

接地故障零序方向元件拒动保护改进方案

丁晓兵¹, 赵曼勇¹, 徐振宇²

(1. 南方电网电力调度通信中心, 广东省广州市 510623; 2. 北京四方继保自动化股份有限公司, 北京市 100085)

摘要: 对于大电源长线路的输电系统, 当线路末端发生接地故障时, 虽然零序电流达到定值, 零(负)序方向元件由于零(负)序电压可能达不到方向元件的门槛值, 造成保护拒动。针对这类问题, 提出了 2 种解决方案: 一种是当零(负)序方向元件由于零(负)序电压可能达不到方向元件的门槛时, 以正序电压代替零(负)序电压作为零序电流方向判别; 另一种是采用无方向零序电流反时限过流保护作为接地故障后备保护, 并提出了新的电流互感器断线方案, 解决了国内保护装置电流互感器断线与反时限零序后备存在的矛盾。

关键词: 零序电流保护; 方向元件; 反时限; 电流互感器断线

中图分类号: TM773

0 引言

随着“西电东送”及各省区电网建设的不断开展, 南方电网进一步加强。由于“西电东送”通道往往穿山越岭, 线路的运行环境相对比较恶劣, 线路发生复杂故障的可能性增大。例如: 2003 年 7 月 24 日 500 kV 贵阳主变 220 kV 出线干筑 I 线 18:07:15 发生 C 相故障, CSL102 高频保护中高频负序动作切除故障, 18:07:16 重合成功; 18:07:17 再次发生 C 相故障, 由于是高阻故障零序电压很小, 2 套保护的高频、阻抗 I 段、II 段均未动作, 直至 8 s 后阻抗 III 段才动作出口, 因干筑 I 线切除故障时间过长, 故障持续时间超过 7 s, 2 号主变中性点零序过流保护动作跳三侧开关。2003 年 7 月 28 日 220 kV 鲁马 II 线发生 A 相接地故障, 2 套保护的高频、阻抗 I 段、II 段均未动作, 鲁布革侧 RCS-901A 和 RCS-902A 这 2 套保护零序过流 III 段动作出口, 马窝侧 2 套保护启动未出口。经分析发现, 造成保护拒动的原因是: 当母线连接的线路或变压器较多时, 母线的零序综合阻抗很小, 线路发生经过渡电阻接地故障, 零序电流虽然达到定值, 零序电压达不到零序方向动作门槛, 造成保护拒动。本文提出了以下 2 种解决零序功率方向元件不开放的措施。

1 零序补偿方案

传统的零序方向元件采用零序功率方向原理, 为了保证方向元件的可靠性, 需对零序电压设置一定的门槛, 躲过正常的不平衡电压。零序电压门槛

的使用, 提高了方向元件的可靠性, 但也降低了方向元件的灵敏性。零序电压补偿的目的是解决大电源长线路末端接地故障, 以及经过渡电阻接地故障时保护测得 $3U_0$ 太小而引起的零序方向元件拒动的问题。传统的零、负序方向元件(以电流为参考)动作范围如图 1 所示。

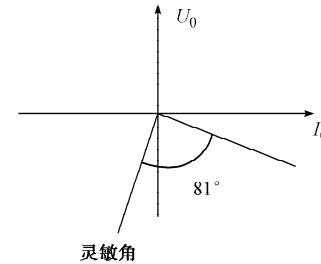


图 1 以 I_0 为参考的零序方向元件动作范围

Fig. 1 Operation zone of zero-sequence directional element based on I_0

$$-180^\circ < \arg \dot{U}_0 - \arg \dot{I}_0 \leq -18^\circ$$

可见, 正方向故障时, 以电流为参考, \dot{U}_0 的动作范围为 $\varphi_{\text{灵敏角}} \pm 81^\circ$ 。

零序电压补偿主要包括以下几个方面:

1) $3U_0 > 1.5$ V 时, 采用传统的零序功率方向元件。

2) $3U_0 < 1.5$ V, 但 $3U_2 > 1.5$ V, 且有负序电流时, 采用负序功率方向元件。

3) $3U_0 < 1.5$ V, 且 $3U_2 < 1.5$ V, 采用正序电压 U_1 代替 $3U_0$ 比较方向, 原理如下: 单相故障时, 故障点有 $\dot{U}_1 + \dot{U}_2 + \dot{U}_0 = 0$, 则 $\dot{U}_1 = -(\dot{U}_0 + \dot{U}_2)$ 。因 \dot{U}_0

与 \dot{U}_2 的相位相同, 故有:

$$\arg \dot{U}_0 = -\arg \dot{U}_1 \quad (1)$$

对于两相短路接地时, 故障点有 $\dot{U}_1 = \dot{U}_2 = \dot{U}_0$, 则

$$\arg \dot{U}_0 = \arg \dot{U}_1 \quad (2)$$

在假设全线路零、负序阻抗均匀的情况下, 实际上全线路的零、负序电压是同相位的, 如图 2 所示。

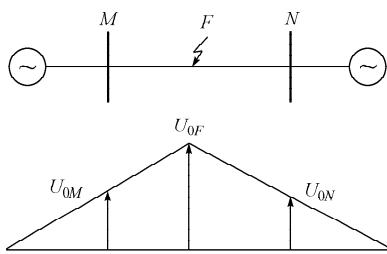


图 2 零序电压相位

Fig. 2 Phase angle of zero-sequence voltage

但是, 以上分析中所用的 \dot{U}_1 为故障点的正序电压, 而全线路的正序电压的大小及相位与负荷电流的大小有关, 单纯的故障电流分量与零序电流一样不会引起 \dot{U}_1 相位的变化, 负荷电流及线路两侧正序功角的变化才是引起 \dot{U}_1 相位变化的真正原因。由图 1 可以看出, 以 \dot{I}_0 为参考, \dot{U}_0 滞后 \dot{I}_0 , 以 $\varphi_{\text{灵敏角}}$ 为基准, 前后 81° , 零序方向元件都可以动作, 式(1)、式(2)给出的是故障点正序电压与零序电压的相位关系。对于故障点, 可以由正序电压准确无误地得出零序电压的相位, 但故障点并非保护安装点, 最严重的情况是保护范围末端故障, 此时, 负荷电流对正序电压影响最大。对于送端, 保护安装处正序电压会由于负荷电流的影响而超前于故障点正序电压; 对于受端, 保护安装处正序电压会由于负荷电流的影响而滞后于故障点正序电压。实际系统中, 对于单一的输电线路而言, 不论是送端还是受端, 保护安装侧正序电压与故障点电压角度差远小于 81° , 被保护线路两端功角差远小于 162° 。因此, 以 \dot{I}_0 为参考, 用 \dot{U}_1 代替 \dot{U}_0 时, 分别针对单相接地故障、两相接地故障, 设定相应的灵敏角, 当正序电压在 $\varphi_{\text{灵敏角}} \pm 81^\circ$ 区间内时, 即满足正方向元件的动作条件。零序方向元件的动作范围依然正确。

本文所涉及到的仅是零序、负序方向元件的灵敏度, 当接地故障零、负序电压很小时, 以正序电压代替零序电压计算零序方向元件。但零序方向元件的正确动作, 除电压外, 尚需零序电流大于相应的门槛值。

将以上新的零序方向元件在北京四方公司保护装置中实现后, 通过 RTDS 数字仿真实现了各种系统运行条件下的各类接地故障, 动作行为均正确, 保护正方向故障时, 即使零序电压低至 0 时, 零序方向元件仍然能正确动作。

2 500 kV 零序反时限保护及电流互感器断线方案

目前, 国内已有省区取消了零序最末段方向元件, 以解决零序功率方向元件不开放的问题。但如果取消零序后备的方向元件, 将导致全网零序后备的失配, 影响了保护的选择性。

对于 500 kV 系统, 由于 500 kV 线路大多具备光纤通道, 考虑使用光纤差动保护作为各种接地故障的快速主保护, 同时投入反时限零序保护以解决线路保护零序后备的拒动问题^[1]。

反时限保护元件是自然配合的保护元件, 故障元件零序电流大, 动作时间短, 相邻元件零序电流小, 动作时间长, 能较好地解决无方向零序过流保护动作时间上的配合关系; 同时, 反时限保护元件的算法为积分算法, 可以跟踪故障的发展。

利用反时限自然配合的优点, 取消方向控制, 将能解决接地故障时零序功率方向元件不开放的问题, 并能满足零序电流的配合。目前, 南方电网 500 kV 系统线路保护最末段零序后备保护已经全部采用了反时限。

2.1 反时限曲线的选择

目前, 有各种标准的反时限曲线, 例如: IEC, IEEE, IAC, I2T 等。上述反时限曲线可以应用于不同类型的场合, 而对于 500 kV 线路而言, 反时限曲线的选择需遵循以下原则:

1) 可靠性。反时限零序过流保护的启动值需保证高阻接地时可靠启动, 启动值整定为一次值 300 A; 选择合适的反时限曲线类型及反时限特性参数, 保证在可能的最大潮流下, 线路非全相时反时限零序保护不误动; 反时限零序过流保护在大电流的情况下, 不宜动作太快, 应保证主保护优先动作。

2) 通用性。目前网内使用的保护装置的生产厂家众多, 反时限曲线需具备一定的通用性, 符合应用习惯。

南方电网反时限曲线选为 IEC 标准反时限曲线:

$$t(I_0) = \frac{0.14}{\left(\frac{I_0}{I_p}\right)^{0.02}} T_p$$

式中: I_p 为电流基准值, 取一次值 300 A; T_p 为时间

常数,取1。

2.2 反时限最短出口时间

根据零序反时限曲线进行计算,在零序电流非常大时,零序出口时间会非常短,由于零序反时限出口直接三跳线路,因此理论上需设置最短出口时间,并与主保护配合。最短出口时间的设置可以提高零序反时限后备保护动作的可靠性,也会导致反时限保护的失配,时间设置过长,上下级零序反时限保护将无法正确配合。

实际应用时,有的厂家程序固定最短出口时间,有的厂家将最短出口时间开放给用户整定,有的厂家没有该功能。如果考虑到保护装置本身的交流过载能力,当电流非常大时,电流波形遭到截频,按一次电流启动值300 A计算,最快出口时间不会小于1 s。

根据上述分析,设置最短出口时间意义并不大,且时间的整定不宜太大,一般可以按1 s设定。

2.3 电流互感器断线判据与零序后备反时限的配合研究

电流互感器断线判据通常为有自产零序电流而无零序电压。在高阻接地情况下,零序电压很小,装置有可能判为电流互感器断线,经延时退出或闭锁零序反时限。反时限零序后备保护在高阻接地情况下动作出口时间比较长,因此可能被闭锁。

通过与华北电力大学的合作,在四方公司线路保护中,采用新的判据,主要原理为:①电流互感器断线时,断线相电流不是增大,而是减小;②电流互感器断线时,非断线相电流基本不变。新判据判出电流互感器断线时间仅为30 ms,判断时间短,判据准确、可靠。

Improvement on Zero Sequence Current Protection When Directional Element Fails to Operate During Earth Faults

DING Xiao-bing¹, ZHAO Man-yong¹, XU Zhen-yu²

(1. Power Dispatching and Communication Center of China Southern Power Grid, Guangzhou 510623, China)
(2. Beijing Sifang Automation Co Ltd, Beijing 100085, China)

Abstract: When earth faults occur at the end of long power lines in strong source networks, traditional zero sequence (negative sequence) directional element may not operate due to very low zero sequence (negative sequence) voltage which is lower than the threshold of the directional element, although zero sequence current reaches the set value of protection relay. Two kinds of solution to this problem are proposed: One is that using positive sequence voltage instead, when zero sequence (negative sequence) voltage is lower than the threshold of the directional element, the other is that using non-directional zero sequence current protection with inverse time characteristic as a backup protection and applying new principle of current transformer circuit supervision.

Key words: zero sequence current protection; directional element; inverse time characteristic; current transformer circuit supervision fail

3 结语

传统的零序方向元件采用零序功率方向原理,采用零序电压门槛保证方向元件的可靠性,但也降低了方向元件的灵敏性。随着电力系统的发展,当母线连接的线路或变压器较多时,母线的零序综合阻抗很小,线路发生接地故障,零序电流虽然达到定值,零序电压达不到零序方向动作门槛,造成保护的拒动。

新的零序方向元件基于对短路故障的分析,在零序电压很小的情况下,利用正序电压代替零序电压,判别方向,可以有效解决零序功率方向元件不开放的问题。

500 kV线路保护也可采用光纤电流差动及不带方向的反时限零序过流保护的配置方案,从而确保各种接地情况下保护的可靠动作。

参 考 文 献

- [1] 黄彦全,肖建,蔡勇,等.新型微机反时限电流保护时间-电流特性的工程应用.电力系统自动化,2003,27(23):71—73.
HUANG Yan-quan, XIAO Jian, CAI Yong et al. Application of a New Time-current Characteristics of Microcomputer-based Inverse Time Current Relay Protection. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(23): 71—73.

丁晓兵(1979—),男,工程师,从事电网继电保护整定计算工作。E-mail: imdxhb@126.com

赵曼勇(1957—),女,教授级高级工程师,从事电网继电保护管理工作。

徐振宇(1963—),男,教授级高级工程师,主要从事电力系统继电保护的研究工作。