

单管并联技术在大功率电动汽车充电机中的应用 Application of Single Pipe Parallel Technology in High Power Electric Vehicle Charger

王聪慧, 单栋梁, 邓长吉, 刘向立
许继电源有限公司 (河南, 许昌, 461000)
Wang Conghui, Shan Dongliang, Deng Changji, Liu Xiangli
XJ Power Co.,Ltd. (Xuchang, 461000, China)

摘要: 为满足电动汽车对充电机大电流输出、高功率密度及高性价比的要求, 本文应用静态均流、动态均流对 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) 并联技术进行理论分析。结合移相全桥技术, 设计了一款 3 只 IGBT 并联使用的大电流输出智能充电机。实验及实际应用情况表明, 该设计运行可靠、各项指标满足要求, 且成本较低, 具有很强的市场竞争力。

关键词: 电动汽车 静态均流 动态均流 IGBT 并联 移相全桥

Abstract: To meet the electric vehicle charger current output, high power density and high performance requirements. In this paper, the theoretical analysis of static current sharing and dynamic current sharing for IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) paralleling are presented. Designed a large current output smart charger of three IGBTs paralleling with phase-shift full bridge technology. The reliable operation, the indicators meet the actual requirements and low cost are verified by the experiments and practical application, and have very strong market competitiveness.

Keywords: Electric vehicle, Static current sharing, Dynamic current sharing, IGBT Paralleling, Phase-shifted full-bridge

[中图分类号] U463.6 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2014) 12-0048-04

1 引言

电动汽车以电代油, 能够实现“零排放”与“低噪音”的效果, 是解决能源和环境问题的重要手段。随着石油资源的紧张和电池技术的发展, 电动汽车在性能和经济性方面已经接近甚至优于传统燃油汽车, 并开始在世界范围内逐渐推广应用。以电动汽车为代表的新一代节能与环保汽车, 是汽车工业发展的必然趋势, 已经成为普遍共识。充电机输出容量的增加, 可采用充电机并联或串联与主开关器件并联或串联两种基本办法^[1,2]。前者的主要缺点是功率密度低, 在电动汽车等高功率密度要求的环境中较为不适合。本文采用功率器件 (IGBT) 并联技术, 通过静态均流、动态均流的理论分析, 总结 IGBT 并联使用的一般性原则, 结合移相全桥技术, 采用 3 个 IGBT 并联使用, 研制出输出电压 500V, 输出电流 30A 的新一代智能充电机。

2 影响 IGBT 并联均流的主要因素及解决措施

IGBT 并联运用电流分配不均衡的主要因素有两种: 静态

电流不均衡和动态电流不均衡^[3,4]。

2.1 静态均流

静态电流不均衡主要由功率器件的饱和压降 $V_{CE(sat)}$ 及主电路走线电阻不一致所造成。静态时, 主要是单个器件的输出特性影响电流的分配。2 个输出特性不一致的器件 IGBT₁ 和 IGBT₂ 并联运行时的电流分配情况, 如图 1 所示。

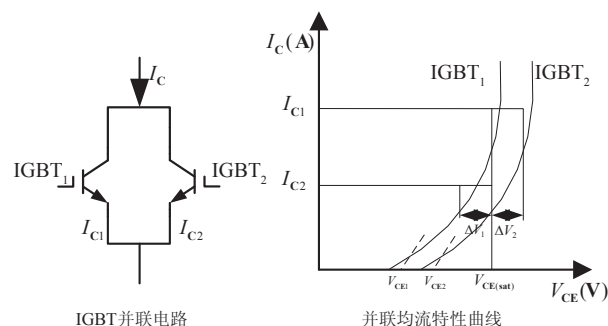


图 1 IGBT 直接并联时的均流特性示意图

图 1 中 V_{CE1} 和 V_{CE2} 分别为 IGBT₁、IGBT₂ 的集电极电流

IKW40N120H3 功率管 3 只 IGBT 并联。单只功率管在 100℃ 结温时，额定电流为 40A。

3.3 IGBT 驱动电路设计

由 4 路驱动移相芯片 UC3895 提供驱动信号，输出电压 5V。然后，经过 M57962L 功率放大，再经驱动电路后，一路驱动 3 只 IGBT 功率管 M57962L。该器件是日本三菱公司生产的专用驱动 IGBT 的驱动器，它由光耦合器、接口电路、检测电路、定时复位电路以及门关断电路组成。具有较高的输入输出隔离度；采用双电源供电的方式，以确保 IGBT 可靠通断，内部有短路保护电路。IGBT 驱动电路见图 4。

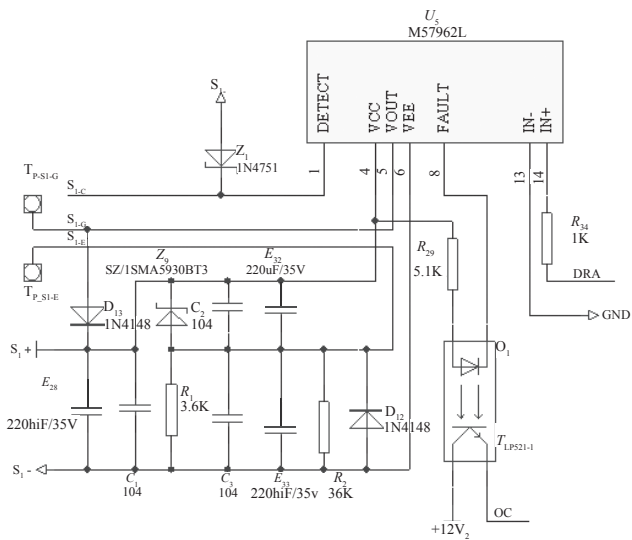
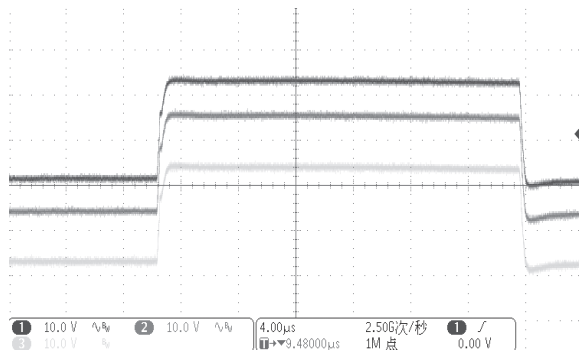


图 4 IGBT 驱动电路

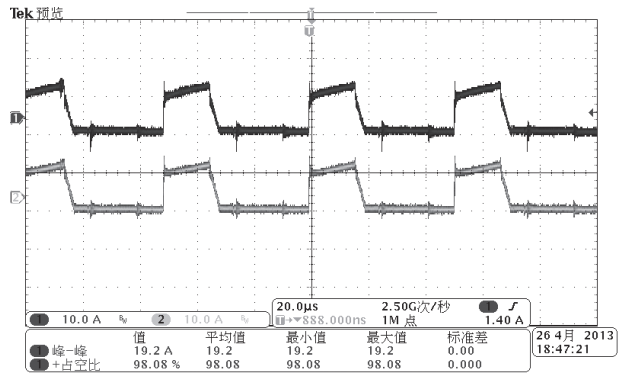
4 试验结果及分析

为验证 IGBT 并联使用理论分析的正确性及降低充电机的成本，研制出了一款高度为 3U 的智能充电机，采用强制风冷的独立风道设计。该款充电机包括整流滤波，直流电容板，全桥逆变，高频整流滤波，控制单元，监控及显示单元。

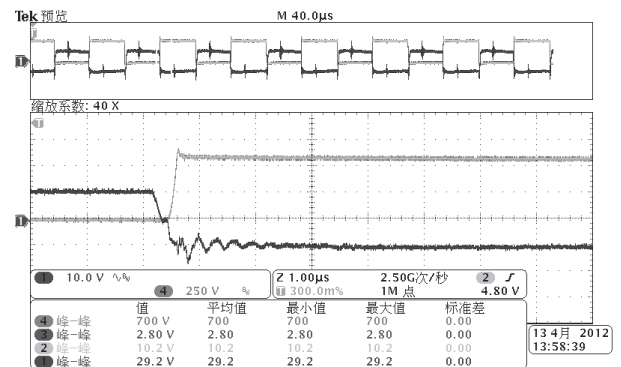
测试仪器为：数字示波器 MSO4034；功率测试仪 PM3000A；数字万用表 Agilent34401A；罗氏线圈 CWT60B。电池为 300Ah 动力磷酸铁锂电池。测试波形示于图 5。



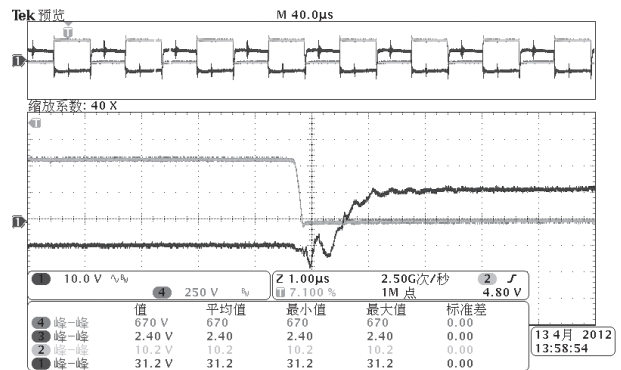
(a)



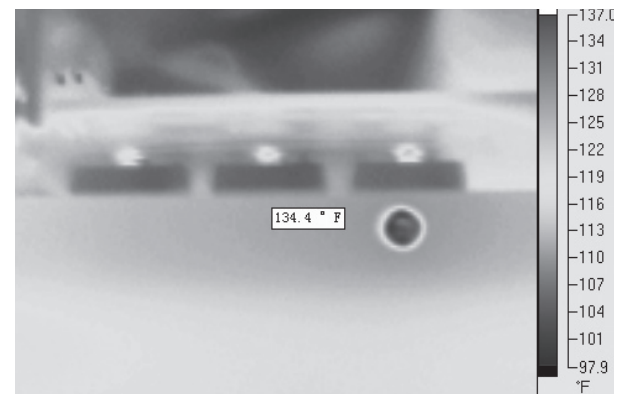
(b)



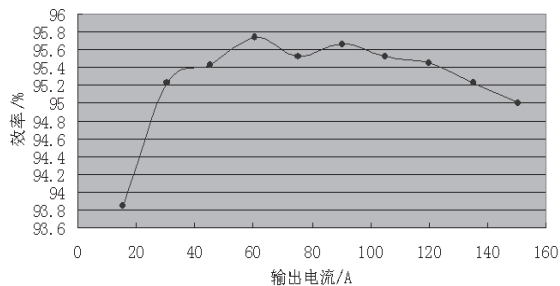
(c)



(d)



(e)



(f)

图5 试验波形: (a) 3只并联 IGBT 驱动波形; (b) 两只并联 IGBT 电流波形; (c) 功率管零电压关断; (d) 功率管零电压开通; (e) 3只并联 IGBT 温度测试; (f) 整机效率曲线。

图(a)为3只并联IGBT功率管的驱动波形,从图中可以看出,3只IGBT驱动的开通及关断一致性较好,从而确保了功率管的开通及关断一致性,为系统的稳定性、可靠性提供了有力保证;图(b)为带载时流经并联IGBT功率管的电流波形,从通道1与通道2波形可以看出,波形一致性好,且波形所受干扰较小,证实了IGBT的均流效果好,确保每只管子都能得到很好的利用;由图(c)和图(d)可以看出,功率管中IGBT的零电压关断及零电压开通状态;图(e)为在整机温度恒定后测试的温度分布,从图中可知,3只管子的温度较为接近,进一步的表明功率管的并联设计具有较好的均流性能;在额定电压输出500V时,对整机在不同负载情况下进行了详细的测试,得到如图(f)所示的整机效率曲线,从图中可以看出,智能充电机的效率大都在95%以上,从节能及散热方面看都是相当可观的,也为高功率密度的设计提供了有利的支持。以上试验结果表明该产品的均流设计及整机方案的正确性,性价比较高。

5 结语

运用多管并联技术研制出的15kW智能充电机,结构紧凑、性价比高、有独立风道等优点,输入输出范围宽。该系列产品在青岛薛家岛充换电站、天津海泰充换电站及南京医科大学充换电站运行一年多来,运行稳定,事故率较低,得到了用户好评,具有很强的市场竞争力。

参考文献

[1] Jonathan Dodge. Parallel connection of power

electronic devices[J]. Application Note, APT0202 Rev, 2002.

[2] J He, M E Jacobs, Non - Dissipative Dynamic Current - Sharing Snubber for Parallel Boost Connected IGBTs in High Power Converter[C]. IEEE APEC Conf. '99, 1999. 2: 1105 - 1111.

[3] 查申森, 郑建勇, 苏麟等. 大功率IGBT并联运行时均流问题研究[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(7): 32-34. ZHA Shensen, ZHENG Jianyong, SU Lin, et al. Reserch on current balancing of pallallel IGBTs[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(7): 32-34

[4] 孙强, 王雪茹, 曹跃龙. 大功率IGBT模块并联均流问题研究[J]. 电力电子技术, 2004, 38(1): 4-6. SUN Qing, WANG Xuerui, CAO Yue-long. Study of the current balance of IGBTs in paralleling[J]. Power Electronics, 2004, 38(1): 4-6.

[5] 张成, 孙驰, 马伟明, 艾胜. 基于电路拓扑的IGBT并联均流方法[J]. 高压技术, 2013, 02: 505-512. ZHANG Cheng, SUN Chi, MA Weiming, AI Sheng. Paralleling Current Sharing Method of Parallel IGBTs Based on Circuit Topology [J]. High Voltage Engineering, 2013, 02: 505-512.

[6] 乔尔敏, 温旭辉, 郭新. 基于IGBT并联技术的大功率智能模块研制[J]. 电工技术学报, 2006, 10: 90-93+100. Qiao Ermin Wen Xuhui Guo Xin. Development of High Power Intelligent Module Based on Paralleled TGBTs[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2006, 10: 90-93+100.

[7] 王雪松, 赵争鸣, 袁立强, 鲁挺. 应用于大容量变换器的IGBT并联技术[J]. 电工技术学报, 2012, 10: 155-162. Wang Xuesong Zhao Zhengming Yuan Liqiang Lu Ting. Parallel Technique for IGBT Modules Applied in High-Power Converter[J] Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 10: 155-162.

[8] 阮新波, 严仰光著. 脉宽调制DC/CD全桥变换器的软开关技术(第2版). 北京: 科学出版社, 1999.

王聪慧: (1986.6—), 女, 河南省许昌市, 硕士, 主要研究方向: 电力电子变换技术及功率PCB设计。

山东潍坊投资 1300 多万建首座电动汽车充电站

目前, 由山东潍坊供电公司投资 1300 多万元建设的潍坊市首座电动汽车充电站进入最后调试阶段, 即将投入运行。该座充电站位于潍坊滨海开发区, 配置了 20 台 100kW 直流充电机, 共有 40 个充电位, 每天可满足 60 辆电动公交车的充电需求。