

基于PLC控制的家用充电桩温度监测系统

周展

长江大学电子信息与电气工程学院, 湖北 荆州

收稿日期: 2024年2月2日; 录用日期: 2024年2月22日; 发布日期: 2024年3月15日

摘要

为了响应国家提出的低碳号召, 电动汽车发展的趋势已经越发的明显, 大力发展电动汽车的同时充电设施的发展也亟待提高。本文采用西门子PLC作为充电桩的控制系统主要针对充电桩安全的问题进行设计, 提出了充电状态实时监测以及应对异常情况下的处理。并且采用NetToPLCSim搭建PLC与上位机之间的通信, 从而进行仿真验证系统设计的合理性, 更好的提高安全性。

关键词

电动汽车, 充电桩, NetToPLCSim

Home Charging Pile Temperature Monitoring System Based on PLC Control

Zhan Zhou

School of Electronic Information and Electrical Engineering, Yangtze University, Jingzhou Hubei

Received: Feb. 2nd, 2024; accepted: Feb. 22nd, 2024; published: Mar. 15th, 2024

Abstract

In response to the low-carbon call put forward by the state, the development trend of electric vehicles has become more and more obvious, and the development of charging facilities needs to be improved while vigorously developing electric vehicles. In this paper, Siemens PLC is used as the control system of the charging pile, aiming at the safety of the charging pile, and the real-time monitoring of the charging state and the handling of abnormal situations are proposed. In addition, NetToPLCSim is used to establish the communication between PLC and host computer, so as to verify the rationality of the system design and improve the security.

Keywords

Electric Vehicle, Charging Pile, NetToPLCsim

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球能源危机的不断加剧，石油等传统能源的不断消耗以及环境污染加重导致的温室效应，联合国呼吁各国可以加大减排力度，采用更有力的气候行动[1]。发展电动汽车将是解决这两个难题的最佳途径。近几年，我国对电动汽车的研究已经取得了巨大突破，然而发展电动汽车，充电设施建设和完善是必需的。电动汽车的充电桩就像加油站的加油机为电动汽车提供电能[2]。我国对电动汽车的研究已经不再局限于对电动汽车电池性能的研究也对充电过程中的各种状态量进行研究，充电桩作为配套设施，安全性能也不可忽略。文献[3]采用单片机技术设计了针对交流充电桩的一种远程监控系统，能实时监控充电桩的状态从而采取行动。文献[4]针对直流充电桩充电特点利用数据库搭建一个综合故障专家诊断系统，提高了充电桩的检修效率。文献[5]采用卷积神经网络和双向门控循环系统建立预测模型，提高了充电桩故障的检修率。上述学者在监控方面作出了巨大贡献，却忽略了改善和提高充电桩自身的容错率。本文将从提高自身容错率方面展开研究。

2. 充电桩的介绍

充电装置对于电动汽车产业而言是不可或缺的重要设备，主要包括直流充电机和交流充电桩两种形式[6]。充电模式的选择决定了电池寿命的长短[7]。交流充电桩提供三相额定或者单相额定的交流电源，充电时间一般需要 5 到 8 小时，可对电池深度充电，提升充放电效率，延长电池寿命。直流充电桩提供额定的直流充电电源，一般在 20 到 40 分钟内就能完成充电，但较大的充电电流容易造成电机极板的活性物质脱落，从而缩短电池寿命[8]。充电桩有着多种功能模块组成，其中内部的一些电子元件有着温度限制，进而影响着充电桩的正常工作温度。充电桩运行时也会受周围环境温度的影响当处于夏季高温时段时有些地区的温度会急剧升高如果内部不能得到有效的散热，会引起充电桩内部硬件损坏和其性能下降。本文将采用模糊 PID 控制来改变散热风扇的转矩从而提高充电桩的容错率。

3. 流程设计

充电桩在使用时主要分为公用充电桩和家用充电桩。充电桩需要向电网申请单独配电，故在充电桩侧的安全防护也极其重要。当夏天温度升高且给电动汽车在充电时会产生热量从而导致温度上升。家用充电桩大多安装在车库等地方，所以当充电桩侧发生故障时难以及时得到消息。故本文将对家用充电桩的安全设计进行讨论。本文将会对充电桩在使用时自身的温度以及电动汽车电池的温度为监测量。针对电动汽车电池的温度本文将会设定阈值，当温度达到阈值时将会报警并且断电。具体流程图如图 1 所示。

充电桩主要通过电能计量装置来实现电能的计量[2]。本文将通过上位机与 PLC 进行通信来实现家用充电桩的充电监测功能并进行仿真。以充电枪上的传感器为基础进行数据的采集传送到 PLC 里面对数据进行分析、比较和处理从而可以通过 PLC 来控制家用充电桩。针对充电桩自身的内部温度将会设计模糊 PID 控制来实现自身闭环调节进一步提高充电侧的安全性。

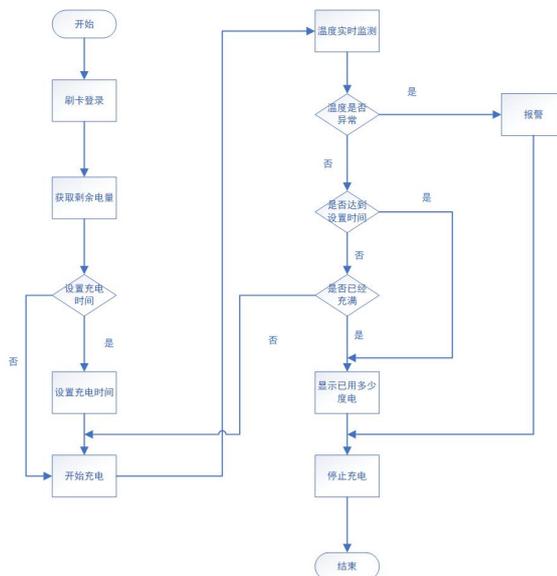


Figure 1. Design flow chart
图 1. 设计流程图

4. 程序设计

4.1. 算法设计

充电桩内部的元件均有着正常工作范围，如何更高效的控制充电桩内部的温度是本文研究的重点。由于温度具有滞后性和非线性的特点，并且容易受到其他因素的影响，因此采用温度控制领域具有代表性的模糊 PID 算法[9]。模糊控制主要有模糊化、模糊推理、和清晰化三部分组成。由于模糊 PID 不需要控制精确的数学模型而是通过实时测量的温度值与设定温度的差值作为控制量的大小，因此输入不同的控制对象均能得到最佳 PID 调整[9]。其中以误差 e_c 和误差变化率 e_k 为输入，以 K_p 、 K_I 、 K_D 为输出变量。将输出变量设定七个模糊子集：NB、NM、NS、ZO、PS、PM、PB 分别为负大、负中、负小、零、正小、正中、正大。将这些化为论域。误差 $e_c \in [-3, 3]$ 、 $e_k \in [-3, 3]$ 。 K_p 、 K_I 、 $K_D = \{3, 2, 1, 0, -1, -2, -3\}$ 。将选用三角形隶属度函数作为模糊隶属度函数，对输入和输出变量进行模糊化处理。建立 K_p 、 K_I 、 K_D 模糊规则表，如表 1 所示：

Table 1. Fuzzy rule table
表 1. 模糊规则表

K_p, K_I, K_D	e_k						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PB/NB/PS	PB/NB/NS	PM/NM/NB	PM/NM/NB	PS/NS/NB	ZO/ZO/NM	ZO/ZO/PS
NM	PB/NB/PS	PB/NB/NS	PM/NM/NB	PS/NS/NM	PS/NS/NM	ZO/ZO/NS	NS/ZO/ZO
NS	PM/NB/ZO	PM/NM/NS	PS/NS/NM	PS/NS/NM	ZO/ZO/NM	NS/PS/NS	NS/PS/ZO
e_c	ZO	PM/NM/ZO	PM/NM/NS	PS/NS/NS	ZO/ZO/NS	NS/PS/NS	NM/PM/NS
	PS	PS/NM/ZO	PS/NS/ZO	ZO/ZO/ZO	NS/PS/ZO	NS/PS/ZO	NS/PM/ZO
	PM	ZO/ZO/PB	ZO/ZO/PS	NS/PS/PS	NM/PS/PS	NM/PM/PS	NB/PB/PS
	PB	ZO/ZO/PB	ZO/ZO/PM	NM/PS/PM	NM/PM/PM	NM/PM/PS	NB/PB/PB

系统设计原理

由于温度的特性，本文将选用纯滞后的一阶惯性环节对系统识别，从而来对比模糊 PID 和 PID 对温度控制的高效性。数学模型为：

$$G(s) = \frac{1}{1.25s+1} e^{-t}$$

基于 MATLAB 中的 Simulink 仿真的原理图如图 2 所示：

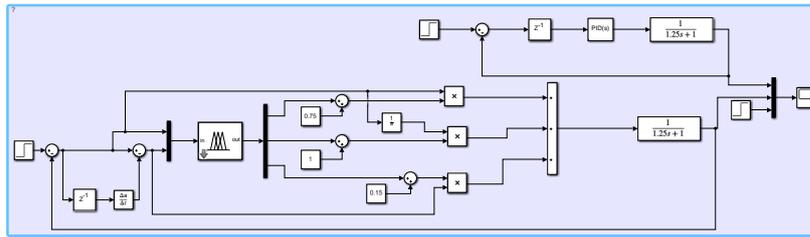


Figure 2. Simulink simulation schematic diagram
图 2. Simulink 仿真原理图

4.2. PLC 程序设计

随着时间连续变化的物理量被称为模拟量。例如：电压、电流、压力、速度、流量、温度等信号。通常电压信号为 0~10 V，电流信号为 4~20 mA，可以用 PLC 的模拟量模块进行数据采集，其经过抽样和量化后可以转换为数字量。PLC（可编程逻辑控制器）是通过逻辑控制，扫描中也只能处理数字量信息，模拟量需要通过转换后，才能被 PLC 识别扫描。模拟量的输入流程为模拟量输入时，传感器测量出来的物理量→变送器，将非标准的电信号转换成标准的电信号→A/D 模数转换器(AD)转换成数字量→用户程序。在 PLC 中电压信号对应的数字量为 0~27,648，即将传感器传来的模拟信号转换成 0~27,648 中的一个数值然后在利用数模转换公式转换成实际工程值方便用户编程。

$$P_r = (D_r - D_l) \times \frac{P_h - P_l}{D_h - D_l} + P_l$$

其中 P_r 、 D_r 、 D_l 、 P_h 、 P_l 、 D_l 分别为实际工程值、实际数字量、数字量下限、工程值上限、工程值下限、数字量上限。

在选定 PLC 型号时还需要使用西门子系列的扩展模块 SM1234 来完成对传感器数据的接收和转换。SM1234 为 4 路输入 2 路输出。

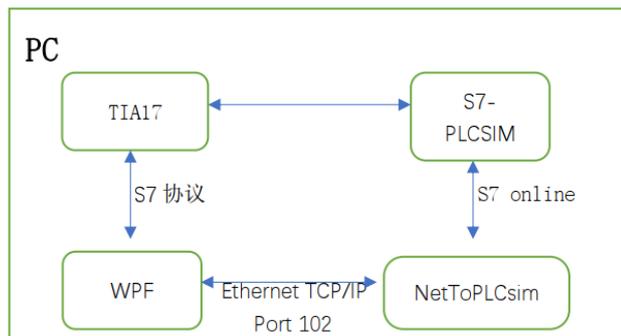


Figure 3. System block diagram
图 3. 系统框图

在整个系统中，主要有多个部分组成，具体结构图如图 3 所示。

采用 PLC 编程通过 NetToPLCsim 为媒介将 PLC 与上位机进行通信，并在上位机上验证设计的可行性使得仿真结果更加准确。

4.3. 软件编程

按照流程图 PLC 程序设计可以分为五个部分即开始、温度监测、电量统计、报警保护、结束充电。

4.3.1. 温度监测

该部分主要包括温度传感器的数据转换以及对温度的实时监测，PLC 通过传感器传回来的数据进行判断是否超过了安全温度范围。如果超过安全温度范围则会急停并且报警，更加安全的控制充电桩的使用。并且加入电量计算程序，使得用户不管是通过设定时间充电还是直接充电在最后都可以知道已经消耗多少电量。部分程序见图 4。

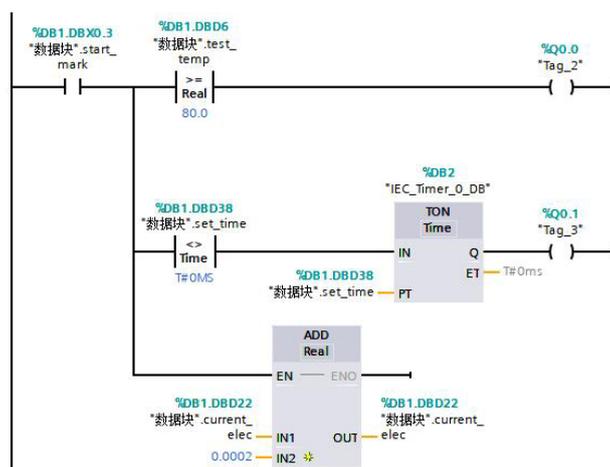


Figure 4. Temperature monitoring module

图 4. 温度监测模块

4.3.2. 急停和复位程序

急停和复位将采取置位的方式来获得较高优先级从而可以更好的实现急停。部分程序见图 5。

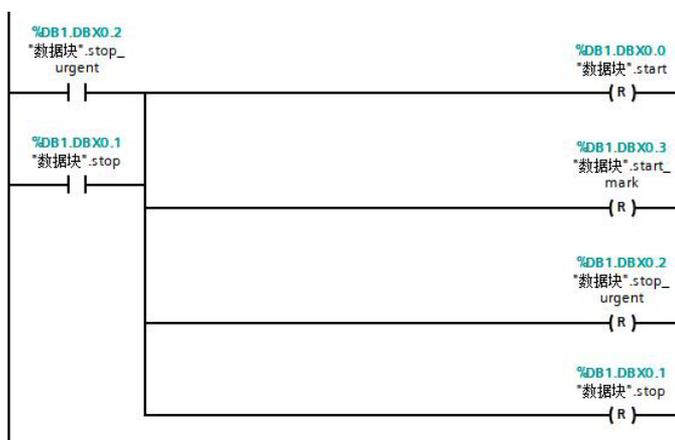


Figure 5. Scram reset procedure

图 5. 急停复位程序

4.3.3. NetToPLCsim 设置

NetToPLCsim 作为一个软件工具，其核心功能是将电脑上的网卡数据与 PLCsim 连接起来。为了实现这一目的 PLC 的 IP 地址必须与电脑的 IP 地址必须保持同一网段，由于 PLC 的 IP 地址是 192.168.0.1，故要将电脑 IP 地址改为 192.168.0.80。因为本设计是通过仿真来验证可行性，所以上位机中与 PLC 通信的 IP 地址为电脑 IP，即 192.168.0.80。配置结果如下图 6。

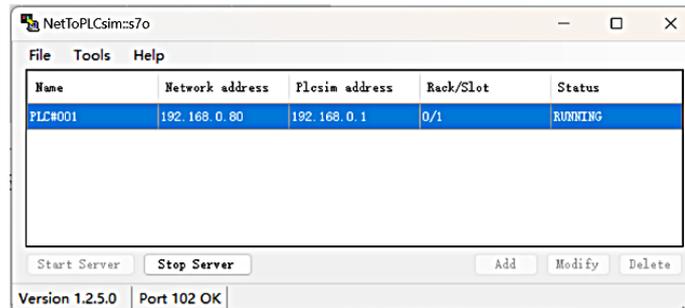


Figure 6. Configuration results

图 6. 配置结果

5. 实验结果

5.1. Simulink 仿真结果

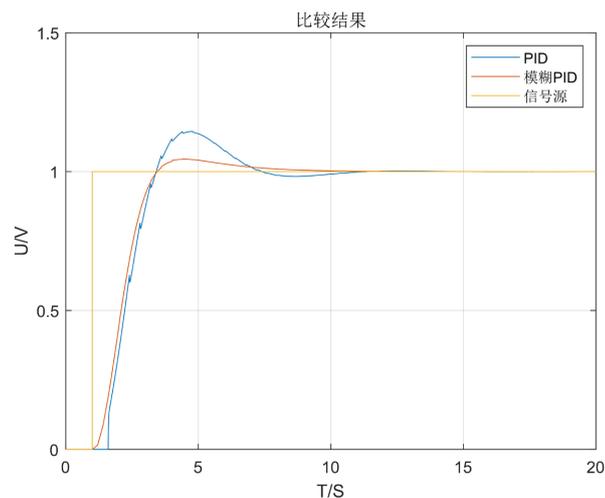


Figure 7. Simulation results

图 7. 仿真结果

如图 7 所示，通过对比发现在对温度进行控制的时候模糊 PID 比 PID 会更快的响应、更小的超调、且更好的稳定。通过对比可知选用模糊 PID 将会更好的控制充电桩在使用时候的内部温度。

5.2. 上位机仿真结果

本设计将结合上位机进行仿真，仿真的结果可以更加直观的得到。仿真结果如下所示。

本次设计将采用 Visual Studio 2022 进行上位机的编写。设计了如图 8 所示正常运行时的登陆界面，可以保证家用充电桩的私密性。分别给予不同的温度来验证系统设计的准确性。如图 9 所示，当温度低

于设定温度时，上位机将会实时显示出电池的內部状态；如图 10 所示当温度过高时系统将会故障报警灯亮起、蜂鸣器发出声音提醒与此同时 PLC 将会对系统进行断电处理从而进一步的保障了安全性。



Figure 8. Login page
图 8. 登录界面



Figure 9. Normal operation interface
图 9. 正常运行界面



Figure 10. Fault page
图 10. 故障界面

6. 结论

本次设计来源于电动汽车充电时自燃现象的频繁发生，而家用充电桩一般安装在家庭附近且用户充电时间大多会选择晚上，如果发生自燃将会造成严重危害。本设计全面兼顾充电侧的安全性，不仅仅对电动汽车内部的电池进行实时监控也对充电桩本身的温度进行调节。实验结果充分证明了本设计的可行性，将会进一步的提高充电侧的安全性。

参考文献

- [1] 魏国, 商慧杰, 朱春波, 等. 电动汽车交流充电桩系统设计[J]. 现代电子技术, 2012, 35(21): 124-126+131. <https://doi.org/10.16652/j.issn.1004-373x.2012.21.013>
- [2] 王国义. 电动汽车直流充电桩控制系统的设计[J]. 齐齐哈尔大学学报(自然科学版), 2023, 39(5): 20-23.
- [3] 黄鹏鲲, 刘廷章, 梁立新, 等. 基于 Web 的交流充电桩远程监控系统设计[J]. 工业控制计算机, 2018, 31(1): 41-42+45.
- [4] 杨莎莎. 基于故障树的直流充电桩故障诊断专家系统研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2020. <https://doi.org/10.26944/d.cnki.gbfju.2019.001106>
- [5] 王义. 基于深度学习的电动汽车充电过程状态监测与故障预警研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛科技大学, 2023. <https://doi.org/10.27264/d.cnki.gqdhc.2022.000855>
- [6] 徐坤, 周子昂, 吴定允, 等. 电动汽车交流充电桩控制系统设计[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2016, 37(3): 47-52+7. <https://doi.org/10.15926/j.cnki.issn1672-6871.2016.03.011>
- [7] 刘鑫爽. 电动汽车充电桩的设计及其控制方法研究[D]: [硕士学位论文]. 柳州: 广西科技大学, 2013.
- [8] 胡勇. 电动汽车交流充电桩控制装置的研究与设计[D]: [硕士学位论文]. 绵阳: 西南科技大学, 2017.
- [9] 罗一, 石艳. 基于模糊 PID 控制的窖池温度监控设计[J]. 食品与机械, 2023, 39(3): 85-90. <https://doi.org/10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.80150>