

一种基于感应式金属探测原理的 动车组到位检测电路设计

孙 宁

(中车青岛四方机车车辆股份有限公司, 山东 青岛 266111)

摘 要: 为了解决城际动车组头罩车钩等机构上机械式行程开关易出现误动作的问题, 设计一种新型的电磁感应式传感器及检测电路, 采用电磁感应原理、非接触式信号采集与隔离技术, 无需机械接触或施加任何压力, 即可检测动作机构是否到位, 有效解决了城际动车组头罩车钩控制指令与到位状态不一致的故障。在城际动车组上实际应用表明, 该检测电路检测准确可靠、抗干扰能力强。

关键词: 电磁感应; 到位检测电路; 行程开关; 城际动车组; CRH6

中图分类号: U266.2; U260.5⁺4

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2017.06.020

A Position Detection Circuit Design Based on Inductive Metal Determining Principle for EMUs

SUN Ning

(CRRC Qingdao Sifang Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266111, China)

Abstract: In order to solve the mal-operation problem of the mechanical switches on the intercity EMUs head cover and coupler, a new type of inductive sensor and detection circuit was designed based on electromagnetic induction principle, non-contact signal acquisition and isolation technology, which could check whether the actuating unit was in place without mechanical contact or pressure. The inconsistent problem between the instruction and the state of the position was solved effectively. The detection circuit has been applied in the intercity EMUs, which has the advantages of accurate detection and strong anti-interference ability.

Keywords: electromagnetic induction; position detection circuit; travel switch; intercity EMUs; CRH6

0 前言

CRH6 型城际动车组上有许多基于到位检测的逻辑控制电路, 如: 检测车门开关到位、头罩开关到位、车钩伸出或缩回到位等。此类电路一般由 PLC 控制, 首先通过 I/O 采集电路检测动作机构是否到位, 然后再进行下一步的动作, 此类电路与列车运营秩序以及旅客人身安全息息相关, 因此要求到位信号的检测必须可靠、准确。如果检测到到位信号的设备出现故障或误报,

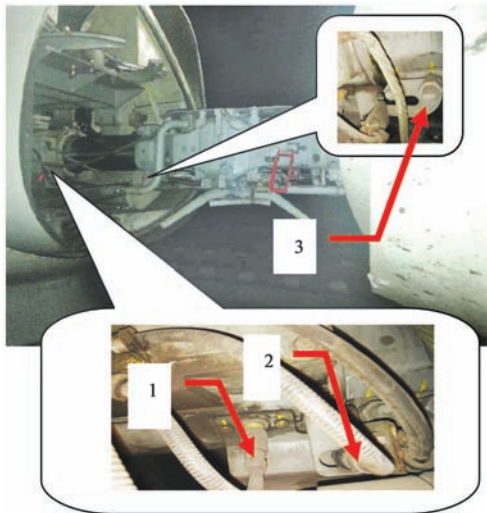
则可能造成难以预料的后果。

1 到位检测电路的现状及应用问题

目前常用的检测设备为机械式行程开关, 动作部件到位后挤碰行程开关触点, 使该开关接入电路的触点闭合或断开, 从而将到位信号以开关量的形式输入控制器。由于此类行程开关是机械接触式, 往往会因为频繁动作而影响寿命, 甚至发生机械触点卡滞或变形等严重影响可靠性的故障。另外, 部分到位检测电路处于非封闭的环境下, 不可避免会受到风沙雨雪等

恶劣环境因素影响,一旦行程开关因进水短路,就会对其他回路造成不良影响,导致故障范围扩大。

CRH6 型城际动车组采用伸缩式车钩,正常运营时则车钩缩回、头罩关闭,当列车需要联挂救援时头罩打开、车钩伸出;车钩伸缩与头罩开闭的指令通过 PLC 设置互锁逻辑,确保各机构的动作顺序准确可靠。车钩结构示意图如图 1 所示。



1—伸出到位传感器; 2—缩回到位传感器; 3—缩回到位检测翅片

图 1 伸缩式车钩结构示意图

车钩安装采用悬臂结构并且直接暴露在外部环境中,采用传统的机械接触式行程开关,一是列车的振动及钩身的晃动容易引发触点误动作,二是风沙雨雪等恶劣环境因素会大大降低机械部件的寿命及其可靠性。这些不确定性因素不仅带来了安全隐患,而且大大增加了检修维护工作量。

CRH6 型城际动车组车钩伸出到位或缩回到位采用机械式行程开关,首列样车调试伸缩式车钩时就出现控制指令与到位信息不一致的故障。

2 车钩伸缩到位检测的优化方案

为解决机械式行程开关带来的问题,本文改用电磁感应式传感器检测 CRH6 型城际动车组伸缩车钩的动作状态(如图 1 所示中的 1、2):当车钩伸出时,2 个传感器探头前方均无金属(如图 1 所示车钩伸缩腔体中的 3),电路关断;反之当车钩缩回时,车钩上被检测部位的金属均处于传感器探头的感应范围内,电路导通,两路信号互为冗余、相互验证。本文还设计了 1 种与动车组 PLC 控制系统相匹配的转换电路,将传感器检测到的模拟量信号转换为开关量信号。二者结合后不仅避免了机械接触式行程开关的种种弊端,具备良好的防水、防振等性能,而且还消除了环境因素对传感器性能的影响,确保到位检测信号的可靠性及准确性,为列车安全可靠运营提供了有力保障^[1]。

3 传感器选型

TURCK(图尔克)是全球著名的自动化品牌,旗

下囊括近 15 000 种丰富多样的传感器产品、工业现场总线产品、过程自动化产品和各类接口及接插件产品。图尔克公司在国际工业自动化控制技术领域内,特别是传感器制造方面赢得了极高的声誉。图尔克公司产品不仅达到德国国家标准(DIN),而且还符合欧洲标准(EN)及国际电工委员会标准(IEC)。

本设计选用图尔克公司 BI5-S18-AZ3X/S97 型双电源传感器来检测动作机构是否到位。此传感器内部包含 LC 振荡电路,采用电磁感应原理,不需要机械接触和施加任何压力即可使开关动作,从而驱动直流电源或给计算机(PLC)装置提供控制指令。它既有行程开关、微动开关的特性,又有传感器特性,具有动作可靠、性能稳定、响应速度快、使用寿命长、抗干扰能力强等特点,并且能够防水、防振、耐腐蚀,适应多种应用环境。

当传感器感应探头检测到金属时,传感器相当于通路,两端为恒压输出(两端压降不大于 6 V),当金属离开探头区域时,传感器相当于断路,两端为恒流输出(漏电流不大于 1.7 mA)。利用这一特性可以检测动作机构是否到位^[2]。

4 信号采集电路设计方案

根据传感器的特性,在未感应时传感器在电路中为一个恒流源,在感应时传感器在电路中为一个恒压源。此类电磁感应式传感器从恒流状态到恒压状态的转换过程中输出的是模拟量信号,轨道车辆逻辑控制器只能识别开关量信号,因此本文针对传感器特性搭建外围匹配电路,选用光电耦合器将传感器的模拟量信号转换为开关量信号,然后再输入到车辆信号采集回路中^[3]。

光电耦合器(简称光耦)是把发光器件(如发光二极管)和光敏器件(如光敏三极管)组装在一起,通过光线实现耦合构成电—光和光—电的转换器件。光电耦合器分为很多种类,图 2 所示为常用的三极管型光电耦合器原理图。

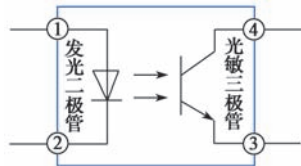


图 2 光电耦合器原理图

当电信号送入光电耦合器的输入端时,发光二极管通过电流而发光,光敏元件受到光照后产生电流,光敏三极管饱和导通,输出端为高电平;当输入端无信号,发光二极管不亮,光敏三极管截止,输出端为低电平。

将传感器与光耦输入端串联,再搭建与之匹配的电阻、二极管等元器件组成的外围电路,便可控制光电耦合器件中的发光二极管,具体如下:

①当传感器 1.7 mA 恒流输出时,回路中电流较小,经过外围电路的消耗,可保证实际输入到发光二极管的电压为零,此时光耦输出端为断路;

②当传感器 6 V 恒压输出时,通过调整外围电路各负载的压降,可保证实际输入到发光二极管的电压满足其工作要求,此时光耦输出端为通路。

通过上述 2 种状态的转换,车辆采集电路即可识别当前动作机构的行程是否到位。

5 检测电路设计示例

本文设计的检测电路是将电磁式传感器安装在车钩伸缩行程的起始端(如图 1 所示),探头通过检测车钩的金属部件来判断车钩是否伸缩到位。包含的器件主要有:BI5-S18-AZ3X/S97 型双电源传感器、光电耦合芯片、电阻、二极管、稳压二极管等。其中二极管 VD1 用于避免反向电流损坏光电耦合芯片,起到保护作用。电容 C1 对电路进行滤波,避免尖峰脉冲电压对电路的冲击,同时也起到一定的稳压作用。光电耦合芯片隔离了采集回路及处理回路,提高了电路的可靠性。稳压二极管 VZD1 可提升电路承受电压波动的能力,又起到一个开关的作用。其中:稳压二极管 VZD1 的稳定电压为 33 V,电阻 R1、R2、R3 均为 22 k Ω 。详细电路如图 3 所示。

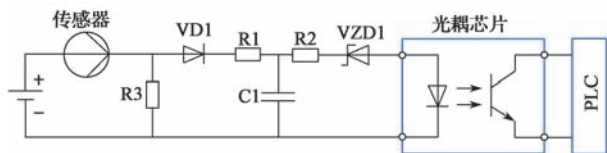


图3 车钩伸缩到位检测电路

在本示例中,电源电压自 40 V 递增至 130 V,电磁式传感器在车钩未伸出时测得的电流稳定在 1.48~1.50 mA 之间,在车钩伸出时测得的压降稳定在 4.30~4.59 V 之间,实测的传感器在不同模式下与 R3 的分压比例如图 4 所示。

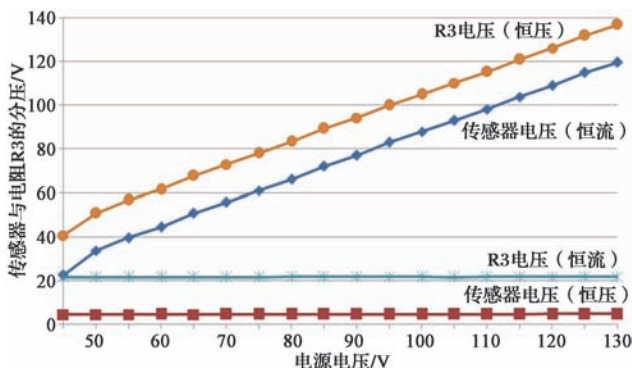


图4 传感器不同模式下与 R3 的分压比例

如图 3 电路所示,能否驱动光电耦合芯片的决定因素是稳压二极管 VZD1,如果电压经过 VZD1 后仍有余量,则光耦导通,反之则关断,而且 VZD1 两端的电压是由 R3、R1 和 R2 决定的。根据图 4 所示的实测结果,当车钩未伸出时,R3 两端电压稳定在 21.45~21.62 V 之间,流经发光二极管的漏电流仅有 0.5 mA,不足以驱动光电耦合芯片;当车钩伸出时,R3 两端电压均可达到 33 V 以上,流经发光二极管的

电流均不小于 1 mA,能够驱动光电耦合芯片工作。并且无论传感器工作在何种模式,电路中各器件的电气特性均呈现出良好的线性对应关系,能够实时响应、准确动作。

CRH6 型城际动车组应用实践证明:当电源电压在 40~130 V 范围内波动时,传感器检测回路均能根据车钩伸缩位置驱动光电耦合芯片在通、断 2 种状态下可靠转换,确保检测电路在外干扰时仍能准确、可靠工作。鉴于不同规格的光电耦合芯片及其上位机 PLC 端口所要求的驱动电流不同,可通过调节 R1、R2、R3、VZD1 的参数来保证发光二极管的可靠通断,从而适应不同检测装置对信号采集回路的要求。

本文设计的检测电路已成功申请实用新型专利^[4],并在城际动车组上批量应用,至今累计运行 60 万 km 以上,运行稳定可靠。

6 结语

随着区域经济的增长及社会一体化进程的加快,我国城际铁路的发展进入了黄金时期。为适应城际铁路运行速度快、站间距离短、运营密度大、上下客频繁的特点,城际动车组必须具备完善的智能化检测及控制功能,尤其是随着全自动驾驶技术的广泛应用,需要对列车所有系统的关键状态进行实时监控。本文提出了一种新的动作机构到位检测方法,采用感应式金属探测原理,突破了动作次数、机械寿命、环境温度等对接触式机械结构的诸多限制,具有设计新颖、性能稳定、抗干扰性强、免维护的特点,很好地适应了城际动车组的发展需求。

本文设计的检测电路能够实现城际动车组各关键系统机械结构的状态监测功能,可广泛代替机械式辅助触点。检测电路采用了非接触式信号采集及隔离技术,能够保证复杂电磁环境下的位置信号的准确采集,不仅大大提高了状态检测的可靠性以及使用寿命,而且能够适应恶劣运行环境。此电路能够为城际动车组的自动驾驶控制、应急故障处理及检修维护等运营需求提供准确、可靠的状态反馈,在提升运营效率、降低故障率方面均能产生良好的社会效益和经济效益。

参考文献:

- [1] 栗惠,黄就业.接近开关标准介绍[J].低压电器,2013(12): 57-59.
- [2] 王继民,马文平,付战武.接近开关在机电设备技术改造中的应用[J].高端装备制造,2013(4): 50-52.
- [3] 高跃武,赵庆志,韩绍民,等.行程开关和接近开关在数控系统中的匹配设计[J].机床与液压,2015,43(4): 141-143.
- [4] 陈争,侯小强,孙宁.轨道车辆到位检测系统的信号转换电路: 201320374346.9 [P]. 2014-01-01.

作者简介:孙 宁(1975-),女,硕士,高级工程师,主要研究方向为高速动车组辅助供电系统及电气控制系统。