

# 新能源汽车驱动电机控制器常见故障诊断分析——以比亚迪秦 EV 为例

赵立龙

佛山市顺德区均安职业技术学校, 广东 佛山 528300

[摘要]随着新能源汽车的快速发展,驱动电机控制器作为核心部件,其性能和可靠性直接影响整车的运行状态和用户体验。比亚迪秦 EV 作为市场上具有代表性的纯电动汽车,其驱动电机控制器在实际使用中暴露出了一些常见故障。此文旨在通过对比亚迪秦 EV 驱动电机控制器的详细分析,探讨其常见故障的分类、原因及诊断方法,以期对相关技术人员提供参考,提升故障处理效率和车辆可靠性。

[关键词]比亚迪秦 EV; 驱动电机控制器; 故障诊断; 故障分析; 新能源汽车

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14727 中图分类号: U472 文献标识码: A

## Common Fault Diagnosis Analysis of New Energy Vehicle Drive Motor Controller - Taking BYD Qin EV as an Example

ZHAO Lilong

Jun'an Vocational & Technical School, Foshan, Guangdong, 528300, China

**Abstract:** With the rapid development of new energy vehicles, the performance and reliability of the drive motor controller, as a core component, directly affect the operating status and user experience of the entire vehicle. As a representative pure electric vehicle in the market, the BYD Qin EV's drive motor controller has exposed some common faults in practical use. This article aims to explore the classification, causes, and diagnostic methods of common faults in the BYD Qin EV drive motor controller through a detailed analysis, in order to provide reference for relevant technical personnel, improve fault handling efficiency, and vehicle reliability.

**Keywords:** BYD Qin EV; drive motor controller; fault diagnosis; fault analysis; new energy vehicles

### 1 新能源汽车驱动电机控制器的发展现状

在新能源汽车领域,驱动电机控制器是实现高效能转换和精准控制的核心部件。随着技术的不断进步,这一领域正经历着显著的发展和变革。比亚迪秦 EV 作为其中的佼佼者,其驱动电机控制器不仅代表了比亚迪在该领域的技术实力,也映射出整个行业的发展趋势。比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器采用了高度集成化的设计,这种设计通过将电机、电控、变速器等关键部件进行一体化集成,实现了体积下降 30%,重量降低 25%,功率密度提升 20%的显著进步。这种集成化设计不仅提升了整车的空间利用效率,还有助于提高车辆的性能和经济性。此外,比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器还采用了先进的材料和技术。例如,比亚迪自主研发的 IGBT(绝缘栅双极型晶体管)技术,这种技术是能源变换与传输的核心,控制着交流电和直流电的转换及高低电压的转换。通过这种技术,比亚迪不仅打破了国外厂商在该领域的垄断,还推动了国内新能源汽车行业的发展。在性能方面,比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器展现出了卓越的效率和稳定性。得益于高性能稀土永磁同步电机的应用,该电机的最高转速可达 15000rpm,这在行业内是一个非常高的水准。高转速电机在输出功率相当的情况下,体积和重量远小于低转速电机,这使得比亚迪秦 EV 在动力输出和能效方面具有明显优势<sup>[1]</sup>。

### 2 比亚迪秦 EV 驱动电机控制器概述

#### 2.1 比亚迪秦 EV 驱动电机控制器的系统组成

比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器是一个高度集成化的系统,它将驱动电机、电机控制器、减速器集成在一起,形成了一个紧凑的驱动三合一整体。这种设计优化了空间利用,减轻了重量,并提升了整体的能效和可靠性。驱动电机控制器的核心是绝缘栅双极型晶体管(IGBT),它负责控制交流电和直流电的转换及高低电压的转换,是能源变换与传输的核心器件。比亚迪秦 EV 采用了自主研发的 IGBT 技术,这一技术的应用不仅提升了整车的性能,还降低了对外部供应商的依赖。此外,电机控制器还包括了冷却系统、功率器件、控制芯片等关键部件,共同确保了电机的高效运行和精准控制。

#### 2.2 控制器的工作原理和功能

比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器工作原理基于精确的电子控制,通过电机控制器中的 IGBT 等功率器件,精确调节电机的电流和电压,实现对电机转速和扭矩的控制。控制器接收来自车辆控制单元的指令,根据驾驶条件和电池状态,实时调整电机的工作状态,以提供最佳的动力输出和能效表现。此外,电机控制器还具备保护机制,能在检测到异常情况时迅速切断电源,保护电机和电池免受损害。这种智能化的控制不仅提升了驾驶性能,也确保了车辆的安全性和可靠性。

#### 2.3 控制器与整车其他系统的交互

比亚迪秦 EV 的驱动电机控制器与整车其他系统通过

一套复杂的通信网络进行交互。它与电池管理系统(BMS)、整车控制器(VCU)以及电池包等关键部件紧密协作,通过CAN总线或其他通信协议,实现数据的实时交换和指令的快速传递。例如,在高压上电流程中,当驾驶员踩下制动踏板并按下启动按钮时,车身控制模块(BCM)会接收信号,并启动预充流程,随后电池管理控制器(BMC)控制电池包内部的接触器吸合,电机控制器则监测预充电压,并在达到一定水平后通知BMS完成预充,从而实现整车高压上电。这种高度的系统集成和交互确保了比亚迪秦EV在各种驾驶条件下的高效能和稳定性<sup>[2]</sup>。

### 3 比亚迪秦EV驱动电机控制器常见故障分析

#### 3.1 故障分类

比亚迪秦EV驱动电机控制器的故障可以从多个维度进行分类,以便于更系统地理解和诊断。以下是一些常见的故障分类方法,结合了实际维修案例和专业分析:

- 电气连接问题:** 这是电机控制器故障中最常见的原因之一,包括松动的连接器、腐蚀的接触点、断裂的电缆等。这些问题通常会导致连接不良,影响电机控制器的正常工作。
- 控制器内部软件问题:** 随着汽车电子化程度的提高,软件在电机控制器中扮演着越来越重要的角色。程序错误、更新不及时、配置错误等软件问题也可能导致电机控制器故障。
- 高温环境下工作:** 电机控制器在高温环境下工作可能导致内部元件损坏,如控制器散热不良、环境温度过高、散热系统堵塞等。
- 电压或电流异常:** 供电不稳定、电路短路、负载过大等问题可能导致电压或电流异常,进而影响电机控制器的正常工作。
- 硬件损坏:** 电机控制器内部的硬件损坏,如电路板损坏、连接器腐蚀、功率器件故障等,也是导致故障的常见原因。
- 过热保护:** 冷却系统不足、散热器堵塞、风扇故障等问题可能导致电机控制器过热,触发保护机制,从而引发故障。
- 传感器故障:** 电机控制器依赖于各种传感器来监测和控制电机的运行状态。位置传感器、温度传感器、速度传感器等传感器的故障也可能导致电机控制器出现问题<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 常见故障案例分析

##### 3.2.1 充电连接指示灯常亮故障

比亚迪秦EV的充电连接指示灯常亮故障通常涉及到多个潜在的原因。首先,这可能是由于组合仪表本身存在故障,或者是电池管理器、车载充电器本身的问题。除此之外,相关线路的故障也是导致这一问题的重要原因之一。例如,根据文献中的案例分析,充电连接指示灯常亮可能是由于交流充电控制电路中的某个环节出现故障。在充电过程中,如果检测点的电压没有按照预设的电路原理变化,或者充电枪与车辆插座的连接状态没有被正确识别,都可能导致充电连接指示灯常亮。此外,如果车载充电器完成自检且没有发现故障,但电池组并未处于可充电状态,车辆控制装置可能无法正确控制接触器的闭合,从而影响充电指示灯的状态。因此,对于这一故障的诊断,需要对充电控制原理有深入的理解,并进行细致的电路检查<sup>[4]</sup>。

##### 3.2.2 驱动电机控制系统故障维修

驱动电机控制系统的故障维修涉及到对比亚迪秦EV电机控制器的深入分析。电机控制器是新能源汽车中的核心部件之一,负责精确控制电机的转速和扭矩,以提供最佳的动力输出。根据文献中的描述,比亚迪秦EV的电机控制器与多个高压组件协同工作,包括加热器、压缩机、充电电和动力电池。在维修过程中,首先需要通过故障码来初步判断故障原因,可能涉及到VCU模块、加速踏板传感器、电池管理系统等。例如,如果故障码指向VCU模块,可能需要检查与之相关的线路或更换VCU模块本身。若故障与加速踏板传感器有关,则可能需要更换传感器或修复相关线路。对于电池管理系统的故障,可能需要检查电池包内部的接触器状态或高压线路的绝缘情况。每一次维修都需要根据故障现象和控制逻辑,采取相应的检测和维修措施,以确保电机控制器能够恢复正常工作,从而保障车辆的动力输出<sup>[5]</sup>。

##### 3.2.3 慢充系统故障诊断

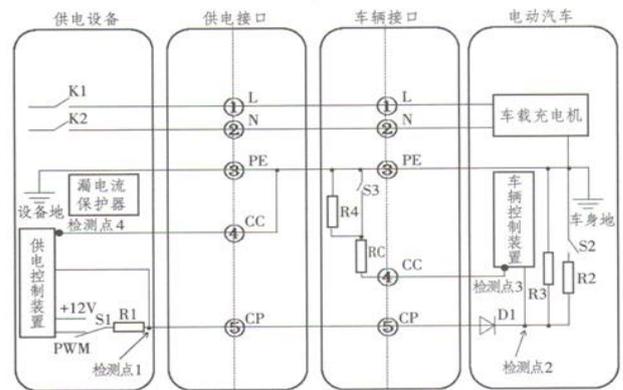


图1 充电连接电路图

如图1所示,比亚迪秦EV的慢充系统故障诊断是一个涉及多个环节的复杂过程。慢充系统主要由车辆插座、车载充电机、高压配电箱、动力电池、电池管理单元等部件构成,还包括充电枪及其控制线路等辅助部件。故障可能发生在任何一个环节,因此需要系统地进行排查。首先,慢充系统的故障可能与充电枪控制单元有关,该单元负责控制充电过程中的接触器K1和K2,以及常开开关S2。如果这些部件出现故障,可能会导致充电过程无法启动或中断。例如,如果接触器K1或K2无法正常闭合,慢充系统交流供电电路将无法导通,导致无法充电。其次,车辆控制装置在确认车辆接口连接完成后,会通过P-CAN总线唤醒激活电池管理单元(BMS)、整车控制器(VCU)、电机控制器(MCU)等进行自检、绝缘检测、互锁检测等。如果在这些检测中发现异常,如绝缘不良或高压互锁故障,也会使得慢充系统无法正常工作。此外,慢充系统的故障还可能与充电连接信号线有关。如果充电枪的CC信号线出现开路,车辆控制装置将无法确认车辆插头与车辆插座是否完全连接,从而导致充电连接指示灯无法点亮,充电过程无法开始。在实际的故障诊断中,技术人员需要根据故障现象,结

合慢充系统的控制原理,逐一排查可能的故障点。例如,通过测量充电枪的CC和CP信号线对PE口的电压,可以判断充电枪的信号线路是否完好。如果发现电压异常,可能需要进一步检查充电枪的供电插头、充电线缆或车辆插座的状态。

### 3.3 故障原因和机理分析

通过对故障现象的细致观察和系统的诊断流程,我们可以深入理解故障背后的技术原因。首先,故障可能源自电气连接问题,如接触不良或线路损坏,这些问题可能引起电机控制器与外部系统的通信中断,影响控制器的正常功能。例如,低压无法上电故障可能与组合仪表线路、车门锁后备箱锁控制单元供电、车载网络通讯线路等相关。其次,软件问题也不容忽视。电机控制器依赖复杂的软件算法来实现精确控制,软件缺陷或配置错误可能导致控制系统失效。这类问题通常需要通过更新固件或重新配置软件来解决。温度管理对电机控制器至关重要。电机控制器在高温环境下工作可能导致内部元件损坏,如控制器散热不良、环境温度过高或散热系统堵塞,都可能引起故障。因此,冷却系统的维护和优化是保证电机控制器正常工作的关键。此外,电压或电流异常也是常见故障原因之一。供电不稳定、电路短路或负载过大等问题可能导致电压或电流异常,进而影响电机控制器的正常工作。这类问题需要通过检查电源系统和相关电路来解决。硬件损坏,如电路板损坏、连接器腐蚀、功率器件故障等,也是导致故障的常见原因。这类故障通常需要更换损坏的硬件部件。过热保护机制的故障也不容忽视。如果冷却系统不足、散热器堵塞或风扇故障,可能导致电机控制器过热,触发保护机制,从而引发故障。因此,确保冷却系统的正常运作对于维护电机控制器的性能至关重要。最后,传感器故障也可能导致电机控制器出现问题。电机控制器依赖于各种传感器来监测和控制电机的运行状态。位置传感器、温度传感器、速度传感器等传感器的故障也可能导致电机控制器无法正常工作。

通过对比比亚迪秦EV驱动电机控制器的故障原因和机理进行深入分析,我们可以更有效地诊断和修复故障,确保新能源汽车的可靠性和安全性。

## 4 故障诊断方法和技术

### 4.1 传统诊断方法

传统诊断方法通常依靠技术人员的经验和直觉,结合一系列的检测工具和仪器进行故障分析。这些方法可能包括直观检查、听觉诊断、触摸感知温度变化、嗅闻异常气味等感官手段,以及使用万用表检测电压和电流、示波器分析信号波形等技术手段。例如,在汽车领域,传统方法可能涉及使用解码器读取故障码,或通过倾听用户反馈进行外观检查和逐步排查。这些方法虽然依赖人工操作,但在某些情况下仍能有效地诊断和解决问题。

### 4.2 现代诊断技术

现代诊断技术则大量依赖于先进的电子和信息技术,

如车载诊断系统(OBD)、传感器网络、大数据分析和人工智能算法。这些技术可以实现对车辆状态的实时监控,通过分析收集到的数据来预测和诊断潜在的故障。例如,基于深度迁移学习的故障诊断方法能够通过机器学习算法,快速准确地识别故障模式,提高诊断的效率和准确性。此外,智慧变电站利用物联网、大数据、人工智能等技术,实现对设备的实时监控、故障诊断与预测,具有实时性、准确性、自动化和综合性等特点。

### 4.3 故障诊断流程和策略

故障诊断流程和策略是指系统化的步骤和方法,用于识别、定位和解决故障。这通常从初步的症状识别开始,通过一系列的检测、分析和测试,逐步缩小故障范围,直至找到根本原因。策略可能包括故障树分析、故障模式和影响分析(FMEA)、原因分析等。在实施诊断时,技术人员会根据故障现象和系统知识,选择合适的诊断方法和工具,制定出合理的诊断计划。例如,在电力系统中,短路分析与故障诊断方法研究包括对短路故障的定义、分类以及短路分析方法的探讨,这些方法对于保证电力系统安全稳定运行至关重要。故障诊断策略的选择往往取决于故障的复杂性、系统的安全性要求以及可用资源。

## 5 结语

通过对比比亚迪秦EV驱动电机控制器的系统组成、工作原理及其与整车其他系统的交互关系的详细分析,本文总结了驱动电机控制器的常见故障类型及其原因,并结合实际案例进行了深入剖析。传统和现代的故障诊断方法各有优劣,结合具体实例展示的故障诊断过程,为新能源汽车驱动电机控制器的故障诊断提供了有力的理论和实践支持。未来,随着技术的不断进步,驱动电机控制器的故障诊断方法将更加智能化和高效化,进一步提升新能源汽车的可靠性和用户体验。

### [参考文献]

- [1]周承宇,王勇,杨盛来.新能源汽车电控系统故障诊断技术综述[J].汽车工业研究,2019,41(7):870-874.
- [2]赵枫,秦飞,马黎明.新能源汽车电控系统故障维修技术研究[J].机械管理开发,2020,33(6):21-24.
- [3]林华.新能源汽车电控系统故障维修策略分析[J].省能源,2020,44(9):125-127.
- [4]姚明泉,陈壮,徐利升.新能源汽车电控系统组成及故障管理技术[J].农机使用与维修,2023(9):118-120.
- [5]李宏伟.新能源汽车技术原理与维修(10)——纯电动汽车驱动电机系统(下)[J].汽车与驾驶维修(维修版),2017,23(1):34-37.

作者简介:赵立龙(1979.12—),毕业学校:天津工程技术师范大学,所学专业:汽车维修工程教育,当前工作单位:佛山市顺德区均安职业技术学校,职务:教师,职称级别:汽车运用与维修讲师。