

# 电力机车自动过分相状态检测系统的研究

管 浩 梅劲松

(南京航空航天大学 自动化学院 南京 210016)

**摘要:** 我国传统的对电力机车自动过分相装置进行人工检测的方法,存在效率低,检测不科学,数据量少,且受人为因素影响较大,无法进行科学、系统的分析的缺点。针对这一问题,研究一套自动过分相在线状态自动检测系统,具有重大的现实意义。通过模拟机车通过电分相区段的工作状态,检测轨道电流的变化过程,来判断自动过分相装置是否能够正常工作。文中详细阐述了检测系统的工作原理,介绍了系统的整体架构,分析了系统的功能与特点,以及实验结果。

**关键词:** 电力机车;自动过分相;在线检测;轨道电流

**中图分类号:** U226.5+1   **文献标识码:** B   **国家标准学科分类代码:** 510.4010

## Research on a state inspecting system for the auto-passing phase-splitter device of electrical locomotive

Guan Jie Mei Jinsong

(College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

**Abstract:** Our country traditional method for the auto-passing phase-splitter device of electrical locomotive is manual detection, this method exists some shortcomings of low efficiency, no scientific test, less amount of data, great influenced by artificial factors, unable to be scientific and systematic analysis. In order to solve this problem, studying a on-line state inspecting system for the auto-passing phase-splitter automatic device, is of great practical significance. By simulating the working state of locomotive passing the phase-splitter, detecting the changing process of orbital current, judge whether the auto-passing phase-splitter device can work normally. This paper expounds the working principle of the detection system in detail, introduces the overall architecture of the system, the functions, the features and the results of the system are analyzed.

**Keywords:** electrical locomotive; auto-passing phase-splitter device; on-line inspection; orbital current

### 1 引言

我国电气化铁道电网采用单相供电。为使电力系统U、V、W各相负荷尽可能平衡,实行U、V相轮流供电。为防止相间短路,各相间用空气或绝缘物分割,这称为电分相。在我国,接触网上每隔20~25 km就有一个电分相。电力机车在电分相段必须断电通行,依靠列车的惯性闯过无电区段,否则会带电进过分相,造成弓网事故<sup>[1]</sup>。

自20世纪90年代末期,我国开始在电力机车上采用车载自动过分相装置,电力机车通过分相区时会发出相应信号给机车,通过车载感应接收器和过分相控制装置自动完成电力机车断电过电分相,用以减轻司机劳动强度和减少牵引力损失,提高过分相区的安全性和可靠性<sup>[2]</sup>。

一方面电力机车会通过高压和大电流,且工作环境比较恶劣。另一方面车载自动过分相装置在经过一段时间运行后,可能会因为机车的振动而造成部件的松动及内部连线的松脱;也可能会因为运行途中灰尘的侵入和受潮导致内部电路的短路和烧毁;也可能由于机车本身的故障而导致装置内部的损坏;内部继电器元件的触头也可能因灰尘集结等而接触不良。因此自动过分相装置需要定期检测,防止以上各种安全隐患的发生。但传统的人工检测具有效率低,检测不科学,数据量少,难以控制质量,且受人为因素影响较大,无法进行科学、系统的分析的缺点<sup>[3]</sup>。

因此,本文设计了“电力机车自动过分相状态检测系统”这一研究,设计和实现一套自动过分相自动检测系统。在机车日常回库过程中,可以对自动过分相装置的工作状

态进行检测,以便于维修人员能够及时进行检修,将发生事故的可能性降低到最小,因而该研究具有重要的现实意义。

## 2 系统工作原理

对自动过分相装置实现在线非接触式检测<sup>[4-6]</sup>,需模拟机车通过电分相区段的实际工作状态。采用在机车入库线路安装地面磁性设备的方法,当机车通过时,自动过分相装置工作,自动过分相检测装置自动启动自动过分相磁感应智能机构,通过特制机构自动检测机车主回路断电,以判断自动过分相系统的工作情况,对日常检测的数据进行记录和综合分析,实现高效率检测过分相系统,防范自动过分相装置失效导致的带电闯分相、烧毁接触网的安全事故。

为实现在线非接触式的检测目标,该装置采用检测轨道电流变化过程的方法。

现阶段我国铁路供电的方式基本采用带回流线的直流供电方式。主接触网供电为 25 kV/50 Hz。如图 1 所示。

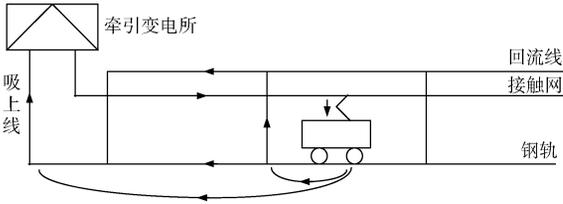


图 1 带回流线的直流供电方式

在牵引供电系统中,牵引电流从变电所流出,经馈电线、接触网供给机车,然后牵引电流沿钢轨、大地和回流线回到变电所。原流经轨道、大地的回流,一部分改由架空回流线流回牵引变电所,其方向与接触网中馈电电流方向相反,架空回流线与接触网距离较近,因此相当于对邻近通信线路增加了屏蔽效果,而且轨道电位都有所降低。因此为实现非接触的检测方法,通过检测机车通过时轨道电流的变化过程,来反映机车电流的变化过程,进而判断自动过分相装置的工作状态。

测量轨道电流的核心为:机车通过时,轨道上有一定的电流经过,在轨道周围会产生一个交变的磁场,利用电磁感应的原理,在轨边放置一个经过优化设计的磁感线圈,当交变磁场切割线圈时,会在线圈上产生感应电压,在线圈的匝数确定和安装方式固定情况下,这个电压和实际轨道电流成比值关系。如此一来便实现了电-磁-电的转换,实现了非接触式检测。

## 3 自动过分相检测系统结构组成

### 3.1 组成模块

检测系统采用集散式同步协调分块控制的设计思想,各模块实现各自的功能再进行联调,最终实现系统的检测功能。自动过分相检测装置由基于轨道安装的地面磁性设备、机车运动检测模块、过分相判别模块、摄像拍照模块、机

车车号识别模块、专家分析系统等部分构成<sup>[7-8]</sup>。系统结构如图 2 所示。

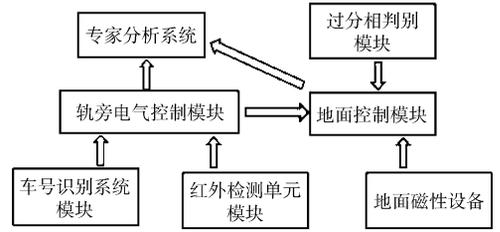


图 2 系统结构

#### 1) 地面磁性装备

当机车通过时,自动过分相装置接收到地面磁性装置发出的信号,控制电力机车断电通过检测区域,模拟机车自动过分相区段的工作状态。

#### 2) 车号识别模块<sup>[9]</sup>

由车载电子标签、地面识别天线、车号识别主机板三部分组成,自动识别机车车号信息,用于上位机软件上车型车号的显示。

#### 3) 红外检测模块<sup>[10]</sup>

主要由红外发送/接收管和红外主控制板组成。判断机车的离线、进线以及行进方向,用于上位机软件的开始和分析。

#### 4) 地面控制模块<sup>[11-13]</sup>

主要由主控制电路板组成,用于电流信号和接近开关脉冲信号的采集和处理,对机车运行过程判断和识别,实现数据的传输和通信。

检测装置中最主要的硬件设计部分为地面控制模块中的电流信号采集系统的设计与实现。信号采集系统主要由保护接口电路、信号调理电路、CPU 处理器、以太网通信电路、电平转换电路和 FRAM 存储器等组成,如图 3 所示。

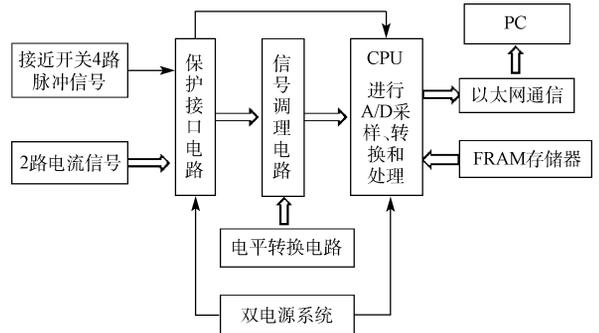


图 3 硬件设计系统框图

4 路脉冲信号通过高速光电耦合器直接进入 CPU;2 路电流信号通过光电耦合器,经运算放大器放大和滤波,进入 CPU 的 A/D 采样电路,A/D 采样电路通过程序控制 A/D 转换电路对电流信号进行实时采集。CPU 对脉冲信号和电流信号进行处理和合成后经 UART 转以太网通信

打包上传给上位机。

### 5) 过分相判别模块

主要由电流传感器组成,测量从铁轨返回变电所的电流,可反应出电力机车经过时轨道电流的相对变化过程。

## 3.2 工作过程

系统工作过程:当机车入库时,以 3~5 km/h 的速度通过自动过分相检测区域(由主断断开功能检测区和主断闭合功能检测区组成),红外检测模块探测机车的运动趋势(用于记轴和判向),当行进到主断断开功能测试区的磁性设备时,机车车载过分相装置感应到磁性设备发出的信号,首先自动断开主断,过分相判别模块记录检测的电流数据,并依据感应电流判断主断状态;当机车行进到主断闭合测试区的磁性装置时,机车感应到磁性设备发出的信号,主断会自动闭合,判别模块记录检测数据,并依据感应电流判断主断状态。机车通过后,专家分析系统对数据进行实时分析,自动生成过分相检测记录表,实现机车质量状态的状态检修。检测装置采用红外检测模块与车号识别模块相结合的模式,实现无人值守,支持远程维护。

## 4 软件设计模块

由在线监控模块、数据处理分析模块和用户界面显示模块三部分构成<sup>[14-16]</sup>。在线监控模块用于对整个自动过分相在线检测设备进行全自动化控制;数据处理分析模块对现场的数据进行接收、分析、处理和存储,生成并打印报告;用户界面提供科学、合理的人性化界面以供使用。整个软件模块还具有超限报警提示功能;通过对历史数据的跟踪分析,对检测状态做出综合评价功能,并且有系统自诊断和故障提示功能。用户界面里通过电流信号的 3 段变化过程显示出自动过分相装置是否良好,如图 4~6 所示。



图 4 用户登录界面设计

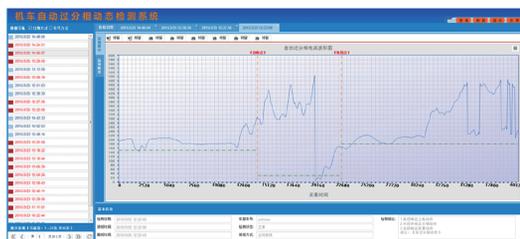


图 5 轨道电流的变化过程



图 6 轨道电流的变化过程

从图 5、图 6 可看出机车在通过模拟分相区时,电流值出现明显的变化,有明显的下降上升趋势。而图 5 与图 6 中电流的变化有所差异,是由于电机等外界因素引起的。

## 5 系统功能与特点

### 5.1 实现功能

自动检测电力机车经过过分相区的电流变化,来判断车载自动过分相装置的好坏。

全自动化控制,无须值守,完全取代人工。

非接触式在线检测方式,检测快速准确便捷。

具有远程监控和数据分析功能,提供 B/S 访问界面和信息化数据联网接口。

### 5.2 主要特点

技术先进:综合采用光机电技术,可填补此领域国内空白。

检测效率高:机车通过后,10 min 内出具所有车轮的检测结果,自动识别车号,并自动进行拍照。

管理和使用方便:系统实现远程网络化管理。

## 6 结 论

车载自动过分相检测系统的研究与实现能够保证电力机车自动过分相装置的功能正常可靠,保证机车能够安全可靠地通过分相点。该装置的研发及实际运用对确保电力机车自动过分相功能良好具有现场实际运用意义,解决了检测、检修作业人员车下作业时带来的安全风险。为保证铁路运输秩序,提高运输能力及安全运行提供了技术保障。在南京铁路分局南京东机务段的协助下,经过多次试验和数据积累,表明此项技术方案可适应各型装备有车载自动过分相装置的交流传动电力机车。从实际运行效果看,该装置可以有效防止机车带电过分相现象的发生,使用方便简单,安全可靠,性价比高,是生产调试和测试维护过程中不可缺少的检测设备。

### 参考文献

- [1] 温建民,王帮田,方志国.高速铁路地面自动过分相系统的研究与运用[J].铁道标准设计,2011(4):104-107.
- [2] 顾翼南,王毅,王宏.电力机车自动过分相过电压分

- 析[J]. 电气化铁道, 2009(3): 1-3.
- [3] 姚孝刚. 自动过分相系统设计与改进[J]. 机车电传动, 2009(4): 41-43.
- [4] 张鹏超. 基于车载监测装置的机车自动过分相装置的研制[J]. 中国铁道科学, 2009, 30(2): 141-144.
- [5] 张振华, 颜罡, 王位. HXD1B 型机车自动过分相故障分析[J]. 电力机车与城轨车辆, 2011, 34(4): 78-79.
- [6] 吴学明. 和谐机车车载自动过分相监测系统的研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2009.
- [7] 刘建秀, 谷明辉. 电力机车自动过分相系统信号处理器的系统设计[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2011, 26(1): 54-58.
- [8] 倪大勇, 于伟凯. 车辆自动过分相系统研究[J]. 沿海企业与科技, 2013(1): 45-48.
- [9] 郭晓冬, 李亚南, 汪忠平, 等. 便携式电力机车自动过分相辅助检测装置的应用研究[J]. 铁道机车与动车, 2015(3): 46-48.
- [10] 陈愚, 吴旭光, 苏冉, 等. 车辆监控系统的 GPRS 网络通讯技术与实现[J]. 电子测量技术, 2011, 30(9): 72-75.
- [11] 汪亚平. 我国自主研发的地面控制自动过分相技术创新[J]. 中国铁路, 2011(1): 76-79.
- [12] 陈俊, 徐志伟, 陈杰. 压电驱动器驱动电源设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(4): 48-53.
- [13] 宁涛, 李明. 电力机车自动过分相系统专用检测台的设计[J]. 机车电传动, 2009(3): 65-66.
- [14] 林锥, 王立德, 周洁琼, 等. 电力噪声作用下光伏电站监控系统可靠性研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(12): 1170-1175.
- [15] GlibertHeld 著, 戴置涛, 郑岩译. 以太网[M]. 5 版. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [16] 许西宁, 叶阳升, 江成, 等. 钢轨应力检测中超声导波模态选取方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(11): 2473-2482.

### 作者简介

**管洁**, 南京航空航天大学自动化学院在读硕士研究生, 主要研究方向为检测技术与自动化装置, 数字信号处理等。  
E-mail: 1203724195@qq.com

**梅劲松**, 南京航空航天大学自动化学院副教授, 主要研究方向为无人机飞行控制技术, 自动化控制与检测技术, 超声探伤检测技术, 数字信号处理等。

(上接第 137 页)

- [10] 陈小荣, 唐涛, 王晋杰. 基于 Visual Studio 的多通道相参接收机测试系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(12): 63-68.
- [11] 曾立武, 黄晓锋, 兰紫娟. 基于 VB6.0 串口通信的环境空气质量自动监测系统[J]. 现代电子技术, 2012, 35(20): 155-158.

### 作者简介

**魏井君**, 工学硕士, 工程师, 主要从事特种机电设备检验检测工作。

E-mail: weijingjun@163.com

**王继业**, 工学硕士, 工程师, 主要从事特种机电设备检验检测工作。