

# 地铁供电系统继电保护方案研究

刘 强

中铁第六勘察设计院集团有限公司电气化设计院分公司, 天津 300250

**[摘要]** 现代化交通事业的发展的关键一环便是地铁项目的建设, 很多发达城市已经规划了城市地铁建设方案并积极开拓地铁交通。地铁交通和其他交通方式具有较大的优势, 对于提高城市人民出行的便利性和经济性具有重要的意义。为了更好的促进地铁的普及, 需要重视地铁供电系统继电保护方案的研究。文中主要论述了地铁供电系统进行继电保护的必要性, 并就其中的重点展开分析, 同时以实例出发阐述地铁供电系统供电方式及分区形式, 最后给出了一些建议和对策, 从而为促进我国地铁的普及和发展提供一定的支持。

**[关键词]** 地铁; 供电系统; 保护; 方案

DOI: 10.33142/hst.v5i5.7080

中图分类号: U231.8

文献标识码: A

## Study on Relay Protection Scheme of Metro Power Supply System

LIU Qiang

Electrification Design Institute Branch of China Railway Liuyuan Group Co., Ltd., Tianjin, 300250, China

**Abstract:** The key link of the development of modern transportation is the construction of subway projects. Many developed cities have planned urban subway construction plans and actively developed subway transportation. Subway transportation and other modes of transportation have great advantages, which is of great significance to improve the convenience and economy of urban people. In order to better promote the popularization of the subway, it is necessary to pay attention to the research of the relay protection scheme of the subway power supply system. This paper mainly discusses the necessity of relay protection for the subway power supply system, and analyzes the key points. At the same time, it expounds the power supply mode and zoning form of the subway power supply system with examples, and finally gives some suggestions and countermeasures, so as to provide some support for promoting the popularization and development of the subway in China.

**Keywords:** subway; power supply system; protection; programme

一般会将地铁配电站的距离设置在 4 千米左右, 所以地铁线路往往会拥有多个配电站, 所以不同地铁线路的继电保护装置无法辐射周边, 当供电线路不够长的同时, 需要设置多个继电保护装置才能满足需求。在地铁供电系统中, 主变压器容量在满足本变电站区域高峰段负荷要求的基础上, 保证供电需要, 其原因主要在于供电线路的配电站距离较短, 主变电站故障发生后, 附近的变电站要保证地铁线路的正常运营就需要满足牵引负荷以及全线动力负荷方可, 只有这样才能维护正常的地铁交通。所以继电保护装置对于地铁的正常运行和行人出行具有很大的作用, 所以应当在综合考虑所有影响因素的同时确保继电保护方案具有合理性和稳定性等。同时应当积极寻求更多的方法来规避风险, 所以继电保护方案应当综合考虑多种情况并经过完善的分析后方可制定。

### 1 地铁供电系统继电保护的必要性

地铁建设对我国交通产生了直接的影响, 并且除了交通行业外, 对于经济和科技等方面的发展同样具有重要的意义, 根据我国现有的地铁建设经验可知, 地铁供电系统继电保护系统和方案对于保证地铁正常运营非常关键, 所以应当继续研究这些内容, 为实现地铁项目的顺利建设和

运营奠定良好的基础。继电保护的必要性主要体现在以下几点: 地铁是市政交通工程的重要组成部分, 地铁的建设原理和电能存在着紧密的联系, 在城市用电量持续增加的前提下, 如何保证地铁运营用电显得越发重要, 所以不尽快优化供电系统的设计方案和执行方案, 则随着城市的发展, 地铁供电系统长期处于超负荷运营则会因为压力持续增大而导致瞬间电流过大的情况, 从而给地铁的正常运营带来巨大的安全隐患。所以完善继电保护方案可以有效提升地铁的稳定性和安全性, 为地铁向全国普及提供有力的支持。另外, 强化继电保护也是为地铁运营提供保障且对于国家供电标准的落实是非常有帮助的, 可以进一步发挥地铁的经济价值和社会价值。

### 2 地铁供电系统线路保护配置方案研究

众所周知, 短路会导致电流瞬间增大到危险值, 这时候继电保护装置会在这个过程中切断电流从而达到保护整体线路的目的, 这一过程的定义为电流速断保护。保护范围的数值根据出口处短路情况来设置的, 为了达到保护的目, 通常要求最小保护范围要比全线路短的长度长 15%~20%。当速断保护无法作用时, 限时断流速断保护会替代前者起到保护的作用, 同时也为后续的线路提供保护

支持。根据前面的说明,供电站质检的最大距离一般设置为4千米左右,而继电保护的覆盖范围最大为10千米左右,一般不会整定保护范围,因为会导致负值产生,导致限时电流速断保护的整定值大于速断保护整定值,从而产生前者保护范围缩小的局面,最终无法发挥保护作用,对于地铁的正常运营非常不利,所以后者一般不会用于地铁供电线路中。零序电流保护一般不会用于地铁供电系统继电保护中,其原因在于变压器可以人工接地的方式即可完成短路接地的效果,常用于地铁供电系统的是在变压器的旁边加设一台变压器,但是这种方式难以达到保护效果。

### 3 地铁供电系统变压器保护

变压器为地铁供电系统的正常运行意义重大,所以一旦变压器出现问题就会影响地铁线路用电。常见的变压器故障根据位置可以分为两类:一类故障来源于油箱外部,比如接地故障等;一类故障来源于油箱内部,比如绕组匝间短路等。外部故障的解决较为简单,应当重点关注内部故障。当后者发生往往伴随着温度升高或是火星出行,油箱内部的机油遇火或触发高温时可能会发生爆炸,给地铁运行和人员生命带来严重的威胁。所以应当重视变压器的保护。变压器保护是继电保护的关键,一般可以分为电力变压器保护和直流牵引变压器保护。对于110kV的主变压器,纵联差动保护的整定值是1.47A,不仅可以有效保护主变压器,还兼顾极强的灵敏性。一般会采用直流牵引变压器作为地铁供电系统的牵引变压器,主要是对把电网的高压降下来,然后再整流成直流,最有转变成可以用于电力机车使用的1500V直流电,送到接触网为机车供电。

### 4 D市地铁供电系统供电方式及分区形式

以D市地铁工程建设为例,D市建立了较为完善的地铁网络,其供电模式为集中供电且使用了大分区供电系统。这种系统可以降低投资成本,实现资金利用的最大化。D市地铁的分区规划并已经完成建设的达到了6个。

#### 4.1 D市地铁继电保护方案

##### (1) D市地铁保护装置配置方案

目前针对大分区环网供电模式,D市地铁采用也采用进、出线柜分别设一套光纤差动保护装置作为主保护,微机综合保护测控装置作为后备保护,母联及馈线柜配置微机综合保护测控装置作为主保护的配置方案。但大连地铁在光纤差动保护装置故障情况下,通过动态加速相应的后备电流保护的方式,通过各级微机综合保护测控装置进行联网通信,利用网络信息资源共享和网络信息的快速响应性,并通过微机综合保护测控装置的可编程功能,迅速准确的切除并隔离故障。

##### (2) D市地铁保护方案的分析

D市地铁采用光纤差动保护作为区间的线路主保护,进出线上的后备保护采用相同时间延时,不设置级差,并且为了达到保护效果,是指了三组过电流保护定值,这三

组各有不同的时限,第一组为地铁线路常规运行条件下,过流保护时限(保护时限1.2s);第二组作为区间失去光纤差动保护时,启动的与之对应的后备过流短延时定值,该两组定值的时延有一个时间级差(0.2s~0.3s)(保护时限0.9s)。第三组过电流保护作为母线故障的主保护,快速切除母线故障;延时设定为:比光纤差动故障时的过流短延时再小一个时间级差(0.2s~0.3s),比馈线的过流时限大一个时间级差(0.2s~0.3s)(保护时限0.6s)。

#### 4.2 D市地铁继电保护方案各故障状态下的保护动作状态

##### (1) 馈线故障

K1点故障(B站35kV馈线故障),馈线保护装置启动,延时接点经0S(电流速断)或0.3s(过流)延时跳开B站13开关。

##### (2) 正常情况下的线路短路故障

K2点故障(A站与B站间线路故障),光纤差动保护速动跳闸,跳开A站12及B站11开关,同时启动B站备自投,恢复对失电母线的供电。B站、C及其他下级变电所的I段母线同时失压,B站备自投启动回路因为满足差动启动逻辑判据,B站启动分段备自投,恢复对B站I段母线供电;C站及其他下级变电所虽然满足纯无压条件,但时延未到,且由于B站备自投动作成功,本段母线恢复带电,因此C站及其他下级变电所备自投不启动。实现了近故障点优先原则,只启动近故障点分段备自投,之后保障其他元件供电的需求,从而降低对地铁线路正常运营的影响,为行人持续提供便利的交通。

##### (3) 光纤差动保护故障

退出情况下的线路故障K3点故障(B站与C站间环线故障),因光纤差动保护退出运行,故障需要依靠后备电流保护经0.9S延时切除故障;C站失电母线,依靠纯无压检定逻辑和最短的自投延时启动备自投,恢复对失电母线的供电。

##### (4) 母线故障

K5点故障,所有的环网线路均流过故障电流,但均为穿越性电流,基于光纤差动保护的原理,光纤差动保护均不会出口跳闸;A站与B站由于进线和出线均有电流,母线保护互锁,均不动作。C站由于进线有过流,出线没有过流,所以进线经0.6S延时出口跳闸,跳开C站11开关,切除故障。

### 5 地铁供电系统继电保护的方案对策

#### 5.1 完善继电保护配置

从理论的角度而言,继电保护装置是可以达到保护地铁供电系统正常运营的目的,同时可以提高地铁运营的安全性和稳定性。然而理论转化为实践的过程是比较艰难的,为了更好的将理论转化为实际,需要遵照基本客观规律和技术理论来进行。继电保护配置的合理性和优化对于

保证继电保护系统发挥作用非常关键,只有不断优化这方面的水平才能进一步提升保护效果。并且地铁线路供电系统的作用和功能在于确保电气系统的正常,所以需要精心维护其质量和正常运行。当保护系统发现短路电流等故障信号时,继电保护系统动作切断故障线路并给予值班人员提示。值班人员在得到警示信号后,需要根据保护系统的表现判断故障的严重程度,避免继电保护系统误动而影响地铁交通的正常。一般继电保护系统可以在电气设备故障后当即切断故障线路和线路所在的元件,之后在其他结构的作用下,维护非故障线路和元件的正常运行,对于整体线路起到了一定的保护作用。

### 5.2 加强方案测试

不同地区的地铁工程本身具有一定的差异性,所以其继电保护方案也具有较大的不同,需要因地制宜,采用适合的保护装置落实继电保护工作,所以强化继电保护方案测试对于维护地铁的正常运营非常关键。第一步,对地铁运营的基础环境展开测试。在地铁项目所在环境中进行多次模拟和分析,从而明确无强外力的条件下,方案本身的可行性、科学性和安全性,明确是否能保证供电系统的正常运作等。第二步,在完成基本测试后,就要开始外部环境测试。在地铁运行的同时供电系统工作的过程中也会受到不同的外界因素的影响,可以采用差异性的测试方法分析方案是否存在严重的缺陷或问题,进而优化方案。在分析外界影响条件的同时应当重视细节问题,降低隐患。第三步,在地铁正式投入运营前,应当进行多次测试,并收集足够多的样本信息,进而得到继电保护方案的普遍规律,最终为保证地铁的正常使用奠定良好的基础。

### 5.3 加强变压器保护

想要进一步优化继电保护效果就需要重视保护方案的所有关键内容。上文中明确分析了变压器在继电保护中的意义,所以应当强化变压器保护,重视方案中关于变压器保护的内容。为了更好得达到继电保护效果,需要做到以下几点:重视变压器保护的意,并做好全面的保护,同时在测试的过程中重点分析变压器保护的效果,并不断做出调整;分析地铁运行的实际情况并分析其中的重要影响因素。比如,东北等地区建设地铁项目应当注意严寒环境,若过于寒冷可能会导致变压器出行严重的问题,所以在寒冷地区应当重视变压器的保暖工作,不可将其暴露在严寒环境中等。

## 6 总结

随着城市的发展,地铁供电系统长期处于超负荷运营则会因为压力持续增大而导致瞬间电流过大的情况,从而给地铁的正常运营带来巨大的安全隐患。所以完善继电保护方案可以有效提升地铁的稳定性和安全性,为地铁向全

国普及提供有力的支持。综上所述,在地铁已经成为现代化城市的重要交通组成部分的前提下,如何强化其供电系统继电保护已经成为了建设地铁项目的关键。地铁供电系统继电保护涉及到很多因素和电气设备,应当继续根据不同地区建设环境制定切实可行且黑的继电保护方案,从而为维护地铁的正常运营提供有力的支持。

### [参考文献]

- [1]赵黎明,随新鲜,何淑旭,等.适用于德黑兰地铁的数字化线路保护测控装置方案设计[J].智能城市,2022,8(2):22-24.
  - [2]王顺,尹小清.佛山地铁2号线35kV中压环网继电保护方案分析[J].电气化铁道,2022,33(1):63-66.
  - [3]卢宁.地铁直流牵引网非典型谐波特征及距离保护原理研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2021.
  - [4]苏堤.沈阳地铁2号线北延线牵引供电系统继电保护与定值整定[J].电气化铁道,2020,31(3):76-79.
  - [5]赵云云,王洪杰,申正超.地铁配电变压器继电保护整定配合方案比选[J].城市轨道交通研究,2020,23(1):158-161.
  - [6]申正超,潘育山,刘炜,等.地铁供电系统继电保护整定研究[J].电工技术,2019(19):54-56.
  - [7]王学振.地铁供电系统继电保护初探[J].电脑知识与技术,2019,15(25):288-289.
  - [8]陈继勇,徐文亮,郑杰.地铁35kV环网数字通信电流保护测试方法[J].城市轨道交通研究,2019,22(6):187-190.
  - [9]申正超.地铁供电系统继电保护整定研究及软件开发[D].厦门:西南交通大学,2019.
  - [10]李浩.地铁供电系统继电保护配置与整定计算软件设计[D].厦门:西南交通大学,2019.
  - [11]郭若昕.关于地铁供电系统继电保护方案的探讨[J].科技风,2018(8):120-121.
  - [12]吕良君,朱臻怡,王文进,等.北京地铁9#线环网供电系统继电保护方案分析[J].电气应用,2012,31(18):18-22.
  - [13]杨炼,范春菊,孙陈勇.地铁供电系统继电保护方案研究[J].供用电,2012,29(1):51-54.
  - [14]孙梓博.地铁供电系统继电保护方案研究[J].城市建设理论研究(电子版),2017(22):13-14.
  - [15]件敏敏.地铁供电系统继电保护方案研究[J].城市建设理论研究(电子版),2017(1):28-29.
- 作者简介:刘强(1992.9-)男,毕业院校青岛大学,学历本科,所学专业材料成型及控制工程。