

An automatic parking system for new energy vehicles based on the speed control of drive motors

Hongxi Hu

Chery New Energy Automobile Company Limited, Wuhu, Anhui, 241000, China

Abstract

This paper designs an automatic parking system. For vehicles without chassis configurations such as vehicle stability systems, the parking function is realized through the collaborative work of the vehicle controller and the drive motor assembly. In this paper, the vehicle controller is taken as the main control unit to coordinate and judge input information such as vehicle speed, actual gear position, and accelerator pedal opening, determine whether to trigger the parking function, and calculate the preloading torque by identifying the road slope. The motor controller is used as the actuator for automatic parking. Before the driver releases the brake pedal, a certain torque is pre-output by referring to the preload torque of the vehicle controller. After the brake pedal is released, the control torque is adjusted according to the motor speed PI to maintain the motor speed at zero. After verification, the effect is very obvious on roads with a smaller slope, and it can also achieve the purpose of parking on roads with a larger slope.

Keywords

automatic parking; Speed control; control architecture

基于驱动电机转速控制的新能源汽车自动驻车系统

胡宏喜

奇瑞新能源汽车股份有限公司, 中国·安徽 芜湖 241000

摘要

本文设计了一种自动驻车系统, 针对没有车辆稳定系统等底盘配置的车辆上, 通过整车控制器及驱动电机总成协同工作, 实现驻车功能。本文将整车控制器作为主控单元, 协调判断车速、实际档位、加速踏板开度等输入信息, 判断是否触发驻车功能, 并通过识别道路坡度计算预加载扭矩。将电机控制器作为自动驻车的执行器, 驾驶员松开制动踏板前, 参考整车控制器的预加载扭矩预先输出一定扭矩, 制动踏板松开后, 依据电机转速进行PI调节控制扭矩, 保持电机零转速。通过验证, 在坡度较小的道路上效果非常明显, 在较大坡度的道路上也可以达到驻车目的。

关键词

自动驻车; 转速控制; 控制架构

1 引言

新能源汽车蓬勃发展, 依托新能源汽车出现的新技术、新突破越来越多。消费者的接受程度越来越大, 2024 年全球新能源车销量突破 1800 万辆, 中国市场份额占比超 60%, 国内 2024 年 1—5 月累计渗透率达 41.8%。

纯电动汽车相比传统燃油车, 有着结构简单、电器架构更灵活、低速可输出扭矩更大、控制响应更快等优点。

为了给客户好的驾驶体验, 很多人对自动驻车开展的研究, 取得了很多成果, 也得到了广泛的应用。王金桥等^[2]对电机转速进行控制, 利用坡度传感器采集到的坡度值, 计算坡中驻车需求的目标扭矩, 实现了车辆的上坡辅助功能。赵启龙等^[3]通过 EPB (Electrical Park Brake, 电子驻车系统)

控制器提供端口, ESP 系统与 EPB 系统交互, 对 AutoHold 自动驻车功能进行设计, 并制定一种控制策略, 实现整车 AutoHold 自动驻车功能。卫明利等^[4]介绍了一种基于某型机动车辆 CAN 总线网络、自动驻车单元、驾驶操纵手柄及互联电缆实现车辆自动驻车功能的设计。

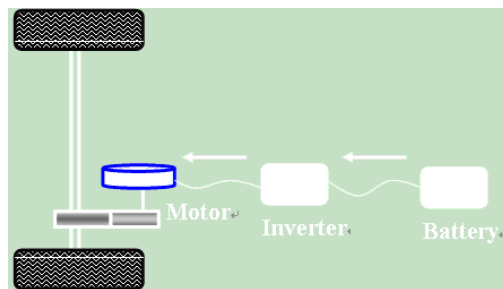


图 1 新能源汽车结构形式

本文基于一款未配置车辆稳定系统的新能源车辆, 提

【作者简介】胡宏喜 (1985–), 男, 中国安徽池州人, 本科, 工程师, 从事机械设计制造及自动化研究。

出了一种基于电机转速控制的自动驻车控制方法。

2 自动驻车功能设计

2.1 车辆动力学分析

自动驻车功能作用过程中,要求车辆应保持平稳,不能晃动,因此需要控制车辆受力的平衡,即驱动力等于总的行驶阻力,建立如下汽车行驶方程式^[1]。

$$F_t = F_f + F_w + F_i + F_j \quad (1)$$

式中, F_t 为驱动力, F_f 为滚动阻力、 F_w 为空气阻力、 F_i 为坡度阻力、 F_j 为加速阻力。

驱动力驱动电机的力矩传递至车轮,可写为:

$$F_t = \frac{T_{tq} i_g \eta}{r} \quad (2)$$

式中 T_{tq} 为驱动电机输出的力矩, i_g 为减速器的减速比, η 为传动系统的效率,固定速比传动的电动汽车,传动效率主要来自减速器和传动轴, r 为轮胎的滚动半径。

坡度阻力直接影响驻车力矩的计算,坡度阻力是汽车重力沿坡道的分力,坡度阻力计算公式为:

$$F_i = mg \sin \theta \quad (3)$$

式中 m 为车辆的质量, θ 为道路坡度。

由于自动驻车功能作用在车辆静态的时候,目标工况为静态驻车工况,因此,加速阻力、空气阻力和坡度可忽略不计。

因此,驻车工况,汽车的行驶方程可写为:

$$\frac{T_{tq} i_g \eta}{r} = mg \sin \theta \quad (4)$$

因此,为了能够使车辆静止,电机输出力矩目标值为:

$$T_{tq} = \frac{mgr \sin \theta}{i_g \eta} \quad (5)$$

滚动阻力主要是由于轮胎的滚动变形导致的,跟轮胎的滚动阻力系数和车轮垂向载荷相关,滚动阻力计算公式为:

$$F_f = mgf \cos \theta \quad (6)$$

式中 m 为车辆的质量, f 为轮胎滚动阻力系数, θ 为道路坡度。

工程实现时,因为有滚动阻力的存在,在计算驻车需要的力矩时,可标定范围变的更宽,使得功能更容易实现。驱动电机输出的力矩需要满足:

$$T_{tq} \leq \frac{mgr \sin \theta}{i_g \eta} + mgf \cos \theta \quad (7)$$

$$T_{tq} \geq \frac{mgr \sin \theta}{i_g \eta} - mgf \cos \theta \quad (8)$$

2.2 自动驻车功能控制架构

自动驻车功能主要由整车控制器、电机控制器、驱动电机一起实现。整车控制器需要采集道路坡度信息、车速信息、油门踏板和制动踏板开关情况等。自动驻车功能控制方

案如下图所示。

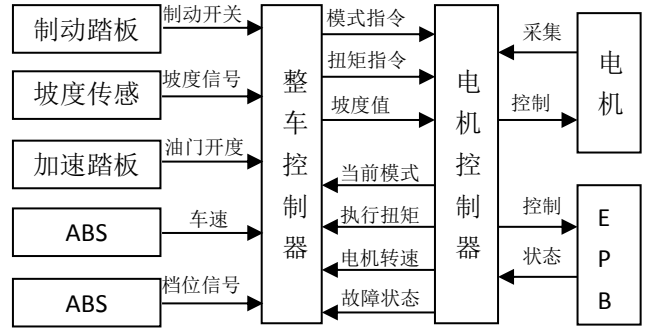


图2 自动驻车功能架构

整车控制器采集坡度信息,车速信号、档位信号、制动开关信号、油门踏板开度信号,道路坡度值小于一定值的前提下,当车辆处于前进档,油门踏板没有被踩下,且踩刹车保持车辆静止持续一定时间后,激活自动驻车功能,驾驶员松开制动踏板后继续保持车辆静止。

功能激活过程中,如果因为驾驶员退出D档、车辆溜坡,或者因为系统异常导致自动驻车功能退出,整车控制器控制EPB拉起保持车辆静止。

2.3 自动驻车功能实现

2.3.1 驻车转矩计算

驻车转矩是车辆在当前道路上的稳定转矩,整车控制器根据车辆的载荷、道路的坡度计算预加载转矩,并发送给电机控制器。

2.3.2 预加载过程

预加载过程分为部分预加载、100%预加载。

功能触发,驾驶员松开刹车踏板前,驱动电机加载部分预加载转矩。

部分预加载选取几个常用坡道进行标定获取,其他坡道下部分预加载转矩根据当前标定得到的值进行插值获取。表1作为参考。

表1 不同坡道下的部分预加载转矩

	下坡			平地	上坡		
坡道值	-1.0	-0.6	-0.4	-0.25~0.25	0.4	0.6	1.0
驻坡转矩	-25%	-13.2%	-7.2%	0%	8.8%	16.5%	25%

例如:坡度 -0.25~0.25,电机预加载转矩是 0Nm;坡度 0.25~0.4,MCU 预加载转矩是 0% 到 8.8% 之间线性插值。以此类推其他坡度的预加载转矩值。

驾驶员松开制动踏板后,加载 100% 的预加载转矩,整个预加载过程应保证车辆稳定,不得有冲击、晃动等剧烈感受。

2.3.3 稳定过程

预加载过程可能会引起转速波动,需要保持 100% 驻坡转矩一定时间来稳定转速,避免影响 PI 调节的效果。该稳定时间可以根据坡道值调整。100% 预加载完成之后,等

待 200ms 电机控制器进入转速环进行 PI 调节

PI 调节过程根据坡道值不同进行 PI 参数分段, 调节过程需要保证车辆平稳, 避免车辆晃动、打齿。转速环调节过程, 检测到电机转速小于 5rpm 后, PI 输出不变, 此时认为车辆稳定。

3 自动驻车功能标定与验证

驻车扭矩标定是非常关键的一个环节, 包括预加载扭矩请求、预加载扭矩的执行及加载速率, 松开刹车踏板时刻的扭矩 PI 调节标定及扭矩变化速率, 直接影响车辆的稳定效果。

标定验证过程选取的路况主要为平直道路、微小坡度道路及大坡度道路。标定效果如下图所示。

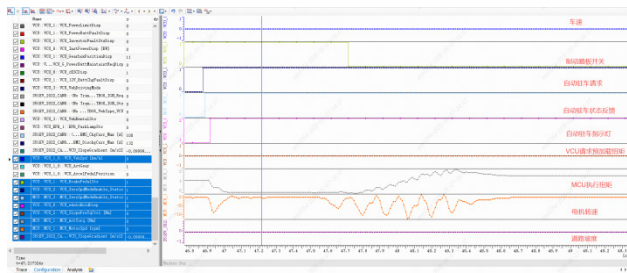


图 3 平直道路功能验证

由图 3 可看出, 在坡度值小于 0.1 (约 1%) 的平路上, 驻车效果表现非常好, 功能触发时刻及松开制动踏板时车速无波动, 电机转速波动在 10rpm 范围内, 并很快稳定, 松开制动踏板后能维持车辆原地不动。



图 4 微小坡度道路功能验证

由图 4 可看出, 在坡度值为 0.7 (约 7%) 的道路上, 驻车效果也比较理想, 功能触发时刻车速无波动, 电机转速波动在 10rpm 范围内。松开制动踏板时车速波动在 0.1km/h 左右, 电机转速最大波动约 50rpm, 并很快稳定, 松开制动踏板后能维持车辆原地不动, 功能的表现效果也可以接收。

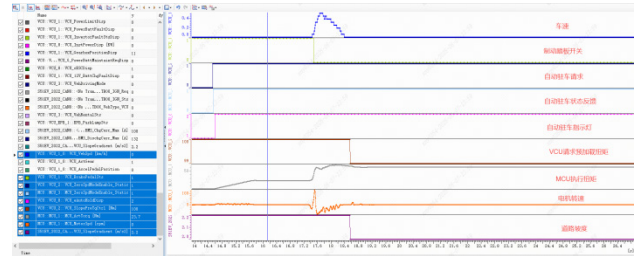


图 5 大坡度道路功能验证

由图 5 可看出, 在坡度值为 2.2 (约 22%) 的道路上, 仍然可以稳定住车, 但由于坡度较大, 松开制动踏板时车辆晃动较为明显, 车速波动达到了 0.5km/h, 电机转速波动超过了 100rpm, 并出现了约 1.5s 的振荡现象。松开制动踏板 1.5s 后, 车辆稳定驻车。

4 结论

本文设计的自动驻车功能, 在车辆没有车辆稳定系统等底盘配置的车型上, 可以实现自动驻车功能, 在小坡度的道路上效果表现较为理想。在较大坡度道路上虽然能实现功能, 但车辆晃动较为明显, 后续可以围绕预加载扭矩深入研究, 或者结合上坡辅助功能, 共同实现理想驻车的效果。

参考文献

- [1] 汽车理论[M].余志生,主编.机械工业出版社,2009
- [2] 王金桥,汤庆涛,高浩等.电动汽车坡道辅助功能策略开发[J].上海汽车,2022(11):19-24.
- [3] 赵启龙,郑素云,汪先东,等.某越野车AutoHold自动驻车功能设计[J].北京汽车,2019(01):23-26.
- [4] 卫明利,杨建英,许庆荣.某型车辆自动驻车控制系统设计[J].车辆与动力技术,2023(01):45-52.