

长沙地铁 1 号线列车辅助变流器 过载故障分析及对策

杨 超, 尹 毅

(长沙市轨道交通运营有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘 要: 针对长沙地铁 1 号线试运营以来, 列车辅助变流器多次发生过载故障, 影响了列车正常运营的情况, 对引起辅助变流器过载的各种原因进行分析, 并进行模拟试验研究, 得出辅助变流器过载的真正原因, 最后提出了相对应的解决方案。

关键词: 长沙地铁 1 号线; 辅助变流器; 过载; 故障诊断; 解决方案

中图分类号: U231; U269.6

文献标识码: B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2019.04.030

Analysis and Measure of Overload Fault of Train Auxiliary Converter on Changsha Metro Line 1

YANG Chao, YIN Yi

(Changsha Rail Transit Operation Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000, China)

Abstract: Since the trial operation of Changsha metro line 1, the train auxiliary converter has been overloaded many times, which has affected the normal operation of the train. The causes of the overload of the train auxiliary converter were analyzed, and the simulation test was carried out. The real causes of the overload of the train auxiliary converter were obtained. Finally, the corresponding solutions were put forward.

Keywords: Changsha metro line 1; auxiliary converter; overload; fault diagnosis; solution

0 引言

辅助变流器是列车的关键电气部件, 它的作用是向列车空调系统、制动电阻风机、空压机以及其他的三相负载提供 380 V 交流电源。辅助变流器过载故障会直接影响空调机组、空压机、制动电阻风机等正常工作, 势必会严重影响列车的正常运营和安全性能^[1-3]。

1 辅助变流器过载故障现象与分析

1.1 辅助变流器过载故障现象

根据运营数据统计, 长沙地铁 1 号线开通运营初期列车辅助变流器多次发生过载故障。故障现象为辅

助逆变器图标显红并提示 200% 过载, 同时封锁辅助变流器。

1.2 辅助变流器过载故障诊断

通过对所有辅助变流器过载故障数据分析发现, 过载故障时刻, 辅助变流器散热风机转速均进行了切换, 绝大多数发生在辅助变流器散热风机低速接触器 (K12) 闭合的瞬间, 故障数据波形如图 1 所示。

根据故障数据进行故障诊断发现, 故障出现在风机由高速挡切换为低速挡过程中。辅助变流器控制器发出 K12 闭合指令, 24 ms 后接收到 200% 过载电流数值反馈 (V 相和 W 相过流), 随后 4 ms 收到 K12 闭合状态反馈指令。从发出 K12 闭合指令到收到闭合反

收稿日期: 2018-08-25; 修回日期: 2019-05-15

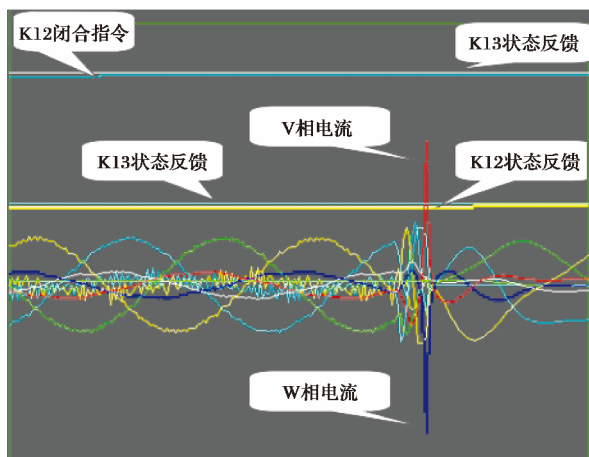


图1 辅助变流器过载故障数据波形

馈指令, 时间共 28 ms。在此过程中, K11 辅助变流器散热风机供电接触器的控制指令和反馈指令为高电平 (K11 闭合), K13 辅助变流器散热风机高速控制接触器的控制指令和反馈指令为低电平 (K13 断开)。同时, 故障保护时刻前输出电压有异常畸变现象, 保护发生时大电流的持续时间约为 200 μ s。

1.3 风机接触器控制电路分析

根据对辅助变流器故障数据分析, 过载故障均发生在辅助变流器散热风机控制接触器动作过程中, 因此需要从散热风机控制电路原理上进行分析。散热风机控制电路原理框图如图 2 所示。

辅助变流器散热风机控制逻辑如下:

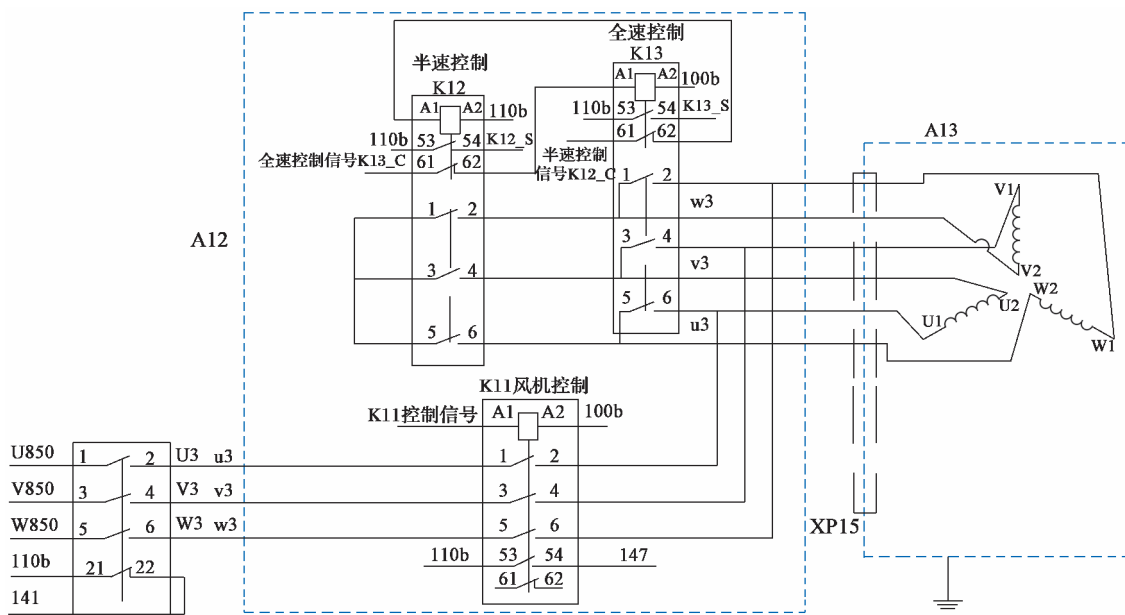


图2 辅助变流器散热风机控制原理框图

①辅助变流器控制器上电初始化完成 3 s 后, 闭合 K11 和 K12 接触器, K13 不闭合。

②当交流输出电流不小于设定值 100 A 并持续 5 s, 断开 K12, 检测到 K12 断开状态后, 延时 3 s, 闭合 K13。

③当交流输出电流小于设定值 100 A 并持续 5 s, 断开 K13, 检测到 K13 断开状态后, 延时 3 s, 闭合 K12。

K12/K13 之间控制存在电气联锁, 且有延时, 风机控制逻辑合理。

1.4 辅助变流器负载分析

从理论上分析, 辅助变流器外部的供电负载过大也可能是引起辅助变流器 200% 过载的原因, 包括负载短路和负载同时投入使用产生冲击电流。

通过对发生过载故障的辅助变流器负载进行检查确认, 负载无短路情况 (空调的风机、压缩机、空压机、制动电阻风机、司机室通风机无短路); 同时经现场核实负载满足顺序启动的时序要求, 不存在冲击电流。辅助变流器负载启动时序如图 3 所示。

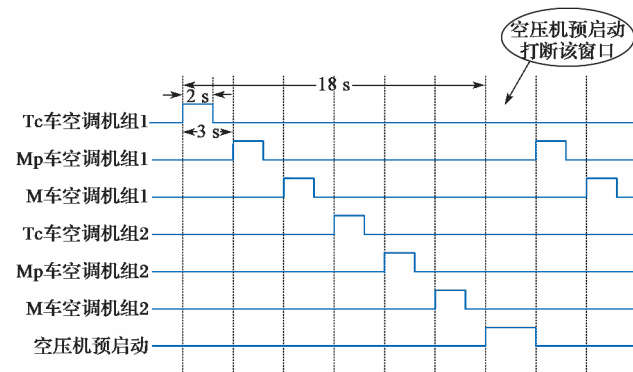


图3 负载顺序启动时序表

通过故障时 EDRM (事件记录仪) 数据发现空压机、制动电阻风机均已处于正常工作状态, 并非启动瞬间, 故认为这些负载正常工作不会造成冲击电流。

通过对辅助变流器负载的分析可知, 辅助变流器过载并非外部的供电负载短路, 或者负载同时启动的冲击电流造成。

1.5 故障诊断结果

通过对辅助变流器故障数据分析、散热风机控制

电路分析和外部供电负载分析, 结合现场过载故障均发生在辅助变流器散热风机接触器动作瞬间的实际情况, 可知辅助变流器散热风机接触器动作是造成辅助变流器 200% 过载故障的直接引发因素。

2 故障模拟及分析

2.1 试验模拟

针对辅助变流器过载故障现场分析的情况, 从风机失效机理或者接触器转换失效的角度, 在额定负载工况下分别进行了接触器频繁切换试验、风机缺相试验、风机相间短路试验、风机接触器单极短路试验、三相输出负载短路试验。其中只有风机相间短路试验和三相输出负载短路试验成功模拟出了辅助变流器 200% 过载故障, 但其故障数据及波形与现场故障情况区别较大, 故认为负载短路并非导致故障发生的原因。

在正常状态下, 通过模拟各类可能工况, 试验无法重现现场故障情况。为复现与现场故障相近的数据, 降低辅助变流器 200% 过载保护阈值, 使触发保护电流值远低于正常程序保护值, 以提高触发保护的概率。通过软件控制风机接触器频繁进行高低速切换运行, 约 15 min 左右报 200% 过载故障, 多次试验故障可以复现, 200% 过载故障发生在风机控制接触器动作时刻, 并且试验故障波形与现场故障波形类似。

考虑到风机接触器问题, 试验中更换另一品牌接触器, 试验中依旧触发 200% 过载故障, 同时增加了接触器线圈过压吸收电路, 试验故障依然存在, 因而排除了接触器本身的问题。

在试验风机接触器动作过程中, 发现控制箱电源板输出的 24 V 电源存在异常干扰, 如图 4 所示。

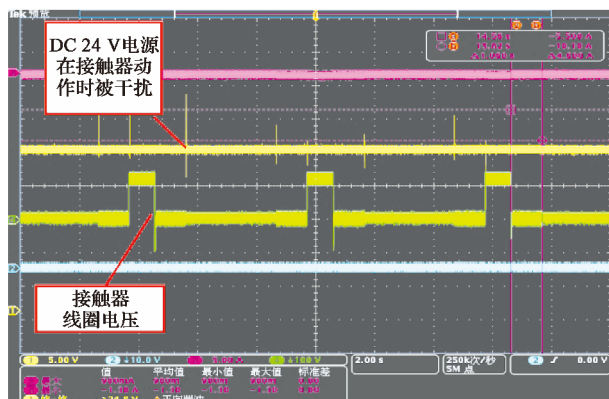


图4 24 V 电源信号波形

2.2 原因分析

试验发现 24 V 电源存在干扰后, 考虑到散热风机内部设置有 24 V 的超温保护开关, 由于该 24 V 超温保护开关信号线与风机内部 380 V 功率电缆线在相同出线孔出线, 试验证明风机速度切换时功率电缆上电流的变化通过超温保护信号线干扰 24 V 电源, 而该 24 V 电源与为 DIO 板输出的 INV (逆变模块) 逆变脉冲提供的电源为同一电源, 24 V 逆变脉冲被干扰导致

INV 模块桥臂开关异常引起瞬间过流。过载故障形成原理如图 5 所示。

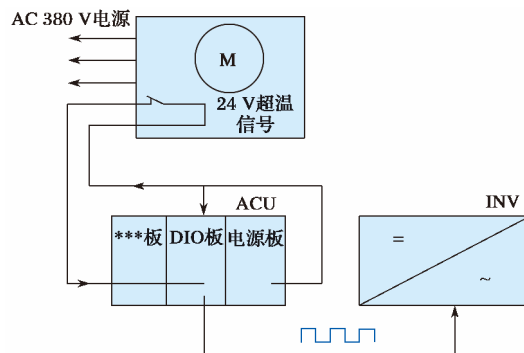


图5 故障形成原理方框图

试验将风机超温信号线断开, 辅助变流器持续工作, 未触发 200% 过载故障, 24 V 干扰消失。试验 24 V 电源波形如图 6 所示。

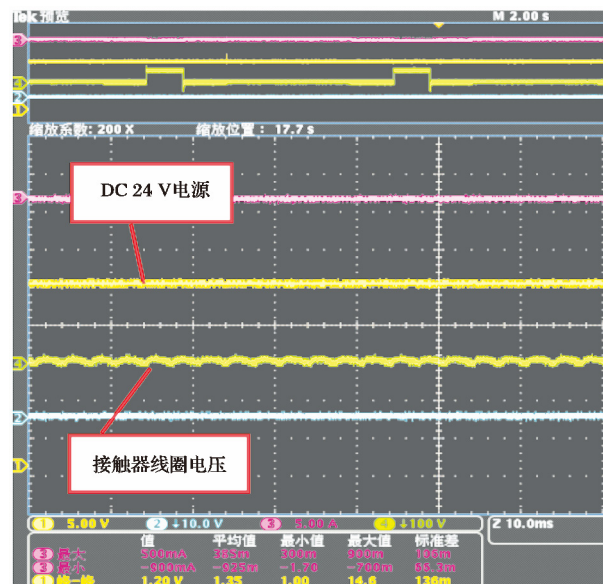


图6 断开 24 V 超温保护信号线后的 24 V 电源信号波形

综上分析认为, 辅助变流器散热风机转速切换时电机电流扰动导致散热风机 24 V 超温保护电压被干扰, 引起辅助变流器 24 V 逆变脉冲异常, 是导致辅助变流器过流并报 200% 过载故障的原因。

3 应对措施

根据故障分析原因, 结合辅助变流器信号接口的预留情况, 将辅助变流器散热风机超温保护信号由 DC 24 V 改为 DC 110 V, 使风机在高低速切换过程中, 风机转速变化引起的风机电流扰动无法干扰 DC 24 V 辅助变流器逆变脉冲, 以避免故障发生。

4 结语

在干扰源无法避免的情况下, 通过对干扰路径进行整改, 结合地铁列车辅助逆变器设备实际情况, 有效解决了辅助变流器 200% 过载问题。同时在后续设计中可加强系统环境下辅助变流器控制电源模块的抗干

(下转第 156 页)

提出了具体的动车组运行途中塞拉门故障应急处理方案,并介绍了在日常检修过程中有针对性地对关键部位加强检查,可以有效降低塞拉门故障率,为动车组的运营安全保驾护航。

参考文献:

- [1] 谷绪地,王宏图,邢志勇,等. CRH3 动车组侧门安全性分析[J]. 铁道机车车辆, 2013, 33(1): 46-48.
- [2] 刘磊,胡洋,刘春海. 动车组侧门组成结构及控制原理的设计分析[J]. 现代制造技术与装备, 2013(2): 46-47.

- [3] 石高山,宋宁,黄红生. CRH5 型动车组客室侧门故障统计与分析[J]. 铁道机车车辆, 2013, 33(4): 104-106.
- [4] 哈大雷. 新型动车组塞拉门电气控制系统[J]. 机车电传动, 2013(3): 30-33.
- [5] 赵伟龙. 广州地铁 3 号线 RLS-E2 型车门的维修及故障分析[J]. 机车电传动, 2016(5): 120-124.

作者简介: 陈小真(1983—),男,工程师,主要从事动车组检修技术管理工作。

(上接第 143 页)

抗能力研究,进一步提高设备的 EMC 性能。

参考文献:

- [1] 奚华峰,王爱武. 地铁列车辅助电源系统的新方案设计[J]. 城市轨道交通研究, 2012, 15(12): 40-44.
- [2] 王烟平,李宇波. 城轨车辆逆变器控制单元故障维修分析[J]. 铁

道机车车辆, 2015, 35(4): 87-90.

- [3] 株洲中车时代电气股份有限公司. 长沙市轨道交通 1 号线辅助系统维护操作手册[Z]. 株洲: 株洲中车时代电气股份有限公司, 2015.

作者简介: 杨超(1985—),男,从事城轨车辆运用维保工作。

广 告 索 引

深圳市宝创科技有限公司(封 2- 前插 1)
株洲时代新材料科技股份有限公司(前插 2)
广州金升阳科技有限公司(前插 3)
咸阳亚华电子电器有限公司(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)
株洲庆云电力机车配件工厂有限公司(前插 8-9)
株洲中车特种装备科技有限公司(前插 10-11)
南通江海电容器股份有限公司(前插 12)
汕头华兴冶金设备股份有限公司(前插 13)
宁夏银利电气股份有限公司(前插 14)
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)
中车戚墅堰机车车辆研究所有限公司(后插 1)
思库机电工程技术(上海)有限公司(后插 2)
第十四届上海国际轨道交通展览会(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)
温州市龙电绝缘材料有限公司(后插 7)
安徽省康利亚股份有限公司(后插 8)
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)