可以看出在电长度约为0.25时,该天线的电抗值趋于0,此时的电阻也比较小,且在电长度为0.25附近电阻变化较小;在电长度约为0.5时,电抗值趋于0,而此时的电阻为最大值,此处曲线变化较陡。阻抗曲线中,只有在低频端阻抗特性与对称阵子的阻抗特性不太相符。这说明使用FDTD法分析天线是可行的。

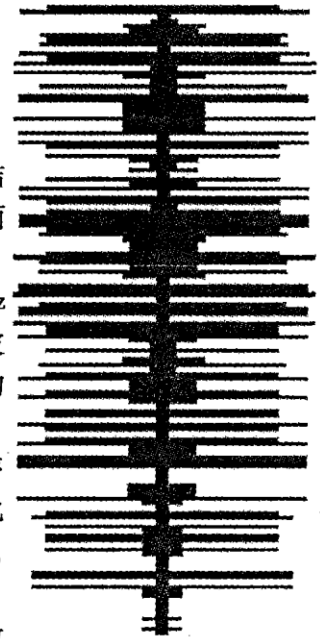


图2 天线结构图

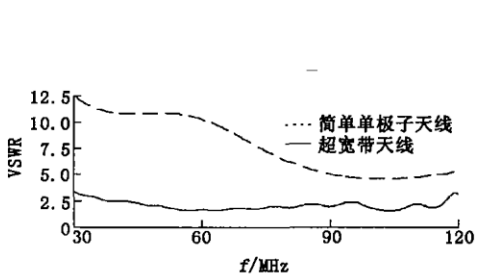


图3 天线输入电压驻波比

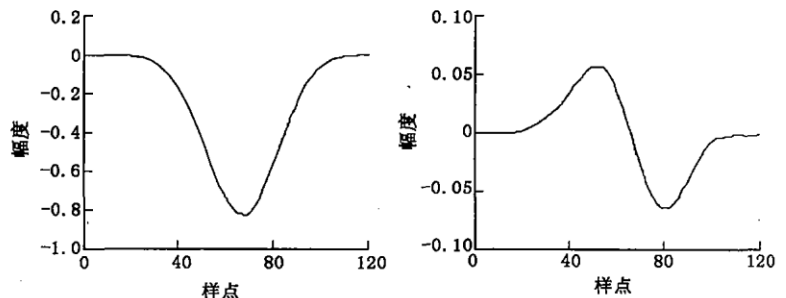


图4 天线近区  $E_p$  和  $E_z$  波形

## 3 结论

本文通过FDTD法对所选单极子天线进行数值分析,并结合遗传算法对天线进行优化。优化后的天线在30~100 MHz的频段内平均驻波比接近2.0,在30~120 MHz范围内的平均驻波比为2.113,驻波比小于2.5的相对频率带宽可达100%。此天线可用于超短波频段的超宽带收发信机。

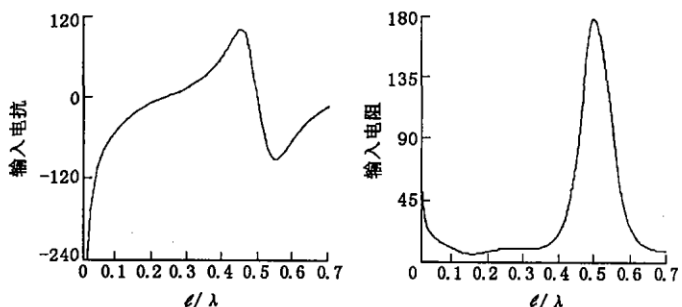


图5 简单单极子天线的输入阻抗与电长度的关系

(上接第52页)

**参考文献:**

- [1] 常 硕,陈忠辉,张智军. 超宽带信号在波导中传播的 FDTD 分析[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2003,4(5): 53-55.
- [2] 葛德彪,闫玉波. 电磁波时域有限差分法[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2003.
- [3] 王小平,曹立明. 遗传算法-理论、应用与软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社,2003.
- [4] Aaron Kerkhoff, Robert Rogers, Hao Ling. The Use of The Genetic Algorithm Approach in The Design of Ultra - Wideband Antennas [J]. IEEE Trans, 2001, (7):189-194.

(编辑:门向生)

## A Novel UWB Abnormal Monopole Antenna

XIAO Zhi - wen, LU Wan - zheng, MA Jia - jun

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

**Abstract:** This paper presents a novel abnormal monopole antenna by means of optimization with FDTD method genetic algorithm. The relative bandwidth of the antenna with input voltage standing wave ratio less than 2.5 exceeds 100%. This antenna can be used in ultra - wideband communication systems.

**Key words:** ultra - wideband antenna; finite difference time domain; genetic algorithm