

DOI: 10.7667/PSPC151296

电动汽车充换电站换电操作管理单元的设计与实现

胡道栋¹, 张娟², 克潇¹, 杨校辉¹, 尹新涛¹

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 许继智能科技股份有限公司, 河南, 许昌 461000)

摘要: 充换电站的车辆换电流程虽进入自动化和智能化, 在规范化操作及换电记录丢失和数据不准确等问题上仍需要进一步改善。以此为背景, 给出一种用于监控系统和换电机器人之间的换电操作管理单元的设计与实现。设计出换电操作管理单元具有独立的CPU, 采用以太网与监控系统和换电机器人通信, 能够独立完成整个换电操作, 对换电参数和换电记录等数据具有手动设置和修正的功能。此外, 该设计使原来的换电系统变为2个独立的通信通道, 提高了整个换电系统的稳定性。换电站的试验结果表明, 该换电操作管理单元可以简化规范换电操作流程, 确保换电安全、换电记录数据存储可靠不丢失、提高电动汽车充换电站运营管理的效率。

关键词: 换电操作管理单元; 电动汽车; 监控系统; 换电机器人; 人机界面; 换电记录

Design and implementation of the battery-swapping operation control unit at the EV charging/swap station

HU Daodong¹, ZHANG Juan², KE Xiao¹, YANG Xiaohui¹, YIN Xintao¹

(1. XJ Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China; 2. XJ Intelligent Technology Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

Abstract: Although battery-swapping operation at the charging and swapping station for vehicles is entering the automation and intelligence process, many other issues are yet to be paid attention, such as operation standardization, battery-swapping record data missing and the battery-swapping record data inaccuracy. Based on the above background, this paper designs and implements a battery-swapping operation control unit between monitoring system and charging machine. The battery-swapping operation control unit is equipped with an independent CPU, and can communicate with monitoring system and battery-swapping robot through the internet, which can finish the whole process of battery-swapping on its own and also has the functions of manual setting and adjusting the battery-swapping parameters and records. Meanwhile, this design furnishes two independent communication channels for the charging system, thus the stability of battery-swapping is enhanced. Experiment in the battery-swapping station shows that, this unit can simplify the operation standardization and enhance the safety of battery-swapping, and it can also ensure the safety of the battery-swapping records, thus can improve the operation efficiency of the battery-swapping station.

Key words: battery-swapping operation control unit; electric vehicle; monitoring system; battery-swapping robot; human-computer interface; battery-swapping records

0 引言

在能源短缺和环境问题日益严峻的今天, 寻求和发展清洁能源成为一种发展趋势。电动汽车作为一种无污染的清洁能源交通工具, 具有能源利用率高、噪音低等特点, 成为国内外重点发展的新兴产业^[1]; 发展电动车, 不仅关系到未来汽车动力化转型的发展, 更关乎着人类社会的可持续发展^[2]; 电动汽车与电网之间的互联互通也愈来愈紧密^[3-4], 电动汽车的推广有助于国网电能的削峰填谷, 提高电能的利用效率, 具有巨大的社会和经济效益^[5]; 作

为电动汽车动力源, 动力电池也迅速发展起来, 通过对电池使用率的研究, 利用电池的储能和放电技术提高了国网电能的使用效率^[6-7]。

电动汽车的能源供给充电站随着电动汽车的发展和已迅速崛起, 并形成了相当大的规模, 随着充电站负荷比重的不断提高, 为配电网系统的优化设计和合理利用起到了积极的推进作用^[8-10]。当前, 电动汽车充电站主要有两种模式, 分别为换电模式和插充模式^[11]。国内多数大型电动汽车充换电站运用的是换电模式, 该模式是利用物联网技术将动力电池、换电车辆、充电机自动感知系统相

连从而实现电动汽车动力电池全自动更换^[12], 与此同时, 换电站里大规模的电池群根据电网实时费率进行充放控制, 合理利用, 可以提升换电站的经济效益^[13-15]。

本文结合充换电站中的自动换电系统存在的一些问题, 为规范简化换电操作流程, 同时实现换电记录进行记录存储并远传, 开发一款适用于换电设备与充换电监控系统之间的换电操作管理单元。

1 现状分析

目前国内大型电动汽车充换电站运营的电动汽车换电系统由安全岛、读取车辆信息的读写器、车辆信息的电子看板、换电机器人和监控系统等组成, 换电系统结构示意图如图 1 所示。其工作流程是车辆进入换电工位后车辆读写器把车辆信息通过以太网方式发给监控系统, 在工作人员按下安全岛的换电准备就绪按钮后监控系统下发指令控制换电机器人进行换电操作并将换电完成后的换电记录存储到历史库, 工作人员按下安全岛的换电完成按钮后电子看板显示车辆出站信息, 车辆出站。

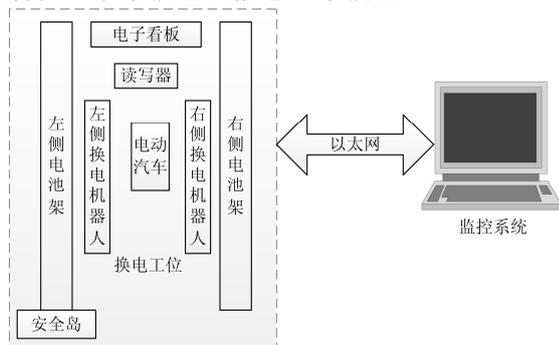


图 1 换电系统结构示意图

Fig. 1 Battery-swapping system diagram

电动汽车充换电站制定了安全换电操作规范, 在实际换电工位现场在车辆换电时, 经常会存在如下所述问题:

(1) 换电操作人员不按换电流程操作, 操作过程没有监督记录。

(2) 按钮式安全岛易发生误按、错按、按键失灵等问题。

(3) 车辆物联网设备识别车辆电子车牌不稳定问题。

(4) 监控网络中断时, 车辆换电记录丢失问题。

遇到上述问题时现场电动汽车换电实际情况是操作人员采用手动换电方式, 根据现场操作票, 采用笔纸记录的方式, 再到监控系统后台添加或修正车辆换电记录。

解决上述问题的方法是在换电设备与充换电监控系统之间增加换电操作管理单元设备, 不仅简化了换电流程, 并保障了换电记录的正确性和完整性。

2 方案设计

在换电设备与充换电监控系统之间增加换电操作管理单元设备, 监控系统与换电机器人之间的通信模式将由两条相互隔离的物理通道组成, 如图 2 所示, 分别为通道一的(就地模式)和通道二的(远方模式), 就地模式和远方模式不可同时存在, 两者模式的选择可以在换电操作管理单元的人机界面和监控系统的实时库里设置, 2 条物理通道的工作方式如下述。

(1) 换电机器人的控制默认为“就地”模式, 默认状态下, 机器人的控制由换电操作管理单元设备完成, 此时监控后台不再对机器人下发控制操作。换电操作管理单元与监控系统通过 IEC-104 规约进行数据交互, 与换电机器人通过 Robot 规约进行数据交互。

(2) 换电操作管理单元发生宕机, 监控员接操作人员确认后, 可在监控系统通过人工置数的方式, 将实时库的标志位置位, 人工置数成功后, 切换为通道一模式可在监控界面对机器人进行操作。机器人与监控系统之间采用 Robot 规约进行通信。

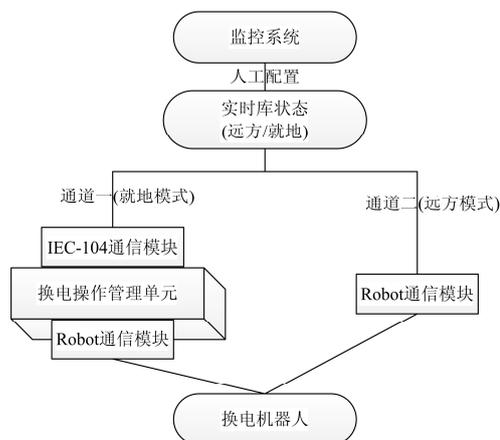


图 2 监控系统与换电机器人通信通道图

Fig. 2 Communication channel between monitoring system and charging machine

3 系统结构

3.1 硬件结构

本文设计的换电操作管理单元的硬件框架如图 3 所示, 系统采用是基于 TI ARM Cortex-A8 的 AM3354 处理器, 主频为 720 MHz, 内存为 512 MB 的 DDR2, 板载 4 GB 的 NAND FLASH。

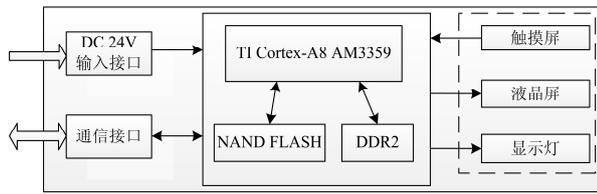


图 3 硬件系统框架

Fig. 3 Framework of the hardware system

系统的人机交互控制单元由触摸屏、LCD 显示器和 LED 指示灯三部分构成。触摸屏与主板采用外置连接方式，为电阻触摸式；液晶屏与主板采用是 LVDS 接口，是分辨率为 800×600 的 7 寸真彩色屏，屏幕亮度是 700 cm/m²；指示灯有 3 个，分别为电源指示灯、运行指示灯和告警指示灯。

系统的对外接口主要有电源输入接口和通信接口。输入额定电压为 12 V 直流电压，输入范围 9~15 V，具备反接保护，额定功率为 15 W；通信接口包括 2 路 CAN、2 路 RS485 接口、1 路 RS-232 和 2 路 10/100 Mbps 的以太网。本系统与监控系统和换电机器人系统的通信以及调试接口都用的是以太网接口，2 路以太网接口可以随机的使用。

3.2 系统软件设计

软件基于 Windows 环境设计和开发，采用 C/C++ 语言和 Visual Studio 2008 工具，借助于 Ubuntu10.02 系统进行编译，软件嵌入式 LINUX 操作系统。

软件采用了模块化设计，模块包括一个 EXE(人机界面 visionbrowse.exe)和三个 DLL(适配器模块 omuobjsys.dll、与换电设备通信模块 robotomu.dll、与监控系统通信模块 s104omu.dll)，其中 EXE 负责加载适配器模块 omuobjsys.dll，适配器模块负责加载与换电设备通信模块 robotomu.dll 和与监控系统通信模块 s104omu.dll。软件框架如图 4 所示。

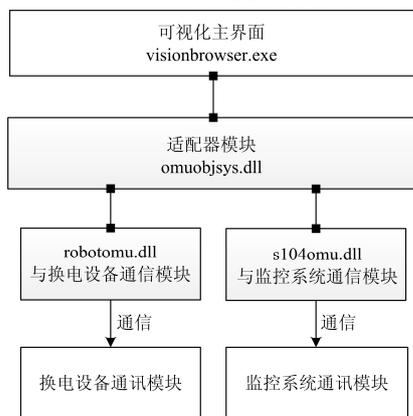


图 4 系统软件框架图

Fig. 4 Framework of the software system

图 4 中适配器模块主要负责构建组态界面关联对象的属性和方法，并建立系统内存对象，完成各配置文件解析和存储；人机界面模块提供窗口进行组态，将系统内存对象与界面图形相关联，具有操作和监控的功能；robotomu 和 s104omu 模块分别负责与监控系统和换电机器人系统的通信，对通信数据进行协议解析，并与 omuobjsys 模块之间进行数据交互。

4 换电操作流程

换电操作管理单元操作流程设计如图 5 所示，可以简述为：操作员输入用户名和密码，验证通过后进入换电操作界面，核对车辆气囊是否升至可换电位置、车辆司机是否已关闭换电车辆电源开关、车辆动力电源开关是否关闭、左右侧换电机器人周围是否有人或障碍，核对完毕后向监控系统请求换电，若连续 3 次请求超时则手动设置换电参数，然后点击进入换电执行界面核对车辆车牌号、车辆类型、机器人换电操作单元号后下发换电指令，换电完成后点击进入换电完成界面核对车辆车牌号、车辆类型、车辆当前行驶里程、换上电池组号、换下电池组号、车辆当前正向电量、车辆当前反向电量、换电机器人是否归位、车辆电池舱门是否正确关闭，一切正常则点击换电完成，换电操作管理单元会自动将换电记录上传监控系统并保存到本地的历史库。

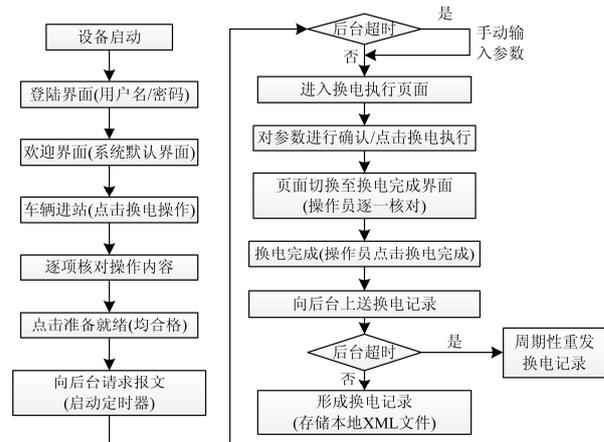


图 5 换电操作管理单元操作流程

Fig. 5 Process of the battery-swapping operation control unit

4.1 准备就绪数据流

准备就绪流程主要负责实现：向监控系统发送数据请求、请求后超时的处理、操作画面数据相关内存更新及画面切换。数据流程如 6 所示。

图 6 中，换电操作管理单元向监控系统发准备请求数据主要为换电工位编号等，监控系统回复的数据主要为车辆车牌、车辆类型、所换电池组号等，

若请求失败则在人机界面手动输入车辆车牌、车辆类型、所换电池组号等信息。

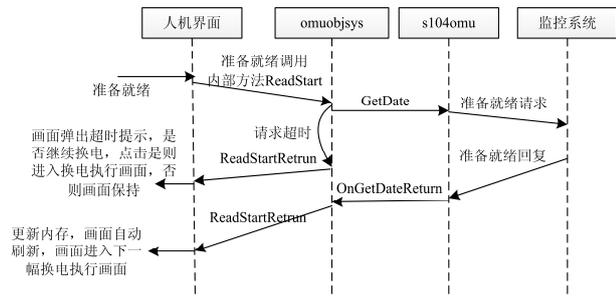


图 6 准备就绪数据流图

Fig. 6 Battery-swapping ready flow chart

4.2 换电执行数据流

换电执行流程主要负责实现：向换电设备发送控制指令、控制超时的处理、操作画面切换。如图 7 所示是换电设备自动/半自动模式数据流图。

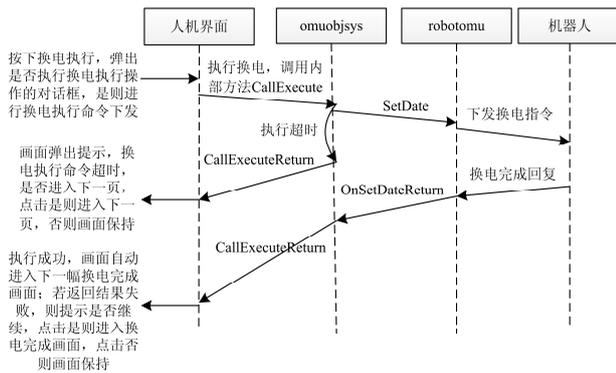


图 7 换电执行数据流图

Fig. 7 Battery-swapping execution flow chart

换电操作管理单元与机器人系统通信等原因导致换电执行命令超时，操作人员可手动操作换电机机器人，换电完成后直接进入换电完成画面手动输入换电记录的数据。

4.3 换电完成数据流

换电执行流程主要负责实现：完成本地历史存储、向监控系统上送换电记录、操作画面切换。数据流程如 8 所示。

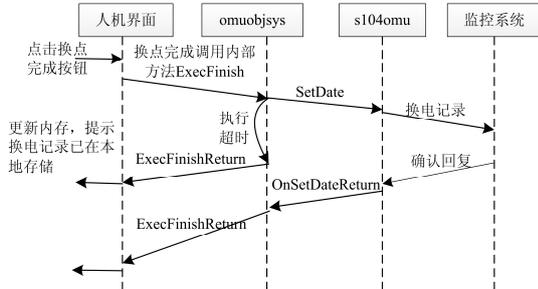


图 8 换电完成数据流图

Fig. 8 Battery-swapping complete flow chart

换电完成后，换电记录存储在本地历史库，在通信正常情况下，换电记录周期性的上传到监控系统，直至回复确认。

5 结论

本文以目前国内大型充换电站的电动汽车换电操作系统存在的问题入手，根据简化规范换电操作流程，强化换电安全，提高换电记录数据存储可靠性等方面的需求，设计开发了用于换电设备与充换电监控系统之间的换电操作管理单元设备。该设计是在原有换电系统上增加一个独立的通信通道，不再需要安全岛等设备，能够简单独立的完成换电操作。

换电操作管理单元基于嵌入式实时 Linux 操作系统，硬件上采用触摸式液晶屏，安装在换电工位上，与监控系统和机器人系统之间采用以太网通信，只需一个操作人员即可完成整个换电流程。在通信通道出现故障情况下，操作人员也可以在人机界面手动输入换电参数和换电记录数据，并根据实际情况修正数据。试换电站换电系统的操作流程更简单、更安全，保障了换电记录的完整性和数据的准确性。

参考文献

- [1] 张文亮, 武斌, 李武峰, 等. 我国纯电动汽车的发展方向及能源供给模式的探讨[J]. 电网技术, 2009, 33(4): 1-5. ZHANG Wenliang, WU Bin, LI Wufeng, et al. Discussion on development trend on battery electric vehicles in china and its energy supply mode[J]. Power System Technology, 2009, 33(4): 1-5.
- [2] 陈良亮, 张浩, 倪峰, 等. 电动汽车能源供给设施建设现状与发展探讨[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(14): 11-17. CHEN Liangliang, ZHANG Hao, NI Feng, et al. Present situation and development trend for construction of electric vehicle energy supply infrastructure[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(14): 11-17.
- [3] 杨冰, 王丽芳, 廖承林, 等. 电动汽车与分布式电源协同有序控制研究[J]. 电工技术学报, 2015, 30(14): 419-426. YANG Bing, WANG Lifang, LIAO Chenglin, et al. Study of coordinated charging control for electric vehicles in correlation with distributed power source[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(14): 419-426.
- [4] 张萱, 朱金大. 电动汽车和电网的互通兼容标准化现状和发展[J]. 电网与清洁能源, 2015, 31(11): 83-88. ZHANG Xuan, ZHU Jinda. The current status and development of interactive compatibility standards

- between electric vehicles and power grid[J]. Power System and Clean Energy, 2015, 31(11): 83-88.
- [5] 叶剑斌, 金秋. 电动汽车充换电站集中监控系统设计[J]. 华东电力, 2011, 39(7): 1082-1084.
YE Jianbin, JIN Qiu. Electric vehicle centralized monitoring system in power station design[J]. East China Electric Power, 2011, 39(7): 1082-1084.
- [6] 连湛伟, 石欣, 克潇, 等. 电动汽车充换电站动力电池全寿命周期在线检测管理系统[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(12): 137-142.
LIAN Zhanwei, SHI Xin, KE Xiao, et al. The whole life cycle on-line detection and management system of power battery in the electric vehicle charging and exchanging station[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(12): 137-142.
- [7] 周念成, 蒲松林, 王强钢, 等. 电动汽车快速充电站的储能缓冲系统控制策略[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(17): 127-134.
ZHOU Niancheng, PU Songlin, WANG Qianggang, et al. Control strategy of energy storage buffer system for fast charging electric vehicle station[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(17): 127-134.
- [8] 许庆强, 寇英刚, 马建伟, 等. 电动汽车充换电设施典型设计方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(13): 118-124.
XU Qingqiang, KOU Yinggang, MA Jianwei, et al. Research on typical design scheme of charging/battery swap infrastructure for electric vehicle[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(13): 118-124.
- [9] 黎永昌, 王钢, 梁远升, 等. 基于 IEC 61850 的电动汽车充电站远动通信建模[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(4): 137-142.
LI Yongchang, WANG Gang, LIANG Yuansheng, et al. IEC61850-based electric vehicle charging station telecontrol communication information modeling[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(4): 137-142.
- [10] 郭煜华, 范春菊. 含大规模电动汽车的配电网保护技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(8): 14-20.
GUO Yuhua, FAN Chunju. Research on relaying technologies of distribution network including mass electric vehicles[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(8): 14-20.
- [11] 高赐威, 吴茜. 电动汽车换电模式研究综述[J]. 电网技术, 2013, 37(4): 891-898.
GAO Ciwei, WU Xi. A survey on battery-swapping mode of electric vehicles[J]. Power System Technology, 2013, 37(4): 891-898.
- [12] 徐鹏, 陈祺伟, 连湛伟, 等. 一种电动公交车充换电站动力电池全自动更换技术方案[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(3): 151-154.
XU Peng, CHEN Qiwei, LIAN Zhanwei, et al. An EV charging/swap station automatic battery replacement technology[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(3): 151-154.
- [13] 张齐东, 黄学良, 陈中, 等. 电动汽车电池更换站集群充电控制策略研究[J]. 电工技术学报, 2015, 30(12): 447-453.
ZHANG Qidong, HUANG Xueliang, CHEN Zhong, et al. Research on control strategy for the uniform charging of electric vehicle battery swapping station[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(12): 447-453.
- [14] 张谦, 蔡家佳, 刘超, 等. 基于优先权的电动汽车集群充电优化控制策略[J]. 电工技术学报, 2015, 30(17): 117-125.
ZHANG Qian, CAI Jiajia, LIU Chao, et al. Optimal control strategy of cluster charging and discharging of electric vehicles based on the priority[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(17): 117-125.
- [15] 谈丽娟, 赵彩虹, 陈子奇, 等. 电动汽车与分布式电源的微网经济调度[J]. 电网与清洁能源, 2015, 31(4): 100-105.
TAN Lijuan, ZHAO Caihong, CHEN Ziqi, et al. Economical dispatch for microgrids of electric vehicles and distributed power[J]. Power System and Clean Energy, 2015, 31(4): 100-105.

收稿日期: 2016-03-02; 修回日期: 2016-07-01

作者简介:

胡道栋(1985-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为电动汽车充换电站系统设计; E-mail: hudaodong@163.com

张娟(1983-), 女, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为电气自动化;

克潇(1982-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为电动汽车充换电站系统设计。

(编辑 姜新丽)