

基于多功能雾化器的传导电磁干扰问题的分析研究

陶以斌¹, 陶卫², 赵阳², 吴斌², 张涛²

(1. 中国电力科学研究院, 江苏 南京 211106)

(2. 南京师范大学电气与自动化工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] 针对多功能雾化器的 EMI(Electromagnetic interference, EMI)电磁干扰问题, 分析了传导噪声产生和骚扰机理, 研究了 EMI 处理方法, 提出了针对多功能雾化器电源输入端口传导 EMI 噪声问题的解决方法. 试验结果表明, 所提方法可以有效抑制了多功能雾化器的传导高频噪声, 达到 GB 9254 标准要求.

[关键词] 多功能雾化器, 电源端口, 传导电磁干扰噪声

[中图分类号] TM12 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2016)03-0016-05

The Technology of Diagnosis Research on the Problem of Conductive Electromagnetic Interference Based on Multi Function Atomizer

Tao Yibin¹, Tao Wei², Zhao Yang², Wu Bin², Zhang Tao²

(1. China Electric Power Science Research Institute, Nanjing Normal University, Nanjing 211106, China)

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

Abstract: According to the electromagnetic interference of the multi function atomizer EMI(Electromagnetic interference, EMI), the EMI conduction noise generation and harassment mechanism are analysed, the processing methods are studied, and solutions are put forward for multifunctional atomizer power supply input port of conducted EMI noise problems. The experimental results show that the proposed method can effectively inhibit the multifunctional atomizer conduction high frequency noise and meet the standard GB 9254 requirements.

Key words: multi-function atomizer, power port, conductive EMI noise

传导电磁干扰噪声的测量, 主要是采用人工电源网络(AMN), 通过对传导电磁干扰噪声的测量判断被测产品的传导干扰是否超标. 本文结合多功能雾化器, 从传导 EMI 噪声试验出发, 分析噪声产生和骚扰机理, 研究了 EMI 的处理方法, 提出了针对雾化器 EMI 问题的解决方法.

1 传导电磁干扰噪声的机理分析和诊断方法研究

1.1 传导 EMI 电磁干扰噪声机理分析

电磁干扰主要是由三个基本要素组合而产生, 它们分别是: 电磁干扰源; 对该干扰能量敏感的设备; 将电磁干扰源传输到敏感设备的媒介(如图 1-2 所示).

图 1 所示电磁干扰源作用于敏感设备耦合途径, 并且通过这三要素可以找到抑制电磁干扰的方法.

(1) 电磁干扰源: 指的是能够产生电磁干扰信号的任何电子元器件、仪器设备、综合系统或者自然环境现象.

(2) 耦合途经(或者称为传输通道): 指的是将电磁干扰的能量传输到受到电磁干扰的设备所经历的媒介或者途径.

(3) 敏感设备: 指的是受到了电磁干扰的影响的仪器设备, 或者是指对周围的电磁干扰产生响应的设备.

收稿日期: 2016-06-22.

基金项目: 江苏省教育厅高校科研成果产业化推进项目(JHB2011-20).

通讯联系人: 赵阳, 教授, 博导, 研究方向: 电磁兼容技术与应用. E-mail: zhaoyang2@njnu.edu.cn

LISN 的电路拓扑结构如图 2 所示, C_1 和 C_3 的电容值分别是 $1 \mu\text{F}$ 和 $0.1 \mu\text{F}$, 且 $C_2=C_1, C_4=C_3$; R_1 和 R_2 的电阻值分别是 50Ω 和 $1 \text{ k}\Omega$, 且 $R_1=R_3, R_2=C_4$; L_1 和 L_2 的电感量为 $50 \mu\text{H}$.

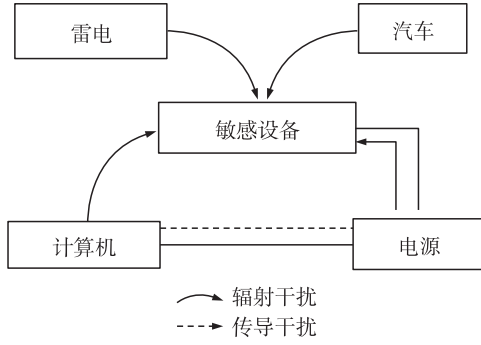


图1 传导电磁干扰示意图

Fig.1 Schematic diagram of conducting electromagnetic interference

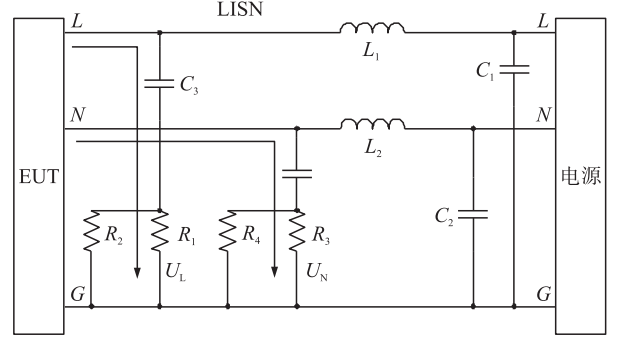


图2 LISN电路拓扑结构

Fig.2 The picture of LISN circuit topology

1.2 传导EMI噪声的诊断方法研究

传导噪声模态分离系统如图 3 所示。NDN 的输入信号是来自 LISN 中火线和中线端的噪声电压, 输出信号则是共模(CM)或差模(DM)噪声。

传导噪声模态分离技术的基本原理是将火线和中线上噪声电压的相加和相减。

共模噪声电压为

$$U_{\text{CM}} = (U_L + U_N) / 2. \quad (1)$$

差模噪声电压为

$$U_{\text{DM}} = (U_L - U_N) / 2. \quad (2)$$

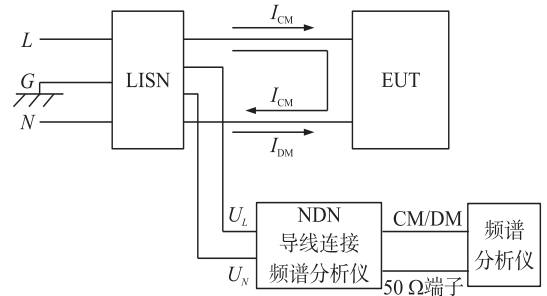


图3 传导EMI噪声模态分离测试系统框图

Fig.3 Block diagram of EMI noise modal separation test system

2 传导EMI噪声特性参数研究

在分析噪声分离网络的特性时, 噪声经过噪声分离网络之后会有衰减, 所以要考虑其衰减程度, 也要考虑到输入的共模(差模)噪声信号对于噪声分离网络的差模(共模)噪声信号输出的影响, 即两种模态噪声之间的耦合程度。因此定义了噪声分离网络的四个特性参数: 共模插入损耗(CMIL)、差模插入损耗(DMIL)、共模抑制比(CMRR)和差模抑制比(DMRR)。

2.1 共模插入损耗(CMIL)

共模噪声信号经过噪声分离网络前后的损耗程度, 即将共模信号作为网络的输入信号, 测量网络的共模输出信号大小, 采用输出共模噪声信号与输入共模噪声信号的比值表示插入损耗的大小:

$$\text{CMIL} = 20 \lg \left(\frac{V_{\text{OC}}}{V_{\text{CM}}} \right). \quad (3)$$

2.2 差模插入损耗(DMIL)

差模噪声信号经过噪声分离网络前后的损耗程度, 即将差模信号作为网络的输入信号, 测量网络的差模输出信号大小, 采用输出差模噪声信号与输入差模噪声信号的比值表示插入损耗的大小:

$$\text{DMIL} = 20 \lg \left(\frac{V_{\text{OD}}}{V_{\text{DM}}} \right). \quad (4)$$

2.3 共模抑制比(CMRR)

共模噪声信号输入对于分离网络的差模噪声输出的影响程度, 即将共模信号作为网络的输入信号, 测量网络的差模输出信号大小, 采用输出差模噪声信号与输入共模噪声信号的比值表示共模抑制比的大小:

$$\text{CMRR} = 20 \lg \left(\frac{V_{\text{OD}}}{V_{\text{CM}}} \right). \quad (5)$$

2.4 差模抑制比(DMRR)

差模噪声信号输入对于分离网络的共模噪声输出的影响程度,即将差模信号作为网络的输入信号,测量网络的共模输出信号大小,采用输出共模噪声信号与输入差模噪声信号的比值表示差模抑制比的大小:

$$DMRR = 20 \lg \left(\frac{V_{OC}}{V_{DM}} \right). \quad (6)$$

3 基于雾化器的传导EMI噪声问题实验分析

3.1 问题描述

如图4所示为某公司生产的雾化器,采用江苏省电气装备电磁兼容工程实验室德国罗德施瓦茨(R&S)的人工电源网络(ENV216)和EMI接收机ESL3进行测试,结果如图5所示.根据GB 9254标准发现,该雾化器传导EMI严重超标.

测试的频率范围为150 kHz~30 MHz,在150 kHz~5 MHz频段的标准线是47 dB μ V/m,在5 MHz~30 MHz频段的标准线是50 dB μ V/m.原始传导EMI测试结果如图6所示,没有通过测试.

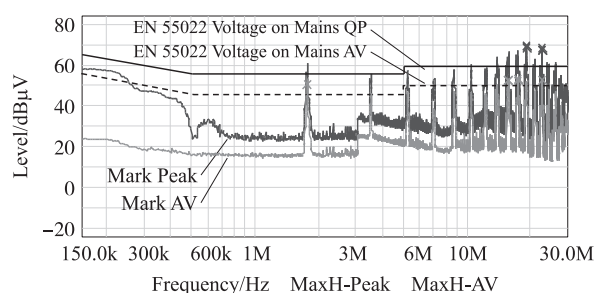


图5 雾化器整改前传导EMI测试结果

Fig.5 The test results of EMI atomizer before rectification



图4 多功能雾化器

Fig.4 Multi function atomizer



图6 针对电源噪声整改措施

Fig.6 Rectification measures for power supply noise

3.2 问题诊断与分析

由图5初测结果可知,超标频段主要在1.7 MHz及其倍频的频段上,而该超声波雾化器的雾化片即以1.7 MHz工作,因此,该传导问题主要是由于PCB线路的特征阻抗失配引起的,阻抗失配激起雾化片的噪声信号在线缆中多次反射、透射,导致信号主频的高次谐波在电路中震荡.如果抑制来自雾化片的噪声,其倍频上的噪声是很容易降低下来的.然而,需要把1.7 MHz的噪声抑制在47 dB μ V/m以下,同时不能妨碍雾化器正常工作.此外,150 kHz~500 kHz频段也超标了,该频段的噪声可能主要来自电源线.

3.3 整改措施及理论分析

针对上述分析的问题,雾化片为主要噪声源,其问题根源是PCB线缆阻抗失配,导致主频信号及其高次谐波在电路中震荡,而变压器是噪声传播到LISN的必经通道,于是如图7所示,根据阻抗匹配原则,在变压器的初级和次级均加一个阻抗匹配的EMI滤波器,这同时对来自电源的噪声也有抑制作用,初级侧

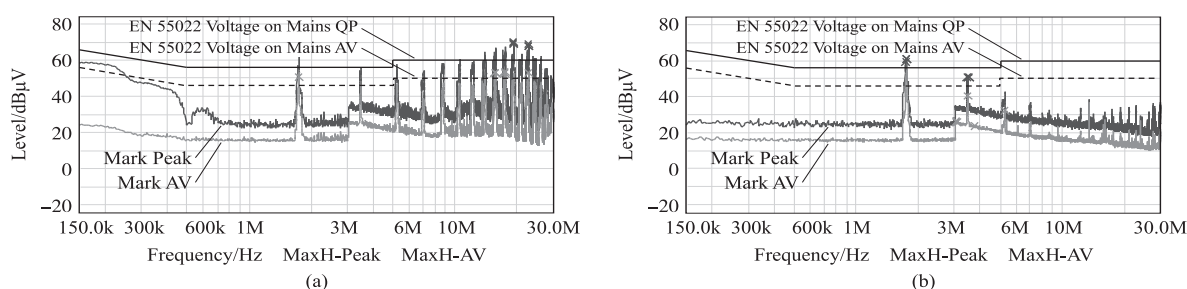


图7 多功能雾化器整改后传导EMI测试结果

Fig.7 EMI test results of multi function atomizer rectification

的滤波器主要由共模电感、安规电容、陶瓷电容组成,次级侧的滤波器由共模电感、陶瓷电容组成.加该措施后的结果如图7所示.

由图7(b)可知,150 kHz~500 kHz 频段的噪声得到了很好的抑制,虽然 1.7 MHz 及其一倍频段上的噪声还没有抑制在标准线以下,但是其高倍频段上的高频噪声已经得到很好的抑制.

为了更好地抑制 1.7 MHz 频段上的噪声,需要在传导噪声传播的路径上加更多措施,于是,如图8所示,在PCB板上的芯片时钟信号管脚、整流桥、开关器件等处对地并接陶瓷电容,有104、102、101等,这是因为开关的高频地动作会产生大量谐波,而电容可以吸收部分谐波.如图9所示,在电源线、信号线上卡磁环,并注意把线缆好,让变压器的初级与次级的线缆要保持一定距离,不允许交叉,并将两级上所带的EMI滤波器隔开,这是因为电源线与信号线离得太近甚至交叉的话,根据麦克斯韦方程,线缆周围会产生射频电磁场,从而将高频噪声耦合至其他线路,即由于串扰而引起传导噪声.磁环的作用等效于一个耦合电感,能够吸收高频噪声.

综合采取上述措施后,整个频段的噪声都降低在标准线以下,测试通过,结果如图10所示.

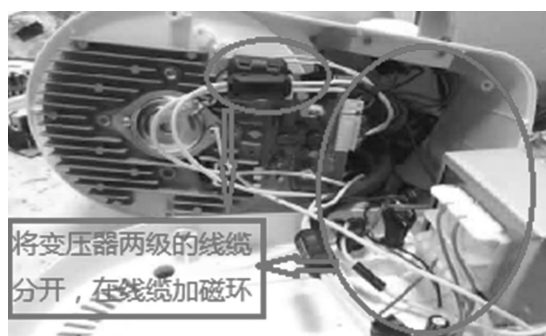


图9 电缆线处理示意图

Fig.9 Schematic diagram of cable processing



图8 添加磁环示意图

Fig.8 Schematic diagram of magnetic ring

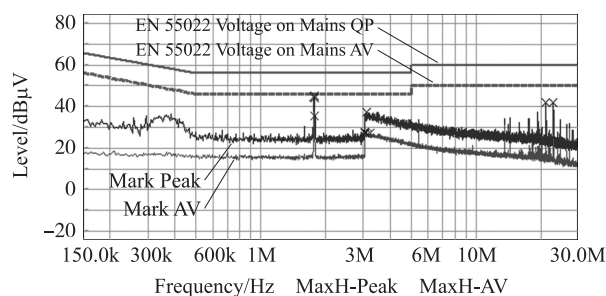


图10 多功能雾化器整改后传导EMI测试结果

Fig.10 Post EMI test results of multi function atomizer rectification

[参考文献](References)

- [1] 赵阳,封志明,黄学军.电磁兼容测试方法与工程应用[M].北京:电子工业出版社,2010:1-12.
ZHAO Y, FENG Z M, HUANG X J. Electromagnetic compatibility test method and engineering application [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2010: 1-12. (in Chinese)
- [2] OTT H. Electromagnetic Compatibility Engineering[J]. John Wiley & Sons, 2009, 1(2): 273-278.
- [3] 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 Y, LUO Y C, LU X Q, et al. Ynthetic solution scheme for conductive eminois [J]. Journal of Jiangsu university (natural science edition), 2010, 31(2): 189-195. (in Chinese)
- [4] KENNETH W, JOST R J. Electromagnetic compatibility pocket guide: key EMC facts, equations, and data [M]. Raleigh: Scitech Publishing, 2013: 24-63.
- [5] 白同云.电磁兼容设计[M].2版.北京:北京邮电大学出版社,2011:2-6.
BAI T Y. Electromagnetic compatibility design [M]. 2nd ed. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2011: 2-6. (in Chinese)
- [6] 赵阳,SEE K Y.电磁兼容基础与应用(英文版)[M].北京:机械工业出版社,2006:3-20.
ZHAO Y, SEE K Y. The basis and application of electromagnetic compatibility (English version) [M]. Beijing: Mechanical industry Press, 2006: 3-20. (in Chinese)

- [7] 黄益庄. 变电站智能电子设备的电磁兼容技术[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(15): 6-9.
HUANG Y Z. EMC technology for IED in substations[J]. Power system protection and control, 2008, 36(15): 6-9. (in Chinese)
- [8] 郑军奇. EMC 电磁兼容设计与测试案例分析[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2010: 1-27, 274-277.
ZHENG J Q. EMC electromagnetic compatibility design and test case analysis [M]. 2nd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2010: 1-27, 274-277. (in Chinese)
- [9] PAUL C R, HARDIN K B. Diagnosis and reduction of conducted noise emissions[J]. IEEE transactions on electromagnetic compatibility, 1988, 30(30): 19-23.
- [10] ERIC L, BERTRAND R. Electromagnetic compatibility in power electronics[M]. London: ISTE Ltd & Hoboken, 2014: 6-41.
- [11] 刘青松, 许响林, 李彬. 电动车辆电磁兼容性国家标准: GB/T 18387[S]. 客车技术与研究, 2009, 31(4): 48-50.
LIU Q S, XU X L, LI B. Differences of electric vehicle electritromagnetic compatibility national standard: GB/T 18387[S]. Bus technology and research, 2009, 31(4): 48-50. (in Chinese)
- [12] 全国无线电干扰标准化技术委员会. 工业、科学和医疗(ISM)射频设备电磁骚扰特性 限制和测量方法: GB 4824—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
National committee on standardization of radio interference technology. Industrial, scientific and medical(ISM) radio frequency equipment electromagnetic disturbance characteristics limits and methods of measurement: GB 4824-2004[S]. Beijing: China Standard Press, 2004. (in Chinese)
- [13] 全国无线电干扰标准化技术委员会. 信息技术设备的无线电骚扰限制和测量方法: GB 9254—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
National radio interference standardization technical committee. Information technology equipment radio disturbance limits and measurement methods: GB 9254-2008[S]. Beijing: China Standard Quasi Publishing House, 2008. (in Chinese)
- [14] International electrotechnical commission. Electromagnetic compatibility—requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus: CISPR 14-1-2011[S]. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2011.
- [15] STAHI J, KUEBRICH D, DUERBAUM T. Modification and characterization of a standard LISN for effective EMI noise separation[C]//ICEAA Electromagnetics in Advanced Applications, Sydney, 2010: 39-42.
- [16] GROBLER I, GITAU M N. Low cost power lead extended pre-compliance conducted EMI measurement setup and diagnostics with compact LISN[C]//ECCE, Toulouse, 2013: 1 144-1 149.
- [17] De BEER A S, WOODING G N, VAN WYK J D. Problematic aspects when using a LISN for converter EMI characterisation [C]//ICIT, Cape Town, 2013: 633-637.
- [18] BORSERO M, PRAVATO C, SONA A, et al. Improved adapters for the accurate calibration of LISN input impedance [C]// International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, Zurich, 2007: 489-492.

[责任编辑: 陈 庆]