

500 kV 变压器保护配置与应用中的若干问题

张立群¹, 齐金定¹, 常风然², 林榕³

(1. 河北省电力公司超高压输变电分公司, 河北 石家庄 050051; 2. 河北电力调度通信中心, 河北 石家庄 050021; 3. 河北省电力勘测设计研究院, 河北 石家庄 050031)

摘要: 详细论述了 500 kV 变压器保护的配置选型原则及组屏配置方案, 并针对主进开关失灵问题, 提出了解决方案并应用于实践。针对近年来 500 kV 变压器保护配置中的若干问题提出自己的见解。

关键词: 变压器保护; 配置方案; 过流保护

中图分类号: TM772 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006)16-0079-03

0 引言

电力变压器是变电所中的主要电气设备, 尤其是 500 kV 变电所的主变压器, 每台容量在 750 1 000 MVA, 对电力系统安全稳定运行影响很大, 因此, 合理配置 500 kV 电力变压器的保护, 使其在故障发生时确保变压器的安全及系统的稳定运行是我们非常重视的问题。笔者结合河北南网的具体情况, 将 500 kV 变压器保护配置与应用中遇到的若干问题予以阐述与说明, 供有关同行参考。

1 500 kV 变压器保护的配置及整定

为提高 500 kV 变压器保护的可靠性, 防止因保护装置拒动而导致系统瓦解或设备损坏的有效措施, 减少由于保护装置异常、检修等原因造成的一次设备停运现象, 500 kV 自耦变压器保护按双重化原则配置主后一体的差动保护和后备保护装置。两套纵差的三侧电流均接于外附(开关)CT, 一个半断路器接线的两组 CT 的二次线圈应分别接入保护装置。自耦变压器应配置高中压侧分相差动保护, 三侧均接于变压器套管 CT。

两套后备保护的 CT 分开, 电流取自变压器套管 CT, 这样可以更好地完成后备功能。

500 kV 侧配置两段方向阻抗保护, 考虑系统振荡的影响。其中一段方向指向变压器, 按 220 kV 母线故障有 1.3 的灵敏度整定, 并与 220 kV 系统保护配合, 第一时限跳 220 kV 侧各分段开关, 第二时限跳 220 kV 侧对应母联, 第三时限跳三侧。另一段方向指向 500 kV 母线, 不伸出相邻元件, 跳三侧。

220 kV 侧配置两段方向阻抗保护, 考虑系统振荡的影响。其中一段方向指向变压器, 按 500 kV 母

线故障有 1.3 的灵敏度整定, 并与 500 kV 系统保护配合, 跳三侧。另一段方向指向 220 kV 母线, 并与 220 kV 系统保护配合, 不伸出相邻元件。第一时限跳 220 kV 侧各分段开关, 第二时限跳 220 kV 侧对应母联, 第三时限跳三侧。

将传统上偏移特性的阻抗改为两段方向阻抗, 更容易获得配合关系及跳闸方式, 但需要厂家做较多工作。振荡问题虽然说可以靠时间躲振荡周期, 但更宜有振荡闭锁开放, 以获得较快的跳闸时间。

配置反时限过激磁保护, 采用相电压接线, 接入变压器 500 kV 侧进线 PT, 保护为两段式, 反映 V/f 值。第一段当变压器过激磁在允许范围内时, 动作于信号; 第二段为反时限, 当过激磁超过允许范围时, 动作于跳闸, 一般按满载下过激磁能力整定。

零序电流保护的配置及整定, 类似于阻抗保护。

非全相保护(亦可选择开关机构本体上的非全相保护), 可仅配置一套。由本开关的零序电流及开关辅助接点启动, 延时跳本开关。

35 kV 侧后备采用相过流保护。第一套保护的电流取自外附 CT, 第二套保护的电流取自变压器套管 CT。保护为两段式: 一段跳本侧, 二段跳总出口。有载调压变压器, 采用复合电压或低电压闭锁。需要注意取自变压器套管 CT 的过流保护要考虑高中压侧接地故障时绕组中流过的零序电流的影响。

各侧及公共绕组配置过负荷保护, 电流取自变压器套管 CT, 延时发信号。

非电量保护, 出口与纵差保护总出口分开, 不启动失灵保护。

220 kV 侧带路时, 两套纵差保护切换至带路开关的 CT; 220 kV 侧后备保护的电压回路采用手动切换方式。

主、后备保护均起动相应的失灵保护。

2 500 kV 变压器保护的组屏

由于设计、运输、施工及运行繁简等方面的原因,500 kV 主变多采用三个自耦型单相变压器,高压侧多采用一个半断路器接线,中压侧多采用双母线双分段接线,低压侧一般为单母线分段接线。

上世纪九十年代,由电规总院主持、六大院参加,进行了 500 kV 变压器保护的“四统一”典型设计,即:保护配置统一、组柜方案统一、出图方式统一和外部接口统一,这对于提高设计效率、加快设计进度和保证设计质量,起到了很好的作用。

随着国家电力公司关于《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》、《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》(试行)的出台,对变压器保护的配置作出了新的要求,综观各制造厂家印刷的典型设计图册,均未进行修订,也没有相应的各种说明。运行经验表明,任何先进的保护、成熟的装置,在电网特定的条件下,特定的故障型式下,都可能存在这样或那样的问题,甚至是原理上的漏洞,造成保护的拒动或误动。主变作为变电所最重要的电气设备,重点应保证继电保护装置的可靠、快速动作。因此,应选用不同原理的两套微机保护,配合使用,从原理上互为补充。而且,两套微机保护不一定要选用同一厂家或同一系列的装置,因为,微机保护的原理设计、工艺制造、元器件选用尤其是软件编制,具有很强的个人或群体特色,其漏洞和缺陷也往往类似反应在其研制的不同装置中。当然,选用不同原理尤其是不同厂家的保护装置需要考虑到:(1)两套装置之间功能与性能的配合问题;(2)现场保护专业人员和运行人员要同时掌握两套完全不同的保护装置,由此将增加工作上的难度;(3)因两套完全不同的保护装置所增加的维护工作量及备品备件的问题。

关于双重化主变保护的组屏设计,笔者认为宜采用四面屏的方案,即两面微机主保护屏(A、B 柜)、一面非电量保护柜(C 柜,含分侧电流差动保护)、一面辅助装置屏(D 柜,含操作箱、非电量保护等)。除辅助装置屏外,另外三面保护屏应能单独检修,独立运行,保护屏之间尽量不发生横向联系,而只与辅助装置屏发生联系。

3 220 kV 侧断路器失灵问题

500 kV 主变保护均起动失灵保护,但其中压侧

如 220 kV 侧断路器,在 220 kV 母差保护动作而本断路器失灵时,设计上无起动失灵保护的回路,实际应用中由于要跳 500 kV 侧断路器,与常规失灵保护的逻辑不同,也无成熟方案,该故障要依靠变压器的后备保护切除,时间较长,对 500 kV 系统的稳定运行及变压器自身的热稳定无疑是严重的考验。但如果采取 220 kV 母差保护直接跳主变三侧的方式,又可能会扩大停电范围。例如:500 kV 变电所的高压侧一般采用一个半断路器接线,当主变串另一母线断路器检修时,220 kV 母差保护直接跳主变三侧将造成相邻元件的停运,而且还将造成低压侧所带的站变等停电。

因此,除 220 kV 系统失灵保护外,还需为主进开关配置一套独立的 220 kV 母线差动保护动作跳主进开关时主进开关失灵再跳主变三侧的失灵保护,启动回路含母差出口动作接点、母线电压切换接点、复合电压闭锁接点等。该回路已在河北南网 500 kV 清苑站、沧西站得到应用。另外,该逻辑也可整合在 220 kV 微机母差保护的失灵功能逻辑中,回路相对更简单,可行性更强,目前,该回路已在河北南网 500 kV 保北站、廉州站成功应用。

4 过电流保护问题

常规的过电流保护的过电流按躲过绕组的额定电流整定,如下式:

$$I_{OP} = \frac{K_{rel}}{K_r \cdot n_a} I_N \quad (1)$$

式中: $K_{rel} = 1.05$, 为可靠系数; $K_r = 0.95$, 为返回系数; n_a 为电流互感器变比; I_N 为被保护绕组的额定电流。

因此, $I_{OP} = 1.1 I_N / n_a$, 即过流保护的过电流值是额定电流的 1.1 倍。

由于变压器的过负荷通常表现为绕组的温升发热,过流保护的过电流特性与变压器本身的过负荷能力(过负荷倍数与允许持续时间)不能较好配合,原因是变压器的过负荷能力不能简单地以式(1)来表达,它与环境温度、过负荷前所带负荷、冷却介质温度、变压器负荷曲线及变压器设备状况等因素有关,要使过流保护性能与变压器过负荷能力完全配合几乎是不可可能的。据此,可有如下的新判据供参考:

判据 1: 测量过负荷倍数有效值

$$N = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T n^2(t) dt}$$

式中: N 为过负荷倍数有效值; T 为过负荷开始到计

算时刻的时间; $n(t)$ 为过负荷测量倍数;

其中变压器的过负荷倍数按照 IEC354 油浸变压器负载导则的要求进行,见下表 1。

表 1 变压器的过负荷倍数

Tab 1 Overload multiple of power transformer

过负荷倍数 (n)	允许运行时间 /min
1.20	500
1.30	150
1.45	60
1.60	20
1.75	14
2.00	6

说明:表中给出的过负荷倍数是指变压器在连续满载时出现短时故障的过负荷能力,在表中给出的允许运行时间内,环境温度 40 时,绕组的热点温度不超过 140,顶层油温不超过 110,但在每一年内,这种运行情况允许有 3 次。

判据 2 国外变压器过负荷保护的判据

文献 [1] 认为,大型变压器不应采用两级定时限过负荷保护,理由是:(1)它不能充分发挥设备的过负荷能力;(2)当过负荷在保护整定值上下波动时,保护反复动作和返回,不能消除过负荷;(3)过负荷状态变化时,不能反映变化前的温升情况。

建议仿照日本东京电力公司生产的数字式变压器过负荷检出继电器,其主要原理为:变压器过负荷特性可通过变压器线圈最高温度上升函数求得,计算出线圈上升温度,然后将其与最高温度比较,可知过负荷时的切除负荷。同时可以先预测性地计算出断开负荷时间后的线圈温度,然后判定是否超出最高温度。以便于同变压器联切负荷装置进行配合,防止发生过剩跳闸,以提高安全稳定运行水平,防止变压器损坏,增强事故处理能力。

5 结语

针对 500 kV 自耦变压器保护双重化配置的设置

方案,详述了其中各种保护的配置原则及接线方式,并对变压器失灵保护做了进一步的探讨,针对这些问题所给出相应的较详细的解决方法。通过这些解决方法可以保证和提高变压器保护的可靠工作和安全运行。

参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2002
WANG Wei-jian Electric Main Equipment Protection Their Theory and Application [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002
- [2] 蔡光德. 发电机 - 变压器组保护整定中的若干问题 [J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (19): 34-36
CAI Guang-de Discussions on Setting Problems of Generation-Transformer Unit Protection [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (19): 34-36
- [3] 邢国峰, 林榕, 赵春雷. 河北南网主变压器保护的配置及几个特殊问题 [J]. 继电器, 2002, 30 (9): 61-64
XING Guo-feng, LIN Rong, ZHAO Chun-lei Configuration and Several Special Problems for Main Transformer of South Electric Network in Hebei Province [J]. Relay, 2002, 30 (9): 61-64

收稿日期: 2006-01-14; 修回日期: 2006-04-24

作者简介:

张立群 (1971 -), 男, 工程师, 主要从事超高压变电工程建设技术管理、运行维护工作; E-mail: sjczlq@sdb.hbpc.com.cn

齐金定 (1974 -), 男, 工程师, 主要从事变电工程技术管理工作;

常风然 (1967 -), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护管理工作。

Several problems for the structure and functions of 500 kV transformer protection

ZHANG Li-qun¹, QI Jin-ding¹, CHANG Feng-ran², LIN Rong³

(1. Ultra High Voltage Transmission & Transformation Subcompany of HBPC, Shijiazhuang 050051, China;

2. Hebei Electric Power Dispatching and Communication Center, Shijiazhuang 050021, China;

3. Hebei Electric Power Design and Research Institute, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: This paper proposes the structure and functions of 500 kV transformer protection. To solve problem of the breaker failure of transformer inlet breaker, the modification scheme is introduced into engineering application. Some design ways are applied on the structure and functions of 500 kV transformer.

Key words: transformer protection; configuration scheme; overcurrent protection