

Efficiency optimization and energy saving of new energy vehicle motor drive system

Yanfeng Xiong

Ordos Vocational College, Ordos, Inner Mongolia, 017010, China

Abstract

With the rapid development of the new energy automobile industry, the efficiency optimization of the motor drive system and energy saving and consumption reduction have become the focus of the industry. As a key part of energy conversion and transmission, the efficiency of the motor drive system of new energy vehicles directly affects the energy efficiency performance and driving range of the vehicle. This paper analyzes the working principle and energy-saving technology of the motor drive system, analyzes the key factors affecting the efficiency of the system, puts forward corresponding optimization strategies and technical measures, provides theoretical support and practical guidance for the energy saving and consumption reduction of new energy vehicles, and promotes the sustainable development of the new energy vehicle industry.

Keywords

new energy vehicles; Motor drive system; Efficiency optimization; Energy saving and consumption reduction

新能源汽车电机驱动系统效率优化与节能降耗

熊彦峰

鄂尔多斯职业学院, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017010

摘要

随着新能源汽车产业迅速发展,电机驱动系统效率优化以及节能降耗成了行业聚焦重点。新能源汽车电机驱动系统作为能量转换和传输的关键部分,其效率直接对整车能效表现以及续航里程产生影响。本文剖析电机驱动系统工作原理和节能技术,剖析影响系统效率的关键因素,提出对应的优化策略和技术措施,为新能源汽车节能降耗给予理论支撑与实践指引,推动新能源汽车产业可持续发展。

关键词

新能源汽车; 电机驱动系统; 效率优化; 节能降耗

1 引言

本文针对电机驱动系统的工作原理以及节能降耗技术展开了较为全面的探讨,对影响该系统效率的关键因素进行了分析,研究给出了电机设计优化、电力电子器件优化以及控制策略优化等一系列策略,以此来提高新能源汽车电机驱动系统的能效。另外还探讨了能量回收、轻量化、智能控制以及热管理等技术措施,为新能源汽车节能降耗开拓了新的思路。

2 电机驱动系统效率优化理论基础

2.1 电机驱动系统工作原理

电机驱动系统的核心组件包括动力装置与智能调控模块。调控单元依靠实时处理外部指令信号,对输入电能进行

波形调制与功率适配,精确控制动力单元的运转状态,作为能量转化中枢的电机基于电磁相互作用的基本规律,将输入电流转化为旋转力矩,借助传动机构向执行终端输出有效转矩^[1]。整个能量传递链中,系统内部呈现电能场、磁场与动能之间的动态平衡,这种多物理场耦合机制保障了动力输出的稳定性,更实现了设备运行参数的闭环控制。



图1 驱动系统

【作者简介】熊彦峰(1983-),男,中国内蒙古锡盟苏尼特右旗人,本科,高级技师,从事新能源汽车技术研究。

2.2 节能降耗技术概述

电机能效提升技术以提高驱动系统能源利用率为核心目标,具体实施路径包含多维度的技术创新。在硬件改良层面,采用高磁导率硅钢片或纳米晶合金等新型电磁材料,结合拓扑结构优化设计,从源头上提升能量转换效率。控制策略方面,借助应用磁场定向控制(FOC)和动态转矩调节策略,实现对电机转速、转矩参数的实时闭环调节,有效降低无功损耗。同时结合再生能量循环系统,针对制动或减速工况产生的反向电动势,运用超级电容储能模块进行电能回收,形成完整的能量管理体系^[2]。

3 新能源汽车电机驱动系统效率影响因素分析

3.1 电机本体效率影响因素

电机本体能效提升受到多维度技术要素的协同制约。在材料选型层面,采用非晶合金薄带替代传统硅钢片可较大抑制铁芯涡流效应,而采用表面镀层的电磁线能依靠趋肤效应优化实现导体阻抗的精准控制,设计维度需融合多物理场耦合分析,借助电磁-热-力联合仿真确定最优磁路拓扑,其中梯度气隙构型可改善磁密饱和度分布,配合液冷循环通道的拓扑优化设计,可构建三维散热路径以维持热力学稳态。精密制造环节需重点控制铁芯叠压系数与绕组成型精度,动平衡调校误差控制在0.05mm以内可消除偏心磁拉力谐波,配合高精度叠片工艺可降低附加杂散损耗,这种系统性损耗抑制策略将直接提升电驱系统工况效率带宽,对整车动力总成的能量利用率产生级联效应。

3.2 电力电子转换效率影响因素

电力电子系统的能量转化效能受多重变量共同制约,其中核心元器件的物理特性扮演着决定性角色。以绝缘栅双极型晶体管(IGBT)为例,其通态阻抗和开关特性直接关联着能量耗损水平,半导体材料的载流子迁移效率如同调节水流阀门般,直接影响导通阶段的焦耳热生成,而栅极电容充放电的瞬态响应则如同精准的机械擒纵机构,制约着开关瞬变过程中的寄生能耗^[3]。在架构设计层面,传统两电平拓扑与多电平方案呈现较大差异,后者凭借电压阶跃的精细化分层,如同用多级台阶代替单级跳跃,弱化了谐波畸变又提升了载波利用率,值得注意的是,热力学平衡机制同样有关键作用,当散热模组的导热系数与器件产热速率形成动态平衡时,半导体结温可稳定在载流子迁移效率最优区间,这类类似于精密机械装置需要维持恒温环境来保证运转精度。

3.3 控制策略对效率的影响

新能源汽车驱动电机的运行效能与控制策略的优化程度存在直接关联。传统PID控制方案受限于固定参数设定,往往难以动态适配电机在复杂工况下的最优工作区间,容易引发转矩脉动与效率折损问题,研究说明,采用模型预测控制技术可借助构建电机动态方程实时预估系统状态,在0.5ms周期内完成多目标优化计算,保证驱动系统始终处于

效率曲线峰值区。针对高速运行场景,弱磁扩速方案依靠解耦式磁场调控机制,在保持转矩输出稳定的前提下将调速范围拓展至额定转速的3.2倍,多系统智能协同控制机制借助CAN总线构建了电机-电池-热管理系统的双向通讯架构,经台架测试验证可使能量利用率提升17.6%,较大优化整车的能量分配拓扑结构^[4]。

4 新能源汽车电机驱动系统效率优化策略

4.1 电机设计优化

在电机性能提升的关键技术中,材料工程与结构创新呈现协同效应。采用非晶合金替代传统硅钢片可使铁芯损耗降低40%以上,这得益于其独特的原子无序排列结构较大抑制磁畴运动能耗,依靠三维电磁场仿真与多目标寻优算法,研究人员发现将气隙长度控制在0.6-0.8mm区间时,磁场畸变率可下降,该参数窗口的确定极大改善了电磁转换效率。热管理方面,某品牌800V电驱平台采用的螺旋扰流冷却技术,凭借流体动力学优化使散热效率提升34%,成功将峰值工况温升控制在65K以内,新型发卡式扁线绕组配合精准的槽满率设计,在实现绕组电阻下降的同时使某量产电机的功率密度突破5.8kW/kg大关。

4.2 电力电子器件优化

电力电子器件的性能提升对系统能效优化有决定性作用。在器件创新层面,新型宽禁带半导体材料呈现出较大优势,以碳化硅功率器件为例,其特有的物理特性使导通阻抗较传统硅基IGBT降低,实验数据显示开关过程能量耗散可缩减至原有水平的五分之一,有效缓解电能转换环节的损耗问题。封装工艺的革新同样关键,采用多层复合基板与三维互联结构可较大改善热管理效能,凭借引入银烧结与铜柱凸点技术,器件至散热器的热阻值降低,保证功率模块在严苛工况下维持稳定的热平衡状态,另外,基于电磁场仿真的拓扑优化策略,凭借重构功率回路几何形态,可将线路杂散电感控制在10nH以内,配合低损耗叠层母排设计,实现电能传输效率提升,为构建高密度、高效率的电机驱动平台提供核心技术支撑^[5]。

4.3 控制策略优化

智能控制技术的创新应用成为提升电机驱动系统能效的关键突破口。基于电机数学模型和实时运行参数,模型预测控制技术可前瞻性地模拟多个时间节点的系统行为,并依靠优化算法动态调节输出指令,保证驱动装置在复杂工况中始终处于能效最优状态。以电动汽车运行为例,该技术在加速阶段的扭矩响应、减速过程的能量回馈以及巡航状态下的转速维持等环节中,可实现机电参数的最优动态适配,较大降低系统能耗。针对高速运行场景开发的弱磁扩速调控方案,凭借动态补偿磁场强度突破传统调速限制,有效扩展高效工作区间的转速覆盖范围,更值得关注的是融合多系统联动的智能协调机制,该机制整合电池管理系统与整车控制

单元的运行数据,结合荷电状态、行驶阻力等多元参数进行实时效能评估,依靠自适应的功率分配策略规避无效能量损耗,构建起全维度优化的综合能效提升方案。

5 新能源汽车节能降耗措施研究

5.1 能量回收技术

新能源汽车的节能革命中,动能回收系统扮演着关键角色。该技术依托于电动机的双向工作特性,当车辆处于滑行或制动状态时,驱动电机即刻转换为发电装置,此时旋转的车轮成为动力源,驱使电机转子切割磁感线,将原本会以热能形式散失的机械能转化为可储存的电能,以日常驾驶场景为例,当驾驶员轻点刹车时,整车控制器能在0.3秒内激活能量回收程序,依靠实时调节发电机的输出功率,在保障制动安全的前提下实现能量的最大化捕获。这种创新机制有效缓解了传统刹车部件的损耗问题,还可以让刹车片的使用周期延长近30%,实验数据显示,在市区拥堵路况中,搭载智能能量管理系统的车型可额外获取约150公里的理论续航里程增幅,双重提升电动车的能效表现与环保价值。

5.2 轻量化技术

轻量化创新方案依靠削减新能源汽车整备质量较大优化能效表现。在材料革新方面,工程团队已系统部署高强度铝镁合金与碳纤维提高聚合物等先进材料体系,以轻质铝硅合金制造的白车身框架配合锻造轮毂组件,实现30%以上的减重幅度,同时借助微结构调控技术保障碰撞安全指标。针对外饰覆盖件和动力电池包壳体,采用碳纤维/环氧树脂预浸料模压工艺制备的构件,其质量较传统冷轧钢板部件锐减,这得益于碳纤维3K编织结构带来的各向异性强化特性,设计策略层面,融合拓扑优化算法与增材制造技术,构建出仿生晶格结构承载框架,在关键应力传递路径上实现材料智能分布,使结构效率系数提升。这种多尺度减重策略使车辆动能损耗降低18%-22%,配合空气动力学优化,较大拓展了新能源车型的续航半径与动态响应性能。

5.3 智能控制技术

新能源汽车的节能优化在智能控制技术支撑下获得突破性进展。该技术的核心在于构建多参数协同监测平台,可实时采集行车动态、电池健康度、电机负载等关键数据,依托海量数据建模与智能算法融合,控制中枢可提前预判驾驶需求并优化能量调配方案,典型应用体现在行车阶段,系

统凭借解析导航信息与驾驶员操作特征,主动调节电机扭矩曲线实现动态节能。针对动力电池组,创新性地采用自适应充放电调控技术,借助多变量耦合模型维持电芯稳定工作区间,有效抑制极化效应带来的能量损失,V2X通信技术的整合应用,使车辆可实时接收交通态势数据,自主生成能耗最优路径规划,规避频繁启停场景,较大提升综合能效表现。

5.4 热管理技术

新能源汽车的节能优化离不开热管理技术的创新突破,该领域已成为动力系统核心技术迭代的关键战场。动力电池组与驱动电机在运行中产生的热堆积现象直接威胁着整车能效表现,研究显示温度波动超过5℃将导致电池容量衰减速度提升30%以上,现代热控体系依靠智能温控模块与流体力学设计的协同配合,构建了全天候温度补偿机制。在严寒工况下,PTC陶瓷加热器与热泵系统联动,可在-20℃环境中实现电池组10分钟内升温至理想工作区间,有效消除锂离子迁移迟滞现象,酷热环境下,液冷循环系统配合相变材料可将电芯温差精准控制在±2℃范围内,避免热失控风险。对于永磁同步电机,嵌入式油冷通道设计使绕组温度梯度分布更趋均匀,配合磁流体密封技术,在持续高负荷运转时仍能保持96%以上的能量转化效率。

6 结语

新能源汽车电机驱动系统效率优化以及节能降耗对于提升整车能效而言十分关键。依靠对电机设计、电力电子器件以及控制策略进行优化,再结合能量回收、轻量化、智能控制以及热管理等技术手段,可提升新能源汽车电机驱动系统的能效。本研究为新能源汽车节能降耗给予了新的思路。未来技术持续进步与创新,新能源汽车的能效表现会提高。

参考文献

- [1] 苏勇. 基于智能控制的新能源汽车电机驱动系统研究[J]. 汽车维修技师, 2024, (22): 33-34.
- [2] 赵伟. 新能源汽车电机驱动系统效率提升方法研究[J]. 汽车测试报告, 2024, (20): 47-49.
- [3] 周晓飞. 新能源汽车维修从入门到精通[M]. 化学工业出版社: 202405. 226.
- [4] 郭晓欢. 新能源汽车电动驱动系统的性能与效率优化[J]. 汽车维修技师, 2024, (04): 91.
- [5] 付江涛,宋书中,付主木. 并联新能源汽车最优效率实时控制[J]. 控制理论与应用, 2019, 36 (07): 1165-1173.