

# 汽车起动机控制电路保护设计的研究

王凯英

湖州龙浩汽车零部件有限公司 浙江湖州 313000

**摘要:**随着我国汽车行业的不断发展,以及针对新时代发展背景下,各类《关于2022年新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》不断深化落实,为现阶段人们生产生活方式的转变,拓宽了新的形式和途径范畴。其中汽车起动机是发动机起动的核心部件,其工作状态及工作稳定性对整车的安全稳定具有重要意义。但是,常规电机驱动回路存在着过热、短路、过热等问题,严重影响汽车的正常运行和行车安全。为了保证启动电机的运行安全,必须建立一种可靠的启动控制回路,以保证启动电机在运行过程中的供电与自身安全。本文就通过对汽车起动机的防护结构进行合理的改进,并给出相关的应用措施,希望以此可以给广大相关工作者,以建议或启发。

**关键词:**汽车;起动机控制电路;保护设计;优化应用

## 引言

针对目前由于机动车数目日益增多,其电力系统也变得越来越复杂,汽车起动机在实际应用过程中,启动器的控制回路会遇到电流过载、线路短路和部件老化等多种常见的故障问题,该类问题的出现一方面会造成汽车启动失效,另一方面也会引起诸如线路火灾、蓄电池损伤等更加严重的安全风险。如何对其进行有效的优化应用,施加保护预防措施,是目前国内外汽车制造所研究的热点话题。其中根据对汽车起动机控制电路,进行过流与过热保护的应用设计,应用故障自诊断系统的保护设计更可以提高车辆的整体性能。

## 一、汽车起动机控制电路的应用原理

### 1. 起动机的结构与应用

起动机作为发动机的核心部件由电动机部分、控制电路部分和齿轮驱动部分组成。电机部件一般为直流电机,其工作原理是根据电磁场的作用规律进行的。启动后,蓄电池的电流经控制回路进入起动机马达,形成较强的磁场,带动马达旋转。这时,马达的速度和输出转矩达到一个特别的设计参数,以便为发动机曲柄轴旋转到需要的旋转速度。而对于控制回路来说,主要由继电器、限位开关及控制模组组成,对起动机的启动、运转及停止进行有效监控。而限位开关是用来检测起动机传动装置的工作状况,防止传动装置在启动时出现超载或破坏的情况。一般为了保证电机在较大的负载下仍能正常工作,避免发生意外事故,应充分考虑过温、过流等安全问题。比如齿轮驱动部件,是将电机的旋转转换成

发动机的曲柄轴旋转,为了使起动机在低速状态下输出大转矩,通常使用一种齿轮减速装置,以消除发动机初期的静态摩擦,容易启动。

针对目前,市面上大部分的起动机,都是使用行星或者棘齿的传动装置,这样可以在马达停转之后从引擎中分离出来,从而可以有效地阻止起动机在引擎开始后一直工作,减少对发动机造成的不必要的损耗。由此通过电机、电子控制系统和齿轮驱动系统之间的密切协作,保证发动机在不同条件下的平稳启动,促进车辆在现代化运输领域的广泛应用。

### 2. 起动机控制电路的一般应用流程

车用起动机的工作机理是将电能转换成机械能,其关键是起动机的结构及其与电动机之间的交互作用。在启动时,比如拧动点火开关或者按下起动键时,电子电气控制装置会发出一个起动讯号,该讯号经由线路传送到起动器的控制模组,使起动器通电。一般起动机的马达组件是直流马达,可以从电池中获得电流。电机绕组在电流的激励下,会在电机的线圈中生成一个磁场,并与电机的转子共同构成一个转动的磁场,从而带动电机的转动。在这种情况下,起动机的传动装置与发动机的飞轮配合,利用电机的高速、大转矩驱动发动机的曲柄轴转动到需要的速度,其中起动机的传动装置起到了关键作用<sup>[1]</sup>。

当发动机启动后,发动机的吸气、压缩和点火过程相继完成,达到了“自持续”的目的,这时起动机的负载急剧下降,而电流也随之降低。如果发动机正常运行,则将发动机的点火开关恢复至未启动的位置,则由启动

机的控制线路感知，断开供电，使电动机不再工作，从而避免了起动机长期运行造成的过度发热和损耗。若在启动期间发生诸如发动机不能顺利启动等不正常现象，则起动机一直试图再启动，直到到达设置的时域值或者被切断为止，这样就保证了起动机有效性和安全性。在实际使用过程中，为了使汽车能够在多种工况下稳定地启动，需要综合考虑起动机功率、转矩输出及耐用性等因素。所以，起动机不但是发动机的主要驱动装置，而且也是整车电力系统必不可少的动力源。

## 二、汽车起动机控制电路常见的故障分析

### 1. 故障类型——短路、开路、过载

在车用起动机驱动回路中，存在着短路、开路和过载等常见故障，其中由于电缆绝缘层老化、磨损或接头处的接触不良等原因，会造成大量的电流，进而使电器部件受损、发热，造成起动机和控制回路的烧坏。此外如果出现过放电现象，也会影响到蓄电池的使用寿命。而开路故障多是指因线路中某些元器件（如继电器、保险丝或电缆）发生断路，从而使起动机得不到启动信号，这种类型的故障诊断比较容易，一般只需检测线路的连接性及元器件的运行状况<sup>[2]</sup>。

除此之外，电机过载问题是由起动机长期处于过载运行或发动机自身出现的机械问题（例如：卡阻、内摩擦等），从而引起电机发热甚至烧毁，甚至导致其控制回路不能正常运行。因此为解决以上问题，需要对起动机控制回路，进行周期性检查与维修，选用优质线缆及接头，减少其短路及断路等故障，并对其工作温度及电流进行监控，保证其在安全区域工作，从而达到延长起动机使用寿命的目的，提升整车的可靠性<sup>[3]</sup>。

### 2. 起动机控制电路故障，对汽车性能造成的影响

起动机控制回路是车辆电子系统的核心部件，把从电池中获取的能量转换为动力，从而实现发动机的启动。如继电器失灵、接线松动或短路、接触磨损、保险丝熔断等，都会影响起动机正常工作。以启动失效最为突出，在汽车发动过程中，如果起动机得不到充足的电流，或线路上的信息不能正常传递，就会造成发动机不能正常工作，从而对汽车的正常运行造成负面影响。再者说，长期不正常运行会引起启动电流过大，引起电机温升高、绝缘老化，进而损坏起动机自身和其他电器部件，增大维护费用。但是汽车损伤的危险并不仅仅局限于起动机本身，还会影响到整个发动机，特别是当多次试图启动不成功时，发动机会因为超负荷运转而发生故障，进而造成发动机的损伤。此外，一些电子设备的失效还

会引起短路，从而造成电池发热、爆炸等极端事故。所以，对电机驱动回路进行定期检测，以检测和排除可能出现的隐患，是保证车辆正常行驶和行驶安全性的关键。

## 三、汽车起动机控制电路保护设计与实践应用

### 1. 过流与过热保护的应用设计

对汽车起动机电流驱动回路进行过流和过热防护，保证了机的正常工作是可行的。对于过流防护来说，首先要做的就是设计出一套完整的电流探测电路，通过使用霍尔或者并联电阻来实现电机的电流测量，从而实现高精度（±1%）的启动电流测量。在设置的阈值区域，比如100 A的常规操作电流和150 A的设置阈值，该实时监控的数据经由该数据获取模块，传送至该控制部，当电流超出规定的临界值时，由控制电路来驱动熔丝或者是自愈熔丝进行断电，在这一进程中，可以使用智能保护来达到迅速的反应（反应速度低于10 ms），从而可以避免因线路超载而造成的损伤。与此同时，为了保证在发生短路或过负荷时，能够迅速切断电源，保险丝的选择要充分考虑到其额定电流和保险丝的特点。为实现电机的过热防护，需要采用NTC或红外等多种温度传感器，实现在-40摄氏度到+150摄氏度之间的低温环境下，对起动机和接线进行在线检测。当在温度超出设置的临界值时（通常为85摄氏度）时，该装置就会工作，同时还能用蜂鸣器或发光二极管进行报警，参考下表1。

表1 报警参数设计阈限界定

测量时间	环境温度 (°C)	NTC输出阻值 (Ω)	监测温度 (°C)	是否报警
08: 00	-40	-40	-40	否
08: 30	-20	-20	-20	否
09: 00	0	10k	0	否
11: 00	90	1k	90	是
12: 00	120	600	120	是

除此之外，还可以采用脉宽调制（PWM），通过调整电源电压来减小电流，有效地延迟过热情况的出现。通过对以上关键问题的研究，提出一套有效的车载起动机防护策略，保证车载起动机在不同工作状态下的安全性和稳定性，从而提高整车的性能更具实践应用作用。

### 2. 短路保护与反接保护的设计

为避免启动电机及连接线路发生过热、起火等危险，可以设计在瞬时短路电流，提升到设定的临界值（一般为200% ~ 300%），即实现快速断电的功能。比如，选择带有过电压、短路等安全保护的电子熔断器，其反应速度可以达到微秒级，大大减少了汽车起动机控制电路

的故障发生。与此同时利用短路探测技术，与运算放大器、比较仪相配合，实现对瞬间短路故障的及时报警，提高系统的安全可靠性<sup>[4]</sup>。

而汽车起动机控制电路的反接防护，其本身是由于蓄电池极性不匹配，而导致电机启动控制回路中，经常出现的故障。针对这一问题，可以采用二极管倒接的防护方法，该方法通过反相导通，来保证启动回路中仅有正常极性的电流进入。在使用者不小心将蓄电池接上时，该二极管会将其阻绝，避免损坏线路。此外采用肖特基二极管降低正向压降，可以在降低器件功率消耗的前提下，提升器件的性能。也可以使用专门的反接保护模块，其本身具有较高的综合性能，这种类型的组件一般都有多重防护措施，可以在汽车起动机控制电路发生故障时，断开电源，并以LED显示灯来提示使用者，从而大大提高了使用者的使用效率和汽车起动机控制电路系统的安全<sup>[5]</sup>。

### 3.故障自诊断系统的保护设计

故障自诊断技术是利用高精度传感器、单片机以及通信接口等技术，可以对汽车起动机和控制回路进行实时监控和分析。通过对电流、电压和温度等关键参数的采集，采用数字化的方法对其进行检测。例如，设定一个电流门限，在探测到启动电流超过常规的范围（一般是200~300 A）时，就会立刻发出一个失效警告，并且将失效代码记录下来。与此同时，结合基于神经网络的智能分析方法，当车辆出现故障时，自动检测装置会将车辆出现的异常情况告诉司机，提醒司机进行维修或替换。为保证汽车起动机控制电路各模块之间的有效通信，这套系统也会应用CAN总线技术，通过对汽车的历史故障信息及工况信息进行保存，使司机及维护人员对汽车的整体状况有一个较为完整的认识，从而对其进行故障分析和维护，参考如下表2。

表2 CAN总线技术参数

数据参数	描述	数据类型	示例值
故障代码	故障类型的唯一识别码	字符串	P0123
故障持续时间	-	-	15分钟
工况信息	故障发生时的工况	JSON字符串	{"速度": 0, "转速": 800}
故障优先级	故障的严重程度	整数(1-5)	3
故障复现概率	故障复现的可能性	浮点数 (0.0-1.0)	0.75

目前来说，为保证司机实时获取正确的故障状态，降低由于线路不正常而引起的停车事故的危险，可以应用基于自动驾驶技术的自动检测方法。有些高档的汽车还带有遥控诊断系统，可以让维修中心利用无线通讯技术，对汽车状况进行即时监测，并对其进行遥控的故障分析和维修意见，这不但提高了汽车起动机控制电路系统的失效管理效率，而且大大减少了维护费用<sup>[6]</sup>。

#### 结束语

综上所述，起动机作为发动机的核心部件由电动机部分、控制电路部分和齿轮驱动部分组成。汽车起动机控制电路常见的故障有短路、开路、过载，长期不正常运行会引起启动电流过大，引起电机温升升高、绝缘老化，进而损坏起动机自身和其他电器部件，增大维护费用。那么可以对汽车起动机控制电路进行过流与过热保护的应用设计，采用肖特基二极管降低正向压降，可以在降低器件功率消耗的前提下，提升器件的性能。而应

用故障自诊断系统的保护设计使司机及维护人员对汽车的整体状况有一个较为完整的认识，从而对其进行故障分析和维护，均具备可行性。

#### 参考文献

- [1] 苏梁德.汽车起动机控制电路保护设计的研究[J].时代汽车, 2023, (5): 121-123.
- [2] 梁光松, 冯培家.发动机起动系统的故障检修分析[J].造纸装备及材料, 2022, 51(8): 51-53.
- [3] 苏丹枫, 徐雯霞.汽车起动机线圈骨架烧蚀原因分析[J].内燃机与配件, 2022, (11): 61-64.
- [4] 张玉山.分析汽车起动机运转无力故障诊断与排除对策[J].新型工业化, 2021, 11(11): 231-232+235.
- [5] 石友志.汽车起动机控制原理简化分析[J].内燃机与配件, 2021, (1): 43-44.
- [6] 罗中庚.汽车起动机控制电路分类及故障检修[J].时代汽车, 2020, (8): 136-137.