

新能源汽车电池热管理系统的优化设计与实现分析

王广威 张绍国

西京学院机械工程学院 陕西西安 710123

摘要: 随着全球环境保护意识的增强以及对传统燃油车排放问题的日益关注,新能源汽车正逐渐成为主流交通工具。动力电池作为新能源汽车的关键组成部分,其热管理系统对电池性能和寿命具有重要影响。本文将详细探讨新能源汽车电池热管理系统的优化设计与实施策略,以期提高电池性能并延长其使用寿命。

关键词: 电池热管理系统; 新能源汽车; 能源效率优化

引言

动力电池是新能源汽车的核心部件,对车辆的整体性能和使用寿命具有决定性作用。电池热管理系统(BTMS)的设计和优化对于保障电池正常运行、提升性能和延长寿命至关重要。随着新能源汽车的普及,电池热管理问题日益显著,因此,深入研究和优化电池热管理系统显得尤为重要。

一、电池热管理的必要性

(一) 温度对电池性能与寿命的影响

电池温度是影响电池性能和寿命的关键参数。在低温条件下,电池的化学反应速度减慢,导致放电能力下降;在高温条件下,电池内阻增加,放电能力降低,同时高温还会加速电池材料老化,缩短电池寿命。因此,控制电池温度在适宜范围内对确保电池正常工作和延长其使用寿命至关重要。

低温环境会导致电池电解液粘度增加,电化学反应减缓,从而降低电池容量和功率输出。而高温环境则会加速电池材料老化和分解,缩短电池寿命,并增加热失控的风险。因此,电池热管理不仅是性能问题,也是安全问题。

(二) 电池热管理的需求

过高的温度会导致电池容量降低、加速电池老化,并增加热失控或爆炸的风险,危及用户安全。因此,电池热管理系统必须确保电池温度保持在安全范围内。此外,良好的热管理还可以减少能源消耗,提高能源利用效率,减少环境影响。高效的电池热管理系统需要在各种工况下迅速响应,保持电池温度在最佳范围内。

二、电池热管理系统设计原则

(一) 温度监测与控制

在电池热管理系统中,温度监测与控制至关重要。通过在电池组内安装温度传感器,实时监测电池温度变化,并根据数据调节冷却或加热系统,保持电池在适宜温度范围内运行。系统应能够在电池过热时及时发出警报,并采取相应措施,如断电或启动紧急冷却系统。

温度监测系统设计需考虑传感器的精度、响应时间和稳定性。传感器应能准确反映电池内部和外部的温度变化。控制系统应具备智能调节能力,根据温度变化动态调整冷却或加热系统,确保电池始终在最佳温度范围内工作。

(二) 散热系统设计

散热系统设计应确保电池在高温环境下不会过热。常见散热方式包括使用散热片或散热器增加散热面积,以及采用风冷或液冷系统带走热量。选择优良导热性和热稳定性的散热介质也很重要。

设计还需考虑车辆结构布局和空气动力学特性。风冷系统利用空气对流,适用于轻型电动车和短途工具;液冷系统通过冷却液循环带走热量,适用于高性能和长续航电动车。液冷系统通常包括冷却液泵、冷却板和热交换器,通过冷却液在电池模块和散热器之间循环实现高效散热。

(三) 热能回收与利用

电池充放电过程中产生的热量应得到有效利用,以避免浪费。通过热交换器将热量传递给其他系统或设备用于供暖、制冷等,从而提高能源利用效率。热能回收技术包括利用废热进行车内加热、预热电池或驱动热泵。

合理利用热量不仅能提高系统整体能效，还能减少对外部能源的依赖。

三、电池热管理系统的关键技术

(一) 温度传感器的选择与布置

高精度、响应速度快、可靠性高且适应恶劣环境的温度传感器是确保电池温度监测精确的重要保障。传感器应布置在电池组的关键位置，以准确测量电池温度变化，避免局部过热或冷却不足。

温度传感器类型包括热电偶、热敏电阻和集成温度传感器等。热电偶响应快、量程广，适用于电池内部高温区域监测；热敏电阻灵敏度高、成本低，适用于电池模块表面温度监测；集成温度传感器精度高、稳定性好，适用于电池组整体温度综合监测。

(二) 温度控制策略

温度控制算法需根据电池工作状态和环境条件确定适宜的温度范围，通过传感器实时监测电池温度，调节冷却或加热系统，保持电池温度在适宜范围内。算法应考虑电池热容量和热传导特性，结合温度变化率，动态调整系统运行。常见控制算法包括PID控制、模糊控制和智能控制等。PID控制简单且精度高，适用于温度变化缓慢的场景；模糊控制适用于复杂环境；智能控制如神经网络和遗传算法可通过自学习和自适应提高系统智能化水平。

(三) 散热方案优化

散热系统设计需考虑电池组散热需求和热量产生机制，通过选择合适散热材料和设计合理散热结构，提高散热效率，确保电池组温度稳定。散热系统优化需考虑散热片或散热器布局、冷却风扇选型和冷却液流动路径等。

散热材料应具备高导热性和高热容量，如铝合金、铜和复合材料等。散热结构设计应考虑电池模块排列方式和散热片安装位置，以最大限度提高散热效果。冷却风扇选型应考虑风量、噪音和功耗等因素，确保高效散热同时减少对电池系统的影响。

(四) 热能回收与再利用技术

通过热交换器将电池产生的热量传递给车辆其他部件，减少能量消耗，提高能源利用效率。回收的热量可用于车内空调或供暖。热能回收技术可与热泵系统结合，进一步提高利用效率。

设计热能回收系统需考虑热交换器效率和传热介质

选择。热交换器应具备高效传热和低热阻，传热介质应具备高热容和良好流动性。

四、电池热管理系统的实施分析

(一) 硬件系统设计

新能源汽车电池热管理系统的硬件设计是关键。系统需配备高性能主控制器，通过传感器（如温度、湿度、压力传感器）实时监测电池状态，并将数据传输给主控制器处理。系统还需执行器（如风扇、冷却液泵、加热器）调节电池温度，确保其在安全范围内运行。系统需有外部接口，通过CAN总线与车辆其他部件进行数据交换，实现整车协调控制，并通过无线通信模块实现远程监控和控制。

(二) 软件系统开发

软件设计是新能源汽车电池热管理控制系统实现的重要环节。系统软件设计阶段根据需求和功能设计合理的软件架构，并实现各个模块的具体功能。首先明确系统功能和性能要求，根据需求分析结果确定系统整体架构和模块划分，包括温度监测模块、温度控制模块、故障诊断模块等。随后进行分层架构设计，将系统分为应用层、控制层和硬件层，分别负责用户界面、温度控制和与传感器及执行器的通信。在此基础上进行具体模块设计，明确每个模块的功能和接口。例如，温度监测模块需实现实时监测并控制电池加热或降温，故障诊断模块需检测并诊断系统故障并提供处理措施。在设计过程中，需考虑模块间的接口设计和数据传输方式，使用标准通信协议如CAN总线或以太网，同时确保模块并发性和实时性，确保系统及时响应和监测电池温度变化。

(三) 系统测试与评估

系统性能测试和评估是对新能源汽车电池热管理控制系统进行全面评估和验证的重要步骤。通过系统性能测试和评估，可提升系统在各种工作条件下的稳定性、可靠性和性能。

系统性能测试主要包括以下几个方面：

(1) 功能测试：测试系统温度控制、故障检测和保护、能量管理等功能是否正常。

(2) 性能测试：测试系统在不同工作条件下的性能表现，包括温度控制精度、能耗、响应速度等指标。

(3) 稳定性测试：测试系统长时间运行过程中的稳定性和可靠性，包括系统故障率、寿命等指标。

(4) 兼容性测试：测试系统与其他相关设备或系

统的兼容性，确保系统正常工作并与其他设备进行数据交互。

系统性能评估主要包括以下几个方面：

(1) 性能指标评估：对系统各项性能指标进行评估，包括温度控制精度、能耗、响应速度等指标，与设计要求对比。

(2) 故障分析评估：评估系统在故障情况下的响应和保护能力，分析系统对各种故障的检测和处理能力。

(3) 稳定性评估：评估系统在长时间运行过程中的稳定性和可靠性，包括系统故障率、寿命等指标。

(4) 兼容性评估：评估系统与其他相关设备或系统的兼容性，确保系统正常工作并与其他设备进行数据交互。

结论与展望

新能源汽车动力电池热管理系统是保证电池性能和寿命的关键因素之一。其合理的设计和实施可以有效控制电池温度，提高电池充放电效率，延长电池使用寿命。系统设计需考虑多个因素，包括电池特性、环境温度、车辆使用情况等。通过合理算法和控制策略，实现电池温度精确控制，提高系统效能。系统实现需充分考虑稳

定性和可靠性，确保在各种工况下正常运行。

参考文献

- [1] 关贺, 吕艳, 张元良. 新能源汽车电池热管理控制系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2023, (04): 66-71.
- [2] 李活, 黄鹏飞, 张伟中, 等. 新能源汽车动力电池热管理系统设计[J]. 汽车测试报告, 2023, (13): 80-82.
- [3] 王保存, 明玉健. 新能源汽车动力电池热管理系统设计研究[J]. 汽车测试报告, 2023, (13): 77-79.
- [4] 邹艳红. 新能源汽车锂电池热管理系统热性能优化控制策略[J]. 中国设备工程, 2022, (15): 89-91.
- [5] 高超. 新能源汽车一体化整车热管理的探讨[J]. 时代汽车, 2021, (23): 136-137.
- [6] 张希, 董腾辉, 朱翀, 等. 新能源汽车一体化整车热管理新思路[J]. 制冷与空调, 2020, 20(05): 76-83.
- [7] Qiang L. Design and practical application analysis of thermal management system for power battery in new energy vehicles[J]. Results in Physics, 2023, 54.
- [8] Zhang B, Su D. Battery Thermal Management and Health State Assessment of New Energy Vehicles[J]. International Journal of Heat and Technology, 2022, 40(2):