

动车组接触器故障分析及改进

刘金榕, 杨文昭, 刘海涛, 王佳佳, 饶沛南

(株洲中车时代电气股份有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘 要: 通过对接触器故障进行分析, 从软件逻辑和硬件优化 2 个方面进行了可靠性提升, 在动车组领域首次对接触器的可靠性定级进行了初步探索, 并取得较好结果, 为接触器故障的解决提供了思路。

关键词: 动车组; 接触器; 可靠性; DCHK

中图分类号: U266.2; U269.6

文献标识码: B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2019.03.035

0 引言

动车组接触器是列车上关键的电气部件, 其作用为接通或断开电路回路, 应用于整车的配电柜、牵引变流器、辅助电源装置等设备中。2015 年以来, 动车组辅助电源装置频繁报出故障代码“DCHKDA”, 复位无法消除故障, 给动车组运营带来较大影响。DCHK 是主电路中快速放电接触器的电路代号, “DCHKDA”和“DCHKD”分别代表接触器的 2 类故障, 其中“DCHKDA”代码代表 DCHK 接触器无法闭合故障, “DCHKD”代码代表 DCHK 接触器无法断开故障。但是动车组返回后 DCHK 接触器常规检测正常, 无法定位具体故障原因。本文引入接触器应用的可靠性试验^[1-6], 从可靠性角度^[7-8]对故障品进行了测试调查, 找到了故障原因及改进方向。同时, 从软件逻辑优化及硬件开发改进 2 个方面实现了接触器的可靠性提升, 并对硬件优化后的接触器进行了可靠性定级试验, 以确保装车应用的可靠性。

1 动车接触器功能及故障介绍

DCHK 接触器为直流常闭型接触器, 应用于辅助电源装置支撑电容的直流快速放电回路上, 如图 1。辅助电源装置的额定中间直流电压为 DC 850 V, 固定放电电阻 R_2 为 5 000 Ω , 快速放电电阻 R_1 为 100 Ω 。

无网压输入时(过分相时), 辅助电源装置立即封锁门极脉冲, 1 s 后断开输入接触器, 中间直流环节首先通过固定放电电阻进行放电, 22 s 之后闭合 DCHK 接触器接通快速放电电阻进行快速放电。当再次接入输入网压且中间直流电压小于 50 V 时, 控制单元发出 DCHK 接触器断开指令, 断开快速放电回路, 进入辅助电源装置启动阶段。故障现象为过分相后辅助电源装置频繁报“DCHKDA”故障, 复位无效。

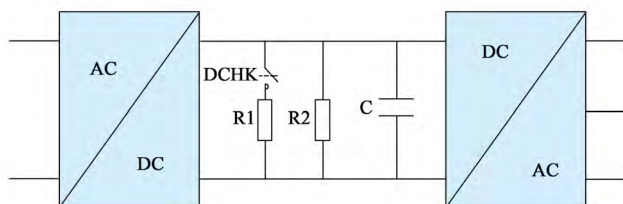


图 1 电路原理简图

2 故障原因分析

2.1 故障判断逻辑及数据分析

“DCHKDA”放电接触器无法闭合故障的检测逻辑为: 控制单元发出 DCHK 闭合指令, 1 s 之内未接收到辅助触头的闭合反馈信号则触发故障保护。辅助触头与主触头具有联动的关系, 辅助触头可反馈主触头的动作状态。分析“DCHKDA”故障存在 2 种故障情况: 一种为发出闭合指令后, DCHK 接触器主触头真的无法闭合; 另一种为发出闭合指令后, DCHK 接触器主触头已闭合, 但辅助常闭触头反馈异常(反馈未闭合)。根据时序逻辑, 过分相时(无网压), 辅助电源装置立即封锁整流、逆变脉冲, 中间直流环节通过固定放电电阻进行放电, 22 s 时才给出 DCHK 接触器闭合指令进行快速放电, 因此报出“DCHKDA”故障时刻应为无网压后的第 23 s。若故障为第一种类型, DCHK 接触器主触头真实未闭合, 则中间电压一直通过固定放电电阻 R_2 进行放电, 中间电压 U_c [计算公式见式(1)]应控制在 604.5 V。

$$U_c = U_0 e^{-t/(R_2 C)} \quad (1)$$

式中: U_c 为中间直流电压; U_0 为中间直流电压初始值, 取额定电压 850 V; C 为中间支撑电容, t 为放电时间。

查看某故障时刻记录数据如图 2, 此时输入电压为 0 V, 可知处于无电区 (过分相时); 中间直流电压为 DC 325 V (与第一种故障类型分析结果 604.5 V 不符); 辅助触头状态反馈信号为高电平 “H”, 说明故障情况为第二种, DCHK 接触器主触头已闭合 (进行了快速放电, 中间直流电压为 DC 325 V, 远小于 DC 604.5 V), 但辅助触头反馈状态 (DCHK ON) 异常, 应为低电平 “L”, 而实际却为高电平 “H”。

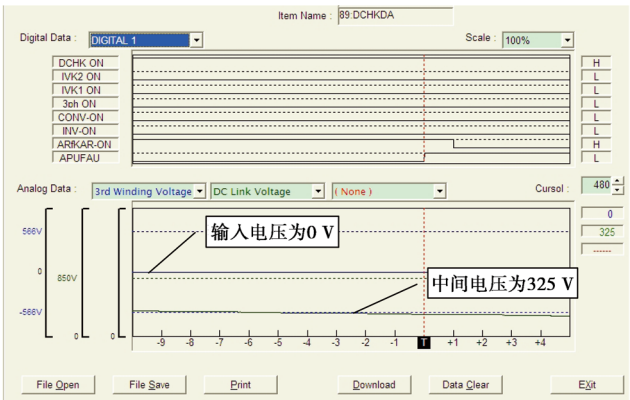


图 2 DCHKDA 故障记录

2.2 故障定位测试

根据上文分析, 重点检测 DCHK 接触器辅助触头是否存在异常。将现场返回的 4 台 DCHK 接触器故障品进行了辅助触头接触电阻测试, 测试结果见表 1。由于辅助触头接触电阻标准值要求小于 100 mΩ, 表 1 中数据只有 1 台的阻值略超出标准范围, 其余 3 台的阻值均在标准范围内。

表 1 辅助触头接触电阻测试

故障品	故障品 1#	故障品 2#	故障品 3#	故障品 4#
辅助触头 接触电阻 /mΩ	20.0	118	30.8	14.6

对 DCHK 接触器的辅助触头接触电阻进行测试未能找出共性问题, 无法定位故障原因, 而在实际应用中屡报故障。分析可能与辅助反馈触头的动作次数频繁, 且装车数量较多, 出现了偶发接不通的可靠性应用问题。这仅仅是推测分析, 需要进一步验证, 因此对上面 4 个故障接触器进行了可靠性试验, 考察在规定的动作次数下能否顺利完成动作。试验原理图如图 3, 采用可编程控制器 PLC 用于控制接触器的吸合分断动作, 并监测接触器状态反馈信号。接触器状态信号检测采用实际的信号检测板, 输入为辅助触头的反馈信号, 输出经过继电器 K1 转换为 PLC 可接受的数字电平反馈给 PLC 控制器。接触器线圈通以动作电压指令信号, 设置每个周期动作 32 000 次, 4 个周期共 128 000 次, 每次动作期间检测所有辅助触点的吸合 / 释放动作时间, 阈值定为 0.9 s, 当检测到动作时间超标则停止动作。试验结果见表 2。表 2 数据说明故障 DCHK 接触器的确存在动态下辅助触点接触不可靠问题, 辅助触头误反馈

(主触头已闭合, 但反馈未接通) 导致报出 “DCHKDA” 故障。

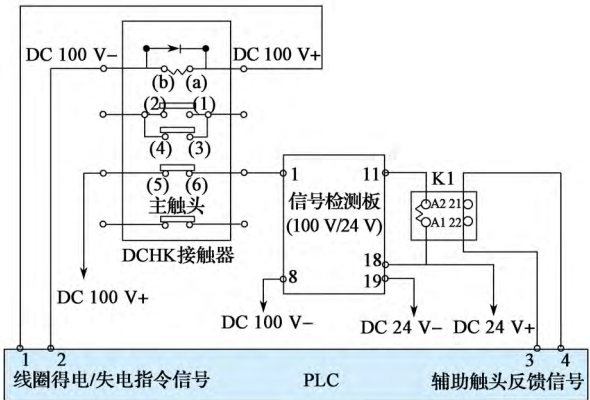


图 3 可靠性试验原理图

表 2 可靠性试验结果 (发生故障前的动作次数)

周期	故障品 1#	故障品 2#	故障品 3#	故障品 4#
1	23 658	17 110	13 547	3 232
2	9 410	6 830	1 612	753
3	2 972	4 499	535	623
4	543	4 420	203	299

3 可靠性提升方案

3.1 软件故障检测逻辑优化

本文 “DCHKDA” 故障原因为动态下辅助触头接通不可靠, 反馈了错误的信号给控制系统, 而非 DCHK 接触器主触头真实无法闭合。因此可从剔除辅助触头的反馈误检测问题, 提升接触器的使用可靠性。由于 DCHK 接触器主触头闭合 (快速电阻放电) 相比主触头不闭合时 (固定电阻放电), 中间电压会有明显差异, 因此可增加中间电压的判断条件。具体改进逻辑为, 当 DCHK 闭合指令和 DCHK 辅助触点反馈信号不一致及一定时间后当中间直流电压依然在 500 V 以上时, 才判断报出 DCHKDA 接触器故障 (主触头无法闭合)。该软件经过优化并在现场装车后, DCHK 接触器故障率下降 95% 以上。

3.2 硬件优化

在软件故障检测逻辑优化的同时, 对该型号接触器进行了对等开发, 外形接口兼容, 性能更优, 重点是改进了辅助触头。前期采用的辅助触头装置如图 4 所示, 静触头容易变形, 动触头与静触头的接触压力相对较小, 且辅助触头的保护罩为非封闭结构 (防护等级低), 触头容易受到氧化及



图 4 改进前的辅助触头

腔体内杂质污染。改进后的辅助触头装置如图 5 所示,采用现场运行良好的成熟组件产品,辅助触头处于密闭的保护外壳内具备高防护等级和自清洁功能及接触压力大、反馈准确的特点。

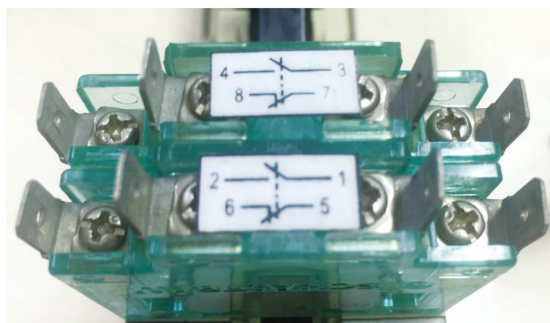


图 5 改进后的辅助触头

4 硬件优化可靠性验证

由于 DCHK 接触器为辅助电源装置的关键部件,若接触器出现故障,则会导致辅助电源装置停机保护,进而影响到动车组的负载供电。因此在装车之前对改进 DCHK 接触器进行可靠性验证具有非常重要的意义,可一定程度避免考核失效带来整车的质量风险。可靠性试验参考行业标准 TB/T 3219—2010《机车车辆继电器和接触器可靠性试验规则》进行,试验样品数量取 10 台接触器,其中线圈电压、主触头负载和辅助触头的负载按实际工作进行设置,给线圈通电/断电,监测接触器的动作状态及辅助触头反馈时间,判断和记录失效次数。试验结果为,10 台接触器各动作次数 23 万次,期间没有发生 1 次故障,可靠性与原型产品相比得到较大提升,级别达到了标准规定的 W 级要求,满足了产品装车可靠性要求。改进后的 DCHK 接触器目前已通过了 10 台接触器 30 万 km 无故障的考核,具备

了批量装车的条件。

5 结语

本文首先结合时序逻辑及故障数据分析,对接触器的故障原因进行了初步判断,然后根据可靠性试验定位了故障原因为动态下辅助触头接通不可靠反馈异常。针对该原因,从软件逻辑及硬件优化 2 个方面进行了可靠性提升,并引入了可靠性定级试验来评估新开发的接触器是否满足装车考核可靠性要求,取得较好的结果,可为接触器故障的解决及装车前风险评估提供参考。

参考文献:

- [1] 姚芳,彭宏,包启树. 交流接触器可靠性试验及失效分析[J]. 低压电器,2011(2): 58-61.
- [2] 李文雄,陆俭国,刘明生. 交流接触器的可靠性技术[J]. 低压电器,2005(8): 3-5.
- [3] 魏志远. 高速动车交流接触器可靠性评价及寿命模拟研究[D]. 长春: 吉林大学,2015: 1-3.
- [4] 薛宝莉,李瑞泉. 机车车辆继电器和接触器可靠性试验及其成本研究[J]. 铁道技术监督,2011,39(10): 2-4.
- [5] 刘幅巾,陆俭国,赵靖英才. 接触器式继电器的可靠性验证试验抽样方案的研究[J]. 中国电机工程学报,2007,27(21): 43-46.
- [6] 翟国富,郝燕玲,李全福,等. 铁路客车断路器和接触器性能及可靠性测试系统[J]. 低压电器,2002(4): 46-49.
- [7] 诸葛喧雨,郭其一,王梦超. 列车通信网络可靠性评价技术研究[J]. 机车电传动,2017(4): 9-14.
- [8] 忻力,荣智林,窦泽春,等. IGBT 在轨道交通牵引应用中的可靠性研究[J]. 机车电传动,2015(5): 1-5.

作者简介: 刘金榕(1986—),男,硕士,工程师,从事机车车辆变流器设计开发及技术支持工作。

广告索引

深圳市宝创科技有限公司(封 2- 前插 1)
三菱电机机电(上海)有限公司(前插 2)
广州金升阳科技有限公司(前插 3)
河谷(佛山)智能装备有限公司(前插 4)
北京赛为达科技有限公司(前插 5)
湖南中车时代电动汽车股份有限公司(前插 6-7)
咸阳亚华电子电器有限公司(前插 8)
西安顺通机电应用技术研究(前插 9)
株洲庆云电力机车配件工厂有限公司(前插 10-11)
株洲中车特种装备科技有限公司(前插 12-13)
南通江海电容器股份有限公司(前插 14)
汕头华兴冶金设备股份有限公司(前插 15)
宁夏银利电气股份有限公司(前插 16)
株洲中车时代电气股份有限公司(中插 1)

湖南中车时代通信信号有限公司(中插 2)
株洲中车时代电气股份有限公司半导体事业部(中插 3)
襄阳中车电机技术有限公司(中插 4-5)
舟山市庆丰铁路仪表有限公司(中插 6)
资阳中车电气科技有限公司(中插 7)
宝鸡中车时代工程机械有限公司(中插 8)
株洲时代新材料科技股份有限公司(后插 1)
思库机电工程技术(上海)有限公司(后插 2)
中车威墅堰机车车辆研究所有限公司(后插 3)
深圳通业科技股份有限公司(后插 4)
湖南省宁乡县中南散热器有限公司(后插 5)
江苏必得科技股份有限公司(后插 6)
株洲变流技术国家工程研究中心有限公司(后插 7)
深圳市百亨电子有限公司(后插 8)
温州市龙电绝缘材料有限公司(后插 9)
安徽省康利亚股份有限公司(后插 10)
登钛电子技术(上海)有限公司(封 3)
深圳市中电华星电子技术有限公司(封 4)