

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2019.02.019

基于GOOSE通信的智能保护装置 在青岛地铁中压供电网络的应用

王凯建¹, 隋佳斌², 陈海辉¹

(1. 北京城建设计发展集团股份有限公司, 北京 100037; 2. 青岛地铁集团有限公司, 青岛 266021)

摘要: 大分区环网接线的中压供电网络在建设投资和运营能耗两方面具有较好的经济性, 在地铁供电系统中得到广泛应用。结合青岛地铁 11 号线工程实践分析指出, 大分区环网接线对继电保护的选择性及速动性提出更高的要求; 而传统继电保护方案依靠时间级差配合满足选择性要求, 会造成保护动作延时过长、与城网变电站保护匹配性差、设备热稳定性要求高等问题, 已难以满足大分区环网接线的要求。因此, 推荐在大分区环网接线的中压供电网络中采用基于 GOOSE 通信的智能保护配置方案。智能保护方案通过组建专用的 GOOSE 网络实现本站及相邻车站各智能保护装置之间的数据快速交换, 并根据交换的数据信息对过电流保护进行逻辑判断以确定实际的故障发生位置, 从而使最靠近故障点的保护装置快速动作。智能保护方案可从根本上解决继电保护的选择性、速动性问题, 能够更好地匹配中压供电网络大分区环网接线方案。

关键词: 地铁; 中压供电网络; 供电分区; GOOSE 通信; 智能保护装置; 继电保护

中图分类号: U231.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2019)02-0109-07

Application of Intelligent Relay Protection Device Based on GOOSE Communications in Qingdao Metro Line 11

WANG Kaijian¹, SUI Jiabin², CHEN Haihui¹

(1. Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., Beijing 100037;

2. Qingdao Metro Group Co., Ltd., Qingdao 266021)

Abstract: Owing to economical efficiency in construction investment and operation energy consumption, in recent years, ring connections with large service areas have widely been used in medium voltage power supply network of metros. Combining practices of Qingdao Metro Line 11, the author indicates that the ring connection with large service area requires selectivity and action speed of relay protection, and traditional relay protection methods could not satisfy these conditions because of the problems of long action time, poor matching with urban power networks, and higher thermal stability requirements of power equipment. Therefore, this study introduces the intelligent relay protection plan based on GOOSE communications. By building the GOOSE network, the intelligent relay protection devices in a station and adjacent stations communicate with each other, confirming the fault position according to the logical judgement of over-current protection. This is done on the basis of transfer data; thus, the relay protection device that is closest to the fault position acts rapidly to cut off the short circuit fault. The intelligent relay protection plan based on GOOSE communications has radically solved the problem of selectivity and action speed and shows agreement with the ring connection with large service area.

Keywords: metro; medium voltage power supply network; service area; GOOSE communications; intelligent relay protection device; relay protection

收稿日期: 2018-10-17 修回日期: 2018-11-05

第一作者: 王凯建, 男, 高级工程师, 主要从事城市轨道交通供电系统的设计工作, wangkj@bjucd.com

近些年,随着技术的快速发展,供电设备的制造水平明显提升,设备的可靠性也大大提高。在地铁供电系统设计中,为了简化系统接线、降低设备投资和运营电能损耗,中压供电网络采用大分区环网接线的应用案例越来越多,而这对中压供电网络保护配置提出了更高的要求。

传统的中压供电网络保护配置方案一般为光纤纵差保护+过流后备保护,光纤纵差保护故障退出后,依靠过流保护的延时来实现上下级保护配合。随着大分区环网接线的广泛应用,这种传统保护配置方案已难以满足保护动作时的选择性要求。因此,笔者结合青岛地铁11号线工程实践,提出基于GOOSE通信的智能保护装置的解决方案,以彻底解决中压供电网络保护的选择性问题。

1 中压供电网络接线及继电保护需求

1.1 中压供电网络方案

1.1.1 外电源供电方式

本工程沿线外部电源条件较好,线路南段的城网220 kV 午山站、宜川站可提供35 kV 电源,线路中段220 kV 旺电站可提供110 kV 电源,线路北段的220 kV 岙山站可提供110 kV 或35 kV 电源。对于本工程而言,既可采用集中供电方式也可采用混合供电方式。

结合沿线城市外部电源条件并综合考虑线网资源共享情况,确定本线外电源供电方式采用以分散供电为主的混合供电方式,全线设置110/35 kV 土寨河主变电所1座(9、11号线共享)、35 kV 电源开闭所2座

(分别为线路南段的海洋大学开闭所和线路北段的皋虞开闭所)。中压供电网络电压等级与城市电网保持一致,采用35 kV 电压级,同时也可以更好地匹配地铁用电负荷大、线型分布、负荷距大的特点。

1.1.2 中压供电网络接线方式

地铁作为城市重要的公共交通工具,一旦供电中断,将引起大面积公共秩序的混乱并带来一定的政治影响,因此《地铁设计规范》(GB 50157—2013)规定,地铁供电系统中的各类变电所均应有双重电源,且每个进线电源的容量应满足变电所一、二级负荷的要求^[1]。

为提高地铁供电系统的可靠性,保障供电安全,目前国内地铁中压供电网络主要采用双环网接线。而双环网接线形式根据供电分区划分的不同,可以分为大分区双环网接线和小分区双环网接线。综合考虑建设投资和运营能耗两方面的经济性,在满足规范要求的前提下,应尽可能减少供电分区数量,即选择大分区方案具有较好的经济性^[2],尤其是对于站间距较大的地铁11号线工程,大分区双环网接线的经济性更为明显。因此,青岛地铁11号线中压供电网络采用大分区双环网接线,详见图1,供电分区划分详见表1。

为了保证一座主变电所/开闭所退出运行的情况下,相邻开闭所/主变电所能通过中压环网越区支援供电,在主变电所/开闭所供电分界处的北九水站和蓝色硅谷站变电所每段母线各设置一面35 kV 应急联络开关柜。

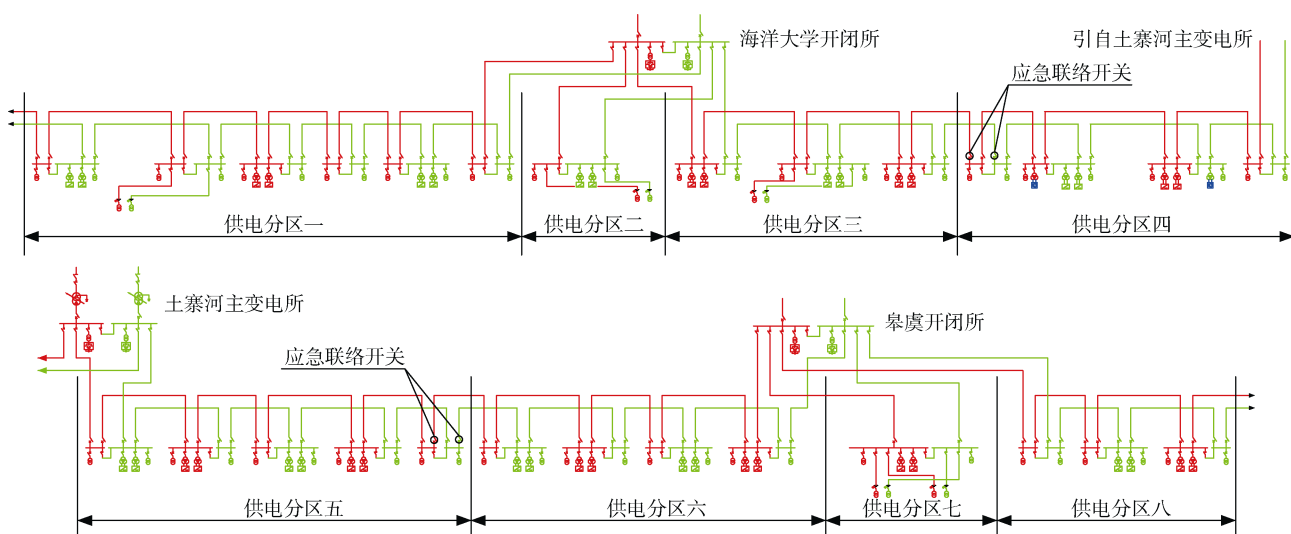


图1 中压供电网络接线

Fig. 1 Single line of medium voltage power supply network

表 1 供电分区划分

Tab. 1 Division of service areas of power supply network

供电电源	供电分区	供电范围
海洋大学开闭所	供电分区一	苗岭路站、会展中心站、青岛二中站、青岛科大站、张村站、枯桃站
	供电分区二	海洋大学停车场
	供电分区三	海洋大学站、世博园站、北宅站
土寨河主变电所	供电分区四	北九水站、北庙区间所一、北庙区间所二、庙石站
	供电分区五	浦里站、浦里区间所、鳌山卫站、山东大学站、蓝色硅谷站
皋虞开闭所	供电分区六	水泊站、博览中心站、温泉东站、皋虞站
	供电分区七	大田路车辆段
	供电分区八	臧村站、钱谷山站、鳌山湾站

1.1.3 运行方式

中压供电网络运行方式可分为 3 种：正常运行方式、单电源故障运行方式和应急支援运行方式^[3]。

1) 正常运行方式下，每个变电所均由两个独立电源同时为供电范围内的全部负荷供电，各变电所两个进线开关处于合闸状态，母线分段开关和应急联络开关均处于分闸状态。

2) 单电源故障运行方式是指变电所上级电源失去、电缆线路故障或供电设备故障造成的变电所一个电源退出运行，且另一个电源正常运行的系统运行方式。当变电所的一个电源退出运行时，相应变电所的母线分段开关自动合闸，由另一个电源为本变电所及所在供电分区内的变电所进行供电。

3) 应急支援运行方式是当主变电所或其中一座开闭所的两个进线电源均退出运行时(不考虑主变电所和开闭所 35 kV 母线同时故障的情况)，通过合闸位于北九水站和蓝色硅谷站的 35 kV 应急联络开关，利用相邻开闭所或主变电所的备用容量为退出的主变电所或开闭所供电范围内的动力照明一、二级负荷及牵引负荷供电，保证供电系统继续运行。

1.2 继电保护需求

1.2.1 地铁中压供电网络继电保护需求

根据地铁中压供电网络的接线形式和可靠性要求，对于继电保护主要有以下需求：

1) 继电保护配置应与一次系统的接线形式相适应，并应满足灵敏性、可靠性要求^[4]；

2) 为减小故障影响范围，继电保护应实现逐级的选择性要求，保证快速定位、隔离故障点，并投入备用电源恢复供电；

3) 保护配置应具有速动性，保护延时动作时限应满足设备动热稳定性能要求，并与城市供电部门给定

的过流时限相匹配；

4) 地铁变电所距离近、电缆线路阻抗小，上下级变电所母线短路电流差别不大，上下级保护的选择性配合应从动作时限考虑。

1.2.2 传统继电保护方案及其存在的问题

一般地铁中压供电网络线路保护配置多采用光纤纵联差动保护+过流后备保护的配置方案^[5]。从前述的中压供电网络接线和运行方式可以看出，正常运行方式下供电分区一所带变电所数量最多，为 6 座；应急运行方式下海洋大学开闭所故障退出后由土寨河主变电所支援供电时，供电分区重新调整，最大的供电分区为庙石站—海洋大学站—苗岭路站分区，该供电回路上有 13 座变电所。

1) 保护装置正常，若环网电缆发生了故障，则纵差保护可以快速动作将故障隔离，下级备自投开关迅速投入实现备用电源的倒切。若变电所母线发生故障，此时对纵差保护来说属于区外故障不动作，需要依靠过流后备保护切除故障，且需要通过保护延时来实现上下级的选择性配合。按每级保护延时 $\Delta t=0.3\text{ s}$ 计算，分区内 6 座变电所最长保护延时为 1.8 s，13 座变电所延时达到了 3.9 s，远远超出了供电部门给定的 0.9 s 时限，同时也超出了设备热稳定的承受范围(本工程开闭所 35 kV 电源引自 220 kV 变电站，系统短路容量较大)。

2) 光纤纵差保护故障退出时，由过流后备保护实现线路故障和母线故障的保护。过流后备保护通过动作延时来实现上下级的选择性配合，最大保护延时时与保护装置正常时相同。

从上述分析可以看出，传统的光纤纵差+过流后备保护的配置方案难以满足完全的选择性，通过分组延时(即相邻 2 座或 3 座变电所过流延时时限相同)、

硬线闭锁的“近区速动”或“网络选跳”方案可在一定程度上缓解选择性问题，但无法从根本上予以解决^[6]。同时，分组延时方案需要保护设置多套定值组，在运行方式改变时需相应进行定值组的投退，运营调度操作多有不便；而硬线闭锁的“近区速动”或“网络选跳”方案则存在柜间接线繁多、联锁逻辑复杂、对保护装置硬件要求高等问题。

1.2.3 智能保护装置的原理及其优势

从上述分析可以看出，传统的光纤纵差+过流后备保护已不能很好地适应大分区环网供电方案，迫切需要引入一种新的保护方案来解决系统各种运行工况下的选择性问题，尽可能提高供电系统的可靠性和可用性。近些年，以 IEC61850 标准为基础的智能变电站技术在我国电力系统中得到了广泛的应用，其先进性和可靠性得到了充分的验证。其中，基于 GOOSE 通信的智能保护装置作为网络化保护方法的一种，在软硬件等方面也都通过了严格的考验^[7]。工程在中压供电网络保护方案中尝试引入了基于 GOOSE 通信的智能保护装置组建保护方案，以解决传统保护存在的选择性问题。

基于 GOOSE 通信的智能保护装置是在过电流保护逻辑中增加来自其他保护装置的逻辑判据，只有当逻辑成立时保护方能可靠出口驱动开关跳闸。而智能保护装置之间的数据交换则是通过组建的专用

GOOSE 网络实现本站以及相邻站智能保护装置之间的快速数据交换。因此，对这种基于 GOOSE 网络通信的数字逻辑判断的电流保护称为数字电流保护。与传统光纤纵差+过电流保护方案相比，光纤纵差保护的作用是相同的，只不过过流保护方面传统保护是采用电流级差和时间级差进行选择配合，数字电流保护则是通过网络数据交换对本条母线或本条线路各端的保护装置启动状态进行逻辑判断来确定实际的故障发生位置，从而使最靠近故障点的保护装置快速动作，而其他端口的保护装置因不满足逻辑条件不动作。因此，数字电流保护无论对线路故障还是母线故障均能够实现完全的选择性，且动作延时非常小，可以快速切除故障；而光纤纵差+过流后备保护对于线路故障能够实现选择性(前提条件是光纤纵差保护运行正常，光纤纵差保护退出时过流后备保护也同样难以保证选择性)，对于母线故障则难以保证选择性且保护动作延时较长，故障切除慢。

2 智能保护装置配置方案

2.1 保护配置及组网方案

2.1.1 保护配置方案

以青岛地铁 11 号线典型牵引降压混合变电所为例，涉及中压供电网络保护的开关主要有环网进出线开关、母线分段开关、牵引变馈线开关、配电变馈线开关等。每台开关的具体保护配置种类见表 2^[8]。

表 2 中压供电网保护配置

Tab. 2 Configuration of relay protection of medium voltage power supply network

设备名称	保护装置配置	保护种类
35 kV 环网进、出线柜	光纤纵差保护装置 智能过流保护装置	光纤纵差保护、数字电流保护、数字零序电流保护、过流保护、零序过流保护
35 kV 母线分段柜	智能过流保护装置	数字电流保护、数字零序电流保护、过流保护、零序过流保护
35 kV 牵引变馈线柜	智能过流保护装置	数字电流保护、数字零序电流保护、速断保护、过流保护、过负荷保护、零序过流保护
35 kV 配电变馈线柜	智能过流保护装置	数字电流保护、数字零序电流保护、速断保护、过流保护、过负荷保护、零序过流保护

注：①此处仅列出电量保护，非电量保护不在讨论范围之内；②智能过流保护装置具备数字电流保护功能。

2.1.2 保护组网方案

国家电网公司发布的《智能变电站继电保护技术规范》(Q/GDW441—2010)要求：变电站过程层 GOOSE 网络、站控层网络应独立配置，且过程层网络宜按双网配置^[9]。在 11 号线工程设计中参考了该标准要求，间隔层设备(智能保护装置)独立组建 GOOSE 网络，并按照双网进行配置：每座变电所的 35 kV 开关设备设置 2 台 GOOSE 交换机，并采用光纤连接，分别组成了 A 网和 B 网，网络传输速率为 100 Mb/s；每台智能

保护装置配置两个 GOOSE 网络端口，通过光纤分别连接至 A 网和 B 网的交换机；本站的 A 网和 B 网交换机通过地铁上下行线路敷设的站间纵差保护光缆的备用线芯分别与相邻站变电所的 A 网和 B 网实现通信，不单独设置专用光缆。保护组网方案如图 2 所示。

2.2 保护逻辑设置

2.2.1 数字电流保护装置配置

环网进出线柜(301、302、303、304)配置光纤纵差保护装置(PCS-9613DT)和智能过流保护装置(PCS-

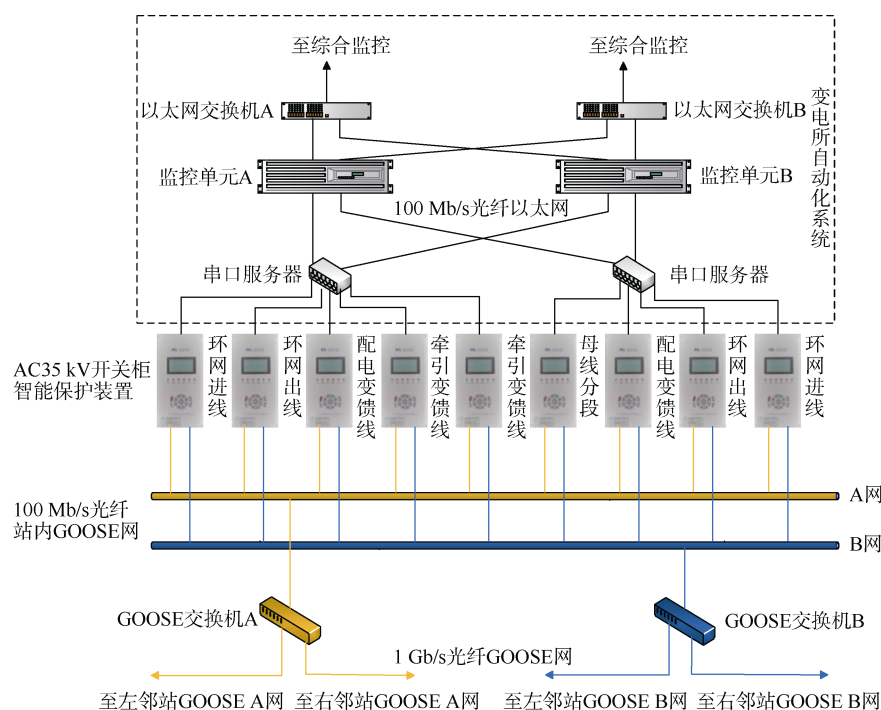


图2 保护组网方案

Fig. 2 Network of relay protection

9611DT)；馈线和母线分段柜(311、312、321、323、300)配置智能过流保护装置(PCS-9611DT)，PCS-9611DT 型智能过流保护装置提供了数字电流保护功能。站内及站间的智能保护装置之间通过 GOOSE 网络进行通信交换各个装置的过流闭锁信号，从而实现数字电流保护功能。对于环网线路来说，光纤纵差保护为主保护，数字电流保护作为后备保护，两者之间通过时间级差进行配合；对于变电所母线来说，数字电流保护为主保护。典型变电所 35 kV 主接线如图 3 所示。

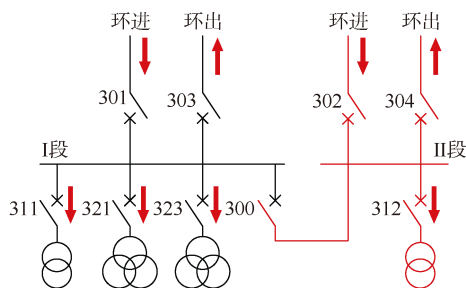


图3 典型变电所 35 kV 主接线

Fig. 3 AC35 kV single line of a typical substation

2.2.2 数字电流保护动作原理

通过对地铁 11 号线中压供电环网中不同故障下数字电流保护的動作分析说明数字电流保护的工作原

理^[10]。数字电流保护逻辑如图 4 所示。

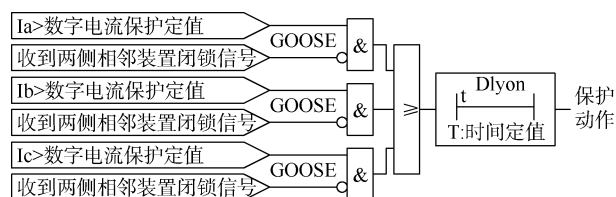


图4 数字电流保护逻辑

Fig. 4 The logic of digital current relay protection

当故障电流大于“数字电流保护定值”时，流过故障电流的断路器上配置的保护装置PCS-9611DT 立刻通过 GOOSE 网向相邻断路器的保护装置发送闭锁信号；经毫秒级网络延时后流过故障电流的断路器上的 PCS-9611DT 如果收到相邻断路器(包含母线侧，线路对侧)闭锁信号，判定为区外故障，保护出口被闭锁；否则判定为区内故障，保护出口动作。数字电流保护固有动作时间小于 0.05 s，为了与光纤纵差保护动作时间相配合，应用中将保护动作延时时间 Δt 整定为 0.2 s，相对于传统的过流保护，对故障处理的速度显著提升。

以下就不同故障点进行具体分析。K1~K3 点故障下的数字电流保护动作分析如图 5 所示；K4、K5 点故障下的数字电流保护动作分析如图 6 所示。

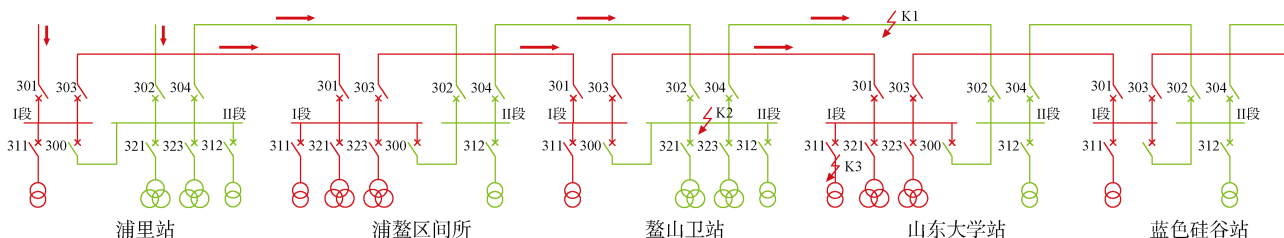


图5 K1~K3点故障下的数字电流保护动作分析

Fig. 5 Analysis on action of digital current relay protection in case K1 to K3 fault

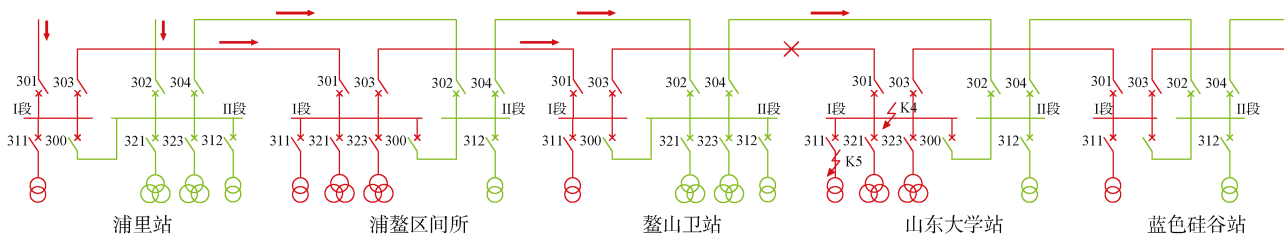


图6 K4、K5点故障下的数字电流保护动作分析

Fig. 6 Analysis on action of digital current relay protection in case K4 and K5 fault

1) 环网故障(K1点)数字电流保护动作分析。K1点故障为环网线路故障,当K1点发生短路后,由于地铁供电系统是单电源系统,故障电流会流过电源到故障点之间所有的302、304断路器。光纤纵差保护正常时,故障由鳌山卫站牵混所304开关的光纤纵差保护0s动作切除故障;若光纤纵差保护故障退出运行时,由数字电流保护切除故障。图5中鳌山卫站牵混所中304开关只接收到来自本站母侧302开关发出的GOOSE闭锁信号,在延时时间 Δt 内未收到下级断路器(山东大学站牵混所中的302开关)的GOOSE闭锁信号,延时时间结束,判断为环网线路故障,鳌山卫站牵混所中304开关上的保护准确动作出口,将故障点切除出系统。

2) 母线故障(K2点)数字电流保护动作分析。K2点故障为母线故障,当K2点发生短路后,故障电流会流经电源到故障点之间所有302、304的断路器。母线故障对于光纤纵差保护而言属于区外故障不动作。图5中鳌山卫站牵混所中302开关只接收到来自浦里区间所中304发出的GOOSE闭锁信号,在延时时间 Δt 内未收到任何同母线上的保护发出的GOOSE闭锁信号,延时时间结束后,判断为母线故障。鳌山卫站牵混所中302开关上的保护准确动作出口,将故障点切除出系统。

3) 馈线故障(K3点)数字电流保护动作分析。K3点故障为馈出线故障,当K3点发生短路后,故障电

流会流经电源到故障点之间所有301、303以及故障所在馈线311的断路器。馈线故障对于环网开关的光纤纵差保护而言属于区外故障不动作。图5中山东大学站牵混所的301开关接收到来自母侧故障馈线所在的311开关上的GOOSE闭锁信号,判断为馈出线故障不动作,由山东大学站牵混所311开关配置的电流速断保护动作切除故障。

4) 母联合闸下母线故障(K4点)数字电流保护动作分析。当环网检修或者故障后,下级变电所备自投合闸。如果发生K4点故障即为母联开关合上后受援母线故障,故障电流会流经电源到故障点之间所有的断路器。母线故障对于环网开关的光纤纵差保护而言属于区外故障不动作。如图6所示,故障电流会流经电源到故障点之间所有的302、304开关以及母联的300开关。山东大学站牵混所中300开关只接收来自本站中302发出的GOOSE闭锁信号,在延时时间 Δt 内未收到任何受支援母线上的保护发出的GOOSE闭锁信号,延时时间 Δt 结束后,判断为母线故障。山东大学站牵混所中300开关上的保护准确动作出口,将故障点切除出系统。

5) 母联合闸下馈线故障(K5点)数字电流保护动作分析。K5点故障为母联开关合上后受援母线的馈出线故障,当K5点发生短路后,故障电流会流经电源到故障点之间所有的断路器。馈线故障对于环网开关的光纤纵差保护而言属于区外故障不动作。如图6所

示,故障电流会流过电源到故障点之间所有的 302、304 开关,母联的 300 开关以及故障所在馈线处的 311 开关,山东大学站牵混所的母联开关 300 接收到母线侧闭锁信号来自故障馈线所在的 311 开关上的 GOOSE 闭锁信号,延时时间 Δt 结束后,判断为馈出线故障,由山东大学站牵混所 311 开关配置的电流速断保护动作切除故障。

数字零序电流保护与数字电流保护原理相同,在此不再重复描述。

由以上分析可知,后备保护选用基于 GOOSE 通信的智能保护装置提供了先进的数字电流保护方案,成功解决了大环网方式下传统保护方案所面临的瓶颈,可以在发生故障时迅速将故障隔离在最小范围,在故障处理过程中不会越级跳闸,显著加快了故障处理速度,满足轨道交通用户对供电的可靠性要求,且极大地增强了环网扩展的灵活性。

2.3 保护整定

数字电流保护定值可按照 1.2 倍最大负荷电流整定,大大提高了保护的灵敏性;同时,由于数字电流保护的逻辑,能够对各类故障进行准确判断,从而确定需跳闸的断路器,不需考虑各站环网的时间级差。如图 5 中,蓝色硅谷站按照传统级差考虑,正常运行工况下的最长保护延时至少为 1.5 s,但数字电流保护时间整定值只需考虑与主保护光纤纵差保护的级差配合,可统一设置为 0.2 s,大大缩短了故障切除时间,简化了整定值设置;但是数字电流保护对保护定值匹配度的要求较高,同一供电分区宜采用相同的保护定值。

3 结语

数字电流保护通过专用的 GOOSE 网络实现本站及相邻站各智能保护装置之间的数据快速交换,并根据交换的数据信息对过电流保护进行逻辑判断以确定实际的故障发生位置,从而使最靠近故障点的保护装置快速动作。对于大分区环网接线的中压供电网络而言,数字电流保护无论对线路故障还是母线故障均能够实现完全的选择性,且动作延时短故障切除速度快;而光纤纵差+过流后备保护对于线路故障能够实现选择性,对于母线故障则难以保证选择性且动作延时较长,故障切除慢。同时,与传统保护配置方案相比,基于 GOOSE 通信的智能保护方案接线更简单、故障切除更快、运营维护更便捷,从根本上解决了中压供电网络保护的选择性问题,能够更好地匹配中压供电网络大分区环网接线方案,具有较高的推广应用价值。

该方案在青岛地铁 11 号线已经投入运行约两年,保护装置已在多次的各类故障中可靠动作,验证了保护动作的选择性。目前国内部分城市地铁工程也陆续开始采用该种类型的保护配置方案。

参考文献

- [1] 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014: 140-157.
Code for design of metro: GB50157—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014: 140-157.
- [2] 韩连祥, 张钢. 城市轨道交通中压网络供电分区的划分[J]. 都市快轨交通, 2007, 20(4): 75-77.
HAN Lianxiang, ZHANG Gang. Subdivision of the service areas for medium voltage power supply network in urban rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2007, 20(4): 75-77.
- [3] 于松伟. 城市轨道交通供电系统设计与应用[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2008.
YU Songwei. Design principle and application of power system for urban rail transit[M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2008.
- [4] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [5] 韩连祥. 城市轨道交通中压双环网继电保护和自动装置配置[J]. 都市快轨交通, 2005, 18(1): 36-39.
HAN Lianxiang. Configuration of relay protection and automatic devices for medium voltage double-looped network in urban rail transit system[J]. Urban rapid rail transit, 2005, 18(10): 34-36.
- [6] 陈建君, 周才发. 城市轨道交通工程中压供电网络保护方案优化[J]. 电气化铁道, 2014(3): 46-48.
- [7] 魏巍, 严伟, 沈全荣. 地铁数字电流保护技术的应用[J]. 都市快轨交通, 2014, 27(5): 60-63.
WEI Wei, YAN Wei, SHEN Quanrong. Application of the digital network over current relay for metro[J]. Urban rapid rail transit, 2014, 27(5): 60-63.
- [8] 北京城建设计发展集团股份有限公司. 青岛地铁 11 号线供电系统初步设计[A]. 青岛, 2013.
- [9] 智能变电站继电保护技术规范: Q/GDW441—2010[S]. 北京: 中国电力出版社, 2010: 4-5.
Technical specifications of protection for smart substation: Q/GDW441—2010[S]. Beijing: China Power Press, 2010: 4-5.
- [10] 南京南瑞继保电气有限公司. PCS-9611DT 线路保护装置技术和使用说明书[Z]. 南京, 2014: 11-16.

(编辑: 王艳菊)