

新能源汽车电机驱动控制技术研究

王志强

无锡星驱动力科技有限公司 江苏 无锡 214200

摘要: 本文综述了新能源汽车电机驱动控制技术的方面。概述了新能源汽车驱动电机系统的组成、工作模式与原理以及性能指标与要求。详细分析了四种主要的新能源汽车电机类型,包括直流电机、交流异步电机、永磁同步电机和开关磁阻电机,对比了它们的优缺点。探讨了新能源汽车电机驱动控制技术的四个核心技术,即电机驱动控制策略、能量管理系统、传感器与反馈控制以及电机保护技术。展望了新能源汽车电机驱动控制技术的发展趋势,强调集成化、智能化、高效化和高可靠性的重要性。

关键词: 新能源汽车;电机驱动控制技术;关键技术

1 新能源汽车电机驱动系统概述

1.1 新能源汽车驱动电机系统的组成

新能源汽车驱动电机系统主要由驱动电机、电机控制器、功率转换器、传感器以及冷却系统等关键部件组成。驱动电机是系统的核心,负责将电能转换为机械能,驱动车辆行驶。电机控制器则负责接收来自车辆控制单元的指令,对驱动电机进行精确控制,实现车辆的加速、减速和制动等功能。功率转换器则负责将电池组提供的直流电转换为驱动电机所需的交流电。传感器则用于实时监测车辆的运行状态,如车速、电机温度等,确保系统的安全稳定运行。冷却系统则用于散热,防止电机过热,保障其长期可靠运行。

1.2 驱动电机的工作模式与原理

在启动模式下,电机控制器通过控制功率转换器的开关,使驱动电机逐渐达到额定转速,实现车辆的平稳启动。在正常运行模式下,电机控制器根据车辆控制单元的指令,调节电机的转速和扭矩,以满足车辆的加速、巡航等需求。在制动回馈模式下,驱动电机将车辆的动能转换为电能,通过功率转换器回馈给电池组,实现能量的回收和再利用。驱动电机的工作原理基于电磁感应和电磁力作用。当电机通电时,定子绕组产生的磁场与转子中的永磁体或电励磁体相互作用,产生电磁力,驱动转子旋转。通过改变定子绕组中的电流方向和大小,可以实现对电机转速和扭矩的精确控制。

1.3 驱动电机的性能指标与要求

新能源汽车驱动电机的性能指标主要包括功率密度、效率、扭矩密度、可靠性和耐久性等方面。功率密度和扭矩密度决定电机的动力性能,即车辆的加速能力和爬坡能力。效率则反映了电机将电能转换为机械能的能力,直接影响到车辆的能效和续航能力。可靠性和

耐久性则决定了电机的使用寿命和维修成本。为了满足新能源汽车对驱动电机的要求,电机需要具备高功率密度、高效率、高扭矩密度以及良好的可靠性和耐久性^[1]。同时,电机还需要具备宽调速范围、低噪音、低振动和低电磁辐射等特点,以确保车辆的舒适性和安全性。随着新能源汽车技术的不断发展,对驱动电机的要求也在不断提高,如轻量化、小型化、智能化等方向的发展将成为未来的趋势。

2 新能源汽车电机类型

2.1 直流电机

直流电机是最早应用于新能源汽车的电机类型之一。它具有结构简单、控制方便、调速性能好等优点,因此在早期的电动汽车中得到了广泛应用。然而,随着技术的发展和新能源汽车对电机性能要求的提高,直流电机逐渐暴露出了一些不足。当直流电流通过电机的定子绕组和转子绕组时,会在定子和转子之间产生磁场,从而产生电磁力驱动转子旋转。通过改变定子绕组中的电流方向和大小,可以实现对电机转速和扭矩的精确控制。

直流电机也存在一些明显的缺点:由于直流电机的电刷和换向器在工作过程中会产生摩擦和磨损,因此需要定期更换和维护,增加车辆的运营成本;直流电机的重量和体积相对较大,不利于新能源汽车的轻量化设计;直流电机的效率相对较低,尤其是在高转速和高负载条件下,能量损耗较大,影响了新能源汽车的续航能力。尽管如此,直流电机在某些特定领域仍然具有一定的应用价值。例如,在低速电动车、电动叉车和电动工具等领域,直流电机由于其结构简单、控制方便和成本低廉等优点,仍然得到广泛应用^[2]。

2.2 交流异步电机

交流异步电机是新能源汽车领域另一种常见的电机

类型,与直流电机相比,交流异步电机具有结构更简单、维护更方便、转速范围更广等优点。交流异步电机还具有较高的效率和较好的动态响应性能,因此在新能源汽车中得到广泛应用。交流异步电机的工作原理是基于电磁感应原理。当定子绕组中的交流电流发生变化时,会在定子中产生旋转磁场。这个旋转磁场会感应出转子中的电流,从而产生电磁力驱动转子旋转。由于转子的转速与定子磁场的转速存在差异(即异步),因此得名交流异步电机;交流异步电机的优点在于其结构相对简单,没有电刷和换向器等易损件,因此维护成本较低;交流异步电机的转速范围较广,可以适应不同工况下的需求。交流异步电机还具有较好的动态响应性能和较高的效率,可以在高转速和高负载条件下保持稳定的性能输出。

2.3 永磁同步电机

永磁同步电机它具有结构紧凑、效率高、噪音低、振动小等优点,因此在新能源汽车中得到了广泛应用。永磁同步电机的工作原理是基于电磁感应和永磁体的磁性能。在永磁同步电机中,转子上安装了永磁体,而定子绕组中通以交流电产生旋转磁场。由于永磁体的存在,转子上的磁场与定子磁场始终保持同步,从而实现电机的高效运行。这种同步性使得永磁同步电机在调速性能和扭矩输出方面具有显著优势。

永磁同步电机的优点主要体现在以下几个方面:

(1) 高效率:由于永磁体的存在,永磁同步电机在运行时能够最大限度地减少能量损耗,实现高效率的能量转换。这对于新能源汽车来说至关重要,因为它直接关系到车辆的续航能力。(2) 高功率密度:永磁同步电机的结构紧凑,能够在较小的体积内实现较高的功率输出。这有助于减轻新能源汽车的重量,提高车辆的能效和动态性能。(3) 低噪音和振动:永磁同步电机的运行平稳,噪音和振动水平较低。这有助于提升驾驶舒适性,并减少车辆对环境的影响。(4) 良好的调速性能:永磁同步电机能够精确控制转速和扭矩,满足新能源汽车在不同工况下的动力需求。这有助于实现更加精准的驾驶控制和能量管理^[3]。(5) 可靠性高:永磁同步电机的结构简单,减少了故障点,提高了系统的可靠性。这对于确保新能源汽车的安全运行至关重要。

2.4 开关磁阻电机

开关磁阻电机(Switched Reluctance Motor, SRM)是一种新型的电机类型,近年来在新能源汽车领域逐渐受到关注。它具有结构简单、效率高、调速范围广等优点,特别适用于需要频繁起停和调速的场合。开关磁阻

电机的工作原理是基于磁阻最小原理;当电机绕组中通以电流时,会产生磁场并改变磁路中的磁阻。由于磁阻的变化会产生电磁力,从而驱动转子旋转。通过控制绕组中的电流方向和大小,可以实现对电机转速和扭矩的精确控制。

开关磁阻电机的优点主要体现在以下几个方面:

(1) 结构简单:开关磁阻电机的结构相对简单,没有永磁体和电刷等易损件,因此维护成本较低。同时,这种简单的结构也有助于提高电机的可靠性和耐用性。(2) 效率高:由于开关磁阻电机在运行过程中能够最大限度地减少能量损耗,因此具有较高的效率。这对于新能源汽车来说具有重要意义,因为它有助于提高车辆的续航能力。(3) 调速范围广:开关磁阻电机具有较宽的调速范围,能够适应不同工况下的需求。这使得它在需要频繁起停和调速的新能源汽车领域具有独特优势。(4) 适应性强:开关磁阻电机对于高温和恶劣环境的适应性较强,能够在各种复杂工况下稳定运行。这有助于确保新能源汽车在各种条件下的可靠性和安全性。

3 新能源汽车电机驱动控制技术

3.1 电机驱动控制策略

电机驱动控制策略是新能源汽车电机驱动系统中的关键,它的主要目标是通过精确控制电机的转速、扭矩和功率输出,以满足车辆在不同工况下的动力需求,同时实现高效能量转换和最小化能量损耗;电机驱动控制策略通常包括矢量控制、直接转矩控制和弱磁控制。矢量控制通过分解电机的电流为励磁分量和转矩分量,实现电机的精确控制;直接转矩控制则通过直接控制电机的磁链和转矩,以提高系统的动态响应性能和鲁棒性。而弱磁控制则在高转速条件下,通过减弱电机磁场强度,扩大调速范围,提高电机的功率输出能力。另外,电机驱动控制策略还需要考虑电机的热管理、故障诊断与容错控制等方面,以确保电机在各种工况下的稳定运行和安全性^[4]。

3.2 能量管理系统

能量管理系统是新能源汽车电机驱动控制技术的重要组成部分,它的主要功能是对车辆的能源进行高效管理,以实现最大化续航里程、提高能源利用率和延长电池寿命。能量管理系统通常包括电池管理系统(BMS)、电机控制器和整车控制器等。电池管理系统负责监控电池的状态,如电量、电压、温度等,并进行充电和放电控制,以确保电池的安全和高效使用。电机控制器则根据车辆的动力需求,精确控制电机的运行,以实现高效能量转换。整车控制器则负责协调各个子系

系统的运行,以实现整体能效的最优化。另外,能量管理系统还需要考虑车辆的行驶工况、道路条件、驾驶员行为等因素,以实现能源的智能化管理和优化。

3.3 传感器与反馈控制

传感器与反馈控制是新能源汽车电机驱动控制技术中的关键环节,它们的主要作用是实时监测电机的运行状态和车辆的动力需求,并根据反馈信息精确调整电机的控制参数,以实现稳定的运行和高效的能量转换。传感器通常包括电流传感器、电压传感器、温度传感器、速度传感器等。它们能够实时监测电机的电流、电压、温度和转速等关键参数,为电机控制提供精确的数据支持。反馈控制则根据传感器的实时数据,调整电机的控制参数,如电流、电压和频率等,以实现精确控制。通过传感器与反馈控制的配合,可以实现对电机的精确控制,提高系统的动态响应性能和稳定性。同时,还可以实现对电机故障的早期检测和预警,提高系统的安全性和可靠性。

3.4 电机保护技术

电机保护技术是它的主要目的是保护电机免受各种异常工况和故障的损害,延长电机的使用寿命和提高系统的可靠性。电机保护技术通常包括过流保护、过热保护、过压保护和短路保护等。过流保护能够防止电机在过载或短路情况下受到损害。过热保护则通过监测电机的温度,当温度超过设定阈值时,采取适当的措施进行降温或停机保护。过压保护则防止电机在电压过高的情况下受到损害。短路保护则能够在电机绕组发生短路时,迅速切断电源,保护电机不受损害。另外,电机保护技术还需要考虑电机的故障诊断和容错控制。通过实时监测电机的运行状态和关键参数,可以实现对电机故障的早期检测和预警。同时,通过采用容错控制技术,可以在电机发生故障时,采取适当的措施,确保系统的稳定运行和安全性。

4 新能源汽车电机驱动控制技术的发展趋势

随着新能源汽车行业的蓬勃发展,电机驱动控制技术作为核心关键技术,其进步和创新对于提升车辆性能、延长续航里程、优化驾驶体验具有重要意义。第一,集成化是新能源汽车电机驱动控制技术的一大发展趋势。通过高度集成化的设计,可以将电机、控制器、传感器等关键部件紧凑地组合在一起,不仅有效降低了

系统的体积和重量,还有助于提升系统的整体能效和可靠性。这种集成化设计有利于实现电机驱动系统的模块化生产,降低制造成本,提高生产效率。第二,智能化是新能源汽车电机驱动控制技术的另一个重要方向。随着人工智能、机器学习等技术的快速发展,将这些先进技术应用于电机驱动控制中,可以实现对电机运行状态的实时监测、故障诊断与预警、以及基于数据的优化控制。通过智能化的控制策略,可以根据车辆的行驶工况和驾驶员的需求,自动调整电机的控制参数,实现更加精准和高效的控制,提升驾驶体验和安全性^[5]。第三,高效化是新能源汽车电机驱动控制技术的持续追求。随着对能效要求的不断提高,电机驱动控制技术需要不断优化,以提高电机的效率、降低能耗。这包括采用更先进的电机设计、优化控制算法、以及采用更高效的能量回收技术等。通过高效化的控制策略,可以进一步提升新能源汽车的续航里程,减少充电次数和时间,提高用户的便利性。第四,高可靠性是新能源汽车电机驱动控制技术不可或缺的特性,电机驱动系统作为新能源汽车的动力源泉,其可靠性直接关系到车辆的安全性和使用寿命。

结束语

综上所述,新能源汽车电机驱动控制技术作为新能源汽车发展的核心关键技术,对于提升车辆性能、优化能效、增强安全性具有至关重要的作用。随着技术的不断进步和创新,新能源汽车电机驱动控制技术将向更高集成化、智能化、高效化和高可靠性方向发展。这将为新能源汽车行业的持续发展提供有力支撑,同时也有助于推动新能源汽车在全球范围内的普及和应用。

参考文献

- [1]汤云.曹志坡.探究新能源汽车与电机驱动控制技术[J].电子世界,2020(20):202-203.
- [2]程汉平.新能源汽车及电机驱动的控制技术分析[J].时代汽车,2020(11):45-46.
- [3]马奔.新能源汽车电机驱动控制技术研究[J].汽车测试报告,2023,(16):35-37.
- [4]孙秀倩.新能源汽车及电机驱动的控制技术研究[J].时代汽车,2023,(16):117-119.
- [5]叶九龙.新能源汽车驱动电机控制技术探析[J].汽车测试报告,2023,(12):55-57.