

基于RFID定位的现代有轨电车自动充电装置研究

邱亮,戎琳,王晓

(南瑞集团(国网电力科学研究院)有限公司,江苏 南京 211106)

摘要:为了实现自动充电,充电装置需要准确判断现代有轨电车的进、出站信息,射频识别技术(RFID)价格便宜、识别距离远、体积小完全满足有轨电车定位的要求。基于三亚市某有轨电车项目,研究了RFID读卡器和标签的安装位置,给出了充电装置自动充电的控制流程图,最后通过实验验证了充电装置的自动充电功能。

关键词:现代有轨电车;充电装置;无线射频识别技术

中图分类号:TM46 **文献标识码:**A **DOI:**10.19457/j.1001-2095.dqed19464

Research on Automatic Charging Device of Modern Tram Based on RFID Position

QIU Liang, RONG Lin, WANG Xiao

(NARI Group (State Grid Electric Power Research Institute) Co., Ltd., Nanjing 211106, Jiangsu, China)

Abstract: In order to achieve automatic charging, the charging device has to accurately get the signals of the tram arrival and departure. The RFID is cheap, long distance identification and small size, and can meet the requirements of tram position detection. Based on the Sanya city tram project, the installation position of the RFID card reader and label was studied, the control flow charts of the charging device was given. Finally, the automatic charging function of the charging device was verified by the experiment.

Key words: modern tram; charging device; radio frequency identification (RFID) technology

现代储能式有轨电车多采用无接触网供电方式^[1],每个站台设置充电装置和供电轨,储能式有轨电车进站时,充电装置检测到进站信号且受电弓和供电轨可靠接触后启动充电,车载储能装置短时大功率充电;车离站时,充电装置检测到离站信号后停止充电。有轨电车在站台间运行时的电能由车载储能装置提供^[2]。充电装置要实现对有轨电车的自动充电,必须准确检测车辆的进出站^[3],否则受电弓和供电轨间将产生电弧,电弧会缩短受电弓和供电轨的寿命、产生噪声污染并且其产生的高频电磁波将干扰车载敏感弱电设备。

有轨电车位置定位手段有卫星定位、轨道电路、计轴器和埋地线圈等^[3]。卫星定位技术定位精度在10 m范围内,有轨电车多运行在城市市区内,站台长度短,卫星信号较弱、无线电干扰较强,容易造成信号的接收困难或丢失。轨道电路、计轴

器和埋地线圈多用于正线区段检测,且成本较高。随着无线射频识别(radio frequency identification, RFID)技术的成熟,其非接触式自动识别、成本低、识别距离远和抗干扰能力强等特点,完全满足有轨电车进出站位置检测的要求^[4]。

本文基于三亚市某有轨电车项目,研究了RFID读卡器和标签的安装位置,介绍了充电装置的主回路及DC/DC控制框图,并且给出了充电装置自动充电的软件策略,最后通过实验验证了充电装置的自动充电功能。

1 RFID位置检测技术研究

1.1 RFID简介

RFID又称无线射频识别技术,是一种通信技术,由标签、读卡器和应用系统组成,其工作原理是标签通过天线发射特定频率的无线电波能

量,用驱动电路将内部的数据送出,此时读卡器便依序接收解读数据,送给应用程序做相应的处理。根据标签的供电方式,可将RFID分为3类:无源RFID、有源RFID和半有源RFID。储能式有轨电车的进、出站位置检测难点在于列车的双向行驶和需使用中、远距离射频检测,一般选取远距离读卡器和低功耗电子标签的有源RFID产品。该项目应用中,读卡器在检测到标签信号时输出24 V,否则输出0 V,输出信号经光耦隔离后由控制系统读取。

1.2 读卡器和标签安装位置选择

设计安装时,标签附着在车辆顶部指定位置用于识别目标对象,读卡器固定于站台指定位置用于读取标签信息。标签和读卡器有2种布置方式:方式1为站台布置1个读卡器,车顶两端各布置1个标签^[5];方式2为站台进出站各布置1个读卡器,车顶布置1个标签。布置方式1无法判断有轨电车进出站时的运行方向,同时由于车辆本身限制标签只能安装在有轨电车受电弓一侧的电缆槽架上,所以该项目最终采用布置方式2。受电弓位于车辆中间位置,标签布置在受电弓旁边0.8 m范围内。

RFID读卡器安装在站台钢结构上,安装位置如图1所示。图1a中给出了读卡器的垂直放置位置,读卡器和供电轨的垂直距离为0.7 m,距离车顶标签1.1 m左右。读卡器内置天线的功率角度为75°,所以读卡器在标签高度水平方向的读卡范围为1.7 m。图1b为读卡器的水平放置图,考虑到双向检测功能,2个读卡器水平方向以供电轨中心位置对称放置。

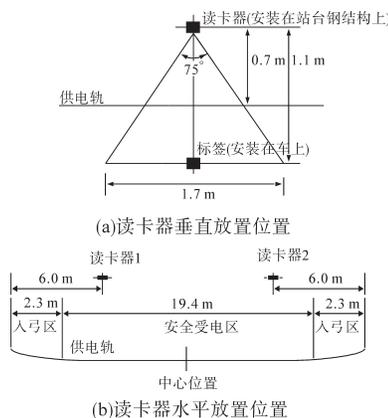


图1 RFID读卡器放置图

Fig.1 Placed position graph of the RFID card reader

读卡器水平放置位置需要满足的条件有:

1)车辆进站时,受电弓必须进入安全受电区之后,进站读卡器才可以发出进站信息;2)车辆出站时,出站读卡器必须在受电弓离开安全受电区之前发出出站信息;3)考虑列车进站后的制动距离以及司机手动停车位置偏差,2个读卡器之间的距离要足够长,否则读卡器将在列车进站制动过程中发出错误的出站信息,所以要求2个读卡器间的距离不小于10 m。

为了满足条件1),列车进站时,读卡器需要距离供电轨端部约5.0 m——2.3 m(入弓区)+0.8 m(标签和受电弓间距离)+1 m(安全距离)+1.7/2 m(读卡器检测范围)。为了满足条件2),考虑列车最大40 km时速越站,读卡器及充电装置采样延时及响应时间约0.25 s,读卡器需要距离供电轨端部约6.0 m——2.3 m(入弓区)+1m(安全距离)+0.8 m(标签和受电弓间距离)+2.8 m(系统响应距离)-1.7/2 m(读卡器检测范围)。最终取2个读卡器分别距离供电轨端部的距离为6 m,该项目供电轨长24 m,2个读卡器之间距离12 m,满足条件3)。

2 现代有轨电车自动充电装置研究

2.1 充电装置主回路

充电装置主回路采用多相交错Buck拓扑结构,如图2所示。

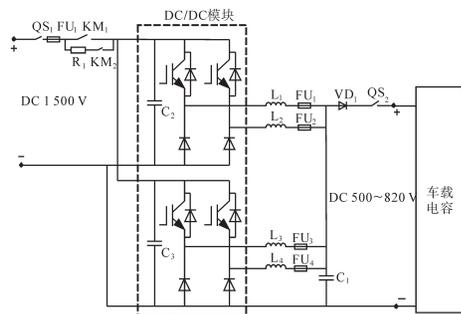


图2 有轨电车充电装置主回路拓扑

Fig.2 Main circuit topology of the tram charging device

图2中, QS_1 和 QS_2 为维护用隔离开关; R_1 和 KM_2 构成预充电回路,防止直接并网产生涌流; C_2 和 C_3 为输入侧滤波电容,为DC/DC模块产生的谐波电流提供低阻抗通路,滤除流入源端的谐波电流; $L_1 \sim L_4$ 为输出滤波电抗器,用于减小输出电流纹波; C_1 为输出滤波电容,和输出滤波电抗器同样起到减小输出电流纹波的作用,同时在车载电容故障切除时(如有轨电车车载电容前级保护用直流快速断路器因故障断开)起到吸收输出

滤波电抗器上能量的作用^[6]。充电装置采用四相交错技术,四相驱动信号之间依次延迟1/4周期,等效输出电流脉动频率是单相DC/DC模块载波频率的4倍,电流纹波相较单相输出要小许多。

2.2 DC/DC控制框图

充电装置4个交错DC/DC模块的驱动信号由一路驱动信号延时产生,同一时刻4个DC/DC模块的占空比是一样的。充电过程分为恒流和恒压2个阶段,在车载电容电压低于电压给定值时,采用恒流充电方式,大电流充电使超级电容电压快速上升,缩短充电时间;在超级电容电压达到给定值时,装置切换到恒压充电方式,对车载电容进行浮充电,提高车载电容储存能量,DC/DC控制框图如图3所示。

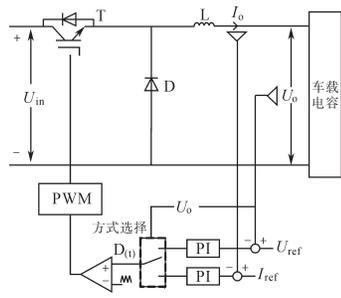


图3 DC/DC控制框图

Fig.3 control block diagram of DC/DC

恒流充电阶段,以输出电流 I_o 为控制对象,用霍尔电流传感器采样直流输出电流,把采样值与电流给定值做比较,经过PI控制器输出占空比信号,然后该占空比信号作为调制波与三角载波作比较,最后得到PWM信号,该信号经过开关管驱动板调制和放大后驱动开关管开通或关断;恒压充电阶段,以车载电容电压 U_o 为控制对象,用霍尔电压传感器采样车载电容电压,将该电压与电压给定值做比较,经过PI控制器输出占空比信号,然后该占空比信号作为调制波与三角载波作比较,最后得到PWM信号,该信号经过开关管驱动板调制和放大后驱动开关管开通或关断。

2.3 充电装置自动充电软件策略

充电装置的模拟/数字量采集、PWM脉冲输出、故障信号采集、事件记录和通讯等功能,由TI公司的数字信号处理器(digital signal processing, DSP)TMS320C28346和XILINX公司的现场可编程门阵列(field programmable gate array, FPGA)XC6SLX45为核心的控制系统实现^[7]。DSP负责通讯、控制算法、软件故障判断和保护等功能;FPGA主要负责AD采样控制、开入/开出、硬

件故障处理、PWM生成等。充电装置控制系统硬件架构如图4所示。

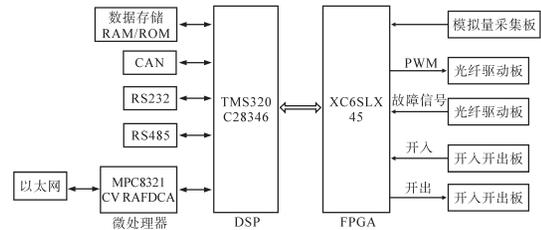


图4 充电装置控制系统硬件架构

Fig.4 Hardware architecture of control system for the charging device

充电装置控制系统软件系统包含初始化和主循环程序、通讯程序、系统逻辑控制程序、自动充电程序、PWM算法程序等程序模块。图5为充电装置自动充电程序流程图。软件检测到读卡器1或者读卡器2状态为1后,判断该信号是进站信号还是出站信号,如果是进站信号则触发PWM脉冲自动充电,如果是出站信号则封锁脉冲停止充电。

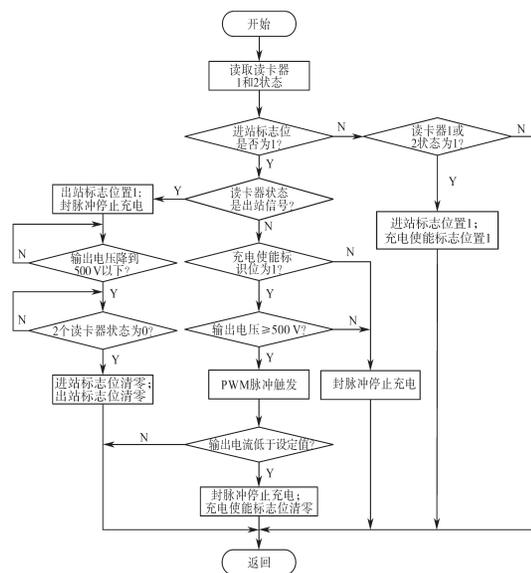


图5 充电装置自动充电程序流程图

Fig.5 Flow chart of the charging device with automatic charging process

3 实验结果及分析

三亚某有轨电车项目采用5模块车辆编组、超级电容储能,超级电容标称电容1290 F,工作电压区间616~820 V,最大充电电流1700 A,等效直流内阻30 mΩ。基于以上需求研制的充电装置主要技术参数为:额定输入电压DC 1500 V,额

定输出电压DC 820 V,额定输出电流1 700 A,纹波电流有效值系数 $\leq 0.5\%$,纹波电流峰值系数 $\leq 3.0\%$,效率 $\geq 97\%$ 。DC/DC模块采用3 300 V IGBT,输入母线电容(图2中 C_2 和 C_3)选用2 000 V金属化薄膜电容,滤波电感取2 mH。

RFID读卡器安装在站台24 m供电轨正上方(详见图1),垂直位置距供电轨0.7 m,水平位置距供电轨端部6 m,读卡器安装效果见图6;RFID标签安装在车辆顶部距受电弓0.8 m处。



图6 RFID读卡器安装效果图

Fig.6 Working sketch of the RFID card reader

为验证充电装置自动充电功能,项目现场进行20 km/h速度正向越站充电试验。有轨电车升弓以20 km/h速度越站,充电装置检测到车辆进站信号后启动充电,检测到出站信号后停止充电,整个越站充电过程持续时间不到5 s。充电装置恒流给定值1 700 A,恒压给定值820 V,试验波形如图7和图8所示。

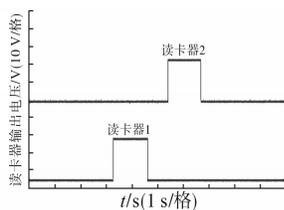


图7 正向越站时读卡器信号

Fig.7 The signal of the RFID card reader when crossing over the station in forward direction

图7为列车20 km/h正向越站时示波器录到的站台两端读卡器信号。读卡器1先输出高电平有效信号判断为进站信号,读卡器2信号则作为出站信号,有轨电车由读卡器1安装位置驶入,读卡器2安装位置驶出。

图8为后台监控软件记录的列车20 km/h正向越站时的自动充电过程波形。通过图8可以看出,在读卡器1输出有效信号前,充电装置检测到供电轨电压(即输出电压)大于500 V,说明此刻

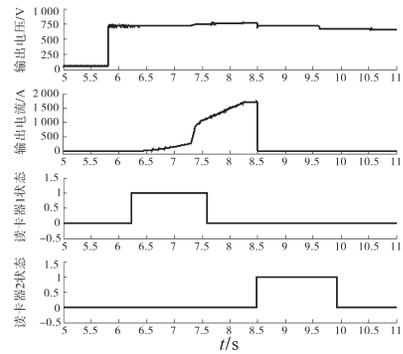


图8 20 km/h正向越站自动充电波形

Fig.8 Automatic charging waveforms of crossing over the station in forward direction at 20 km/h

列车受电弓和供电轨已经有效接触。充电装置检测到读卡器1输出有效信号后开始充电,此时输出电压低于820 V,充电装置处于恒流充电模式,输出电流达到1 700 A后稳定,实际控制过程中为了避免电流阶跃给定时输出电流超调过大,输出电流采用斜坡曲线给定,当检测到读卡器2输出有效信号时充电装置停止充电(输出电流迅速降为零),验证了充电装置的自动充电功能。

4 结论

本文分析了利用RFID检测现代有轨电车进出站位置的优势,结合三亚某有轨电车项目提出了RFID读卡器和标签安装位置的选择方法。给出了整个充电装置的拓扑结构和控制框图,并通过实验验证了该装置的自动充电功能,该充电装置已成功应用在实际工程中,目前运行状况良好。

参考文献

- [1] 柯建明,张伟先,刘亮. 关于现代有轨电车站台检测的研究[J]. 技术与市场,2017,24(3):53-54.
- [2] 严兰,任晓刚,朱唯耀,等. 淮南市超级电容现代有轨电车技术研究[J]. 城市轨道交通研究,2018,21(5):143-147.
- [3] 黄文轩. 在GPS不完备条件下RFID列车定位研究[J]. 铁路通信信号工程技术,2018,15(1):25-29.
- [4] 赵晓春,陈光武,杨厅. 基于高压脉冲轨道电路和RFID的有轨电车定位[J]. 兰州交通大学学报,2016,35(6):95-98.
- [5] 陈裕楠. 基于超级电容的现代有轨电车充电装置的设计[D]. 武汉:武汉船用电力推进装置研究所,2016.
- [6] 戎琳,田炜,孙祖勇,等. 超级电容有轨电车充电装置系统研究[J]. 电力电子技术,2017,51(10):71-73.
- [7] 郭巍,肖遥,孙永佳. 基于DSP与FPGA的变流器通用控制平台研究[J]. 电气传动,2014,44(2):22-26.

收稿日期:2018-08-30

修改稿日期:2018-11-02