

判断隔离铁路自闭、贯通电力线路短路故障的方法

万忠泽,李继荣,王令璇

(北京铁路局 邯郸供电段,河北 邯郸 056002)

摘要: 阐述了铁路 10 kV 自闭、贯通电力线路的运行方式和特点,提出了一种用时标分组判断隔离铁路自闭、贯通电力线路短路故障的新方法。将故障电流转换成带时标的遥信信号上传,通过综合考虑故障点前后高压负荷开关流过电流及其在自闭、贯通电力线路的位置,主站对带时标的信号分组以判断线路短路故障区段。利用程序控制故障点两端远动负荷开关进行分闸操作,对相邻配电所相关断路器进行合闸操作,以达到自动隔离故障的目的。实例表明可在 90 s 之内自动隔离故障区段并恢复供电。

关键词: 时标;判断隔离;自闭、贯通电力线路;短路

中图分类号: TM 76;TP 277

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)02-0092-03

0 引言

铁路 10 kV 自闭、贯通电力线路担负着铁路沿线行车信号及各种自动化装备供电的任务。当发生短路故障时,主备配电所先后跳闸,停止向线路供电,只能通过工人现场巡视操作开关,配合配电所试送电,判断故障区段并隔离。这种故障处理方法效率低、故障延时较长,影响铁路供电的可靠性。

2003 年,京广线石家庄—安阳段投运电力远动系统,实现调度对配电所断路器、车站高压负荷开关、信号楼低压空气开关的远动操作。发生短路故障时,调度可以远动操作高压负荷开关,配合配电所试送电,分析判断故障区段。为使短路故障判断隔离更加快速准确,本文提出基于电力远动系统的短路故障自动判断隔离方法。该方法与自闭、贯通线路运行方式紧密配合,不依赖线路参数,不受干扰影响,判断准确。

1 铁路 10 kV 自闭、贯通线路运行方式简介

目前,主要铁路干线的供电形式一般为双回路系统,分为 10 kV 自动闭塞线路和 10 kV 贯通线路,每隔 50~70 km 设置 1 个配电所,形成主、备互供方式,自闭、贯通线路沿铁路线分布,供铁路沿线各车站信号及其他负荷。供电臂正常供电方式下,一所主供,另一所备供(备供配电所投入备用电源自投装置),即主备供电模式;当发生过流、速断故障后,主供所过流、速断跳闸,备供配电所检测线路无压,启动备用电源自动投入装置,由备供配电所供电;永久性故障时,备供所投入后也跳闸。现场切断故障点两侧开

关后,分别由主供配电所和备供配电所向隔离了故障点的 2 段线路同时供电,主备配电所均投入备用电源自投装置,即自供自备模式。如图 1 所示。

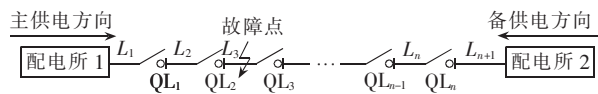


图 1 铁路干线供电形式

Fig.1 Power supply pattern of railway main line

2 短路故障判断方法应用情况

对于 10 kV 自闭、贯通电力线路短路故障的判断,主要有分段试送法、电抗(阻抗)法、脉冲法等^[1-9]。

分段试送法广泛应用于自闭、贯通电力线路短路故障的查找,这种方法简单实用,只需现场人员与调度和配电所人员电台或电话联系即可,但该方法查找速度慢^[1]。

电抗(阻抗)法是假定线路电抗(阻抗)沿线路均匀分布,通过测量故障线路的母线残压和故障电流,并经过适当变换,求得故障点至变配电所母线的短路电抗(或阻抗),从而测得故障点距离。该方法目前只在牵引供电得到应用,而由于自闭、贯通线路参数变化大、规律性差,很难准确输入基础参数,使用该方法会造成判断不准确,故未能成功推广^[2]。

脉冲法是当线路发生短路故障时,由变配电所自动发生脉冲波,通过测量脉冲波的传播及返回时间,或测量脉冲的频率(数量),测得故障点距离。这种方法优点是不受电力系统运行方式的影响,缺点是脉冲信号容易受外界干扰。因此,该方法在停电后故障的探测中应用较多,其测量误差也较小,而在运行线路上应用不多^[3]。

本文提出一种不依赖线路参数,不受运行方式影响,实现简单、判断准确的新方法——时标分组法。

3 时标分组法短路故障自动判断隔离方案

3.1 基本原理

当发生永久性短路故障时,主供配电所至故障点之间流过故障电流,主供配电所故障跳闸;备供配电所检测故障线路无电压,备自投自动投入,备供配电所至故障点之间也流过故障电流,备供配电所故障跳闸。因此,在具有远动功能的电力区段,根据流过故障电流的时间,以备自投投入时刻为基准点,同一供电臂的不同远动负荷开关前后可分为不同的 2 组。第 1 组是在基准点之前,主要是主供配电所按供电方向同一时间流过同一故障电流的远动负荷开关;第 2 组是在基准点之后,主要是备供所备供电方向另一时间流过另一故障电流的远动负荷开关。故障区段应在第 1 组的末端远动负荷开关和第 2 组的末端远动负荷开关之间。当确定了故障区段后,调度发出程序控制命令,将故障区段两端的远动负荷开关断开,合上相应配电所断路器,完成对故障区段的自动判断与隔离,恢复非故障区段的正常运行。

对于自供自备供电模式,因供电方向不变,故障点在沿供电方向最后一个流过故障电流的远动负荷开关与第 1 个未流过故障电流的远动负荷开关之间。

3.2 故障电流与正常电流的区分

为确定各远动负荷开关是否经历了故障电流,必须将自闭、贯通线正常工作电流与故障电流进行区分,判断后传至调度中心。在每个车站的远动负荷开关处安装高压电流互感器各 2 个,用以监测流过高压远动开关的电流。同时,在远动负荷开关控制箱内设电流继电器 2 个,对其进行适当整定(电流超过整定值即为故障电流),可将故障电流转变成继电器的动作信号,以遥信量的形式传送至调度主站。

3.3 故障信号分组及区段判断

发生故障后,如上文所述,远动开关按流过故障电流时间不同,分成前后 2 组;据此,远动开关产生的故障遥信信号也可分成相应 2 组。

在现有远动系统中,通信采用的是主站与各子站点点对点通信方式,遥信量作为一级数据优先上传,且带地址和时标。

实际运行中,调度主控站设有 GPS 时钟,精度达毫秒级,与各子站 FTU 用周期软件对时,对时精度达 100 ms 以内,对时时间间隔可设定,一般为 10 min。为使故障分组更加明确,可将自闭、贯通线路的备用电源自动投入动作延时时间增大到 2 s。当线路发生短路故障时,主供配电所短路跳闸,主供所与短路点之间的远动开关上传带时标故障信号;2 s 以后,备供配电所备自投动作,合闸至故障线路,备供所与短路点之间的远动开关上传带时标故障信号,备供所跳闸;以备供所备自投动作的时间为基准,远动开关上传故障信号时标发生在该时间之前的为第 1 组,发生在之后的为第 2 组。若按同一供电方向排列,故障区段即在第 1 组远动开关的最后一个与第 2 组远动开关的第 1 个之间;若按各自供电方

向排列,故障区段即在第 1 组远动开关的最后一个与第 2 组远动开关的最后一个之间。如图 2 所示。

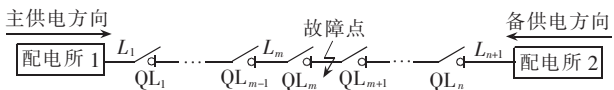


图 2 故障区段判断

Fig.2 Fault section detection

假设配电所 1 至配电所 2 方向为主供电方向,2 配电所之间线路上共有 n 个场站,则单条线路上共有 n 个负荷开关以及 $n+1$ 个区间段,如图 2 所示。

故障点产生于 L_{m+1} 区段,故障产生后,沿着主供电方向,首先负荷开关 $QL_1, QL_2, \dots, QL_m$ 短路过流,各个开关故障信号以遥信的方式上传给后台调度;2 s 后,备配电所(即配电所 2)备自投动作,由于故障仍存在,沿主供电方向,负荷开关 $QL_m, QL_{m+1}, \dots, QLn$ 短路过流并产生故障信息上传。记各故障信号的时标依次对应为 $t_{m+1}, t_{m+2}, \dots, t_n$,备自投动作时刻为 t_s 。这样,在后台调度软件中进行如下故障分组判断:

if $t_s - t_i \geq \Delta t$ then $t_i \in$ 第 1 组
else $t_i \in$ 第 2 组

其中, Δt 为时标允许误差。

依次判据,所有故障信号分成了 2 组。如图 2 所示,第 1 组开关为 $(QL_1, QL_2, \dots, QL_m)$,第 2 组开关为 $(QL_{m+1}, QL_{m+2}, \dots, QLn)$,则沿着主供电方向,故障区段就在第 1 组最后一个开关 QL_m 和第 2 组的第 1 个开关 QL_{m+1} 之间。

3.4 故障自动隔离

如上文所述,成功地将 2 组开关按过流信号时标进行分组,也就判断出了故障区段。然后,调度主控站下达分闸命令,将故障区段两侧的 2 个远动开关分开,将主、备配电所相应断路器合闸,实现故障区段的成功隔离,恢复非故障区段的正常运行。

运用上述原理编写程序,由调度主站系统自动完成上述功能。程序还可以采用模糊算法,将通信干扰等因素排除。

4 短路故障自动判断与隔离实例

京广线邢台—邯郸自闭线路中 2 配电所间有小康庄、留客、沙河、临名关、黄梁梦 5 站场。自闭线路由邢台配电所主供,邯郸配电所作备,各车站安装 1 个远动开关,各车站信号楼内安装 1 个 FTU,采集数据,并由铁通通道传至调度,站场间接线见图 3。

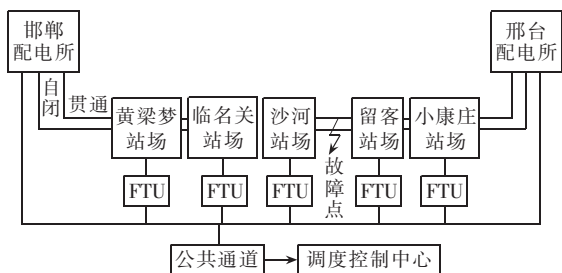


图 3 故障线路示意图

Fig.3 Fault line

在沙河和留客区间发生短路故障,邢台配电所自闭断路器速断跳闸,同时,小康庄、留客2站安装的远动负荷开关均流过故障电流,控制器中电流继电器发信给调度控制系统。经过2s延时后,邯郸配电所自闭断路器备自投动作,由于故障点未消除,邯郸配电所自闭馈出柜也发生跳闸。同时,沙河、临名关、黄梁梦3站安装的远动负荷开关均流过故障电流,控制器中电流继电器发信给调度控制系统。

设邢台—邯郸自闭远动开关依次排号为1~5,上传的故障信号时标为 t_i ($i=1,2,\dots,5$),邯郸配电所备自投动作时标为 t_s ,设 $\Delta t=500$ ms。

调度主站系统将所有故障信号汇总后,以邯郸配电所备自投动作时标 t_s 为基准,进行比较。当 $t_s-t_i \geq \Delta t$ 时, t_i 为第1组,即故障电流发生在备自投动作 t_s 前;当 $t_s-t_i < \Delta t$ 时, t_i 为第2组,即故障电流发生在备自投动作 t_s 后。

判断出第1组时标为 t_1, t_2 ;第2组时标为 t_3, t_4, t_5 。取第1组时标中 i 的最大值为2,取第2组时标中 i 的最小值为3,以上 i 值所对应的远动负荷开关之间即留客站和沙河站之间为故障区段。调度程控将留客和沙河站远动开关打开,合上邢台和邯郸自闭断路器,成功地自动隔离故障区段,恢复非故障区段的正常供电,自发生故障至完成隔离恢复送电,不超过90 s。

5 结语

本文所述方法利用主站计算机技术,综合考虑故障点前后高压远动负荷开关流过故障电流情况,及配电所自闭、贯通断路器的位置、重合、备投方式等因素,将故障电流转换成带时标的遥信信号上传,利用计算机C语言数组原理对时标分组来判断线路短路故障区段,大幅提高了故障定位的准确性和抗干扰性,而且实现方法简单、实用,解决了电抗法及判断故障电流值等定位不准确的难题。

利用程序对故障点两端的远动负荷开关进行分闸操作控制,对相邻配电所相关断路器进行合闸操作控制,以达到自动隔离故障的目的,能迅速恢复非故障区段供电,使处理故障的时间大为缩短。提高了铁路电力设备运行的可靠性和劳动效率,降低了作业人员的劳动强度和运营成本,减少了对铁路运输生产的影响,保障了铁路运输的安全。

参考文献:

- [1] 彭兰芳,侯自立. 10kV 电力网短路故障定距算法[J]. 北京邮电学院学报,1990,13(3):50-54.
- PENG Lan-fang, HOU Zi-li. 10 kV electric power network fault location algorithm[J]. *Journal of Beijing*

University of Posts and Toll Communications, 1990, 13(3):50-54.

- [2] 刘万顺. 电力系统故障分析[M]. 北京:水利电力出版社, 1986.
- [3] 董新洲,葛耀中,徐丙垠. 利用暂态电流行波的输电线路故障测距研究[J]. 中国电机工程学报,1999,19(4):76-80. DONG Xin-zhou, GE Yao-zhong, XU Bing-yin. The re-search of the fault location of the transmission line by the transient current traveling wave[J]. *Proceedings of the CSEE*, 1999, 19(4):76-80.
- [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,2001.
- [5] 孙雅明,廖志伟. 基于事件序列数据挖掘原理的高压输电线路系统故障诊断[J]. 电力系统自动化,2004,28(5):20-23. SUN Ya-ming, LIAO Zhi-wei. A new data mining approach for fault diagnosis of HV transmission line system based on sequence of events[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2004, 28(5):20-23.
- [6] 章坚民,姜健宁,赵舫,等. IEC 61850 在继电保护故障信息处理子站系统的应用[J]. 电力系统自动化,2003,27(13):61-63. ZHANG Jian-min, JIANG Jian-ning, ZHAO Fang, et al. Application of IEC 61850 on substation relay protection fault information subsystem[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2003, 27(13):61-63.
- [7] 林湘宁,刘沛. 基于故障电流暂态分量的测距研究[J]. 电力系统自动化,2002,26(3):45-51. LIN Xiang-ning, LIU Pei. Studies on fault location of fault-induced transient component[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2002, 26(3):45-51.
- [8] 蔡德礼. 高压输电线故障点定位的一种新的计算方法[J]. 重庆大学学报,1982(2):1-17. CAI De-li. A new computing method of fault location for high voltage[J]. *Electric Power Line Journal of Chongqing University*, 1982(2):1-17.
- [9] 胡帆,刘沛,程时杰. 高压输电线路故障测距算法仿真研究[J]. 中国电机工程学报,1995,15(7):67-72. HU Fan, LIU Pei, CHENG Shi-jie. High voltage transmission electric power line fault location algorithm simulation research[J]. *Proceedings of the CSEE*, 1995, 15(7):67-72.

(责任编辑:康鲁豫)

作者简介:

万忠泽(1965-),男,河北景县人,工程师,长期从事铁路电力系统运行技术管理及综合自动化的设计与开发工作;

李继荣(1973-),男,北京人,助理工程师,主要从事铁路电力系统运行技术管理及综合自动化的设计与开发工作;

王令璇(1972-),女,河北涉县人,助理工程师,主要从事铁路电力系统运行技术管理及综合自动化的设计与开发工作。

Approach to detection and isolation of short-circuit fault for railway self-closing and run-through power lines

WAN Zhong-ze, LI Ji-rong, WANG Ling-xuan

(Handan Power Supply Segment, Beijing Railway Department, Handan 056002, China)

Abstract: According to the operation modes and features of railway 10 kV self-closing and run-through power lines, an approach to the detection and isolation of short-circuit fault for them is brought forward by using time-tag grouping. The fault currents are transformed into remote signals with time-tag and transferred upward, synthetically considering the currents passing through HV load switches before and after fault together with their locations in self-closing or run-through power line, master station groups the signals with time-tag to detect the short-circuit fault section. Programs are developed to isolate fault point automatically by remote switching off the load switches at both sides of fault point and switching on the correlative breaker in neighboring distribution station. Instance shows that the fault area can be isolated and restored power supply within 90 s.

Key words: time-tag; detection and isolation; self-closing and run-through power lines; short-circuit