

# 磁悬浮列车三相辅助逆变电源的设计

谢湘剑, 林文彪

(株洲南车时代电气股份有限公司, 湖南 株洲 412001)

**摘要:** 介绍了一种 DC 1 500 V 供电的三相辅助逆变电源。相对于传统的静止式辅助逆变电源, 它具有体积小、重量轻等特点。该产品在上海、唐山中低速磁悬浮列车上得到应用, 运行稳定可靠。

**关键词:** 辅助变流器; 磁悬浮列车; DC/DC 变换

**中图分类号:** U264.5+6; U292.91+7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-8410(2010)03-0016-03

## Design of Three-phase Auxiliary Inverter for Maglev Train

XIE Xiang-jian, LIN Wen-biao

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

**Abstract:** It introduces a three-phase auxiliary inverter with DC1 500 V power supply. Compared with the traditional static auxiliary inverters, it is smaller and lighter. This product has been used in Maglev Train of Shanghai and Tangshan, and is stable and reliable.

**Key words:** auxiliary converter; maglev train; DC/DC convert

### 0 引言

中低速磁悬浮列车利用电磁力克服地球引力, 使列车在轨道上悬浮, 并利用直线电机推动前进, 是一种新近发展起来的轨道交通装备, 适用于大中城市市内、近距离城际间、与旅游景区连接的旅客运输, 市场前景广阔。与普通轮轨列车相比, 它具有噪声低、振动小、线路敷设条件宽松、建造成本低、易于实施和维护等优点, 而且由于其牵引力不受轮轨间粘着系数的影响, 其爬坡能力强, 运行弯道半径小, 是舒适、安全、快捷、环保的绿色轨道交通工具, 在各种交通方式中具有独特的优势。

磁悬浮列车依靠磁力支撑车体, 悬浮所耗功率与车辆的重量有关, 车辆配置了大量的电气机电设备, 所以对各个部件的重量和体积提出了苛刻的要求。磁悬浮列车三相辅助逆变电源的设计也考虑了上述几个因

素, 主要体现在其主电路拓扑结构的选择上。

### 1 电路拓扑结构的选择

目前轨道车辆(地铁车和轻轨车)的空调、照明、蓄电池浮充电和控制系统的辅助电源基本上均采用静止式辅助逆变电源供电方式; 逆变电源直接从第三轨受电, 经过DC/DC变换后向三相逆变器提供稳定的输入电压, 通过VVVF变频调压控制, 逆变电源输出三相交流电压向负载供电<sup>[1]</sup>。

DC/DC变换有“隔离”和“非隔离”两种形式。传统的静止式辅助逆变电源采用的是“非隔离”式的DC/DC斩波电路, 通过控制斩波电路开关管驱动脉冲的宽度, 为三相逆变器提供稳定的输入电压。为了实现输入输出之间的电气隔离, 在输出端加一个工频三相隔离变压器。该三相隔离变压器因体积大和重量重, 难以满足磁悬浮列车对电源装置的体积和重量的苛刻要求。因此, 我们采用“隔离”式DC/DC变换电路取代非隔离的DC/DC斩波电路, 用高频功率变压器取代工频三相隔离

收稿日期: 2010-03-05

作者简介: 谢湘剑(1975-), 男, 工程师, 主要从事车载辅助变流器的研究与开发。

变压器,有效减小了辅助逆变器的体积和重量。

如图1所示,三相辅助逆变电源主电路采用“半桥逆变器+全桥整流器+三相逆变器”结构,主要由输入滤波、半桥逆变、全桥整流、三相逆变及输出滤波电路组成。

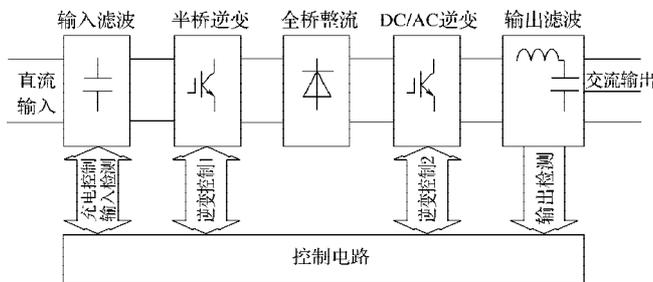


图1 三相辅助逆变电源系统框图

Fig.1 System block diagram of the three-phase auxiliary inverter

## 2 主要技术参数

三相辅助逆变电源将输入DC 1 500 V电源转换成稳定的三相380 V/50 Hz交流电输出,其主要技术参数如下:

输入电压	
主电路	标称DC 1 500 V (波动范围DC 1 000~1 800 V)
控制电路	标称DC 110 V (波动范围DC 77~137.5 V)
额定输出电压	三相AC 380 V
额定输出频率	50 Hz
输出电压波形	正弦波
输出电压总谐波含量	≤10%
额定输出容量	60 kVA

负载功率因数	0.85
额定效率	>90%
质量	≤450 kg
外形尺寸	≤1600 mm × 900 mm × 560 mm

## 3 主电路

隔离式DC/DC变换结构的电路拓扑有很多,如正激、反激、半桥、全桥等拓扑电路。额定输入DC 1 500 V电压,开关管的电压应力较大。前面几种电路拓扑中,半桥、全桥逆变电路中开关管仅承受50%的输入电压,降低了开关管承受的电压应力;而半桥电路相对于全桥电路具有开关管数量少、驱动电路简单、抗偏磁能力强等优点,并且变压器双向励磁利用率高<sup>[2]</sup>,所以,最后选择了半桥逆变作为DC/DC变换的电路拓扑结构。

为进一步降低半桥逆变电路开关管承受的电压应力,采用两个半桥电路串联的工作方式,输入电压DC 1 500 V经过串联电容分压,得到两路DC 750 V电压分别送至两路半桥逆变电路。两路隔离式DC/DC变换电路的电路形式及参数完全一致,各传输50%的功率,两路并联输出。

整流电路采用不可控的二极管全桥整流电路。为了降低后端整流二极管的电压应力,高频变压器采用双二次绕组结构,同一个变压器两个二次绕组输出电压经过全桥整流后串联输出。两个变压器输出电源整流后并联输出,各自承担输出功率的50%。

逆变电路的开关管采用IPM智能功率模块,具有驱动简单、驱动电流小、保护功能较强等优点。图2为其主电路。

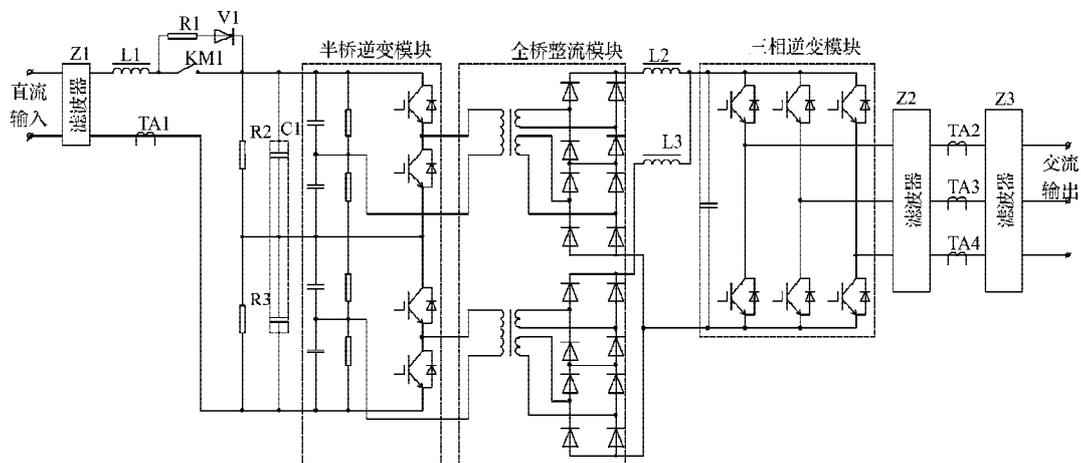


图2 三相辅助逆变电源主电路图

Fig.2 Main circuit diagram of the three-phase auxiliary inverter

### 4 结构设计

三相辅助逆变电源柜吊装在磁悬浮列车车厢底部，工作环境非常恶劣，因此对柜体强度及散热设计都提出了苛刻的要求。在风道设计过程中，借助仿真及试验手段验证器件散热的快速性及均匀性，以保证系统的可靠性。

箱体采用轻量、模块化设计，抗振动、耐冲击、安全可靠和便于维护；同时还采取了防水、通风散热措施。电源柜中包含半桥逆变、全桥整流、三相逆变3大模块，模块上的电气连接均采用复合母排或者铜母排，降低线路上杂散电感，提高系统的可靠性。采用导热胶将高频变压器封装在铝盒中，然后安装在全桥整流模块的散热器上，并在铝盒基板与散热器之间均匀涂抹导热硅脂，很好地解决了高频变压器的散热问题。

### 5 控制技术

三相辅助逆变电源系统采用微机控制技术，以单

片机为核心，实现对系统的检测和控制。CPU 实时检测开关管故障信号、接触器状态信号、温度继电器状态信号以及输入输出电压电流等信号。通过实时检测数据，调整控制参数，保证系统安全可靠运行。DC/DC变换采用PWM控制技术，DC/AC变换采用SPWM控制技术。

整个系统原理图如图3所示。当DC 110 V控制电源接通后，控制单元首先对系统进行自检，在确认系统无故障的情况下主电路开始工作。若检测到输入电压正常，则闭合短接接触器，触发两路半桥逆变脉冲，DC/DC变换电路(半桥逆变、全桥整流)开始工作，将输入的DC 1 500 V电源变换成稳定的DC 560 V中间直流电压，再通过三相DC/AC逆变成为三相SPWM波，经LC滤波后为相应的三相负载供电。一旦检测到开关管、温度继电器、接触器及相关电流电压等信号有异常，就立即封锁脉冲，停止输出，保护电源和负载。

为了避免同一桥臂的上下两个开关管同时被驱动脉冲触发导通而发生短路，开关管的驱动电路采取了防止

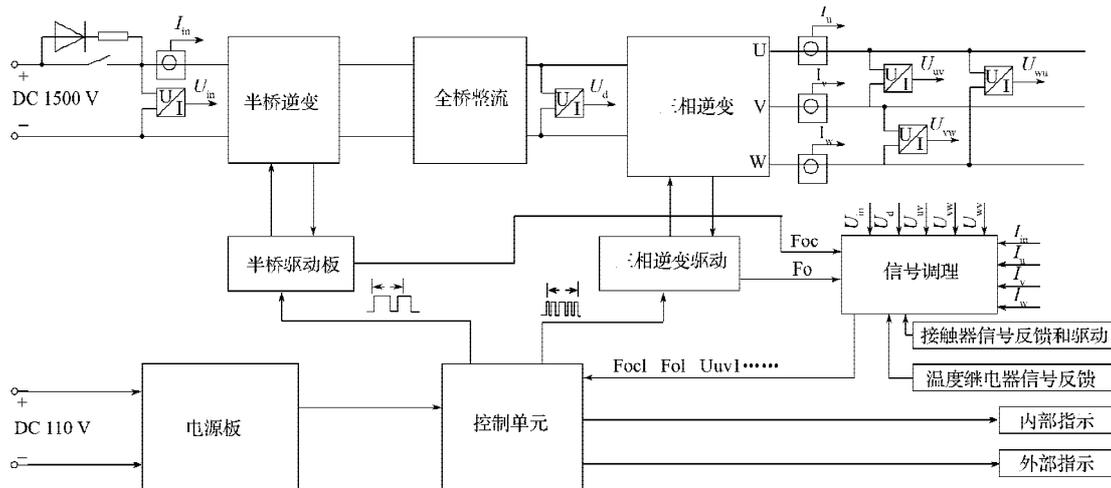


图3 三相辅助逆变电源系统原理图

Fig.3 System schematic diagram of the three-phase auxiliary inverter

上下管驱动脉冲同时触发的措施，电路原理如图4所示。

### 6 结语

本文所述的三相辅助逆变电源，降低了开关器件所需承受的电压应力，同时与传统静止式辅助逆变电源相比，减轻了重量和减小了体积，是中低速磁悬浮列车三相辅助逆变电源一个很好的选择。目前该三相辅助逆变电源在上海低速磁悬浮列车、唐山中低速磁悬浮列车上运行良好，能够满足磁悬浮列车的运营要求。

### 参考文献:

[1] 李红, 左鹏, 刘伟志, 等. 地铁车辆辅助逆变电源分析研究[J]. 中国铁道科学, 2004, 25(1): 52-55.  
 [2] 王兆安, 黄俊. 电力电子技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

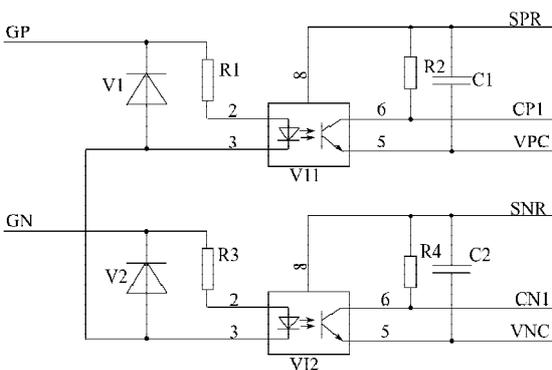


图4 同一桥臂上下管驱动电路

Fig.4 Drive circuit for upper and lower switch in one bridge arm