

A control method of electric charging port cover based on a resistance position sensor

Wu Zhou Yue Huang Guanlin Liu Huijing Li

Guangzhou Automobile Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 511434, China

Abstract

With the popularity of electric vehicles, the intelligent design of charging port cover has become an important direction to improve user experience and system reliability. This paper proposes a design scheme of electric charging port cover which can significantly improve the sampling accuracy of resistance sensor and multi-scene control logic, focusing on solving the problems of multi-scene trigger, anti-clip safety and environmental adaptability. The design uses the resistance angle sensor combined with the voltage sampling to calculate the resistance, improves the sampling reliability through the bilateral error redundancy mechanism, and constructs a multi-scenario trigger logic for different use scenarios (such as remote control key, remote control, automatic speed shutdown, etc.). Sampling configuration characters distinguish different models and items, which significantly improve the reusability and platform of the software. In addition, the standardized interface is designed based on SOA (service-oriented architecture), which supports the flexible expansion of charging port cover and vehicle system (such as self-locking in car wash mode and geography-fencing linkage).

Keywords

Electric vehicle; charging port cover; resistance sensor; SOA architecture; anti-clip control

一种基于电阻位置传感器的电动充电口盖控制方法

周武 黄越 刘关林 李慧晶

广州汽车集团股份有限公司, 中国·广东 广州 511434

摘要

随着电动汽车的普及, 充电口盖的智能化设计成为提升用户体验和系统可靠性的重要方向。本文提出了一种可显著提高电阻传感器采样精度与多场景控制逻辑的电动充电口盖设计方案, 重点解决多场景触发、防夹安全及环境适应性问题。设计采用电阻式角度传感器结合电压采样计算电阻, 通过双边误差冗余机制提高采样可靠性, 并针对不同使用场景(如遥控钥匙、远程控制、车速自动关闭等)构建的多场景触发逻辑。采样配置字区分不同的车型和项目, 显著提升软件的复用性和平台性。此外, 基于SOA(服务导向架构)设计标准化接口, 支持充电口盖与整车系统的灵活扩展(如洗车模式自锁、地理围栏联动)。

关键词

电动汽车; 充电口盖; 电阻传感器; SOA架构; 防夹控制

1 引言

对于电动汽车(EV)和插混汽车(PHEV)的用户来说, 充电的场景是日常用车最常见的场景, 充电口盖的使用频率非常高, 市场上充电口盖的类型有很多种, 详见表1:

随着电动车智能化程度不断提升, 很多车企都在其高端车型上采用了电动开闭型充电口盖, 以提升产品品质和智能化程度, 电动充电口盖内部有开闭电机和位置传感器, 开闭电机负责驱动口盖的开闭行程动作执行器, 位置传感器负责采集口盖的位置状态, 实现闭环控制。

【作者简介】周武(1982-), 男, 中国广东广州人, 本科, 工程师, 从事汽车电子电器研究。

表1 充电口盖类型表

| 充电口盖类型 | 优点 | 缺点 |
|----------|-------------|-------------|
| 机械拉索式 | 结构简单、成本最低 | 操作不便, 钢索易生锈 |
| 电动解锁式 | 结构简单、成本较低 | 操作不便 |
| PushPush | 操作便利, 成本一般 | 不能智能控制 |
| 电动开闭型 | 操作便利, 可自动控制 | 成本较高 |

其中电动充电口盖的位置传感器又分为霍尔式和电阻式^[1], 霍尔式是通过电机运行时产生的霍尔脉冲信号进行计数加减来计算口盖的位置, 但如果用户人为掰动口盖会导致霍尔计数器错乱, 引起位置丢失, 所以一般霍尔式用于可锁止的运行机构, 如车窗电机等; 而电阻式位置传感器是电阻/位置曲线, 具有绝对位置-阻止的映射关系, 能有效避免人为掰动导致的位置丢失的问题, 是电动充电口盖位置传感器的优选方案。

2 电阻采样方式

电阻式位置传感器的原理是在口盖内部设计一个滑动变阻器，其电阻大小与开启角度呈线性比例关系，但其缺点是易受温度、环境、以及批次等影响，电阻值会出现偏差。设计输入的电阻值的公差是 $\pm 5\%$ ，位置公差是 $\pm 1\%$ ，位置-电阻曲线如下图 1：

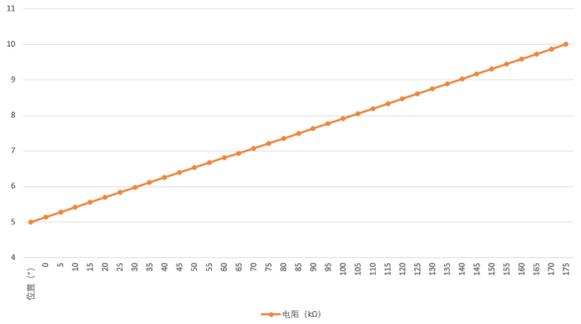


图 1 传感器“位置 - 电阻”曲线

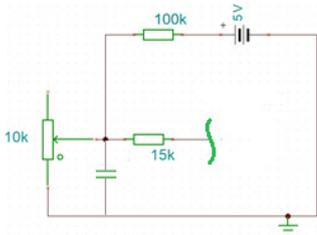


图 2 电流采样计算电阻原理图

按照电流采样计算电阻的采样方式^[2]，上拉电压设定 5V，上拉电阻 100k，口盖的最大开启角度为 100° ，设计的模拟采样原理如图 2：

口盖全关 (0°)：

电阻误差为 0 时，计算电压：

$$U_0 = \frac{5}{100+5} \times 5 = 0.25V;$$

电阻误差为 +5% 时，电压最高：

$$U_{0max} = \frac{5}{100+5} \times (5 * 1.05) = 0.263V;$$

电阻误差为 -5% 时，电压最低：

$$U_{0min} = \frac{5}{100+5} \times (5 * 0.95) = 0.238V;$$

口盖全开 (100°)：

电阻误差为 0 时，计算电压：

$$U_{100} = \frac{5}{100+7.778} \times 7.778 = 0.361V;$$

电阻误差为 +5% 时，电压最高：

$$U_{100max} = \frac{5}{100+7.778} \times (7.778 * 1.05) = 0.379V;$$

电阻误差为 -5% 时，电压最低：

$$U_{100min} = \frac{5}{100+7.778} \times (7.778 * 0.95) = 0.343V;$$

从上面的计算结果可以算出，传感器灵敏系数 $k=100/(0.361-0.25)=900.9^\circ/V$ ，而传感器公差引起的电压偏差

为 $0.018V$ ，换算成角度误差可达 16.2° ；

所以采用电流采样计算电阻，会因电阻值的公差导致计算电阻产生最大 16° 左右的偏差。

由于电阻传感器实际上是一个均质的滑动变阻器，受温度、环境和批次会影响整个行程的电阻，最理想的方案是采用电压采样计算电阻的方案来消除环境和批次的误差。

3 电压采样计算电阻消除误差

电压采样计算电阻方案^[3]，是将 5V 电源作用在传感器的全行程，再从位置信号脚位采集电压，从而消除了温度、批次等影响导致的电压采样偏差，采样原理图见图 3：

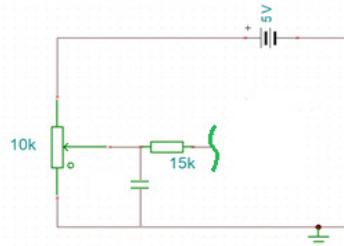


图 3 电压采样计算电阻原理图

口盖全关 (0°)：

位置误差为 0 时，计算电压：

$$U_0 = 5/10 * 5 = 2.5(V);$$

位置误差为 -1% 时，电压最低：

$$U_{0min} = 4.972/10 * 5 = 2.486(V);$$

位置误差为 +1% 时，最高电压：

$$U_{0max} = 5.028/10 * 5 = 2.514(V);$$

口盖全开 (100°)：

位置误差为 0 时，计算电压：

$$U_{100} = 7.778/10 * 5 = 3.889(V);$$

位置误差为 -1% 时，最低电压：

$$U_{100min} = 7.75/10 * 5 = 3.875(V);$$

位置误差为 +1% 时，最高电压：

$$U_{100max} = 7.806/10 * 5 = 3.903(V);$$

系统设计时，在关闭时应将传感器出现正误差时作为关闭位置的电压，所以取 $U_{0max}=2.514V$ 作为软件设定的关闭位置 (0°)；同样，取 $U_{100min}=3.875V$ 作为软件设定的全开位置 (100°)，软件的角度计算公式为：

$$\theta = (U_{测} - U_{0max}) * k$$

$$U_{0max} : \text{基准电压}, U_{0max} = 2.514 (V)$$

$$k : \text{传感器灵敏系数}, k = 100/(3.875 - 2.514) = 73.48 (^\circ/V)$$

同时，为了防止关闭时传感器位置负误差导致口盖无法完全关闭，采用延时关闭驱动的方案，延时参数的如下方式计算取得：

口盖的整体驱动时间大致为 3s，运行速度大约为 $33^\circ/s$ ，延时驱动需要覆盖位置公差的 $\pm 1\%$ 的行程，即覆盖 2° 的行程，考虑到一些冗余量，将延时驱动时间确定为 100ms，

既能保证口盖能打开关闭到位，也能避免因过长的延时驱动导致堵转产生电机噪音。

4 提高系统兼容性

考虑到口盖的型式不同，开启的行程角度会有差异，所以为了适配不同车型，将开启角度 100° 作为可配置参数“PowerFillerCapAngle”；另外口盖还存在关闭后是否有锁止机构的差异，也将是否有锁止结构作为可配置参数“PowerFillerCapLockCfg”，支持 UDS 诊断写入，配置参数如表 2：

表 2 充电口盖配置参数表

| 参数名称 | 参数值定义 | 读写属性 |
|------------------------|---|------|
| PowerFillerCapAngleCfg | Linear: resolution:1° per bit - offset: 0 | R/W |
| | 0x00=Absent 0x01=Present | R/W |

由于口盖的电压与角度的计算公式为：

$$U_{测} = \theta / k + U_{0max}$$

所以全关 $\theta = 0$ 时对应电压 $U_{0max} = 2.514$ (V)；全开时 $\theta = \text{PowerFillerCapAngleCfg}$ 时对应电压 $U_{100min} = \text{PowerFillerCapAngleCfg} / 73.48 + 2.514$ (V)；

再根据口盖是否为带锁止结构，关闭后的延时驱动时间配置为 100ms 或 500ms，其中 400ms 为驱动锁止电机运行的时间。

针对不同的项目或车型，在车辆下线时，下线设备会根据车型的实际情况，通过 UDS^[4] (Unified Diagnostic Services) 写入“PowerFillerCapAngle”和“PowerFillerCapLockCfg”的实际参数值，软件根据不同的配置参数进行驱动，具体逻辑如下：

当 PowerFillerCapLockCfg==Absent 时，ZCU 执行电动加注口开闭动作。

| 动作指令 | 锁动作 | |
|----------|---|------------|
| NoAction | 不驱动 | 0=NoAction |
| Close | 驱动关闭，直至 $U_{测} = 2.514V$ 再驱动 100ms 停止 | 1=Closing |
| | 驱动打开，直至 $U_{测} = \text{PowerFillerCapAngleCfg} / 73.48 + 2.514V$ 再驱动 100ms 停止 | 2=Opening |

当 PowerFillerCapLockCfg== Present 时，ZCU 执行电动加注口开闭动作。

| 动作指令 | 锁动作 | |
|----------|---|------------|
| NoAction | 不驱动 | 0=NoAction |
| Close | 驱动关闭，直至 $U_{测} = 2.514V$ 再驱动 100ms 停止 | 1=Closing |
| | 驱动打开，直至 $U_{测} = \text{PowerFillerCapAngleCfg} / 73.48 + 2.514V$ 再驱动 500ms 停止 | 2=Opening |

通过以上配置参数，就可以兼容不同项目和车型的口盖，实现软件平台化和通用化，大大提高软件的复用性，减少软件开发周期，提升开发效率。

5 控制逻辑

在进行电动充电口盖的功能开发时，经过与需求沟通，市场的对标以及从场景触发进行正向分析，电动充电口盖的功能如下^[5]：

1. 主机（中控大屏）打开 / 关闭电动充电口盖；
2. 车外开关打开 / 关闭电动充电口盖；
3. 遥控钥匙打开 / 关闭电动充电口盖；
4. 充电桩打开 / 关闭电动充电口盖；
5. 远程打开 / 关闭电动充电口盖；
6. 随车辆闭锁自动关闭电动充电口盖；
7. 随车速自动关闭电动充电口盖；
8. 随动关闭 / 打开电动充电口盖；
9. 电动充电口盖防夹 [6]；
10. 电动充电口盖服务化；

6 总结

本文提出了一种基于电阻位置传感器的电动充电口盖控制方法，以适应现代汽车电动化、智能化的发展趋势。通过引入逻辑算法优化，提高了测量的可靠性。结合多样化的触发条件和防夹保护机制，不仅提高了安全性，还极大地优化了用户的操作体验。此外，采用了 SOA 架构实现功能扩展性，能够更方便地集成新功能和服务，符合当前汽车智能化发展的长远需求。本文研究涉及到电动充电口盖的类型选择、选型依据、采样原理分析、方案优化设计以及功能场景适配等多个方面，通过对这些关键环节的比较全面的分析和论证，形成了一套系统化的设计方案。该方案在实际量产车型上得到了应用验证，经过严格的测试和市场反馈收集，证明其在性能、安全性和用户体验等方面均达到了预期目标，并取得了良好的市场效果，为汽车电动化、智能化发展提供了有力支持。

参考文献

- [1] 范宝琦.汽车电器电量采集系统研究[D].吉林大学, 2011. DOI:CNKI:CDMD:2.1011.099077
- [2] 陈小波,胡育文,黄文新,等.基于单电阻电流采样的矢量控制算法研究[J].电气传动, 2011, 41(5):5. DOI:10.3969/j.issn.1001-2095.2011.05.004.
- [3] 刘立毅,宋树杰.伏安法测电阻系统误差的消除方法[J].物理教学探讨:中学教学教研专辑, 2009.
- [4] 黄丽芳.UDS诊断服务在车载ECU中的应用分析[J].汽车电器, 2012(6):4. DOI:10.3969/j.issn.1003-8639.2012.06.021.
- [5] 王聪,杨志刚,林祥辉.电动充电口盖产品定义及开发[J]. 2024.
- [6] 赵宇,付国龙.防夹式车用电动充电口盖:202321448503[P][2025-03-11].