

车速传感器的电磁兼容优化设计研究

吕明珠^{1,2},刘世勋³

1. 辽宁装备制造职业技术学院 自控学院,辽宁 沈阳 110161;
2. 辽宁广播电视大学,辽宁 沈阳 110034;
3. 中认(沈阳)北方实验室,辽宁 沈阳 110164

摘要:针对某型车速传感器所面临的电磁兼容问题,分析了射频辐射产生的原因,提出了混沌神经网络电磁兼容优化设计算法。该方法采用多个待优化变量并行搜索的方式及反馈型的网络模式逐渐缩小搜索空间,直至找到全局最优解。实验表明,该算法能有效降低传感器射频能量的峰值,优化后的车速传感器电磁兼容性测试结果符合速度传感器通用技术条件的整体误差标准。

关键词:车速传感器;电磁兼容;射频辐射;混沌神经网络算法;优化设计;全局最优解

中图分类号:TP23 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2016)02-0001-05

随着电子技术的发展,精密电子设备在现代汽车系统中的应用日益增多,从而对整个汽车电器设备的电磁兼容性提出了更高的要求。在汽车系统中,点火系统、电子燃油喷射、防抱死制动/牵引力控制系统、收音机、车载电话、导航系统等必要的功能在相互紧邻的情况下,都存在着相互电磁干扰的情况^[1]。因此,对汽车电器元件进行电磁兼容设计和研究是十分必要的。

汽车车速传感器的功用是检测汽车行驶速度,并把检测结果输入仪表系统,用于显示车速^[2]。车速传感器作为汽车上电子控制系统的重要组成部分,其电磁兼容问题特别突出,这是因为:一方面高灵敏度传感器在很强的汽车电磁干扰环境中,很难实现准确检测,甚至无法正常工作;另一方面传感器的集成化和封装尺寸越来越小,对传感器产品设计过程提出了更高的电磁兼容性要求^[3]。

针对车速传感器在电磁兼容上亟待解决的问题,本文提出了混沌神经网络(CHNN)优化算法,给出了车速传感器电磁兼容的测试结果。实践证明,本算法能有效降低传感器射频能量的峰值点,削弱其辐射影响、减小辐射范围,效果令人满意。

1 车速传感器的射频发射理论

对于多数系统,射频能量是由设备之间以及信号源与 0 V 参考电压内部流动的电流产生的。射频辐射可以用一个承载射频电流的小回路天线来描述,该辐射原理属于差模辐射,如图 1 所示。

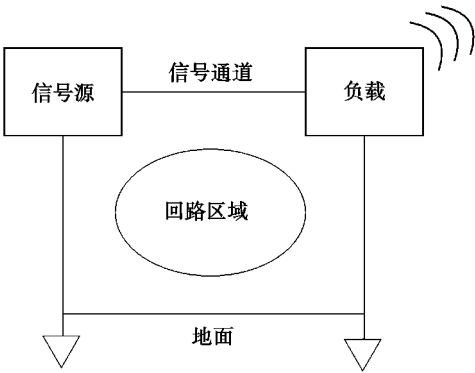


图 1 骚扰源的辐射机理

Fig. 1 The radiation mechanism of disturbance source

当信号从信号源传递到负载时,必然有电流产生在回路区域内。对于包含传输线的多数 PCB (Printed Circuit Board),回路尺寸具有对应于高到兆赫兹范围的辐射能量。

收稿日期:2015-06-27

基金项目:高校应用性专项研究课题(2015YYYY-4);辽宁省出入境检验检疫局专项资金项目(2013IK001)

作者简介:吕明珠(1980—),女,辽宁沈阳人,讲师,硕士,主要研究方向为电气工程和自动控制领域的教学。

不超过特定规格等级的最大回路面积由式(1)描述,面积用 A 表示。

$$A = 380 r E / f^2 I_s \quad (1)$$

式中: r 为发射回路与接收天线间的距离, m ; E 为辐射极限, $\mu V/m$; f 为频率, MHz ; I_s 为电流, mA 。

由式(1)得一个闭环边界区域建立的最大场强公式为:

$$E = A f^2 I_s / 380 r \quad (2)$$

显然,在自由空间内,辐射能量与信号源和接收天线之间的距离成反比;在 PCB 内部,还应知道信号源与返回路径之间的一个回路的总面积。这些方程必须针对每一个回路和各个特定的频率进行求解,计算量很大,需要借助于智能优化算法寻求最优解。

2 混沌神经网络优化算法

目前,常见的智能优化算法有神经网络^[4]、遗传算法^[5]、模拟退火法^[6]等,而对于本次引入的单一变量的结构模型这几种算法均存在搜索过程漫长而复杂、收敛困难等问题,尤其是神经网络算法常常由于无法辨别最小点的性质,导致陷入某个局部最小点无法自拔^[7]。

混沌优化法的基本思想是将混沌的历遍性、随机性、规律性的特点应用到具体的优化搜索当中^[8],具有易于跳出局部最优解达到全局最优解,搜索效率高,对优化条件要求不高(不需具有连续性和可微性)等一系列优点^[9],因而如果将神经网络和混沌算法有机地结合起来,则可得到一种新型的混沌神经网络,使其具有处理电器优化设计时常遇到的如局部最小值、多优化变量、能量函数等复杂问题的能力。

2.1 混沌神经网络(CHNN)的优化思想

(1)以电场逆问题求解为核心而构造的混沌神经网络,采取多个待优化变量并行搜索的优化方式。

(2)混沌神经网络采取负梯度与混沌相结合的寻优机制,使得待优化问题所涉及的各优化变量在开始处于较强的混沌状态时实行大范围的寻优搜索;随着优化进程的继续,系统逐渐退出混沌状态进入负梯度搜索阶段,优化变量所在区间也朝着理想的方向收缩,最终使得待优化问题稳定在最优值。

(3)混沌神经网络采用反馈型的网络模式,

使得各个神经元可以根据自身的寻优走势影响其他神经元的优化进程,这样可以实时、并行、全范围地修改混沌神经网络的各权值,进而有效地处理待优化问题。

2.2 迭代框图

混沌寻优方法的具体步骤如图 2 所示。

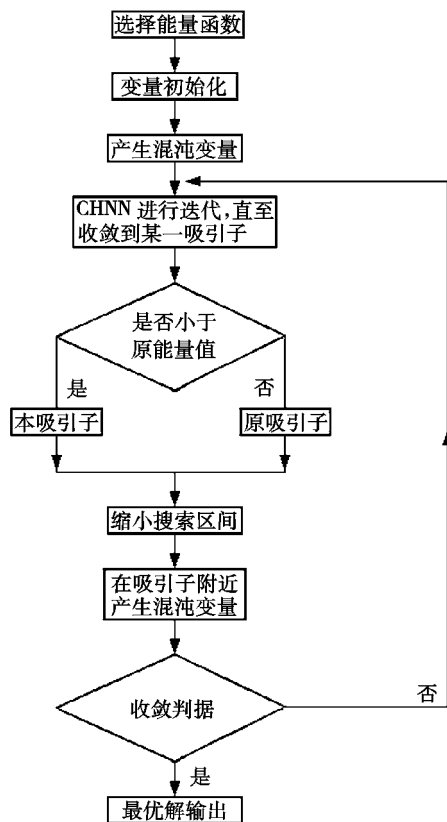


图 2 CHNN 寻优方法迭代框图

Fig. 2 Iterative block diagram of CHNN optimization method

图 2 中的收敛判据为:能量函数的能量值在邻域 P_k 内无变化,且经过 m 次循环始终有 $P_k \leq P_{k+1}$,则判定最优解在此邻域内,即当经过 m 次循环,有 $(F_{k+1} - F_k) \leq \delta$ 且 $P_k \leq P_{k+1}$ (F_{k+1}, F_k 分别为经过第 $k+1$ 、第 k 次迭代后的能量函数, δ 为一极小的正值)。

2.3 混沌神经网络(CHNN)与传统神经网络(HNN)的算法比较

为了验证 CHNN 算法的正确性和有效性,采用式(3)的一个多变量函数进行测试:

$$F(x) = \frac{\pi}{n} \left\{ 10 \sin^2(\pi x_1) + \sum_{i=1}^{n-1} [(x_i - 1)^2 (1 + \sin^2(\pi x_{i+1}))] + (x_n - 1)^2 \right\} - 10 \leq x_i \leq 10, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

由于此测试函数是多维空间函数,极值点较多,可以充分考察 CHNN 的寻优性能。

式(3)中当 n 取 5 时,函数的极值点数为 10^5 左右,全局最优值是 0.0,对应的全局最优优点是 $x_i = 1 (i = 1, 2, \cdots, 5)$ 。

CHNN 与 HNN 优化结果比较见图 3。

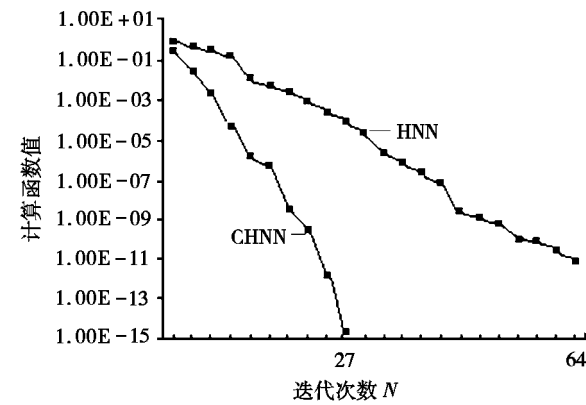


图 3 CHNN 与 HNN 收敛曲线对比
Fig.3 Comparison of CHNN and HNN convergence curves

由图 3 可知 CHNN 可用较短的时间得到较高质量的全局最优解,验证了该算法的正确性与有效性,从而为具有多个优化变量的射频结构优化问题的研究打下了良好的基础。

3 电磁兼容仿真结果分析

3.1 测试模型的建立

车速传感器实时采集速度信号,需要有一个类似于车轮且高转速的装置。高速旋转电机可以是个选择,但电机主轴尺寸太小,样品装卡时需要较为复杂的调整,并且定位十分困难。根据观察,由

电机带动的高速旋转砂轮,无论从外形到速度和车轮相当接近,其拥有较大的盘面,对于传感器三轴定位极为简单。考虑到电机转速的固定性,不同应用场合的传感器、监测转速量级的差异性,特加装变频器来调整电机转速,以期达到满足一定范围内速度要求的试验目的。车速传感器测试模型如图 4 所示。

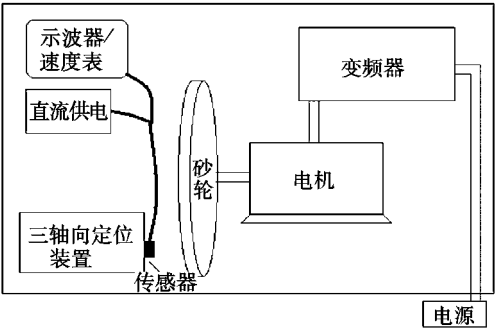


图 4 车速传感器测试模型
Fig.4 The test model of vehicle speed sensor

3.2 优化前后测试结果对比

图 5 和图 6 为结构优化前普通车速传感器的辐射骚扰准峰值测试曲线。其中,图 5 为电磁辐射水平极化测试结果,图 6 为电磁辐射垂直极化测试结果(当交变电压通过网络导体产生交变电流时,产生电磁波, E 场和 H 场互为正交同时传播)。图中,横坐标代表测试频率(MHz),纵坐标代表电场强度 $E(V \cdot m^{-1})$,曲线 1 代表辐射骚扰的标准限值(GB/T 17626.3 标准),曲线 2 代表实际测试值。由测试结果可以看出,水平极化测试结果尚可以满足标准,但垂直极化方向的辐射骚扰强度却高于标准限值近 20%,此时辐射范围较大,射频能量高,不能满足速度传感器通用技术条件的整体误差标准^[10]。

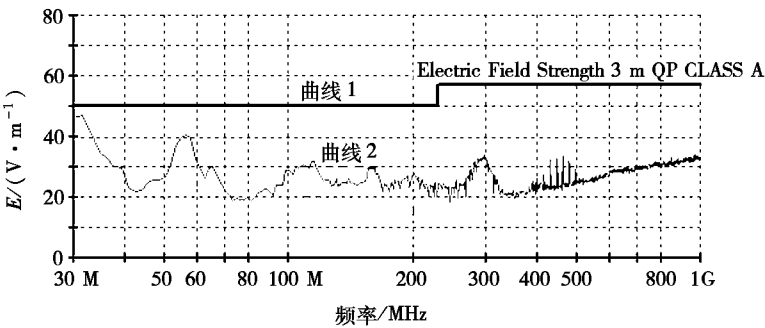


图 5 优化前车速传感器的水平极化测试曲线
Fig.5 Horizontal polarization test curve of the speed sensor before optimization

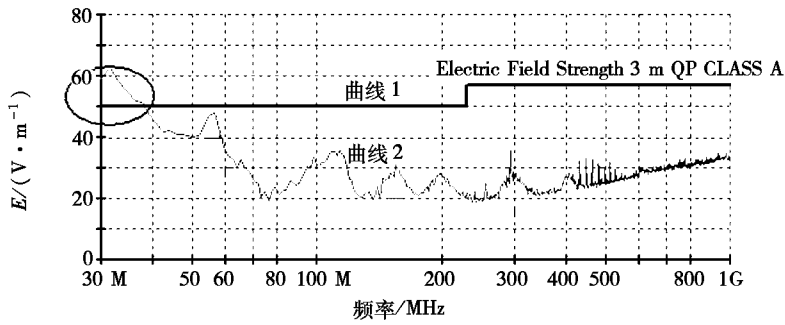


图 6 优化前车速传感器的垂直极化测试曲线

Fig.6 Vertical polarization test curve of the speed sensor before optimization

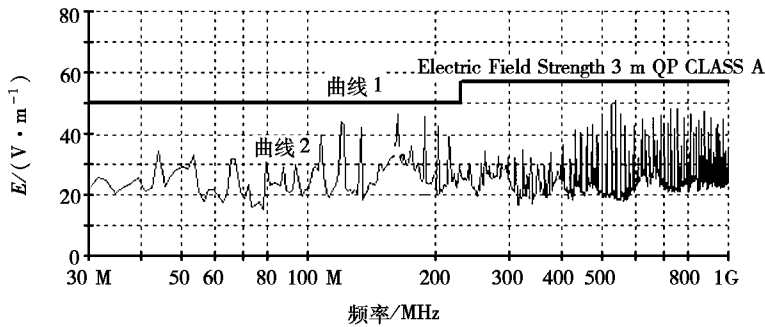


图 7 优化后车速传感器的垂直极化测试曲线

Fig.7 Vertical polarization test curve of the speed sensor after optimization

图 7 为优化后车速传感器的电磁辐射垂直极化测试结果。通过与图 6 的对比,不难发现,优化后的射频辐射能量大大削弱,完全低于辐射骚扰的标准限值,满足电子产品电磁兼容设计的要求。

4 结束语

通过引入射频发射理论,明确了集成化传感器辐射能量的巨大和危害性,强调了车速传感器

结构优化的必要性;然后将传统的神经网络技术和混沌算法相结合,得到一种新型的混沌神经网络优化算法,解决了优化设计时常遇到的收敛困难、迭代次数多等问题,并由数值算例验证了该算法的优越性;最后,将优化前后车速传感器的辐射骚扰准峰值测试曲线进行了数据对比,证明了优化设计的可行性和有效性。

参考文献:

[1] 曹智,赵刚,赵健. 汽车车速传感器的电磁兼容设计[J]. 沈阳航空工业学院学报,2008,25(2):35-38.
[2] 程登良,蒋伟荣,黄志文,等. 基于霍尔车速传感器的测控平台设计[J]. 实验技术与管理,2013,30(12):56-59.
[3] 李青侠,冷毅,董天临,等. 汽车用油压传感器的电磁兼容设计[J]. 仪表技术与传感器,2006(9):10-12.
[4] 马廉洁,李琛,曹小兵,等. 基于有限元与智能算法的工程陶瓷切削温度研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2014(7):14.
[5] 吴玲,左健民,王保升,等. 基于遗传算法的铣削参数优化[J]. 组合机床与自动化加工技术,2014(4):108-111.
[6] 吴昊,卫志农,王成亮,等. 基于连续潮流综合算法的电压稳定性研究[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(6):99-104.
[7] MAQABLEH M, KARAJEH H. Job scheduling for cloud computing using neural networks[J]. Communications and Network, 2014,6(3):191-200.
[8] LI Z T, WANG X. Chaotic differential evolution algorithm for solving constrained optimization problems[J]. Information Technology Journal,2011,10(12):2 378-2 384.

[9] 田东平. 混沌粒子群算法研究[J]. 计算机工程与应用,2013,49(17):43-45.

[10] 陈天殷. 汽车电器电磁兼容性及电磁干扰的抑制[J]. 汽车电器,2007(1):56-59.

Research on Electromagnetic Compatibility Optimization Design of Vehicle Speed Sensor

LÜ Mingzhu^{1,2}, LIU Shixun³

1. Department of Automatic Control, Liaoning Equipment Manufacturing Professional Technology
Institute, Liaoning Shenyang 110161, China;

2. Liaoning Radio and TV University, Shenyang 110034, China;

3. CQC(ShenYang) North Laboratory, Liaoning Shenyang 110164, China

Abstract: Aiming at the electromagnetic compatibility problem faced by a certain type of vehicle speed sensor, the reason of radio frequency radiation is analyzed, and the optimization design algorithm of electromagnetic compatibility of chaotic neural network is put forward. In this method, we use the parallel search method for multiple variables which will be optimized and the feedback network model to narrow the search space to find the global optimal solution. The experimental results show that the proposed algorithm can effectively reduce the peak value of the RF energy of the sensor. The electromagnetic compatibility test results of the optimized vehicle speed sensor accord with the general error standard of the general technical condition of the speed sensor.

Keywords: vehicle speed sensor; electromagnetic compatibility; radio – frequency radiation; chaotic neural networks algorithm; optimization design; global optimal solution

(责任编辑:张英健)

《盐城工学院学报(自然科学版)》 “汽车工程研究”栏目 征 稿 简 则

《盐城工学院学报(自然科学版)》是由江苏省教育厅主管、盐城工学院主办的国内外公开发行的自然科学类学术期刊,是江苏省一级期刊,《美国化学文摘》《中国期刊网》等数据库全文收录期刊。从2016年起开设“汽车工程研究”栏目,以期主动服务地方经济,提高刊物的社会影响力。

1. 征稿范围:高校、研究所、企业工程技术人员。

2. 用稿方向:有关汽车方面的研究论文、研究报告、实验报告、技术报告、决策建议等。

3. 在线投稿系统:<http://ygzk.ycit.cn/ch/index.aspx>

4. 联系电话:(0515)88168257

5. 注意事项:请在文稿后注明详细联系方式,包括邮编、通信地址、Email和移动电话等。