

新能源汽车驱动电机技术研究

杨玺芮

泰国格乐大学 泰国 曼谷 10220

摘要: 本文综述了新能源汽车驱动电机技术的基础、分类与特点, 以及关键技术研究进展。重点分析了直流电机、交流异步电机、永磁同步电机和开关磁阻电机等类型的特点及应用, 并探讨了电机设计与优化、控制算法与驱动策略、功率电子器件与转换技术, 以及传感器与状态监测技术等关键技术。为新能源汽车驱动电机技术的研发和应用提供参考。

关键词: 新能源汽车; 驱动电机; 电机类型; 关键技术

引言: 随着全球能源危机和环境污染问题的日益严峻, 新能源汽车作为清洁能源交通工具, 受到了广泛关注。驱动电机作为新能源汽车的核心部件, 其性能直接影响车辆的动力性、经济性和舒适性。对新能源汽车驱动电机技术进行深入研究, 对于推动新能源汽车产业的发展具有重要意义。

1 新能源汽车驱动电机基础

1.1 电机本体的类型与特点

电机本体作为驱动系统的核心执行元件, 其类型和工作原理对车辆性能有着至关重要的影响。目前, 新能源汽车中常用的电机类型主要包括直流电机、交流异步电机和永磁同步电机。直流电机是新能源汽车早期采用的电机类型之一。其结构简单, 控制方便, 且启动转矩大, 这些优点使得它在某些特定场合下仍具有应用价值。然而, 直流电机的换向机制依赖于电刷和换向器, 这带来了机械磨损和电磁干扰的问题, 限制了其在高速、高效率场合的广泛应用。交流异步电机, 或称为感应电机, 其最大特点在于无需电刷和换向器。利用定子绕组产生的旋转磁场, 在转子中感应出电流, 从而产生电磁力驱动转子旋转。这种电机结构简单、制造方便、运行可靠, 且特别适用于高速、大功率场合。但美中不足的是, 其转子需要消耗一部分电能来产生磁场, 导致效率相对较低。永磁同步电机则是近年来新能源汽车驱动电机领域的佼佼者。利用永磁体产生的恒定磁场与定子绕组产生的旋转磁场相互作用, 驱动转子同步旋转。这种电机具有高效率、高功率密度、低噪声等诸多优点, 且能够通过先进的控制策略实现宽调速范围和高精度的位置控制。

1.2 控制器的作用与功能

控制器是驱动电机系统的大脑, 负责根据车辆行驶状态和需求, 对电机进行精确控制。接收来自传感器的

电机状态信息以及车辆行驶状态信息, 并运用先进的控制算法和策略, 对电机进行实时调控。控制器的主要功能包括电机启动、加速、减速、制动控制等。在车辆起步时, 控制器需要确保电机能够迅速、平稳地启动; 在加速过程中, 控制器需要精确控制电机的输出功率, 以满足驾驶员的加速需求; 在减速或制动时, 控制器则需要合理利用电机的反电动势, 实现能量回收, 提高车辆的能效。控制器还具备故障保护功能。当电机或驱动系统出现故障时, 控制器能够迅速响应, 采取措施保护电机和驱动系统, 确保车辆的安全性和稳定性。

1.3 驱动电机性能指标与评估方法

驱动电机的性能指标是评价其性能优劣的重要依据, 也是选择和应用驱动电机时需要考虑的关键因素。其中, 功率、转矩和转速是最基本的性能指标。功率反映了电机的输出能力, 直接决定了新能源汽车的加速性能和最高车速。在选择驱动电机时, 需要根据车辆的动力需求来确定合适的功率等级。转矩决定了电机的驱动能力, 在新能源汽车起步、爬坡或加速等需要较大驱动力的场合至关重要。驱动电机需要具备足够的转矩储备, 以应对各种行驶工况^[1]。转速影响了电机的输出功率和效率。新能源汽车的驱动电机需要具备宽广的转速范围, 以确保车辆在不同车速下都能保持高效、稳定的动力输出。除了这些基本性能指标外, 效率、可靠性和耐久性也是评价驱动电机性能的重要指标。提高效率对于延长续航里程、降低能耗具有重要意义; 可靠性则确保了电机在长时间、恶劣环境下的稳定运行; 耐久性则关系到车辆的使用寿命和维修成本。在选择和应用驱动电机时, 需要综合考虑这些性能指标, 选择最适合的电机类型和控制策略。

2 新能源汽车驱动电机技术分类与特点

2.1 直流驱动电机技术

直流驱动电机是新能源汽车早期常用的一种电机类型。其工作原理基于电磁感应定律，通过通电线圈在磁场中受力旋转，将电能转化为机械能。直流电机的结构相对简单，主要由定子、转子、电刷和换向器等部件组成。定子上绕有励磁绕组，产生恒定磁场；转子上绕有电枢绕组，通过电刷和换向器与外接电源相连。直流电机具有启动转矩大、调速范围广、控制简单等优点，在新能源汽车的早期发展中得到了广泛应用。特别是在需要频繁启停和低速大转矩输出的场合，如电动城市公交车、电动叉车等，直流电机表现出了良好的性能。然而，直流电机也存在一些局限性。电刷和换向器的存在增加了电机的机械磨损，降低了电机的可靠性和耐久性。直流电机的功率密度相对较低，难以满足新能源汽车对高功率密度的需求。直流电机的调速系统相对复杂，需要额外的调速装置，增加了系统的成本和复杂性。

2.2 交流驱动电机技术

随着电力电子技术和控制理论的发展，交流驱动电机逐渐成为新能源汽车的主流选择。交流驱动电机主要包括异步电机（感应电机）和永磁同步电机两种类型。异步电机的工作原理是基于电磁感应原理，当定子绕组通入三相交流电时，会产生旋转磁场，进而在转子中感应出电流，产生电磁转矩，驱动转子旋转。异步电机具有结构简单、制造方便、成本低廉等优点，因此在新能源汽车中得到了广泛应用。特别是在对成本敏感、对性能要求不高的场合，如低速电动车、电动三轮车等，异步电机表现出了良好的性价比。永磁同步电机则采用永磁体作为转子磁极，通过控制定子绕组中的电流来实现电机的转速和转矩调节。永磁同步电机具有高效率、高功率密度、低噪声等优点，在新能源汽车的高端市场中占据了重要地位。特别是在对续航能力和驾驶体验要求较高的电动汽车、混合动力汽车等场合，永磁同步电机表现出了卓越的性能。在永磁同步电机技术中，永磁体材料的选择和应用至关重要。

2.3 开关磁阻电机技术

开关磁阻电机是一种新型的无刷电机，其工作原理是基于磁阻最小原理。当定子绕组通入电流时，会产生磁场，使转子受到磁阻力的作用而旋转。开关磁阻电机具有结构简单、成本低廉、调速范围广等优点，因此在一些特殊应用场合中得到了关注。然而，开关磁阻电机也存在一些挑战。由于其工作原理的特殊性，开关磁阻电机在运行时会产生较大的噪声和震动，影响了驾驶舒适性^[2]。开关磁阻电机的控制相对复杂，需要精确控制定子绕组的通电时序和电流大小，以实现电机的平稳运

行。为了抑制噪声和震动，研究者们提出了多种方法，如优化电机结构设计、采用先进的控制算法等。

2.4 其他新型驱动电机技术探索

除了上述几种常见的驱动电机技术外，还有一些新型驱动电机技术正在不断探索和发展中。其中，轮毂电机技术是一种将电机直接集成在车轮轮毂中的驱动方式，具有结构紧凑、传动效率高、易于实现四轮独立驱动等优点。轮毂电机技术可以大大提高新能源汽车的操控性和通过性，在一些高端电动汽车和自动驾驶汽车中得到了应用。混合励磁电机技术则是一种结合了永磁体和电磁铁优点的电机技术。通过调节电磁铁的励磁电流，可以改变电机的磁通量，从而实现电机的宽调速范围和高效率运行。混合励磁电机技术具有较高的灵活性和适应性，可以满足新能源汽车在不同工况下的需求。

3 新能源汽车驱动电机关键技术研究

3.1 电机设计与优化技术

电机设计与优化技术是新能源汽车驱动电机系统的核心技术之一，它直接关乎电机的性能、重量及可靠性。在电机设计的过程中，材料选择、结构轻量化以及散热系统研究是三大关键环节。材料的选择与优化对电机性能有着至关重要的影响。传统电机材料已难以满足新能源汽车对高效、轻量化、耐高温的迫切需求。新型电机材料的研究与开发成为了该领域的热点。高性能硅钢片的采用，能有效提高电机的磁导率，降低铁损，进而提升电机效率。稀土永磁材料的应用，则能显著增强电机的磁场强度，提高功率密度和转矩输出。碳纤维复合材料、纳米晶材料等新型材料，也在电机设计中展现出巨大潜力，不仅能提升电机性能，还能减轻电机重量，降低车辆能耗。电机结构的轻量化设计同样至关重要。在新能源汽车中，电机的重量直接影响车辆的整备质量和能耗。电机设计师们致力于在保证性能的前提下，尽可能减轻电机重量。他们采用空心轴、薄壁壳体等结构，使用轻量化材料，并通过优化磁场分布、改进冷却方式等手段，进一步提高电机的功率密度和效率，实现电机的轻量化。电机散热系统的研究也不容忽视。新能源汽车中的电机需要长时间、高负荷工作，会产生大量热量。若散热系统不佳，电机温度过高，甚至可能烧毁。设计一个高效、可靠的散热系统至关重要。目前，水冷方式因其散热效率高、噪音小等优点，在新能源汽车中得到广泛应用。冷却液通过电机内部的冷却水道带走热量，再通过散热器散发到空气中。热管散热、相变材料散热等新型散热技术也在不断探索和应用中，为电机散热系统提供了更多可能。

3.2 控制算法与驱动策略

控制算法与驱动策略是新能源汽车驱动电机系统的另一个核心技术。在电机控制过程中,矢量控制算法、直接转矩控制策略以及能量回收与制动控制都是关键的技术点。矢量控制算法是一种先进的电机控制算法,通过将电机的电流分解为磁场电流和转矩电流两个分量,并分别对这两个分量进行控制,从而实现了对电机磁场和转矩的独立控制。这种控制算法具有控制精度高、动态响应快等优点,因此在新能源汽车中得到了广泛应用。通过矢量控制算法,可以实现对电机的精确控制,提高电机的效率和功率密度。直接转矩控制策略是一种基于电机转矩直接控制的策略。通过对电机的转矩进行直接控制,实现了对电机转速和转矩的快速响应。这种控制策略具有控制简单、响应速度快等优点,特别适合于新能源汽车中的高速电机控制^[1]。通过直接转矩控制策略,可以提高电机的动态性能,使车辆更加灵活地应对各种行驶工况。能量回收与制动控制是新能源汽车驱动电机系统中的一项重要技术。在车辆制动或减速过程中,电机可以作为发电机工作,将车辆动能转化为电能回馈给电池,从而提高车辆的能效。能量回收与制动控制技术的关键在于如何准确地判断车辆的制动意图和制动力度,并控制电机在合适的时机和力度下进行能量回收。通过优化能量回收与制动控制技术,可以进一步提高新能源汽车的续航里程和能效。

3.3 功率电子器件与转换技术

功率电子器件与转换技术是新能源汽车驱动电机系统中的关键技术之一。在电机驱动系统中,DC/DC与DC/AC功率变换器、新型功率半导体器件的应用以及高效率功率转换技术都是重要的研究内容。DC/DC功率变换器用于将电池的高压直流电转换为电机所需的低压直流电。它具有转换效率高、体积小、重量轻等优点,在新能源汽车中得到了广泛应用。DC/AC功率变换器则用于将直流电转换为交流电,以驱动交流电机工作。通过优化DC/DC和DC/AC功率变换器的设计,可以提高电机的效率和功率密度,降低车辆的能耗。新型功率半导体器件的应用也是功率电子器件与转换技术中的重要一环。随着半导体技术的不断发展,新型功率半导体器件如

IGBT(绝缘栅双极型晶体管)、SiC(碳化硅)MOSFET(金属氧化物半导体场效应晶体管)等逐渐在新能源汽车中得到了应用。这些新型器件具有开关速度快、耐高压、耐高温等优点,可以提高功率变换器的效率和可靠性,从而进一步提高电机的性能。高效率功率转换技术也是功率电子器件与转换技术中的研究重点。通过优化功率变换器的电路拓扑结构、控制策略以及器件选型等手段,可以提高功率转换器的转换效率,降低功率损耗,从而提高电机的能效和续航里程。

3.4 传感器与状态监测技术

传感器与状态监测技术,是新能源车驱动电机系统的关键技术之一。在电机系统中,旋转变压器与编码器、电机状态在线监测与故障诊断等都是重要的技术点。旋转变压器与编码器用于实时检测电机的转速和位置信息,为电机控制提供准确的反馈信号。通过优化传感器的设计和选型,可以提高传感器的精度和可靠性,从而提高电机的控制精度和动态性能。电机状态在线监测与故障诊断技术则用于实时监测电机的运行状态,及时发现并处理电机故障。通过采集电机的电流、电压、温度等参数,并对这些参数进行分析和处理,可以判断电机的运行状态是否正常,以及是否存在故障。一旦发现故障,系统可以立即发出警报信号,并采取相应的措施进行处理,从而确保电机的安全运行。

结束语:新能源汽车驱动电机技术作为新能源汽车领域的核心技术之一,其研究与发展对于推动新能源汽车产业的健康发展具有重要意义。未来,随着材料科学、电力电子技术、控制理论等学科的不断发

参考文献

- [1]吴君青.新能源汽车电机驱动系统控制技术分析[J].时代汽车,2021(23):129-130.
- [2]张龙.新能源汽车驱动电机关键技术研究[J].时代汽车,2023,(19):94-96.
- [3]叶洪飞.新能源汽车电机驱动系统关键技术研究[J].汽车测试报告,2023,(17):7-9.