

传导噪声分析仪在汽车电子 EMC 中的应用

吴平宏¹, 刘 勇², 邓凌翔¹, 周 雷¹, 李保婷¹

(1. 江苏省计量科学研究院, 江苏 南京 210007)

(2. 南京师范大学 电气与自动化工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] 介绍了传导噪声产生的机理以及不同模态噪声的特点. 为了克服传统传导噪声测量方法难以对噪声进行全面诊断的缺点, 引入了传导噪声分析仪. 在介绍了它的结构和原理的同时, 针对某型车载导航仪的传导噪声超标问题进行了诊断分析, 设计了相应的 EMI 滤波器对其传导干扰噪声进行抑制. 实验测试结果验证了传导噪声分析仪诊断的有效性.

[关键词] 传导噪声, 噪声分析仪, 诊断, 汽车电子, EMI 滤波器

[中图分类号] TM937 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1672-4292(2011)04-0016-04

The Application of Conducted Noise Analyzer in the EMC of Automotive Electronics

Wu Pinghong¹, Liu Yong², Deng Lingxiang¹, Zhou Lei¹, Li Baoting¹

(1. Jiangsu Metrology Institute of Science and Technology, Nanjing 210007, China)

(2. School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

Abstract: The mechanism of conducted EMI noise and the characteristics of different modal noise are analyzed in this paper. In order to overcome the difficulty that the traditional method of conducted EMI noise measurement can't diagnose the EMI noise comprehensively, the conducted noise analyzer is introduced. And its structure and principles are analyzed in detail. In addition, the issue of the conducted noise of a certain type of car navigation system is diagnosed by using it, and the corresponding EMI filter is designed to suppress the conducted EMI noise. The result of experiment verifies the validity of the diagnosis of the conducted noise analyzer.

Key words: conducted noise, noise analyzer, diagnose, automotive electronics, EMI filter

随着电力电子设备在汽车上的大量运用, 人们的生活水平得到了很大的提升, 但同时也带来了许多电磁兼容问题^[1], 目前已逐渐受到广大用户以及制造商的关注. 其中传导电磁干扰 EMI(Electromagnetic Interference)是威胁汽车电子设备安全工作的主要因素之一.

目前虽然可以采用线阻抗稳定网络^[2] LISN(Line Impedance Stabilization Network)对汽车电子设备的传导电磁干扰噪声进行提取测量, 但是当被测设备传导电磁干扰噪声超标时, 根据 LISN 测量结果无法对其产生机理进行准确到位的理论分析, 从而无法在短期内提出有效的解决方案.

针对以上问题, 本文采用的传导噪声分析仪不仅可以测量设备的总噪声, 还可以提取出总噪声中的共模(CM)噪声和差模(DM)噪声分量的大小, 从而判定产生传导噪声的主要因素. 根据相应模态噪声设计相应的 EMI 滤波器, 以较好地抑制传导干扰噪声, 解决被测设备的传导电磁干扰问题.

1 传导噪声机理分析

电气和电子设备在工作时产生的电磁干扰主要是由于其内部的各种电子线路、开关电源、电动机、机械开关和保护器等的动作所形成的, 而传导电磁干扰即为经由电力线传播的电磁干扰噪声.

传导电磁干扰噪声根据其产生的机理不同又分为共模噪声 CM(Common Mode Noise)和差模噪声 CM

收稿日期: 2011-09-20.

通讯联系人: 吴平宏, 工程师, 研究方向: 电磁兼容. E-mail: stronger737@163.com

(Differential Mode Noise)^[3]. 如图 1 所示, CM 噪声即为经火线 (L) 及中线 (N) 与地线 (E) 之间的传播的噪声, 而 DM 噪声指经火线 (L)、中 (N) 线之间传播的噪声.

目前常用的传导电磁干扰噪声的测量设备 50 Ω/50 μH V 型人工电源网络, 其结构原理如图 2 所示. 其中 R_1 、 R_2 分别接骚扰输出端 (即测量接收机). 根据 CM 噪声、DM 噪声的定义, 可以分别推导出 L、N 两线上的总噪声, 即:

$$V_{L-G}(\bar{w}) = 50 [I_{CM}(\bar{w}) + I_{DM}(\bar{w})] = V_{CM}(\bar{w}) + V_{DM}(\bar{w}) \quad (1)$$

$$V_{N-G}(\bar{e}) = 50 [I_{CM}(\bar{e}) - I_{DM}(\bar{e})] = V_{CM}(\bar{e}) - V_{DM}(\bar{e}) \quad (2)$$

由式 (1)、(2) 发现, 由于 LISN 所测量到的实际上是 CM 和 DM 信号的混合信号, 而无法直接检测 CM 和 DM 信号的具体分量. 由于 CM、DM 模态信号直接影响滤波器设计, 而两种模态信号的大小是设计功率线滤波器的必要参数, 故解决传导 EMI 问题时, 需要实现对 (1)、(2) 式中两种模态信号的分离, 即:

$$V_{CM}(\bar{e}) = (V_{L-G}(\bar{e}) + V_{N-G}(\bar{e})) / 2 \quad (3)$$

$$V_{DM}(\bar{e}) = (V_{L-G}(\bar{e}) - V_{N-G}(\bar{e})) / 2 \quad (4)$$

常用的 CM、DM 噪声信号分离方法有两种: 一种是基于器件的硬分离技术^[4], 主要以射频变压器 (RF Transformer) 或功率分配器 (Power Splitter) / 功率合成器 (Power Combiner) 为核心器件来实现噪声分离网络的功能; 另一种是基于软件的传导干扰噪声分离技术^[5], 主要是通过借助数值计算方法来提取不同模态噪声的独立分量.

2 传导噪声分析仪的结构和原理

传导噪声分析仪可以实现电力电子设备传导性电磁干扰噪声测量、模态分离、分析和抑制等一体化功能, 该装置的硬件部分原理图如图 3 所示. 当使用该分析仪时, 需要用到 LISN, LISN 设置在电源与被测设备之间, 用以将测量的总噪声送入分析仪进行噪声的诊断分析.

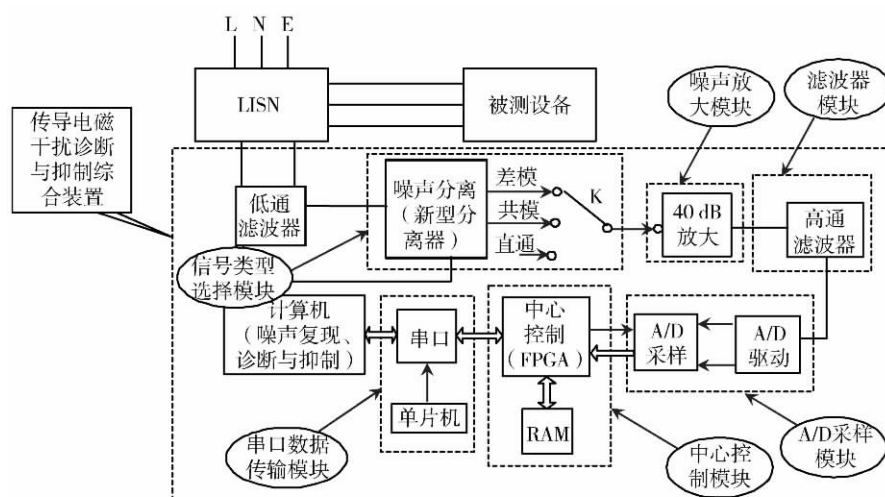


图 3 噪声分析仪硬件配置原理图

Fig.3 The hardware schematic of the EMI noise analyzer

该传导噪声分析仪主要包括两个组成部分: 一是模拟部分, 即基于 Mardiguian 分离网络的噪声模态提取模块; 二是数字部分, 即基于 FPGA 控制的信号采集控制以及处理模块. 被测设备的传导电磁干扰噪声输入噪声分析仪, 先经过低通滤波器滤除高频无用成分, 然后采用噪声分离模块提取出 CM、DM 噪声, 提取得到的噪声模态信号采用高通滤波器抑制被测信号中的无用信号, 最终信号经过 FPGA 处理后实现与

PC 机联通. 另外, 本分析仪采用 NI 公司的 LabVIEW 软件设计了上位机界面, 如图 4 所示. 实时测量信号经过上位机实时显示, 测量通道可以通过软件选择, 从而分别实现总噪声、CM 噪声、DM 噪声的测量显示, 并根据测试结果进行进一步的诊断分析; 同时该上位机软件可以将测量结果输出保存为 JPG 格式.

根据式 (3)、(4) 可以设计出如图 5 所示的分离电路. 利用一个 2:1 的射频变压器, 将所测得的 L、N 线总噪声利用硬件手段进行数值处理, 从而实现噪声的模式分离. 实验测得该分离方法的损耗小于 3 dB, 抑制比大于 30 dB, 因而该方法可以较好地实现噪声的模式分离.

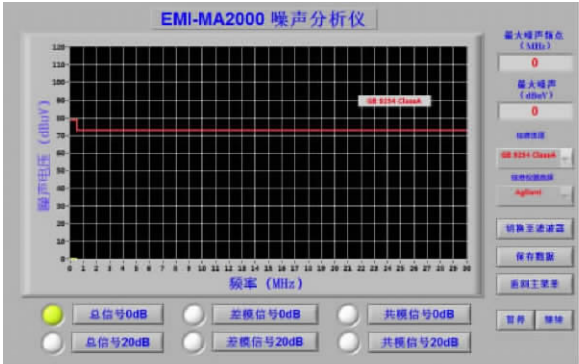


图 4 采用 LabVIEW 设计的软件界面
Fig.4 The software interface based on the LabVIEW

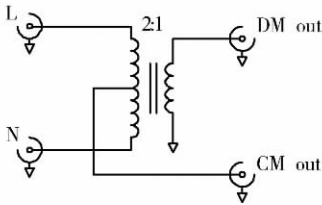


图 5 CM/DM 噪声分离原理
Fig.5 The separating principle of CM/DM noise

3 传导噪声分析仪的应用

针对如图 6 所示的某型车载导航仪, 采用传导电磁干扰标注测试环境进行了测量. 测试结果显示两线噪声相同, 如图 7 所示. 根据该图 7 所示的测试结果可以看出其传导电磁干扰噪声超标非常严重, 但是根据 LISN 测试结果无法判断传导噪声中的主导噪声是 CM 噪声还是 DM 噪声; 在此条件下无法对该设备的传导电磁干扰噪声产生机理进行分析, 因而严重影响了传导电磁干扰噪声抑制措施的设计.



图 6 某型车载导航仪
Fig.6 A style of car navigation device

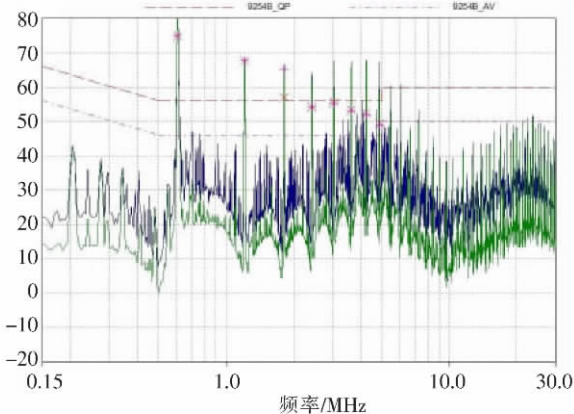


图 7 抑制前 L(N)线噪声
Fig.7 The L(N) line noise before suppression

采用传导噪声分析仪对该导航仪进行诊断, 用以预估其传导干扰噪声中的主要噪声成分. 其测试结果如图 8 所示. 根据测试结果分析可得, 被测设备的差模噪声远远高于共模噪声, 因此判定本设备的传导电磁干扰噪声是由差模噪声引起的, 应该设计相应的差模 EMI 滤波器进行噪声抑制.

EMI 滤波器的结构如图 9 所示, 该滤波器在采用典型的 Π 型低通滤波器结构, 分别在 L、N 两线之间并入电容 C_1 、 C_2 、 C_3 , 在两线之上串入电感 L_1 、 L_2 , 该差模 EMI 滤波器能够较好地抑制差模噪声. 将所设计的 EMI 滤波器串入电源输入端, 重新采用标准测量环境进行测量时, 测量结果如图 10 所示. 根据测试结果可知加入 EMI 滤波器后, 设备的传导电磁干扰噪声得到了有效抑制, 能够较好地通过传导 EMI 检测, 充分验证了传导噪声分析仪诊断的有效性.

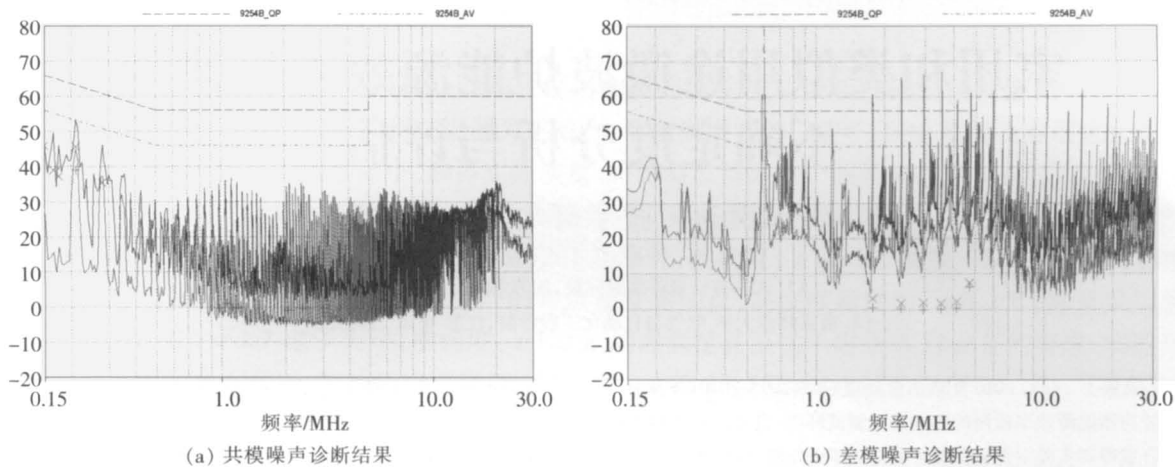


图 8 传导噪声分析仪诊断结果

Fig.8 The diagnose result of conducted EMI noise analyzer

4 结论

本文从传导电磁干扰噪声的本质出发,较为全面地分析了其产生的机理,并根据 CM 噪声、DM 噪声的特点具体研究了 CM 噪声、DM 噪声的传输特点,得出了 CM、DM 噪声和 L、N 线上总噪声之间的关系。针对传统传导电磁干扰噪声测量值装置 LISN 无法测量 CM、DM 噪声的缺点,本文运用了传导噪声分析仪对某型车载导航设备进行传导电磁干扰噪声诊断分析;此外,对传导噪声分析仪的内部结构及其工作原理给出了详细分析。根据传导噪声分析仪的诊断结果设计了相应的差模 EMI 滤波器,使得干扰噪声得到有效抑制,实验测试结果验证了噪声分析仪诊断的有效性。

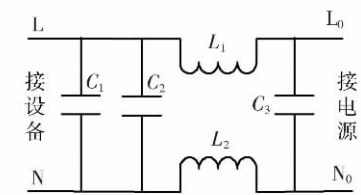


图 9 差模滤波器设计结构

Fig.9 The structure of DM EMI filter

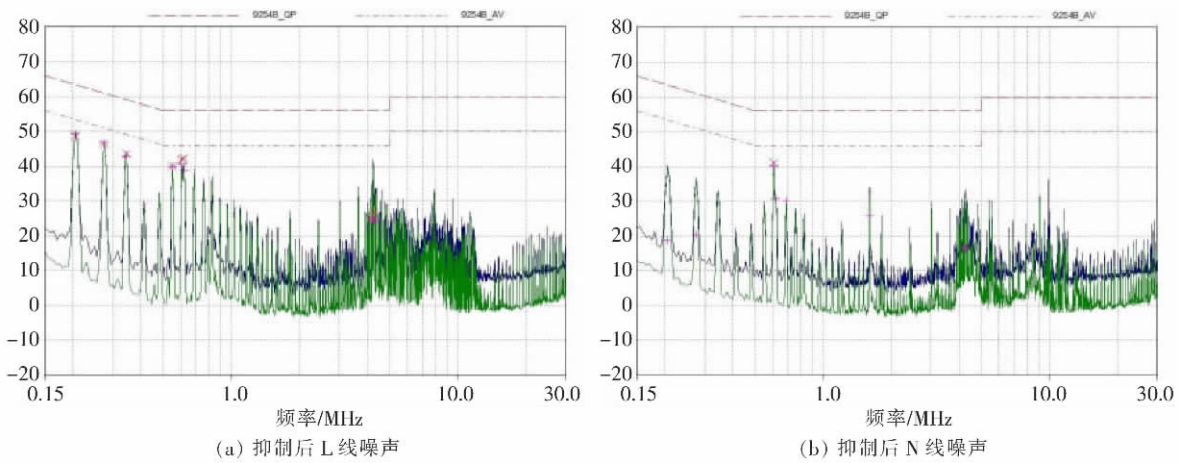


图 10 抑制后传导电磁干扰噪声测试结果

Fig.10 The suppression result of conducted EMI noise

[参考文献] (References)

[1] 钱照明, 陈恒林. 电力电子装置电磁兼容研究最新进展[J]. 电工技术学报, 2007, 22(7): 1-11.
Qian Zhaoming, Chen Henglin. State of art of electromagnetic compatibility research on power electronic equipment [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2007, 22(7): 1-11. (in Chinese)

(下转第 23 页)

纷提供技术支持.从以上的实例分析可见,在本实验室所采用的标准器都满足标准要求的情况下,根据标准附录A的方法进行试验,试验结果的扩展不确定度超过1%,而标准所定的能效等级级差只有2%,在这种情况下进行试验,稍有不慎即可能产生误判,这就需要试验人员具备很强的计量专业知识以对测量结果进行分析,同时也要结合不确定度中的较大分量合理选用设备,减少环境、设备各方面的因素对测量结果产生的不良影响.

[参考文献](References)

- [1] 中国计量科学研究院. JJF. 1059-1999, 测量不确定度的评定与表示[S]. 北京: 全国法制计量技术委员会, 1999.
China Institute of Metrology. JJF. 1059-1999, Evaluation and expression of uncertainty in measurement[S]. Beijing: Rules of the National Technical Committee of Legal Metrology, 1999. (in Chinese)
- [2] 国家发展和改革委员会. GB. 24289-2010, 家用和类似用途微波炉能效限定值及能效等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
National Development and Reform Commission. GB. 24289-2010, Minimum allowable values of energy efficiency and energy efficiency grades for household and similar microwave ovens[S]. Beijing: Chinese Standards Press, 2010. (in Chinese)
- [3] 国家质检总局. JJF. 12613-2010, 家用电磁灶能源效率标识计量检测规则[S]. 北京: 中国计量出版社, 2010.
National Administration of Quality Supervision. JJF. 12613-2010, Rules of metrology testing for energy efficiency of household induction cookers[S]. Beijing: Chinese Metrology Press, 2010. (in Chinese)
- [4] 中国计量测试学会. 一级注册计量师基础知识及专业实务[M]. 北京: 中国计量出版社, 2009.
China Institute of Metrology. Level 1 Certified Metrology Engineer Basic Knowledge and Professional Practice[M]. Beijing: Chinese Metrology Press, 2009. (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]

(上接第19页)

- [2] 赵阳, See Kye Yak. 电磁兼容基础与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
Zhao Yang, See Kye Yak. Fundamental of Electromagnetic Compatibility and Application[M]. Beijing: China Machine Press, 2007. (in Chinese)
- [3] 赵阳, 姜宁秋, 孙焱, 等. 传导电磁干扰噪声分离方法研究与新进展[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2009, 9(1): 1-7.
Zhao Yang, Jiang Ningqiu, Sun Yan, et al. Research and development of conductive EMI separating techniques[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2009, 9(1): 1-7. (in Chinese)
- [4] 赵阳, 罗永超, 陆婉泉, 等. 传导电磁干扰噪声综合解决方案[J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2010, 31(2): 189-195.
Zhao Yang, Luo Yongchao, Lu Xiaoquan, et al. Study on synthetic solution scheme for conductive EMI noise[J]. Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition, 2010, 31(2): 189-195. (in Chinese)
- [5] 张宇环, 戎融, 赵阳, 等. PCB 高频辐射干扰预估方法对比研究[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2011, 11(1): 1-4.
Zhang Yuhuan, Rong Rong, Zhao Yang, et al. Comparison of prediction methods applied in high frequency radiated EMI for PCB[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2011, 11(1): 1-4. (in Chinese)
- [6] 冯利民, 钱照明. 基于近场探头的电力电子系统 EMC 故障诊断[J]. 电力电子技术, 2007, 41(6): 13-16.
Feng Limin, Qian Zhaoming. EMC trouble diagnosing techniques in power electronic system based on near field probes[J]. Power Electronics, 2007, 41(6): 13-16. (in Chinese)
- [7] Leone M. Design expression for the trace-to-edge common-mode inductance of a printed circuit board[J]. IEEE Trans Electromagn Compat, 2001, 43(4): 667-671.

[责任编辑: 刘 健]