

# 接地选线(点)技术在10 kV配电网中的应用

蒲小明, 李凤琴

(四川明珠集团有限责任公司, 四川 射洪 629200)

**摘要:**针对10 kV配电网接地故障频发、查找困难的问题,分析了当前小电流接地选线技术应用中存在的问题,探讨了提高小电流接地选线装置准确率的措施,论证了在10 kV线路上应用的接地选点型分段开关相关产品接地选点的准确性和可靠性,提出了接地选点型分段开关与小电流接地选线装置配合,能够及时准确判断和查找10 kV配电网接地故障范围。

**关键词:**小电流接地选线;零序电流互感器;接地选点型分段开关

**中图分类号:**TM726;TM727;TM645

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2012)03-0092-03

## 1 概述

明珠公司系统现有10 kV配电线路96条,长度约1 600多km,点多面广,运行维护成本高,如何提高10 kV配电网的供电可靠性就显得尤为重要。现有的10 kV配电网中在运的100多台分段开关对及时切除故障段线路、缩小停电面积,提高配电网的供电可靠性起到了很重要的作用。但目前使用的分段开关只有过流和速断保护的作用,对10 kV网络中频发的单相接地没有任何作用。而我公司系统内大多数变电站均无接地选线装置,个别变电站即使有,所装置的选线效果也不理想,误判率较高,当10 kV配电网发生接地故障时,只能靠变电站逐条拉合开关查找接地故障线路,查找故障点也只能靠人工现场寻找,费时费力。而在10 kV配电网中采用接地选点型真空开关作分段开关,在变电站安装较成熟的小电流接地选线装置,相互配合,就能确保及时准确地查找出接地线路和接地段故障,大幅度提高配电网的供电可靠性。

## 2 小电流接地选线(点)设备在电力系统中的应用现状

### 2.1 10 kV小电流接地系统的概念和特点

小电流接地系统是指中性点不接地或经消弧线圈接地或经电阻接地的电力系统,我国10 kV配电网大多采用这一系统。小电流接地系统中最常见的故障是单相接地。有统计资料表明,在配电网故障中,单相接地故障所占比例较高,达80%以上,电力系统安全运行规程规定允许其继

续运行1~2 h。虽然小电流接地方式对提高配电网的供电可靠性有良好的作用,但是,由于非故障相长时间承受了线电压,个别情况下会有弧光过电压存在,因此,如果不尽快排除单相接地故障,就有可能诱发两相接地故障或其他形式故障,造成事故范围扩大。在运行中常发生过电压引发电力电缆爆炸、进而造成供电中断的事故。因而,快速确定系统接地点并消除单相接地故障,对系统的安全运行意义重大。

### 2.2 接地选线(点)技术应用的基本情况

虽然10 kV采用不接地系统增加了供电的可靠性,但当系统发生单相接地时,为了使故障迅速消除,降低故障面,防止故障扩大,就必须想办法及时找到故障线路,这就为电力工作者提出了一个如何准确查找接地线路的课题。由此,接地选线(点)技术应运而生。

#### 2.2.1 变电站小电流接地选线装置的应用现状

小电流选线设备已经走过了几十年的历程,但现场运行结果表明,装置的选线效果并不理想。统计结果表明,目前在运的各种型号的小电流接地选线装置平均选线正确率仅为20%~30%。尽管经过大批电力技术人员的研究和改进,部分高性能装置正确率提高到60%以上,部分供电企业经过改进的成熟产品甚至接近90%,但误判率依然不小,装置运行的稳定性还有待提高。

目前,电力系统内部分供电企业和对供电可靠性要求很高的生产性企业在使用该装置。明珠公司的16座变电站中仅蟠龙变电站10 kV系统装设有小电流接地选线装置,从运行状况看,尽管

收稿日期:2012-01-07

有过几次成功的接地选线,但很多时候仍误判。

### 2.2.2 10 kV 接地选点型分段开关的应用现状

接地选点型分段开关在电力系统中已经有 3~5 年左右的应用经验,随着通信技术和控制技术的成熟,通过不断改进,带接地选点功能的分段开关现已实现智能化,并成为当前及时查找 10 kV 配电线路接地故障的理想产品。经调查和研究,现有接地选点型分段开关在电力系统 10 kV 配网中的应用已比较成熟,产品性能稳定,安全可靠。笔者从该产品的原理入手,分析其运行的可靠性。目前,明珠公司正准备推广带接地选点功能的断路器。

## 3 变电站 10 kV 系统接地选线装置的原理及应用

### 3.1 变电站小电流接地选线装置的工作原理

小电流接地选线装置根据接地故障时产生的零序电压和零序电流,采用比较法选出接地的线路或母线,通过串口通信方式或继电器输出方式向监控计算机报告,通知运行维护人员及时处理故障。小电流接地选线装置现场应用的原理为:稳态分量法、谐波分量法、暂态法、接地选线和消弧线圈一体化等。

### 3.2 小电流接地选线装置的优缺点和改进方向

无论是稳态分量法还是谐波分量法、暂态法等几种理论各有其优缺点。众多供电单位的运行经验证明:单靠一种方法不可能排除误选和漏选,这也许是目前许多接地选线装置正确率不高的主要原因。为什么呢?根据相关电工理论:小电流接地系统中发生单相接地故障时,凡是对地有电容的线路都将有零序电流流过。而 10 kV 配电网大多是架空线路,10 kV 系统总的电容电流不大,单相接地故障时零序电流较小,且其又有很大的分散性,再加上零序 CT(以下简称 CT)二次侧波形畸变,CT 测量误差、信号干扰、线路长短差别悬殊以及零序电压互感器(以下简称 PT)的非线性特性等影响,要实现灵敏而有选择性的接地保护比较困难,若系统中有消弧线圈,则困难更大。

现在,大批的电力工作者和厂家就如何提高选线准确率进行了长期试验和研究,找出了选线装置的缺点以及限制装置准确率的瓶颈,并提出了通过采样方式及硬件措施提高选线准确率的新思路,克服了片面的偏重软件的弊端。随着控制

技术的逐步成熟,硬件达到运算速度快,抗干扰能力强,能把故障瞬间的数据全部准确地采集上来,在对这些数据进行横向比较、纵向比较后,就能很清晰地判断出故障线路。

### 3.3 逐步推进变电站 10 kV 小电流接地选线装置的应用

#### 3.3.1 明珠公司系统小电流接地选线装置的应用效果

就明珠公司应用情况看,蟠龙变电站小电流接地选线装置自投运以来,共发生 37 次接地故障,其中 19 次准确判断,准确率为 51.35%。尽管接地选线准确性、可靠性不够高,但还是提高了配电网查找故障的效率,应用前景值得肯定。

#### 3.3.2 变电站 10 kV 小电流接地选线装置的应用建议

随着全社会对电网可靠性的要求越来越高,变电站 10 kV 系统实现接地选线功能非常必要。尽管小电流接地选线装置选线准确率还不是很高,但我们可以结合国内各供电企业多年的应用经验,通过严把接地选线装置的选型和出厂验收关,高度重视装置的安装调试、加强运行维护管理,是可以提高小电流接地选线装置选线的正确率的。

##### 3.3.2.1 找准提高小电流接地选线装置选线正确率的措施

(1)选择与该类产品的主流厂家合作。在设备的选型上必须严格执行有关技术规范,选择产品质量好、售后服务好的厂家,对装置的各电气元件严格把关,选用高性能硬件和高导磁铁芯的零序 CT 等。接地选线装置的选型确定后,派相关技术人员参与到生产厂家设计、制造全过程中,装置出厂前做好产品的验收试验,把好产品质量关;

(2)正确进行施工调试。正确安装零序 CT:零序 CT 一般装在电缆头下方,其上方电缆内接地铜带必须穿过 CT 后才接地;正确调试零序 CT 的一次、二次回路:所有零序 CT 极性必须严格一致,选择统一合适的变比,同一现场的 CT 电气特性应基本一致,零序 CT 的二次回路不得开路,应有一个接地点;确保接入小电流接地选线装置的 PT 开口三角零序电压的极性正确。

(3)加强运行维护管理,定期对小电流接地

选线装置进行试验,确保装置功能正常和相关二次回路无异常。

### 3.3.2.2 变电站应逐步改造、加装小电流接地选线装置

2011年,明珠公司10 kV系统发生过57次接地故障或者说可能由接地故障引起的相间短路故障,导致运行维护成本高。单从加装选线装置的投入产出比来看也是值得的。更重要的是,加装选线装置后,能切实提高配电网供电的高可靠性,这也是全社会的期望、供电企业追求的目标。

当然,如果是由于PT断线、系统铁磁谐振、谐波等的影响及单相接地过渡电阻变化而引起的零序电流变化,仍然会使选线的准确率降低。所以,变电站10 kV小电流接地选线装置必须要和10 kV线路上的接地选点分段开关配合才能更加准确及时的判断和查找出10 kV配电网接地故障范围,切实提高配电网的安全可靠性。

## 4 10 kV 接地选点型分段开关的原理和应用

### 4.1 10 kV 接地选点型分段开关原理分析

10 kV接地选点型分段开关的控制器是通过采集分段开关负荷侧即界内(以下简称界内)零序电流值与分段开关电源侧即界外(以下简称界外)的零序电流比较来判断接地故障的。由于界外的零序电流系本线路非故障段线路的零序电流,远小于界内发生接地故障时的零序电流(整个10 kV系统的电容电流),因此,其能较准确的判断接地故障点的范围,成功率几乎可达100%。

笔者以某个变电站10 kV系统为例,计算单相接地的电容电流。根据近似估算公式:

$$I_c = (L_1 + 35L_2) U_N / 350$$

式中  $L_1$ 、 $L_2$  为架空线路和电缆线路长度, km;  $U_N$  为电网额定电压, kV;  $I_c$  的单位为 A。

### 4.2 当接地故障发生在界外时零序电流流向

当线路的一相发生一点接地后,经计算该线路分段开关之后纯架空线路的总长度为26 km,其单相接地时的电容电流为0.75 A,即为分段开关零序CT检测到的电流。

总结以上分析结果,可以得出以下结论:单相接地故障发生在分段开关界内时流经LH0的故障电流系全系统非故障元件对地电容电流之总和 $I_c$ ,远远大于界外接地故障时的电流(线路n非故障相LH0以后线路的对地电容电流)。分段开关

可以通过设置适当的定值来判断故障点是位于分段开关界外,还是界内,定值以被保护线路段的电容电流为基准。以某条线路为例,如其定值应大于0.74 A,小于5.4 A,考虑到电网中谐波和CT误差等对LH0采集数据的影响,我们取1.5的灵敏系数,即定值设定为:1.11 A ( $= 0.74 A \times 1.5$ ),远小于5.4 A。这样,当界内发生单相接地时,流经LH0的故障电流约为5.4 A左右,远大于定值的1.11 A,就可以实现分段开关准确的检测接地故障位置。

### 4.3 10 kV 接地选点型分段开关的应用

提高配电网的可靠性一直是摆在供电企业面前的难题。因10 kV线路条数多,分布广,故障多且查找困难,如果在系统大部分较长的10 kV线路中使用10 kV接地选点智能开关进行分段,将会大幅度提高事故查找定位、故障处理和恢复时间,即当故障发生后,智能分段开关可向线路管理单位相关维护人员发手机短信报警,并明确提示事故跳闸的类别:过流、速断或单相接地,实现对故障的快速定位,使当地供电所能迅速明确事故范围,采取有针对性的处理措施,及时进行现场处理。

该分段开关的控制方式分为两种:(1)就地型——当用分段开关界内发生单相接地故障时,智能化开关保护控制器自动判断延时7200 s后,开关自动分闸,甩掉故障支线,保证馈线上其它分支用的供电,信号指示灯闪烁(可停电保持48 h),开关操作电路自锁;事故排除后,手动复位可送电;如事故未排除,手动不能复位,开关不能操作。对相间短路的速断保护及过流跳闸等均可设定,所有保护动作均有信号灯指示,以利于线路维护人员快速的查找;(2)远方型——通过GSM或GPRS终端,利用无线手机网络或光纤将ZJB-2智能化开关保护控制器的事故信号发送到管理中心,或线路值班手机。对于过流及速断,开关自动跳闸后只发动作的类别并指示故障位置;对于单相接地,发送报警信号并提示事故的位置,事故可远方切除(不能进行合闸操作),该产品可以组网,也可以单独使用,其后台界面采用GPS技术,实现自动的事故定位,并按GPS自动设定抢修路线,引导抢修人员快速到达事故现场,快速抢修事故,减少用户的停电时间。(下转第107页)

入档案系统,实现文档一体化的网上归档流程。

### (3) 服务方式的创新。

变被动服务为主动服务。开展在线服务、跟踪服务、现场咨询,积极主动地参与与科技人员有关的活动,尽力保证档案信息随时提供利用的态势,为各项工作提供翔实的档案信息。传统的档案利用方式要到档案部门才能利用档案,特别是到档案部门利用档案原件的方式,在信息化时代里必然要发生变化。社会的信息化改变了人们工作、学习和生活的环境,使人们更注重信息的时效性,希望通过信息系统、信息网络及时准确地获得多种信息,查询档案。所以,被动的、手工式的档案提供利用方式必然要被主动的、现代化的档案服务方式所代替。

### (4) 服务内容上的创新。

档案作为历史的原始记录、知识载体之一,汇聚着原始最可靠的信息。作为国家重要的水电设计研究院,蕴藏着丰富的档案信息资源,这些信息资源只有利用起来才能体现其价值。所以,档案部门可以在网页上通过汇编相应的专题、建立档案分类目录、文件索引目录以及网上全方位的检索体系;提供数据库查询、电子信箱等服务方式,让利用者与档案部门通过电子邮件在网上进行快速通讯,提供查询和资讯,提高档案的查全率和查

准率;提供数字化的档案编研成果,开展特色服务。

### (5) 归档制度和管理的创新。

为确保档案资料的齐全、完整归档,健全归档制度和岗位责任制,把归档纳入各部门考核目标和岗位责任制,实行归档保证金制度,根据归档制度对归档好的要奖励,归档不全的实施惩罚。加强对工地现场和总承包项目的归档指导,在工程项目多、工地分布广、档案人员人手少的情况下,档案人员仍要坚持到工地,如溪洛渡、龙头石、锦屏、瀑布沟、长河坝、柳洪等工程现场进行档案工作的检查和预立卷指导,确保档案的收集归档工作,为档案的更好利用提供保障。

## 4 结 语

在网络化、信息化、电子化、数字化的新时期,提高档案现代化管理水平与开展档案的创新服务,提高档案的利用率,对促进水电事业的发展有着非常重要的现实意义。

### 参考文献:

- [1] 陈作明. 科学技术档案管理学[M]. 北京: 档案出版社, 1998.

### 作者简介:

姜爱英(1962-),女,湖北武汉人,馆员,从事档案管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第94页)

## 5 结 语

随着明珠公司系统变电站无人值班模式的变革,调控一体化的实施,电网智能化的逐步推进,如何确保变电站10 kV系统运行监控功能的完善,确保接地故障的快速查找、定位和恢复就显得尤为重要。而接地选线(点)装置就是实现该功

能的最有效手段,将会给公司配网运行带来更大的安全性、可靠性和经济性,极大的提高配电网综合智能化管理水平。

### 作者简介:

蒲小明(1972-),男,四川射洪人,助理工程师,从事供配电网络技术与管理;

李凤琴(1973-),女,四川射洪人,助理工程师,从事水电厂技术与管理。

(责任编辑:李燕辉)

## 长河坝水电站大型人工骨料筛分系统投产

日前,由水电五局有限公司承建的四川长河坝水电站人工骨料加工系统通过了业主、监理单位验收,具备了生产成品骨料及反滤料的条件成功投产。长河坝电站人工骨料筛分系统需满足大坝反滤料及工程混凝土砂石骨料供料,其中混凝土总料约205万立方米,浇筑高峰期月平均强度约8.7万立方米,大坝反滤料总量约166万立方米,最大月填筑强度为4.84万立方米。系统成品料生产能力约为800吨/小时,其中人工砂生产能力约为300吨/小时,成品骨粒最大粒径为80毫米。系统生产细骨料总量约为378万吨,粗骨料总量约为490万吨。长河坝人工骨料加工系统是全国唯一的一座成品骨料及反滤料同时生产的大型筛分系统,也是五局安装、运行的最大筛分系统之一。

## 世界最复杂调压井阻抗板工程浇筑完成

日前,由水电五局有限公司承建的世界水电站调压井最复杂的阻抗板工程——锦屏二级水电站2号调压井阻抗板浇筑任务圆满完成。该调压室工程为差动式结构,呈“一洞一室两机”布置型式,是世界上最大的调压井群。在调压井施工中,阻抗板是每个调压井室施工的关键环节,锦屏二级水电站2号调压井阻抗板有效厚度为3米、面积836.4平方米,整体浇筑厚度达6米。