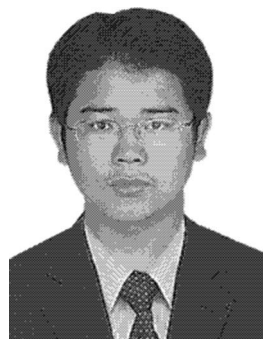


研
究
开
发120km/h大功率交流传动
内燃机车的粘着控制彭辉水¹, 李 艳², 肖功彬¹, 刘 雄¹, 崔 巍³(1. 株洲南车时代电气股份有限公司 技术中心, 湖南 株洲 412001;
2. 西南交通大学 牵引动力国家重点实验室, 四川 成都 610031;
3. 南京浦镇海泰制动设备有限公司 技术中心, 江苏 南京 211800)

作者简介: 彭辉水 (1979-), 男, 硕士, 工程师, 现主要从事机车粘着控制的理论研究与应用。

摘 要: 简单介绍了 120 km/h 大功率交流传动内燃机车的基本性能, 对该车的新型粘着控制方法及原理进行了推导演示, 给出其粘着控制的实测数据波形。结果表明该粘着控制算法可以切实有效地提高机车牵引性能, 减少机车空转 / 滑行现象。

关键词: 大功率交流传动; 内燃机车; 粘着控制; 粘着系数; 轮对加速度微分; 牵引电机中图分类号: U260.11⁵; U262.7³

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2011)01-0004-02

Adhesion Control of the 120km/h High Power AC Drive Diesel Locomotive

PENG Hui-shui¹, LI Yan², XIAO Gong-bin¹, LIU Xiong¹, CUI Wei³(1. Technology Center, Zhuzhou CSR Times Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China;
2. Traction Power State Key Laboratory, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China;
3. Technology Center, Nanjing Puzhen Haitai Braking Equipments Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 211800, China)

Abstract: The paper introduced the basic technology parameters of the 120 km/h high-power AC drive diesel locomotive. A new adhesion control method and principle was derived. The measured data wave was given, and the result show that the method improve the performance of the locomotive traction effectively and reduce slip/skid phenomenon significantly.

Key words: high power AC drive; diesel locomotive; adhesion control; adhesion factor; differential of the wheel acceleration; tractor motor

0 引言

南车资阳机车有限公司根据铁道部“120 km/h 大功率交流传动内燃机车的研究”科技研究开发计划课题合同和中国南车“大功率交流传动内燃机车的研究”科技项目合同, 联合南车株洲电力机车研究所有限公司、西南交通大学、南车株洲电机有限公司等单位, 在充分消化吸收 DJ4 机车交流传动技术的基础上创新设计, 研制成功了 120 km/h 大功率交流传动内燃机车首台样车。2007 年 11 月, 首台样车开始在延安北机务段进行运用考核 (机车编号 DF₈₈5672), 截至 2010 年 12 月 15 日, 机车已累计运行超过 34 万公里。

1 机车简介

120 km/h 大功率交流传动内燃机车轴式 C₀-C₀, 轴重 25 t, 按重联、双司机室设计, 既可单机双向牵引, 又

能双机重联牵引, 满足不同牵引需求。单机牵引时, 牵引 5 000 t 在平直道上最大平衡速度可达 100 km/h; 双机重联牵引时, 牵引 5 000 t 在平直道上最大运营速度可达 120 km/h 且有 0.005 m/s² 的剩余加速度。

机车装备从美国卡特皮勒公司引进的采用电子程序控制单元喷射系统 (EUI) 的 CAT3616 型电喷柴油机, 装车功率 4 800 kW, 其机油消耗率仅 0.4~0.6 g/(kW·h), 远远低于 16V280ZJA 柴油机 2.04 g/(kW·h) 的水平, 在大功率柴油机中居于世界先进水平; 机车的主传动系统采用交直交电传动系统, 变流器采用模块化结构, 便于更换和维护, 开关元件采用 IGBT (3 300 V/1 200 A) 器件; 主变流机组的冷却方式采用热管加风冷方式, 满足环保要求; 逆变器及其控制装置集成一体, 牵引电动机采用单轴、直接转矩控制方式; 同步牵引主发电机采用相互独立的双绕组结构, 每个绕组产生的三相交流电经整流器变换成直流电, 送给 3 组牵引逆变器逆变为电压和频率可调的交流电, 向一个转向架上的

收稿日期: 2010-06-22; 收修改稿日期: 2010-12-15

3台异步牵引电动机分别供电,即主电路每架采用1组二极管三相整流器+3组逆变器结构,主电路的中间直流环节电压为1 600 V;采用基于MVB总线的分布式网络控制和微机控制系统,具备重联功能;同时采用交流辅助电传动系统、顶置干式冷却装置和承载式燃油箱;走行部采用引进美国HTCR径向转向架技术的3轴径向转向架,该型转向架通过了铁道部科技成果鉴定。

2 新型粘着控制方法原理

120 km/h大功率交流传动内燃机车最大启动牵引力580 kN,比DF_{8B}型机车提高了20%;持续牵引力440 kN,比DF_{8B}型机车提高了29%,折算之后最大启动粘着系数要求达到0.38,持续粘着系数要求0.29以上,如此高要求的牵引粘着性能,必然要求有良好的粘着控制,为此采用了株洲南车时代电气股份有限公司新研发的基于加速度微分的粘着控制方法。

关于机车的粘着控制基本概念可以参阅文献[1,2,3,5],这里不再赘述。为使机车能够在各种轮轨粘着条件下最大地发挥有效牵引力,机车必须能够迅速找到当前粘着条件下的最大粘着系数并运行于稍小于此最大系数处,粘着控制是解决这个问题有效方法[3]。

通过对机车运动方程和电机运动方程的联合推导,得出了一种基于加速度微分的粘着控制方法[5],以下为其推导过程演示。公式中的符号意义: v_t 为机车速度, M 为机车重量, J_m 为电机、轮对及其附件折算到轮对上的转动惯量, T_m 为电机转矩, $F_d(v_t)$ 为机车运行阻力, R 为机车轮对半径, R_g 为传动比, ω_m 为电机转动角速度, F 为机车牵引力[6]。

机车运动方程[4-5]:

$$M \frac{dv_t}{dt} = F - F_d(v_t) \quad (1)$$

电机运动方程[4-5]:

$$J_m \frac{d\omega_m}{dt} = T_m - \frac{1}{R_g} F \cdot R \quad (2)$$

根据(2),可得式(3):

$$F = \frac{R_g}{R} (T_m - J_m \frac{d\omega_m}{dt}) \quad (3)$$

式(3)两边同时对 t 求导:

$$\frac{dF}{dt} = \frac{R_g}{R} (\frac{dT_m}{dt} - J_m \frac{d^2\omega_m}{dt^2}) \quad (4)$$

取 $\frac{dT_m}{dt} = k_1$,同时记 $a = \frac{d\omega_m}{dt}$, $\dot{a} = \frac{d^2\omega_m}{dt^2}$,将其代入式

(4)得:

$$\frac{dF}{dt} = \frac{R_g}{R} (k_1 - J_m \dot{a}) \quad (5)$$

在机车粘着控制中,总是希望机车粘着工作在其

特性曲线峰值点左边一点。此时, $\frac{dF}{dt} \geq 0$,将其代入式

(5)得出:

$$\frac{R_g}{R} (k_1 - J_m \dot{a}) \geq 0 \quad (6)$$

$$\Rightarrow \dot{a} \leq \frac{k_1}{J_m} \quad (7)$$

从上述的推导中可以看出,要使机车工作在粘着峰值点左边一点,只要在机车轮对加速度微分值达到 k_1/J_m 之前,将电机转矩给定维持或稍减一点,就可以使机车工作在粘着峰值点左边一点,从而实现粘着利用控制[6]。

3 机车粘着试验结果

为验证上述粘着控制方法在120 km/h大功率交流传动内燃机车上的实际使用效果,于2009年11月6日在延安北至榆林区段对该车粘着控制进行了试验验证。

试验测试方法采用株洲南车时代电气股份有限公司TDS数据采集系统实时采集单电机粘着给定力,所得试验结果亦为单轴粘着系数,但由于采集的电机为C₀-C₀轴式的第1位轴电机,因为该轴粘着系数为全车理论最低或次低(视机车运行方向而定),其粘着系数对整车的粘着系数有较大的参考价值。

试验条件:天气晴,气温18℃左右,轨面情况良好,轨面未见明显油污等;试验区段:DF_{8B}5672+DF_{8B}5655+4 288 t煤炭从绥德运行至延安北段区间;运行时间14:30~18:30。进行了最大启动粘着系数测量(由DF_{8B}5672在最高机车功率把位,DF_{8B}5655进行制动)和持续运行粘着系数测试2项试验。粘着系数曲线见图1、图2。

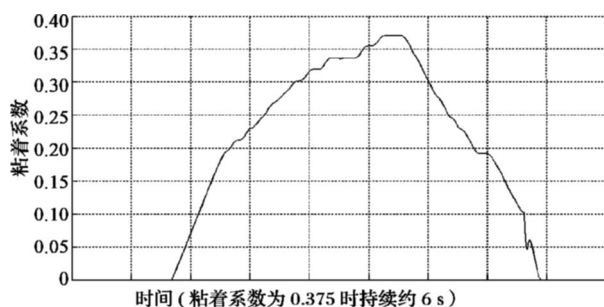


图1 最大启动粘着系数试验结果

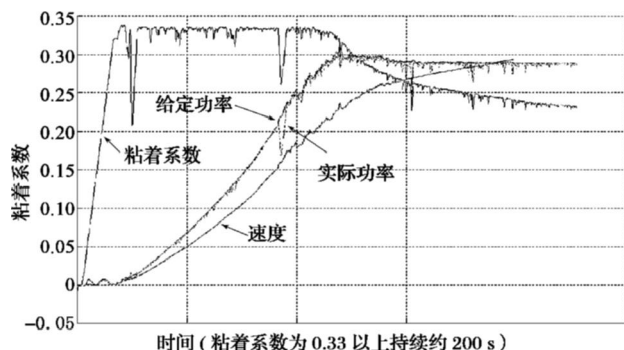


图2 持续运行粘着系数试验结果

(下转第9页)

值为113 MPa, 也小于屈服强度。

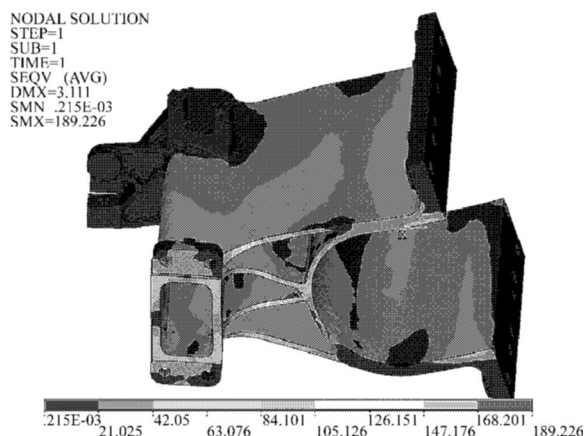


图10 极限工况应力分布

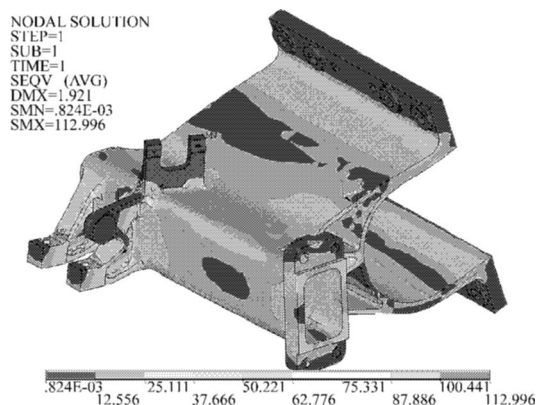


图11 启动扭矩+3g的垂向振动冲击工况应力分布

综上所述,选择合适的材料和结构,弹性架悬式驱动装置承载式齿轮箱和悬挂横梁可以满足高速交流传动机车转向架对其强度的要求。

3 结论

驱动装置弹性架悬式机车其动力学性能优于刚性架悬式机车,其在高速客运机车上具有明显的技术优势;弹性架悬式驱动装置相比较于刚性架悬式驱动装置其在结构上的显著特点是齿轮箱为承载式结构以及传动轴承采用油润滑。

弹性架悬式驱动装置的牵引电机、齿轮箱和悬挂横梁是主要的承力部件,它们除了承受牵引电机扭矩外,还承受整个装置的振动冲击力。分析表明,通过结构优化,弹性架悬式驱动装置主要承力部件可适应高速转向架的动态特性,满足其对结构强度的要求。

参考文献:

- [1] 罗世辉, 罗 赞. SS₉型电力机车动力学性能研究[R]. 成都: 西南交通大学, 2004.
- [2] 陈 康, 罗 赞, 金鼎昌. 2B₀架悬式动力车运行平稳性和蛇行稳定性的研究[J]. 西南交通大学学报, 2003, 38(1): 28-33.
- [3] 张红军, 陈喜红, 孙永鹏, 等. 我国200 km/h速度等级高速客运机车转向架平台设计分析[J]. 铁道学报, 2007, 29(4): 101-106.
- [4] 罗 赞, 陈 康, 罗世辉, 等. 200 km/h动力车驱动制动单元悬挂参数的研究[J]. 铁道学报, 2003, 25(6): 27-31.
- [5] 罗 赞, 罗世辉, 金鼎昌. 架悬式机车驱动装置悬挂参数及结构的研究[J]. 中国铁道科学, 2005, 26(5): 57-60.
- [6] 罗 赞, 罗世辉, 金鼎昌. 采用弹性和刚性架悬式驱动装置的机车横向性能比较[J]. 机车电传动, 2005(3): 41-43.
- [7] 罗 赞, 孙永鹏, 张红军, 钟文生. 架悬C₀-C₀轴式机车电机布置及悬挂的研究[J]. 铁道学报, 2006, 28(6): 41-45.

(上接第5页)

最大启动粘着系数试验测试换算结果最大启动粘着系数为0.375,在最大粘着系数处保持时间6 s,仍有较大的上升空间,主要是由机车功率限制等原因,试验结果如图1所示;持续运行粘着系数测试试验结果为粘着系数可以持续运行于0.33以上,持续时间约为200 s,如图2所示。

4 结语

从上述试验结果可以看出,120 km/h交流传动内燃机车粘着控制性能较好,具有持续粘着系数0.33以上的运行能力,最大启动粘着系数也具有较大的上升空间,说明采用的基于加速度微分粘着控制方法切实有效,得到了厂商的好评,值得推广。

参考文献:

- [1] 李江红, 马 健, 彭辉水. 机车粘着控制的基本原理和方法[J]. 机车电传动, 2002(6): 4-8.
- [2] 李江红, 胡照文. 影响铁路机车运行品质的因素分析[J]. 机车电传动, 2010(3): 53-54.
- [3] 李江红, 陈华国, 胡照文. 国产化北京地铁车辆的粘着控制[J]. 机车电传动, 2005(6): 40-42.
- [4] Kiyoshi Ohishi, Ken Nakano, Ichiro Miyashita, Shinobu Yasukawa. Anti-slip Control of Electric Motor Coach Based on Disturbance Observer[C]. Coimbra: 1998 5th International Workshop, 1998: 580-585.
- [5] Yosuke Takaoka, Atsuo Kawamura. Disturbance Observer Based Adhesion Control for Shinakansen[C]//AmC 2000 proceedings, 6th International Workshop on 30 March-1 April, 2000: 169-174.
- [6] 彭辉水, 陈华国, 曾 云, 等. 基于加速度微分粘着控制方法的仿真研究[J]. 机车电传动, 2010(2): 26-27.