

文章编号: 1008 - 7842 (2008) S - 0134 - 02

铁氧体磁环在广州地铁项目电磁兼容性中的应用

张红江, 吴冬华, 张 安

(中国南车集团公司 四方机车车辆股份有限公司 技术中心 电气开发室, 山东青岛 266031)

摘 要 论述电磁兼容 (EMC) 设计干扰抑制器件的基本原理, 介绍该器件在广州地铁项目静止逆变器电磁兼容设计中的应用。

关键词 电磁兼容 (EMC); 铁氧体; 铁氧体磁环; 轨道车辆 SIV 逆变器

中图分类号: TM15 **文献标志码**: A

电磁兼容 (EMC) 设计是一个复杂的系统工程, 根据轨道车辆设计及生产特点, 应包括两大方面的设计内容: 一为车辆设计部分, 又分为结构设计, 电气设计及生产工艺设计三个方面; 二为电气部件部分。只有这两个方面的密切结合, 才能最终完成整个车辆的电磁兼容工作。在电磁兼容设计方法中, 滤波是抑制干扰和防止干扰的一项重要措施。而铁氧体磁环是电气设备电磁兼容性设计中抑制干扰非常实用的滤波器件。本文结合广州地铁项目讨论了干扰抑制器件铁氧体磁环在电磁兼容设计中的原理和应用。

1 铁氧体抗干扰磁环

铁氧体抗干扰磁环是一种新型的干扰抑制器件, 其作用相当于低通滤波器, 较好地解决了电源线、信号线和连接器的射频干扰抑制问题, 而且具有使用简单、方便、有效 (使用时只要把铁氧体磁环套在被保护线路上, 无需接地, 利用铁氧体磁环所对高频干扰所反映出来的阻抗, 使高频干扰得到有效抑制) 等一系列优点, 从而在电磁兼容设计中获得了广泛的应用。

铁氧体是铁的氧化物和多种其他粉末状金属 (通常是锰、锌、镍和钴) 放在一起, 经挤压和一定时间的高温烧结后形成的陶瓷晶体。铁氧体材料的电磁性能与添加的金属成份, 以及烧结过程中的时间、温度等有关。

2 铁氧体抗干扰磁环的基本工作原理

铁氧体材料的阻抗由两部分组成: 感抗和电阻, 两者都与频率有关, 图 1 为其等效电路。

铁氧体阻抗 $Z(f) = R(f) + j\omega L(f)$;

损耗电阻 R 和感抗 $j\omega L$ 都是频率 f 的函数。在低频段, 铁氧体磁环的阻抗主要是感抗, 它与材料的导磁率有关, 不影响数据线或信号线上有用信号的传输。随频率升高, 导磁率迅速下降, 平抑了感抗增长势头 (甚至出现了感抗减少的情况)。但高频下铁损明显增加, 使总阻抗 $Z(f)$ 继续增大, 但此时铁损 $R(f)$ 成为阻抗主要成份。当有高频能量穿过磁性材料时, 电阻性分量就会把这些能量转化为热能耗散掉。这样就构成一个低通滤波器, 使高频噪声信号有大的衰减,

张红江 (1978 -), 河北定州人, 工程师 (收稿日期: 2008 - 11 - 16)

在地铁车辆的电磁兼容设计中, 合理的布线, 使受干扰源和干扰源尽可能远离; 输出与输入端口妥善分隔; 高压电缆及脉冲引线与低压电缆分别敷设。牵引逆变器、辅助逆变器输出的 DC 和 AC 主电源线, 应当与其他传输线分开布线。优化线路布局, 尤其高频连接线尽量短, 接地电阻尽量小, 必要时再加上适

当的屏蔽和滤波等措施。就可以很好的解决现阶段地铁列车中存在的电磁干扰问题。

参考文献

- [1] 周爱民, 纪爱华. 电磁兼容技术 [M]. 电子工业出版社,
- [2] 电气工程师手册 [M]. 机械工业出版社,
- [3] 综合布线技术指南 [M]. 北京: 科学出版社,

Treatment of Electromagnetic Interference in the Subway Trains

CAO Hong - kai, ZHANG An, JIANG Fu - jie

(CSR Sifang Locomotive & Rolling Stock Co., Ltd., Qingdao 266111 Shandong, China)

Abstract: The paper introduced the reasons of electromagnetic interference in the subway trains, as well as the approach and attention to this, and cited the example of some of the actual situation.

Keywords: EMC; EMI; grounding; shielding; filtering

而对低频有用信号的阻抗可以忽略,不影响电路的正常工作。

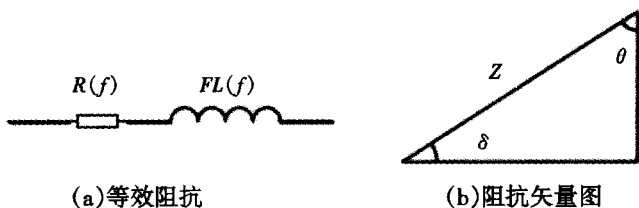


图1 铁氧体抑制元件的等效电路

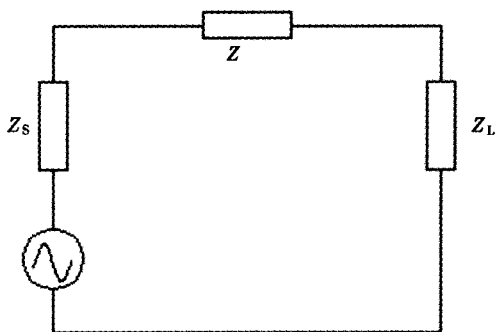


图2 铁氧体抑制元件应用电路

铁氧体应用时的等效电路如图2所示。图中 Z_S 和 Z_L 分别为源阻抗和负载阻抗, Z 为铁氧体抑制元件的阻抗。通常用插入损耗表示抑制元件对 EMI 信号的衰减能力。器件的插入损耗越大,表示器件对 EMI 噪声抑制能力越强。若磁环使用前后在 Z_L 上的电压分别为 E_1 和 E_2 ,则磁环对噪声的衰减作用为:

$$A = 20\lg(E_1/E_2) = 20\lg(Z_S + Z + Z_L)/(Z_S + Z_L)$$

由上式可知:信号源内阻 Z_S 与负载阻抗 Z_L 之和越小,铁氧体的等效阻抗 Z 越大,则对高频干扰的抑制作用越好。

3 铁氧体磁环的应用

牵引系统牵引逆变器、SIV 静止逆变器是地铁车辆上电磁骚扰发射最严重的两个设备,这两个设备的电磁兼容性能最直接的影响车辆电磁兼容性能。在广州四、五号线地铁车辆项目中,最初两个逆变器的电磁兼容性能不能满足 EN50121-3-2 标准的骚扰发射要求,导致车辆上信号系统应答天线受到干扰,致使列车自动驾驶系统不能正常工作;此外,列车的整车电磁兼容性能不能通过 EN50121-3-1 标准规定限值。下面通过该项目 SIV 逆变器电磁兼容改造前后测试结果说明铁氧体磁环的具体应用。

SIV 静止逆变器的输入电压为 DC1500 V,输出为 AC380 V 和 DC110 V,其电路原理见图3。

在对 SIV 逆变器使用电容(见附图3、4中 $0.22\mu\text{F}$ 电容)进行滤波后,虽然电磁兼容性能有所改善,但仍不能满足 EN50121-3-2 标准规定的限值要求。测试时,未使用铁氧体磁环,AC380 V 输出电压传导

噪声发射明显超出限值要求,见图5。在频率为 7 MHz 时,超出标准规定限值约 20 dB。

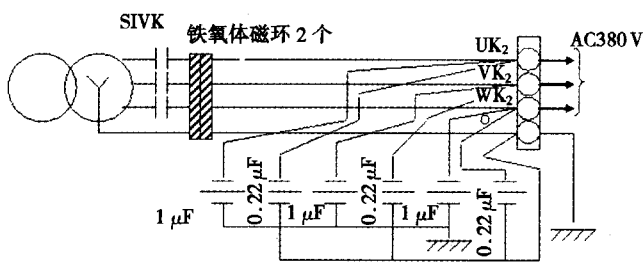


图3 AC380 V 输出回路(已改造增加铁氧体磁环)

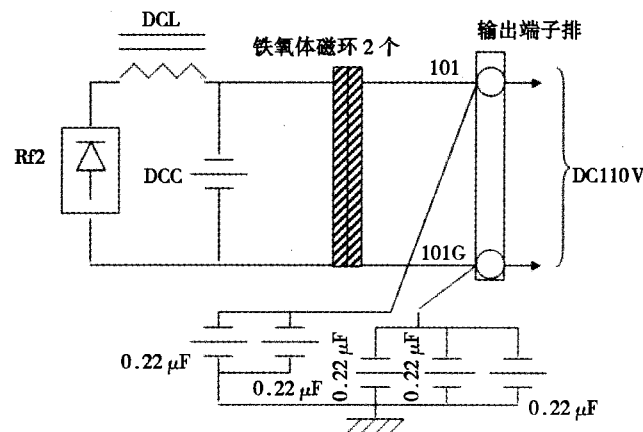


图4 DC110 V 输出回路(已改造增加铁氧体磁环)

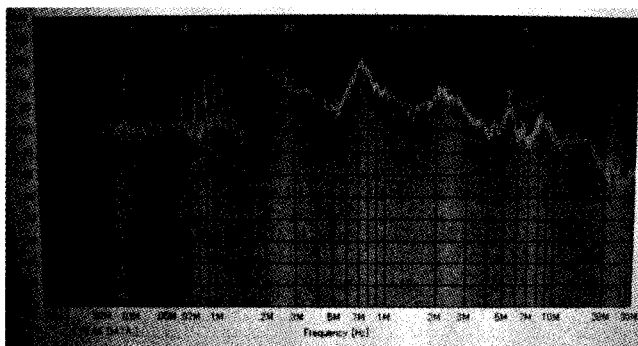


图5 使用铁氧体磁环前 AC380 V 输出电压噪声

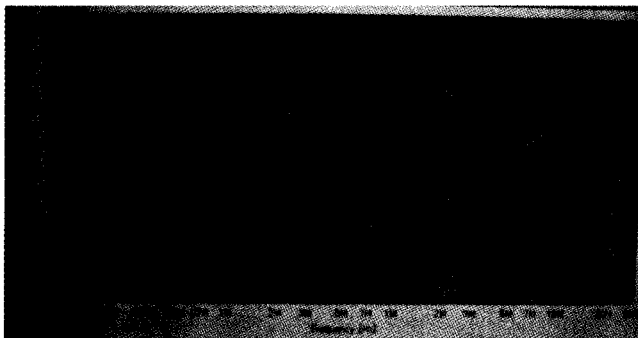


图6 使用铁氧体磁环前 DC110 V 输出电压噪声

从图6可以看出,未使用铁氧体磁环时 DC110 V 输出电压传导噪声发射也明显超出标准规定的限值要求,在 1.5 MHz 处超出标准规定限值大约 20 dB。

经过分析,在增加铁氧体前 SIV 的 AC380 V 输出电源线(铜排和零线)、DC110 V 输出电源线(铜排和负线)之间存在共模干扰,因此考虑在 AC380 V 输出线 UK₂、VK₂、WK₂、0 线增加 2 个铁氧体,在 110 V 直流输出的正负线也加 2 个铁氧体,见下图 7。



图 7 AC380 V 和 DC110 V 输出电源线增加铁氧体在使用铁氧体后,测试结果如下图 8 和图 9。

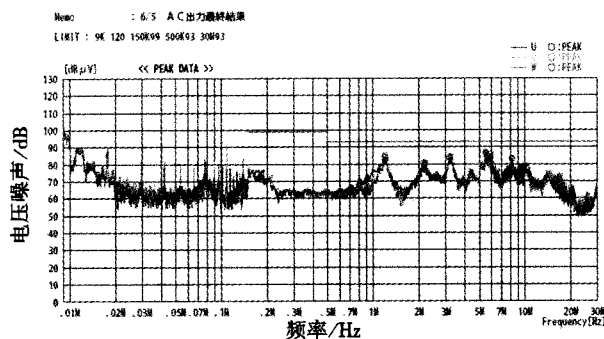


图 8 使用铁氧体磁环后 AC380 V 输出电压噪声

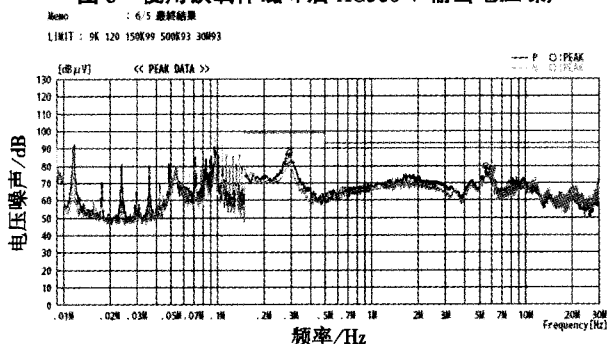


图 9 使用铁氧体磁环后 DC110 V 输出电压噪声

通过图 8 和图 9 可以看出通过使用铁氧体,有效地抑制了 SIV 电源输出电路的骚扰发射。增加铁氧体后,SIV 的电磁兼容射频传导发射完全满足了 EN50121-3-2 标准限值要求。这为广州地铁项目车辆能够顺利通过 EN50121-3-1 标准规定的整车电磁兼容性能提供了必要的保障。

4 铁氧体磁环选择

铁氧体抑制元件有多种材料和各种形状、尺寸供选择。为选择合适的抑制元件,使对噪声的抑制更有效,设计者必须知道需要抑制的 EMI 信号的频率和强度,要求抑制的效果,以及允许占用的空间包括内径、外径和长度等尺寸。不同的铁氧体抑制材料,有不同的最佳抑制频率范围,与磁导率有关。通常材料的磁导率越高,适用抑制的频率就越低。值得注意的是,在电源线上应用铁氧体元件时有 DC 偏流存在。铁氧体的阻抗和铁损随着 DC 偏流的增加而减少。当偏流增加到一定值时,铁氧体抑制元件会出现饱和现象。在 EMC 设计时要考虑饱和或插入损耗降低的问题。铁氧体的磁导率越低,插入损耗受 DC 偏流的影响越小,越不易饱和。所以用在电源线上的铁氧体抑制元件,要选择磁导率低的材料和横截面积大的元件。当偏流较大时,可将电源的出线(AC 的火线,DC 的正线)与负线(AC 的中线,DC 的地线)同时穿入一个磁环。这样可避免饱和,但这种方法只抑制共模噪声,从图 3 和图 4 可以看出本方案 SIV 改造方案中 SIV 输出电源线即采用的此种使用方法。

5 结束语

本文对铁氧体磁环器件抑制干扰的基本原理进行了详细说明,并结合广州地铁项目车辆 SIV 逆变器 EMC 改造的实际应用进行了说明。铁氧体磁环在电气电子产品设备的电源线、信号线等射频干扰抑制设计中具有广泛的应用。

参考文献

- [1] 周志敏,纪爱华.电磁兼容技术屏蔽、滤波、接地、浪涌、工程应用[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [2] 钱振宇,史建华.电气、电子产品的电磁兼容技术及设计实例[M].北京:电子工业出版社,2008.

Application of Ferrite Magnetic Ring in the EMC at the Guangzhou Metro Project

ZHANG Hong - jiang, WU Dong - hua, ZHANG An

(R&D Center; CSR Sifang Locomotive & Rolling Stock Co., Ltd. Qingdao 266111 Shandong, China)

Abstract: The paper discussed the basic principles of Electromagnetic Compatibility (EMC) interference suppression devices, introduced the application of the device in the EMC designing at the Guangzhou Metro Project static inverter.

Keywords: EMC; ferrite; ferrite magnetic ring; static inverter of track vehicle