

一种充电桩安全充电状态监测系统设计与实现

黄涛¹, 周能^{1*}, 胡凯¹, 陈晨¹, 洪薇², 姚强², 熊强强³

(1. 国网湖北省电力有限公司恩施供电公司, 湖北 恩施 445000;

2. 湖北央中巨石信息技术有限公司, 湖北 武汉 430061;

3. 南昌蛋讯电子科技有限公司, 江西 南昌 330006)

摘要:为解决现有成片电动车充电桩充电过程中电压不稳定, 并且得不到及时监管, 从而造成电动车损坏的情况, 设计了一种基于物联网的充电桩安全充电状态监测系统。该系统工作时, 首先通过输入缺相检测电路、输出电压采样电路以及温度检测电路检测充电桩输入的三相电压、输出的直流电压以及工作时温度情况, 在经过降噪和压缩处理之后, 通过 RoLa 无线传感网络上传至后台的数据服务器进行存储。后台监控终端则可以自动调取数据服务器的数据, 来判断充电桩是否处于安全状态以及是否充电。实验表明, 该系统能够精确、实时检测当前环境下的环境和电量参数, 同时具有传输距离远、通信可靠性与稳定性更强、自组网以及低功耗等优势, 能够为电动车安全充电提供良好决策。

关键词: 物联网; 充电桩; 安全充电; 监测系统

中图分类号: TN06

文章编号: 1000-0682(2024)06-0003-06

文献标识码: A

DOI: 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.06.001

Design and implementation of a charging station safety charging state monitoring system

HUANG Tao¹, ZHOU Neng^{1*}, HU Kai¹, CHEN Chen¹, HONG Wei², YAO Qiang², XIONG Qiangqiang³

(1. State Grid Hubei Electric Power Co., Ltd. Enshi Power Supply Company, Hubei Enshi 445000, China;

2. Hubei Yangzhong Jushi Information Technology Co., Ltd., Hubei Enshi 430061, China;

3. Nanchang Danxun Electronic Technology Co., Ltd., Jiangxi Nanchang 330006, China)

Abstract: To solve the problem of voltage instability during the charging process of existing bulk electric vehicle charging stations, which cannot be monitored in a timely manner, resulting in damage to electric vehicles, a secure charging status monitoring system for charging stations based on the Internet of Things has been designed. When the system is working, it first detects the three-phase voltage input, DC voltage output, and operating temperature of the charging station through a voltage circuit. After noise reduction and compression processing, it is uploaded to the back-end data server for storage through RoLa wireless sensor network. The back-end monitoring terminal can automatically retrieve data from the data server to determine whether the charging station is in a safe state and whether it can be charged. The experiment shows that the system can accurately and real-time detect the environmental and electrical parameters in the current environment, and has the advantages of long transmission distance, stronger communication reliability and stability, self-organized network, and low power consumption. It can provide good decision-making for safe charging of electric vehicles.

Keywords: Internet of Things; charging station; safe charging; control system

0 引言

近年来,电动汽车因其噪音小、能耗小和零排放等优势,因此其发展势头越来越好。据有关数据可知,电动汽车总销量截至 2020 年末已高达 500 万辆。由此导致充电桩数量也在增加(分散式充电桩和集中式换电站分别突破 480 万个和 1.2 万座),国内电动汽车用户的充电问题得到有效解决。尽管大

收稿日期: 2024-04-15

基金项目: 江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ2202718)

第一作者: 黄涛(1969—),男,汉族,湖北恩施人,专科,副高,研究方向为数字化。

通信作者: 周能(1984—),男,汉族,湖北天门人,硕士,中级工程师,研究方向为数字化。

部分充电桩都是经过出厂和现场的检验后才开始使用,但是现场环境较为复杂且各不相同,因此充电设施的安全方面面临较大风险,该文研发基于物联网的充电桩安全充电状态监测系统,目的就是为充电桩安全接入提供保障。

1 系统总体设计方案

系统由数据采集层、传输层和决策层 3 部分构成。数据采集层对充电桩电量信息和环境信息进行获取,由各个充电桩的输入,由电量、温度传感器构成。这些信息量非常大,因此采集完要压缩并降噪,然后数据利用 Lora 无线传感网络向数据决策层的数据库传输。后端监控系统也能对相关信息随时获取,利用移动端和 PC 端显示并判定,由此充电桩运行的安全性能得到更好的保障。系统运行原理如图 1 所示。

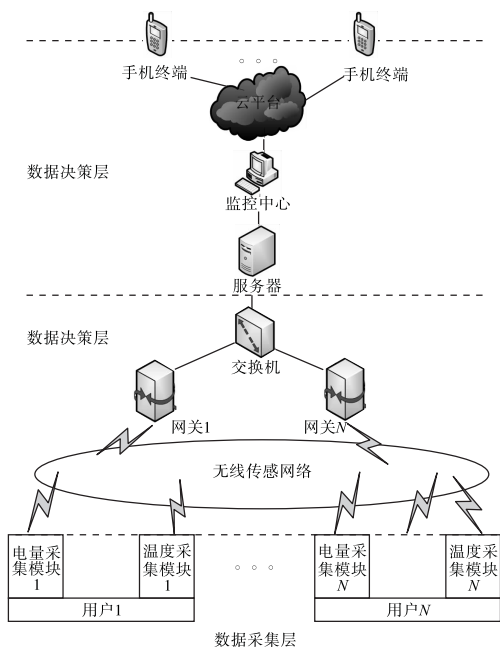


图 1 系统工作原理框图

2 硬件设计

2.1 电源电路

该系统是以室外环境应用为主,因此电池是首选供电方法,电池选择 9 V 方块电池 6LR61,但是系统内部的元器件如单片机等都是 5 V 工作电压,因此还需要利用降压模块将 9 V 电压降低至 5 V 后方可使用,降压模块选用固频(150 kHz)的 PWMDC 开关稳压电源换器 LM2596S - 5.0。输入电压在 4.5 ~ 40.0 V 之间,输出电流大小是 3 A。最显著的优势为高效率、高线性调整率、负载调整率小以及低纹波等。而且芯片还具备过流保护与过温保护等功能。

2.2 数据采集层电路

数据采集层电路主要完成 3 个功能,即充电桩的输入电压检测、输出电压检测,以及充电桩的当前工作温度检测,从而判断该充电桩是否处于正常的工作状态。

2.2.1 输入缺相检测电路

由于充电桩的输入电压是三相电,而三相电有一定的缺相风险,所以需要对于三相电进行检测。具体电路如图 2 所示。在图 2 中,三相电的 3 个输入端 A、B 和 C 首先需要通过由 R_1 、 R_2 和 R_3 所组成的分压电阻网络进行分压限流,所分压的电压再通过由 6 个同型号的稳压二极管所构成的三相桥式整流电路,从而得到脉动系数较小的直流电。接下来采用了稳压二极管进行电压稳定。为了防止级间的电气信号感染,最后采用了 TLP81 光耦隔离进行电压信号的隔离。

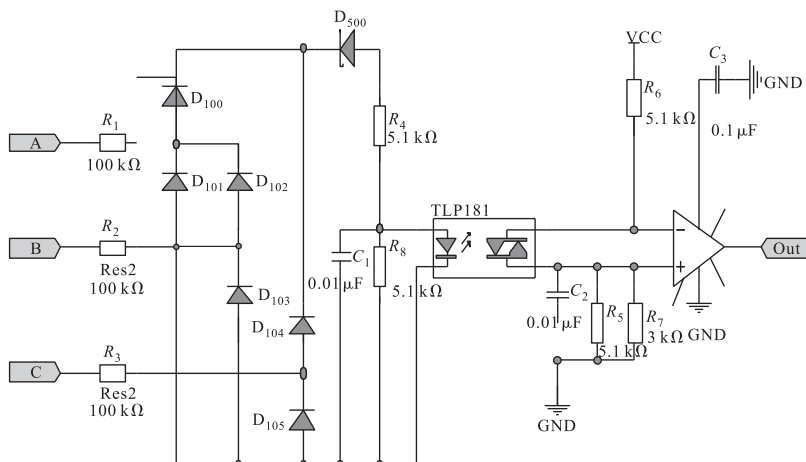


图 2 缺相检测电路图

2.2.2 输出电压采样电路

从对蓄电池保护的角度考虑,一旦充电桩的输出直流过高,就会对于电动车的电池造成损伤,从而需要对其进行保护,系统采用了如图3所示的输出电压采样电路。在图3中,充电桩输出电压首先由LV100霍尔传感器利用霍尔效应检测输出电压的大小,由于此时还不够后继单片机的输入电压范围,所以需要外接双运算放大器LM358进行电压放大,并且利用滤波器将其杂波过滤,才能作为单片机的输入信号。

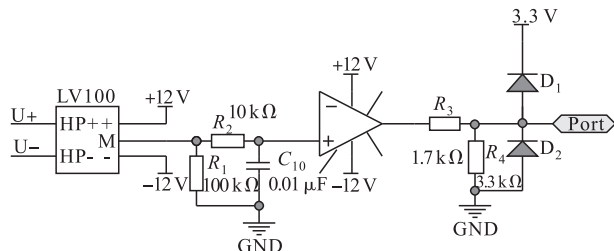


图3 直流电压采集电路图

2.2.3 温度检测电路

充电桩正常工作时的充电时间至少8 h,在此过程当中,各个元器件往往会不同程度的出现发热现象,而一旦温度过高往往会影响充电桩的性能,为此需要对充电桩在充电时的温度进行检测。该系统采用的是BS18B20数字温度传感器,DS18B20是常用的数字温度传感器,其输出的是数字信号,具有体积小、硬件开销低、抗干扰能力强、精度高的特点。

2.3 数据传输层电路

数据传输层主要构成部分包括通信模块、数据储存模块、主控芯片以及LoRa接入模块等,功能是利用无线传感网络完成的。通信模块选择型号为ESP8266-01s的模块,该模块功耗极小且支持透明传输,可以在电压为3.0~3.6 V内正常工作,在深度睡眠状态下的电流只有10 μA,关闭时电流不会超过5 μA,唤醒并完成数据包连接仅需2 ms,具有较好的性能和极低成本等优势,在工业控制、智能交通、智能电网等物联网行业中普遍应用。系统选用STM32F103RET6芯片作为主控芯片,该芯片是以Cortex-M3内核MCU为基础,通信方式有IIC和USART等多种,主要优势为程序编写简单、集成度高、性价比高以及性能非常好等,在嵌入式应用如无线传输网络、工业控制领域和微控制系统中应用广泛。选择与LoRa节点型号相同的芯片SX1280作为LoRa接入模块,主要功能是将各个节点传输的传感器数据进行打包。

LoRa通信原理如图4所示,系统利用52 MHz无源晶振为芯片SX1280提供时钟信号;射频电路组成部分包括LC匹配电路以及一个椭圆滤波器,并且连接一个2.4 GHz的天线;连接 L_1 的目的是降压,将电源提供给射频模块;并以SPI方式实现与主芯片之间的通信。

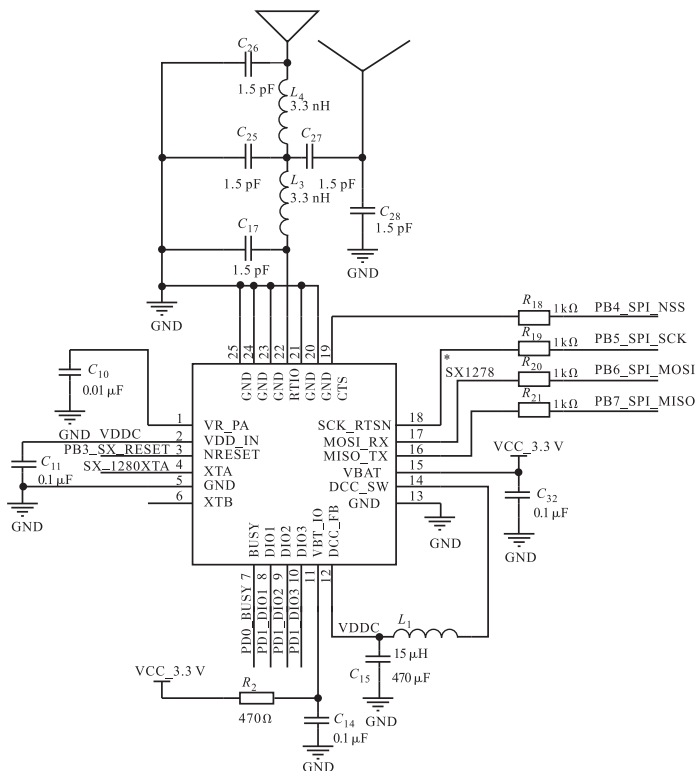


图4 Lora通信电路图

2.4 数据决策层电路

数据决策层的组成部分包括后端监控移动端与 PC 端、服务器等,数据传输层将充电桩信息向数据服务器传输,决策层则实现接收与保存功能,这样后台就能够对相关数据进行查询,进而分析、报警和作出决策,后台的移动端与 PC 端能够监管充电桩与传感器网络的状态。

3 软件设计

3.1 数据采集层软件

数据采集层主要是采集三相电输入,充电桩输出电压以充电桩工作温度的信息,下面以充电桩输出电压检测为例进行说明。在图 5 中,首先需要完成各个端口的初始化操作,尤其是定时器,然后定时器开始开中断,电压检测电路开始工作,如果采集次数小于等于 12 次,就会不断地进行采集电压并且放到缓存寄存器进行寄存,如果是大于 12 次,则会进行加权处理,并且上传。

3.2 数据传输层软件

系统利用 RTS + CTS + DATA + ACK 通信机制完成网关与数据采集节点间的通信,因此需要根据数据帧对相应通信数据包进行设计。RTS 数据包的作用是利用数据采集点将握手请求发送给网关,具

体构成部分包括校验和(chksum)、标识字符“R”、节点设备地址(dev_addr)、PANID 和网络标识符(net_flag)。CTS 数据包的作用是通过网关将握手响应指令发出,CTS 信号由节点成功接收以后,握手成功完成。以设计需求为基础,DATA 数据帧不仅包括校验和、设备地址、PANID 以及网络标识符等,还包括电流有效值(I_{rms})、4 字节的电压有效值(U_{rms})以及数据包标识字符“D”。ACK 数据包的作用是通过网关将数据包应答信号传输给节点,这样网关就能够顺利地数据包接收。具体无线通信子程序流程图 6 所示。

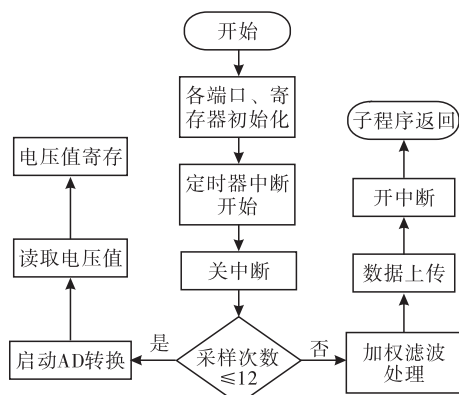


图 5 电压检测子程序图

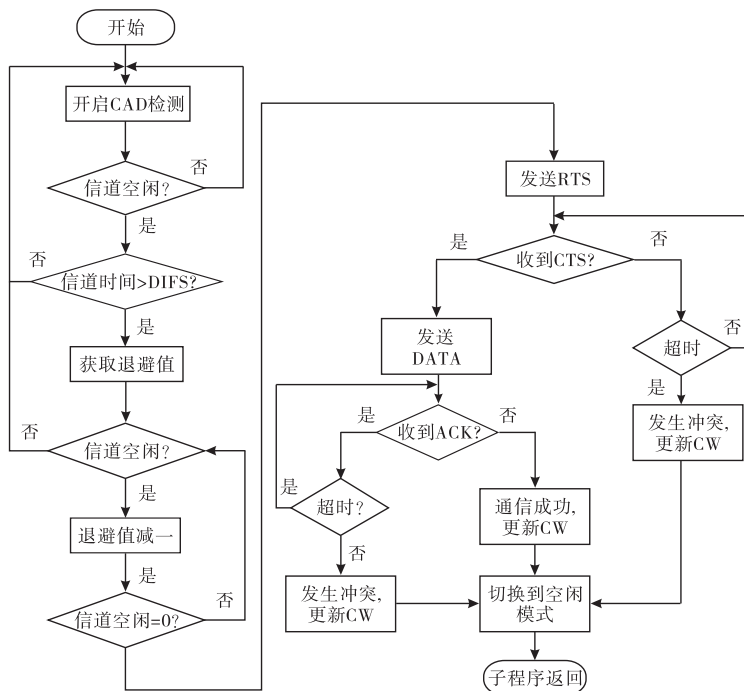


图 6 无线通信子程序流程图

3.3 数据决策层软件

业务应用模块主要有以下 5 个模块构成:(1)档案维护模块。对所管理的充电桩进行信息维护,

可进行相关信息的新增、更新和删除等;(2)采集数据监测模块。查询采集信息功能,主要信息包括电压、温度数据等等;(3)系统管理模块。主要功能包

括对人员、角色以及密码的更新等;(4)采集管理模块。利用无线通信网络实现传感器、充电桩和充电站无线终端数据的采集,具体采集数据包括环境数据、用电数据、采集参数、参数维护等等;(5)用电数

据分析模块。完成电量及温度信息采集之后,将采集到的信息作为区域应用实况、汽车高危与充电桩高危预警以及充电桩或充电站应用率等分析的依据。图 7 所示为上位机软件组织结构图。

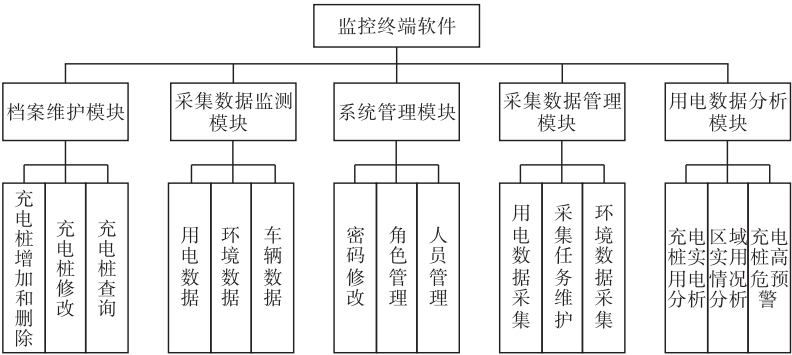


图 7 上位机软件组织结构图

采集数据监控模块需要检测环境和充电的相关信息。用户可针对充电站、片区以及供电单位等进行相应的数据查询,并且也能够实现单终端查看功能,对于查询结果获取方式有多种,如 Excel 表格导出下载、列表显示以及打印等,用户制作报表和分析相关信息都非常便捷。以监测对象角度分析,监测菜单下能对充电设备用电信息如汽车状态、环境、监测终端以及充电桩等信息进行查看。以监测内容角度分析,主要监测内容包括电压、温度等,同时还支持通过曲线方式浏览,这样更便于用户观察充电时的实时数据。

4 测试实验

系统的上位机软件和无线传感网络通信电路示意图如图 8 和图 9 所示。



图 8 上位机软件

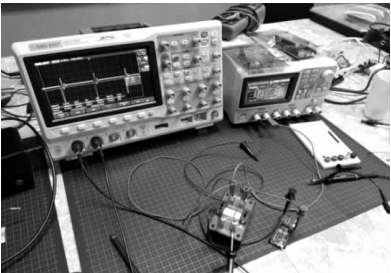


图 9 核心通信电路示意图

作为一种基于物联网的监测系统,最主要的就是监测数据的准确性以及网络传输的性能,因此,该实验共分为 2 个部分,分别测试数据监测的准确性和通信性能。对于第 1 部分测试数据监测的准确性,选择 2023 年 8 月 20 日的下午 2:30,地点为某公司的电动汽车停放点。其中,温度测试由水银温度计测出实际值与数据决策层的系统测量值进行对比。输入电压缺相以及输出电压检测为优利德 (UNI-T) UT802 台式万用表与与数据决策层的系统测量值进对比。每个测试项目都测试了 3 组数据作为对比,测量结果见表 1。表 1 中缺相测试误差为 0,输出电压最大误差为 0.21%,温度测试的最大误差为 1.9%。已经达到了设计的要求。

表 1 各项环境指标测量结果统计表

项目	实际值	测量值	误差/%
缺相测试	缺 A 相	缺 A 相	0
	缺 B 相	缺 B 相	0
	正常	正常	0
输出电压测试/V	381.2	381.7	0.13
	379.5	380.3	0.21
	380.3	379.7	0.15
温度测试/℃	36.7	36.0	1.90
	38.5	37.8	1.80
	35.9	36.4	1.40

第 2 部分的测试为对系统通信情况进行检验,也就是对后台监控端和监测节点(数据采集层)之间通信进行检验,设计测试环境:后台监控主机 1 台、监测端点总计 600 个,数据通信通过 LoRa 技术来完成。设定串口波特率大小是 9600 bit/s,向监测端传输数据利用串口实现,对监测端显示功能进行

检测。设置无线收发模块的射频中心频率和发射功率大小分别是 470 MHz 和 20 dbm,在室外对后台和采集端的传输距离进行检测,检测过程中,每次发射 100 数据包,表 2 所示为检测结果。通过表 2 数据可以发现,传输距离越远,丢包数就越多。传输距离不超过 2.5 km 时,丢包率低于 15%。

表 2 监控节点至后台监控端通信效果

数组	距离/km	接收数据包/个	丢包率/%
1	0.25	100	0
2	0.86	100	0
3	1.34	96	4
4	1.78	93	7
5	2.23	90	10
6	2.50	87	13

5 结论

对系统检测后发现,系统对用户信息能够精准正确的识别,并且能够对环境参数、电量参数等精准检测(输出电压最大误差为 0.21%,温度最大误差为 1.9%),而且数据丢包率低于 15%,系统能够向监控移动端或者 PC 端精准实时反馈以上检测数据,用户能够控制电动汽车充电情况,电动汽车充电的安全性和稳定性得到保证,系统设计要求已经达成,未来具有很大的发展空间。

参考文献:

- [1] 胡路,乐诗彤,朱娟秀.考虑多充电桩排队和时间窗的电动货车路径规划[J].西南交通大学学报,1-9.
- [2] 陈卓,刘佳,朱洋洋.基于正交试验法的直流充电桩功率自动优化控制系统[J].自动化与仪器仪表,2023(04):309-314.
- [3] 卢新强.120 kW 电动汽车直流充电桩设计研究[J].电工材料,2023(02):23-26.
- [4] 章庆科,张文谦.电动汽车直流充电桩通信协议测试系统探索与设计[J].计量与测试技术,2023,50(06):31-33.
- [5] 高纯斌.基于 stm32f407 的直流快速充电桩控制系统的研发[J].吉林工程技术师范学院学报,2023,39(06):92-96.
- [6] 陈帅雨,海旭强.一种大电流超充的液冷充电桩线缆[J].电线电缆,2023(03):33-35.
- [7] 俞晓吉,袁晟,黄善南,等.基于拓扑理论与异常算法的交流充电桩布局选址方法[J].电子设计工程,2023,31(12):155-159.
- [8] 吴国坚,范俊杰,童俊,等.海量充电桩计量智慧监管体系研究[J].中国计量,2023(06):94-97.
- [9] 章家辉,吴钟鸣,赵文博,等.可移动式电动汽车充电桩的外形结构设计研究[J].机械工程师,2023(06):40-43+46.
- [10] 唐义山,苏志从,王子睿,等.基于 STM32F103 的 7kW 单相交流充电桩的系统设计与实现[J].电气开关,2023,61(02):8-13+17.
- [11] 袁亦凡.电动汽车智能充电桩控制系统的研究[J].现代工业经济和信息化,2023,13(05):124-126.
- [12] 周文斌,刘士峰,靳阳,等.充电桩实验室计量校准分析平台及关键技术[J].信息技术,2023(05):170-174.
- [13] 肖应伟.“双碳”理念下的新能源汽车充电产品造型设计研究[J].艺术与设计(理论),2023,2(05):112-114.
- [14] 苓树奇,安建珍,康学福,等.电动汽车用非车载充电桩后级 DC 模块设计与实现[J].电子产品世界,2023,30(05):82-84.
- [15] 徐达成,谢鑫,朱涵,等.各国电动汽车交流充电桩应用标准解读及技术发展趋势[J].汽车与新动力,2023,6(02):5-10.

欢迎投稿！ 欢迎订阅！ 欢迎刊登广告！

国内邮发代号:52-49 国际发行代号:BM529 定价:18.00 元/期 108.00 元/年
地址:西安市高新区沣惠南路 8 号 邮编:710075 电话:029-81871277
网址:http://yb-zdh.shaangu-group.com 电子邮箱:gyybbjb@126.com