

非全相运行状态下距离保护行为的分析和改进

曾庆国,王光辉,何平

(四川巴中电业局,四川巴中 636000)

摘要:主要分析了电力系统输电线路非全相运行对线路保护装置中距离判据的影响。通过大量的分析得出,在非全相运行时,相间方向阻抗继电器和接地方向阻抗继电器有可能误动作,若系统振荡将加大误动的几率。对各种距离继电器在非全相状态下的动作特性进行了详细的推导及分析,最后得出了实用的非全相距离保护的实现方法。

关键词:继电保护;非全相运行;距离保护;阻抗继电器

Abstract: The effect of open-phase running of transmission line on distance criterion is analyzed. Then, the results are obtained through enough researches that phase-to-phase impedance relay and earth fault impedance relay may operate improperly in open-phase running state. The probability of misoperation can increase during power system oscillation. Then the practical method of distance relay in open-phase running state is proposed after the detailed derivation and analysis on its characteristics.

Key words: protective relaying; open-phase running; distance relay; impedance relay

中图分类号:TM773 文献标识码:A 文章编号:1003-6954(2008)01-0014-06

运行经验表明,在电力系统中发生的故障很多属于暂时性的且大部分为单相接地故障,这些故障当被继电保护切除,电弧熄灭后,故障点的绝缘即可恢复,故障随即自行消除。此时,若自动重合闸成功,即可恢复供电,提高供电的可靠性,这无论在技术上和经济上都是合理的。系统单相接地永久性故障或断线故障转为非全相运行状态,若系统允许运行,则具有现实意义。系统进入非全相运行状态,不但可以提高供电的可靠性和系统并联运行的稳定性,还可以减少相间故障发生的机会。采用非全相运行,线路输送的有功功率仍可占线路全相运行时输送的有功功率的60%以上,还能保证连续向用户供电。这样既保证了用户的用电需要,又保证了电力系统本身运行的经济性。

针对输电线路发生单相永久性接地故障或断线故障,故提出实现非全相运行的方案,即单相接地故障时重合闸如果不成功再跳单相,进入非全相运行状态。下面将对在非全相运行时及其非全相运行时再故障对现距离保护运行行为的影响进行分析。从后面的分析可知,对反映输电线路两端电势大小和相位阻抗(距离)保护会受到影响,对该保护运行行为作了较为详细的分析,并针对存在的主要问题提出了改进方案。

1 研究现状及所要解决的问题

从根本上讲,在发生单相接地永久性故障时,系

统一般不允许跳开故障相进入非全相运行状态。非全相运行状态的研究曾在20世纪60~70年代提出过,但由于当时电力电子技术落后,没能得到普遍重视。由于现代电力电子技术的发展,它与电力系统传统的阻抗控制元件、功角控制元件以及电压控制元件(串补电容、并联电容、电抗、移相器、电气制动等)相结合,出现了FACTS技术。它由美国电力科学研究院Hingornal博士于1988年首先提出,其主要内容是用大功率可控硅元件替代这些传统元件上的机械式高压开关,从而使电力系统中影响潮流分布的三个主要电气参数(电压、线路阻抗及功率角)可按照系统的需要迅速调整。在非全相运行时,可以应用这一技术以达到快速补偿系统的负序和零序电流,同时提高系统非全相运行时的传输能力,这使非全相运行的研究变为可能。

在系统进入非全相运行状态时,因系统稳定受到较大干扰,输电线路两端电势大小和相位发生变化,系统对称性遭到破坏,系统将出现零序分量和负序分量。如果系统需转入非全相运行状态,系统的潮流分布计算需要得到解决,线路保护尤其是距离保护的正确测量会受到较大影响;由全相运行转为非全相运行时选相元件能否正确选相,也需要得到解决。因此在采用长期非全相运行时,对以上问题必须给予充分的考虑。

2 非全相运行对线路保护影响

非全相运行时,对线路保护装置而言,不同原理的保护装置所受影响不一样。分相电流差动保护由于原理上就分相计算,按相处理,因此可以完全不受非全相的影响;距离保护在非全相产生负序、零序情况下,必须考虑由于断开相对另外两相测量阻抗的影响,尤其是再次发生故障、振荡等情况下,极化电压的选取、补偿电压的计算等都应特别分析,常规的全相距离继电器可能不适用;在非全相运行时,负序、零序过流保护必须考虑负荷电流的影响,整定配合困难,一般保留长延时的最末段,且方向元件自动退出;纵联距离保护中,方向元件的计算也受到影响,必须增加必要的闭锁措施。因此,非全相运行中,线路保护装置受到的影响较为严酷,特别是必须分析距离保护元件的动作规律,采取必要的措施防止拒动和误动。

对任一条线路(线路中间具有分枝线的除外)而言,其两端所联接的网络均可等值为一个电压源与一个阻抗的串联。因此这里采用了双端电源系统的电路模型,如图1所示。

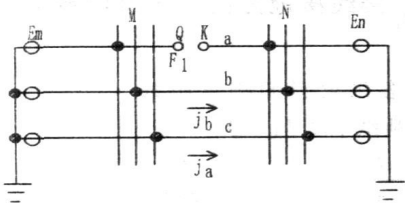


图1 双端电源系统非全相运行示意图

2.1 计算保护安装处的各序电压电流

图1示出了A相断线,B、C两相运行的非全相运行状态,并设定两端电势振荡,其振荡角变化为 $0^\circ \sim 360^\circ$ 。下面将对安装在母线M处的继电保护随系统振荡的运行行为作具体分析。

首先计算母线M处的各序电压与各序电流。设定电路的正序阻抗等于负序阻抗。电路的正、负、零序电路见图2。由图2可计算出母线M处的各序电流如式(1),式中的 Z_1 、 Z_2 分别为正序网络、零序网络从故障口(即断口)看进去的正序、零序等值阻抗。对本电路模型而言,

$$Z_1 = Z_{m1} + Z_{l1} + Z_{n1}, Z_0 = Z_{m0} + Z_{l0} + Z_{n0}$$

由图2中的图a、图b和图c分别求得母线M处

的各序电压如式(2)。

求得母线M处的各序电压电流后,下面即可对安装在该处的保护的运行行为进行分析。

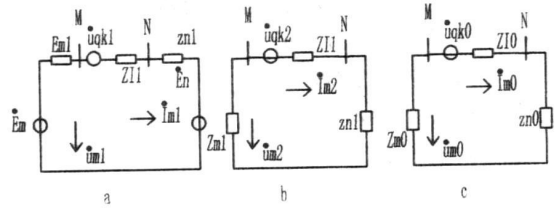


图2 正序、负序和零序等值电路

下面将根据故障口(即断口)处的边界条件建立方程,其A、B、C坐标系统的边界条件为:

$$I_a = 0 \\ U_b = U_c = 0$$

将上式的电压和电流用对称分量表示,则得到0、1、2坐标系统的边界条件为:

$$I_{m1} + I_{m2} + I_{m0} = 0 \\ U_{m1} = U_{m2} = U_{m0} = \frac{1}{3} U_a$$

求解上式可以得到:

$$I_{m1} = (E_m - E_n) \frac{Z_1 + Z_0}{Z_1(Z_1 + 2Z_0)}$$

$$I_{m2} = -I_{m1} \frac{Z_0}{Z_1 + Z_0} \quad (1)$$

$$I_{m0} = -I_{m1} \frac{Z_1}{Z_1 + Z_0}$$

$$U_{m1} = E_m - I_{m1} Z_{m1} \\ U_{m2} = -I_{m2} Z_{m1} \quad (2)$$

$$U_{m0} = -I_{m0} Z_{m0}$$

2.2 $U\Delta/I\Delta$ 接线相间方向阻抗继电器的运行特征分析

2.2.1 求各继电器的测量阻抗

计算各相间测量阻抗:

$$Z_{jAB} = \frac{U_{ma} - U_{mb}}{I_{ma} - I_{mb}} = \frac{U_{m1} + U_{m2} - a^2 U_{m1} - a U_{m2}}{I_{m1} + I_{m2} - a^2 I_{m1} - a I_{m2}} \\ = \frac{(1+a)U_{m1} + U_{m2}}{(1+a)I_{m1} + I_{m2}}$$

$$= \frac{(1+a)(E_m - I_{m1} Z_{m1}) + Z_{m1} I_{m1} Z_0 / (Z_1 + Z_0)}{(1+a)I_{m1} - I_{m1} Z_0 / (Z_1 + Z_0)}$$

化简得:

$$Z_{jAB} = -Z_{m1} + \frac{Z_x}{1 - P e^{j\theta}}$$

用同样的方法可推得:

$$Z_{IBC} = \frac{U_{mb} - U_{mc}}{I_{mb} - I_{mc}} = -Z_{ml} + \frac{Z_1}{1 - Pe^{j\theta}}$$

$$Z_{JAC} = \frac{U_{ma} - U_{mc}}{I_{ma} - I_{mc}} = -Z_{ml} + \frac{Z_Y}{1 - Pe^{j\theta}}$$

$$\text{式中的 } Z_X = \frac{(1+a)Z_1(Z_1+2Z_0)}{(1+a)Z_1+aZ_0}$$

$$Z_Y = \frac{Z_1(Z_1+2Z_0)}{Z_1-aZ_0}$$

$$Pe^{j\theta} = E_n/E_m$$

式中的 P 大于 1。

观察上面的公式,可以发现各继电器的测量阻抗表达式的形式完全相同。通过在复数平面上圆和直线的反演,当 $P=1$ 时,各测量阻抗的轨迹随 θ 变化是一条直线,当 P 不等于 1 时,各测量阻抗的轨迹随

θ 的变化是一圆。该圆的圆心坐标是 $(\frac{C}{1-P^2} - A,$

$$\frac{D}{1-P^2} - B), \text{ 该圆的圆心半径 } R = \frac{P \sqrt{C^2 + D^2}}{|1-P^2|}。$$

2.2.2 继电器的运行行为分析

根据相间方向阻抗继电器整定值的整定原则,其保护的整定值为线路阻抗值的 85%,它的动作特性是一个以整定阻抗为直径的圆。现分析对反应 Z_{IBC} 而动作的继电器的运行行为。系统非全相运行并振荡,继电器的动作情况与系统全相运行并振荡时的继电器的动作情况完全相同。全相运行时分析继电器的动作情况所得到的结论,在非全相运行的条件下也完全成立。一般地,对于长线路的保护,反应在线路的阻抗上,就是线路的阻抗大于两端系统的阻抗,系统振荡时保护将要误动作;对于短线路的保护,反应在线路的阻抗上,就是线路的阻抗小于两端系统的阻抗,此时振荡中心一般不会位于被保护的线路上,系统振荡时保护将不误动作。当 P 大于 1 时,母线 M 处保护的测量阻抗 Z_{IBC} 的运动轨迹圆的圆心位于复平面的第三象限;对于母线 N 处, Z_{IBC} 的运动轨迹圆的圆心位于复平面的第一象限。当 P 小于 1 时,情况正好与上面相反。

分析上述测量阻抗公式,可以知道各测量阻抗的运动轨迹随振荡角 θ 的变化是一圆。A、B 和 A、C 相继电器的动作域较 B、C 相继电器的动作域小,也即 A、B 和 A、C 相继电器对于 B、C 相继电器来说更不易误动作。只要振荡中心不在保护范围之内时,或者线路是短线路时,系统振荡时保护不会误动作。对于中等长线路,B、C 相继电器很容易误动作,但 A、B 和 A、C 相继电器一般不会误动作。对于长线路,各保护都

要误动作。由于 B、C 相的测量阻抗与线路全相运行时的完全一样,故线路非全相运行时相间方向阻抗继电器的运行行为不受影响。

图 3 作出了在 $R-jX$ 复平面内此时各继电器的测量阻抗的运动轨迹及其 B、C 相继电器的测量阻抗与动作特性圆相交的情况。说明:图中 $Z_{mjab}, Z_{mjbc}, Z_{njac}$ 为母线 M 处各相间距离继电器的测量阻抗, $Z_{njab}, Z_{njbc}, Z_{njac}$ 为母线 N 处各相间距离继电器的测量阻抗。

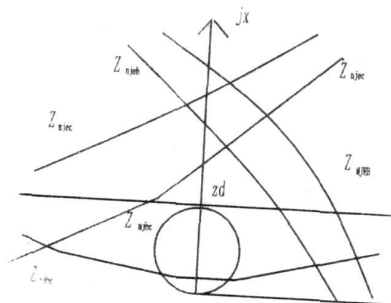


图 3 相间距离保护在 A 相断线的非全相运行状态下系统振荡时母线 M 和 N 处测量阻抗的轨迹

2.3 $\frac{U_Y}{I_Y + 3kI_0}$ 接线接地方向阻抗继电器的运行特性分析

2.3.1 计算各继电器的测量阻抗

因 A 相断线,故 $I_A=0$

$$\begin{aligned} Z_{JA} &= \frac{U_{ma}}{I_{ma} + 3kI_{m0}} = \frac{U_{m1} + U_{m2} + U_{m0}}{3kI_{m0}} \\ &= \frac{E_m - I_{m1}Z_{m1} - I_{m2}Z_{m2} - I_{m0}Z_{m0}}{3kI_{m0}} \\ &= -Z_{X1} + Z_{Y1}/(1 - Pe^{j\theta}) \end{aligned}$$

其中

$$Z_{X1} = \frac{(Z_{m1} - Z_{m0})Z_{l1}}{Z_{l1} - Z_{l0}} \quad Z_{Y1} = \frac{(Z_1 + 2Z_0)Z_{l1}}{Z_{l1} - Z_{l0}}$$

仿照上面的推导,可得:

$$Z_{JB} = \frac{U_{mb}}{I_{mb} + 3kI_{m0}} = -Z_{X2} + Z_{Y2}/(1 - Pe^{j\theta})$$

$$Z_{JC} = \frac{U_{mc}}{I_{mc} + 3kI_{m0}} = -Z_{X3} + Z_{Y3}/(1 - Pe^{j\theta})$$

式中的 Z_{X2}, Z_{Y2} 分别为:

$$Z_{X2} = \frac{a^2(Z_1 + Z_0)Z_{m1} - aZ_{m1}Z_0 - Z_{m0}Z_1}{a^2(Z_1 + Z_0) - aZ_0 - (3k+1)Z_1}$$

$$Z_{Y2} = \frac{a^2Z_1(Z_1 + 2Z_0)}{a^2(Z_1 + Z_0) - aZ_0 - (3k+1)Z_1}$$

式中的 Z_{X3}, Z_{Y3} 分别为:

$$Z_{X3} = \frac{\alpha(Z_1 + Z_0)Z_{m1} - \alpha^2 Z_{m1}Z_0 - Z_{m0}Z_1}{\alpha(Z_1 + Z_0) - \alpha^2 Z_0 - (3k+1)Z_1}$$

$$Z_{Y3} = \frac{\alpha Z_1(Z_1 + 2Z_0)}{\alpha(Z_1 + Z_0) - \alpha^2 Z_0 - (3k+1)Z_1}$$

式中的 $Pe^{j\theta} = E_n/E_m$ 。各相的测量阻抗的运动轨迹随振荡角的变化是一圆。

2.3.2 继电器的运行行为分析

同相间方向阻抗继电器一样,当线路为较短线路时,系统非全相运行并振荡不会使接地距离保护误动作。但是,随着线路的变长,保护将要误动作,对同一处的同一个保护而言,使其误动作的振荡范围就越大。与全相运行相比,接地方向阻抗继电器在非全相运行时误动作的范围有所变大。因此接地方向阻抗继电器在非全相运行时受振荡的影响比在全相运行时受振荡的影响为大。

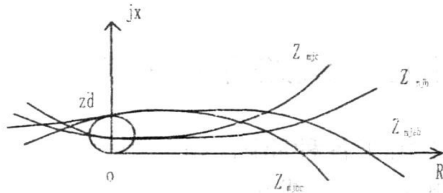


图4 接地距离保护在A相断线的非全相状态下系统振荡时母线M和N处测量阻抗的轨迹

2.4 多相补偿阻抗继电器两相运行分析

这种阻抗继电器不反应对称运行及全相振荡,其三相补偿后的电压为:

$$\dot{U}_A = U_A - (I_A + 3kI_0)Z_{zd}$$

$$\dot{U}_B = U_B - (I_B + 3kI_0)Z_{zd}$$

$$\dot{U}_C = U_C - (I_C + 3kI_0)Z_{zd}$$

由这三个补偿后的电压构成的三个相位比较器的临界动作条件为:

$$360^\circ = \arg \frac{\dot{U}_A}{\dot{U}_B} \geq 180^\circ$$

$$360^\circ = \arg \frac{\dot{U}_B}{\dot{U}_C} \geq 180^\circ$$

$$360^\circ = \arg \frac{\dot{U}_C}{\dot{U}_A} \geq 180^\circ$$

只要三个相位比较器的一个动作,该多相补偿阻抗继电器就可动作。

当线路处于全相运行状态并振荡时,此时线路仍处于对称状态,故各处的电压、电流对称,零序电流为0。不难得到:

$$\arg \frac{U_A}{U_B} = \arg \frac{U_B}{U_C} = \arg \frac{U_C}{U_A} = 120^\circ$$

可知全相运行状态并振荡时多相补偿阻抗继电器不会误动作。

对于较短线路,保护不会误动作。随着线路的变长,这种多相补偿阻抗器在两相运行状态时,将有两个相位比较器误动作。在A相断线的条件下,A、B和C、A相位比较器均可在系统振荡时发生误动作,从而造成该继电器误动作。因此,当线路处于非全相运行状态并振荡时对多相补偿阻抗器的运行行为影响很大,必须采取防止非全相运行误动的措施。由于比较运行相补偿电压的相位比较器(对于本例,即B、C相位比较器)一般不会误动作,所以,当一相断开时,可以利用反映该相断路器断开的相电流元件将与该相补偿电压有关的两个相位比较器闭锁,只保留比较两个健全全相补偿电压的相位比较器作为两相运行的保护。

2.5 小结

前面对相间方向阻抗继电器、接地方向阻抗继电器和多相补偿阻抗继电器在系统处于非全相运行并振荡时的动作情况进行了分析。它们都有一个共同的特点:当线路是非常短的线路时,系统振荡各保护都不会误动作;随着线路的变长,系统振荡时各保护相继要误动作,只是各保护误动作的程度不尽相同而已,多相补偿阻抗继电器的误动作域远远大于相间及接地阻抗继电器的误动作域。从距离保护的原理上决定了在振荡时保护要误动,随着振荡角的变化,振荡中心的位置及其该点的电压要发生变化。如果振荡角为180°且两端系统的电势幅值相等时,振荡中心将位于系统的电气中心,且该点电压为0,相当于该点三相短路接地,此时保护的测量阻抗就等于保护安装处到振荡中心之间的阻抗。由此可知,当振荡中心位于保护范围之内时,保护将要误动作;当振荡中心位于保护范围之外或保护反方向时,保护将不误动作。由于保护的整定值按被保护线路阻抗值的85%整定,因此,线路越长,保护整定值就越大,在复平面上保护的動作特性圆就越大,测量阻抗就越容易落入動作特性圆内,故保护就越容易误动作。相反地,线路越短,保护就不容易误动作。从前面的分析还发现,当线路渐渐变长时,靠近较大内阻抗的等值电源系统的保护比靠近较小内阻抗的等值电源系统的保护越易误动作,有时靠近较小内阻抗的等值电源系统的保护不误动作。这是因为,由于系统的电气中心总

是靠近内阻抗较大的等值电源系统的一侧,当线路振荡时,振荡中心与电气中心接近或是重合,所以振荡中心越易落入较大内阻抗的等值电源系统的保护范围内。同全相运行时相比较,相间方向阻抗继电器的运行行为不会受到什么影响,接地方向阻抗继电器的运行行为将受到一点影响,全相运行时多相补偿继电器不会误动,但在非全相运行时很容易,故其所受影响很大。

3 非全相运行再故障时距离保护行为分析

前面分析了两端电源系统非全相运行并振荡对距离保护的影响。本节将要分析两端电源系统非全相运行并振荡同时线路再发生故障对距离保护的影响,对线路再故障本节将要分析单相接地故障,两相接地故障,两相相间短路。

3.1 A相断线,B相短路接地时,接地方向阻抗继电器的动作行为分析

分析计算表明,B相接地方向阻抗继电器的测量阻抗等于其短路阻抗,与系统全相运行时一样,能够正确反映短路点的位置,继电器能够正确动作。故故障相不受非全相运行的影响。因受振荡的影响,C相继电器的测量阻抗的运动轨迹为一圆,随着线路的变长,系统振荡,C相继电器仍然有可能误动。

3.2 A相断线,B、C相短路接地

3.2.1 接地方向阻抗继电器的运行行为分析

同单相接地短路一样,B相和C相继电器所测得的阻抗都为各自的短路阻抗 Z_{DM} 。因为 $Z_{BJ} = \frac{U_{BM}}{I_{BM} + 3kI_0} = \frac{I_{BM}Z_{DM} + 3kI_0Z_{DM}}{I_{BM} + 3kI_0} = Z_{DM}$ 。同理, $Z_{CJ} = Z_{DM}$ 。B、C两相继电器都能正确动作。在全相运行并发生B、C两相短路接地时,B、C两相接地阻抗继电器也能正确动作。故在此种情况下接地阻抗继电器不受非全相运行的影响。

3.2.2 相间方向阻抗继电器的运行行为分析

对于B、C相间方向阻抗继电器, $Z_{BCJ} = \frac{U_{BM} - U_{CM}}{I_{BM} - I_{CM}} = \frac{I_{BM}Z_{DM} - I_{CM}Z_{DM}}{I_{BM} - I_{CM}} = Z_{DM}$ 故B、C相间方向阻抗继电器能够正确动作。在全相运行并发生B、C两相短路接地时,B、C相间方向阻抗继电器等于短路阻抗 Z_{DM} ,该继电器也能正确动作。在此种情况下继电器不受非全相运行及振荡的影响。

3.2.3 多相补偿阻抗继电器的运行行为分析

B、C相位比较器不能动作。当系统处于全相运行状态时,B、C相位比较器也不会动作。因此,在此条件下运行相相位比较器不受非全相运行的影响。

3.3 A相断线,B、C两相相间短路

3.3.1 相间方向阻抗继电器的运行行为分析

计算分析表明,在B、C相发生两相短路不接地时,B、C相相间方向阻抗继电器的测量阻抗等于其保护安装处到短路点的阻抗,即短路阻抗,故继电器能正确动作。在全相运行并发生B、C两相短路时,该继电器也能正确动作。因此在此种情况下继电器不受非全相运行的影响。

3.3.2 多相补偿方向阻抗继电器的运行行为分析

此时B、C相位比较器能够正确动作,不受振荡的影响。在系统全相运行时,B、C相位比较器也能够正确动作。

4 非全相运行线路保护的实现

当线路上由于各种原因(如单相故障、偷跳等)从而进入非全相状态后,线路保护装置将随之采取必要的措施来对线路进行保护,简单介绍如下。

4.1 非全相运行状态的确定

(1) 单相跳闸固定动作,且其对映相有流元件不动作,判该相已跳开。

(2) 某相TWJ动作,且其对应相有流元件不动作,判该相已跳开,经延时置非全相状态。

4.2 非全相运行单相故障

两相非全相运行状态时,以B、C两相运行为例,当 $|\arg(I_0/I_{2B})| < 90^\circ$ 时,选非全相运行B相故障;当 $|\arg(I_0/I_{2C})| < 90^\circ$ 时,选非全相运行C相故障。使用接地距离二段定值进行测量,延时100ms动作跳三相。

两相非全相运行时,根据 I_0 和 I_2 相位关系选相,可保证选相的正确性,又可以保证非全相振荡时,单相距离继电器不动作,振荡中再单相接地故障时能快速开放保护测量。因此,在非全相振荡时若发生单相故障则以选相区为非跳开相且距离继电器同时动作作为开放条件。

利用 I_0 和 I_2 的相位关系,把故障分为3个区,确定可能的故障类型。

$$\text{当 } -60^\circ < \arg \frac{I_0}{I_{2A}} < 60^\circ \text{ 时选 AG/BCG 区}$$

当 $-60^\circ < \arg \frac{I_0}{I_{2B}} < 60^\circ$ 时选 BG/CAG 区

当 $-60^\circ < \arg \frac{I_0}{I_{2C}} < 60^\circ$ 时选 CG/ABG 区

由于 A 相断开, I_0 和 I_2 的相位关系应该一直落到 AG/BCG 区, 而当非全相运行中, 再发生健全相的单相故障的时候, 选相区为非跳开相且单相距离继电器同时动作, 此时即可认为再次故障并开放保护测量。

4.3 非全相运行相间故障

两相非全相运行时, 若发生相间故障, 采用相间方向阻抗继电器(一般使用相间距离二段定值)进行测量。对非全相振荡相间故障的闭锁开放, 目前常用的方法是测量振荡中心电压 $U_{\cos \phi}$ 方法躲开振荡。

两相非全相运行时只测量健全两相间的 $U_{\cos \phi}$, 用来判断两侧电势的相位差 δ , 在 $\delta \approx 180^\circ$ 时, $U_{\cos \phi}$ 接近于 0。在健全相发生相间短路时, 不论故障点远近如何, $U_{\cos \phi}$ 等于或小于电弧的压降, 约为额定电压的 5%。故障时 $U_{\cos \phi}$ 如此之小, 使得非常容易区分正常运行、进入振荡和发生故障等各种状态。线路保护装置在系统进入非全相振荡时置振荡标志, 在 $U_{\cos \phi}$ 下降到接近 5% 时测量振荡的滑差, 使得 $U_{\cos \phi}$ 元件很准确地躲过振荡中 $U_{\cos \phi} < 0.05$ 的时间, 不开放保护。在振荡中发生故障时 $U_{\cos \phi} < 0.05$ 保持不变, 于是经小延时开放保护。由于躲过振荡所需的延时是根据对滑差实时测量的结果确定的, 因此既能有效地闭锁保护, 又使非全相振荡中发生相间短路时最大限度地降低了保护的延时。

5 结语

针对电力系统非全相运行对继电保护的影响, 着重分析了对距离保护的影响。通过定性与定量相结合的分析方法, 得到的结论如下。

(1) 对于距离保护, 当系统处于非全相运行并振荡时, 相间方向阻抗继电器的动作行为同全相运行时的相同; 接地方向阻抗继电器的误动作域比在全相运行并振荡时的误动作域稍大; 多相补偿相间方向阻抗继电器在全相运行时不反应系统的振荡, 但在非全相运行并振荡时容易误动作, 故它受非全相运行的影响较大, 最好将它退出运行。但对于相间方向阻抗继电器, 目前国内外广泛采用反应负序突变量的振荡闭锁起动元件, 在非全相状态下短路时它可再次起动, 将

保护解除闭锁。不过这时再次起动的灵敏度比在全相运行时再次起动的灵敏度低, 此问题需要得到解决。

(2) 在线路处于非全相运行状态, 再考虑系统发生振荡, 当振荡角在 180° 左右时, 则可能出现较大的零序电流, 故零序电流保护的正确动作将受到影响, 它可能要误动作。此时处理的办法有两种: 其一, 在非全相运行时, 将其退出运行; 其二, 将零序电流保护的整定值加大, 使其能躲开上面条件下出现的零序电流值, 显然, 此时的保护范围将要缩小。

参考文献

- [1] R. Bruce Shipley, H. J. Holley, D. W. Coleman: "Digital Analysis of Single-Pole Switching on HEV Lines", IEEE Trans PAS, August 1986, PAS-87, 1679-1687.
- [2] A. R. VanC. Warrington: Protecive Relay, 1974.
- [3] B. RS. hperling, A. Fakheri, "Compensation Scheme for Sing Pole Switching on Untrans- posed Transmission Lines", IEEE Trans PAS, July/August 1978, PAS-97, PP. 1421-1429.
- [4] R. M. Hasibar, A. C. Legate, J. Brunke, W. G. Peterons, "The Application of High Speed Grounding Switches for Single Poel Reclosing on 500kV Power System ", IEEE Trans PAS, April 1981, PAS-100, PP. 1512-1515.
- [5] S. T. Sobral, W. Castinheiras, V. S. Costa, D. Mukhadkar "In-terferences Between Faulted Power Clrcuits and Communication Circuits or Pipelines - Smlplification Using the Decoupled Met- hood", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 6, NO. 4, October 1991.
- [6] 高中德·超高压电网继电保护专题分析[M]. 水利电力出版社, 1990.
- [7] 王梅义·距离继电器动作行为的分析[J]. 继电器, 1979, (4): 28-54.
- [8] 王梅义·高压电网继电保护运行技术[M]. 电力工业出版社, 1981.
- [9] 朱声石·多相补偿相间距离继电器[J]. 电力系统自动化, 1978(4).
- [10] 朱声石·高压电网继电保护原理与技术[M]. 电力系统出版社, 1980.

作者简介:

曾庆国(1964年生), 工程师, 长期从事电力系统继电保护工作。

王光辉(1971年生), 工程师, 长期从事电力系统调度和调度管理工作。

何平(1977年生), 工程师, 长期从事电力系统营销管理工作。

(收稿日期: 2007-10-19)