

直流转辙机智能故障测试仪的研究与设计

王福源, 何涛

(兰州交通大学 光电技术与智能控制教育部重点实验室, 兰州 730070)

摘要: 信号设备故障中道岔故障远多于其他设备故障, 是铁路信号设备故障多发点; 而转辙机是道岔控制电路的关键部分; 针对我国铁路系统道岔中直流电动转辙机设计了一套操作简单、携带方便的智能故障测试仪; 可以单独对转辙机的工作状态进行全方位智能测试, 使维护人员能清楚的知道转辙机的可靠状态, 增加铁路运营安全性, 也便于转辙机初期现场的安装测试和后期运营的常规检测。

关键词: 道岔控制模块; 故障诊断; 转辙机

Research and Design of Direct Current Switch Machine Intelligent Fault Diagnostic Device

Wang Fuyuan, He Tao

(Ministerial Key Laboratory of Opto-Technology and Intelligent Control, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The faults of turnout are far more than other equipment in railway signal system, and fault-prone points of railway signal equipment. And switch machine is the key of turnout control circuit. Aim to direct current switch machine of railway, a kind of intelligent fault diagnostic device is designed. The working state of switch machine for a full range of intelligent test, the maintenance personnel can clearly know switch machine is reliable and increase the safety of railway operation. The intelligent fault diagnostic device is easy to operate, carry. The intelligent fault diagnostic device is used for switch test of installation in initial stage and operation in late stage.

Keywords: switch control module; analysis error; point switch

0 引言

铁路道岔是铁路信号系统的重要组成部分, 对于铁路行车安全至关重要, 而转辙机作为电气集中站场的主要信号控制设备之一, 在全路得到广泛的应用。目前, 我国铁路系统使用最广泛的电动转辙机仍然是直流电动转辙机。

在现场, 转辙机运用一定时间后, 由于转动部分的磨损及电气元件的老化等一系列物理变化, 会引起器材的某些机械特性和电气特性变化, 引发器材故障, 造成转辙机损坏或者牵引力变小, 转动不到位等故障, 严重时甚至会危及行车安全。针对这种情况, 就目前车站实时使用的转辙机设计了一套智能测试仪, 可以让维护人员通过简单的操作单独的对转辙机进行全方位智能的测试。通过测试, 维护人员可清楚的知道转辙机是否处于正常状态。如果不正常, 可能出现的故障原因。此外该测试仪设计体积小, 携带方便, 操作简单易懂。

1 系统结构及原理

测试仪是针对四六线直流电动转辙机的执行单元, 可用于

控制道岔的转换和采集道岔的状态信息。智能测试仪需要能够模拟四六线制道岔执行组电路用于驱动各种型号直流四六线制转辙机, 实现对转辙机及室内外电缆配线的试验校核。此外, 由于要实现故障诊断的功能, 需要增加电流电压数据采集、分析等功能模块。硬件 MCU 采用具有 AD 采集功能的 AVR 单片机。软件的调试通过串口通信接口, 可方便的完成模块软件的编写与调试。其系统结构示意图如图 1 所示。

主要功能设计分析:

1) 实现对四/六线制直流转辙机的操纵。通过对转辙机和转辙机控制电路的分析, 需要用到继电器、整流元器件等模拟直流道岔控制电路, 还需设计四/六线转换电路, 使模块适用四线制和六线制的所有转辙机。

2) 对室外表示电路的检测功能。通过对道岔表示功能的分析, 要实现表示电路的检测功能, 需要在表示线路设置电流传感器, 使用微处理器中 AD 采集功能, 采集电流, 分析电流的大小与常态值比对, 以此获得表示状态信息。此外, 还需使用变压器将交流 220 V 变成 110 V 标准表示电压。用以驱动表示电路。

3) 对转辙机进行智能故障诊断功能。对转辙机进行故障诊断, 需要当转辙机发生故障时, 首先给出故障报警, 并给出可能的故障原因。该功能的设计主要通过采集的电流电压状态、数据, 经过计算之后, 根据结果与现场测试的常规参数进行比对, 得出转辙机故障状态和故障的原因。该功能的完成主要在于软件的设计和后期现场的调试。

4) 给测试终端上传动作电压值、动作电流值、功率值和

收稿日期: 2015-07-22 修回日期: 2015-09-17。

基金项目: 中国铁路总公司科技研究开发计划课题(2014X008-D); 甘肃省高校科研项目(2013A-050)。

作者简介: 王福源(1990-), 男, 兰州交通大学, 硕士研究生, 主要从事铁路交通信息工程与控制方向的研究。

何涛(1978-), 男, 兰州交通大学, 教授, 主要从事铁路交通信息工程与控制方向的研究。

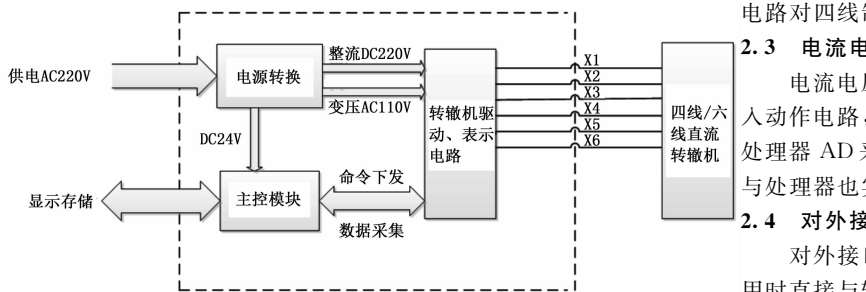


图 1 模块系统结构示意图

动作时间等数据信息。电压、电流采集电路采集到的数据经过微处理器分析、计算, 通过 RS485 串口通信上传到上位机。

2 模块硬件设计

硬件设计主要包括 MCU 控制电路、转辙机驱动电路、转辙机表示回路、电流检测电路、电压检测电路、对外接口电路、通信电路、电源电路等。其硬件电路结构示意图如图 2 所示。

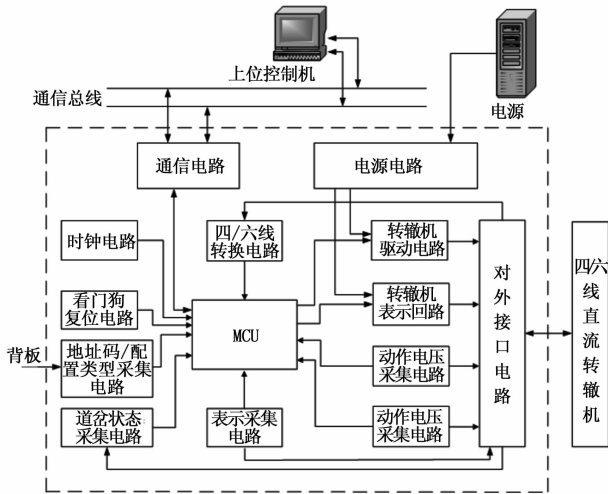


图 2 模块硬件结构示意图

2.1 MCU 控制电路

MCU 控制电路是以单片机为核心的单处理器控制电路, 单片机采用 AT90CAN128 芯片。AT90CAN128 是一种基于 AVR 增强型 RISC 结构的低功耗 CMOS 8 位单片机。通过执行以一个单时钟周期的高效指令, AT90CAN128 每 MHz 能达 1MIPS, 可让系统设计人员将功率损耗与处理速度优化。此外, MCU 控制电路通过 I/O 对电路的控制采用光电隔离器, 使控制电路与执行电路完全实现电气隔离, 增强电路的抗干扰能力, 保证模块的可靠性。

2.2 转辙机控制电路

转辙机控制电路包括转辙机驱动电路、转辙机表示回路、四线/六线转换电路。实际上是等效于现场的道岔控制电路。转辙机驱动电路对转辙机进行定位操作、反位操作等操作的模拟, 定位、反位的操作这要通过开关元件实现, 另将交流 220 V 转成直流电, 以此驱动转辙机。而表示电路则采集、显示转辙机的表示状态, 包括定位表示、反位表示、四开等。使用变压器将 220 V 交流电变为 110 V 标准表示电。而四/六线转换

电路对四线制转辙机和六线制转辙机都能适用。

2.3 电流电压检测电路

电流电压检测电路把电压互感器、电流互感器分别接入动作电路, 将互感器输出电信号通过运算放大电路送入处理器 AD 采集接口。在实现电压电流检测的同时, 模块与处理器也实现了电气隔离。

2.4 对外接口及 RS485 通信电路

对外接口主要设置了 X1~X6 共 6 条等效电路线, 使用时直接与转辙机接口相连。设置和一般道岔控制电路相同, X1 为定位表示线, X2 为反位表示线, X3 为表示共用线, X4 为操作共用线, X5、X6 分别为六线制定位操作, 反位操作专用线。连接转辙机时, 如果是四线制转辙机, 只用到 X1~X4 四根线, 5、6 线悬空。六线制转辙机, 将 X1~X6 全部对应相连。

为了实现对目标转辙机的状态数据进行实时分析和下发驱动控制命令, 测试仪设置了 RS485 通信电路。通过通信接口直接对模块下发操作命令, 此外, 将采集、整理后的电流、电压、功率、动作时间、故障状态等数据上传至上位机。上位机可根据上传的数据形成相应的变化曲线, 供测试员直观分析。

3 模块软件设计

软件设计需要完成道岔逻辑控制, 地址配置采集, 转辙机状态采集, 表示电流采集, 动作电流电压采集, 数据存储, 功率、有效值计算, 串口通信, 校验, 故障分析与处理等功能。所以, 测试仪的软件编写使用结构化程序设计方法, 将程序划分为几个功能块。主要有主控逻辑程序, 初始化子程序, AD 采集处理子程序, 通信中断子程序, 命令处理子程序几个模块。

主控逻辑程序完成程序流程逻辑、道岔控制逻辑。主要通过芯片 I/O 口输入输出确定各个电路工作状态。初始化子程序包括地址配置采集、程序初始化等。AD 采集处理子程序包括表示电流采集、动作电流电压采集, 功率、有效值计算等。其中将动作电流、电压、功率连续采集的数据存储(需要时上传至上位机), 以便上位机作出准确的状态曲线。AD 采集子程序还包括了一定的故障诊断功能, 在采集、处理了转辙机各项工作参数后, 与测试的正常值比对, 并根据错误数据的位置、范围值, 即可获得相应的故障信息并发出警报。然后将所得信息上传到上位机。例如表示电流不正常即可定为表示模块故障, 动作电流、电压不正常即为动作模块故障, 还包括混线、挤岔等等。

模块软件基本流程图如图 3 所示。

4 现场测试及分析

最后对测试仪功能进行了现场测试, 设计的可测试电流范围 0~5 A, 电压范围 0~300 V。测试转辙机型号: ZD6 型直流转辙机。

首先, 对模块进行基本功能测试。功能测试包括通信功能, 表示检测功能, 道岔驱动功能, 挤岔报警功能, 切断功能等。

按照通信协议, 利用串口调试工具对模块下发对应地址码和要状态数据有效指令, 模块返回转辙机实时状态数据(定位), 并且其余地址码模块均不响应。反复测试结果一致, 模块通信正常。手动将转辙机在定反位来回切换, 对模块下发要

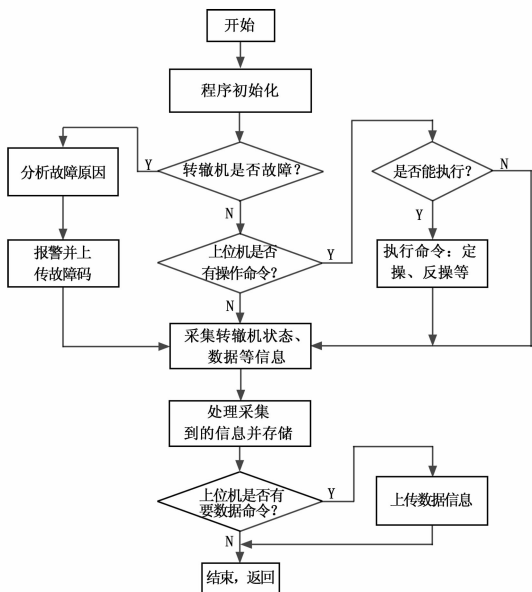


图 3 模块软件基本流程图

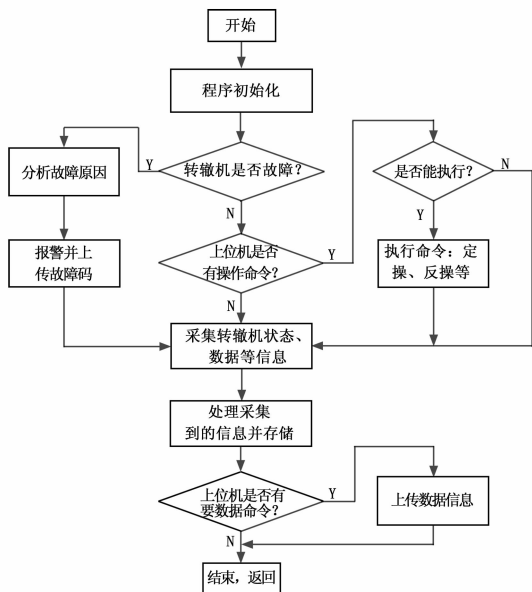


图 3 模块动作电流测试数据曲线图

状态数据指令，返回表示状态与转辙机一致，证明表示检测功能正常。对模块道岔驱动功能进行测试，转辙机处于定位状态，下发反操命令，反操继电器吸起，转辙机开始动作，待转辙机转动到位，动作电流消失，继电器落下，反位操作完成。同样，转辙机处于反位状态，下发定操命令，反复测试结果一致，道岔驱动功能正常。此外，对模块的异常状态进行了测试，如 30 秒挤岔报警、切断功能、转辙机表示故障、外部设备异常等测试。另模拟转辙机故障状态测试模块故障诊断功能，部分通信代码如表 1 所示。经反复测试，该模块各项功能均能达到预期效果。

表 1 故障通信代码表

错误代码	含义	错误代码	含义
01	X6 错误有电	09	X1、X6 错误有电
02	X5 错误有电	0a	X1、X5 错误有电
03	X5、X6 错误有电	0b	X1、X5、X6 错误有电
04	X2 错误有电	30	X1、X2 混线
05	X2、X6 错误有电	31	X1、X2 混线，X6 错误有电
06	X2、X5 错误有电	32	X1、X2 混线，X5 错误有电
07	X2、X5、X6 错误有电	33	X1、X2 混线，X5、X6 错误有电
08	X1 错误有电		

之后，对模块数据采集功能校准，利用单相交流电参数测试仪，实时测量动作中电流、电压、功率等值并记录。同时将模块测试到的数据通过通信接口传至计算机，接收并保存。将两组数据比对、处理、计算得到相应的电流、功率系数，多次测试得到有效的平均值 K_i ， K_p 。

最后，将转辙机正常动作时得到的数据经 MATLAB 仿真，作出动作电流、动作功率变化曲线，如图所示。其中，图 3 为动作电流变化曲线，图 4 为实时功率变化曲线。

从图中可以看出，首先，满足解锁转动条件，转辙机解锁，动作电流较大。紧接着完成解锁，转辙机带动设备动作，电流趋于平稳。之后，转动到位，启动电路断开，道岔锁闭，

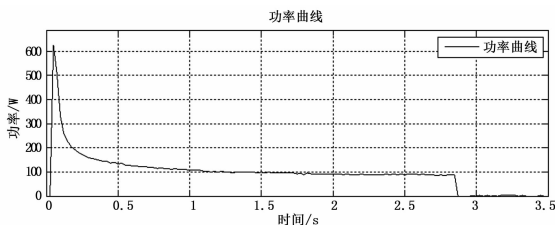


图 4 模块实时功率测试数据曲线图

电流变小。最后经过 1DQJ 缓放操作完成。由此看来，结果与预期的一致。可以此作为转辙机数据检测是否正常之参考。

5 结语

本文研制的直流转辙机智能测试仪，设备轻便，仅有普通工具箱大小。操作简单，设计结构合理，数据采集准确，现场测试安装简单。通过对测试数据结果的分析，证明了该智能测试仪的实用性和准确性，符合设计要求。完全满足铁路工作人员对转辙机现场测试的需要，适于推广。

参考文献:

- [1] 顾健. 几种常见道岔故障动作电流曲线分析及处理方法 [J]. 铁道运营技术, 2014, 1: 14-17.
- [2] 王铁军. 基于神经网络的道岔智能故障诊断方法的研究 [D]. 兰州: 兰州交通大学, 2011.
- [3] 翟永强. 贝叶斯网络在道岔控制电路故障诊断中的应用研究 [D]. 兰州: 兰州交通大学, 2012.
- [4] 何攸旻. 高速铁路道岔故障诊断方法研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2014.
- [5] 邓頔. 铁路道岔转辙机电动机在线监测集中器及上位机设计与实现 [D]. 成都: 西南交通大学, 2013.
- [6] 钱晓亮. 基于 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的 ARM 嵌入式转辙机测试仪的设计 [D]. 西安: 西北工业大学, 2007.
- [7] 赵德鑫. 浅谈直流转辙机牵引道岔的动作电流曲线分析技巧 [J]. 河南铁道, 2011 (6).
- [8] 岳春华. 铁路信号监测故障分析与诊断系统设计和实现 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2010.