

500kV零序方向电流保护的新应用

广东省电力勘测设计院 张华贵

1 问题的提出

500kV线路上,广泛使用距离保护作为主保护和后备保护。距离保护有很多优点,可构成按相跳闸,可构成相间和接地保护,可构成I、II、III段阶梯时限特性,当和通道设备结合时,还可构成全线速断保护。但距离保护也有一些缺点,当线路接地故障电阻较大时会拒动,扩大事故。从系统的运行经验指出,当线路接地故障时,要求500kV线路保护能切除高达300Ω的接地故障,这是距离保护无法切除的故障。为此,须用到零序电流保护作近后备和远后备保护。

2 500kV线路零序方向电流保护的方案

我国500kV线路上,配备有两套主保护,一般是方向比较作为主1保护,距离保护作为主2保护,独立的距离保护作为后备保护。但实际运行中,单相接地故障占80%以上,而单

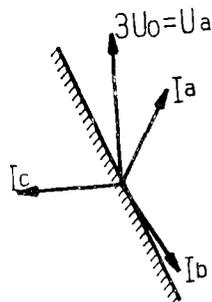


图8 $3U_0$ 接反时向量图

接,如图7(c)所示括弧的接法,则 $3U_0 = U_a$,从而可测出通入 I_a 时,零序不动作,通入 I_c 时动作,通入 I_b 时在动作边缘,如图8所示。采样报告也可做类似上面的分析。这样可断定微机保护的 $3U_0$ 与电压的互感器接线的极性错误,把 $3U_0$ 两端调整过来,使 $3U_0$ 的极性端接 U_N ,非极性端通过 DJ_2 与S端相连,重作上述测试,从而验证了零序电压,电流接线的正确性。对于其它电压互感器的接线方式,可仿照这种方法进行测试。

6 结论

本文所介绍的试验方法简单明了,克服了微机保护本身的特点所带来的不便,并在实际测试中得到证明。本文所提到的有关WXH—11的操作方法,详见我所出的《WXH—11产品说明书》。本文所介绍的方法,适用于其它型号的微机线路保护装置。

参考文献

- [1] 高压电网继电保护运行技术. 水利电力出版社, 1981.
- [2] WXH—11产品说明书. 许昌继电器研究所.
- [3] WXB—11型微机保护检验规程. 东北电管局调度通讯局.

相接地故障中经低电阻接地时，上述保护可切除故障，但当高电阻接地时，便不能切除故障了。国外的保护方案和我们不同，他们不用独立的后备距离保护而用定时限或反时限过流作后备保护。我们的保护方案虽有独立的距离后备保护，但当没有附加的零序电流后备保护时，则不能切除高阻接地故障。由于相间故障的弧光电阻不大，故不附加相间过流后备保护是可以的。在广东核电网中，400kV出线供香港用，按他们保护运行的习惯，采用两套主保护和一套独立的过流后备保护，500kV按我们保护运行的习惯，选用两套主保护和一套独立的距离后备保护，但在主2的距离保护中附加了零序方向电流后备保护，以切除高电阻接地故障。两者保护运行习惯不同，但两者的保护配置均能切除高阻接地故障。

广东核电网500kV线路的零序方向电流保护包括：1. 短时限的允许超程三相跳闸，躲过主保护的按相跳闸作为近后备；2. 长时限的方向反时限或定时限过流三相跳闸作为远后备，当通道失效时，后者也作为线路的近后备保护，见图1。图中各元件及动作情况见后各节分析。

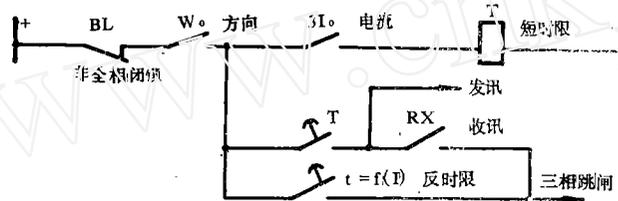


图1 500kV零序方向电流保护示意图

顺带指出：上述零序方向电流保护可在厂家的距离保护中附加，如ABB公司的LZ96增加RE93附件或英国的THR增加DEF附件来实现。其中，前者为反时限过流，后者为定时限过流远后备。

3 零序电流保护

零序电流保护有定时限和反时限电流保护之分，我国习惯用定时限，国外习惯用反时限，各有优缺点。定时限电流保护往往由两个元件构成，一为电流元件，一为时间元件，当短路电流大过整定电流时，经整定时间跳闸，而反时限电流保护不同，动作时间和短路电流的大小有关，近区故障短路电流较大，动作时间较快。

按IEC标准，反时限电流保护的表示式为：

$$t = \frac{K}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha - 1} \quad (1)$$

式中，K，α为常数 I为短路电流 I_s为电流整定值。

其中，“甚反时限特性”就是指 K = 13.5，α = 1.0。

瑞典选取的数字式反时限电流保护的表示式则为：

$$t = t_s + \frac{\Delta t}{\ln C} \ln \frac{I}{I_s} \quad (2)$$

式中，t_s为对应整定电流值 I_s的动作时间，

C为电流分配系数 I为短路电流

Δt 为时间级差

当 $I_a = 80 \text{ A}$, $t_a = 5.8 \text{ s}$, 选取 $C = 0.8$, $\Delta t = 0.3 \text{ s}$, 则 $t = 5.8 - 1.35 \ln \frac{I}{80}$, t 和 I 成对数关系, 这个数字表示式和IEC的标准反时限表示式不同。但一般应用的是以IEC反时限表示式构成的反时限电流保护。

4 零序方向元件

为了取得零序电流保护的选择性动作, 可加上零序方向元件。现在常用的零序方向元件是采用 $\pm 90^\circ$ 比较器, 比较两个向量的相位。

$$S_1 = -3U_0 \quad (3)$$

$$S_2 = 3I_0 Z_N \quad (4)$$

式中, 取 $Z_N = |Z_N| \angle 70^\circ$ 用于大电流接地系统中。当 S_1 与 S_2 互成 90° 时为方向元件的动作边界线。当接地故障时, S_1 与 S_2 同相位为最灵敏, 方向元件的理想动作边界为过原点的一直线。

零序方向元件可保证零序电流保护动作的方向性, 即正向故障时动作, 反向故障时不动作, 从而构成零序方向电流保护。

从向量可知, 根据(3)和(4)式, S_1 与 S_2 向量同相位为最灵敏, 即 $3I_0$ 落后于 $-3U_0$ 的向量角差 70° 为最灵敏, 70° 为继电器的内角, 可选定。

5 零序方向电流保护与通道的结合

500kV的线路上, 当发生高阻接地故障而距离保护拒动时, 为了加速故障线路零序方向电流保护的三相跳闸, 可与通道结合使用, 则零序方向电流保护的動作时限可有短时限。

通道一般使用载波, 也可使用其它的通道, 如微波, 光纤。载波通道又分相—相耦合和相—地耦合两种, 500kV线路上, 一般使用相—相通道, 以增加通道的可靠性。零序方向电流保护与通道结合可构成允许超程式或闭锁式, 电流元件的整定不但要保证本线路末端故障时的灵敏度, 更重要的是甚至能保证当电阻接地高达300 Ω 时的灵敏度。对于零序方向电流保护, 在允许式和闭锁式的选用上我们推荐使用允许式, 因为当通道失效时不会造成误动, 且可经没上通道的长时限零序方向电流保护来切除故障。而闭锁式当通道失效时, 外部故障会因收不到闭锁信号而误跳闸, 其安全性较允许式差。

可见, 零序方向电流保护与通道结合, 能在高阻接地故障时, 加速故障线路的后备三相跳闸, 其中的短时限是躲开主保护的按相跳闸, 从而构成短时限允许超程近后备保护。

6 零序方向电流保护与非全相的关系

500kV厂站常用的有1个半断路器接线, 线路零序方向电流保护中的方向元件所接的电压互感器是线路电压互感器。由于我国500kV线路, 一般均使用单相重合闸, 单相接地故障相断开后, 两侧重合闸均重合前的一段非全相期间, 会出现零序电压和零序电流, 零序电流会使零序方向电流保护的零序电流元件动作, 而零序方向元件是否动作是与非全相负荷电流的方向有关, 非全相时, 线路两侧的零序方向元件是一侧方向元件动作, 另一侧方向元件不动作, 这是由于非全相时两侧的零序电流反相, 而零序电压的相位两侧相同。

对于短时限允许超程零序方向电流保护，非全相时，两侧方向元件一侧动作，另一侧不动作不会构成与门出口跳闸，故可不要非全相闭锁。如果允许式零序方向电流保护不用非全相闭锁，则非全相期间，在健全相发生接地故障，是高阻接地故障而主保护拒动时，则允许式零序方向电流保护可切除此非全相的再故障。如果为了可靠，采用了非全相闭锁，则非全相期间，健全相发生接地故障，而接地故障电阻又较大，主保护拒动时，则会造成保护动作，待重合到故障后再由零序方向电流保护动作切除故障。

至于长时限的零序方向电流保护，因是独立出口跳闸，主要靠时限躲过非全相重合闸周期，以免误动作。

7 500kV 零序方向电流保护的整定

对500kV线路零序方向电流保护，要求能切除高达300Ω的电阻接地故障时，则单相接地故障点的故障电流，在忽略其它阻抗时可用下式算出。

$$I_k^{(1)} = 3 I_{0k} = \frac{500\text{kV} / \sqrt{3}}{300\Omega} = 960\text{A}$$

按两侧电源线路对称分配时，则每侧流过的电流为一半，即480A，取灵敏系数为2，则电流元件的整定值为240A。

如两侧流过的电流不等，甚至一侧动作，一侧不动作，则可靠相继动作切除故障，由不带通道的长时限段切除故障。

值得指出，为保证零序电流元件可切除高达300Ω的接地故障，而使3I₀电流元件整定为240A，当CT断线时，3I₀电流元件当负荷电流大于240A时会误动，若零序电流元件带有零序方向元件，则因方向元件在CT断线时只有零序电流而无零序电压，方向元件不会误动，可防止整套零序方向电流保护在CT断线时误跳闸。

相邻线路的零序方向电流保护远后备应互相配合整定。如用定时限过流保护，当发生高阻接地的接地故障，此时，只有零序电流保护可动，各线路的零序电流保护应在电流值及时间上互相配合整定，以保证选择性，定时限过流保护的缺点是近电源点的电流整定值及时限抬高了。

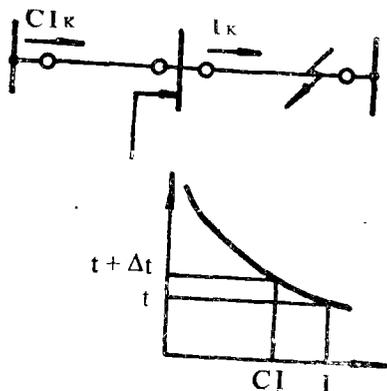


图2 反时限配合整定

关于国外的超高压电力网，大多采用反时限过流保护。其中瑞典作接地远后备的数字式反时限过流继电器很有特色。其特性见(2)式，相邻两线的反时限过流继电器的整定配合见图2所示，一般情况下，相邻线路因有分支电路存在，如变压器或其它线路，当线路故障时，上一级短路电流小于下一级短路电流。当各线采用同一特性的反时限继电器及相同的一次整定电流时，可容易满足动作时差 $\Delta t \geq 0.3\text{s}$ 的要求。据此，若零序网络，能得到零

序阻抗尽量不变，用分配系数C，校验 Δt 很方便。

应用上，当短路实际分配系数小于选定值 $C = 0.8$ 时，则保证选择性的 Δt 级差会更大一些。但实际网络中，会存在双回路，若不采取措施，则会出现实际分配系数大于选定值C，

这会造成 Δt 级差过小甚至无选择性动作。为此,对双回路的反时限过流继电器,宜取和电流接法,见图3,则易保证实际分配系数小于选定值 C 。此中,只要变压器的零序阻抗不很大便可。

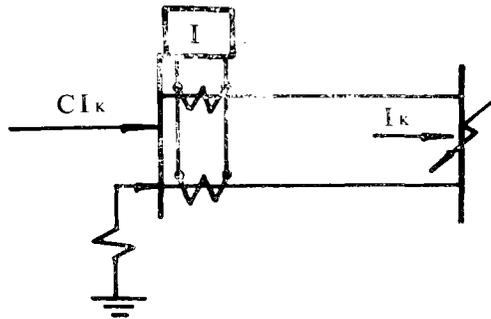


图3 双回路的零序电流保护用和电流接法

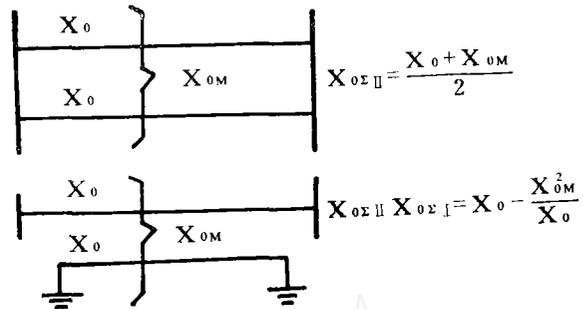


图4 双回路等值零序阻抗图

针对双回路的特点,每回路仍装有分别的短时限允许超程零序方向电流保护作近后备,以保证选择性,而远后备则用长时限的和电流接法。这样,双回路无论单回路或双回路运行时,取和电流后,远后备的零序阻抗变化较小,见图4。

双回路中,零序互感阻抗与零序阻抗大致有 $X_{0M} \approx 0.5X_0$,视具体工程而异。当 $X_{0M} = 0.5X_0$ 时,则 $X_{0\Sigma II} = X_{0\Sigma I} = 0.75X_0$,可见,双回路远后备用和电流接法是比较有利的。

现在,广东核电网400kV和500kV均无用瑞典生产的如表示式(2)的数字式反时限电流继电器,只用了按IEC标准生产的反时限电流继电器,配合上仍按一般反时限继电器整定。

还有,在整定上应该注意,无论是定时限或反时限零序方向电流后备保护,长时限段应躲开非全相过程和断路器三相不一致所出现的时间,前者由单相重合闸周期产生,一般为1s左右,后者为断路器三相不一致保护的时间,一般为2s左右,故此,长时限段的动作时限应大于2s。为了躲开主保护按相跳闸的时间,零序短时限允许超程段,当采用非全相闭锁时,最小可整定为200ms。非全相闭锁接点可用断路器的辅助触点构成,串入保护的起动回路中。当不采用非全相闭锁时,短时限段最小整定为300ms,以躲过主保护在单相接地故障时,两侧距离保护可能出现相继动作时的跳闸时间。零序短时限允许超程段,不用非全相闭锁时虽然时间长一些,但可在非全相中健全相发生接地故障时动作跳闸。

8 结语

8.1 广东500kV核电网虽然装有两套不同原理的主保护及一套独立的后备距离保护,但均难以切除高阻接地的故障。为此,在主2的距离保护中,附加有零序方向电流保护,以增加核电网运行的稳定性和可靠性。

8.2 500kV附加的零序方向电流保护,以短时限允许超程段作近后备,以长时限段独立三相跳闸作远后备。

8.3 500kV零序方向电流保护的近后备要用通道配合。

8.4 500kV零序方向电流保护的远后备,可用定时限或反时限,但选用反时限较好。

参 考 文 献

瑞典L. LOHAGE, S. HOLST. Selective Clearance of Small Zero Sequence Currents 34—07 CIGRE 1988.