

分布式电驱动桥系统在汽车中的应用与优化

雷继彬

杭州时代电动科技有限公司 浙江杭州 310000

【摘要】伴随汽车电动化转型这一趋势，分布式电驱动桥系统的应用愈发普遍，但存在扭矩分配、桥间协同和部件磨损等棘手难题，为推动系统性能的优化，研究秉持系统效率最优的原则进行，查明可工作的驱动桥，以行驶里程为依据调整优先级，凭借预设的扭矩分配表开展扭矩分配工作，并基于滑移率、温度对扭矩实施限幅管控，实际应用的反馈表明，此方法达成部件磨损的平衡效果，助力系统性能的提高，此为系统大范围应用给予技术支持，拉动汽车行业步入绿色高效发展阶段。

【关键词】分布式电驱动桥系统；扭矩分配；优先级调整；扭矩限幅控制

Application and optimization of distributed electric drive bridge system in automobile

Lei Jibin

Hangzhou Times Electric Technology Co., LTD. Zhejiang Hangzhou 310000

【Abstract】 With the trend of automotive electrification, the application of distributed electric drive axle systems is becoming increasingly common. However, challenges such as torque distribution, inter-axle coordination, and component wear remain significant. To optimize system performance, research adheres to the principle of maximizing system efficiency. It identifies operational drive axles and adjusts priorities based on driving range. Torque allocation is conducted using a predefined torque distribution table, and torque is controlled within limits based on slip rate and temperature. Practical feedback indicates that this method achieves a balance in component wear, enhancing system performance. This provides technical support for widespread system application, driving the automotive industry into a phase of green and efficient development.

【Key words】 distributed electric drive bridge system; torque distribution; priority adjustment; torque limit control

引言

当全球积极倡导绿色交通、汽车产业加速往新能源转变的时代潮流涌起，分布式电驱动桥系统凭借自身独特长处，渐渐成为汽车范畴受瞩目的焦点技术，它冲破了传统驱动模式的既有局限，为车辆操控性、能源利用率的提升开拓新契机，贴合当下高效节能与智能发展的理念。于实际应用期间，复杂路况适应表现差、桥间协同合作不佳、部件易磨损等问题相继涌现，对其发展造成严重掣肘，全面探究且化解这些难题困境，对促进汽车技术突破、契合市场对高性能环保汽车的需求意义重大，随后将针对该优化策略及其应用成效展开深度研讨。

1. 分布式电驱动桥系统概述

1.1 系统结构与工作原理

于汽车动力架构，分布式电驱动桥系统占据着关键位置，此结构由多根单独的驱动桥所组成，各根桥配备各自专属的电机及控制器，构成分布式驱动的布局结构。于这种特定结构之下，电机可直接带动车轮实现转动，减小动力传输环节的能量消耗，各类传感器的信号为整车控制器（VCU）所接收，诸如驾驶员的操作命令、车辆行进速度等，分析运算操作结束后，精准无误地向各电机控制器发送操控信号，电机控制器遵照指令对电机输出扭矩做调节，实现车辆加速、减速、转向等运转，凭借这一原理，系统可依照不同工况灵活地去分配动力，增强车辆动力表现与操控灵动性，与汽车智能化、高效化的发展趋势相契合。

1.2 在汽车领域的应用现状

大型货车这一类型，此系统借助优化扭矩的分配，增强

车辆载重及爬坡的本事，且当车辆制动时能实现能量回收，与绿色物流发展理念相契合，就客车应用领域而言，其可增强车辆动力响应的速度表现，保障乘客乘坐时的惬意感。目前该系统投入应用后仍面临一些挑战，复杂的路况和多变的车辆运行条件，对系统扭矩分配及协同控制提出更高要求，部分技术难题还待成功攻克，成本有待进一步压低，以达到更广泛的市场认可与普及。

2. 分布式电驱动桥系统的控制难题

2.1 复杂路况下的扭矩分配问题

若车辆处于湿滑路面行驶，轮胎跟地面所产生的摩擦力明显减小，倘若此时扭矩分配不合理，极有概率引发车轮打滑，对车辆行驶的稳定性及安全性造成显著损害，如处于冰雪覆盖路面，部分车轮说不定因扭矩过大而开始空转，造成车辆失去向前的动力，甚而产生侧滑等危险情形。若处于崎岖山路行驶状态，各车轮承受阻力的差异极为悬殊，需精准地分配扭矩，使各车轮都能得到充足的动力，维持车辆稳定行驶，在不同路况频繁交替切换之际，恰似从平坦车道驶入泥泞小径，系统必须迅速做出反馈，调整扭矩的分配方案。

2.2 桥间协同控制挑战

鉴于每个驱动桥都可独立输出动力，要是桥间的协同配合出现故障，车辆于行驶时会出现众多异常情形，在车辆转向的时刻，内侧与外侧车轮的行驶轨迹存在差异，所需的驱动力也应当存在差异^[2]。若这时候各驱动桥无法协同开展工作，就有概率引发转向难题、轮胎过度磨损等情况，处于加速或者减速的阶段时，各驱动桥扭矩改变未达成一致，也会致使车辆产生顿挫感，降低了驾乘过程的体验感，要是车辆某一驱动桥出现了故障，其余驱动桥需马上调整其工作状态，携手承担车辆动力输出工作，使车辆保持基本行驶水平。

2.3 部件磨损与系统故障风险

欠合理的扭矩分配及桥间协同调控，会引发传动系统及轮胎的磨损明显加剧，要是某一驱动桥长期处于过大扭矩的重压下，与之有关的传动部件，如齿轮、传动轴等会因受力超出限度而加速磨损，令使用寿命变短，引起维修成本的增长，轮胎也会因受力情况不均，出现偏磨情形，引起轮胎性能的明显下降，还存在安全层面的潜在危机。电机以及电机控制器长时间高负荷运行期间，容易引发过热故障，要是温度过高了，会令电机的效率和性能受干扰，甚至引发电机控

制器出现运转故障，造成整个驱动桥动力缺失，部件磨损与系统故障之间呈现出相互作用的关联，部件的磨损也许会引发系统故障，而系统故障会让部件磨损进一步地加剧。

3. 分布式电驱动桥系统的优化策略

3.1 基于行驶里程的优先级调整

于车辆长期运行的进程当中，各驱动桥由于工作时间及路况适应表现不同，所承受负荷的差异极为明显，这直接造成传动系统与轮胎出现不均匀的磨损现象，若不实施干预，不仅会让部件的可用寿命缩短，引起维修开支的增长，或许还会影响车辆整体性能及行驶安全。迅速建立科学合理的优先级调整机制迫在眉睫，该机制把预设的里程调整间隔当作基础，一般的间隔设定如5万公里与10万公里，依照实际需求灵活选定，在车辆崭新投入运营，行驶里程归零的车辆初始运行阶段，依据车辆设计方面的特性、驱动桥布局模式及预期使用场景等实际情形，初步设定各驱动桥的优先级。当车辆行驶里程不断延伸，若到达预先设定的调整间隔，系统会进行全面智能的再次评估，针对各驱动桥工作状况，以一辆有三根可工作驱动桥A、B、C的车为例，一开始就把A桥的优先级设为最高，为车辆给予主要的动力支撑，然而行驶一定距离里程后，出于实现部件磨损均衡的目的，把B桥设定为优先级的至高级别，A桥和C桥的优先级也做相应变动。

3.2 基于系统效率的扭矩分配优化

预设扭矩分配表的构建依照系统效率最优方程组，该方程组同驱动桥的电机转速、系统总效率、驱动车桥分配扭矩以及驱动车桥效率深度挂钩，在车辆运行进程当中，系统把电机转速数据进行实时采集，该数据能从车辆速度精准转换得出，从而防止电机失效引起转速数据缺失的问题出现^[3]，结合车辆整体的请求扭矩，查询预设好的扭矩分配表，然后取得各个驱动桥对应的扭矩分配系数，在车辆加速爬坡的时刻，为达成系统总效率最优的目标，需给优先级高且电机转速合适的驱动桥分配更多扭矩，以此全面发挥其动力上的优势，保障车辆顺利度过爬坡阶段。当车辆平稳行驶这个阶段，扭矩分配更聚焦于提高系统整体效率，依靠这种基于系统效率对扭矩分配的优化途径，能有力提高车辆的动力水平，减少能源的消耗，推动汽车行业向高效节能的路径前行，促使分布式电驱动桥系统在各种工况下都可实现最优性能呈现。

3.3 多因素扭矩限幅控制

作为影响车辆行驶安全的关键因素,车轮滑移率不容小觑,车辆行驶期间,系统凭借车轮速度和转速计算滑移率,再跟预先设定的滑移率阈值范围作对照,在湿滑路面开展行驶活动时,若车轮的滑移率超过预设阈值上限,显示车轮有开始打滑的迹象,此时系统会马上降低对应驱动桥的扭矩输出。实际操作中先降低优先级最高的可工作驱动桥被分配的扭矩,把减少的扭矩分配到其他驱动桥上,再去预测其他驱动桥在新扭矩情境中的车轮滑移率,然后执行扭矩限幅控制举措,使所有车轮的滑移率稳定在安全范围里,有力降低车辆侧滑、侧翻危险系数。电机和电机控制器的温度也是扭矩限幅控制的重要考量要素,车辆运行的时段里,系统实时对其温度展开监测,若温度开始逐步升高,根据预先制定的温度限制等级及对应的扭矩限幅大小对输出扭矩进行调整,若温度抵达某一等级,对扭矩实施 20%幅度的限幅,驱动桥依照分配扭矩的 80%予以输出,防止电机及其控制器因过热产生损坏,保障系统高效运行,该多因素综合的扭矩限幅控制,综合斟酌车辆行驶安全及部件工作状态,极大强化了分布式电驱动桥系统的可靠及稳定程度。

4. 优化策略的实践效果与应用前景

4.1 实际应用案例分析

某大型物流运输企业货车车队引入优化后的分布式电驱动桥系统车辆成效显著,货车长途运输常遇多种路况,像高速公路、山区道路与湿滑路面,高速行驶,系统按里程优先级调整策略,车辆累计行驶达预设间隔,优先级切换,让各驱动桥传动部件和轮胎磨损均匀,减少局部过度磨损故障,延长部件寿命、降低维护成本。山区行驶,基于系统效

率的扭矩分配优化助力爬坡,依据总请求扭矩、电机转速和桥优先级,将更多扭矩分给动力优的驱动桥,确保动力足顺利爬坡。湿滑路面,多因素扭矩限幅控制监测车轮滑移率,超阈值即减驱动桥输出扭矩并合理分摊,保障行驶稳定安全,统计显示,采用该系统车队车辆平均故障次数降 30%,运输效率提 20%,验证分布式电驱动桥系统优化策略有效实用。

4.2 市场应用前景展望

新能源汽车领域,该系统靠灵活动力分配与高效能量回收,大幅提升车辆续航和性能,契合行业核心需求,会成未来新能源汽车动力系统重要走向,商用车市场里,大型货车和客车方面,分布式电驱动桥系统优势尽显。大型货车用它可增强载重、降低能耗,满足物流高效绿色运输要求;客车应用能改善乘坐舒适与安全,推动公共交通可持续发展,伴随自动驾驶技术发展,此系统可与自动驾驶系统良好协作,达成更优动力和车辆操控,助力自动驾驶汽车发展,不过要实现广泛市场普及,还得攻克降低成本、提升可靠性与兼容性等技术难题。

结语

分汽车领域里,分布式电驱动桥系统应用前景好,却遭遇复杂路况扭矩分配、桥间协同控制及部件磨损困扰,基于行驶里程的优先级调整策略、依据系统效率的扭矩分配优化手段,还有多因素扭矩限幅控制方法,可有效化解这些难题。实际应用成果已证实其效果,待技术进步、成本下降,该系统会有力推动汽车行业朝着高效、绿色、智能迈进,持续为汽车产业转型升级增添动力。

参考文献

- [1]王笑晨,贾琳渊,陈玉春,等.工质/涡轮电驱动分布式推进系统设计参数研究[J].航空动力学报,2024,39(04):13-24.
- [2]高守林.电动汽车转矩定向分配驱动桥系统动态特性分析与控制技术研究[D].吉林大学,2023.
- [3]李航.轮毂电机分布式驱动车辆轮端状态估计与协调控制研究[D].清华大学,2023.
- [4]唐兴中,陈国军,付裕,等.轻型直升机分布式电驱动反扭矩系统构型方案的综合评估技术研究[J].航空科学技术,2023,34(02):56-63.

作者简介:雷继彬,出生年月:1989年09月,男,汉族,籍贯:江西省赣州市,学历:硕士,研究方向:分布式电驱动桥系统、线控制动 EMB。