

文章编号:1005-0523(2014)03-0055-05

地铁微机控制直通电空制动系统研究

杨丰萍, 陈振华, 李玉庆

(华东交通大学电气与工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:介绍了地铁车辆微机控制直通电空制动系统的组成、制动模式和防滑控制功能。着重研究了制动过程中制动力计算与分配及不同阶段的制动响应。研究结果可为微机控制直通电空制动系统在性能检测试验台研制及我国地铁车辆应用检修中提供帮助。

关键词:直通电空制动系统;制动力分配;制动模式

中图分类号:U270

文献标志码:A

随着我国城市化进程的加快,发展低碳、环保、运输快、客流量大的轨道交通成为越来越多大城市的共识,但地铁运营安全问题也是城市交通发展所必须要面对的^[1]。制动系统是地铁车辆的关键系统,直接影响车辆运行的安全性。地铁车辆两动一拖两单元编组列车Tc+Mp+M—M+Mp+Tc(Tc为带驾驶室的拖车;Mp为带受电弓的动车;M为动车)采用微机控制直通电空制动系统,能自动完成信息监测、车辆制动控制,可提高制动安全性和控制精度。地铁车辆微机控制直通电空制动系统研究对配套检测设备的研制及地铁运营部门的日常检修都具有重要意义。

1 地铁车辆制动系统简介

1.1 微机控制直通电空制动系统组成

微机控制直通电空制动系统,主要由制动控制装置、供气系统、基础制动装置和空气悬挂装置等组成。整车制动系统由每辆动车的电制动系统和每辆车(拖车或动车)的空气制动系统两部分结合组成;制动工况下,两动一拖为制动系统的一个单元^[2-3]。图1为一辆车的电空制动系统组成框图。

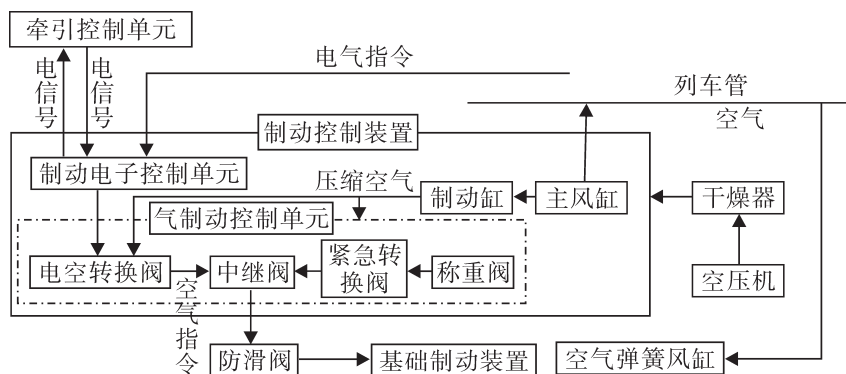


图1 制动系统组成框图

Fig.1 Block diagram of braking system

收稿日期:2014-01-02

基金项目:华东交通大学科研基金项目(11DQ06)

作者简介:杨丰萍(1967—),女,教授,研究方向为交通信息工程及控制、电力牵引及传动控制以及计算机检测等。

$$FP_{MC1} = K_1 F_{P1}$$

$$FP_{MC2} = K_2 F_{P2}$$

半节拖车所需制动力分别为

$$FP_{TC1} = (1 - K_1) F_{P1}$$

$$FP_{TC2} = (1 - K_2) F_{P2}$$

式中: F 为两动一拖单元车组所需制动力; F_{P1} , F_{P2} 为一节动车+半节拖车所需制动力; FP_{MC1} , FP_{MC2} 为各一节动车所需制动力; FP_{TC1} , FP_{TC2} 为各半节拖车所需制动力; K_1 , K_2 为常用制动模式下不同制动等级的混合系数。

根据我国城市轨道交通车辆技术参数、动力性能参数和车辆载荷设计^[6],通过计算和分析,最高速度 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 、常用制动减速度 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,各载荷工况下每根动轴所需制动力如图3所示。

图中: AW_0 工况为每辆拖车、动车自重; AW_1 工况为拖车、动车均56位乘客, 60 kg/人 ; AW_2 工况为除坐客外,站客 $6 \text{ 人} \cdot \text{m}^2$,拖车、动车站立面积均 42 m^2 ; AW_3 工况为超员情况,站客 $9 \text{ 人} \cdot \text{m}^2$ 。

由图可以看出,在车辆制动过程中,电制动力比较充足,只在 $80 \sim 60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 高速度和 $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 以下低速度时需要施加空气制动。当电制动力不足时,制动控制装置的EBCU采用“拖车空气制动滞后控制”策略,进行制动力分配(见图4)。

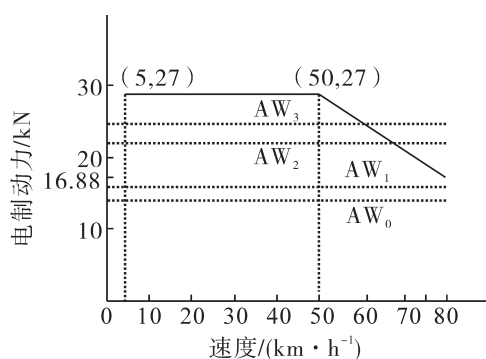


图3 一根动轴轮对的电制动力与速度关系
Fig.3 Relationship between electric braking force and speed of a driving shaft

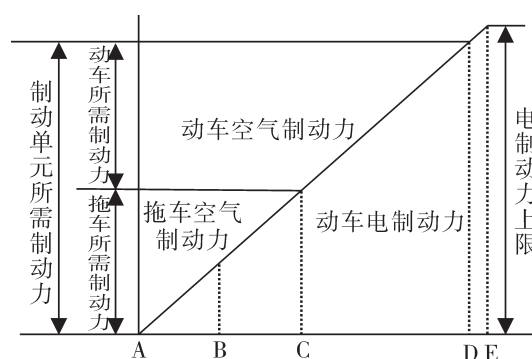


图4 单元车组制动力分配
Fig.4 Braking force distribution of unit vehicles

D—E内,电制动力满足制动单元所需制动力,拖车、动车不施加空气制动;在C—D内,电制动力不足,先施加动车空气制动,可以满足制动单元制动力需要,拖车不需施加空气制动;在A—C内,动车施加空气制动力后,仍不能满足电制动力要求,则拖车利用自身空气制动进行补足。

2.2 常用制动过程

常用制动模式的制动过程分为电制动、混合制动、保持制动3个阶段。

1) 电制动。在常用制动过程中(见图2)优先使用电制动,电制动包括再生制动和电阻制动。运行时,拖车将自身载重信号调制成脉冲宽度调制(PWM)信号输送至本单元动车EBCU,动车也以PWM信号形式将自身载重信号输送给DCU。制动时,动车EBCU根据制动指令和载重计算出本单元车组目标制动力,并向DCU发出电制动请求信号,DCU向拖车、动车EBCU发出电制动有效信号。电制动有效信号禁止EBCU施加空气制动同时向三相变频变压逆变器(VVVF)的功率半导体(IGBT)模块发出PWM指令信号,使直流牵引电动机处于发电状态,将列车动能通过VVVF转变为DC1500V直流电反馈到架空线,发生再生制动;在网压高于DC1800V时,DCU向VVVF的制动斩波BCH模块发出开通指令,将多余的电能送到制动电阻上消耗,发生电阻制动。

2) 混合制动。如果电制动力足够,EBCU控制BCU不动作;如果电制动力达不到制动减速度要求,则DCU向动车EBCU发出电制动衰退信号,动车EBCU根据先前DCU发出的电制动反馈信号进行空气制动力

剪裁的运算及控制,并通过发出与空气压力成比例的电信号到本车BCU,来进行空气制动力的补充,若动车总制动力仍不能满足制动减速度要求,拖车空气制动系统即刻补足^[7]。

3) 保持制动。列车低速运行中空气制动代替电制动会实施“保持制动”使整列车停车^[8]。由于列车速度的减小,列车电制动逐步减弱,当列车速度小于 $12\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 时,DCU通过列车控制线向本单元车辆EBCU发出保持制动信号,EBCU检测到触发信号后,根据冲动限制建立制动缸压力,随电制动力的减小逐渐增大。当列车运行速度小于 $5\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 时,电制动全部关闭,此时,空气制动力保持不变。当列车接近停止(速度小于 $0.5\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)时,系统由停车检测和保持制动信号共同产生与制动指令无关的制动级,该制动级为最大常用制动级的70%,确保列车制动静止。

保持制动压力由牵引指令根据列车牵引力的不断增大才会进行缓解,所以保持制动的另一个作用是防止列车在坡道上停止后再次施加牵引力,由于防止牵引力不足造成列车倒退。

2.3 紧急制动模式

在任何时候启用紧急制动,动车EBCU接收到紧急制动信号后,立即向DCU发出“禁止电制动”信号,并切断所有动车的牵引电源,只有当列车完全停止后才可进行缓解,同时所有车辆BCU的紧急电磁阀失电,紧急转换阀切断自身内部气路的连通,使制动总风的压力空气直接进入基座大通路,再经过称重阀和中继阀进入制动单元。

2.4 停放制动模式

停放制动使用制动闸瓦的弹簧压力进行制动,通过司机室停放制动按钮控制停放制动电磁阀失电、得电进行车辆的制动、缓解,不受EBCU控制,防止列车长时间断电停放时,由于空气泄露,造成单元制动缸气压降低,影响制动。

3 微机控制直通电空制动系统防滑功能

防滑系统由EBCU中的防滑控制单元(WSP)、防滑阀、速度传感器组成^[9]。防滑控制受本车WSP控制,对制动过程中某根车轴减速度过快或牵引过程中某根轴与最大转速车轴相差过大进行监视,并进行减速度检测、速度差检测和滑行率检测,通过安装在转向架上的防滑阀的得、失电组合,完成单元制动缸阶段性的升压、保压、降压,使列车最大限度利用黏着系数。

4 结语

微机控制直通电空制动系统按照整车模块化原则设计,采用智能化控制技术,根据制动工况、防滑监测信息合理进行车辆制动控制,具有良好的电、空制动交互配合能力,使列车制动过程平稳,运行安全可靠。系统在实际运营中采用“拖车空气制动滞后控制”策略,优先使用电制动,再使用空气制动,节能环保,符合城市交通发展趋势。

参考文献:

- [1] 胡辉.我国铁路运输系统节能问题的研究分析[J].华东交通大学学报,2011,28(6):73-78.
- [2] 曾青中,韩增胜.城市轨道交通车辆[M].成都:西南交通大学出版社,2010:201-224.
- [3] 刘永科,陈春峰.天津地铁1号线车辆制动系统及模块化设计[J].现代城市轨道交通,2008(5):22-24.
- [4] 李培曙.城市有轨电车用微机控制直通电空制动系统研制[J].现代城市轨道交通,2005(2):6-9.
- [5] 周新建,胡万华,李继山.高速电动车组制动系统方案设计[J].华东交通大学学报,2002,19(3):14-16.
- [6] 上官伟,蔡伯根,王晶晶,等.高速列车制动模式曲线算法[J].交通运输工程学报,2011,3(11):41-46.
- [7] 邓之明.轨道车辆制动工程[M].北京:中国铁道出版社,2006:192-203.
- [8] 任翠存,岳旭峰.广州地铁制动系统的设计[J].铁道车辆,2000,38(5):73-77.
- [9] 王瑞.地铁车辆的制动与防滑[J].技术与市场,2013,20(2):40-42.

Research on Direct Acting Electro-pneumatic Braking System with Microcomputer Control of Metro

Yang Fengping, Chen Zhenhua, Li Yuqing

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper discusses the structure, braking mode and anti-skid control of direct acting electro-pneumatic braking system with microcomputer control. It mainly researches the braking force calculation, distribution, and the braking response at different stages in braking process. The results may provide some reference for test bench development of direct acting electro-pneumatic braking system and practical repairing of metro vehicles.

Key words: direct acting electro-pneumatic braking system; braking force distribution; braking mode

(上接第 54 页)

Real-time Monitoring System for Steel-rail Temperature of CWR Based on LabVIEW

Sun Maotang, Lei Xiaoyan, Liu Qingjie

(Engineering Research Center of Railway Environment Vibration and Noise of the Ministry of Education, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Based on LabVIEW platform and relevant NI hardware equipment, this study designs the real-time monitoring system for steel-rail temperature and strength of CWR (continuous welded rail), which can realize such functions as data collection, data transferring, real-time display and storage in control room and the data sharing. The temperature stress can be instantly calculated and displayed according to the real-time rail temperature and locking temperature. Via the real-time monitoring the steel rail temperature and strength of CWR, the management of CWR will be improved, thus providing some reference for track maintenance.

Key words: real-time monitoring; continuous welded rail (CWR); temperature; stress