

一起同杆并架线路异名相跨线故障保护动作的分析

钱建国

(浙江电力调度通信中心, 杭州 310007)

摘要: 介绍一起罕见的同杆并架线路异名相跨线故障及相关线路保护的動作情况。通过保护动作报告和故障录波, 分析确定了故障类型和故障地点, 结合继电保护原理对线路保护的動作行为进行了详细分析。指出了在复杂故障下, 普通高频保护装置因选相元件的原因仅能保证切除故障而无法确保选择性。针对同杆并架线路的雷击问题, 从一次和二次方面提出了应对措施。

关键词: 同杆并架; 跨线故障; 选相元件; 高频保护

中图分类号: TM863

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2012)02-0009-04

Analysis on Protection Action for Out-phase Overline Fault of Double Circuits on Same Tower

QIAN Jian-guo

(Zhejiang Power Dispatch & Communication Center, Hangzhou 310007, China)

Abstract: An rare out-phase overline fault of double circuits on the same tower and the action of relay protection are described. The fault type and location are confirmed based on relay protection action report and fault recorder. The action of circuit protection is analyzed in detail combined with the relay protection principles. This paper indicates that common high-frequency protection devices can only remove the fault while it cannot guarantee correct selection because of the faulty phase selector when a complicated fault occurs. And the countermeasures are provided to deal with the problem of double circuits on the same tower caused by lightning strike.

Key words: double circuits on the same tower; overline fault; faulty phase selector; high-frequency protection

随着电网的不断发展, 同杆并架线路在电网中的应用越来越多; 而随着电网分层分区的实施, 同杆双回线送终端变电所也越来越常见。浙江省地处东南沿海, 是雷电密集地区, 雷击引起的线路故障时有发生, 雷击导致同杆并架线路同时故障对电网的危害十分严重。220 kV 珠山变电站是由同杆并架线路供电的终端变电站, 其两回进线曾因雷击同时跳闸, 故障现象及保护动作行为较为特别, 引起了笔者的注意。

1 故障前运行方式及保护配置

珠山变电站 220 kV 系统接线方式及相关保护配置如图 1 所示。雁山 4375 线全长 23 km, 珠垂 2479 线全长 12 km, 2 条线路从珠山变电站出

线, 约有 12 km 为同杆架设。雁山 4375 线、珠垂 2479 线各配置 2 套普通高频保护, 雁山 4375 线两侧线路保护为 CSC101A+RCS901A, 珠垂 2479 线两侧线路保护为 CSL101A+RCS901A; 线路保护均配置单相重合闸。

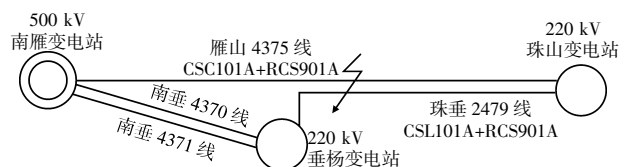


图 1 系统接线方式及保护配置

2 保护动作情况

雁山 4375 线、珠垂 2479 线因电源侧发生雷

击而同时三相跳闸,导致 220 kV 珠山变电站失去主电源。故障时 2 条线路保护动作情况如下:

(1)南雁变电站雁山 4375 线保护动作行为:第一套保护 CSC101A 26 ms 距离 I 段、32 ms 纵联距离保护动作跳三相;第二套保护 RCS901A 11 ms 工频变化量阻抗、28 ms 距离 I 段、32 ms 纵联零序和变化量方向保护动作跳三相。

(2)珠山变电站雁山 4375 线保护动作行为:第一套保护 CSC101A 15 ms 零序 I 段、25 ms 距离 I 段、37 ms 纵联保护动作跳 B 相;第二套保护 RCS901A 8 ms 工频变化量阻抗、28 ms 距离 I 段、纵联零序和变化量方向保护动作跳 B 相、77 ms 纵联变化量方向保护动作跳三相。

(3)珠山变电站珠垂 2479 线保护动作行为:第一套保护 CSL101A 保护未动作;第二套保护 RCS901A 28 ms 距离 I 段、48 ms 纵联零序和变化量方向保护动作跳 B 相、62 ms 纵联零序和变化量方向保护动作跳三相。

(4)垂杨变电站珠垂 2479 线保护动作行为:第一套保护 CSL101A 距离 I 段动作跳 A 相(因保护报告无法打印,仅由值班人员从装置面板抄录保护动作报文);第二套保护 RCS901A 12 ms 工频变化量阻抗、29 ms 距离 I 段、66 ms 纵联变化量方向保护动作跳三相。

可见,2 条线路的 8 套线路保护动作行为及动作时序各不相同。究竟是发生了什么故障导致了各不相同的保护动作行为?这 8 套线路保护中是否存在不正确动作的情况?如果存在不正确动作,应采取什么措施加以防范?带着这些疑问,对保护动作行为进行了详细的分析。

3 故障类型及故障定位

为分析两侧线路保护动作行为的正确性,首先通过分析故障录波图及保护动作报告来确定故障类型及故障位置。

南雁变电站雁山 4375 线故障录波见图 2。从图中可以看到:雁山 4375 线 AB 相电压下降、电流明显增大,同时伴有零序电压和零序电流存在。由此可以判定系统中发生了 AB 两相接地故障。同时,2 套线路保护动作行为一致,均为第一时间三相跳闸不重合,说明故障点极有可能就在雁山 4375 线上。

垂杨变电站珠垂 2479 线的故障录波见图 3。从图中可以看到:珠垂 2479 线 AB 相电压下降、电流明显增大,同时伴有零序电压和零序电流。由此也可以判定系统中发生了 AB 两相接地故障。但 2 套线路保护动作行为不一致,珠垂 2479 线故障有待进一步分析。

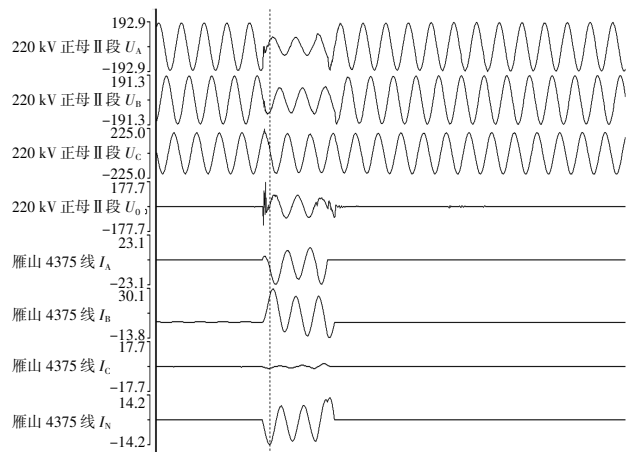


图 2 南雁变电站雁山 4375 线故障录波

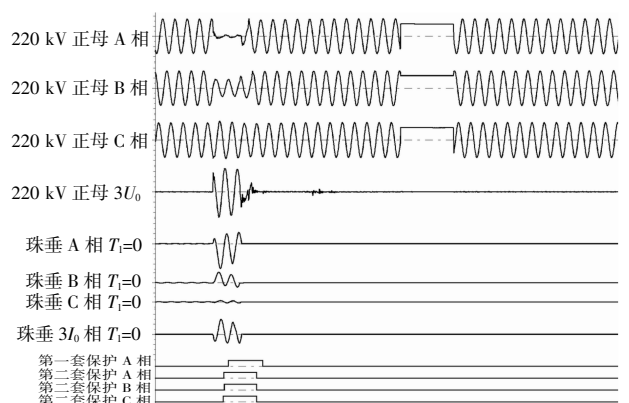


图 3 垂杨变电站珠垂 2479 线故障录波

由于 220 kV 珠山变电站为终端变电站,故障时仅有线路保护动作而未见系统内其他设备保护动作,综合故障波形和保护动作情况分析,可以得出的结论是:在雁山 4375 线和珠垂 2479 线上发生了 AB 相间接地故障。

珠山变电站雁山 4375 线和珠垂 2479 线的故障录波如图 4 所示,可分析得出以下结论:

(1)珠山变电站 A 相电压下降,2 条线路 A 相电流均很小,且接近同相;2 条线路各侧 A 相电流断弧时间各不相同。由于珠山变电站为终端变电站,可以知道雁山 4375 线和珠垂 2479 线上

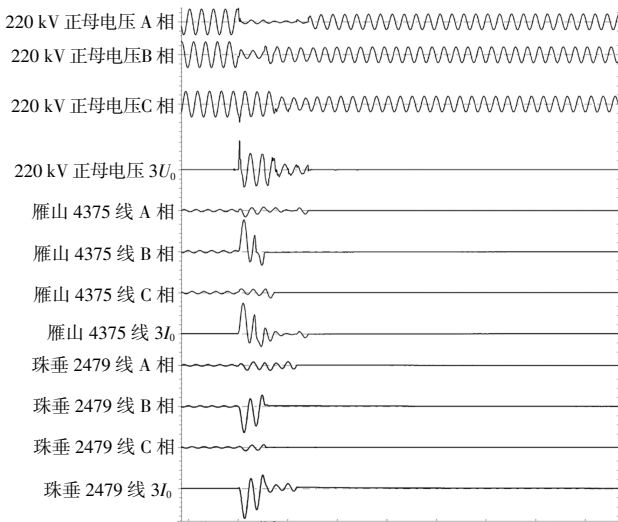


图4 珠山变电站雁山4375线/珠垂2479线故障录波

均存在A相接地故障，A相电流接近于故障点提供的零序电流。

(2) 母线B相电压下降，2条线路B相电流均很大，且接近反相。说明2条线路B相为穿越性电流，B相只存在1个接地点。

(3) 珠山变电站2条线路B相故障电流、垂杨变电站珠垂2479线B相故障电流持续时间一致，均约为40ms，说明B相故障点在雁山4375线上。因为只有当最接近故障的断路器B相率先断开后，才会出现所有电源侧的断路器故障电流同时消失的现象。

(4) 母线B相电压超前雁山4375线B相电流约 80° ，滞后珠垂2479线B相电流约 100° 。说明从珠山变电站来看，雁山4375线B相发生正方向故障、珠垂2479线B相发生反方向故障，即B相故障点在雁山4375线上。

综上所述，雷击造成的故障为雁山4375线发生AB两相接地故障、珠垂2479线发生A相接地故障。

4 保护动作行为分析

4.1 保护原理

由于本次故障较为特殊，线路各侧保护动作行为差异较大，为更好地分析保护动作行为，首先对不同厂家的保护原理进行简单介绍。继电保护装置的動作行为同时受选相元件和测量元件的影响^[1]，不同厂家在这2个元件上的处理方式不同可能导致不同的动作行为。

北京四方公司CSC，CSL线路保护采用先选相再测量的逻辑，选相元件有相电流差突变量选相、零序/负序分量选相等。即保护启动后第一时间进行选相，根据选相结果再(仅)进行故障相元件测量。若此时测量结果在保护整定范围内，则保护动作出口，否则保护不动作。在线路非全相运行期间，测量健全相的电流突变量，当健全相的电流有一定突变量时才能再次开放保护动作。

南瑞继保公司的RCS线路保护采用选相与测量同时进行，选相元件有相电流差突变量选相、零序/负序分量选相等^[2]。即保护启动后同时进行选相和测量结果计算，若测量结果不在保护整定范围内，则保护不动作；若测量结果在保护整定范围内，且有选相结果时，则按选相元件的结果进行跳闸；若测量结果在保护整定范围内，但无选相结果，则选相失败，经短暂延时后跳三相。选相跳闸进入非全相运行后，若仍有测量结果在保护整定范围内，保护再次动作跳三相。

从上述分析可以知道，选相元件在继电保护装置中处于非常重要的地位，选相的正确性与保护装置动作行为的正确性休戚相关。对于仅有线路单侧电气量的保护装置而言，无论采用何种选相元件，总会存在死区。对于四方保护，正、反向故障同时发生异名相故障时，保护可能拒动；而对于南瑞保护，正、反向故障同时发生异名相故障时，保护则可能误跳三相。鉴于继电保护装置存在的局限性，规程规定“制定保护配置方案时，对两种故障同时出现的稀有情况可仅保证切除故障”^[3]，并不要求保护装置在任何时候均能够保证选择性。对于分相电流差动保护而言，因保护装置同时具有线路两侧的电气量信息，差动元件具有天然的选相优势，能够保证在复杂故障时正确选相、正确跳闸。

4.2 南雁变电站雁山4375线保护动作行为分析

从分析来看，雁山4375线发生AB相间接地故障。500kV南雁变电站作为主电源，其线路保护感受到线路正向发生两相接地故障，2套保护均瞬时动作跳三相，保护动作行为正确无误。

4.3 珠山变电站雁山4375线保护动作行为分析

第一套保护CSC101A：从雁山4375线录波图中可以看出，B相电流突变量很大，保护第一时间选成B相，再进行B相元件的测量工作，所

以保护第一时间跳 B 相。B 相故障切除后,线路上仍然存在 A 相故障,但由于没有电流突变量,保护不会再次动作,因此 CSC101A 仅跳 B 相。

第二套保护 RCS901A:保护启动后同时进行选相和测量工作,测量元件有 A, B 相动作,由于 B 相电流突变量很大,保护第一时间选成 B 相,因此保护第一时间跳 B 相。B 相故障切除后,线路上仍然存在 A 相故障, A 相测量元件一直动作,保护再次动作跳三相。

4.4 珠山变电站珠垂 2479 线保护动作行为分析

第一套保护 CSL101A:从珠垂 2479 线录波图中可以看出, B 相电流突变量很大,保护第一时间选成 B 相,由于线路发生 A 相接地故障而非 B 相, B 相测量结果不在整定范围内,所以保护不会动作。

第二套保护 RCS901A:保护启动后同时进行选相和测量工作,测量结果为 A 相动作;由于 B 相电流突变量很大,保护第一时间选成 B 相,因此保护第一时间跳 B 相。B 相跳开后,线路上仍然存在 A 相故障, A 相测量元件一直动作,保护再次动作跳三相。

4.5 垂杨变电站珠垂 2479 线保护动作行为分析

第一套保护 CSL101A:从珠垂 2479 线波形图中可以看出, A, B 两相电流突变量均很大, A 相电流约为 B 相的 2.5 倍。从故障波形来看,保护选成 A, B 相的可能更大。但实际保护选成 A 相,并动作跳 A 相。因保护装置动作报告无法打印,故无法对其作进一步分析。事后对保护装置进行了相关检验,没有发现异常情况。

第二套保护 RCS901A:保护启动后同时进行选相和测量工作, A 相测量元件动作; A, B 两相电流突变量均很大,选相结果为 A 相和 B 相,因此保护动作跳三相。

从上述分析可以看出,雁山 4375 线、珠垂 2479 线的 8 套线路保护虽然动作行为及动作时序各不相同,但除珠垂 2479 线垂杨侧第一套保护因保护动作报告无法打印而不能进一步分析外,其余保护装置的動作行为均符合保护制造厂家最初的设计原理。

5 对策

同杆并架线路因雷击发生故障的情况非常普

遍,但 2 条线路同时发生同名相故障占绝大多数,发生异名相跨线故障的情况非常罕见。

在本次故障中,同杆并架线路发生了异名相跨线故障,虽然保护动作均符合设计原理,但由于高频保护原理上的先天不足,在异名相跨线故障时因选相原因而三相跳闸,导致珠山变电站失去主电源。若雁山 4375 线、珠垂 2479 线配置为分相电流差动保护,则在本次故障中保护装置将能够正确选相、跳闸,即雁山 4375 线两侧将三相跳闸,珠垂 2479 线两侧将单相跳闸后重合,极有可能为 220 kV 珠山变电站保留 1 个主电源。因此,在同杆并架线路上架设光纤通道,配置分相电流差动保护可以解决异名相跨线故障时的选相问题,从而有效提高线路的供电可靠性。

需要指出的是,优化、强化继电保护配置并非治本之策,要切实提高同杆并架线路的供电可靠性,还需要从一次设备的选型设计及保护配置方面着手,主要可以采用以下措施:

(1)参考当地雷电分布图,从线路路径选择上避开雷电密集地区。

(2)缩小避雷线保护角或采用负保护角,降低线路被雷电绕击的概率。

(3)降低杆塔接地电阻,有效降低雷电反击过电压。

(4)同杆线路采用差异绝缘设计。由于差异化绝缘设计要在绝缘相差较大(30%~35%以上)时才有效果,同一电压等级的线路要实现这一绝缘差异较为困难,因此可以采用不同电压等级的多回路同杆并架线路方案,以牺牲低电压等级线路的方式来确保高压、主网线路的供电可靠性。

参考文献:

- [1] 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,1994.
- [2] 国家电力调度通信中心.电力系统继电保护实用技术问答[M].北京:中国电力出版社,1997.
- [3] GB/T 14285-2006 继电保护和安全自动装置技术规程[S].北京:中国电力出版社,2006.

收稿日期:2011-10-18

作者简介:钱建国(1976-),男,浙江诸暨人,工程师,从事继电保护设备运行和管理工作。

(本文编辑:龚皓)