

电流互感器断线情况下的接地距离保护改进方案

陈福锋

(国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 210003)

摘要: 由于对供电可靠性的要求越来越高,有必要研究在电流互感器(TA)断线情况下发生故障时,距离保护的動作行为。基于保护安装处测得的故障回路电阻,分析了TA断线对接地距离保护的影响。由分析可知,接地距离保护受潮流方向和故障相别影响:在电源侧,当相位超前于断线相的相别发生区内故障时,接地距离保护容易拒动,当相位滞后于断线相的相别发生区外故障时,接地距离保护容易误动;而负荷侧的接地距离保护動作情况与电源侧相反。结合TA断线识别方法提出了自适应接地距离保护方案,并对方案进行了理论分析和试验验证;针对TA回路和保护配置给出了改进建议。

关键词: 继电保护; TA断线; 接地距离保护; 超越动作; 拒动; 接地

中图分类号: TM 77

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2014.12.020

0 引言

电流互感器(TA)二次回路从高压TA二次侧端子、室外端子箱、端子箱到保护小室的电缆连线,再到保护屏柜上面的接线端子,最后进入继电保护的交流采集回路,整个回路上任何一点发生异常,造成回路开路或者接触不良都可视为TA二次回路断线^[1-3]。TA二次回路断线后一次电流全部为激磁电流,在断路点可感应出几千伏甚至上万伏的高电压,将产生严重的安全问题。在变电站长期运行过程中,由于较长时间的机械振动引起绕组端子螺丝松动或焊接部分开焊等会导致TA二次回路断线的问题,这是一种积累效果。一般而言,TA断线与安装、检修的时间有关,时间愈长,出现断线的可能性相对就大些。从广义的TA断线而言,这可能是由以下几种原因造成:室外端子箱、接线盒受潮,端子螺丝和垫片锈蚀过重,造成开路;交流电流回路中的接线端子排的结构和质量存在缺陷,在运行中发生旋转螺杆与底板螺孔接触不良,造成开路;继电保护装置小TA由于长期通流发热造成内部断线,或者保护装置小TA引脚虚焊等。

继电保护考虑TA断线更多是侧重于差动保护,要求两侧保护同时启动差动才允许出口跳闸,很好地解决了TA断线差动保护误动的问题^[4-6];另外,零序和负序过流保护一般也都有TA断线闭锁措施,例如加零负序电压开放判据等。而距离保护一般不考虑TA断线,主要原因在于单纯TA断线情况下距离保护一般不会误动。然而经济和生产的发展对供电可靠性也提出了越来越高的要求,TA断线的情况下发生区内或区外故障时也要求线路保护能正确动作,因此有必要研究在此复故障情况下距离保

护的動作行为,并针对性地提出改进措施。

1 TA断线时发生故障的情况下接地阻抗继电器的测量阻抗

TA断线情况下断线相故障距离保护不会误动,主要是非断线相再发生接地故障时距离元件受断线相电流的影响,不能正确测量故障回路阻抗,容易拒动和误动。以下的分析均主要以B相TA断线情况下发生A相故障为例展开,其他情况可类推分析,不再赘述。为便于分析,假设系统正、负序阻抗相等,忽略线路的电阻分量。双侧输电系统如图1所示,电流的正方向默认为母线流向线路。



图1 双侧输电系统示意图
Fig.1 Schematic diagram of dual-side power transmission system

假设线路末端(图1中N侧)发生A相接地故障,保护安装处(图1中M侧)三相故障电流分别为^[6]:

$$I_A = I_{load,A} + \frac{2C_{1M} + C_{0M}}{3} I_{FA1} \quad (1)$$

$$I_B = I_{load,B} + \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} I_{FA1} \quad (2)$$

$$I_C = I_{load,C} + \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} I_{FA1} \quad (3)$$

$$I_{FA1} = \frac{U_{A[0]}}{2Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 0} + 3R_g} \quad (4)$$

其中, I_A 、 I_B 、 I_C 分别为保护安装处故障后三相电流; $I_{load,A}$ 、 $I_{load,B}$ 、 $I_{load,C}$ 分别为线路正常运行时三相负荷电流; I_{FA1} 为故障点流过的故障电流; C_{0M} 和 C_{1M} 分别为故障点向保护安装侧的零序和正序分配系数; $Z_{\Sigma 0}$ 和

$Z_{\Sigma 1}$ 分别为故障点感受到的综合零序和正序阻抗; R_g 为故障过渡电阻; $U_{A[0]}$ 为系统正常运行时的 A 相电压, 下文中 $U_{B[0]}$ 和 $U_{C[0]}$ 分别为系统正常运行时的 B、C 相电压。

a. TA 未断线的情况。

$$3I_0 = C_{0M} I_{FA1} \quad (5)$$

其中, I_0 为线路零序电流。

保护安装处 A 相故障回路测量阻抗为:

$$Z_A = \frac{U_A}{I_A + K_z I_0} = \frac{U_A}{KI_{FA1} + I_{loadA}} \quad (6)$$

$$K = K_z C_{0M} + \frac{2C_{1M} + C_{0M}}{3}$$

其中, K_z 为线路零序补偿系数, 由线路的正序、零序阻抗决定。

b. B 相 TA 断线的情况。

$$3I_0 = \frac{C_{1M} + 2C_{0M}}{3} I_{FA1} - I_{loadB} \quad (7)$$

保护安装处 A 相故障回路测量阻抗为:

$$Z'_A = \frac{U_A}{KI_{FA1} + I_{loadA} - \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} K_z I_{FA1} - K_z I_{loadB}} \quad (8)$$

2 TA 断线对距离保护的影响

2.1 对负荷侧保护的影响

假设 M 侧为负荷侧, A 相发生接地故障情况下, M 侧保护安装处各电气量之间的关系如图 2(a) 所示。

a. $C_{1M} = C_{0M}$ 。

当 $C_{1M} = C_{0M}$ 时, 由式(8)可得:

$$Z'_A = \frac{U_A}{KI_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadB}} \quad (9)$$

比较式(9)和(6)可知, Z'_A 和 Z_A 的区别就在于 B 相负荷电流的影响, 若线路空载则有 $Z_A = Z'_A$, 即测量阻抗不受 TA 断线影响。

若线路有载, 则测量阻抗主要受 B 相负荷电流与故障电流之间的相位关系影响。如图 2(b) 所示, B 相负荷电流与 A 相故障电流之间角度差大于 120° , 因此有:

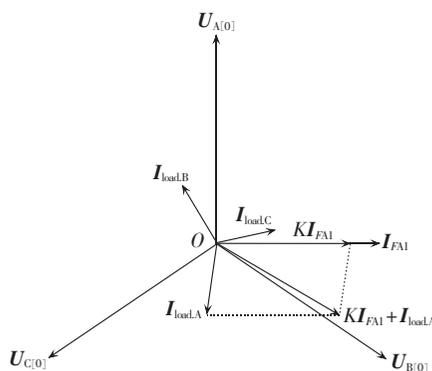
$$|KI_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadB}| > |KI_{FA1} + I_{loadA}|$$

可知 B 相 TA 断线造成故障相 A 相补偿电流与 TA 正常情况下相比偏大, 其测量阻抗偏小, 区外故障时保护容易超越动作, 且负荷电流越大, 超越得越多。

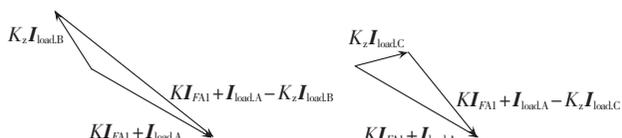
参考图 2(c), 同理分析可知, 若 C 相 TA 断线, 则造成 A 相故障回路电流与正常情况下相比偏小, 其测量阻抗偏大, 区内故障时保护容易拒动, 一般情况下负荷电流增大将导致其拒动的范围增大。

b. $C_{1M} > C_{0M}$ 。

当 $C_{1M} > C_{0M}$ 时, 有:



(a) M 侧保护安装处各电气量间的关系



(b) B 相 TA 断线

(c) C 相 TA 断线

图 2 负荷侧各电气量之间的关系

Fig.2 Vector diagram of load side

$$\left| KI_{FA1} + I_{loadA} - \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} K_z I_{FA1} - K_z I_{loadB} \right| >$$

$$\left| KI_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadB} \right| > \left| KI_{FA1} + I_{loadA} \right| \quad (10)$$

由式(10)可知, B 相 TA 断线造成 A 相故障回路补偿电流幅值相比正常情况下偏大, 导致 A 相故障测量阻抗偏小, 区外故障时保护容易超越动作, 负荷越重超越就越严重。

而 C 相 TA 断线时, A 相发生接地故障后其回路补偿电流为 $\left| KI_{FA1} - \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} I_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadC} \right|$, A 相发生接地故障后其回路补偿电流与正常情况下的补偿电流 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相对大小关系不确定。若 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相对较大, 则保护测量阻抗偏大, 区内故障时保护容易拒动; 若 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相对较小, 则保护测量阻抗偏小, 保护容易超越动作。

c. $C_{1M} < C_{0M}$ 。

如果 B 相 TA 断线, 则 A 相发生接地故障后, 其回路补偿电流 $\left| KI_{FA1} - \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} I_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadB} \right|$ 与 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 的相对大小关系不定。若 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相对较大, 则保护测量阻抗偏大, 区内故障时保护容易拒动; 若 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相对较小, 则保护测量阻抗偏小, 区外故障时保护容易超越动作。

C 相 TA 断线的情况下, A 相发生接地故障后其回路补偿电流和正常情况下的补偿电流的关系为:

$$\left| KI_{FA1} + I_{loadA} - \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} K_z I_{FA1} - K_z I_{loadC} \right| <$$

$$\left| KI_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadC} \right| < \left| KI_{FA1} + I_{loadA} \right| \quad (11)$$

由式(11)可知, C 相 TA 断线造成 A 相故障时故障回路补偿电流与正常情况下相比偏小, 其测量

阻抗偏大, 区内故障时保护容易拒动。

2.2 TA 断线对电源侧保护的影响

假设 M 侧为电源侧, A 相发生接地故障情况下, M 侧保护安装处各电气量之间的关系如图 3(a) 所示。

a. $C_{1M} = C_{0M}$ 。

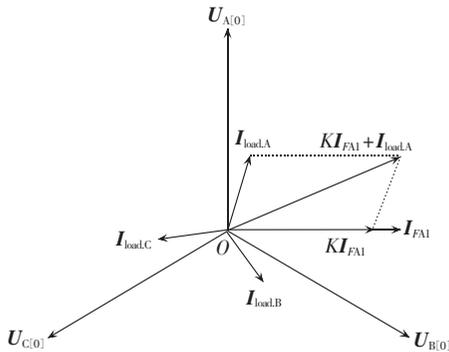
此时, 故障回路测量阻抗 Z'_A 如式(9)所示, 同样, Z'_A 和 Z_A 的区别主要在于负荷电流的影响, 若线路空载则有 $Z'_A = Z_A$, 即测量阻抗不受 TA 断线影响。

若线路有载, 则主要视 B 相负荷电流与故障电流之间相位关系, 如图 3(b) 所示, B 相负荷电流与 A 相故障电流之间角度较小, 一般情况下有:

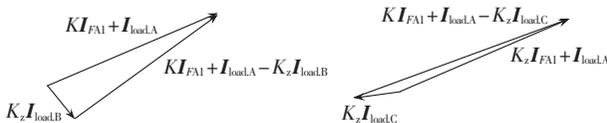
$$|KI_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadB}| < |KI_{FA1} + I_{loadA}| \quad (12)$$

可知 B 相 TA 断线造成 A 相故障回路补偿电流偏小, 因此测量阻抗偏大, 区内故障时保护容易拒动, 且负荷电流越大越明显。

参考图 3(c), 同理可知, C 相 TA 断线将造成 A 相故障回路补偿电流相比正常情况下偏大, 因此其测量阻抗偏小, 区外故障时保护容易超越动作, 且负荷电流越大其超越得越明显。



(a) M 侧保护安装处各电气量间的关系



(b) B 相 TA 断线

(c) C 相 TA 断线

图 3 电源侧各电气量之间的关系

Fig.3 Vector diagram of power-source side

b. $C_{1M} > C_{0M}$ 。

B 相 TA 断线的情况下, 发生 A 相接地故障, 此时故障回路的补偿电流为:

$$|KI_{FA1} - \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} I_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadB}|$$

与正常情况下的补偿电流 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相比, 其幅值的相对大小关系不确定。若 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相对较大, 则保护表现为区内故障时拒动; 若 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相对较小, 则保护表现为区外故障时超越动作。

同理可知, C 相 TA 断线的情况下, 发生 A 相接地故障, 此时故障回路的补偿电流和正常情况下的

补偿电流的关系为:

$$|KI_{FA1} + I_{loadA} - \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} K_z I_{FA1} - K_z I_{loadC}| >$$

$$|KI_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadC}| > |KI_{FA1} + I_{loadA}| \quad (13)$$

由式(13)可知, C 相 TA 断线的情况下发生 A 相接地故障, 其故障回路补偿电流相比正常情况下偏大, 因此测量阻抗偏小, 区外故障时保护容易超越动作, 且负荷越大超越就越明显。

c. $C_{1M} < C_{0M}$ 。

B 相 TA 断线的情况下发生 A 相接地故障, 其回路电流有如下关系:

$$|KI_{FA1} + I_{loadA} - \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} K_z I_{FA1} - K_z I_{loadB}| <$$

$$|KI_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadB}| < |KI_{FA1} + I_{loadA}| \quad (14)$$

由式(14)可知, B 相 TA 断线的情况下发生 A 相接地故障, 其故障回路补偿电流相比正常情况下偏小, 因此测量阻抗偏大, 区内故障时保护容易拒动, 且负荷越大拒动范围越大。

同理可知, C 相 TA 断线的情况下发生 A 相接地故障, 其故障回路补偿电流为:

$$|KI_{FA1} - \frac{C_{0M} - C_{1M}}{3} I_{FA1} + I_{loadA} - K_z I_{loadC}|$$

与正常情况下的补偿电流 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相比, 其幅值的相对大小关系不确定。若 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相对较大, 则保护表现为区内故障时拒动; 若 $|KI_{FA1} + I_{loadA}|$ 相对较小, 则保护表现为区外故障时超越动作。

2.3 TA 断线对距离保护的影响小结

根据前文的分析可以看出, TA 断线可能造成距离保护在区外故障时超越动作, 也可能造成距离保护在区内故障时拒动。具体保护行为与正常运行时功率流向、故障相与 TA 断线相之间的相序关系、负荷电流大小、故障点位置等因素有关, 如图 4 所示。

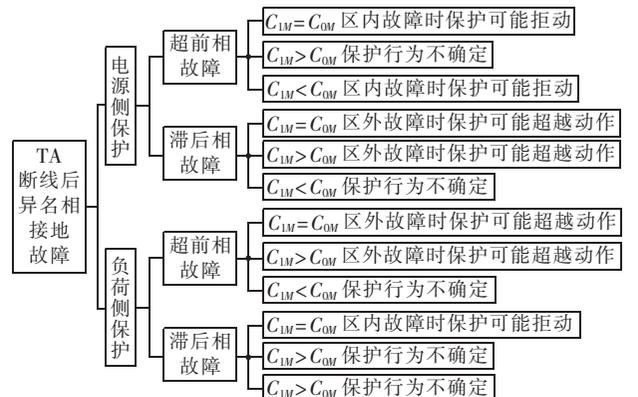


图 4 TA 断线对接地距离保护的影响
Fig.4 Influence of CT disconnection on grounding-fault distance protection

TA 断线对电源侧与负荷侧的距离保护的影响不同, 总体而言是电源侧的保护在相对于断线相的

超前相发生故障时,接地距离保护趋于拒动,在相对于断线相的滞后相故障时接地距离保护趋于超越动作;负荷侧的保护在相对于断线相的超前相故障时保护趋于超越动作,在相对于断线相的滞后相故障时保护趋于拒动。

不同的故障位置有不同的正、负、零序电流分配系数,不同的正、负、零序电流分配系数下 TA 断线对保护造成的影响也各不相同;总体而言,负荷电流越大,TA 断线对接地距离保护的影响越严重。

3 TA 断线情况下的自适应接地距离保护方案

3.1 TA 断线的识别方法

3.1.1 双端量识别方法

双端量的 TA 断线识别方法的基本思路是结合两侧保护的启动情况以及差电流和相电流条件进行综合判别。双端量 TA 断线判别条件如下:

- a. 线路对侧保护不启动;
- b. 本侧有零序电流和零序差动电流;
- c. 本侧任意一相有差动电流;
- d. 本侧对应相电流幅值减小。

上述 4 个条件都满足时可以判定本侧对应相 TA 发生断线。

3.1.2 单端量识别方法

单端量识别 TA 断线的条件如下:

- a. 线路处于全相运行状态;
- b. 保护检测到零序电流而无零序电压;
- c. 任意相电流幅值减小。

上述 3 个条件都满足时可判定对应相 TA 断线。

3.2 自适应接地距离保护算法

3.2.1 理论分析

从前文分析可以看出,TA 断线后断线相的电流无法准确测量导致非断线相故障时,其所测量的零序电流中包含了断线相电流分量,造成接地回路阻抗无法准确测量。因此,若能构建出故障时的断线相电流就能解决距离保护的拒动和误动问题。

正常运行情况下一次系统是平衡的,即理论上二次侧三相电流应该是完全对称的,因此可以根据正常的两相电流构建出故障前 TA 断线相的负荷电流。仍然假设 B 相 TA 断线,正常运行时实际的零序电流为 0,即:

$$i_{\text{loadA}} + i_{\text{loadB}} + i_{\text{loadC}} = 0 \quad (15)$$

其中, i_{loadA} 、 i_{loadC} 分别为故障前 A、C 两相负荷电流采样值; i_{loadB} 为理论上 B 相的负荷电流采样值。根据式(15)可得:

$$i_{\text{loadB}} = -(i_{\text{loadA}} + i_{\text{loadC}}) \quad (16)$$

微机保护对于采样数据都有专门的缓存区,一般至少可追忆 5 个周期以上的电气量采样数据,这

为构建断线相负荷数据提供了便利条件,即可通过式(16)利用健全的两相负荷电流采样值构建出 TA 断线相的负荷电流采样值。

另外,在发生单相接地故障的情况下,理论上另外两相的相间电流应无突变量,即 A 相发生接地故障的情况下 B、C 相间的电流突变量应该为 0。因此可根据故障后的健全相(非 TA 断线相且非故障相)的电流突变量求得 TA 断线相的电流突变量。

根据电路的叠加原理^[8-9],故障相电流由负荷电流和故障分量(突变量)组成,因此断线相的故障电流可通过其负荷电流及突变量求得。假设 A 相故障,令 C 相电流突变量为 Δi_C ,令理论上 B 相的突变量为 Δi_B ,令理论上 B 相的故障电流为 i_B ,则有:

$$i_B = i_{\text{loadB}} + \Delta i_B = i_{\text{loadB}} + \Delta i_C \quad (17)$$

结合式(15)可得构建的 B 相故障电流为:

$$i_B^* = i_{\text{loadB}} + \Delta i_B = -(i_{\text{loadA}} + i_{\text{loadC}}) + \Delta i_C \quad (18)$$

保护正常运行过程中实时地进行 TA 断线,根据 3.1 节中所述方案,TA 二次回路断线均能被可靠识别。识别出某相 TA 断线后,若再发生其他相别接地故障,便可根据式(18)构建出断线相故障电流,再根据文献[8-9]中所提的传统接地距离算法便能计算出准确的故障回路阻抗,避免保护的误动和拒动,这即为本文所提出的 TA 断线情况下的自适应距离保护方案。

3.2.2 试验验证

在中国电科院组织的某次动模试验中,在单机对无穷大系统模型中模拟了系统侧 B 相 TA 断线的情况下在电源侧出口发生 A 相接地故障,系统侧接地距离保护 I 段发生超越动作,动作行为与前文所分析的结果相符。保护装置的电流量录波数据如图 5(a)所示。

根据式(18)所构建出的 B 相故障电流如图 5(b)所示,其与故障录波器所录的实际的 B 相故障电流对比如图 5(c)所示,可见构建的 B 相故障电流与实际故障电流相比误差并不大。阻抗计算结果如图 5(d)和(e)所示。其中,图 5(d)为故障前后采用常规算法的故障阻抗变化轨迹,可明显看出故障期间阻抗落入了四边形阻抗继电器的动作范围之内,保护趋于超越动作;图 5(e)中, $|Z_A^*|$ 为传统方法所测量的故障回路阻抗幅值; $|Z_A^*|$ 为重构 B 相故障电流后计算出的故障回路阻抗幅值;线路全长二次阻抗为 13.8Ω ;距离 I 段整定阻抗为 11.1Ω 。构建 B 相电流后测量阻抗基本能反映故障回路实际阻抗,保护可靠不动作;传统算法的接地距离 I 段保护将要误动,和动模试验中保护实际动作情况一致。

3.3 保护配置及回路的改进建议

3.3.1 专用零序 TA

线路保护一般均用自产零序电流,自产的零序

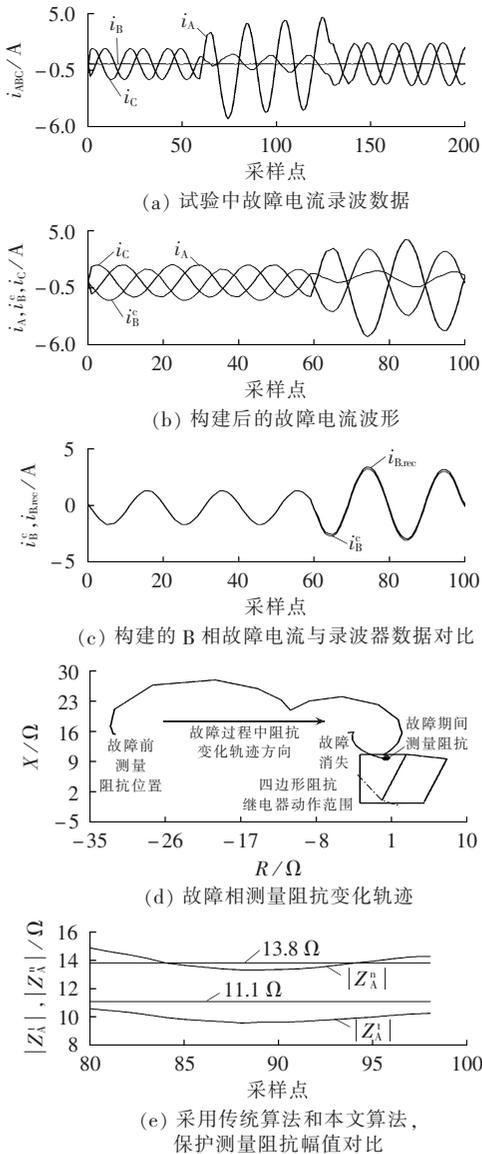


图 5 动模试验中电气量的录波数据

Fig.5 Recorded waves of dynamic simulations

电流无论是通过回路上自产还是通过软件自产,实际均为 A、B 和 C 三相二次电流之和,均受 TA 断线的影响,即任何一相 TA 断线均会在自产的零序电流上产生一附加分量,导致再发生故障时自产零序电流不能真实反映故障属性。因此,若能提供专用的零序 TA 接入,保证零序电流不受 TA 断线的影响,即能保证非断线相再发生故障时接地距离保护能正确动作。

3.3.2 TA 回路双重化

在超高压、特高压等特别重要的线路上,保护装置可以考虑接入同一 TA 的 2 组电流,进行相互校验。2 组电流取其中一组作为保护用,另一组作为校验用,当保护用 TA 断线时,可将用于校验的一组电流切入做保护计算,保证在运行人员处理前保护能正常工作。用于阳城电厂出线的 ABB 公司研制的 REL 561 型光纤差动保护装置就同时接入了同一 TA 的 2 组电流用于 TA 断线判别。这个方案对差动

保护同样有益。

3.3.3 保护功能配置优化

不管是学术界、科研院所、运行单位还是生产企业的专家对继电保护的发展方向均有强化主保护、简化后备保护的共识,因此可以考虑在 TA 断线的情况下允许接地距离保护退出,以保证区外故障时保护不误动,而区内故障可由主保护切除。近年来新建的 220 kV 以上电压等级线路保护绝大多数采用光纤差动保护,通道正常的情况下其各方面性能均有优势,且差动保护具有完整的识别 TA 断线方案及成熟、可靠的解决措施,可以保证 TA 断线情况下,发生区外故障时保护不误动,发生区内严重故障时保护不拒动,因此在 TA 断线情况下退出接地距离保护影响不大。

4 结语

本文从理论上分析了 TA 断线后接地距离保护的行为特征,得出了受电侧和送电侧接地距离保护性能受 TA 断线的影响不同,同时也受故障相与断线相的相序关系、受零序和正序分配系数等因素影响的结论;结合 TA 断线的识别提出自适应的接地距离保护算法,通过实际的动模数据验证了其正确性和有效性;对保护的配置提出了改进措施。

参考文献:

- [1] 文明浩. 线路纵差保护 CT 二次断线判据分析[J]. 继电器, 2006, 34(18): 1-3.
WEN Minghao. Analysis of second loop break criterion of CT used in differential protection of transmission line[J]. Relay, 2006, 34(18): 1-3.
- [2] 张悦. 电流互感器二次回路断线在差动保护中的应用[J]. 山西电力技术, 2001(2): 33-34.
ZHANG Yue. Application of CT's circuits fault in current differential protection[J]. Shanxi Electric Power, 2001(2): 33-34.
- [3] 刘强. 电流互感器二次开路故障分析及处理方法[J]. 华中电力, 2007, 20(6): 42-43.
LIU Qiang. Fault analysis and solution of secondary open circuit for current transformer[J]. Central China Electric Power, 2007, 20(6): 42-43.
- [4] 蔡桂龙, 唐云. 变压器差动保护电流互感器二次回路断线闭锁分析[J]. 继电器, 2001, 29(8): 62-66.
CAI Guilong, TANG Yun. Analysis of the second circuit breaking blocking operation of a CT of differential protection for transformer[J]. Relay, 2001, 29(8): 62-66.
- [5] 王尔寒, 王强, 路光辉, 等. 浅析电压量在高压线路光纤差动保护中的作用[J]. 继电器, 2004, 32(23): 66-68.
WANG Erhan, WANG Qiang, LU Guanghui, et al. Brief analysis of voltage effect on HV differential protection based on channel of optical fiber[J]. Relay, 2004, 32(23): 66-68.
- [6] 李斌, 常文华, 赵长兵, 等. 超高压输电线路接地电抗继电器研究[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(8): 8-12.

- LI Bin, CHANG Wenhua, ZHAO Changbing, et al. Earthing fault reactance relay of EHV transmission line[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(8): 8-12.
- [7] 许正亚. 输电线路新型距离保护[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002: 19-27.
- [8] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 3 版. 北京: 中国电力出版社, 2005: 203-217.
- [9] 邱关源. 电路[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 1999: 80-86.

作者简介:



陈福锋(1979—), 男, 江苏宜兴人, 高级工程师, 硕士, 从事电力系统继电保护的研究和开发工作(E-mail: fufeng-chen@sac-china.com)。

Improvement of grounding-fault distance protection under CT disconnection

CHEN Fufeng

(Guodian Nanjing Automation Co., Ltd., Nanjing 210003, China)

Abstract: The behavior of distance protection under CT(Current Transformer) disconnection is studied and its influence is analyzed based on the fault-circuit resistance measured by the protection, which shows that the influencing factors are the direction of power flow and the position of faulty phase. At the power-source side, the grounding-fault distance protection tends towards the miss operation when the in-zone fault occurs in the leading phase relative to the phase of CT disconnection and towards the improper operation when the out-zone fault occurs in the lagging phase relative to the phase of CT disconnection, while it behaviors on the contrary at the load side. Combined with the method of CT disconnection detection, an adaptive grounding-fault distance protection scheme is proposed, which is theoretically analyzed and verified by the test. Suggestions are given on the CT circuit and protection configuration.

Key words: relay protection; CT disconnection; grounding-fault distance protection; overstepped action; miss operation; electric grounding

(上接第 116 页 continued from page 116)

- values[J]. Journal of Vibration and Shock, 2001, 20(3): 5-6, 31.
- [21] 郝思鹏, 张仰飞, 李先允. 选择合适的曲线提取低频振荡信息[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(12): 23-26.
- HAO Sipeng, ZHANG Yangfei, LI Xianyun. Select swing curve to distill low frequency oscillation information [J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(12): 23-26.

作者简介:

汪颂军(1987—), 男, 湖北黄石人, 硕士研究生, 主要研究



汪颂军

方向为电力系统运行与控制(E-mail: sjwang@whu.edu.cn);

刘涤尘(1953—), 男, 湖北红安人, 教授, 博士研究生导师, 博士, 主要研究方向为电力自动监控技术、电力系统运行与控制、电力电子技术应用、电力故障诊断及电磁兼容等(E-mail: dcliu@whu.edu.cn);

廖清芬(1975—), 女, 浙江衢州人, 副教授, 博士, 通讯作者, 从事电力系统稳定与控制方面的研究。

Online dominant mode identification and warning based on EEMD-NExT for low-frequency oscillation in operating conditions

WANG Songjun, LIU Dichen, LIAO Qingfen, ZHOU Yutian, WANG Yajun, WANG Yifei, ZHAO Yijie

(School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: A method of online low-frequency oscillation dominant mode identification based on the dynamic measurements of WAMS(Wide-Area Measurement System) in operating conditions is proposed, which combines EEMD(Ensemble Empirical Mode Decomposition) with NExT(Natural Excitation Technique). The EEMD is used to deal with the unstable signal and select the dominant mode with its spatiotemporal filter, cross-correlation coefficients and signal energy weights. The NExT is used to obtain the cross-correlation function. The time-varying amplitude and frequency are identified by the Teager energy operator and the damping ratio is identified by the signal energy analysis, which are applied to the early warning system. Simulative results of case study show that, without artificial incentive and with strong anti-noise ability, the system dominant mode is identified and the illusive mode is eliminated accurately in realtime.

Key words: ensemble empirical mode decomposition; natural excitation technique; operational modal analysis; low-frequency oscillation; dominant mode identification; stability