

技
术
专
题

城际动车组交流传动系统

章志兵, 荣智林, 姚中红

(株洲南车时代电气股份有限公司 技术中心, 湖南 株洲 412001)



摘 要: 阐明城际动车组交流传动系统的设计原则, 重点分析和研究城际动车组交流传动系统的结构、工作原理、技术特点等关键技术, 指出主辅一体化的交流传动系统已经成为城际动车组的主流技术。最后对小型化交流传动系统、轻量化设计等课题进行展望和讨论。

关键词: 城际动车组; 交流传动; 主辅一体化; 主辅分离; 小型化; 轻量化

中图分类号: U266.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-128X(2015)05-0006-06

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2015.05.002

作者简介: 章志兵(1981-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事交流传动牵引系统的研究与设计工作。

AC-drive System of the Intercity EMUs

ZHANG Zhibing, RONG Zhilin, YAO Zhonghong

(Technology Center, Zhuzhou CSR Times Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: The design principle of the AC drive system in the intercity EMUs was expounded, emphasis on the key technology such the structure, the working principle and the technical characteristics, which pointed out that the integrative convertor of the AC drive system had become the mainstream technology in the intercity EMUs. At last, the expectation to the subject such as the miniaturized AC drive system and the lightweight technology of the AC drive system in the intercity EMUs was discussed.

Keywords: intercity EMUs; AC drive; integrative convertor; separate convertor; miniaturized; lightweight

0 引言

随着国民经济的快速发展, 城市群的建设越来越成熟, 发展先进轨道交通的需求也越来越强烈, 快捷、安全、绿色、大运量的城际轨道交通必然成为一种战略选择。

城际动车组交流传动系统被称为“列车之心”, 其性能很大程度上决定了城际动车组的动力品质、能耗、经济性、可靠性等关键指标, 因此很有必要对其进行深入研究。下面主要对城际动车组交流传动系统的结构、工作原理、技术特点等进行分析和讨论。

1 系统概述

城际动车组有载客量大、快起快停、快速乘降等主要特点, 车速通常在120~200 km/h之间, 其速度等级、

平均站间距、启动加速度、平均加速度和常用制动减速度等指标如表1所示^[1-2]。

表1 城际动车组主要技术指标				
动车组速度 / (km·h ⁻¹)	平均站 间距 / km	启动加速度 / (m·s ⁻²)	平均加速 度 /(m·s ⁻²)	常用制动减 速度 /(m·s ⁻²)
120~140	2.5~5	0.8~1.0	≥ 0.40	≥ 1.0
160	5~10	≥ 0.80	≥ 0.38	≥ 1.0
200	≥ 10	≥ 0.65	≥ 0.30	≥ 0.9

注: 通常启动加速度对应速度区间为 0~30km/h 或 0~40km/h。

如表1所示, 速度较低的城际动车组, 其启动加速度和平均加速度较高, 适用于站间距较小的线路, 要求启动牵引力较大; 速度较高的200 km/h城际动车组, 其启动加速度很低, 对应启动牵引力较小, 适用于站间距较大的线路。

当前主流的城际动车组, 如CRH6A、CRH6F、140 km/h双流制动车组、温州S1线动车组等, 有4M4T或2M2T两种编组情况。为了更好地对比城际动车组交流传动系统的总体方案, 以2M2T为基本单元, 进行分析和对比, 如图1所示。

收稿日期: 2015-08-04
基金项目: 铁道部科技研究开发计划项目 (2012J003-A)

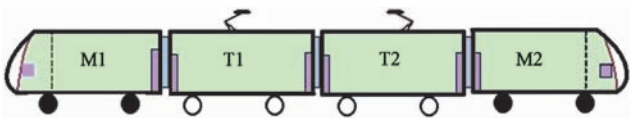


图 1 2M2T 城际动车组

城际动车组交流传动系统主要包括牵引变压器、主变流器、辅助变流器和牵引电机等关键设备。2M2T 编组时, 各设备数量配置如表 2 所示。需要说明的是, 2M2T 编组时牵引变压器可以每个拖车上配置 1 台(共 2 台), 也可以只配备 1 台多绕组的牵引变压器。

表 2 城际动车组交流传动系统设备表

部件名称	M1	T1	T2	M2	合计
牵引变压器	/	1	1	/	2
主变流器	1	/	/	1	2
辅助变流器	1	/	/	1	2
牵引电机	4	/	/	4	8

2M2T 编组时, 交流传动系统的性能除了满足表 1 中的牵引/制动加速度等指标外, 还需要对故障模式坡起、救援模式坡起等工况进行核算^[3]。通过牵引计算和仿真研究, 确定牵引系统主要技术参数如表 3 所示。

表 3 城际动车组牵引系统主要参数

动车组	启动牵引力/kN	电机最大力矩/(N·m)	牵引功率/kW	制动功率/kW
阿根廷罗卡线(120 km/h)	232	2 223	250	412
双流制(140 km/h)	233	2 540	300	400
CRH6F(160 km/h)	216	2 540	322	400
CRH6A(200 km/h)	148	1 850	345	565

由表 3 可知, 为了满足“快起快停、快速乘降”的要求, 城际动车组的启动牵引力普遍较大, 尤其是 160 km/h 以下的动车组, 启动牵引力在 220~240 kN 附近; 为了保证高速运行时的平衡速度和剩余加速度, 200 km/h 城际动车组的启动牵引力大幅降低, 但整车输出功率明显增大。

城际动车组的线路特点和负载情况, 决定了牵引电机不会长时间满功率制动运行。为了更好发挥列车的电制动功能, 系统设计时牵引电机的制动功率通常明显高于牵引功率, 二者的比例在 1.2~1.7 倍之间。

2 系统结构

从城际动车组交流传动系统构成来看, 牵引变压器、牵引电机的形式变化较少, 牵引变流器的结构和形式多种多样。当前, 牵引变流器工程化应用最广泛的主电路模式, 主要有二电平和三电平 2 种^[4], 如图 2 所示。

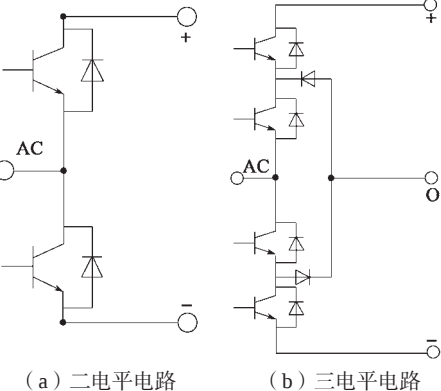


图 2 二电平和三电平主电路

二电平模式下, 单个桥臂的主电路由 2 个开关器件和 2 个续流二极管组成; 三电平模式下, 单个桥臂需要的开关器件数量翻倍, 同时还需要增加 2 个中点钳位二极管。从控制性能看, 三电平模式的主电路输出电压、输出电流的谐波性能更优, 但开关器件增多使得控制策略更加复杂, 同时模块集成和保护的难度也加大。因此二电平模式的主电路应用更为广泛。

城际动车组牵引变流器的结构主要有主辅分离和主辅一体化 2 种模式。

2.1 主辅分离模式

主辅分离模式的牵引系统如图 3 所示, 牵引变压器设有单独的牵引绕组和辅助绕组。主变流器和辅助变流器在电气结构上完全独立、互不影响, 这是主辅分离模式的一个重要优点。但主辅分离模式下, 主变流器和辅助变流器单独成柜, 冷却系统分开, 相应设备总体积和总重量等显著增加。

主辅分离模式下, 1 台牵引逆变器带 2 台牵引电机实现架控; 1 台牵引逆变器带 4 个电机则实现车控。城际动车组中, CRH6A 的牵引系统属于主辅分离模式下的车控模式。

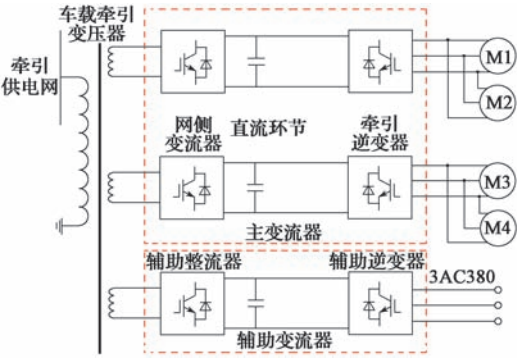


图 3 主辅分离模式的城际动车组交流传动系统

2.2 主辅一体化模式

主辅一体化模式的牵引系统如图 4 所示, 辅助变流器集成在主变流器柜体中, 辅助逆变模块从主变流器的中间直流环节取电。主变流器的中间电压大于 1 500 V, 因此在辅助逆变器后端需要增加降压的辅助变压器, 滤波后输出三相 AC 380 V 正弦波电压。

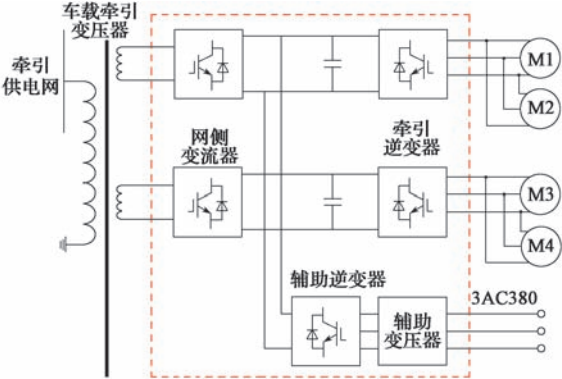


图 4 主辅一体化模式的城际动车组交流传动系统

主辅一体化模式的牵引系统, 辅助变流设备的冷却、散热等都可以与主变流器共享; 同时辅助变流器