

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2020.03.020

城市轨道交通开闭所 接线方案优化设计

喻 奇

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 武汉 430063)

摘 要: 国内城市地铁大多选择接线简单、易于工程实施的开闭所方案实现主变电所资源共享。分析常规开闭所接线方案存在供电可靠性低、故障影响范围大的缺点。为提高开闭所的供电可靠性, 提出一种新型同源双回线的优化接线方案。该方案优点在于当开闭所进线电缆发生故障时, 继电保护装置可自动切除故障, 不会造成停电。论证了优化接线方案在工程实施中的可行性, 最后介绍开闭所的保护配置方案, 并提出采用带方向的数字通信电流保护作为开闭所后备保护, 以满足继电保护选择性的要求。

关键词: 城市轨道交通; 开闭所; 优化设计; 主变电所共享

中图分类号: TM911

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2020)03-0129-04

Optimum Design of Connection Scheme for Switching Station of Urban Rail Transit

YU Qi

(China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., Wuhan 430063)

Abstract: Most domestic metro cities choose a connection scheme for switching substations that is simple and easy to implement in order to realize sharing of the main substation. This paper analyzes the shortcomings of conventional connection schemes, such as low reliability of power supply and a wide range of impacts when faults occur. To improve the power supply reliability of switching stations, a new connection scheme that uses a homologous double-circuit cable is proposed. The advantage of this scheme is that when faults occur in the incoming power cable of the switching station, the relay protection device can automatically remove the fault without causing a power outage. After that, this paper demonstrates the feasibility of the optimized scheme in project implementation. Finally, this paper introduces a protection configuration scheme for the switching station and proposes to adopt directional current protection using digital communication network technology to achieve selectivity of the backup protection.

Keywords: urban rail transit; switching station; optimum design; main substation sharing

1 问题的提出

随着国内城市化发展进程的加快, 城市建设用地越来越稀缺, 并且叠加环境影响评价的因素, 城市轨道交通主变电所选址将越来越困难。与此同时, 由于

主变电所建设工程投资大、后期运营成本高等因素, 主变电所资源充分共享成为城市轨道交通建设的必然选择^[1]。

共享主变电所的选址应遵循以下原则: ①根据轨道交通线网结构, 选址尽量靠近负荷中心; ②应邻近轨道交通线路, 并尽量靠近换乘车站, 以便中压环网电缆引入车站^[2]; ③充分考虑对周围环境的影响, 应避开火灾、爆炸危险场所以及其他敏感设施; ④选址标高应满足防洪和防内涝的要求; ⑤应结合轨道交通

收稿日期: 2019-03-06 修回日期: 2019-03-26

作者简介: 喻奇, 男, 高级工程师, 从事轨道交通电气设计,
yuqi024@163.com

线网和城市电网建设时序,尽量缩减电缆廊道长度^[3]。

综合以上条件,共享主变电所大多难以在换乘站附近选址,通常仅邻近一条涉及共享的轨道交通线路。对于其他涉及共享的线路,主变电所至该线路存在一定的距离。国内轨道交通建设时,为节省工程土建投资,减少外部矛盾,尽量利用地铁隧道或高架桥兼做共享主变电所至对应线路的电缆廊道。

以南京地铁 110 kV 滨江路共享主变电所为例,五塘广场站为 3 号线和 7 号线的换乘车站,滨江路主变电所为 3、7 号线共享主变电所,但滨江路主变电所选址位于 3 号线上元门站附近,如图 1 所示,为 7 号线供电的中压环网电缆需从滨江路主变电所引出,进入离该主变电所最近的 7 号线五塘广场站。为节省工程投资,便于工程实施,须利用 3 号线上元门站至五塘广场站的区间隧道兼做 7 号线中压环网的电缆廊道^[4]。



图 1 共享主变电所位置示意图

Fig. 1 Location of shared main substation

城市轨道交通的主变电所通常需要为 2~4 个中压环网供电分区供电,每个分区需引两路电源。若各供电分区的电源均从主变电所直接引出,则主变电所至轨道交通线路需敷设 4~8 回中压电缆。

结合南京地铁 7 号线的情况,若滨江路主变电所直接给 7 号线所属中压环网供电分区供电,则该主变电所至 7 号线五塘广场站共需敷设 6 回中压电缆。但由于五塘广场站至滨江路主变电所之间距离较远,并且 3 号线上元门站至五塘广场站的区间隧道预留中压电缆敷设空间有限,无法在既有基础上再敷设 6 回中压电缆。因此滨江路主变电所若要给 7 号线供电,只能采用在 7 号线五塘广场站设置开闭所的方案,以减少该主变电所接至 7 号线五塘广场站的中压电缆数量。

2 常规开闭所方案的缺点

目前国内城市轨道交通供电系统开闭所接线方案

通常采用每段母线设置 1 路进线和 2~4 路出线的方案,全所共设置 2 路进线和 4~8 路出线,如图 2 所示。开闭所每路进线一般采用大截面单芯电缆或双拼单芯电缆,开闭所每段母线通常只配置一面中压进线开关柜^[5]。

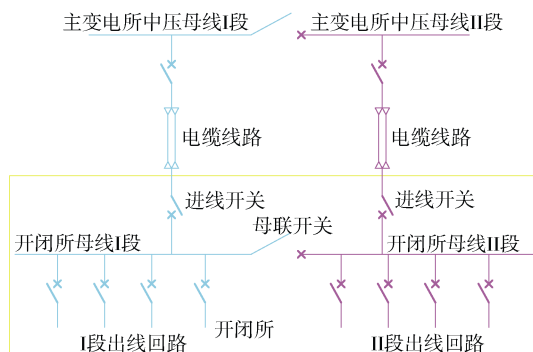


图 2 常规开闭所接线方案示意图

Fig. 2 Conventional connection scheme for switching station

以南京地铁 7 号线为例,若 7 号线五塘广场开闭所采用常规开闭所接线方案,当滨江路主变电所至 7 号线五塘广场站的中压电缆发生故障时,将导致该开闭所一路进线电源失电,该开闭所的母联断路器将自动投入,由该开闭所另一路进线电源承担 7 号线近半条线的供电。由于该开闭所进线的电缆廊道绝大部分借用 3 号线的地铁区间隧道,3 号线正常运营时,地铁供电检修人员无法及时进入 3 号线区间隧道去排除 7 号线五塘广场开闭所的进线电缆故障。因此该开闭所将较长时间处于单电源运行状态,大大降低了 7 号线供电系统的可靠性。同时开闭所进线电源故障将导致该开闭所供电范围内的大量负荷短时失电,影响范围非常大,部分设备失电后需人工重启,给地铁运营人员增加了负担,也势必影响车站秩序。

3 开闭所接线方案优化

3.1 接线方案优化

由于城市轨道交通开闭所需承担全线多个供电分区的供电,开闭所进线负荷电流通常比较大,并且要求开闭所一路电源失电后,另一路电源可独立承担供电范围内全部牵引和一、二级动力照明负荷,因此对开闭所进线电缆载流量的要求很高^[6]。通常开闭所进线可采用双拼电缆的方案,既可提高综合载流量,又便于工程实施(电缆截面过大将导致电缆转弯半径偏大,电缆敷设相对困难)。

基于城市轨道交通的工程实际情况,开闭所的进

线接线方案可优化为同源双回线接线方案,具体为从共享主变电所的两段中压母线分别引出两回电源作为开闭所进线电源。优化后的开闭所接线方案如图3所示。

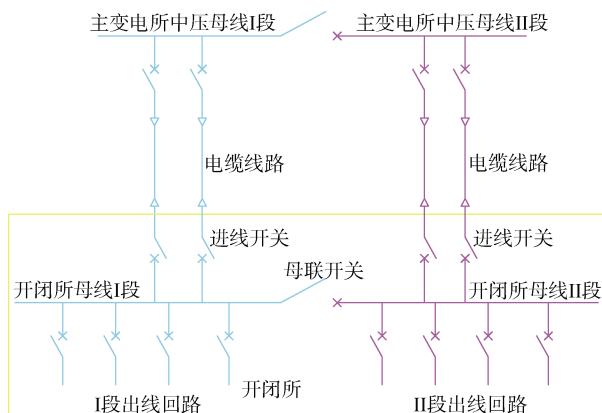


图3 优化后的开闭所接线方案示意图

Fig. 3 Optimized connection scheme for switching station

开闭所进线共计四回电源回路,若其中某一回路故障,由对应的继电保护装置自动将故障回路切除,其他三回电源回路可继续供电,不会对供电系统运行产生任何影响。若其他三回电源中某一回路继续发生二次故障,分为两种情况:①一次故障和二次故障对应不同段中压母线,二次故障由对应的继电保护装置自动将故障回路切除,仍然不会影响供电系统正常运行;②一次故障和二次故障均对应同一段中压母线,由对应的继电保护装置自动将故障回路切除,并启动开闭所母联备自投,其母联开关自动合闸,恢复供电。

由此可见,采用优化的开闭所接线方案后,开闭所进线回路出现一次故障时,完全不影响供电系统正常运行,即使继续出现二次故障,也可保证供电系统持续可靠运行,大大提升了开闭所的供电可靠性,避免了大范围短时停电的情况。

3.2 对工程实施的影响

相对于常规开闭所接线方案,优化的开闭所接线方案在工程实施当中,需要增加4面中压开关柜(共享主变电所增加2面,开闭所增加2面),工程总投资需增加100万元左右。同时要求共享主变电所留有足量的中压开关柜或安装条件。

对于中压环网电缆敷设来说,优化的开闭所接线方案与常规开闭所无异。

对于供电系统保护配置来说,若采用优化的开闭所接线方案,须配套采用带方向的数字电流保护作为

后备保护,以避免在光纤纵联差动电流保护失效后误动作。

4 保护配置方案

开闭所常规保护方案通常采用纵联电流差动保护作为主保护,综合电流保护作为后备保护的方案。开闭所进线采用同源双回线接线方案后,其保护配置方案与常规开闭略有差别,保护配置须采用纵联电流差动保护为主保护,以及带方向的数字通信电流保护作为后备保护方案^[7]。

以I段发生故障为例,如图4所示。

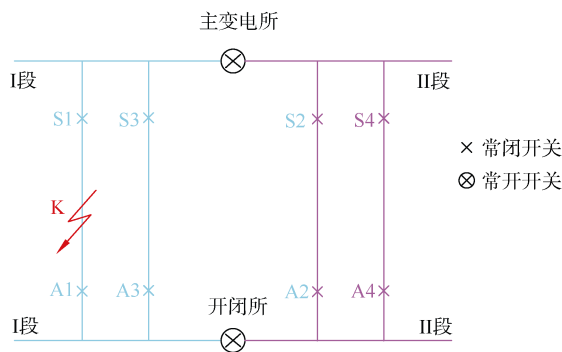


图4 开闭所I段进线故障示意图

Fig. 4 Cable fault at segment I

系统正常运行时,对于I段母线,S1、S3、A1、A3为合闸状态,即A1进线和A3进线并列运行;对于II段母线,S2、S4、A2、A4为合闸状态,即A2进线和A4进线并列运行。

S1、A1之间线路发生故障,S1、A1配置的光纤纵联电流差动保护处于正常运行状态时,则由该差动保护即时动作,跳开S1、A1开关。

当S1、A1配置的光纤纵联电流差动保护故障时,若S1、A1之间线路发生故障,则须由带方向的数字通信电流保护切除故障。保护原理为:流过A1的故障电流指向线路,则A1保护装置向相邻的电源进线开关A3发出短时闭锁信号;流过A3的故障电流指向母线,则A3保护装置不会向相邻的电源进线开关A1发出闭锁信号;由A1的数字电流保护动作跳开开关,并联跳开关S1。

综上所述,S1、A1之间线路发生故障后,无需人工干预,S3、A3之间线路仍可以正常运行,系统不会发生供电中断的情况。

当开闭所I段母线发生故障,则流过A1、A3的故障电流均指向母线,则A1、A3保护装置不会相互

发出闭锁信号。A1、A3 的数字电流保护均动作跳开开关,并跳开开关 S1、S3。由此可知,带方向的数字电流保护也能够保护到母线。

5 结论

充分共享主变电所资源是城市轨道交通建设的必然选择。由于主变电所选址涉及因素众多,往往难以面面俱到。因此,优化主变电所共享的接线设计方案,提高供电可靠性,成为城市轨道交通着重考虑的问题^[8]。笔者提出了采用同源双回线的开闭所进线设计方案,只需增加小幅工程投资,即可大大提升开闭所的供电可靠性,从而提升整个供电系统的可靠性。同时,还提出了适应开闭所优化接线后的保护配置方案,以满足后备保护选择性的要求。

参考文献

- [1] 马凌晨,薛辉,张明锐.轨道交通供电系统主变电站的资源共享[J].城市轨道交通研究,2005,8(2):6-8.
MA Lingchen, XUE Hui, ZHANG Mingrui. Resource sharing in the main substation of shanghai rail transit power supply system[J]. Urban mass transit, 2005, 8(2): 6-8.
- [2] 龚晓冬.城市轨道交通主变电所资源共享问题研究[J].城市轨道交通研究,2016,19(9):87-92.
GONG Xiaodong. Resource sharing at urban rail transit main substation[J]. Urban mass transit, 2016, 19(9): 87-92.
- [3] 杨兴山.正确看待电力资源共享问题[J].都市轨道交通,2007,20(1):93-96.

- YANG Xingshan. On the share of electrical power resource[J]. Urban rapid rail transit, 2007, 20(1): 93-96.
- [4] 中铁第四勘察设计院集团有限公司.南京地铁7号线工程供电系统初步设计文件[A].南京,2017.
- [5] 袁青山,于国栋,杨正燕.上海城市轨道交通110 kV主变电所资源共享探讨[J].城市轨道交通研究,2006,9(2):5-9.
YUAN Qingshan, YU Guodong, YANG Zhengyan. On 110 kV main substation resources sharing in Shanghai urban mass transit[J]. Urban mass transit, 2006, 9(2): 5-9.
- [6] 地铁设计规范:GB50157—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.
Code for design of metro: GB 50157—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [7] 韩冶.数字化变电站技术在城市轨道交通的应用研究[J].电气应用,2013,32(12):45-48.
HAN Ye. Research on digital substation technology for urban rail transit[J]. Electrotechnical application, 2013, 32(12): 45-48.
- [8] 王晓保,周剑鸿,何莉君.城市轨道交通供电系统网络资源共享及实施研究[J].地下工程与隧道,2006(2):8-10.
WANG Xiaobao, ZHOU Jianhong, HE Lijun. Study on the resource sharing in power supply system of urban rail transit[J]. Underground engineering and tunnel, 2006(2): 8-10.

(编辑:王艳菊)

合肥城市轨道交通智慧应用合肥市技术创新中心正式获批

5月18日,合肥市人民政府公布关于首批合肥市技术创新中心名单,依托合肥轨道集团建设的城市轨道交通智慧应用合肥市技术创新中心(以下简称“中心”)正式获批。

该中心以合肥轨道集团为建设依托,与合肥赛为智能有限公司、通控研究院(安徽)有限公司、中科大软件学院等多家单位合作共建。目前,该中心主要研发人员共计24人,建设布局包括“四室一中心”,“中心”是合肥市技术创新中心,“四室”分别为城市轨道交通智慧安防联合实验室、城市轨道交通BIM工程中心、城市轨道交通智慧运维联合实验室、城市轨道交通全自动运行联合实验室,四室也是中心建设内容与研究开发工作的具体实施载体。

该中心将以我国轨道交通产业前沿引领技术和关键共性技术研发与应用为核心,深入推进轨道交通智能化系统领域的技术升级研究,深入推进城市轨道交通智慧化的技术升级研究,包括智慧运维、全自动运行、智慧安防、BIM工程等技术领域。采取“产学研用”的建设思路,联合中国科学技术大学与行业领军企业,在智能轨道交通行业共性关键技术作出创新、突破。

该中心后续建设过程中将遵照《中共合肥市委 合肥市人民政府关于组建合肥市技术创新中心的意见》、《合肥市技术创新中心管理办法(试行)》等文件精神,面向产业技术创新前沿和制高点,加快推动智慧轨道交通建设,力争为合肥打造“五高地、一示范”作出新的更大的贡献。

摘编自 <http://www.camet.org.cn/2020-05-21>