

HXD1C型电力机车辅助变流器的设计

刘长清, 王佳佳, 蹇芳, 周文勇, 张宁

(株洲南车时代电气股份有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘要: 介绍了HXD1C型6轴7 200 kW电力机车用辅助变流器的主电路、技术参数及总体结构, 重点分析了该辅助变流器的控制单元及技术特点。实际运行情况表明, 该辅助变流器运行稳定, 满足电力机车的运用要求。

关键词: HXD1C型电力机车; 整流器; 逆变器; 技术特点

中图分类号: U264.5+4

文献标识码: A

文章编号: 1671-8410(2010)04-0009-03

Design of Auxiliary Converter for HXD1C Electric Locomotive

LIU Chang-qing, WANG Jia-jia, JIAN Fang, ZHOU Wen-yong, ZHANG Ning

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

Abstract: This paper presents the main circuit, technical parameters and general structure of the auxiliary converter for HXD1C six-axle electric locomotive with 7 200 kW. The control unit and technical characteristic of this auxiliary converter are mainly analyzed. The actual operation shows that the performance of this auxiliary converter is stable and it can meet the requirements of HXD1C electric locomotive.

Key words: HXD1C electric locomotive; rectifier; inverter; technical characteristic

0 引言

HXD1C型6轴7 200 kW货运电力机车是用于干线铁路的大功率交流传动电力机车, 该机车采用了具有完全自主知识产权的电气交流传动系统, 结束了长期以来国内大功率交流传动电力机车电气系统核心技术被国外公司垄断并完全依靠进口的局面。

辅助变流器为HXD1C型电力机车电气系统的重要组成部分, 每台机车配有2个辅助变流柜, 为机车辅助负载提供三相交流电源。正常工况下, 2台辅助变流器都工作时, 一台为变频变压型(VVVF), 一台为恒频恒压型(CVCF), 互为冗余; 当其中任意一台故障时, 另一台只能工作于CVCF模式, 为所有的辅助负载提供电源。

1 主电路及技术参数

该辅助变流器采用单相桥式四象限整流+两电平三相桥式逆变的主电路形式。从机车牵引变压器辅助绕组获取单相交流电压, 经四象限整流器转换为恒定直流电源, 并通过支撑电容进行能量储存, 然后由逆变器将恒定直流电源转换为三相PWM交流电, 再通过LC滤波器为机车辅助负载提供三相正弦交流电压。在输入端、支撑电容端及输出端配置电压传感器, 实现对输入电压、中间直流电压及三相输出电压的监视及保护; 输入端及逆变器模块输出端配置电流传感器, 实现对输入电流及输出电流的监视及保护。图1是辅助变流器的主电路图。

辅助变流器的主要技术参数如下:

额定容量	248 kVA
额定输入电压	单相交流 $470^{+112.8}_{-141}$ V
额定输入电流	474 A
输入电压频率	50 Hz
输出电压	CVCF (440 ± 44) V

收稿日期: 2010-05-21

作者简介: 刘长清(1977-), 男, 工程师, 现从事变流器技术方面的研发工作。

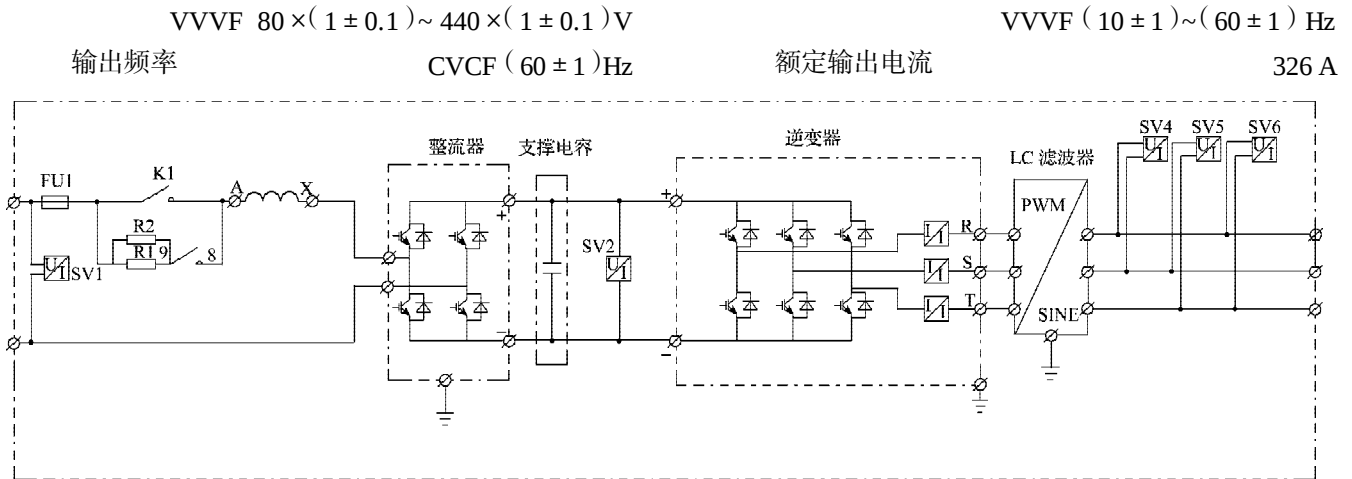


图 1 辅助变流器主电路

Fig. 1 Main circuit of auxiliary converter

2 总体结构

辅助变流器的总体结构布置如图2所示。柜体外形为立式长方体,外形尺寸为1 200 mm × 1 050 mm × 2 000 mm(长×宽×高)。柜体外壳采用不锈钢材料制作,为全密封、整体散热结构,能满足IP54防护等级。柜内发热部件采用强迫风冷的方式散热,风道入口装有防尘过滤网,使辅助变流器可用于环境较恶劣的场合。柜体内部主要部件(如整流器模块、逆变器模块、支撑电容模块、控制单元等)采用模块化设计,便于安装、检修及维护。

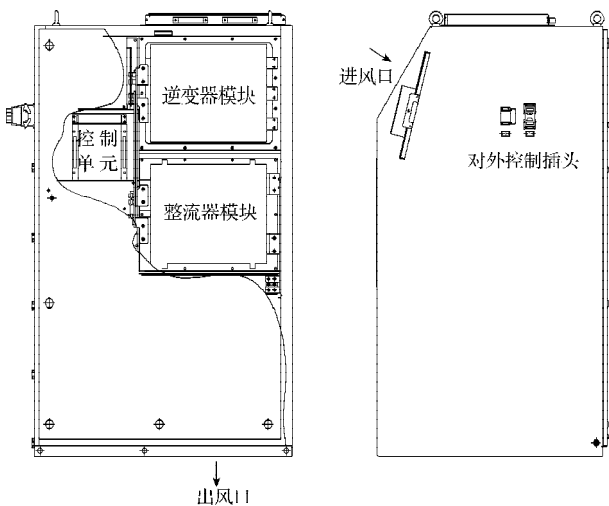


图 2 总体结构图

Fig. 2 General structure

3 控制单元

辅助变流器控制单元共包含7块独立插件,即数字入出插件、电源插件、模拟入出插件、整流器控制插件、逆变器控制插件、CPU插件及通信接口插件。各插件布

置如图4所示。

控制单元主要实现了如下功能:

- (1) 辅助变流器系统逻辑控制;
- (2) 四象限PWM整流器控制;
- (3) SVPWM逆变器控制;
- (4) 辅助变流器系统保护功能;
- (5) 自诊断及故障数据记录功能,故障数据可通过RS232接口下载;

RS232接口下载;

(6) MVB总线网络通信的功能,实现网络控制与监视,并能在司机室显示屏上显示辅助变流器系统的工作状态及故障情况。

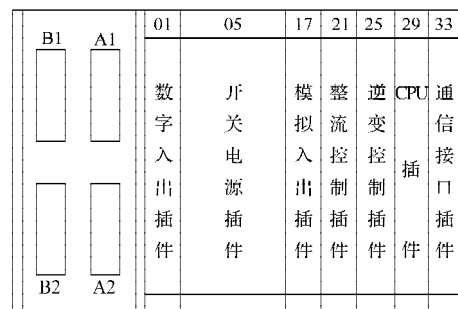


图 3 控制单元插件布置

Fig. 3 Arrangement of the control units

3.1 数字入出插件

数字入出插件主要实现110 V信号与5 V信号的转换功能,共包含10路数字量输入通道及10路数字量输出通道。

数字量输入通道主要通过光电隔离将外部110 V的指令信号,如系统工作命令,系统复位指令及接触器闭合反馈信号转换成控制单元能够识别的高、低电平信号。

数字量输出通道主要将控制单元的高、低电平信

号经过隔离转换成110 V的对外信号。

3.2 电源插件

开关电源是一种具有一、二次侧隔离的多重开关电源,采用DC/DC变换,其输入来自列车蓄电池,共输出5路直流电源(+5 V、±15 V和±24 V),为辅助变流器控制单元提供控制电源。

3.3 模拟入出插件

模拟入出插件主要是将传感器的模拟信号经过整定,转换成控制单元能采用的低电压信号,供整流器控制插件、逆变器控制插件及CPU插件的AD通道使用,并具有保护和控制功能。

3.4 整流器控制插件

整流器控制插件采用美国TI公司生产的高性能DSP芯片F2812及C6711,主要功能是实现辅助变流器系统网侧四象限变流器的瞬时电流控制。它使整流器输出侧直流电压恒定为850 V,且同时实现输入电流正弦化,功率因数近似为1,并具有保护整流器电路的功能。

3.5 逆变器控制插件

逆变器控制插件采用美国TI公司生产的高性能DSP芯片VC33,主要功能为:应用SVPWM脉宽调制技术向逆变器模块提供DC-AC变换调制脉冲,并通过输出端电压传感器采样实现对输出电压的闭环控制,使输出电压稳定^[1],并具有保护逆变器电路的功能。

3.6 CPU 插件

CPU插件采用美国TI公司生产的高性能DSP芯片F2812,其主频可达到150 MHz(时钟周期6.67 ns),大大提高了控制精度和芯片处理能力^[2]。其主要功能为:辅助变流器系统运行的逻辑动作控制功能;系统故障诊断、保护及记录功能;故障下载及系统信息上传功能。

3.7 通信接口插件

MVB插件主要实现与机车MVB网络的通信,通过DRAM与CPU插件交换数据,将辅助变流器的状态信息传递到网络,当辅助变流器故障时,可通过网络对辅助变流器控制单元进行复位。

4 关键技术

4.1 IGBT 元件并联

辅助变流器的整流器模块及逆变器模块均采用了IGBT元件并联技术,即每个桥臂上2个IGBT元件并联。IGBT元件并联技术的关键是优化其并联的静态特性及

动态特性:通过IGBT元件的合理布局及对称布线,获得良好的静态并联特性;通过IGBT元件的选型、参数的一致性、门极驱动技术的优化,获得良好的动态并联特性。

4.2 模块化设计

辅助变流器的整流器、逆变器模块包含散热器、IGBT元件、复合低感母排、驱动单元以及温度检测单元、电源模块等,是功能独立的高度集成功能模块。

4.3 低感母排

由于开关元件的 di/dt 在其快速关断过程中很大,会产生较大的尖峰过电压(其值为 $\Delta u = L_s(di/dt)$,式中 L_s 为线路中杂散电感与元器件上分布电感的总和),对开关元件极为不利。在选用无感或低感元器件后,主电路的电感就取决于元器件的连接形式^[3]。在对元器件合理布局的基础上,辅助变流器中模块与中间直流环节支撑电容的连接采用了低电感复合母排技术,大大降低了主电路上的分布电感,有效地抑制了尖峰过电压 Δu ,保证IGBT元件运行于安全工作区。

4.4 供电和通风双重功能

辅助变流器是机车电气系统及通风系统的重要组成部分,采用车外进风、车内排风的通风方式,承担着为机械间供风的任务。通过合理的风道设计以及大量的风道实验验证,该辅助电源在结构上较好地解决了散热、柜体密封和快速检修等各项关键技术,同时也保证了机车运行时对风量的需求。

考虑到冬季低温时机械间的温度,在风道设计时,留有进风调节口,在冬季工作时可以通过调节进风口状态,实现部分车内进风,以调节机械间温度。

5 结语

目前,该辅助变流器已批量装于HXD1C型电力机车上,运行稳定、可靠,能满足该型电力机车的运用要求。

参考文献:

- [1] 刘长清,郭平华,黄长强,等.电力机车四象限辅助变流器的研制[J].电力机车与城轨车辆,2003(6):18-20.
- [2] 苏奎峰,吕强,耿庆峰,等.TMS320F2812原理与开发[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [3] 蹇芳.IGBT变频器的关断浪涌电压抑制及其仿真[J].电力机车与城轨车辆,2008(4):4-6.