

城市轨道交通电气火灾监控系统误报警分析及治理

刘 毅

(中铁第四勘察设计院集团有限公司,430063,武汉//高级工程师)

摘 要 依据某城市轨道交通车站剩余电流式电气火灾监控系统误报警的实际数据,对回路固有漏电、施工不规范及 N 极开关选型不当等可能导致电气火灾监控系统误报警的因素进行了具体分析,并总结了各类误报警所对应的排查治理办法。最后,阐述了对城市轨道交通项目电气火灾监控系统设计方案的改进意见,并对电气火灾监控系统的施工和弱电系统转换开关的选型提出了建议,供后续项目参考。

关键词 城市轨道交通;电气火灾监控系统;误报警

中图分类号 U231.96

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.05.046

Analysis of Electric Fire Monitoring System False Alarm in Urban Rail Transit and Treatment

LIU Yi

Abstract In view of the false alarm data issued by the residual current type electric fire monitoring system at a rail transit station, factors that may lead to false alarm such as the inherent leakage current, non-standard construction, improper selection of N-pole switches and so on are analyzed in detail, corresponding check methods and treatments to all kinds of false alarm are summarized. Finally, improvements for the design of electric fire monitoring detector installed at urban rail station are expounded, suggestions for the construction of electrical fire monitoring system and the selection of switch types in the weak electricity system are proposed to provide reference for future projects.

Key words urban rail transit; electric fire monitoring system; false alarm

Author's address China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China

根据 JGJ 243—2011《交通建筑电气设计规范》的规定,城市轨道交通地下车站应设置电气火灾监控系统^[1]。在 GB 50016—2014《建筑设计防火规范》(2018 版)中,城市轨道交通车站属于室外消防用水量大于 25 L/s 的其他公共建筑,其非消防用电

负荷宜设置电气火灾监控系统^[2]。电气火灾监控系统作为一种电气火灾早期预警手段,在城市轨道交通项目中日益受到重视,运用较广。

电气火灾监控系统探测器主要有剩余电流式和测温式两种^[3]。目前,国内城市轨道交通项目中应用较多的是剩余电流式探测器。故本文不对采用测温式探测器的电器火灾监控系统进行分析。根据各地运营情况反馈,采用剩余电流式探测器的电气火灾监控系统误报警现象(下文简称“误报警”)较为普遍且治理困难。由于误报警带来的负面影响已严重制约探测器发挥其应有功能,故有必要对其原因及治理方案进行深入分析。

1 误报警实例分析

某车站电气火灾监控系统的剩余电流式探测器设置在牵引混合变电所 400 V 开关柜的出线端(不含变电所至环控柜的馈出线,环控回路的探测器设置在环控电控柜内)。表 1 为该站在调试阶段的剩余电流式探测器报警记录。

表 1 某站剩余电流式探测器误报警数据

序号	400 V 开关柜 回路编号	回路名称	剩余电流量/ mA
1	P03-1	站厅左端 公共区照明总箱 1	1 861
2	P05-5	警务通信电源 1(主)	1 582
3	P06-4	信号电源 1(主)	2 040
4	P07-1	PIS 机房电源 1(备)	984
5	P15-4	站厅右端 三级负荷小动力箱	1 745
6	P16-1	PIS 机房电源 2(主)	846
7	P18-5	警务通信电源 2(备)	1 658

注: PIS 为乘客信息系统

分析表 1 可知,存在误报警的主要是照明总箱、小动力负荷箱等末端设备较多的回路,以及弱电系统回路两类。其中,部分弱电系统的主、备回路均存在严重的误报警,且其剩余电流检测值较为接近。

2 误报警原因分析

结合剩余电流检测原理和以往工程经验,引起电气火灾监控系统误报警的因素主要包括回路固有漏电、施工不规范及 N 极开关选型不当等。

2.1 回路固有漏电

根据文献[4-5],粗略估算表 1 中的 400 V 开关柜典型回路正常的固有泄漏电流值如表 2 所示。

表 2 400 V 开关柜典型回路固有泄漏电流值估算

回路名称	回路固有泄漏电流组成分析	回路固有泄漏电流估算值 I/mA
站厅右端公共区照明总箱 1	所带负荷均为荧光灯,约 15 kW,共计 12 回路	122.7
站厅右端三级负荷小动力配电箱	总负荷约 63 kW,其中电开水器回路 12 kW,18 kW 各 1 个(三相),电加热设备分配电箱 1 个(20 kW,带 12 回单相电加热设备),其余为 6 回单相插座回路	374.6
专用通信配电箱	总负荷约 30 kW,均为计算机类小负荷,共计 25 回路	230.4

为方便结算表 2 中所有参数均取资料数值上限进行估算。其中,根据文献[4-5],线缆固有泄漏电流统一取 40 mA/km,照明灯具取 3.7 mA/kW,其余通用设备均取 5 mA/kW,且同类回路均按最长距离考虑。

计算结果表明,城市轨道交通项目典型回路的固有漏电值一般不超过 500 mA。根据相关规范要求,将剩余电流式探测器设置在车站 400 V 开关柜一级是合理的。必须指出,末端设备和分支回路较多的监控对象(如三级负荷小动力配电箱),其固有漏电值偏高。

对比计算结果和表 1 的数据可以看到,除个别情况外,城市轨道交通项目中 400 V 开关柜回路固有漏电尚不足以引起误报警,但会对其他因素引发的误报警起到叠加作用。因此,当监控对象所含分支回路众多且末端线路较长(如环控电控柜回路等)时,回路固有漏电对误报警的影响将相对突出,有必要对此类剩余电流探测器的设置做出针对性调整^[6]。

2.2 施工不规范

施工安装时电流互感器的接线应遵循 A、B、C 三根相线与 N 线(零线)一起同向穿过互感器的布线原则,且 PE 线(保护接地线)不能穿过互感器。现场可能存在 N 线穿互感器错误、N 线重复接地、末端设备接线不规范或野蛮施工等情

况。从剩余电流检测原理来说,上述不规范的操作都会导致剩余电流检测值大幅超过报警阈值,引起误报警。

1) N 线穿互感器错误,有 N 线未与相线一起穿过互感器或 N 线方向穿反等情况(如图 1 所示)。当 N 线未和相线一起穿过互感器时,探测器测得的电流是零序电流;当 N 线方向穿反时,探测器测得的电流是 2 倍零序电流。这两种情况均极易引发误报警^[7]。

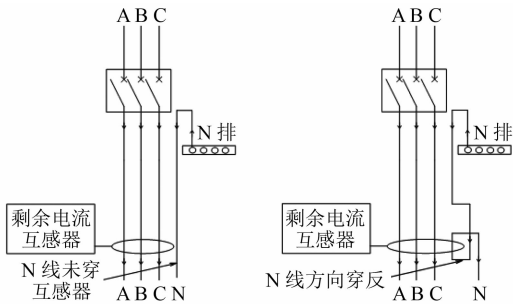


图 1 N 线穿互感器错误

2) N 线重复接地。如在末端配电箱中将 N 线母排与 PE 线母排跨接,就会形成“零线”重复接地,致使部分 N 线电流经 PE 线返回电源而成为杂散电流(如图 2 所示),从而导致误报警^[8]。

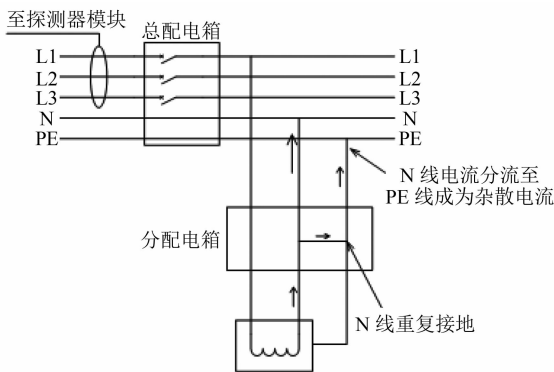


图 2 N 线重复接地

3) 末端设备的接线不规范。这类错误细分起来还包括末端设备的 N 线错接或 PE 线与 N 线混接等多种情况。以单相回路的 PE 线与 N 线混接为例,由于单个回路混接后的剩余电流值等于相线电流与 PE 线电流的向量和^[8],故几个回路的混接便能造成检测电流大于报警阈值,从而引发误报警。

4) 野蛮施工造成的线缆破损。相线或 N 线的绝缘受损会导致三相四线电源的电流矢量和不为零,从而引发误报警。

2.3 N 极开关选型不当

表 1 列出的误报警实例数据很大部分涉及到弱电系统配电回路,甚至未供电的备回路也发生了误报警。此类问题很有可能是相关回路 N 极开关选型不当造成的。

1) 双电源回路选用 3 极开关。当末端双电源选用 3 极开关时,转换开关将产生杂散电流, N 线电流将同时沿着主备回路的 N 线分支流回变压器的中性点(如图 3 所示)。这就是表 1 中未供电的备回路也发生了误报警的原因。文献[9]对此类问题做过详细阐述,此处不再赘述。

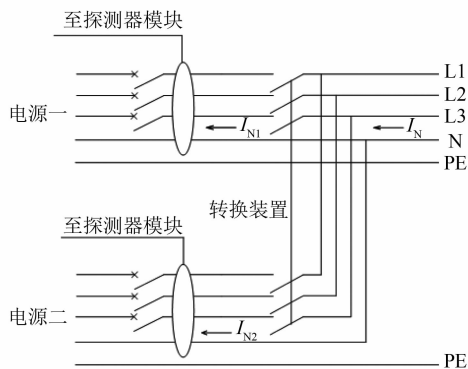


图 3 双电源回路选用 3 极开关

2) 末端双电源切换箱内 N 排短接。某些工程中还存在末端切换箱内 2 路电源 N 排短接或直接共用 1 处 N 排的情况,其引发误报警的原理与‘双电源切换箱选用 3 极开关’相类似。本文表 1 中的 P05-5 回路的误报警实例,在隔离箱内 2 路电源 N 排后,误报警故障消失。

3) 静态转换开关选用 3 极开关。弱电系统在市电和 UPS(不间断电源)装置之间设置的静态转换开关如果为 3 极,也会导致中性线电流 I_N 分流为 I_{N1} 和 I_{N2} 两个回路(如图 4 所示),从而引发误报警^[10]。

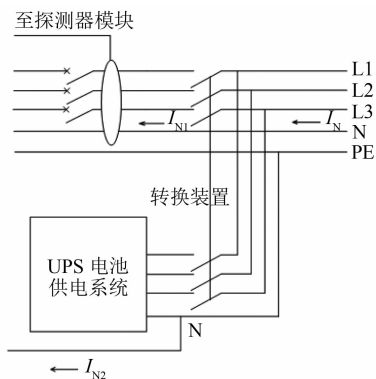


图 4 静态转换开关选用 3 极开关

3 误报警的排查治理

3.1 回路固有漏电的排查治理

1) 保持设备运行状态,测量供电线路末端的漏电流值。如果在供电线路末端漏电流测量值与线路首端基本一致,那么可以判定是设备漏电;如果在供电线路末端的漏电流测量值与线路首端不一致且偏差较大,那么可以判定是供电线路漏电。当线路漏电时,应排查线路绝缘的损坏情况,必要时应更换供电线缆。

2) 建议对分支回路较多的线路选用具备固有漏电补偿功能的探测器,并设置合理的回路固有漏电基础值,以避免误报警。

3) 考虑到变电所至环控柜的馈出线电流较大,而且环控柜末端设备众多、回路固有漏电较大(一般超过 300 mA),建议合理设置环控负荷回路探测器的位置。

3.2 施工不规范引发误报警的排查治理

1) N 线穿互感器错误的问题在排查时比较容易发现,做好电气火灾监控设备的安装督导可以有效避免此类误报警。

2) 当断开报警回路总配电箱的全部分回路开关后报警依然存在,且用钳形表能单独检测到被测回路 N 线电流时,建议排查 N 线重复接地的问题。

3) 末端设备接线不规范和线缆受损引发的误报警较为常见且排查困难。在排查时应逐一断开各分回路开关。当某分回路断开电源后报警即消失,即考虑该分回路所带末端设备的接线错误或该分支回路的线缆破损。城市轨道交通车站的 400 V 照明回路及小负荷动力回路误报警多由此引发。

3.3 弱电系统回路误报警的排查治理

1) 如果弱电系统回路误报警,特别是同一系统的主备回路均存在严重的剩余电流超标且探测值较为接近,则应排查末端双电源切换箱的 N 极开关选型及箱内的 2 路电源 N 排设置。为避免电源切换过程中‘断零’造成 UPS 产生瞬变电压烧毁设备,部分弱电专业倾向于选择 3 极双电源转换开关或 2 路电源共用一路 N 排。为治理误报警,建议弱电系统末端双电源配电箱采用具备中性线重叠转换功能的 4 极转换开关。

2) 若弱电系统双电源回路只有主用回路存在误报警,应排查 3 极静态转换开关的因素。部分弱电专业的 UPS 中性线基准(接地)是通过市电的中

性线接地实现的(如图5所示)^[11]。为避免‘断零’造成UPS瞬变电压烧毁设备,其静态转换开关一般选用3极。对于这类负荷(如表1中的信号电源1(主)),建议采用测温式电气火灾监控探测器替代剩余电流探测器,以消除误报警。

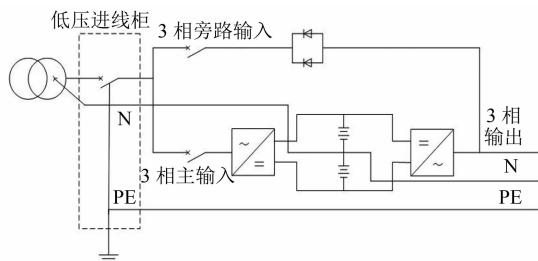


图5 UPS的接地系统

4 结语

本文结合某车站的实测数据,具体分析了电气火灾监控系统的误报警原因和排查方案,对城市轨道交通项目采用剩余电流式探测器的电气火灾监控系统的设计提出以下建议:

1) 环控负荷的剩余电流式电气火灾监控探测器宜设置在环控电控柜内,并取消400 V开关柜至环控柜回路的探测器设置

2) 弱电系统宜选用具备中性线重叠转换功能的4极转换开关

3) UPS静态转换开关为3极的弱电系统回路建议采用测温式探测器替代剩余电流式探测器

4) 设备选型时应要求探测器具备固有漏电补偿功能。

另外,目前已经有部分产品具备剩余电流监测数据的智能分析功能,能结合监测数据、采样时间及回路电气特征等多项因素,确定电气火灾监控

系统发出误报警的性质及根源(智能分析的原理与本文所述类同),为运维人员提供故障分类及快速定位参考。这类新的技术手段值得工程技术人员进一步关注和尝试。

更为重要的,工程建设中应严格把控施工不规范的问题,以确保电气火灾监控系统预警功能的有效应用。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 交通建筑电气设计规范: JGJ 243—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011: 69.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. (2018版) 建筑设计防火规范: GB 50016—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018: 131.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 火灾自动报警设计规范: GB 50116—2013[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013: 38.
- [4] 上海市住房和城乡建设管理委员会. 电气火灾监控系统工程技术规程: DG/TJ-08-2150—2014[S]. 上海: 同济大学出版社, 2014: 18.
- [5] 王一平, 李国有, 陈晓明. 剩余电流式电气火灾监控探测器的设置[J]. 建筑电气, 2015(2): 24.
- [6] 王德发. 城市轨道交通电气火灾监控系统应用方案[J]. 都市轨道交通, 2016, 29(3): 107.
- [7] 万聪, 李成波, 范可, 等. 剩余电流式电气火灾监控器安装使用常见问题的探讨[J]. 智能建筑电气技术, 2012, 6(3): 50.
- [8] 王厚余. 建筑物电气装置600问[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013: 93.
- [9] 王厚余. 低压电气装置的设计安装和检验[M]. 3版. 北京: 中国电力出版社, 2012.
- [10] 张振宇. 轨道交通车站电气火灾监控系统误报诊断探讨[J]. 电气技术, 2018(10): 107.
- [11] 杜皓明. 数据中心UPS上游低压配电系统4极开关的应用问题[R/OL]. 施耐德电气信息技术, (2018-10-26) [2018-11-30]. <https://mp.weixin.qq.com/s/GqnoMhQ2Nzry-kCy7vFkMA>.

(收稿日期: 2019-03-09)

(上接第195页)

效检测钢轨绝缘节的绝缘性能,又可以辅助列车安全通过绝缘节,避免其车轮发生打火现象,还能在没有列车进出段场时切断杂散电流的流通路径,从而缓解正线轨电位、遏制杂散电流。该方案对后续线路建设具有指导意义。

参考文献

- [1] 于松伟, 杨兴山, 韩连祥, 等. 城市轨道交通供电系统设计原理与应用[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2008.

- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [3] 唐靖坤, 刘炜, 王沛沛, 等. 一种车辆段、停车场与正线之间的钢轨回流装置[C]//中国铁道学会自动化委员会. 中国铁道学会电气化委员会2017年年会及新技术研讨会论文集. 北京: 中国铁道学会, 2017.
- [4] 刘炜, 李群湛, 李良威. 基于多折线外特性模型的直流牵引供电系统稳态短路计算[J]. 机车电传动, 2008(1): 61.
- [5] 王沛沛, 刘炜, 廖钧, 等. 城市轨道交通钢轨纵向电阻和轨地过渡电阻检测[J]. 电气化铁道, 2016(增刊): 9.

(收稿日期: 2018-10-05)