

复杂工况下如何提升汽车控制器的稳定性与可靠性

洪捷, 陈增贤

宁波高发汽车控制系统股份有限公司 浙江宁波

【摘要】在汽车智能化与网联化飞速发展的当下,汽车控制器于复杂工况下的稳定性与可靠性成为制约行业前行的关键瓶颈。本研究深入汽车控制器工作核心,从硬件架构强化、软件算法优化,到环境适应能力提升等多个维度,全面探索突破性策略。力求为汽车产业在复杂工况场景中,构建稳固、可靠的控制器运行体系,提供兼具创新性与实用性的理论基石与实践蓝本。

【关键词】汽车控制器; 复杂工况; 稳定性; 可靠性

【收稿日期】2024 年 12 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 1 月 10 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250007

How to improve the stability and reliability of automotive controllers under complex working conditions

Jie Hong, Zengxian Chen

Ningbo Gaofa Automotive Control System Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang

【Abstract】With the rapid development of automotive intelligence and connectivity, the stability and reliability of automotive controllers under complex working conditions have become a key bottleneck restricting the progress of the industry. This study delves into the core of the operation of automotive controllers. From strengthening the hardware architecture, optimizing software algorithms to enhancing the environmental adaptability and other multiple dimensions, it comprehensively explores breakthrough strategies. The aim is to provide an innovative and practical theoretical foundation and practical model for the automotive industry to build a stable and reliable controller operation system in complex working condition scenarios.

【Keywords】Automotive Controller; Complex Working Conditions; Stability; Reliability

引言

汽车行业历经变革,智能化与网联化浪潮汹涌,汽车控制器作为车辆运行的“智慧中枢”,其重要性与日俱增。如今,汽车行驶环境复杂多变,高温酷暑、高湿梅雨、强电磁干扰充斥其中,传统控制器难以招架。在极端工况下,控制器稳定性一旦受损,车辆性能将大打折扣,甚至危及行车安全。因此,攻克复杂工况下控制器稳定与可靠难题,是推动汽车产业迈向新高度的当务之急。

1 复杂工况对汽车控制器的影响剖析

1.1 复杂工况的类型及特点梳理

复杂工况涵盖多种类型。高温工况下,环境温度常超 40℃,在炎热沙漠地区甚至更高,这对控制器散热系统形成严峻考验^[1]。低温工况,如极寒的北方冬季,温度可低至零下数十度,易使控制器内电

子元件性能下降。高湿度工况,例如南方梅雨季节,空气湿度接近饱和,水分易侵入控制器内部,引发短路风险。电磁干扰工况也不容忽视,车辆周边的通信基站、高压电线等,会产生高强度电磁辐射,干扰控制器信号传输,导致数据丢失或错误。这些工况特点各异,但都对汽车控制器的稳定运行构成严重威胁^[2]。

1.2 不同复杂工况对控制器硬件的作用机制

高温会加速硬件中电子元件的老化,使芯片的晶体管性能下降,电阻值发生漂移,进而影响控制器的运算精度与速度。在低温环境里,电池的电解液黏度增加,内阻增大,导致供电不稳定,影响控制器正常工作。高湿度环境中,水分附着在电路板上,会引发线路腐蚀,降低焊点的导电性,甚至造成短路,损坏硬件。电磁干扰则通过感应耦合,在控制器

作者简介:洪捷(1991-),男,汉族,浙江宁波人,本科,工程师,研究方向:机电制造

的电路中产生额外的电流或电压, 干扰正常的信号传输, 使硬件接收和处理的数据出现偏差, 严重时可使硬件故障。

1.3 复杂工况对控制器软件运行的干扰分析

高温下, 硬件性能波动可能导致软件运行时出现卡顿、死机现象。因芯片运算速度下降, 软件执行复杂算法时无法按时完成任务, 影响车辆实时控制。低温时, 存储设备性能变差, 软件加载速度变慢, 数据读取错误概率增加^[3]。高湿度引发的硬件短路问题, 可能使软件运行中断, 程序出现异常跳转。电磁干扰更是软件运行的“大敌”, 它会扰乱软件与硬件之间的数据交互, 使软件接收到错误的传感器数据, 从而做出错误的控制决策, 例如错误地调节发动机转速或刹车力度, 危及行车安全。

2 汽车控制器硬件稳定性与可靠性提升策略

2.1 硬件设计优化

采用冗余设计, 在关键电路部分设置备份线路与元件。当主电路出现故障时, 备份电路能迅速接替工作, 保障控制器不间断运行。合理布局电路, 将易受干扰的敏感元件与强干扰源分开, 减少电磁耦合。同时, 优化电路板布线, 缩短信号传输路径, 降低信号衰减与延迟^[4]。例如, 将微处理器、存储器等核心元件集中布局, 减少信号传输过程中的损耗。此外, 增加硬件的自检电路, 实时监测硬件工作状态, 一旦发现异常, 及时发出警报并采取相应措施, 提升硬件整体稳定性与可靠性。

2.2 高性能材料选用

选用耐高温材料制造控制器外壳与散热片, 如陶瓷基复合材料, 其具有良好的隔热与散热性能, 能有效降低控制器内部温度。在电子元件方面, 采用宽温型芯片与电容, 这些元件能在较宽温度范围内保持稳定性能, 无惧高温与低温挑战。为应对高湿度环境, 使用防潮、耐腐蚀的电路板材料, 如经过特殊涂层处理的玻纤板, 可防止水分侵蚀, 延长电路板使用寿命^[5]。对于电磁干扰, 采用高导磁率的屏蔽材料, 如坡莫合金, 对控制器进行电磁屏蔽, 阻挡外界电磁辐射进入, 确保硬件在复杂环境下稳定运行。

2.3 硬件防护措施加强

增加散热措施, 如安装高效散热风扇, 依据控制器温度自动调节转速, 及时排出热量。在高湿度

环境下, 设置防潮装置, 如干燥剂盒, 吸附控制器内部水分, 保持环境干燥。针对电磁干扰, 对控制器进行全密封设计, 并在外壳上涂抹电磁屏蔽涂层, 进一步增强屏蔽效果^[6]。此外, 采用抗震设计, 在控制器内部安装减震橡胶垫, 减少车辆行驶过程中的振动对硬件的影响, 全方位加强硬件防护, 提升其在复杂工况下的可靠性。

3 汽车控制器软件稳定性与可靠性提升策略

3.1 软件架构优化

采用分层、模块化设计, 将软件功能划分为多个独立模块, 如传感器数据采集模块、控制算法模块、执行器驱动模块等。各模块之间通过标准化接口进行通信, 降低模块间耦合度。当某个模块出现问题时, 不会影响其他模块正常工作, 便于软件维护与升级。例如, 在更新控制算法模块时, 无需对整个软件进行大规模改动^[7]。同时, 引入中间件技术, 对底层硬件进行抽象封装, 使上层软件无需关注硬件细节, 增强软件的可移植性与稳定性, 适应不同硬件平台与复杂工况。

3.2 容错与自诊断算法应用

运用容错算法, 当软件接收到错误数据或遇到异常情况时, 能自动进行数据修复与错误处理。例如, 采用纠错码技术对传感器数据进行编码, 在数据传输过程中若出现错误, 软件可根据编码规则进行纠正。自诊断算法则实时监测软件运行状态, 通过对关键变量、函数调用等进行监测, 一旦发现异常, 迅速定位故障点, 并给出相应提示。如监测到控制算法模块的输出值超出正常范围, 自诊断算法可判断是算法参数错误还是传感器数据异常, 为后续维修提供依据, 保障软件稳定运行。

3.3 软件更新与维护机制完善

建立定期更新机制, 根据汽车使用情况与新出现的复杂工况问题, 及时对软件进行优化升级。通过无线通信技术(OTA), 实现软件远程更新, 方便用户使用。在软件维护方面, 搭建完善的软件测试平台, 对每次更新的软件进行全面测试, 包括功能测试、性能测试、兼容性测试等。模拟各种复杂工况, 检验软件在不同环境下的运行稳定性, 确保更新后的软件能有效提升控制器性能, 保障车辆在复杂工况下可靠运行。

4 汽车控制器环境适应性提升策略

4.1 环境监测与自适应控制技术

在控制器中集成多种环境传感器, 如温度传感器、湿度传感器、电磁强度传感器等, 实时监测车辆周边环境参数。根据监测数据, 控制器自动调整工作参数。例如, 当温度升高时, 自动降低芯片工作频率, 以减少发热; 湿度增加时, 启动防潮措施。同时, 利用自适应控制算法, 根据环境变化动态调整控制策略。如在电磁干扰较强区域, 优化信号传输方式, 增强数据抗干扰能力, 使控制器能更好地适应复杂环境变化^[8]。

4.2 控制器的抗干扰技术强化

采用滤波技术, 在信号输入输出端设置滤波器, 滤除电磁干扰信号。如低通滤波器可阻挡高频电磁干扰, 高通滤波器则能去除低频干扰。同时, 优化软件通信协议, 采用加密传输与校验机制, 确保数据在传输过程中不被干扰篡改。例如, 对传感器数据进行加密后再传输, 接收端通过解密与校验, 保证数据准确性。此外, 增加硬件抗干扰措施, 如在电路板上设置隔离变压器, 隔离不同电路之间的电磁干扰, 全方位提升控制器抗干扰能力。

4.3 复杂工况下的测试与验证

构建模拟复杂工况的测试平台, 对控制器进行严苛测试。模拟高温、低温、高湿度、电磁干扰等多种工况组合, 测试控制器在不同条件下的稳定性与可靠性。例如, 在高温高湿且强电磁干扰环境中, 持续运行控制器, 监测其性能指标。通过大量测试数据, 分析控制器在复杂工况下的薄弱环节, 针对性地进行优化改进。同时, 在实际车辆上进行路试, 在真实复杂环境中验证控制器性能, 确保其能满足实际应用需求。

5 未来发展趋势与展望

5.1 新兴技术在汽车控制器中的应用前景

随着人工智能技术发展, 深度学习算法有望应用于汽车控制器。通过对大量复杂工况数据的学习, 控制器能更精准地预测工况变化, 提前调整控制策略。量子计算技术也可能为控制器带来变革, 其强大的计算能力可加速复杂算法运算, 提升控制器响应速度与处理能力。此外, 新型传感器技术, 如量子传感器, 具有更高的精度与灵敏度, 能为控制器提供更准确的环境与车辆状态信息, 进一步提升其在复杂工况下的性能。

5.2 行业标准与规范的完善方向

行业标准应进一步细化复杂工况的定义与分类, 制定针对不同工况下汽车控制器稳定性与可靠性的量化指标。例如, 明确规定在特定高温、高湿、电磁干扰强度下, 控制器的故障允许次数与恢复时间。完善硬件设计、软件编程的标准规范, 确保不同厂家生产的控制器在复杂工况下具有良好的兼容性与互换性。同时, 建立严格的测试认证体系, 对控制器进行全面、规范的测试, 只有通过认证的产品才能进入市场, 推动整个行业控制器质量提升。

5.3 面对未来复杂工况挑战的应对思路

未来, 汽车行驶环境将更加复杂, 如智能交通系统中车与车、车与基础设施之间的通信产生的电磁环境更为复杂。应对这一挑战, 需提前开展前瞻性研究, 加强跨学科合作。融合材料学、电子学、计算机科学等多学科知识, 研发新型控制器技术。同时, 加强与汽车产业链上下游企业的合作, 共同探索适应未来复杂工况的解决方案, 不断提升汽车控制器在复杂环境下的稳定性与可靠性。

6 结论

本研究全面剖析复杂工况对汽车控制器的影响, 并从硬件、软件、环境适应等多方面提出切实可行的提升策略。通过优化硬件设计、选用高性能材料、完善软件架构、应用新兴技术等手段, 可显著增强汽车控制器在复杂工况下的稳定性与可靠性。这不仅关乎车辆安全与性能, 更是推动汽车产业智能化、网联化深入发展的关键。

参考文献

- [1] 尹夕志, 胡三宝, 冯智勇. 基于动态输出反馈的汽车横摆与侧倾稳定性控制[J/OL]. 中国机械工程, 1-11[2025-03-20].
- [2] 龙云泽, 封进, 张瑞宾, 等. 分布式驱动EV侧向稳定性鲁棒 H_{∞} 控制研究[J/OL]. 机械设计与制造, 1-7[2025-03-20].
- [3] 唐爽, 付锐, 孙秦豫, 等. 基于多约束自适应模型预测控制的智能车路径跟踪与稳定性集成控制[J/OL]. 中国公路学报, 1-30[2025-03-20].
- [4] 邹渊, 马文斌, 张旭东, 等. 基于AUTOSAR的汽车控制器软件优化部署研究[J]. 北京理工大学学报, 2024, 44(11): 1192-1198.

- [5] 袁志群,陈衍强,常宇轩,等.考虑侧风稳定性的汽车轨迹跟踪自适应时域模型预测控制[J].汽车工程,2024,46(10):1829-1841+1852.
- [6] 徐明,吕永宾,李军,等.电动汽车增程器系统的集成化方案[J].客车技术与研究,2020,42(04):18-19+26.
- [7] 卢文轩,严星,陈平,等.纯电动汽车电驱系统集成化前沿趋势[J].汽车工程师,2019,(10):16-18+59.
- [8] 陈东林.新能源汽车电控系统故障诊断与维修策略[J].汽车知识,2025,25(03):122-124.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS