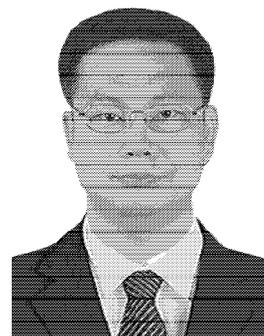


研
究
开
发

零电流软开关DC/DC电压 变换输入型辅助逆变器

高永军, 张瑞峰

(永济新时速电机电器有限公司, 陕西 西安 710016)



作者简介: 高永军(1966-), 男, 硕士, 高级工程师(教授级), 主要从事动车组变流器技术研究。

摘要: 提出了一种零电流软开关DC/DC电压变换输入型辅助逆变器方案, 该辅助逆变器采用双段式变压器电路结构, 前段为DC/DC开关电源电路, 后段为三相逆变电路, 系统采用零电流开关(ZCS)技术进行控制, 实现了IGBT上电压和电流开关损耗最小化。试验结果验证了所提出的方案是可行的。

关键词: 软开关; DC/DC变换器; 零电流; 辅助逆变器; 开关损耗; 辅助供电

中图分类号: U264.5⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2014)05-0017-03

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2014.05.005

Auxiliary Inverter with Zero-current Soft Switching DC/DC Converter Input

GAO Yongjun, ZHANG Ruifeng

(CNR Yongji Xinshisu Electric Equipment Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710016, China)

Abstract: An auxiliary inverter with zero-current soft switching DC/DC converter input was proposed. Two-stage transformer circuit structure was adopted, the front part of which was DC/DC converter, and the rear part of which was three-phase inverter circuit. Zero-current switching (ZCS) technology was used for control, so that switching loss of voltage and current on IGBTs was minimized. The experimental results proved the validity of the design.

Keywords: soft-switching; DC/DC converters; zero-current; auxiliary inverter; switching loss; auxiliary power supply

0 引言

人们在旅行中随身携带的手机、笔记本电脑、微型电视、电池充电器等电器设备都需要使用到交流电源, 而我国的列车供电网通常是25 kV的单相交流电源, 为了解决高压输入中电压输出的辅助供电要求, 简化辅助供电一次输入电源的电路结构, 需采用直接从主变流器的中间直流环节输入直流电压的供电方式, 经斩波降压、逆变2个环节输出三相交流电源来满足列车的辅助供电要求^[1]。本文使用一种零电流软开关技术降低IGBT的开关损耗^[2-4], 减少发热量, 提高了系统的稳定性。

1 电路工作原理

列车供电系统框图如图1所示。

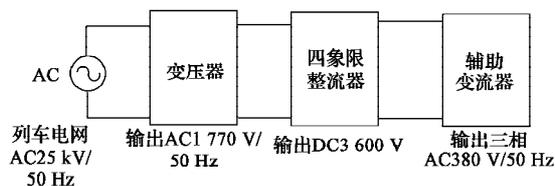


图1 列车供电系统框图

辅助变流器(如图2所示)采用双段式变压器电路结构, 前段为DC/DC开关电源电路, 由斩波降压、谐振整流2部分组成, 后段为三相逆变电路。辅助变流器从主变流器的中间直流环节输入直流3 600 V电压, 通过2个斩波器和2个高频解耦变压器输出600 V的直流电压作为后级逆变的输入, 经逆变滤波后为列车辅助系统提供380 V交流电源。辅助变流器主要性能技术参数如下:

电路类型	斩波逆变双段式
输入电压	DC 3 600 V
输出电压	三相 380 V

输出电压范围	AC 380(1 ± 5%)V
瞬时输出最大电压	380(1 ± 20%)V
频率变化范围	50(1 ± 2%) Hz
总谐波畸变	<5%
额定功率下的效率	≥92%

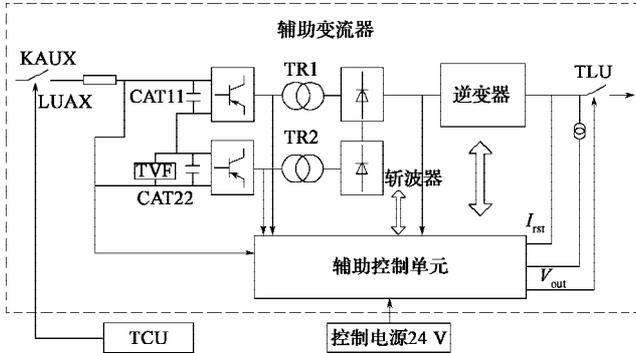


图2 辅助变流器原理框图

1.1 DC/DC 开关电源电路

高压斩波电路采用双IGBT半桥变压器电路结构，将高压输入转换为三相逆变器所需的直流输入。为了降低其在高开关频率工作时的开关损耗，采用零电流开关(ZCS)技术进行控制，图3为零电流(ZCS)软开关DC/DC电路原理图。

在功率主开关元件IGBT(A或B)受控关断之前，辅助IGBT元件RIS先受控导通，电容Cris和变压器漏感Lk形成谐振回路，流过变压器和IGBT(A或B)的电流按正弦变化减至零，此时再去关断功率主开关IGBT(A或B)，从而实现零电流关断。

变压器的后级是由高频整流二极管组成的串联单相全波整流电路，其输出脉宽可调的斩波电压经过谐振滤波器、斩波电抗器L_o、滤波电容C_o、均压电阻R_o输出辅助逆变器所需的直流600V电压。

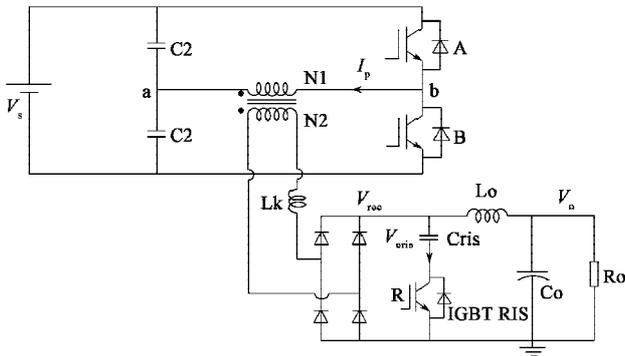


图3 零电流软开关DC/DC电路原理图

图4为零电流软开关DC/DC电路控制波形， $T_1 \sim T_5$ 是IGBT B的工作模式， $T_6 \sim T_{10}$ 是IGBT A的工作模式，其工作模式都为半个周期。

各时间段的控制过程如下。

- ① T_1 时间段：IGBT B 导通工作。
- ② T_2 时间段：IGBT RIS导通谐振电路工作，除负载

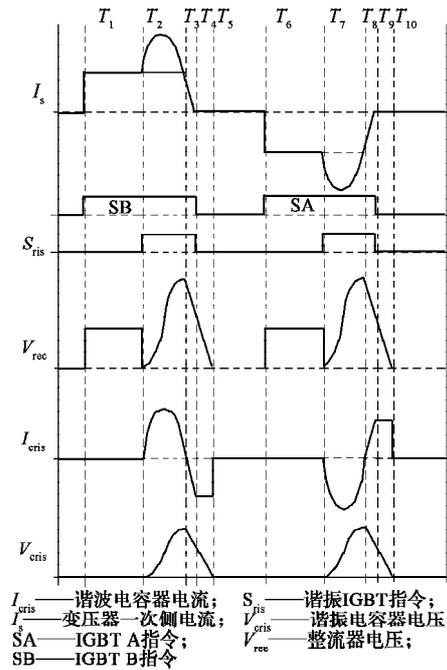


图4 零电流软开关DC/DC电路控制波形

所需的基波电流外，还产生了负载谐振电容的谐振电流。

③ T_3 时间段：此时间内，控制不发生变化。变压器一次侧电流线性下降至零点，谐振电容中的电流变为负值。谐振电容通过谐振IGBT的反并联二极管开始进入卸载阶段。

④ T_4 时间段：变压器的一次侧和二次侧线圈中的电流都为0，整流桥关断，谐振电容向负载放电，该时段所有IGBT均关断。

⑤ T_5 时间段：谐振电容器完全放电，通过整流桥续流。

此后， $T_6 \sim T_{10}$ 时间段内IGBT A工作，波形如图4后半段所示，这期间的运行与IGBT B的方式完全相同，只是方向相反。

1.2 三相逆变电路

逆变电路将前段DC/DC变换的电压输入逆变为三相380V/50Hz的辅助系统电源电压，供车载辅助系统中的交流负载使用。

逆变电路采用6个带反向并联二极管的IGBT组成，每对IGBT组成三相中的一相桥臂，IGBT可视为6个理想开关，原理电路如图5所示。当驱动电路板接收到辅助控制单元发出的PWM脉冲信号后，将触发每相中的

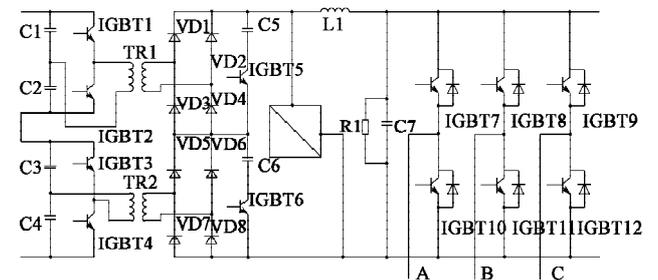


图5 三相逆变电路原理图