

纯电动新能源割草机的车速控制

薛占坡^{1,2}, 赵心^{1,2}, 刘孟楠^{1,2}, 杨志波^{1,2}, 赵学平^{1,2}

(1. 智能农业动力装备全国重点实验室, 河南 洛阳 471039; 2. 洛阳拖拉机研究所有限公司, 河南 洛阳 471039)

摘要: 基于一款纯电动新能源割草机的整机行走驱动系统开发, 介绍一种控制割草机行走驱动的驱动方式和车速控制策略。主要从整机驱动方式的构型和驱动过程中车速及车辆转向的控制方法和控制策略等方面进行了阐述, 整机进行数轮持续测试和优化后, 各个方面满足相关标准要求, 且技术层面上具有先进性, 整机性能优异。

关键词: 新能源; 割草机; 速度控制

中图分类号: S220.2

文献标志码: A

文章编号: 1006-0006(2024)02-0084-04

Development of Speed Control of Pure Electric New Energy Mower

XUE Zhanpo^{1,2}, ZHAO Xin^{1,2}, LIU Mengnan^{1,2}, YANG Zhibo^{1,2}, ZHAO Xueping^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Intelligent Agricultural Power Equipment, Luoyang 471039, China;

2. Luoyang Tractor Research Institute Co., Ltd., Luoyang 471039, China)

Abstract: Based on the development of the driving system of a pure electric new energy lawnmower, this paper introduces a driving mode and speed control strategy of driving the lawnmower. In this paper, the configuration of the driving mode of the whole machine and the driving process of the speed and vehicle steering control method and control strategy are described. After several rounds of continuous testing and optimization of the whole machine, all aspects to meet the relevant standards, and the technical level has advanced, excellent performance of the whole machine.

Key words: New energy; Lawn mower; Speed control

随着全球园艺草坪增多, 割草机市场需求逐年递增, 在美国、加拿大、荷兰、德国、澳大利亚、巴西、日本等国, 割草机已经发展为比较成熟的产业, 拥有稳定的客户群体及应用市场^[1]。同时近年来设施农业、生态农业、庭院农业等生产环节对零排放、无污染、低噪音、绿色动力农机具和园林工具的需求不断增加, 纯电动农业机械已成为目前主要主机制造企业和科研院所研发的热点技术。

纯电动零半径割草机是一种包含电子控制系统、由车载电源为电动机供电并驱动整机行驶进行割草整地作业的新型产品, 适用于庭院草坪管理工作, 具有能源使用成本低、人机友好和环保等优点。

本文基于一款纯电动新能源割草机的整机行走驱动系统开发, 介绍一种控制割草机行走驱动的驱动方式和车速控制策略, 主要从整机驱动方式的构型、驱动过程中车速及车辆转向的控制方法和控制策略等方面进行了阐述介绍。

1 控制装置组成架构

常规割草机车速控制方面通常两种方式, 一种

为采用脚踩式油门加速和制动减速的方式; 另一种为电子手油门和制动系结合的速度控制方式。本文相对两种控制方式在速度控制的连续性、起步阶段加速平稳性和高速减速阶段的操控性等方面, 进行了控制策略和实现方式上的改进。控制装置如图1所示, 通过分段式电磁调速策略, 控制割草机的左、右驱动轮, 使整机起步时加速平缓, 中等车速时加速性较强, 高速回推时减速性较好。整机则通过左、右轮差速控制, 实现零半径转向。系统主要由左、右两套推杆装置、角度传感器、传动机构和电机控制器及电机等关键部件构成。

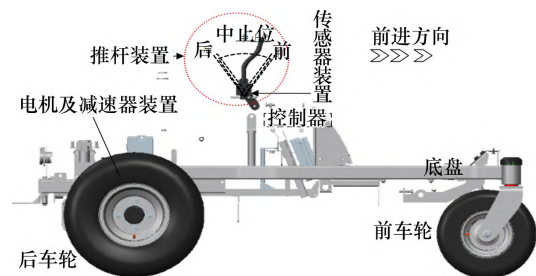


图1 驱装置架构

Fig. 1 Drive Device Architecture

收稿日期: 2023-01-05

基金项目: 混动/电动农机动力系统及智能控制单元关键技术研发与总成创制(2022YFD2001202)

2 控制方式

速度控制系统的组成架构如图 2 所示,中央控制器作为控制策略及方法的中央处理系统,负责对角度传感器的电压信号进行采集,并制定控制算法,按照既定的算法对电机输出转矩进行控制。

角度传感器置于推杆装置中,负责将操作者的前推、后退动作转化为电压模拟信号,起到信号采集的作用。传动行走机构作为中央控制器算法的执行部件,根据控制器的指令,执行加速、减速、转向等动作,实现整机的速度执行。

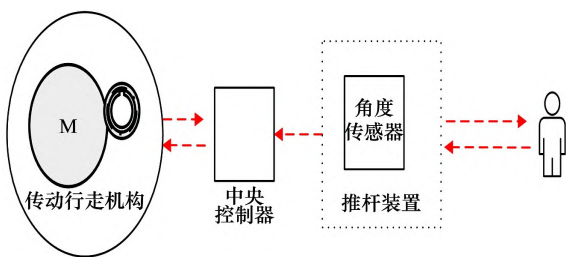


图 2 控制模型
Fig. 2 Control Mode

图 3 为方案使用的一款通用性传感器特性曲线,传感器能够实现单路机械角度输入,双路电压信号输出的功能,可根据算法对电压采集精度的要求,进行信号路线的选择,方案中主使用‘A’点至‘B’点之间线性特性较好的有效线区域。

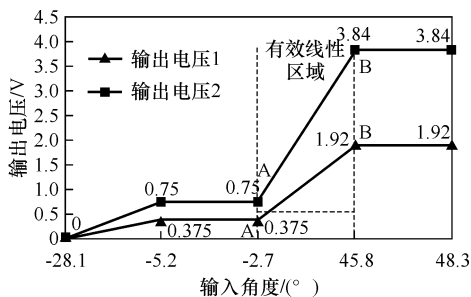


图 3 传感器特性
Fig. 3 Sensor Characteristics

图 4 为速度控制数学模型,整机速度按不同工况划分高、低两个等级,每个等级分为五个阶段,包括起步加速阶段、中等车速加速阶段、车速保持阶段、高速回推阶段和减速完成阶段。

起步加速阶段加速度较小,操作者向前推推杆一定行程后,速度逐步缓慢增加,规避了操作者误触碰整机突然加速的风险;中等车速加速阶段,整机进入快速提速过程,操作者推杆在小幅度前推时,便能将速度快速提升至预期速度范围;高速回推阶段,推杆向后回撤,车速快速降低;减速完成后,整机停止。

为保证割草机的直线行驶,需行走电机控制器对目标转速的响应要及时、迅速、有效。要求空载时转速在 2 s 内实现从“0”到最大转速的变化,在

300 ms 内达到 100 r/min 内的转速要求;同时,电机控制器具备在转速控制中输出反向转矩的能力,从而快速实现从高转速到低转速的转速控制。

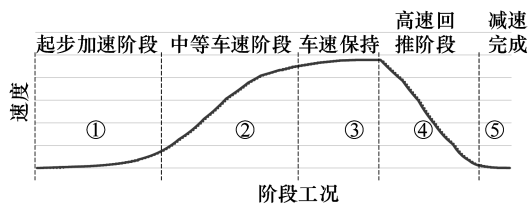


图 4 速度控制数学模型
Fig. 4 Mathematical Model of Speed Control

3 测试分析

3.1 直线行驶测试

割草机采用轮边电机后轮驱动的方式,直线行驶需左右两侧行走电机驱动车轮的转速保持一致,驾驶员通过向前推动左右两侧的操纵装置使两个操纵装置的传感器电压输出信号保持一致。通过标定试验实现直线行驶,并通过 CAN 总线获取到电机的转速、目标转速的曲线,如图 5 所示。

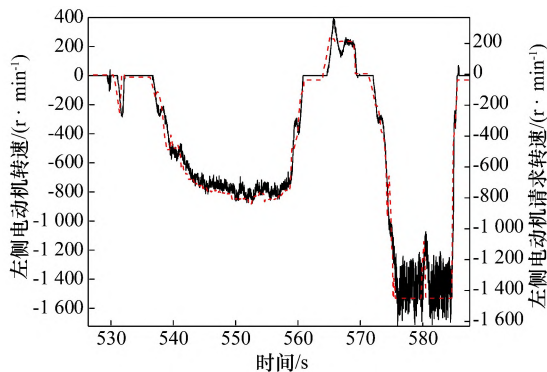


图 5 行走测试
Fig. 5 Walking Test

电机目标转速与实际转速跟随曲线可以看出起步加速阶段加速度较小,操作者向前推推杆一定行程后,速度逐步缓慢增加;中等车速加速阶段,整机进入快速提速过程,操作者推杆在小幅度前推时,便能将速度快速提升至预期速度范围;高速回推阶段,推杆向后回撤,车速快速降低;减速完成后,整机停止,整个过程目标转速与实际转速跟踪准确,转速响应快速,当前电机转速可以快速跟踪到目标转速。可以看到在从 0 到 400 r/min 过程中,实际转速对目标转速的跟随很快。驾驶员操作操纵装置的速度意图可以快速的施加到电机上,从而不会出现由于转速响应慢而导致驾驶员的操作装置超调,图 6 为局部放大图。

3.2 转向控制测试

割草机采用轮边电机后轮驱动的方式,转向行驶需左右两侧驱动车轮的转速产生速度差,驾驶员通过同时向前推动一侧和向后推动另外一侧操纵装

置,使两个操纵装置的传感器电压输出信号相位和大小产生反向差异,从而使整机实现转向。

通过标定试验实现转向,并通过 CAN 总线获取到电机的转速、目标转速的曲线如图 7 所示。

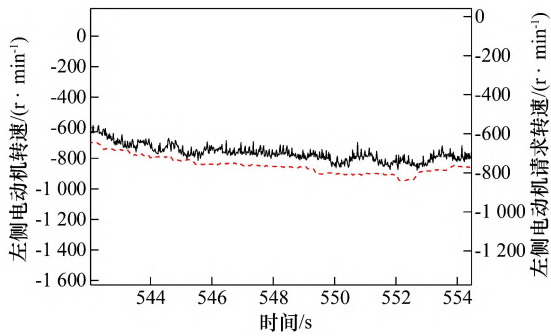


图 6 局部曲线
Fig. 6 Local Close-up

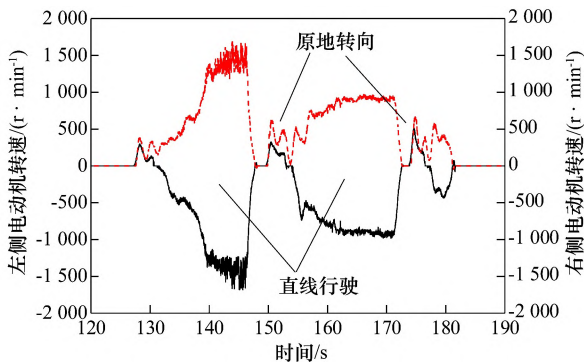


图 7 双侧车轮转速测试曲线
Fig. 7 Two-side Wheel Speed Test Curve

图 8 展示了左右两侧电机转速与左右操纵装置对应的采样信号对比,图中显示,整机进行了 3 个车辆驾驶的基本阶段:直线行驶,原地转向,直线行驶。

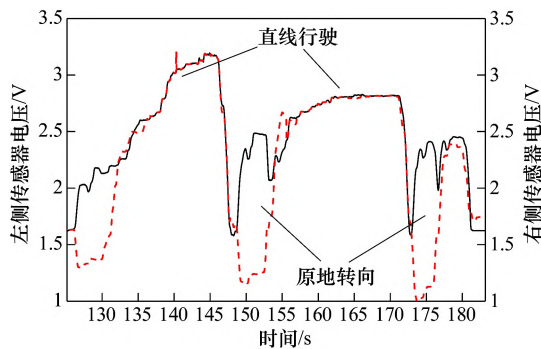


图 8 操纵机构信号曲线
Fig. 8 Control Mechanism Signal Curve

从操作装置的采样值也可以得到与以上转速分析相同的结论。直线行驶的初始阶段左右两侧电机的转速不一致,通过调整左侧操作装置使左右两侧操作装置的电压输出值一致。在零转向时左侧操作装置的电压信号输出值小于阈值,此时左侧电机反向转动,右侧操纵装置的电信号输出值为正转输出值,右侧电机与左侧电机转向相同,进行零转向操纵,之后进入直线行驶操作。

3.3 极限车速测试

极限车速测试分为两个测试,包括高速等级和低速等级的极限车速测试。

(1) 高速等级速度测试

将操纵装置直接推到向前最大,通过监测设备记录当前的速度,获取稳定的最高车速。通过监测设备记录的车速数据如图 9 所示。从图 9 可以看到,最高车速为 12.4 km/h,在 34 ~ 38 s 这段时间内基本维持了最高车速。这段时间内的转速差值不超过 1 km/h。

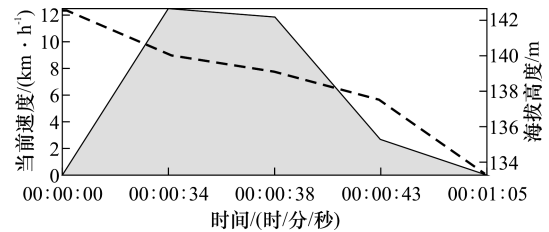


图 9 测试曲线
Fig. 9 Test Curve

(2) 低速等级速度测试

为了实现比较稳定的作业车速(大约 5 km/h),设计行走低速模式,通过该方式降低割草机的行走电机的最高转速,实现降低车速的功能,方便用户在合理的车速下进行割草作业。按照上文的方法,获取整机稳定的最高车速。

通过监测设备记录的车速数据如图 10 所示。从图 10 可以看到,最高车速为 6 km/h,在 20 ~ 28 s 这段时间内基本维持了最高最速。这段时间内的转速插值不超过 1 km/h。

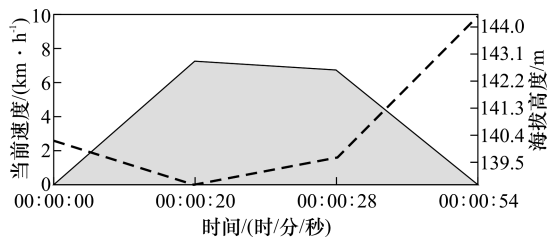


图 10 测试曲线
Fig. 10 Test Curve

3.4 小结

通过对比操纵装置信号、左右车轮速、整机行驶速度和不同驾驶员体验等信息,整机车速符合方案设计的分等级分段式电磁调速策略,总体驾乘显示,整机起步加速平缓,中等车速加速性较强,高速回推减速性较好,保证了整机的操控性前提下,使整机相对市场现有产品的路感更好。

整机进行数轮持续测试和优化后,各个方面满足相关标准要求,且技术层面上具有先进性,整机性能优异。

4 结束语

鉴于目前我国车辆行业发展趋势,尤其是新能源汽车行业的日渐成熟发展,农机市场迎来新能源热潮^[2],作为园林农艺类产品,新能源割草机的开发也将更具有必要性。

本文详细梳理了割草机的速度控制方法和实现方式,通过了整机的测试和验证,主要优势是提升了整机速度的操控性,使产品较市面同类型产品的路感更好,降低因操作者误操作引发的安全事故风险。作为割草机的行驶控制功能,主要用于整车启动,加

速、爬坡和转向等功能,对于同类产品的设计开发具有较大的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 杨志波,晋东辉,王文明,等.零转向电动割草机行驶驱动系统设计[J].拖拉机与农用运输车,2022,49(6):38-40.
- [2] 薛占坡,赵心,吴蒙,等.新能源电动汽车与拖拉机标准化现状及趋势[J].拖拉机与农用运输车,2022,49(5):1-5.

(编辑 张晓超)

作者简介:薛占坡(1989-),男,主要研究方向为新能源拖拉机及电气控制研发设计。



(上接第70页)

排气卸荷结构由于卸荷阀不停地排气卸荷,卸荷阀故障率高,进气卸荷结构可以有效地规避此问题。

多功能空气干燥器进气卸荷结构会逐步推广至大马力机型的气助力系统或挂车气制动系统,大马力机型降低油耗效果会更加显著,可提高整车的经济性。

参考文献:

- [1] 吕洪勇,曹文东,韩文欣.空压机松压阀的应用[J].工程机械,

2003,34(7):48-49.

- [2] 曹凤明,邹兴辉.进气卸荷空压机节油效果分析与验证[J].汽车实用技术,2017(16):155-157,162.
- [3] 罗锋,汪涛.进、排气卸荷空压机在某商用车上的应用研究[C]//中国内燃机学会燃烧节能净化分会2015年学术年会,洛阳:河南科技大学,2015:847-849.

(编辑 张晓超)

作者简介:张学谦(1988-),男,河南洛阳人,研究方向为拖拉机整机的设计和开发。



(上接第75页)

- [7] DUKOWICZ J K. A particle-fluid numerical model for liquid sprays. J Comput Phys, 1980, 35: 229-253.

- [8] BEALE J C, REITZ R D. Modeling spray atomization with the Kelvin-Helmholtz/Rayleigh-Taylor hybrid model. Atomization Sprays, 1999, 9: 623-650.

- [9] SCHMIDT D P, RUTLAND C J. A new droplet collision algorithm. J Comput Phys, 2000, 164: 62-80.

- [10] HAN Z, REITZ R D. Turbulence modeling of internal combustion engines using RNG k-ε models. Combust Sci Technol, 1995, 106: 267-295.

(编辑 张晓超)

作者简介:毛瑞卿(1990-),男,山西运城人,工程师,主要研究方向为柴油机设计及性能开发。



2023 年度拖拉机奖项发布

据来自农机1688网消息,3月28日,2023(第三届)“年度拖拉机”活动结果揭晓,道依茨法尔8W ps 2804动力换挡拖拉机荣膺“年度最佳拖拉机”行业大奖,该拖拉机又被称为“黑金刚”,包含260~280马力段,适用于大地块的牵引、深松、整地、深翻及大型复合农机具作业。

中联重科CB503轮履复合式混合动力底盘荣获中国农机行业“2023年度最佳专用拖拉机”奖项,CB503轮履复合式混合动力底盘针对我国南方丘陵山地适用农机装备少、智能化程度低的问题,所研发出的首创性产品。

东方红LZ2604拖拉机荣获2023年“年度最具创新拖拉机”。该拖拉机满足了新疆、东北等大农场作业需求及重负荷犁耕、深松、牵引、联合整地等复式作业的需求拓宽了中国一拖动力换挡产品线。

云内YN30NF天然气发动机喜获中国源动力“品牌先锋”称号。YN30NF天然气发动机满足GB17691车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段),代表了目前我国国VI天然气发动机主流技术的先进水平。