

[差动保护]

二次电压回路异常造成线路距离保护误动作探析

文/周 毅
山西兆丰铝电有限责任公司自备电厂

就一起二次电压回路异常造成220 kV线路距离保护误动作进行分析，探讨了TV二次电压回路发生异常的原因，并提出相应的整改对策。

运行方式

某发电厂运行方式。220 kV内母线、外母线带电，母联开关200闭合，内、外母线TV运行；1#发电机变压器组运行，201开关、201-外刀开关闭合；2#发变组运行，202开关、202-内刀开关闭合；3#发变组检修，203开关、203-内刀开关在断开位置。

电铝Ⅱ厂线运行，221开关、221-外刀开关、221-1刀开关闭合；电铝Ⅰ厂线运行，222开关、222-内刀开关、222-1刀开关闭合；红电Ⅰ回线223运行，223开关、223-外及223-1刀开关闭合；红电Ⅱ回线225运行，225开关、225-内及225-1刀开关闭合。

变电站与发电厂架构图如见图1所示。

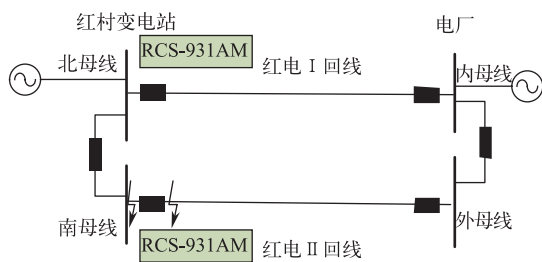


图1 系统架构示意图

某电厂RCS-931纵联差动保护装置介绍

1. 保护配置

某电厂红电Ⅰ回线、红电Ⅱ回线配置双套保

护，一套保护采用南京南瑞继保电气有限公司RCS-931纵联差动保护，并配有CZX-12R型分相操作箱，采用光纤传输保护信息；另一套保护采用国电南京自动化股份有限公司PSL 602G纵联距离保护，采用光纤复用通道，64 Kbit/s同相接口复接PCM光纤通信设备传输保护信息。

RCS-931纵联差动保护装置的主保护为纵联差动保护，设有分相电流差动和零序电流差动继电器全线速跳功能；后备保护为距离保护，设有三阶段式相间和接地距离继电器；为了配合现场实际条件，该保护具有分相出口功能、自动重合闸功能，可以根据实际需要实现单相重合、三相重合和综合重合闸。

2. 距离保护基本原理

电流电压保护，保护范围会随着运行方式的变化而改变。特别是一些输送距离长、负荷大的线路，最大负荷电流常常和线路末端的短路电流相差不大。这时，采用一般的电流保护，灵敏性无法满足要求，距离保护便应用而生了，广泛运用在220 kV线路上。

对于一条输电线路来讲，长度是一定的，阻抗也基本一定，当线路的任意一点发生短路故障时，这些故障点到线路始端电流互感器安装处的距离都是不同的，阻抗也就不同，均小于总阻抗。距离保护就是根据这一特点，反映出短路点至保护安装

处的距离，也就是阻抗，即电压与电流的比值： $U/I=Z$ ，并且距离远近不同，保护动作时间也不同，距离近时保护动作时间短，距离远时保护动作时间长。这样的动作原理既保证了保护的灵敏度，又有时限上的配合，可以保证有选择性地切除故障点。

3. RCS-931纵联差动保护投入情况及定值

(1) 保护压板投入情况

包括：A、B及C相跳闸出口；重合闸出口；闭锁外部重合闸；A、B及C相失灵启动；投零序保护；投主保护；投距离保护；以及单相重合闸。

(2) 主要保护定值

TA电流比为1 250/1；电流变化量起动值为0.2 A；差动电流高值为0.39 A；差动电流低值为0.29 A；接地距离Ⅰ段定值为0.72 Ω ；接地距离Ⅱ段定值为4.5 Ω ；接地距离Ⅲ段定值为9 Ω ；相间距离Ⅰ段定值为1.12 Ω ；相间距离Ⅱ段定值为5 Ω ；相间距离Ⅲ段定值为10 Ω 。

事故过程及分析

1. 事故简述

220 kV红电Ⅱ回线变电站侧238开关TA发生B相故障，两侧线路保护动作跳B相，同时220 kV红电Ⅰ回线电厂侧RCS-931AM距离Ⅰ段动作跳B相，237 ms后发展为238 C相故障，220 kV红村站双套母差保护动作跳闸，同时220 kV红电Ⅰ回线电厂侧RCS-931距离Ⅰ段动作三跳。

2. 红电Ⅱ回线225 RCS-931纵联差动保护装置动作情况分析

相对时间9 ms电流差动保护动作、31 ms距离Ⅰ段动作后B相跳闸；268 ms本侧收到对侧238开关RCS-931装置发远跳指令，A、B及C相跳闸，同时闭锁重合闸；差动电流18.01 A，保护动作正常。

从收到对侧的远跳指令来看，红卫站的母差保护或失灵保护应该是动作了，对侧238开关的RCS-931装置才会收到远跳开入。

通过以上分析可以判断，此次短路的故障点在红电Ⅱ回线225 TA与开关之间。且短路故障是先B相接地短路，后又发展成C相也接地短路。

3. 红电Ⅰ回线RCS-931纵联差动保护动作情况分析

短路故障点在红电Ⅱ回线225 TA与开关之间，而距离保护的范围为本线路全长的85%，对于红电

Ⅰ回线来说，属于区外故障，因此，距离Ⅰ段保护不应动作。

(1) RCS-931距离特性说明

RCS-931AM距离继电器采用正序电压极化，通过工作电压与极化电压比相结果判定故障位置，接地距离继电器的具体动作方程为

$$90^\circ < \arg \frac{U_{j\phi}}{U_{op\phi}} < 270^\circ \quad (1)$$

式中，极化电压为 $U_{j\phi} = U_{1\phi M}$ ；工作电压为 $U_{op\phi} = U_\phi - (I_\phi + k3I_0) Z_{ZD}$ 。

由于采用了正序电压极化，动作特性呈动态特性，如图2、图3所示。

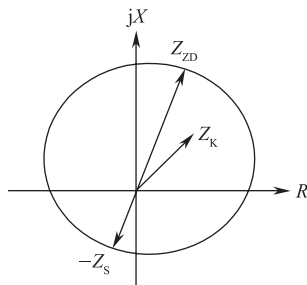


图2 正方向故障时动作特性

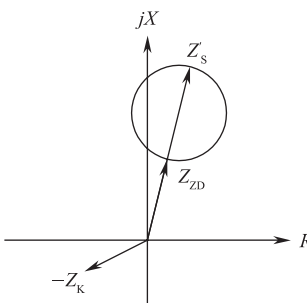


图3 反方向故障时动作特性

正方向故障时，测量阻抗 Z_K 在阻抗复数平面上的动作特性是以 Z_{ZD} 至 $-Z_S$ 连线为直径的圆；反方向故障时，测量阻抗 $-Z_K$ 在阻抗复数平面上的动作特性是以 Z_{ZD} 与 Z'_S 连线为直径的圆。

(2) 红电Ⅰ回线电厂侧距离Ⅰ段动作情况

本次故障中，距离Ⅰ段保护相关定值为：线路正序灵敏角为 82.5° ；线路零序灵敏角为 78° ；接地距离Ⅰ段定值为0.72 Ω ；接地距离偏移角为 30° ；零序补偿系数为0.3。根据保护录波绘制红电Ⅰ回线发生B相故障时，B相接地距离动作方程比相结果轨迹如图4所示。

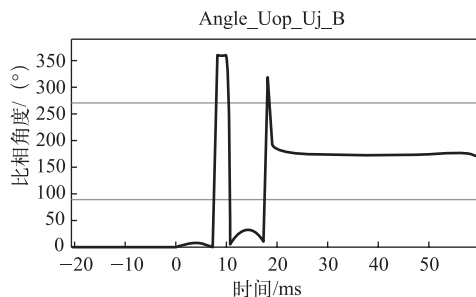


图4 接地距离继电器比相结果示意图

图4中,横坐标为故障相对时间,以起动时刻为0时刻,单位为ms;纵坐标为工作电压与极化电压的比相角度,单位为(°);蓝色曲线为动作方程比相结果,两条红色直线之间为动作区。

从图4中可看出,238 B相故障时,B相接地距离继电器进入比相动作区之内,从而满足动作条件,距离I段保护动作。

发展为238 C相故障时,C相接地距离继电器进入比相动作区之内,从而满足动作条件,距离I段保护动作。

说明:红电I回线电厂侧RCS-931保护装置本身距离保护动作正常。

(3) 从录波图来分析故障时的电压变化情况

从电厂侧故障录波情况来看,发生B相接地故障时,两段母线的开口三角电压均为96.5 V,而自产零序电压达到101.3 V,两者差异较大,说明电压二次回路存在问题。

正常运行时,各电压不存在差异,发生接地故障时测量到的母线电压发生异常。因此怀疑母线TV二次回路中性线可能存在附加电压。

假定开口三角电压能够反映实际故障特征的准确二次电压,则该附加电压为

$$\Delta U = 3U_{0\text{cal}} - (3U_{0\text{ext}})/1.732 \quad (2)$$

从保护采集到的三相电压中分别减掉该附加电压,即

$$\begin{cases} U'_A = U_A - \Delta U \\ U'_B = U_B - \Delta U \\ U'_C = U_C - \Delta U \end{cases} \quad (3)$$

$$(4)$$

$$(5)$$

以开口三角电压为基准(幅值缩小1.732倍),与自产零序电压比较,发生B相故障时的附加零序电压 U_0 约为16 V,各相消除附加的零序电压后的内母线三相电压波形如图5所示,发生B相故障时,内

母线三相电压分别为59.3 V、6.1 V和60 V,基本反映系统发生故障时的特征。



图5 消除附加零序电压后的内母线电压波形

根据消除附加零序电压后的电压,计算红电I回线电厂侧的测量阻抗与距离I段阻抗圆的关系,如图6所示,测量阻抗未落入距离I段范围内。

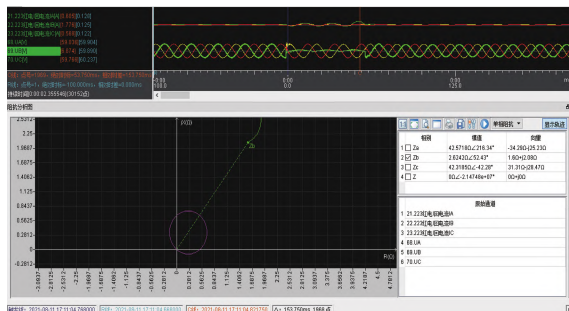


图6 B相区外故障时测量阻抗

4. 结论

综合上述分析情况,电厂侧的二次电压应存在异常,且比较符合TV二次回路中性线存在附加电压的特征,该异常导致电厂侧红电I回线路距离I段保护动作。

二次电压异常排查

1) TV二次回路多点接地检查。现场检查220 kV母线电压二次回路在TV并列屏后一点接地,检测装置显示接地电流为8 mA,排除多点接地的异常情况。

2) 考虑到故障发生时,可能会因现场TV二次回路氧化锌避雷器瞬时击穿,造成TV二次回路两点接地的情况,对220 kV内、外母线电压互感器端子箱内6个击穿保险进行试验,均合格,排除此原因。

3) 逐个检查主控室保护屏、端子箱二次电压回路,并对N600回路电流进行测量。发现部分N600

存在150 mA电流,说明其回路存在环流。

4) 进一步排查发现:从就地端子箱引来的220 kV电压N600与TV并列屏电压N600在2#发电机变压器组保护C屏处相连接。

5) 故障发生时,短路电流在二次环路中产生感应电压,引起测量电压异常,造成保护误动作。

隐患整改

1) 拆除环路连接。2#机组停机期间对2#发电机变压器组保护进行了二次回路的检查、微机保护试验,经过对内母线TV端子箱和外母线TV端子箱引至TV并列屏、2#发电机变压器组保护C屏的N600中性线进行了校线,最终拆除了PT并列本体引至2#发电机变压器组保护C屏的4根N600中性线,其次测量了N600中性线由2#发电机变压器组保护C屏引至TA并列屏的电流,由原来的160 mA降至到现在的0 mA;TA并列屏一点接地的总电流也从原来的240 mA左右降至到现在的50 mA左右。因此,经过多次的测量证明2#发电机变压器组保护的N600中性线环流已解除。

2) 二次电缆接地完善。对220 kV内母线TV端子箱、220 kV外母线TA端子箱引至2#发电机变压器

组保护C屏的电缆线有3处未进行双端电缆屏蔽层可靠接地。

3) 加强N600接地在线监测装置的维护,出现告警后立即查明原因,快速消除,降低二次回路故障风险。

结束语

电压互感器二次回路对电网的安全稳定运行有非常重要的作用,《电力系统继电保护反事故措施》中明确规定,“经控制室N600连通的电压互感器二次回路,只应在控制室将N600一点接地”但在本次事故中,造成二次电压异常的原因并不是多点接地,而是由于N600回路存在环流。目前各发电厂和变电站均装有多点接地检测装置,但在日常工作中往往是没有报警就算正常,对其具体的接地电流数值并不关心,因此当其电流明显增加时并未引起足够重视,最终导致保护的动作。通过对本次事故的分析,希望能够引起大家对N600回路的认真审视,在设计、施工以及后续可能会进行的回路改造过程中严格执行《电力系统继电保护反事故措施》,避免类似隐患的出现和事故的发生。EA

(收稿日期:2022-09-19)

(上接第35页)

工程实践与成效

应用500 kV变压器整装转运更换技术,浙江省送变电工程公司分别于2020年11月完成500 kV湖州含山变电站2#变压器抗短路能力严重不足改造,2021年12月完成500 kV宁波威远变2#变压器乙炔严重超标、低能放电重大缺陷处理,2022年3月完成500 kV湖州含山变电站1#变压器增容改造,2022年10月完成湖州500 kV湖州汾湖变电站3#变压器抗短路能力不足检修等多项超高压电网检修改造工程。以上变压器整装转运更换项目,三维振动加速度要求控制在1 g以下,但实际完成值为0.6~0.8 g,指标管控较为理想,变压器安全质量有可靠保障,整个检修项目得以圆满完成,得到了运行单位与上级主管部门的高度好评。工程实践证明,采用大型变压器整体搬运更换方式,能有效解决停电窗口少、

时间短的困境,显著缩减了变压器停电复役时间。

结束语

采取整装转运方式更换大型电力变压器,能大幅缩减枢纽变电站的停电检修时间,快速恢复供电,有效提升电网可靠性,因而在电力变压器抗短路能力不足整治、变压器增容改造及异常处置等领域有较大推广应用价值。同时,500 kV变压器整装转运作业对施工企业的管理能力、作业机具设备与作业人员队伍都有很高的要求,施工单位应事先制定科学的施工作业方案,采取严格的防高压触电、设备保护及避振减振等措施,强化作业过程管理,确保工程质量,方能取得预期效果。EA

(收稿日期:2022-10-12)