

城轨直流牵引供电系统短路试验

韩志杰

(北京城建设计研究总院有限责任公司 北京 100037)

摘要 阐述直流牵引供电系统短路试验的目的和意义。结合实际工程直流牵引供电系统短路试验,介绍短路点的选取、对地短路短接方式等重要的试验程序和试验方法。对实际短路情况的数据结果进行分析,为直流牵引供电系统短路试验的进一步研究提供参考。

关键词 城市轨道交通;牵引变电所;短路试验;短路电流;电流上升率;电流下降率

中图分类号 U231.7 **文献标识码** A

文章编号 1672-6073(2013)01-0113-03

可靠、稳定的直流牵引供电系统是城市轨道交通列车安全、高效运行的重要保障,意义重大,不容得有任何闪失。因此,在列车试运行之前对直流牵引供电系统进行实际短路试验显得尤为重要,以此来校验直流设备系统短路后动稳定、热稳定、开关的快速分段能力、继电保护整定值、接触网阻抗等各项重要技术指标,考查整个电源最大短路电流的输出能力值,从而确保整个直流牵引供电系统的完备以及各系统之间的和谐稳定,更好地服务于城市轨道交通,给乘客营造一个安全稳定的乘车环境。

1 短路点的选择

结合重庆轨道交通1号线(朝天门—沙坪坝段)工程(以下简称“全线”)进行计算和分析。

1.1 工程概况

重庆轨道交通1号线(朝天门—沙坪坝段)工程线路长约16.5 km,均为地下线,正线共设6座混合变电所,分别为小什字、七星岗、鹅岭、歇台子、高庙村、沙坪坝混合变电所。该工程采用集中供电方式,110 kV/35 kV两级电压制供电,中压35 kV采用分区环网供电,牵引

用电采用DC1500 V架空接触网供电。

1.2 直流牵引供电系统全线短路电流计算

为了满足全线直流牵引供电系统短路试验需求,保证短路试验效果,验证全线短路的最大能力,对全线进行了系统的直流短路计算。

与以往工程不同,此次计算应用了目前国际上先进的牵引供电仿真计算软件ELBAS-SINANET。该软件可以综合考虑各种工况下牵引网馈线最大负荷电流及时间、牵引网发生短路故障的暂态短路电流值、稳态短路电流值及电流变化率,从而快速准确地计算出各种短路电流值。

通过仿真计算,得到全线短路电流分布曲线以及各牵引变电所馈线短路电流曲线(计算过程略)。当全线的各个牵引变电所均正常投入运行时,全线最大短路电流约为63 kA,发生在七星岗站牵引变电所的出口处,如图1所示。

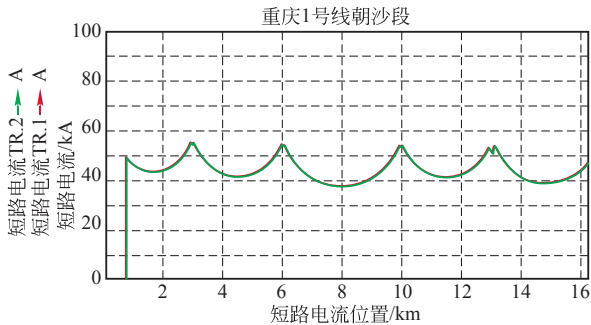


图1 全线直流牵引供电系统短路电流分布曲线

1.3 单个牵引变电所输出短路电流计算

选取正常双边供电时和非正常大双边供电时距离最远的两个牵引变电所进行分析。

1.3.1 正常双边供电

鹅岭站—歇台子站的牵引供电间距最大,约3.962 km。此时歇台子站牵引变电所出口处(K9+936.7)的短路电流约为52 kA,远端短路(K6+115.655)歇台子站

收稿日期:2012-03-16 修回日期:2012-06-04

作者简介:韩志杰,男,大学本科,工程师,从事城市轨道交通牵引供电系统及变电所设计工作,postmaster99@126.com

牵引变电所提供的短路电流约为 13.8 kA,如图 2 所示。

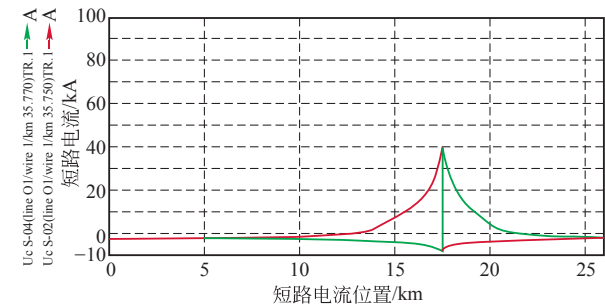


图 2 牵引变电所直流短路电流曲线(正常双边供电时)

1.3.2 非正常大双边供电

鹅岭站牵引变电所解列,此时七星岗站—歇台子站的牵引供电间距最大,约为 7 km。歇台子站牵引变电所出口处(K9+936.7)的短路电流约为 51 kA,远端短路(K3+091.835)歇台子站牵引变电所提供的短路电流约为 8.8 kA,如图 3 所示。

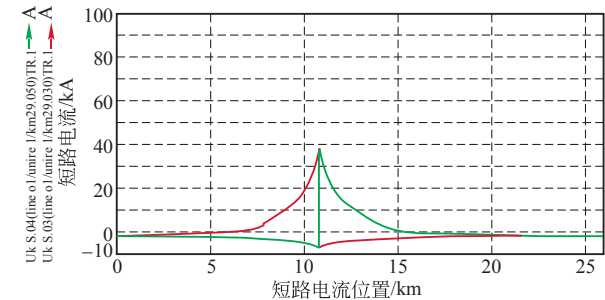


图 3 牵引变电所直流短路电流曲线(非正常大双边供电时)

1.4 短路试验位置

1) 歇台子站牵引变电所投入运行,其余牵引变电所退出,所有纵联开关分闸,在歇台子站牵引变电所的出口处(K9+936.7)进行短路试验。

2) 歇台子站牵引变电所投入运行,其余牵引变电所退出,鹅岭站左右线纵联开关合闸,其余所有站纵联开关分闸,在七星岗站牵引变电所的出口处(K3+091.835)进行短路试验。

2 短路试验方法

2.1 设置方案

为避免对接触网造成直接伤害,试验时在接地点上安装一组临时接地线连接装置,接法如下:在接地点汇流排上安装 2 个汇流排电连接夹,间距 300 mm,将一小段 150 mm² 硬铜绞线弯成 U 型,通过接线端子与汇流排电连接夹相连,形成一个 U 型临时接地挂环。在试验前,用接地线将此临时接地挂环与钢轨连接。

在与钢轨连接时,需对钢轨进行除锈处理且连接牢固,以避免连接处产生较大的接触电阻,当电流过大时烧坏钢轨,如图 4 所示。

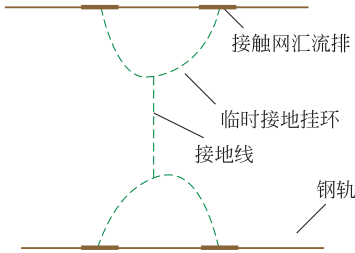


图 4 短路试验接线

2.2 注意事项

- 1) 试验前,相关区间的接触网应保持停电状态,接触网电动隔离开关在断开位置。
- 2) 试验前,在试验变电所应采用“电压-电流法”,测量闭合回路的直流电阻,以确认回路完整闭合。
- 3) 试验前,核对设备保护定值及动作时间配合的正确性。
- 4) 试验前,检查区段内架空地线与接地装置每一处的连接点,并用力矩扳手紧固。
- 5) 试验前,检查直流开关所在高压室的消防设施,如设有气体消防设备,应确认其在“手动”位置,并预留足够的临时消防用具。
- 6) 试验前,在短路点两侧 20 m 做好防护,不允许有任何人进入此区域,并设置防护标志。
- 7) 试验结束后,检查开关及触头是否烧伤或有残留物,检查接触网、走行轨短路点的连接处是否烧伤、损坏。

3 短路试验数据分析

3.1 近端短路试验

试验环境温度为 20.6 ℃,湿度为 93.1%,跳闸波形如图 5 所示。

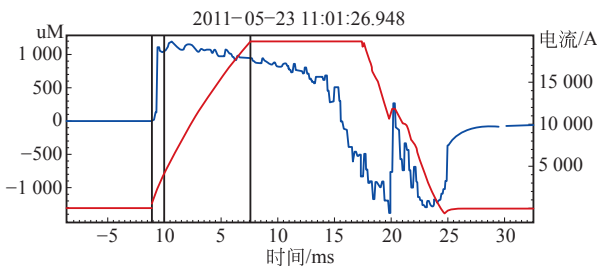


图 5 直流开关短路跳闸波形(近端)

保护装置的采样范围为 20 000 A,但此次短路电流

的最大值已经超过采样范围,无法得到直观的短路峰值电流,这也是试验中的一个难题。进一步的研究发现,短路电流波形符合抛物线的几何性质,因此可以通过已知短路电流的上升率和下降率来估算短路电流的最大值。短路电流上升率为 2 246.6 A/ms,下降率为 2 795.6 A/ms,波形断口时间为 9.7 ms,估算得到短路电流最大值为 32 221 A。

波形显示继电保护出口时间为短路后的 1.1 ms, ΔI 保护延时设定为 1 ms,保护出口时的电流值为 4 148 A。从保护出口开始,计算断路器全分段时间为 24.8 ms。检查主触头,发现有一定程度的灼伤痕迹,灭弧罩内部出现一定程度的放电痕迹。

通过试验得出结论:试验结果数值比仿真软件计算结果数值小,这说明直流保护性能良好,快速限制了短路电流的上升,将短路电流限制在较低水平。试验结果显示,断路器能够安全切断系统短路电流,验证了开关良好的分段能力。

3.2 远端短路试验

试验环境温度为 20.6℃,湿度为 93.1%,跳闸波形如图 6 所示。

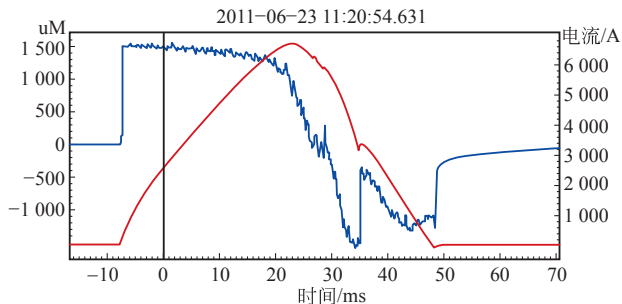


图6 直流开关短路跳闸波形(远端)

波形图显示,短路峰值电流为 6 661.2 A。波形显示继电保护出口时间为短路后 7.9 ms,电流上升率为 326.9 A/ms,保护出口时电流值为 2 584 A。继电保护动作正常。从保护出口开始,计算断路器全分段时间

为 48.3 ms。检查主触头,发现有轻微的灼伤痕迹,灭弧罩内部出现一定程度的放电痕迹。

通过试验得出结论:试验结果数值与仿真软件计算结果数值相符,验证了直流保护的性能和开关的分段能力。

4 结语

这是一次经过科学分析论证、现场成功演绎的直流牵引供电系统短路试验,结果验证了整个电源的最大短路输出能力,确保了直流设备系统的完备,达到了理想的效果。

对于其他城市轨道交通的具体工程项目,应结合其实际情况,具体问题具体分析。在试验前,应充分考虑试验环境湿度大对试验造成的影响,考虑对地短接线设置的方式不同对试验的影响,考虑架空接触网与接触轨制式不同对试验的要求等。本研究的思路及试验方法可为直流牵引供电系统短路试验的进一步开展提供参考。

参考文献

- [1] 高云霞. 直流牵引供电系统继电保护整定计算方法[J]. 电气化铁道, 2011(4): 40-42.
- [2] 王军, 翁创业. 直流牵引供电系统短路试验浅析[J]. 电力机车与城轨车辆, 2011(4): 64-66.
- [3] 周星光. 城市轨道交通接触网短路试验方法应用[J]. 铁道建筑技术, 2009(8): 95-97.
- [4] GB 50157—2003 地铁设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2003.
- [5] GB/T 10411—2005 城市轨道交通直流牵引供电系统[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [6] 北京城建设计研究总院有限责任公司. 重庆轨道交通 1 号线(朝天门—沙坪坝段)工程供电系统设计文件[G]. 北京, 2009.
- [7] 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.

(编辑: 郭洁)

Short-circuit Test on DC Traction Power Supply System of Urban Rail Transit

Han Zhijie

(Beijing Urban Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Beijing 100037)

Abstract: The article described the purpose and significance of the DC traction power supply system short-circuit test. Based on DC traction power supply system short-circuit test of an actual project, it introduced how to select the short-circuit point, the way to ground short circuit, and important test procedures and test methods. The data and results of the actual short-circuit condition were analyzed to provide reference materials for further study of similar tests.

Key words: urban rail transit; traction substation; short-circuit test; short-circuit current; the rate of current rise; the rate of current decline