

试
验
检
测大功率交流传动电力机车
电磁兼容的研究

王益民, 余定华, 蔡万银

(株洲南车时代电气股份有限公司 检测试验中心, 湖南 株洲 412001)



作者简介: 王益民 (1963-), 男, 高级工程师, 主要从事电磁兼容、测控技术的研究。

摘要: 简要介绍了国产大功率交流传动电力机车电磁兼容的要求、实现电磁兼容的基本方法, 制订并实施电磁兼容的技术规范, 通过在 7 200 kW 和 9 600 kW 交流传动机车上推广使用, 证明该技术规范是完全有效、切实可行的。

关键词: 大功率交流传动电力机车; 电磁兼容(EMC); 主变流器; 接地; 布线; 窜扰; 辐射发射

中图分类号: TN03; U264.2*23

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2011)01-0062-04

Study on EMC of High Power AC Drive Electric Locomotive

WANG Yi-min, YU Ding-hua, CAI Wan-yin

(Inspection and Test Center, Zhuzhou CSR Times Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: This paper briefly introduced the EMC requirements of AC drive electric locomotive made in China and basic method of achieving EMC. The EMC technical specification was made and implemented which was effective and feasible through local test of 7 200 kW and 9 600 kW AC drive electric locomotive had also been put forward.

Key words: high power AC drive electric locomotive; EMC; main converter; grounding; cabling; cross-interference; radiant emission

0 引言

近几年来, 通过引进、消化、吸收再创新, 实现了我国轨道交通研发、制造业的快速发展, 尤其在大功率交流传动电力机车的开发领域, 取得了长足的进步, 一改以往完全依赖进口的局面。六轴 7 200 kW 和 9 600 kW 交流传动电力机车在未来将成为我国的主流货运机车。

随着交流传动技术在大功率电力机车上的广泛应用, 对于大功率主变流器而言, 必须以较高的频率进行高电压、大电流的开关转换, 电压、电流的变化率都很大, 一方面, 由于大功率半导体器件的非线性, 由此势必会在牵引电流中产生谐波; 另一方面, 大的 di/dt 和 dV/dt 变化, 也会产生很强的电磁干扰, 如果机车车辆的屏蔽、接地或滤波能力较差, 不可避免产生电磁干扰, 不但影响周边的电磁环境, 而且可能影响轨道上或轨道旁的轨道电路, 干扰轨旁通信信号, 对列车的安全运行构成严重威胁。另外, 由于机车空间有限,

强弱电不能完全分开, 有可能造成机车本身故障频发, 严重影响机车的可靠性。因此, 研究大功率交流传动电力机车的电磁兼容, 具有十分重要的意义。

1 电磁兼容的机理及措施

电磁干扰三要素及其关系如图 1 所示。



图 1 电磁干扰三要素及其关系模型

干扰源: 产生电磁干扰的源头, 对于交流传动电力机车而言, 主要为主变流器、辅助变流器、110 V 充电器等。

耦合途径: 耦合通道, 空间耦合及传导耦合, 主要表现为线线窜扰及辐射干扰。

敏感设备: 主要指微机、网络控制设备和通信、信号设备, 通常为弱电设备。

从电磁兼容的机理可知, 只要消除电磁干扰三要素中的任何一个要素就可实现电磁兼容。而要消除电

磁干扰三要素中的任何一个要素,其措施常为:屏蔽、滤波和接地。

2 交流传动电力机车电磁兼容技术规范

2.1 合理布局

实现交流传动机车电磁兼容,机车合理的布局十分重要。良好的布局,不但可避免强弱电设备间的相互干扰,而且可缩短主要干扰源布线的长度,减少对外发射干扰,提高产品的可靠性。图2为7 200 kW 交流传动电力机车主要部件布置图。

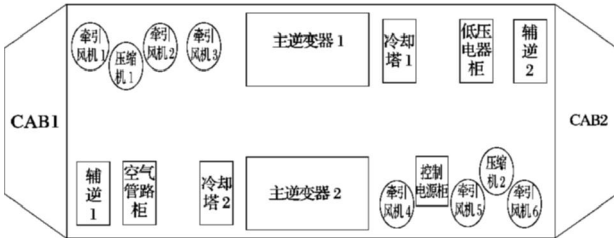


图2 7 200 kW 交流传动电力机车主要部件布置图

2.2 主电路 EMC 措施

图3给出了主牵引系统EMC原理框图;良好的接地,是实现电磁兼容的必要条件。

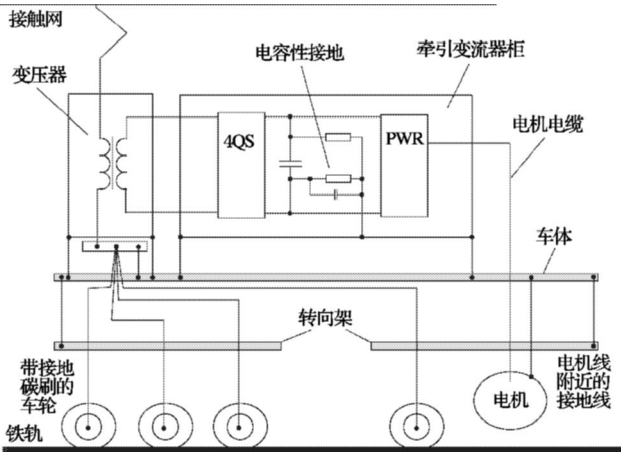


图3 主牵引系统 EMC 原理框图

2.3 机车布线要求

要实现电磁兼容性,根据EMC/EMI要求,合理铺设电缆是一个重要的措施。

布线要尽可能满足下列要求:

- 分开布置不同类别的电缆,不同类别电缆之间尽量保持建议的间距;
- 整个电路电缆应紧凑布置,特别是功率电缆;
- 为利用衰减效应,电缆尽量布置在靠近车辆地处,如金属电缆管、导管等应同车辆地导电连接;
- 如果不同电缆类别的最小间距不能保证,特别是C类电缆,那么可用与车辆地导电连接的金属导管、金属线槽来分隔;
- C类电缆要屏蔽;
- 如果不同类别电缆直角交叉,则不需要考虑最

小间距。

电缆分类和最小间距分别见表1和表2。

表1 EMC—电缆类别

电缆类别		电缆型号
A		
A1	供电电缆	
A2	变压器和四象限逆变器引线、电机引线、辅助设备引线、制动电阻引线、电抗器(逆变器侧的)引线	
B		110 V 蓄电池引线、控制电缆、无屏蔽的信号电缆
C		屏蔽电缆,如:数据总线、信号传输导线(如PT100、速度传感器连接线等等)、天线电缆、扬声器电缆、音频和视频传输电缆

为保证足够的去耦,不同电缆之间尽可能保持表2所列的最小间距。

表2 最小间距

电缆类别	A1	A2	B	C
A1		0.1	0.1	0.2
A2	0.1		0.1	0.2
B	0.1	0.1		0.1
C	0.2	0.2	0.1	

2.4 滤波要求

- ①主电路输入端应有LC滤波功能,以抑制谐波电流。
- ②辅助变流器输出应加三相正弦滤波器和EMI滤波器。
- ③控制电路电源一律使用电源滤波器,采用DC/DC隔离电源。
- ④信号和通信,电源输入端宜用电源滤波器,采用DC/DC隔离电源供电。
- ⑤模拟信号,原则上采用信号滤波器。
- ⑥对一些特殊场合,采用光纤,以提高抗扰度水平。

2.5 屏蔽要求

- ①主变流器,辅助变流器柜体应采用3mm厚的钢板,必须保证其导电连续性。
- ②通风孔采用冲压孔阵,孔径不宜太大。
- ③控制机箱亦应采用金属导体作箱体,厚度宜2mm以上,且须保证其导电的连续性,尽量减少孔缝的尺寸。对通风孔,宜采用孔阵,孔径≤6mm。
- ④机箱上的插件,其面积应使用金属面板,且与机箱接触良好,缝隙要求小于0.5mm。
- ⑤控制机箱与电力电子器件组合在一起工作时,应增加机箱与电力电子器件之间的隔离。
- ⑥控制机箱与屏蔽电缆之屏蔽层的连接,屏蔽层只在入口处与机箱外壳直接相连,不宜引入机箱内部。
- ⑦机箱屏蔽、滤波、接地必须一起考虑,方能满足EMC的要求。

3 现场测试

以下为7 200 kW交流传动电力机车的现场测试,仅给出了缓行测试的部分数据。

3.1 限值要求

图4为机车辐射发射静态试验限值;图5为机车辐射发射慢行试验限值。

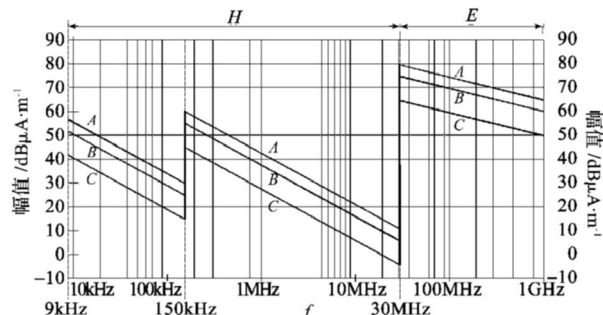


图4 机车辐射发射静态试验的限值

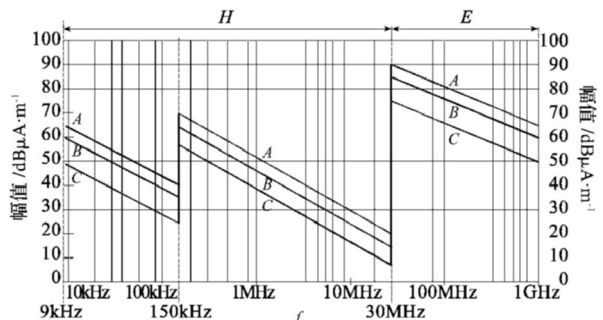


图5 机车辐射发射慢行试验的限值

A为AC25 kV限值曲线;B为AC15 kV, DC3 kV和DC1.5 kV限值曲线;C为DC750 V和DC600 V限值曲线。

测试距离为10 m,采用峰值测量方法进行测量。

3.2 试验要求

1) 场地要求

试验场所应尽可能在现有的轨道环境限制下满足“自由空间”的要求:

①周围没有树木、围墙、桥梁、隧道或其他机车车辆。

②应靠近测量点,最小间距为:对于干线机车车辆为30 m,对于城轨车辆为10 m。

如果这些条件不可能满足,则应记录试验时每次发射测量之前和之后的环境噪声。

如果在规定的频率或规定的频率范围内环境噪声高于限值但不到6 dB,那么不必考虑对这些频率进行测量,但试验报告应记录这些频率。

2) 被试列车要求

试验应涵盖可能产生辐射发射的机车车辆随车携带的所有系统的操作。

牵引车辆应在静态和低速行驶时进行测试。在静态试验过程中,辅助变流器应工作在最大负载条件下,而主变流器应通电但不工作。

有关慢行的试验,速度应慢得足以避免受电弓滑动接触拉弧或跳动,也应高得足以使用电气制动。干

线车辆的推荐速度范围为 (50 ± 10) km/h,当经过天线时,列车应在给定速度范围内以大约其最大牵引力的1/3加速或减速。

3.3 测试设备和仪器

测试时使用的设备和仪器见表3。

表3 测试设备和仪器

序号	频率范围	测试带宽	天线型号	接收机
1	9~150 kHz	200 Hz	环行天线	E7405A
2	150 kHz~30 MHz	9 kHz	环行天线	E7405A
3	30~230 MHz	120 kHz	双锥天线	E7405A
4	230~1 000 MHz	120 kHz	对数周期天线	E7405A

3.4 测试现场布置

①测试天线的几何中心距轨道中心线的水平距离为10 m。

②天线距轨道平面的高度:环行天线为1 m,双锥天线和对数周期天线为3 m。

③天线分为垂直极化和水平极化分别进行测试。

3.5 测试数据及分析

150 kHz~30 MHz磁场强度测试(缓行测试)如图6、图7所示。

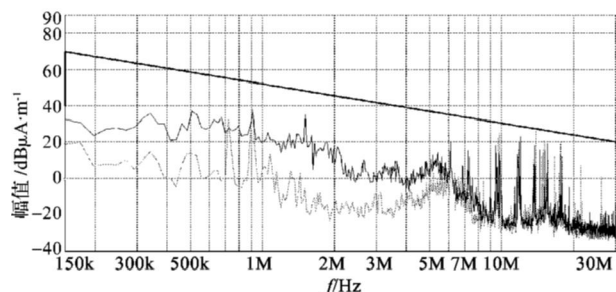


图6 150 kHz~30 MHz, X方向
实线——缓行曲线, 虚线——背景噪声

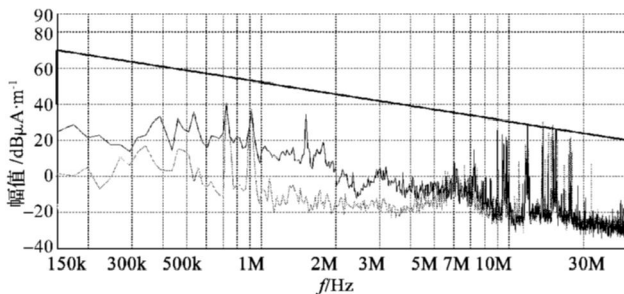


图7 150 kHz~30 MHz, Y方向
实线——缓行曲线, 虚线——背景噪声

30~200 MHz电场测试(缓行测试)如图8、图9所示。

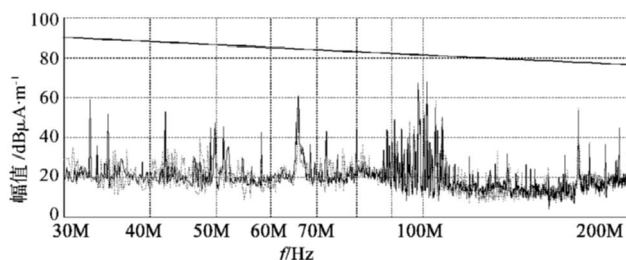


图8 30~200 MHz, 水平方向
实线——缓行曲线, 虚线——背景噪声

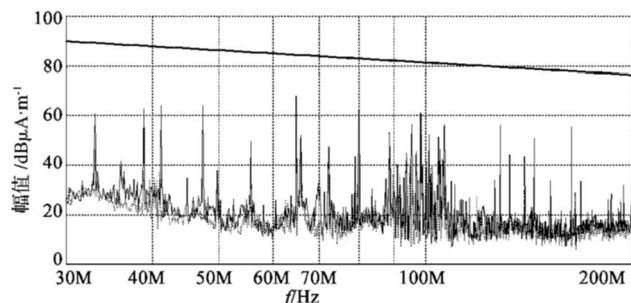


图9 30~200 MHz, 垂直方向

实线——缓行曲线, 虚线——背景噪声

200~1 000 MHz电场测试(缓行测试)如图10、图11

所示。

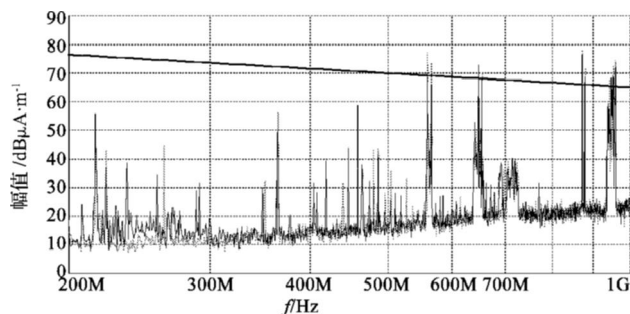


图10 200~1000 MHz, 水平方向

实线——缓行曲线, 虚线——背景噪声

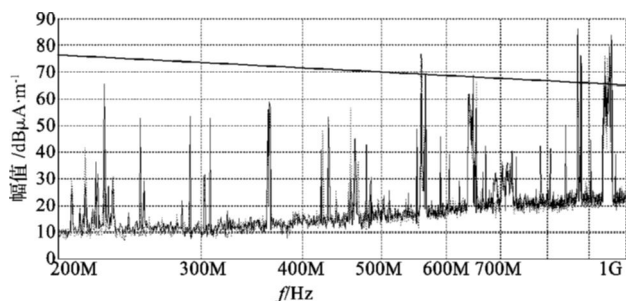


图11 200~1 000 MHz, 垂直方向

实线——缓行曲线, 虚线——背景噪声

从缓行测试结果来看, 7 200 kW交流传动机车对外发射符合标准要求。

4 结语

在设计阶段, 较好地考虑机车的电磁兼容要求, 制订并实施电磁兼容技术规范, 通过在7 200 kW和9 600 kW交流传动机车批量推广使用, 证明是完全有效、切实可行的, 对国产大功率交流传动电力机车的普及推广, 具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] EN50121-3-1:2000, Railway applications-electromagnetic compatibility 3-1 rolling stock -Train and complete vehicle[S].
- [2] IEC62236-3-1:2003, Railway applications-electromagnetic compatibility 3-1 rolling stock -Train and complete vehicle[S].
- [3] GB/T6113.203-2008, 无线电骚扰和抗扰度测量方法 辐射骚扰测量[S].
- [4] 大卫A. 韦斯顿(加拿大). 电磁兼容原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [5] 诺尔迈. 维奥莱特(美国). 电磁兼容性手册[M]. 北京: 机械电子工业部第十研究所, 1986.
- [6] 沙斐. 机电一体化系统的电磁兼容技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.

动态消息

两破世界纪录的CRH380A高速动车组 已交付40列上线运营

2010年2次刷新世界纪录的“和谐号”CRH380A新一代高速动车组已成功交付40列, 在沪杭、沪宁、武广高铁投入运营, 其高速度、高安全、高可靠、高节能的优势赢得了广泛赞誉。

CRH380A新一代高速动车组是世界上运营速度最快、科技

含量最高的动车组, 是由南车青岛四方机车车辆股份有限公司联合国内一流的科研资源共同研制开发的。该动车组历经仿真计算、台架试验、线路试验的反复分析、试验、论证, 最终实现了速度、安全、舒适、节能等技术指标的世界领先。2010年9月28日, CRH380A在沪杭高铁创造416.6 km/h的世界铁路运营试验最高速, 12月3日, CRH380A在京沪高铁先导段再次将世界纪录刷新, 跑出486.1 km/h的世界铁路运营试验最高速。

据了解, CRH380A新一代高速动车组今年6月将在京沪高铁投入运营。

(朱一迪)