

新能源汽车关键零部件机电一体化设计探讨

吴小亮

自立紧固科技（湖州）有限公司

【摘要】随着新能源汽车的快速发展，关键零部件的机电一体化设计已经成为提升整车性能和可靠性的关键。基于此，本文通过对电池管理系统、驱动电机系统和电子控制系统的机电一体化设计进行深入探讨，分析了其在新能源车中功能需求、设计方案及效果。针对电池管理系统，提出了优化电池安全性、寿命及续航里程的设计思路；在驱动电机系统中，探讨了提升动力效率和稳定性的技术方案；电子控制系统的集成设计则有效提升了车辆智能化与操控性能。通过综合分析，本文为新能源汽车零部件的高效协同设计提供了理论支持，旨在推动新能源汽车的智能化、绿色化发展。

【关键词】新能源汽车；关键零部件；机电一体化；设计要点

Discussion on mechatronics design of key components of new energy vehicles

Wu Xiaoliang

Zizhi Fastening Technology (Huzhou) Co., LTD

【Abstract】 With the rapid development of new energy vehicles, the mechatronic design of key components has become crucial for enhancing overall vehicle performance and reliability. In this regard, this paper delves into the mechatronic design of battery management systems, drive motor systems, and electronic control systems, analyzing their functional requirements, design schemes, and effects in new energy vehicles. For the battery management system, it proposes ideas to optimize battery safety, lifespan, and range. In the drive motor system, technical solutions to improve power efficiency and stability are explored. The integrated design of the electronic control system effectively enhances vehicle intelligence and handling performance. Through comprehensive analysis, this paper provides theoretical support for the efficient collaborative design of new energy vehicle components, aiming to promote the intelligent and green development of new energy vehicles.

【Key words】 new energy vehicles; key components; mechatronics; design points

引言：

现阶段，新能源汽车的兴起已经成为全球汽车产业变革的标志，其中机电一体化设计在提升车辆性能、降低能耗和强化安全性方面起到了至关重要的作用。电池管理系统、驱动电机系统和电子控制系统作为新能源汽车的关键零部件，其机电一体化设计直接决定了整车的动力性能、能效和安全性，因此针对上述关键部件的设计策略进行深入研究势在必行。

1. 新能源汽车关键零部件概述

新能源汽车主要涵盖了纯电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车等不同类型，每种类型在动力来源和能源利用方面具有显著差异，这也是其与传统燃油汽车根本区别之所

在。具体来说，纯电动汽车依赖于电池作为唯一能源，其电池容量和电能管理系统直接决定了其续航能力。混合动力汽车则采用内燃机和电动机双重驱动模式，通过智能控制系统优化发动机和电动机之间的协同工作，从而提高整体效率。燃料电池汽车则是以氢气为能源，通过化学反应产生电能驱动电动机，具有零排放和高效能的特点。与传统燃油汽车相比，新能源汽车在能源利用和动力系统上具有更高的效率和环保优势。纯电动汽车通过电能驱动电动机，避免了内燃机运转时的能源浪费，整体能效较传统汽车高出约30%–40%。混合动力汽车通过合理调配内燃机和电动机的工作，能够在不同工况下提供最佳的动力输出，同时减少燃油消耗和排放。例如，丰田普锐斯的混合动力系统能效已达到40%以上，明显优于传统内燃机汽车。燃料电池汽车的优势在于它的氢气燃料可以通过化学反应直接转化为电能，系统能效可达50%–60%，远高于传统燃油车的25%–30%效率。此外，新

能源汽车的动力系统更加简洁,减少了机械传动部件的使用,降低了故障率和维修成本。

2.新能源汽车关键零部件的机电一体化设计

2.1 电池管理系统的机电一体化设计

(1) 电池管理系统的功能需求分析

电池管理系统是新能源汽车中的重要核心部件,主要是对电池组的健康情况综合监控,实现电池组的安全有效地运行。电池状态监测功能中,电池管理系统主要监测电池电压、电流、温度等信息,对电池电压进行监测可以探测单体电池是否存在充电或者放电过量的问题,电流监测控制充电或放电的倍率,温度信息与电池的化学反应及使用寿命存在紧密联系,电池组过热就会引起电池损坏。通过传感器得到相关数据信息,电池管理系统可以随时调整充电或者放电的方式,避免电池损坏。电池充放电控制功能主要是保障电池组在不同工况下电量的管理以及能效的改善,电池管理系统在充电的整个过程中控制充电的充电电流和电压,防止充电过量或者充电不均匀等问题,在电池放电的过程控制放电的电流,避免在高电流和低温时出现不均衡现象。电池均衡管理功能对整个电池组的每个单体电池的电压进行管理,使其平衡电池组内几个单体电池电压不平衡的充电或放电的情况,最终实现延长电池寿命的目的,提高能量的输出能力,增强整车的续航里程。

(2) 机电一体化设计方案

在机电一体化设计方案当中,硬件的核心要求是保证各传感器和控制电路的高精度与高稳定性。具体来讲,传感器的选型需要确保其能够精准监测电池电压、电流、温度等多项关键参数,温度传感器采用热电偶或NTC热敏电阻,能够实时监控电池单体的温度变化,而电压和电流传感器则采用高精度的霍尔传感器和分流电阻,从而确保电池的状态能被实时跟踪。在控制电路设计方面,需要采取高度集成的设计方案,以降低电路复杂度并提高稳定性。电路板的设计需要具备良好的抗干扰性,确保在不同工作环境下都能可靠运行。在软件设计方面,电池管理系统的控制算法起着决定性作用,通常采用基于模型的预测控制方法或模糊控制算法,这样才能实现对充放电过程的实时优化。而数据通信则依赖于高效的协议,如CAN总线协议,确保电池状态数据能够实时传输到主控系统,从而为车辆的能量管理提供实时反馈。

2.2 驱动电机系统的机电一体化设计

(1) 驱动电机系统的性能要求

驱动电机系统是新能源汽车动力传动的核心,必须要满足高功率密度和高效率的性能要求。高功率密度能够在有限的空间内提供更多的动力输出,是提升电动汽车加速性能和爬坡能力的关键。电动机的高效率意味着在相同电量下能提供更长的续航里程,同时减少系统能量损失和热损耗。根据目前技术水平,电动机的效率可以达到90%以上,而与传统内燃机相比,电动机效率通常高出20%~30%。此外,驱动电机系统需要具备宽调速范围和良好的转矩特性,在不同工况下,电动机需要能够提供平滑的动力输出和足够的低速转矩,以适应复杂的驾驶场景,这要求电动机能够在较宽的转速区间内维持高效工作状态,而低速转矩的输出则直接决定了车辆在启动和爬坡时的动力响应。综合这些性能需求,驱动电机不仅要在设计上达到高效与高功率密度的平衡,还要在实际应用中具备优异的调速能力和稳定的动力输出,这些特性决定了电动机的选择和优化将直接影响整车的性能、驾驶感受以及能效表现。

(2) 机电一体化设计策略

驱动电机系统的机电一体化设计要求在电机本体、控制器和传感器集成等多个方面进行精确优化。电机本体的设计优化主要体现在电磁设计和结构设计上,电磁设计通过选择高性能磁性材料和优化绕组结构,可以显著提高电机的功率密度与效率。通过合理配置永磁体、定子和转子间的磁场布局,不仅能够减少能量损失,还能提升电机在高负载下的稳定性。在结构设计上,通过轻量化材料和热管理系统的优化,能够减少电机重量和散热难题,从而不断提高系统的整体能效。在控制器设计方面,选型高效的功率电子器件对于提高系统响应速度和控制精度至关重要。控制算法则以矢量控制和直接转矩控制为核心,能够在不同转速和负载情况下,精确调节电流和转矩输出,从而提升电机的动态性能与稳定性。在传感器集成方面,位置传感器和速度传感器可以提供实时的电机转子位置和速度反馈,有助于优化控制策略,进一步提高系统的精度和响应速度。

(3) 设计方案对驱动电机性能提升的影响

通过精心设计的机电一体化方案,驱动电机的效率和动力性能得到显著提升。电磁设计和结构优化使得电机在同等体积和重量下能够提供更高的功率输出,同时降低了能量损失。基于矢量控制和直接转矩控制的高效控制算法,在不同的转速和负载条件下实现了电机的精确调节,不仅提高了加速响应,还增强了电机的低速转矩输出,最终保证了车辆在城市工况下的平稳驾驶体验。此外,系统的可靠性和稳定性得到了明显改善。优化的传感器集成提高了实时监测的精度,使得电机系统在极限工况下能够快速做出调整,进一步

避免过热或失控现象的发生。除此之外,强化系统的高效性不仅提升了动力性能,也降低了系统的热量产生和能量消耗,这对延长电机及控制系统的使用寿命是十分有利的。

2.3 电子控制系统的机电一体化设计

(1) 电子控制系统的功能与架构

车载电子控制系统作为新能源汽车的控制大脑,包含了对整车动力分配、能量管理、智能驾驶等控制功能。车载电子控制系统中的核心控制单元(整车控制器、电机控制器、电池管理控制器等),系统整体协同工作达到一定的系统目标。其中作为主要控制系统,整车控制器控制整车动力协调各个执行机构(包括电机、动力电池、其他部分)的运行和控制状态;作为电机控制机构,电机控制器是用于控制电机速度和转矩输出,以便让整车可以平稳地输出驱动电力;作为电池监控机构,电池管理控制器对电池健康状态进行监控,并实现安全的电池管理,对电池进行有效地充放电控制,以提高车辆的行驶动力和充放电效率。上述多种系统的协同性,共同控制车辆动力系统和能量分配方面的驾驶行为。一方面,电子控制系统在对驾驶员输入信息的基础上,根据实际情况,自动分析车辆当前所处的行驶状态,实时调整功率输出电机,使车辆的行驶动力输出更顺畅高效。另一方面,对电池进行有效地监控和安全的电池管理,可以在不影响电池活性的状态下,进行电池的充放电过程,从而实现保持较长的续航时间,再结合整车控制器在电池、电机及整车控制下,可以实现对动力、能效、安全性能等方面的综合使用。

(2) 机电一体化集成设计要点

对于新能源汽车的电子控制系统的机电一体化设计,硬件系统的集成度主要涉及在电子控制硬件技术上,通过对硬件集成技术的运用,优化电路设计及元器件安装密度、优化和简化电路板布线、实现电路和模块的集成、简化电子元器件间的接线与布局,将能实现各部件、模块高效运行的同时减少接线的布置,避免布线的拥挤而引起的相互电磁干扰。

降低因为线路问题而引起的功能损伤等问题,提高其可靠性,实现整车在电子控制系统长期运行的稳定性要求。在软件系统的集成度方面,机电一体化设计的软件技术的集成度主要通过整车控制方面完成,各个控制模块间需要保证自身系统的稳定性工作和整车系统的协调性工作才能获得理想运行结果,因此,科学合理地制定整车的通讯方式对于实现电子控制系统的机电一体化设计是非常重要的一个方面。目前在汽车制造领域常采用的通讯方式主要有CAN、FlexRay、Ethernet等,且通常应用在整车的控制系统设计中,主要针对各个控制单元之间实时传输整车重要数据信息,做好各控制单元间的衔接,使信息能够有效输送到整车控制器、电机控制器、电池管理控制器处,再经由控制系统设计能够顺利完成与各控制单元交互的工作,例如,利用整车控制器结合与电机控制器、电池管理控制器之间的功能设置,从而实现对系统内功率输出和电机功率控制,再通过整车控制器根据电池电量的剩余及电池的运行状况,结合整车控制器的工作系统设计,做好功能驱动调度设计,及时调整相应功率,利用集成设计技术提高动力控制比例,通过传感器监视与车辆实际负载的动力调节情况,使车辆能够及时进行响应和控制,延长其使用寿命,实现电子控制系统的硬件设计和软件设计的高度集成性,保证整车的系统长期稳定性。

3. 结语

综上所述,新能源汽车的关键零部件的机电一体化设计是提高整车性能的关键,电池管理系统的优化、驱动电机系统的高效设计以及电子控制系统的智能化集成,都对新能源汽车的动力、能效和安全性有着深远影响。未来,随着科学技术的不断进步,机电一体化设计将在推动新能源汽车产业的可持续发展和智能化转型中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]王炜.新能源汽车电池管理系统的机电一体化设计研究[J].电子技术应用, 2022, 48(05): 78-80.
- [2]刘亚强.驱动电机系统机电一体化设计及其应用分析[J].汽车工程, 2021, 43(08): 45-47.
- [3]王建军.基于机电一体化的新能源汽车电池管理系统设计[J].电气自动化, 2021, 42(03): 45-46.
- [4]李晓东.新能源汽车驱动电机与控制系统的集成设计研究[J].机械设计与研究, 2022, 38(01): 55-57.
- [5]张勇丽.新能源汽车电子控制系统的机电一体化设计探讨[J].现代汽车, 2022, 58(12): 123-125.
- [6]徐昕.新能源汽车关键零部件的机电一体化设计方法及其应用[J].自动化仪表, 2023, 42(06): 72-74.