

一种动车组充电机的设计

周 帅, 张小勇, 黄芳军, 谢 伟, 张 庆

(株洲南车时代电气股份有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘 要: 设计了一种动车组充电机, 介绍了其主电路及控制系统设计, 重点阐述关键器件参数设计及热设计。仿真与样机试验结果验证了所设计的充电机性能良好, 完全能满足系统的技术要求。

关键词: 动车组; 充电机; 并联均流

中图分类号: TM464

文献标识码: A

文章编号: 2095-3631(2014)01-0013-04

Design of a Charger for EMU

ZHOU Shuai, ZHANG Xiao-yong, HUANG Fang-jun, XIE Wei, ZHANG Qing

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

Abstract: It designed a charger for EMU, introduced its main circuit and control system, and expounded parameter design of key elements and thermal design. Simulation and prototype experimental results show that this charger has good performance and can meet technical specification of the system.

Keywords: EMU; charger; parallel current-sharing

0 引言

为适应我国新型城镇化建设与区域经济发展需求, 以动车组列车为代表的新型快捷轨道交通工具应运而生^[1]。我国自主研发的新一代动车组列车采用4动4拖编组, 牵引辅助电气系统采用水冷式设计。整车共配备4台牵引变流柜, 每台柜体中各集成一台充电机; 4台充电机并联运行, 对蓄电池及整车直流负载进行供电, 因此对充电机的体积、重量以及可靠性等有了更高的要求。本文设计了一种动车组用充电机, 仿真、试验及现场运行结果表明其性能良好, 可作为此类充电机的设计参考依据。

1 总体介绍

整车直流负载由车载蓄电池负载与车载DC 110 V负载组成。列车DC 110 V母线电气接线方式如图1所示, 4台

充电机并联运行, 向整车提供DC 110 V直流电源。考虑系统冗余性, 将每台充电机额定输出功率设计为20 kW, 其主要技术参数如下:

三相交流输入电压	340~420 V
直流输出电压(20℃)	$110 \times (1 \pm 0.02)$ V
输出电压纹波系数	< 5%
额定容量	20 kW
开关频率	8 kHz
冷却方式	水冷
外形尺寸	565 mm × 470 mm × 440 mm
质量	≤ 75 kg

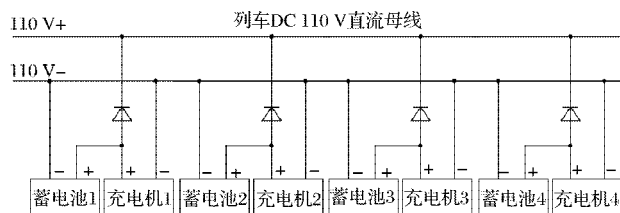


图1 DC 110 V母线电气接线示意图

Fig.1 Schematic diagram of the DC 110 V bus lines

收稿日期: 2013-11-05

作者简介: 周帅(1985-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事中小功率DC/DC变流器设计工作。

当任何一台充电机退出运行时,其余3台可带整车直流负载正常工作;2台充电机同时退出运行时,整车主要直流负载仍不受影响,从而最大限度地保证列车DC 110 V直流供电系统的可靠性。

充电机设计时,从可靠性角度出发,主电路采用拓扑较为简单的半桥DC/DC变换结构,它由三相预充电电路、全桥整流电路、滤波电路、高频逆变电路(包含高频隔离变压器)、二次整流电路及输出滤波电路等组成,同时配合传感器检测电路、隔离驱动单元和微机控制单元等以实现系统的闭环控制(图2)。

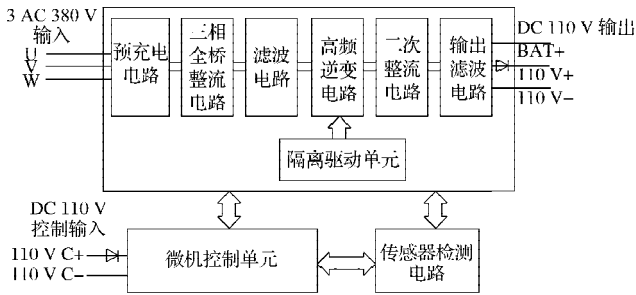


图2 充电机主电路

Fig.2 Main circuit of the charger

2 关键器件参数设计

高频隔离变压器、主开关管及输出滤波器作为充电机的关键元器件,可分别依据以下分析进行计算选型。

2.1 变压器

变压器变比选取原则^[2]为:在保证最小母线电压能够输出最大输出电压情况下,变比取值越大越好。二次侧电流恒定时变比越大,一次侧电流越小,即主开关管的导通电流越小,则其开关损耗和导通损耗越小;一次侧电流恒定时变比越大,二次侧电压越小,则二次侧整流二极管的电压应力越小。二次侧电压 V_{sec} 、一次侧最小电压 V_{pri} 及变压器变比 $K_{\text{t-temp}}$ 的计算如式(1)~式(3)所示。

$$V_{\text{sec}} = \frac{V_o + 2V_d + V_L}{D_{\text{sec}}} \quad (1)$$

式中: V_o ——充电机输出电压; V_d ——二次侧整流二极管管压降; V_L ——输出线路的电压降落; D_{sec} ——二次侧占空比。

$$V_{\text{pri}} = \frac{U_{\text{d,min}}}{2} \quad (2)$$

式中: $U_{\text{d,min}}$ ——中间直流环节最小电压。

$$K_{\text{t-temp}} = \frac{V_{\text{pri}}}{V_{\text{sec}}} \quad (3)$$

根据变压器变比选取原则,实际变压器的变比为:

$$K_t = \frac{N_p}{N_s} \leq K_{\text{t-temp}} \quad (4)$$

式中: N_p ——变压器一次侧匝数; N_s ——变压器二次侧匝数。

2.2 主开关管

对中小功率电源,可考虑以IGBT作为开关器件。IGBT上所能承受的最高电压为:

$$U_M = k_2 \times (k_1 \times U_{\text{d,max}} + U_{\text{sp}}) \quad (5)$$

式中: k_1 ——中间环节直流电压波动系数; $U_{\text{d,max}}$ ——中间直流环节最大电压; U_{sp} ——浪涌电压; k_2 ——安全裕量。

IGBT所能承受的最大电流为:

$$I_{\text{CM}} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times I_{\text{p,max}} \quad (6)$$

式中: $I_{\text{p,max}}$ ——充电机变压器一次侧最大电流(式(7)); α_1 ——电流尖峰系数; α_2 ——温度降额系数; α_3 ——过载系数。

$$I_{\text{p,max}} = K_t \times I_{\text{L,max}} \quad (7)$$

式中: $I_{\text{L,max}}$ ——输出滤波电感脉动电流最大值。

选用额定电压大于 U_M 、额定电流大于 I_{CM} 的IGBT元件可满足系统工作要求。此外,由于采用半桥硬开关电路,为降低开关损耗,建议选择低开关损耗的IGBT元件。

2.3 输出LC滤波器

输出LC滤波器由输出滤波电感器与输出滤波电容器组成。输出电感器的作用是储能与平滑,与输出电容器一起将二次整流后的脉动电压转换为平滑的直流输出电压。输出滤波电感选择的原则是在10%~20%负载电流时保证电感电流处于连续临界状态。本设计按照15%负载时电感电流连续进行计算,则输出滤波电感量为:

$$L_f = \frac{V_o}{2f_s \times \Delta i_{\text{L}_f}} \left(1 - \frac{V_o}{V_{\text{s,max}}}\right) \quad (8)$$

式中: f_s ——主电路开关频率; Δi_{L_f} ——输出滤波电感脉动电流值; $V_{\text{s,max}}$ ——变压器二次侧最大电压值, $V_{\text{s,max}} = \frac{U_{\text{d,max}}}{2K_t}$ 。

选择合适的输出滤波电容器以保证输出电压纹波峰-峰值在规定范围内^[3]。输出滤波电容器的容量 C_f 与输出电压纹波峰-峰值 ΔU_{opp} 和输出滤波电容纹波电流有效值 $\Delta i_{\text{CF-RMS}}$ 的关系为: