

米轨机车辅助变流器输出特性仿真研究

郑 勇, 黄 庆, 秦方方
(株洲南车时代电气股份有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘 要: 客货两用型的米轨机车对牵引变流器的体积和模块数量有着严格的要求, 因此其主电路采用了两重四象限带 5 个逆变器的模式, 并首次将辅助逆变器和列车供电逆变器都集成在牵引变流器中。针对米轨机车牵引变流器主电路的创新设计可能带来的过压、过流等影响, 本文以出口马来西亚的 Eloco 型电力机车为例, 对其辅助逆变器和列车供电输出特性进行了仿真研究。仿真结果表明其辅助逆变器和列车供电的控制效果能较好地满足功能需求。

关键词: 米轨电力机车; 辅助逆变器; 列车供电; 控制; 仿真

中图分类号: U264.3⁺7 文献标识码: A 文章编号: 2095-3631(2016)01-0013-04
doi:10.13889/j.issn.2095-3631.2016.01.003

Simulation Research on Output Characteristics of Auxiliary Inverter for Meter-gauge Electric Locomotive

ZHENG Yong, HUANG Qing, QIN Fangfang
(Zhuzhou CSR Times Electric Co.,Ltd.,Zhuzhou,Hunan 412001,China)

Abstract: Meter-gauge electric locomotive is applicable to passenger and cargo transportation, which has strict requirements for size and module number of traction converter. Therefore, it used a mode of double four-quadrant rectifiers carrying five inverters in the main circuit of traction converter, and firstly integrated auxiliary inverter and train power supply in the main converter. Due to the innovation design of main circuit of traction converter, it may bring impact of over-voltage or over-current faults. Taking Eloco meter-gauge electric locomotive exported to Malaysia as an example, output characteristics of the auxiliary inverter and train power supply were simulated. Simulation results show that control effect of the auxiliary inverter and train power supply can well meet the functional requirements.

Keywords: meter-gauge electric locomotive; auxiliary inverter; train power supply; control; simulation

0 引言

米轨电力机车的机械间尺寸更加紧凑, 对电气系统模块的数量和体积有着极为严苛的要求, 要求其变流器柜的体积更小。出口马来西亚的 Eloco 型电力机车(以下简称: 马来西亚电力机车)为米轨电力机车, 其牵引变流器的主电路拓扑结构采用了 2+5 模式, 即两重四象限带 5 个逆变模块(包括 3 个牵引逆变模块, 1 个辅助逆变器模块和 1 个列车供电逆变模块)。该牵引变流器不仅采用了主辅一体化设计, 将辅助逆变器集成在牵

引变流器中, 而且由于该机车为客货两用型, 也把列车供电逆变器集成在牵引变流器中, 共用水冷系统。这极大地节省了机车机械间空间, 降低了机车制造成本, 但是辅助逆变器和列车供电逆变器输出负载的不确定性和特性的复杂性给整个牵引变流器设计带来了极大的挑战。针对该牵引变流器主电路的创新设计对系统性能可能带来的影响, 本文对其辅助逆变器和列车供电的输出特性进行了仿真研究。

1 牵引变流器主电路

马来西亚电力机车的牵引变压器二次侧设有 4 个独立的牵引绕组, 用于给 2 台牵引变流器中的 4 个四象限

收稿日期: 2015-09-22
作者简介: 郑勇(1987-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电力机车牵引变流器控制系统的研发工作。

变流器模块供电。每台牵引变流器中的两重四象限变流器输出直流回路并联，带3个牵引逆变器、1个辅助逆变器和1个列车供电逆变器，并受TCU(传动控制单元)控制。四象限变流器在牵引工况下进行AC/DC变换，为中间直流电路提供电能；在再生制动工况时，通过中间直流电路进行DC/AC变换，将电能回馈给电网。牵引变压器中还集成了2个滤波电抗器，分别与2台牵引变流器中的二次谐振电容器一起构成中间直流二次滤波电路。当列车处于过分相区间运行时，脉冲整流器被封锁，逆变器工作在回馈工况，将直流侧电压稳定在接近额定值，以保证过分相时辅助逆变器或列车供电逆变器不停止工作。

图1为该机车牵引变流器的主电路框图，它主要包括：四象限变流器、牵引逆变器、辅助逆变器、列车供电逆变器等，其辅助逆变器和列车供电逆变器的输出变压器外接。

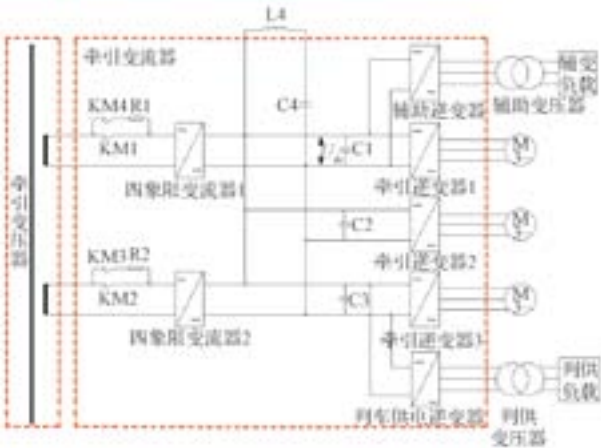


图1 牵引变流器主电路

Fig.1 Main circuit of the traction inverter

1.1 辅助逆变器

辅助逆变器采用主辅一体化设计，集成在牵引变流器柜内。全车共有2个辅助逆变器，正常工作情况下，其中一个辅助逆变器以CVCF(恒压恒频)方式工作，为恒频恒压工作的机车负载供电；另一个辅助逆变器以VVVF(变压变频)方式工作，为变频变压负载(如牵引风机、冷却塔风机等)供电。辅助逆变器接受TCU频率给定并结合幅频特性曲线，采用PWM调制控制技术，对三相输出基波电压有效值进行闭环控制，并控制辅助逆变器输出电压的幅值和频率。辅助逆变器具备冗余功能，一旦其中一台辅助逆变器发生故障，另一台正常的辅助逆变器则以恒压恒频方式为整车辅助电路负载供电。

辅助逆变器主要技术参数如下：

额定输入电压	DC 1 800 V
额定容量	300 kVA

三相输出电压	AC 415 V(变频时为AC 80~415 V)
输出频率	50 Hz(变频时为10 ~ 50 Hz)
输出电压偏差	± 10%
频率波动范围	± 1 Hz
输出电压总谐波含量	≤ 5%
控制方式	PWM

1.2 列车供电逆变器

列车供电逆变器也集成在牵引变流器柜内。全车共2个列车供电逆变器，均以CVCF方式工作，分2路独立地为恒压恒频工作的列车负载供电。列车供电逆变器接受TCU来自司控室的列供钥匙命令，采用SVPWM调制控制技术，对三相输出基波电压有效值进行闭环控制，并控制列车供电逆变器输出电压的幅值和频率。列车供电逆变器具备冗余功能，当其中一台列车供电逆变器发生故障后，另一台正常的列车供电逆变器能够为整列车列车供电负载供电。

列车供电逆变器主要技术参数如下：

额定输入电压	DC 1 800 V
额定容量	500 kVA
三相输出电压	AC 415 V
输出频率	50 Hz
输出电压偏差	± 10%
频率波动范围	± 1 Hz
输出电压总谐波含量	≤ 3%
控制方式	SVPWM

2 辅助逆变器和列车供电输出特性

根据该电力机车的牵引变流器主电路以及辅助逆变器和列车供电逆变器的技术参数，搭建了Matlab/Simulink仿真模型，对辅助逆变器和列车供电的输出特性进行了仿真分析。

2.1 VVVF辅助逆变器输出特性

VVVF辅助逆变器输出三相80~415 V、10~50 Hz电源，经辅助变压器的变压、隔离、滤波后给牵引风机和冷却塔风机供电。VVVF辅助逆变器的输出U/F特性曲线如图2所示，其频率由冷却塔水温和电机温度决定。为更好地反映VVVF辅助逆变器的输出特性，在仿真中进行了3次连续的变压变频给定输出：1 s时刻给定输出80 V/10 Hz，1.5 s时刻给定输出175 V/20 Hz，2 s时刻给定输出415 V/50 Hz，仿真结果如图3~图5所示。从图4和图5的VVVF辅助逆变器输出线电压和相电流波形可以看出，变压变频输出效果很好，更快速地跟随给定值，且过渡过程非常平稳，没有出现过压或过流现象。

需要全文，请联系编辑部！