

变压器、配网线路后备保护配置、整定方面的改进措施

魏莉, 彭建宁

(宁夏固原供电局, 宁夏 固原 756000)

摘要: 通过对变压器 10 kV 侧及 10 kV 配网线路相间过流远后备灵敏度的计算、统计、分析, 提出增加变压器和配网线路保护配置: 增设负序过电流保护作为 10 kV 系统相间短路后备保护的补充, 使对同一点故障的灵敏度及切除率由 11.67% 提高到 76.56%。并给出合理的整定计算方法, 指出改进后的保护配置对提高远、近后备灵敏度是一种行之有效的手段。

关键词: 变压器; 配电线路; 负序过电流; 灵敏度

Improvement of configuration and setting for back up protection of transformer and distribution line

WEI Li, PENG Jian-ning

(Guyuan Electric Power Supply Bureau, Guyuan 756000, China)

Abstract: Based on calculation and statistics, analysis of sensitivity of far back up protection of transformer at 10kV side and 10kV distribution line, this paper proposes to improve protective configuration about transformer and distribution line that is adding negative sequence overcurrent protection as supplement for back up protection of 10kV system phase-to-phase fault. Then the sensitivity and rate for breaking down is raised from 11.67% to 76.56%. A reasonable setting way is proposed. It points out that improving protective configuration is an valid means for raising the sensitivity of far back up protection.

Key words: transformer; distribution line; negative sequence overcurrent; sensitivity

中图分类号: TM77

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)17-0083-03

0 引言

电力规程规定: 3~110 kV 电网运行中的电力设备一般应有分别作用于不同的断路器、且整定有规定的灵敏系数的两套独立的保护装置作为主保护和后备保护, 以确保电力设备的安全。那么对于 10 kV 配电线路, 其一套保护安装于馈线配电柜, 作为主保护和近后备, 作用于断开本馈线断路器; 另一套保护则应作用于断开相邻上一级设备的断路器, 一般为降压变压器 10 kV 侧断路器, 实现远后备保护功能。

对于 10 kV 配电线路, 继电保护定值整定应当以选择性为第一性, 这一点已经毋庸置疑。但是, 整定人员还经常受到 10 kV 系统远后备保护灵敏度不足问题的严重困扰。计算统计发现: 按照躲额定电流整定的变压器 10 kV 侧相过电流保护对本侧出线远后备灵敏度远小于规定值 (1.15~1.25 系数) 的份额接近 90%。如果 10 kV 线路上发生故障 (即使短路电流并不很大), 本线路断路器拒绝跳闸, 而主变该侧相过电流保护对该故障点灵敏系数小于 1, 将使变压器长期通过较大的故障电流而不能切

除, 可能造成变压器绕组、铁芯过热而损坏; 有时还可能波及 110 kV 及以上高压、超高压系统, 扩大停电范围等, 带来严重后果。

1 10 kV 线路过流灵敏度、变压器 10 kV 侧过流远后备灵敏度统计

针对 10 kV 配电线路过流灵敏度、变压器 10 kV 侧过流保护对本侧出线末端故障的远后备灵敏性问题, 通过大量短路电流计算和灵敏度计算, 共涉及本局 9 个 110 kV 变电站的 52 条 10 kV 线路, 17 台主变压器, 作了较为细致的统计与分析。

1) 10 kV 线路过流保护灵敏度, 在 64 个计算数据 (包括 12 条分支线) 中, 有 5 个灵敏度数据小

于 1。不合格率为 $\frac{5}{64} * 100\% = 7.8\%$ 。

2) 变压器 10 kV 侧过流对本侧出线的远后备灵敏度, 共计算 120 个灵敏系数, 其中仅有 29 个等于或大于 1, 合格率仅为 $\frac{29}{120} * 100\% = 11.67\%$ 。远后备保护灵敏度不足的问题较为突出, 令人堪忧。

曾经尝试增设定值更低的第Ⅱ段相过流保护,该定值势必小于变压器额定负荷电流,且使切除时间进一步延长,使跳三侧时限超过反措要求 ≤ 2 s的规定,综合权衡利弊,认定增设低定值的第Ⅱ段相过流保护的做法不可取。

2 变压器 10 kV 侧相间后备保护、10 kV 线路相间短路保护的改进

1) 改进方法

在变压器各侧后备保护中增设一个负序电流元件和一个单相低电压元件,组成低压闭锁负序过流保护,作为复压闭锁相电流保护灵敏度不够时的补充。

变压器各侧相电流保护定值按躲过各侧的额定电流整定。而降压变中、低压侧负序电流保护整定值则可按本侧负荷最大馈线的相电流保护整定值的 $1/\sqrt{3}$ 整定(两相短路时的负序电流等于相电流的 $1/\sqrt{3}$ 倍),灵敏度会得到较大提高。且必然可与本侧馈线相电流保护在灵敏度上取得配合。

2) 10 kV 线路负序电流保护和主变压器 10 kV 侧负序电流保护定值整定方法

如果我们将 10 kV 馈出线相过电流定值用 $I_{L.OP}$ 表示,把其中最大的定值用 $I_{L.OP,max}$ 表示。那么 10 kV 馈线负序电流定值可以取本线路相过电流定值 $I_{L.OP}$ 的 0.5 倍,即 $I_{L.OP,2} = \frac{1}{2} I_{L.OP}$; 主变压器 10 kV 侧负序电流保护定值等于本侧出线相过电流最大定值 $I_{L.OP,max}$ 的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍,即 $I_{OP,2} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{L.OP,max}$; 当用于 35 kV 侧系统时亦然; 用于 110 kV 侧时,可按与 35 kV、10kV 侧逐级配合关系整定。

动作延时: 皆取与本元件相过电流各段时限相同。

对于同一点故障,相过电流和负序电流保护中灵敏度高且固有动作速度快的保护优先动作。

3) 负序电流保护的应用,核心问题是采用负序电流继电器来负责两相短路的保护。负序电流属于故障分量,是不对称故障的显著特征,当系统中产生负序电流时自动投入负序电流保护,当无负序电流时投入复压启动的过电流保护。

4) 虽然这种方式在很早就曾提出,但却没有获得应用,主要是因为取得负序分量需要对相电压、相电流进行移相。在机械型保护时代制造负序电流滤序器比较麻烦,机械性保护对电流移相不如对电压移相方便,所以复合电压启动的方式得到应用,而负序电流继电器则没有得以发展应用。

5) 微机保护负序电流由软件取得。它取得负序电流和负序电压一样方便,负序电流保护的应用应当不再有障碍。

6) 此外,对负序电流保护还存在误区需要澄清: 由于正常运行时负序电流 $I_2=0$, 以前人们很自然地想到,要避免不平衡电流来整定负序电流元件的启动值,这就使负序电流保护在灵敏度上不能和相邻线的相过电流保护互相配合。这是由于负序电流保护片面追求高灵敏度带来的后果。

7) 众所周知: 两相短路时 $I_2^{(2)} = \frac{1}{2} I^{(3)}$, 对于 10 kV 线路,负序电流元件的启动电流只要固定等于 $\frac{1}{2}$ 相电流元件的启动值,两相短路的相对灵敏系数就等于 1(对 Y, d 变压器前后两相短路都是如此)。这种相间过电流保护(即负序过流保护)用于 10 kV、35 kV 线路,在整定计算时,只要按照三相短路与相邻线过电流保护进行灵敏度配合即可,可见反而简化了整定计算。

8) 负序电流保护除了有不反应线路过负荷、不受变压器 Y, d 接线的影响和一个继电器可反应不同相别的两相短路且相对灵敏系数为 1 的优点外,当用于降压变压器时灵敏度会有较大提高。在此情况下启动电流可以按照与变压器低压馈线中负荷最大线路的相过电流保护相配合。假设后者的启动电流为 $1.2 I_L$ (I_L 为馈线的额定负荷电流),则变压器负序电流保护的启动电流只需大于等于 $0.6 I_L$ 。其灵敏度要比按照 $\frac{1}{2}$ 变压器额定电流整定的负序电流保护(特指变压器负序电流保护的启动电流)提高很多。

3 改进后的变压器 10 kV 侧、10 kV 线路后备保护灵敏性分析

1) 如果将 110 kV 变压器 10 kV 侧相间后备保护配置加以改进,在原有过流保护的基础上增设负序过流保护,专门用于本侧出线小方式两相短路的远后备,定值按照本侧出线最大负荷线路过流保护定值的 $1/\sqrt{3}$ (即 0.6 倍)整定,时限也取与过流时限相同,灵敏度计算结果为:

在计算的 64 个数据(包括 12 条分支线)中,有 49 个灵敏度数据大于 1 及以上的规定值。合格率为 $\frac{49}{64} * 100\% = 76.56\%$ 。与改进前相比,灵敏度提高了 64.89%,可见灵敏度有很大提高。因此,这种改进措施有很大的实际意义。

2)更进一步, 如果给 10 kV 线路也增设负序过流保护, 定值按照本线路过流保护定值的 $\frac{1}{2}$ (0.5 倍) 整定 (与变压器同侧负序过流保护正好有 1.15~1.2 倍的配合系数, 符合定值配合系数要求), 时限也取与过流时限相同, 灵敏度计算结果为:

在计算的 64 个数据 (包括 12 条分支线) 中, 只有 4 个灵敏度数据小于 1。合格率为 $\frac{64-4}{64} * 100\% = 93.75\%$ 。而且, 灵敏度系数均得到非常显著的提高。

4 CT 二次回路断线

在 CT 二次回路断线时会出现负序电流, 但此时 $3I_2$ 与未断线的相电流相等, 而两相短路时有 $3I_2 = \sqrt{3}I^{(2)}$, 其中 $I^{(2)}$ 为故障相电流。因此增加 $3I_2 > 1.5I_{\phi \max}$ ($I_{\phi \max}$ 为最大相电流) 的条件便可区别断线与短路故障。顺便指出, CT 断线时 $U_2=0$, 负序功率方向继电器不会误动。

5 改进后保护的评价

1) 负序电流继电器在短路的暂态过程中测量不准, 但由于负序过电流保护仍有较长的延时, 因此暂态过程的影响可以不计。

2) 改进前, 变压器 10 kV 侧相间过电流保护对同侧出线远后备灵敏系数合格率为 11.67%; 改进后, 变压器 10 kV 侧负序过电流保护对同侧出线远后备灵敏度系数合格率为 76.56%。与改进前相比, 远后备灵敏度提高了 64.89%, 可见灵敏度有很大提高。由此可见, 负序过电流保护在各方面都优于传统的相过电流保护。因此, 这种改进措施有很大的实际意义。

6 其他问题的认识

虚拟增加了负序过流保护配置之后, 本局 110 kV 变电站还有 4 条线路远后备、近后备都不能满足灵敏度要求, 主要是由于这些配电线路导线线径过小, 大部分为 LGJ-35、LGJ-70 导线; 线路延伸较长, 距离在 15.8~26.616 km 之间; 全线路综合阻抗值

过大, 全线 $Z_L=10.788\sim 19.22 \Omega$ 之间。这些超过 10 kV 线路所允许的供电半径。这就应当从加强和扩充 35 kV、10 kV 一次系统网架结构来解决, 即通过线路改造、增建变电站等方式, 比如增加并合理选择 35 kV 变电站位置, 以减小 10 kV 线路供电半径, 从而达到提高 10 kV 系统继电保护灵敏性的目的。这种应当由一次系统来解决的问题, 不应当也不能够要求继电保护来解决, 继电保护它既解决不了也不可能解决这类问题。

7 这种改进措施在工程应用领域里的推广

在继电保护工程应用领域里, 目前所见到的变压器后备保护装置中尚未普遍配置负序过流元件, 即这一做法目前还没有普遍应用。这就需要我们继电保护工作者与时俱进, 在实际工作中多发现、总结、积累、提出问题, 来推动变压器后备保护配置方面的变革。继电保护毕竟是一项工程技术而非纯理论科学, 找到简单、实用、可靠的解决工程难题的技巧也是对智慧的挑战。在工程应用中, 有关部门可以直接在与厂家签定定货合同时注明: 在 10 kV、35 kV 线路保护中增加一段负序过电流保护, 带一段延时, 可单独投退; 在变压器各侧 (包括 35 kV 变压器低压侧) 后备保护中增设一段由相低电压闭锁 (电压元件可以单独整定、单独投退) 的负序过电流保护, 保护动作后以 t_1 延时跳分段, 以 t_2 延时跳本侧, 以 t_3 延时跳三侧断路器, 各延时段可以单独整定投退。以提高远后备灵敏度, 增强保护功能的冗余度, 提高保护动作的可靠性。

参考文献

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

收稿日期: 2006-12-27; 修回日期: 2007-05-09

作者简介:

魏莉 (1971-), 女, 工程师, 长期从事电力系统继电保护整定计算、故障录波分析等工作;

彭建宁 (1967-), 男, 高级工程师, 长期从事电力系统分析管理等工作。E-mail: pengjin@126.com

(上接第 82 页 continued from page 82)

HE Wei-jun, JIAN Ke-liang. Electrified Railway Electric Transmission Project[M]. Beijing: China Railway Press, 1982.

作者简介:

杨永清 (1967-), 男, 助理工程师, 从事电气化铁道供电;

刘晓路 (1965-), 男, 高级工程师, 从事供电站方面的工作。E-mail: xiaolu_520@126.com

收稿日期: 2007-03-07; 修回日期: 2007-04-29