

电子镇流器中的传导电磁干扰(EMI)分析

朱国忠¹ 吕晓东¹ 余运江^{1,2}

(1. 浙江大学电气工程学院 浙江 杭州 310027; 2. 镇江船艇学院工程系 江苏 镇江 212003)

摘 要

大量电子镇流器的应用会对周围环境产生较为严重的电磁干扰(EMI),但目前照明行业对电磁兼容(EMC)问题缺乏全面认识,特别是在如何解决电子镇流器电磁兼容性问题,尚无成熟可靠的技术措施。本文谨就电子镇流器中的传导电磁干扰(conducted EMI)进行分析,以供照明科研设计人员探讨和参考。

关键词 电子镇流器 传导 EMI 差模 共模

引言

近年来,高强度气体放电灯(High Intensity Discharge Lamp, HID Lamp)大量应用于交通、市政、工厂等场所中,与之相配套的电子镇流器也得到了广泛的应用。

大量电子镇流器的应用会对周围环境产生较为严重的电磁干扰(EMI),因此很多国家和组织都提出了相应的 EMC 标准,如 FCC/CSA/CISPR 等,对电子设备的电磁干扰作了明确限制,我国也已将 EMC 纳入强制性认证要求(3C 认证)。但目前照明电器行业对电磁兼容问题缺乏全面认识,特别是在如何解决电子镇流器电磁兼容性(EMC)问题上,尚无成熟可靠的技术措施^[1]。

EMI 分析的难点在于如何确定其噪声源和噪声源阻抗。本文对 HID 电子镇流器的传导 EMI 噪声源和耦合途径进行了分析,建立了相应的传导 EMI 电路模型,从而可根据阻抗失配原则有针对性地设计 EMI 滤波器。

1 电路拓扑

HID 电子镇流器电路拓扑很多,半桥拓扑具有成本低,控制方式灵活等优点,在中小功率镇流器中得到了广泛采用。同时,为了防止用电设备对电网造成严重污染,国家标准对用电设备的输入电流总谐波畸变(Total Harmonic Distortion, THD)作了明确规定和限

制,因此目前电子镇流器广泛采用有源功率因数校正(Active Power Factor Correction, APFC)技术,而临界模式(Critical Mode)Boost APFC 控制简单,成本低,在中小功率镇流器中应用最为普遍。

本文将以半桥拓扑及临界模式 Boost APFC 电子镇流器为例,分析其传导 EMI 的产生和传播机理,电子镇流器的基本原理框图如图 1 所示。

在不加 EMI 滤波器的情况下,输入市电经全桥整流、功率因数校正(Boost APFC)后得到 400V 的直流母线电压,再经半桥逆变输出高频交流方波,从而驱动高压气体放电灯正常工作。

2 传导 EMI 模型的建立

传导 EMI 是指通过导线直接传导到受干扰设备的噪声干扰,为了便于分析,通常把传导 EMI 分为差模干扰(Differential-Mode EMI)和共模干扰(Common-Mode EMI)。要有效地抑制传导 EMI 就必须对电路中的差模和共模干扰信号分别进行抑制,为此需对差模和共模信号的干扰源和耦合路径分别建模和分析。

2.1 差模 EMI

差模(DM)EMI 主要来自电感 L_{Boost} 中电流的高频噪声,由于采用了有源功率因数校正,电子镇流器传导 EMI 在很大程度上取决 PFC 环节。

对于连续模式和临界模式的 PFC 电路,任一时刻整流桥中总有一对二极管是导通的,因此差模干扰传播路径如图 2 所示,其中 LISN 为线阻抗稳定网络。

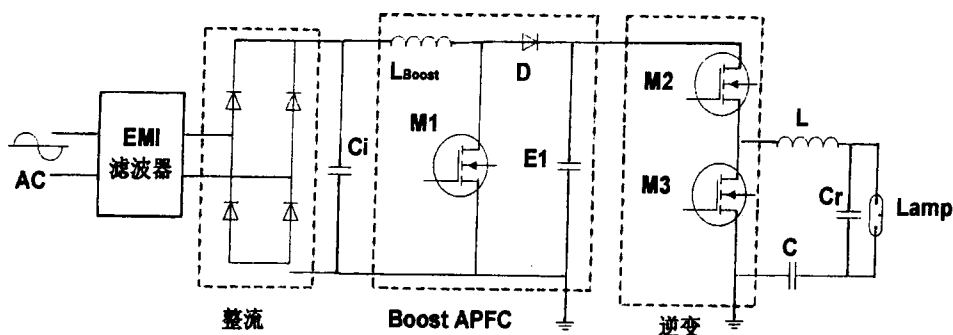


图1 半桥式电子镇流器基本原理图

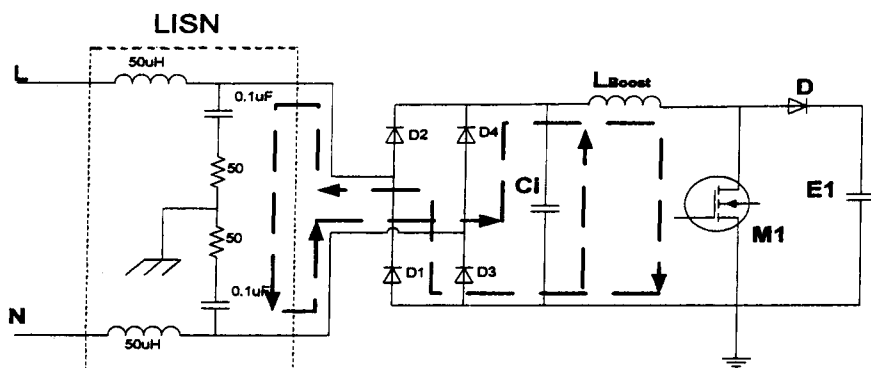


图2 差模干扰传播路径

根据图2的传播路径,可得到差模EMI的等效电路图,如图3所示, V_{dm} 即为LISN所测差模噪声。

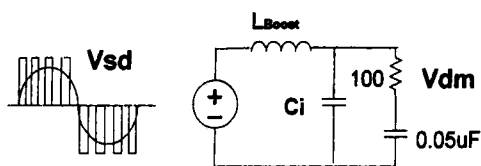


图3 差模EMI等效电路

必须指出的是,由于整流桥的作用,电感电流是单向的,而传导EMI是个逆向传播过程,因此在使用上图分析时, V_{sd} 必须为双向的,即在输入电压负半周期间, V_{sd} 为负值。忽略噪声在EMI接收端(电网端)的双向性会导致噪声频谱分析错误。

2.2 共模EMI

共模(CM)干扰的主要噪声源是流过镇流器对地寄生电容的高频位移电流,也即 du/dt 。由于电子镇流器开关管一般通过散热器壳接地,共模噪声通过开关管漏极对地寄生电容 C_m 构成环路。为了避免非固有差模噪声的影响,一般在整流桥直流侧加平衡电容^[2],即图4中的 C_i ,其作用是平衡电路,使地线中的噪声电流同时流过L线和N线,变成传统意义上的

共模电流,平衡电容也可加在整流桥交流侧。 C_i 一般取 $1\mu F$ 或 $0.1\mu F$,对高频共模噪声而言阻抗很小,相当于短路。此外,正偏导通过程中的二极管对高频共模电流而言也相当于短路。因此,共模EMI传播路径可如图4所示。

根据图4不难得出共模EMI的等效电路,如图5所示, V_{cm} 即为LISN所测共模噪声。与等效差模噪声源不同,不管是D1、D4导通还是D2、D3导通,共模噪声电流始终是由开关管漏极流入大地的,因此等效共模噪声源 V_{sc} 是单向的。

至此,电子镇流器的传导EMI模型已基本建立,噪声源和噪声源阻抗概念、结构清晰,而且噪声源及其频谱可通过Matlab, PSpice等软件仿真模拟,方便了EMI滤波器的设计。

3 实验结果

实验中设计了一台250W电子镇流器,根据阻抗失配原则^[3,4],设计了相应的差模和共模EMI滤波器,如图6所示。

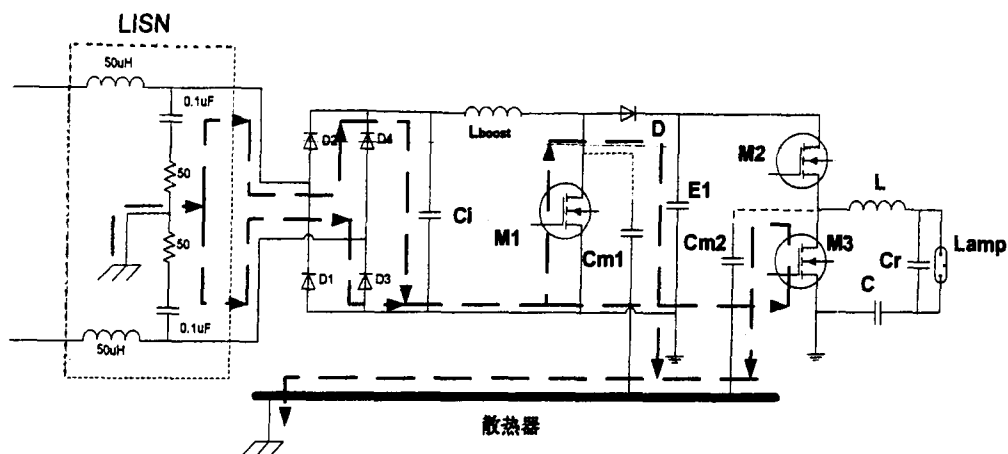


图4 共模干扰传播路径

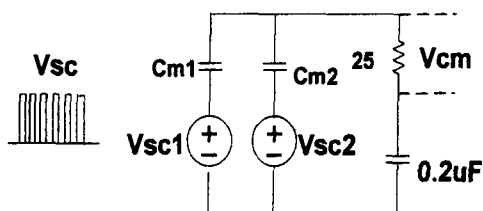


图5 共模 EMI 等效电路

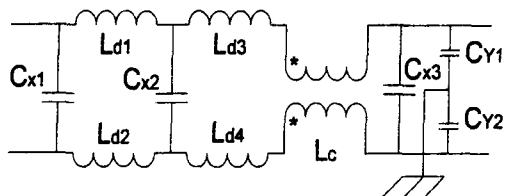


图6 250W 电子镇流器 EMI 滤波器

整流桥输入端加入差模滤波电容 C_{x2} ，以减小波形失真所产生的影响。

滤波前和滤波后的实验测试结果如下：

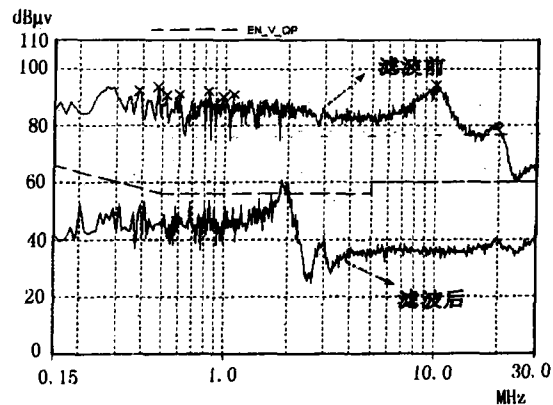


图8 实测共模噪声

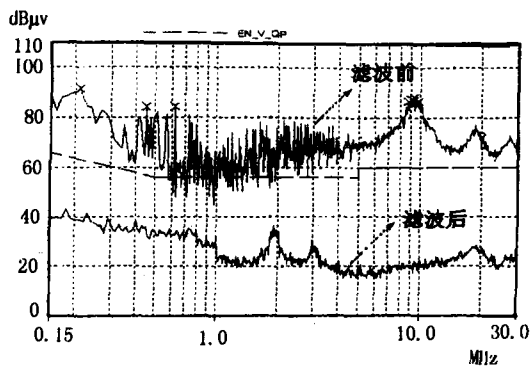


图7 实测差模噪声

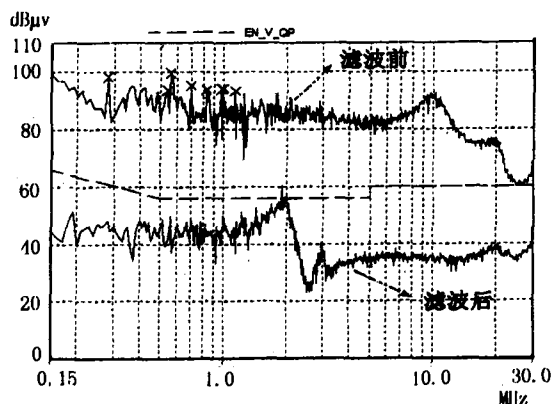


图9 实测总体噪声干扰

值得注意的是,由于二极管特性不是理想的,在电源电压过零时整流桥二极管全部截止,致使 PFC 电流波形在过零点失真,增加了电路的 EMI,为此在

4 结论

本文分析了电子镇流器中的传导 EMI,建立了相应的 EMI 电路模型。实验结果表明,该模型对 HID 灯电子镇流器的 EMI 滤波器设计具有一定的指导意义,可供照明科研设计人员参考。

参考文献

[1] 邓树兴.电子镇流器电磁兼容性(EMC)技术方案探讨.中国照明电器,2004.

[2] 陈玮.功率变流器传导 EMI 的近场耦合建模.浙江大学博士论文,2006.

[3] 钱照明.电力电子系统电磁兼容设计基础及干扰抑制技术.浙江大学出版社,2002.

[4] 姜保军,孙力,越克.EMI 滤波器阻抗失配与 EMI 信号的有效抑制.电机与控制学报,2006.

[5] Wei Zhang, Michael T. Zhang, Fred C. Lee et al. Conducted EMI Analysis of a Boost PFC Circuit. IEEE,1997.

[6] Wei Chen, Limin Feng, Henglin Chen et al. A Novel Common-Mode Conducted EMI Filter For Boost PFC Converter. IEEE,2005.

(本文编辑 王立洪)

(上接第 32 页)

对于介质阻挡放电灯,电极方面有采用阳极酸化技术镀覆带亚微米孔的铝膜的报告;发光方面有关于从真空紫外到近红外光谱分布特性及红外发光的研究分析报告。也有根据背光照明用的工作于脉冲电压下的细管荧光灯的发光特性,使用电流软开关型高频逆变器控制脉冲密度的调光方式的研讨报告以及稀有气体荧光灯能量平衡问题的分析报告。此外还有利用电极结构改善发光特性的探讨,比如使用螺旋状外部电极和利用内、外部电极组合得到最佳脉冲电压波形。另有关于平板灯阳极光柱的扩大和均一化的分析报告以及通过控制外部电极的电流降低功耗、提升亮度、提高效率的讨论报告。

关于无汞荧光灯的研究报告也有不少,内容包括:对于有望取代汞蒸汽的氙气,通过用激光吸收光谱分析测定等离子体来检测氙气的准稳定原子密度,分析放电状态中的扩散性到收缩性的转移现象。还

有一些关于充氮气、一氧化碳灯的研究报告。

新型光源方面,有利用含 MoO_3 制造的组合光源及含光子晶体的微谐振腔光源的技术现状和发展前景的探讨。将碳纳米管作为白炽灯丝使用时,为分析其光子晶体禁带宽度,有关于可抑制红外辐射的单层碳纳米管灯泡的研究和多层碳纳米管灯泡的响应时间的研讨。对于使用碳纳米管作电极的荧光灯,有关于场致白光平板灯及冷阴极灯频率特性的讨论报告。另外还有对于镀覆钻石膜的冷阴极灯放电管的报道。

其它辐射光源方面,还有很多关于制作半导体元件的影印平版印刷术中所用的极紫外光源的开发报告。

译自《照明学会志》2006.8(日)

(本文编辑 高杉楠)

辐射光源及其材料科技研讨会 资料汇编征订

本届会议资料共收录资料及论文 36 篇,由国内外著名公司及知名院校的专家、学者撰写,内容涉及科研、生产、使用等方面,如家用电器光触媒的利用与紫外光源,紫外线应用技术的发展,红外辐射灯,飞利浦紫外、红外电光源材料介绍,美国尤尼明公司原材料介绍等等。

除会议发放外,现有少量资料征订。定价:150 元/册

订阅方法:

(1)银行信汇:工行北京朝阳支行营业部 帐号:892359-63 北京电光源研究所

(2)邮局汇款:北京市大北窑厂坡甲 3 号 全国照明电器信息中心 邮编:10002

联系电话:010-67709368