

500 kV 变压器中压侧及 220 kV 出线零序过流保护配置及整定方法研究

彭海平

(贵州电力调度通信局, 贵州 贵阳 550002)

摘要: 分析了目前 500 kV 变压器与 500 kV 侧出线、220 kV 侧出线零序过流保护的整定配合方法, 发现 500 kV 变压器中压侧零序过流保护的整定配合很难, 会出现越级动作的可能。在此基础上提出了 500 kV 变压器的中压侧采用零序反时限保护来代替无方向定时限零序过流保护, 同时 220 kV 侧出线的定时限高阻段保护也采用零序反时限保护的配合方案。实践证明, 这种方案解决了保护配合难点, 杜绝了线路发生接地故障时而引起的变压器零序过流保护误动, 从而保证电网的安全稳定运行。

关键词: 500 kV 变压器; 中压侧零序过流保护; 零序反时限保护; 配置; 整定

Research on the configuration and the setting method for the zero sequence overcurrent protection at the middle-pressure side of the 500 kV transformer and in the 220 kV outgoing line

PENG Hai-ping

(Guizhou Power Dispatching Bureau, Guiyang 550002, China)

Abstract: According to analysis on the setting method for zero-sequence overcurrent protection of 500 kV transformer with 500 kV outgoing line and 220 kV outgoing line in this paper, it is found that the configuration and the setting of zero sequence overcurrent protection at the mid-voltage side of the 500 kV transformer is difficult and can cause relay protection skip action. Based on the analysis, this paper puts forward one new project. This project uses inverse-time zero-sequence overcurrent protection instead of no-direction definite-time of overcurrent protection at the mid-voltage side of 500 kV transformer. This project also uses inverse-time zero-sequence overcurrent protection instead of definite-time protection of high resistance section in 220 kV outgoing line. Application shows that this project can solve setting coordination and prevent the incorrect action of zero-sequence overcurrent protection of the 500 kV transformer under the grounding fault of outgoing line and make sure the safe operation of the power system.

Key words: 500 kV transformer; zero-sequence overcurrent protection at mid-voltage side; inverse-time zero-sequence protection; configuration; setting

中图分类号: TM774 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2011)01-0128-04

0 引言

500 kV 变压器是电力系统的重要设备, 一旦发生故障, 将给系统的正常供电和设备安全带来严重的影响, 而继电保护的每一个整定值, 都是电网在发生故障后可靠、及时隔离故障点的重要防线, 因而保护装置配置不当或不正确动作, 必将引起事故或使事故扩大, 损坏电气设备, 甚至造成整个电网崩溃瓦解及大面积停电。而变压器除本体保护为单套外, 其余按双主保护、双重后备保护配置。下面主要以作为相邻元件及变压器内部接地短路故障的

零序过流保护的配置及整定来进行分析研究^[1]。

1 500 kV 变压器高中压侧、公共绕组及出线零序过流保护的配置

零序过流保护配置如下:

- 1) 变压器高压侧带方向定时限零序过流保护及零序反时限保护 (采用 IEC 一般反时限特性);
- 2) 变压器中压侧带方向定时限零序过流保护及无方向定时限零序过流保护;
- 3) 变压器公共绕组定时限零序过流保护及零序反时限保护 (采用 IEC 一般反时限特性);

4) 220 kV 侧出线: 配置二段定时限零序过流保护, 一段为定时限灵敏段保护, 另一段为定时限高阻段保护;

5) 500 kV 侧出线: 配置二段零序过流保护, 一段为定时限灵敏段保护, 另一段为零序反时限保护^[2] (采用 IEC 一般反时限特性)。

2 500 kV 变压器高中压侧及公共绕组零序过流保护的整定

1) 变压器高压侧带方向定时限零序过流保护: 方向指向 500 kV 侧母线, 定值按与 500 kV 出线接地故障全线有灵敏段配合, 并满足本侧母线接地故障有足够的灵敏度, 贵州电网采用灵敏度 $K_{lm} \geq 1.5$, 先跳 500 kV 侧开关、后跳主变各侧开关^[3]。

变压器高压侧零序反时限保护: 不带方向, 基准电流 I_p 一次值取 300 A, 零序反时限特性曲线时间常数 T_p 取 1.2 (此与 500 kV 侧出线零序反时限特性曲线时间常数 1 配合), 动作后跳主变各侧开关。

具体动作时间如下:

(1) 500 kV 侧出线零序反时限保护 (基准电流 I_p 一次值取 300 A, 时间常数 $T_p = 1$ s)

根据南网公司整定计算原则要求, 零序反时限电流曲线计算公式为

$$t(I_0) = \frac{0.14}{(I_0/I_p)^{0.02} - 1} \times T_p \quad (1)$$

其中: I_0 为零序电流; $t(I_0)$ 为零序反时限电流保护动作时间。

根据公式 (1) 计算得出表 1。

表 1 500 kV 侧出线零序反时限电流曲线

Tab.1 Zero-sequence inverse time current curve of the 500 kV side outlet

零序电流 I_0 /A	动作时间 t_0 /s	零序电流 I_0 /A	动作时间 t_0 /s
300	∞		
400	24.262 5	6 000	2.267 4
600	10.029 0	8 000	2.062 7
800	7.067	10 000	1.927 1
1 000	5.744 44	20 000	1.597 8
2 000	3.620 2	30 000	1.451 1
3 000	2.970 6	40 000	1.361 8
4 000	2.633	50 000	1.299 5
5 000	2.418 7	60 000	1.252 4

(2) 500 kV 变压器高压侧零序反时限保护 (基准电流 I_p 一次值取 300 A, 时间常数 $T_p = 1.2$ s)

根据公式 (1) 计算得出表 2。

表 2 500 kV 变压器高压侧零序反时限电流曲线
Tab.2 Zero-sequence inverse time current curve of 500 kV transformer high voltage side

零序电流 I_0 /A	动作时间 t_0 /s	零序电流 I_0 /A	动作时间 t_0 /s
300	∞		
400	29.115	6 000	2.720 9
600	12.034 8	8 000	2.475 2
800	8.480 4	10 000	2.312 5
1 000	6.893 3	20 000	1.917 4
2 000	4.344 2	30 000	1.741 3
3 000	3.564 7	40 000	1.634 2
4 000	3.159 6	50 000	1.559 4
5 000	2.902 4	60 000	1.502 9

2) 变压器中压侧带方向定时限零序过流保护: 方向指向 220 kV 侧母线, 定值 I_{01} 按与 220 kV 侧出线接地故障全线有灵敏段配合, 并满足母线接地故障时的灵敏度 ≥ 1.5 , $T_{01} = 1.7$ s 跳 220 kV 母联或分段, $T_{01} + \Delta T = 2.0$ s 跳主变各侧开关。

变压器中压侧无方向定时限零序过流保护: 定值 I_{02} 按与相关出线零序过流保护末段相配合, T_{02} 跳 220 kV 母联或分段, $T_{02} + \Delta T$ 跳主变各侧开关。

3) 变压器公共绕组定时限零序过流保护: 时限与 500 kV 侧和 220 kV 侧带方向定时限零序过流保护配合, 动作后跳主变各侧开关。

变压器公共绕组零序反时限保护: 不带方向, 基准电流 I_p 一次值取 300 A, 零序反时限特性曲线时间常数 T_p 取 1.5 (此与变压器高压侧零序反时限特性曲线时间常数 1.2 配合), 动作后跳主变各侧开关。具体动作时间如下: 根据公式 (1) 计算得出表 3。

表 3 变压器公共绕组零序反时限电流曲线
Tab.3 Zero-sequence inverse time current curve of common winding of transformer

零序电流 I_0 /A	动作时间 t_0 /s	零序电流 I_0 /A	动作时间 t_0 /s
300	∞		
400	36.393 8	6 000	3.401 1
600	15.043 5	8 000	3.094 1
800	10.600 5	10 000	2.890 7
1 000	8.616 7	20 000	2.396 7
2 000	5.430 3	30 000	2.176 7
3 000	4.455 9	40 000	2.042 7
4 000	3.949 5	50 000	1.949 3
5 000	3.628 1	60 000	1.878 6

由以上 500 kV 变压器零序过流保护的整定可见, 由于 500 kV 变压器高压侧、公共绕组及 500 kV 侧出线零序反时限保护是不带方向的, 而且保护范围伸的较远, 有可能在变压器 220 kV 侧及出线, 甚至是下一级线路故障时, 高压侧、公共绕组及 500 kV 侧出线零序反时限保护都可能先动, 因而中压侧带方向定时限零序过流保护定值仅仅与 220 kV 侧出线接地故障全线有灵敏段配合, 并满足母线接地故障时的灵敏度 $\geq 1.5^{[4]}$, 无方向定时限零序过流保护定值仅仅与变压器相关出线零序过流保护末段相配合是不够的, 它与高压侧、公共绕组及 500 kV 侧出线零序反时限保护也必须配合, 否则可能会出现越级动作的可能。下面对 500 kV 变压器中压侧零序过流保护整定进行详细的分析。

3 500 kV 变压器中压侧零序过流保护整定方法

3.1 500 kV 变压器中压侧带方向定时限零序过流保护的整定

工程实际计算中发现某些 500 kV 变压器中压侧带方向定时限零序过流保护定值按与 220 kV 出线零序灵敏段配合时, 得出的整定值用于校核中压侧母线故障灵敏度时, 灵敏度 K_{lm} 小于 1.5, 不满足要求, 此种情况下整定值只能按灵敏度为 1.5 进行整定, 而得出的定值比配合定值小, 即和某些出线的零序灵敏段定值不配, 特别是出线既有短线路, 又有长线路时, 如 500 kV 贵阳变的 220 kV 出线, 最长线路 58.221 km, 最短线路 4.51 km, 配合计算得出的电流定值相差 2 762 A, 若定值按灵敏度为 1.5 取值, 将造成带方向定时限零序过流保护伸出相邻短线路甚至相邻 220 kV 变电站的 110 kV 母线, 造成保护越级跳闸的可能。因而定值整定上需要做如下改进。

3.1.1 定值 I_{01} 的整定

- (1) 保 220 kV 侧出线较短线路全线有灵敏度。
 - (2) 可靠躲相邻 220 kV 变电站的 110 kV 母线故障, 防止越级跳闸。
 - (3) 尽量躲相邻两级 220 kV 线路末端故障, 以防伸的过远。
 - (4) 尽量按躲 220 kV 侧出线零序灵敏段定值。
- 综合以上整定, 得出合理的 I_{01} 。

3.1.2 跳 220 kV 母联或分段时间 T_{01} 的整定

与 220 kV 侧出线零序灵敏段时间配合, 由于变压器热稳要求跳主变各侧开关持续时间为 2 s, 因而跳 220 kV 母联或分段时间为 $T_{01}=1.7$ s(要求 220 kV 侧出线全线有零序灵敏段时间不宜过长, 最长为

1.4 s)。

若 220 kV 系统发生接地故障, 当变压器中压侧流过的故障零序电流大于 I_{01} 时, 由中压侧带方向定时限零序过流保护动作, $T_{01}=1.7$ s 跳 220 kV 母联或分段, $T_{01} + \Delta T=2.0$ s 跳主变各侧开关, 因此段带方向且 T_{01} 取值较小, 故不考虑此段与变压器高压侧、公共绕组及 500 kV 侧出线零序反时限保护动作时间的配合。

3.2 500 kV 变压器中压侧无方向定时限零序过流保护的整定

在工程实际计算中发现若 220 kV 系统发生接地故障, 当主变中压侧流过的故障零序电流小于 I_{01} 时, 采用由中压侧无方向定时限零序过流保护 I_{02} 动作, T_{02} 跳 220 kV 母联或分段, $T_{02} + \Delta T$ 跳主变各侧开关。原来因 220 kV 线路之间的定值配合, 使得变压器 220 kV 侧出线零序最末段(即定时限高阻段)动作时间较长, T_{02} 一般整定为 6 s 左右, 此时因整定的电流定值较小, $T_{02} + \Delta T$ 取值较大, 有可能造成高压侧、公共绕组及 500 kV 侧出线零序反时限保护定值先达到而动作跳主变各侧开关, 造成保护越级跳闸的事故。因而需考虑此段与高压侧、公共绕组及 500 kV 侧出线零序反时限保护动作时间的配合。定值整定上需做如下考虑。

3.2.1 定值 I_{02} 的整定

按躲 220 kV 侧出线零序高阻段定值整定, T_{02} 跳 220 kV 母联或分段, $T_{02} + \Delta T$ 跳主变各侧开关。

3.2.2 跳 220 kV 母联或分段时间 T_{02} 的整定

(1) 要考虑与 500 kV 侧出线零序反时限保护 ($T_p=1$ s) 的动作时间相配合。

计算系统最小基本方式及特殊方式下 500 kV 出线末端接地故障时, 变压器 500 kV 侧各出线零序反时限保护的最长动作时间, 该动作时间要小于 T_{02} , 以免 500 kV 侧出线发生接地故障时, 变压器中压侧无方向定时限零序过流保护与 500 kV 侧出线零序反时限保护失配, 发生越级动作。

(2) 要考虑与高压侧零序反时限保护 ($T_p=1.2$ s) 动作时间相配合。

当 220 kV 系统发生接地故障时, 假定流过主变中压侧的故障零序电流为 I_{01} , 由 I_{01} 得到相对应的高压侧故障零序电流(即 I_{01} 考虑去掉中性点接地的分流), 计算得出所对应的高压侧零序反时限保护的動作时间, 该动作时间要大于 T_{02} , 以确保中压侧无方向定时限零序过流保护与高压侧零序反时限保护的配合。

(3) 要考虑与公共绕组零序反时限保护 ($T_p=1.5$ s) 动作时间相配合。

当 220 kV 系统发生接地故障时,假定流过主变中压侧的故障零序电流为 I_{01} , 将此故障电流看作全部由公共绕组提供(即考虑严重状态下高压侧断开), 计算出 I_{01} 对应的公共绕组零序反时限保护的動作时间, 该動作时间要大于 T_{02} , 以确保中压侧无方向定时限零序过流保护与公共绕组零序反时限保护的配合。

(4) 要考虑与 220 kV 侧各出线零序高阻段的整定时间相配合。

综合以上整定, 得出合理的 T_{02} 。

综上所述, 只有选择正确的 I_{01} 与 T_{02} 的大小, 才能保证中压侧零序过流保护动作的正确性, 通过大量计算, 现规定变压器 220 kV 侧出线零序最末段動作时间不大于 5 s。

4 结论

通过前面的分析, 发现 500 kV 变压器中压侧带方向及无方向定时限零序过流保护的整定很难, 特别是无方向定时限零序过流保护的整定考虑因素太多, 只要考虑不周, 就会出现越级动作的可能, 造成保护装置的误动作, 造成事故的扩大。为了解决此整定配合难点, 采取的措施为: 提出 500 kV 变压器的中压侧采用零序反时限保护(零序反时限电流曲线同高压侧零序反时限保护的一致)来代替无方向定时限零序过流保护, 使得保护之间的配合简单化, 即各带方向定时限零序过流保护之间互相配合, 零序反时限保护之间互相配合来解决主变中压侧无方向定时限零序过流保护整定配合困难的难点。同时 220 kV 侧出线的配置改为一段为定时限灵敏段保护, 另一段为零序反时限保护(零序反时限电流曲线同 500 kV 出线零序反时限保护的一致), 以此来杜绝线路发生接地故障而引起的变压器保护误

动, 从而保证电网的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 庞素红, 张丽, 唐晋. 220 kV 降压变压器保护整定计算的探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(18): 128-130.
PANG Su-hong, ZHANG Li, TANG Jin. Discussion on setting calculation of 220 kV step-down transformer protection[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(18): 128-130.
- [2] 张旭俊, 上官帖, 唐建洪, 等. 采用零序功率绝对值构成反时限零序电流保护的方案探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(23): 41-44.
ZHANG Xu-jun, SHANGGUAN Tie, TANG Jian-hong, et al. Research on inverse time current relay based on the absolute value of zero-sequence power[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(23): 41-44.
- [3] DL/T559-94 220 kV~500 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S]. 北京: 中华人民共和国电力工业部, 1995.
DL / T559-94 The setting procedure of the grid relay protection device operation of 220 kV~500 kV[S]. Beijing: The Ministry of Power Industry of the People's Republic of China, 1995.
- [4] 冯巧玲, 牛月兰. 不同接法变压器保护灵敏度分析[J]. 继电器, 2003, 31(9): 84-85, 87.
FENG Qiao-ling, NIU Yue-lan. The sensitivity analysis of protector in transformer system connected in different modes[J]. Relay, 2003, 31(9): 84-85, 87.

收稿日期: 2010-08-31; 修回日期: 2010-11-08

作者简介:

彭海平(1965-), 女, 高级工程师, 本科, 主要从事电力系统继电保护方面的工作。E-mail: gz_penghaiping@sina.com

(上接第 95 页 continued from page 95)

[12] 车权, 杨洪耕. 基于稳健回归的谐波发射水平估计方法[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(4): 39-44.

CHE Quan, YANG Hong-geng. Assessing harmonic emission level based on robust regression method[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(4): 39-44.

[13] 黄舜, 徐永海. 基于偏最小二乘回归的系统谐波阻抗与谐波发射水平的评估方法[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(1): 93-97.

HUANG Shun, XU Yong-hai. Assessing harmonic impedance and the harmonic emission level based on partial least-squares regression method[J]. Proceedings of

the CSEE, 2007, 27(1): 93-97.

[14] 王惠文, 吴载斌, 孟洁. 偏最小二乘回归方法的线性与非线性方法[M]. 北京: 国防大学出版社, 2006.

收稿日期: 2010-01-19

作者简介:

李丽(1985-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为电力电子与电力传动、电能质量分析与控制; E-mail: xzsdli01@126.com

马宏忠(1962-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电气设备状态监测与故障诊断、新能源发电技术。