

轨道交通车辆 24V 直流电源的节能研究

Energy-saving Study of 24V DC Power of Rail Transit Vehicles

吕龙, 刘国梁

长春轨道客车股份有限公司 (吉林, 长春, 130062)

Lv Long, Liu Guoliang

Changchun Railway Vehicles Co., Ltd (Jilin, Changchun, 130062)

摘要: 目前轨道交通车辆普遍采用的低压直流电源供电制式为 110V 和 24V, 其中 110V 直流电源集成在车载辅助供电系统中, 通过辅助供电系统将接触网上高压电变换为满足轨道交通车辆运营需求的 110V 直流电, 而 24V 直流电需采用额外的电能变换模块来获取。针对轨道交通车辆 24V 直流电源的设计, 介绍了一种基于 ZVS 软开关技术的节能控制方案, 并进行了仿真研究, 结果表明遵循该节能方案的 24V 直流电源同样取得了较好的动静态特性。

关键词: 节能 24V 直流电源 零电压开关 ZVS 硬开关 软开关

Abstract: So far, low-voltage DC power has been widely used in rail transit vehicles, including 110V and 24V. 110V DC power is integrated in the vehicle auxiliary power supply system, through which it contacts high voltage electricity from the grid, transformed into a satisfied kind of 110V DC power. While 24V DC power is got by additional electric energy. As for the design of 24V DC power of rail transit vehicles, an energy-saving control scheme based on ZVS soft switching technology is introduced, a simulation research also being done. The result shows that such a 24 DC power has a good static and dynamic performance as well.

Key words: Energy-saving, 24V DC Power, Zero voltage switch (ZVS), Hard switching, Soft switching

[中图分类号] TN86 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2015) 03-0034-04

0 引言

现代轨道交通车辆直流电源正向小型化、轻量化以及节能化的方向发展, 这就要求 PWM 直流稳压电源具有更高的开关频率^[1-2]。然而, 对于传统 PWM 直流稳压电源来说, 提高开关频率会面临诸多实际问题。在传统 PWM 直流稳压电源中, 功率开关管在电压不为零时导通, 在电流不为零时关断, 处于强迫开关过程, 这种开关过程又称为硬开关过程。在这种硬开关工作模式下, 随着开关频率的上升, 开关管的开关损耗会成正比地上升, 使电路的效率大大降低, 同时会产生严重的电磁干扰^[3]。针对以上问题, 本文介绍了一种基于 ZVS 软开关技术的节能型直流稳压电源设计方案, 并进行了仿真研究。

1 车载直流稳压电源节能方案分析

传统直流稳压电源通过 PWM 技术控制功率开关管的导通和关断, 其实质上是一种突变的开关过程, 提供或中断功率流, 最终实现能量的变换, 可将这种开关过程称为硬开关过

程。而 ZVS 软开关技术, 通过谐振电感与功率开关管结电容进行谐振, 当功率开关管两端电压下降到零时, 开通或关断功率器件。由于功率开关管在零电压条件下完成导通与关断, 将使开关损耗在理论上为零, 硬开关与软开关的开关过程示意图如图 1 所示。由于 ZVS 软开关过程开关损耗理论上为零, 在同等开关频率的工况下, 采用 ZVS 软开关技术的直流稳压电源将具备明显的节能效果。

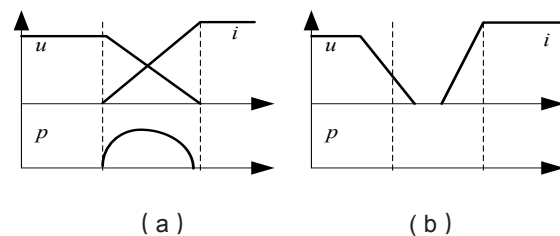


图 1 硬开关与软开关的开关过程:
(a) 硬开关过程; (b) 软开关过程

当于短路，因此选取纯电阻负载，选取 $R_o=50\Omega$ ；PWM 控制器采用平均电流模式控制算法，将电路的输出电压和电流反馈会控制系统，通过闭环 PWM 控制器控制功率开关管开通和关断，开关频率为 50kHz。

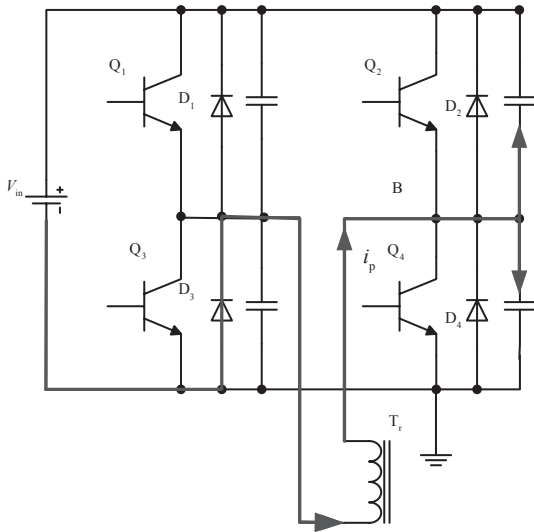


图 4 滞后桥臂 ZVS 示意图

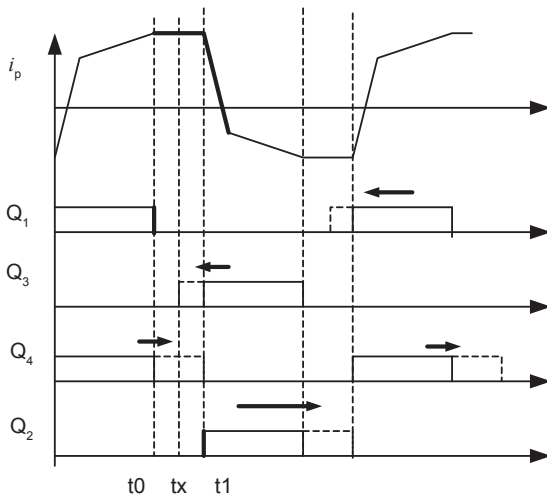


图 5 ZVS 方式主要波形

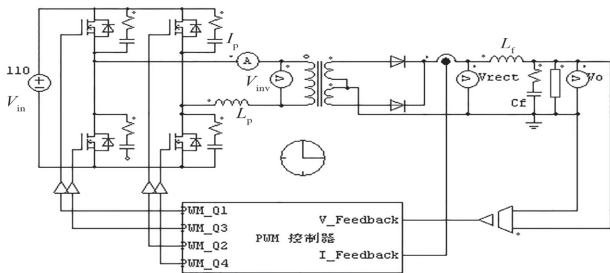


图 6 仿真模型

基于以上仿真模型，获得的各开关器件开通时序及变压器原边电流 i_p 波形如图 7 所示。为检验 24V 电源性能，测试

电源输出电压波形如图 8 所示，将输出电压性能指标列入表 1。

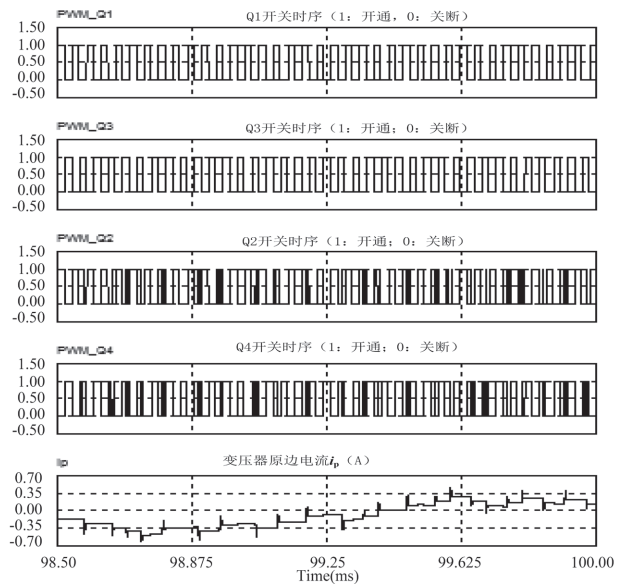


图 7 仿真波形

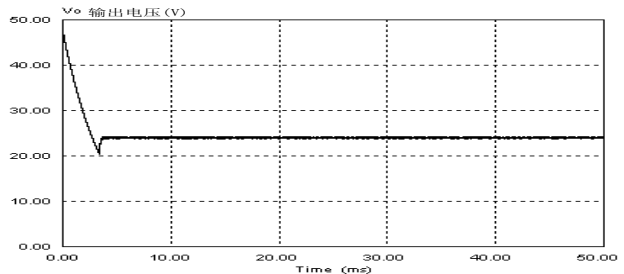


图 8 输出电压波形

表 1 主要性能指标

输出功率 (W)	11.52
调节时间 (ms)	3.5
超调量 (%)	79.58%
电压波动范围 (V)	21.35~43.10
稳态电压脉动范围 (V)	23.80~24.27

可见该电源无论在动态调节时间还是在输出稳态精度方面，均可满足轨道交通车辆 24V 直流供电需求。

5 结论

24V 直流电源在轨道交通车辆低压供电系统中占据不可或缺的位置，主要为刮雨器、仪表灯及电笛等电子设备提供电能。在实际设计中，如果要实现 ZVS 节能型直流电源，在硬件电路方面仅需增加谐振电感，在软件层面需考虑合适的 ZVS 控制方式，通过 PWM 控制器适时地开通和关断功率开关管，由此可见这种节能型电源设计方案对成本增加的贡献非常微小。本文在仿真平台上搭建仿真模型，进行电源的模拟设计，设计出的电源具有良好的动态调节时间和稳态输出精度，为轨
(上接第 45 页)