

重视并应用好变压器后备保护

吴运祥¹, 沈国荣², 朱声石²

(1. 安徽省电力中调所, 安徽 合肥 230061; 2. 南京电力自动化研究院, 江苏 南京 210003)

摘要: 提出应重视大容量变压器的后备保护, 从它的正确配置、选择合理的运行方式, 严格的整定计算和熟练的整定技巧等保证它的正确动作, 以保证设备安全和系统安全稳定运行。并对新型微机变压器保护提出设想。

关键词: 方式; 配置; 整定; 互感器; 设想

中图分类号: TM772

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2000)07-0008-04

1 必须十分重视大型变压器的后备保护

变压器是电网中必不可少的重要元件之一, 它的安全运行直接关系到电网的安全稳定和用户的用电。随着电网容量增加, 超高压的出现, 使大容量高电压的变压器数量亦大量增加。对变压器保护研究的深度, 尤其是对变压器主保护之一的差动保护的研究更是取得了可喜的成果。但是最近数年来, 由于大型变压器中、低压侧, 尤其是低压侧母线故障或保护或断路器拒动, 变压器的高压侧后备保护对此又无灵敏度, 或电弧使直流短路消失等造成变压器烧毁在全国已不少见, 教训深刻。为此华东、西北网、湖南省局已发文进行反措。但是在全国仍未引起足够重视, 一些典型事故的教训, 再次提醒我们变压器低压侧故障如不及时切除不但要烧毁主设备, 甚至会引发系统事故或大面积停电事故。必须重视与主网相联的大型变压器的后备保护, 认真研究它的合理配置、原理接线、选择合理的运行方式, 提高直流电源的可靠性等问题。

2 合理的运行方式

对于变电站的主变压器运行方式合理的安排是保证系统安全稳定运行和变压器安全, 防止大面积停电的非常重要基础, 同时也是改善变压器保护效果, 充分发挥保护效能的关键之一。一个变电站接于同一级高压的二台及以上的变压器其它两侧要不要亦同时并列运行, 这是值得研究的重要问题。过去一般均毫无疑问的并列运行, 认为可提高供电的可靠性。随着电网的发展以及许多经验与教训愈来愈说明这种运行方式是不安全和不合理的。

在强调简化电网运行接线, 防止电磁环网可能带来的系统事故, 以及 110kV 及以下电压电网以幅射形开环运行的今天, 更有条件将中、低压侧分开运

行。华东电网中 220kV 及以下电网的变电站的两台变压器的中、低压侧一般都分开运行, 其优点是:

A、有利于减小中、低压侧的短路容量, 不必更换断路器加装电抗器等。

B、有利于系统稳定。分开运行后中、低压母线与系统间阻抗增加, 中压电网故障对全网的影响随之减小, 中压侧出口速切距离的要求降低, 简化了保护。低压侧母线有可能不必加装母差。

C、避免了由于三侧并列(或两侧并列)保护配置复杂和整定计算在环中配合困难, 抬高时限。从根本上解决了在中压或低压侧母线故障时因一套保护或一台断路器拒动而使两台变压器全部跳闸造成大面积停电事故。分开运行后减少了保护时限级数, 取得了加快故障切除的良好效果。

为进一步提高供电的安全性亦可在分开运行的母联断路器上加装双向备用电源自投装置。对于接入中压侧的小电源, 一是本身就不能承担大容量变电站的负荷; 二是不能保证变压器后备保护足够的灵敏度, 为安全在适当处做解列点处理, 并不影响上述方式的安排。

由于目前 500kV 电网尚不够强, 220kV 电网仍是各省主要电网, 500kV 变电站的变压器大多为联络变, 大量功率相互传送, 为减小环路电抗 X_{Σ} , 提高稳定水平以及 220kV 电网保护双重化, 完善的功能, 全线快速切除故障, 500kV 变压器主、后保护亦双重化, 所以它的 220kV 侧仍并列运行。随着今后电网发展 500kV 电网加强, 甚至出现更高级电压, 220kV 网成为地区电网时, 500kV 变压器的 220kV 侧也会出现分开运行。

3 目前变压器相间后备保护存在的问题及解决办法

3.1 高压侧(主电源侧)相间后备保护对低压侧故

障灵敏度不够,且动作时间过长。

变压器高压侧相间后备保护主要做为变压器内部故障的后备保护及其中、低压侧母线故障的后备保护。一般 220kV 及以上的降压变压器和联络变压器的高压侧配置了复合电压闭锁过电流保护,其电流定值大于额定电流,低电压整定值不大于 70% 额定电压。但是由于降压变压器(或联络变)等值电路中 X (低压侧漏抗) 相对较大,尤以自耦变为甚,一般三卷变 X_1/X_2 为 0.5~0.7,自耦变为 2.3~2.7,这样就产生了以下问题:

A、在低压侧母线或出口三相故障时高、中压侧电压相当高。以一台 120MVA 220/110/38.5kV 的变压器为例,当系统阻抗为 0.2 ($S_b = 1000\text{MVA}$),在低压侧三相故障时,高压侧和中压侧母线的电压:三卷变约为 90% U_n ,35% U_n ;自耦变约为 95% U_n ,65% U_n 。这样造成高压侧复压闭锁过流保护电压灵敏度不够。

一般为解决电压灵敏度不够矛盾多用三侧电压闭锁并联方式,但也带来运行方式的一些不便和故障后大量电机启动时电压闭锁实际被解除的问题。

B、电流对低压母线灵敏度不够

高压侧过电流一般大于 1.4 倍额定电流,有时更高,变压器容量愈大电流的绝对数值愈大,在电网中的一些地方可能由于变压器 $X_1 + X_2$ 较大,加之系统小方式时 X_c 也较大,使低压侧故障时高压侧过流保护电流灵敏度不够。如果两台变压器中压侧并列运行,此时高压侧的电流灵敏度就更差了。对于自耦变压器问题更突出。

C、高压侧相间保护的电流在低压侧故障切除后有可能不返回造成误动。

过电流定值一定要大于变压器的额定电流但是由于 X 较大,特别是自耦变,前已叙述在低压侧故障时中压侧电压仍较高,仅失去部分负荷,那么故障时高压侧电流中既有低压侧的故障电流又有中压侧的部分负荷电流分量,可能造成它与低压侧保护的不配合。故障切除后,中压侧大量电机启动,电流很大,使故障时启动的高压侧过流保护不能返回,造成低压侧故障切除后,高压侧接着又跳闸(电压闭锁三侧并的方式),这类事故并不少见。

D、低压侧(中压侧亦如此)过电流保护与线路最后一段相间保护配合,动作时间往往较长。在中、低压母线或出口对称性故障时变压器线圈较长时间通过大的故障电流对变压器损害很大,变压器技术规程中规定此时间应不大于 2s,而只设一段时间过

流达不到此点要求。

3.2 相间方向在某些情况下可能误动

Y/Y —12—11、 Y/Y —12—11 或 $Y/—11$ 、 $Y/—11$ 变压器的高压侧方向过流保护的方向元件在 Y 侧发生两相短路或在 Y 侧中性点直接接地时发生近处单相接地短路时均可能不正确动作。如果高压侧方向指向高压母线时,在 Y 侧变压器的侧两相故障时也会发生不正确动作。详细可见有关文章分析。

以上即使采用按相启动也不能避免, U_1 用正序电压也如此。这是所有变压器相间方向过流保护的原理缺陷,只不过因时间整定较长或电流定值大而被掩盖而已。

3.3 加强变压器后备保护,重视相间后备保护与周围保护的整定配合是目前提高变压器后备保护可靠性的切实可行的办法。

从以上粗略分析可知变压器相间后备保护存在不少缺陷,严重影响变压器的安全和系统安全稳定运行。除了要加强变压器主保护外,应从以下几个方面改善和加强变压器的后备保护,以达到对中、低压母线有足够的灵敏度。

3.3.1 加强变压器低压侧的保护

除继电保护技术规程规定低压侧,总断路器原设置的一套过流保护外再增设一套复压闭锁过流保护,做为低压母线保护或其后备,其定值与出线段或段相配合,对母线有 1.5 的灵敏度。可设两时限,此套保护的直流应与另一套过流保护不共用一段直流母线。整定时限宜短:一是减少变压器出口故障短路电流对变压器和其它设备的损害,满足系统稳定要求;二是防止断路器柜中直流被烧毁而不能切除故障。一般第一时限应不大于 0.6s 跳本侧断路器,第二时限不大于 1s 跳变压器三侧,以防止低压侧断路器拒动。

原来一套复压闭锁过流与出线最后一段相配合,整定时限也不宜太长。线路保护要逐级配合,同时要缩短级差。为了系统和变压器安全,必要时应采取丢卒保车的决心。

3.3.2 完善变压器中压侧保护

因中压侧与高压电网电气距离近,它的故障对主系统和变压器的安全影响更大。同样也应增设置一段复压方向过流保护,方向指向中压侧母线,整定原则同低压侧,也可设有两时限。

3.3.3 高压侧必须有一套过流保护对低压侧母线有一定灵敏度(一般为 1.2~1.3)。

如果是复压过流,电压灵敏度可以用高、低压侧电压闭锁并联来解决。电流灵敏度不足及可能在故障切除后电压恢复负荷电流作用下误动问题尚无根本措施。可专增设一套($I_H - I_M$)的过流保护,即高中压电流相减接法专做低压的后备。这样其整定值可仅大于低压侧额定电流1.4倍整定,而降压变的低压侧额定容量仅为变压器额定容量的 $1/3 \sim 1/2$,以此来提高电流的灵敏度。这在微机保护中是很容易实现的。

4 后备保护的基本配置和整定原则

变压器后备保护的作用继电保护技术规程和“220~500kV 电网继电保护装置运行整定规程”等均有规定,后者明确指出:“变压器短路故障的后备保护应主要作为相邻元件及变压器内部故障的后备保护。主电源侧的变压器相间保护主要作为变压器内部故障的后备保护。其他各侧的变压器后备保护主要作为本侧引线、本侧母线和相邻线路的后备保护,并尽可能当变压器内部故障时起后备作用。”同时亦指出,接地故障后备保护考虑原则亦基本如此,只不过不对低压侧起后备作用。

4.1 配置

根据上述原则变压器后备保护最基本配置应如下:

4.1.1 三卷变压器

高、中压侧均各配置:带方向的零序 段、复压闭锁过流 段,不带方向的零序 段、复压闭锁过流 段;变压器中性点零序电流;间隙过流;零序过电压保护。

低压侧应设置二套复合电压闭锁过流,这两套保护最好接于不同的电流互感器,直流一定要分别取自不同的直流母线。

各后备保护段可以带两时限。

4.1.2 自耦变压器

其配置除无间隙过流、零序过压外均与三卷变压器相同。公共线卷尚应有过电流及过负荷保护。

4.2 整定原则

后备保护整定中涉及到保护范围、切除时间,即方向指向、灵敏度、时限及跳闸方式等。在考虑这些时应从变压器后备保护作用、保证全系统及变压器安全等方面出发,特别是保证不影响主系统安全稳定运行为最终目标。

4.2.1 方向指向应有利于加速跳开小电源或无电源的断路器,避免小系统影响主系统或两个较强系

统相互影响。因此降压变压器(包括中、低压侧有小电源的变压器)的高压侧相间、接地后备保护的方向指向变压器,它的中压侧方向指向该侧母线。系统联络变压器的高、中压侧方向均可指向变压器,也可指向本侧母线,决定系统需要,一般多采用前者。发电厂升压变压器高、中压方向均指向各侧母线。如为两卷升压变则可不带方向。

必须指出各类变压器高、中压侧相间、接地后备保护必须有一段保护不带方向,以防止因方向元件问题而失去最后的保护。

4.2.2 指向母线的后备保护 段与出线的 段或

段相配合,对母线有1.5的灵敏度。动作时间应满足系统稳定要求与不大于变压器出口严重故障时变压器所允许的最长切除时间确定。必要时中压侧出线保护服从于它,反过来与之相配合整定。以保证母差停用、拒动及在死区故障时迅速切除故障而不影响高一电压电网的稳定。这在一些电网中没有引起足够重视,往往整定的保护范围大时间长。

4.2.3 有些后备保护段设有二段时限,以较短时限缩小故障范围,以较长时限跳开变压器各侧。但这必然增加级差,在一些情况下延长了故障切除时间,有的也确实没有必要。因此考虑到一些特殊情况不最后一个时限切除故障的时限仍应遵循4.2.2的原则,必要时动作母联断路器的时限可压缩。特别应指出的是在降压变或中压为弱电源时一些高压侧后备保护没有第一时限跳高压侧母联断路器的必要,只有联络变、升压变才有意义。

跳闸方式应服从于系统,随变压器在系统中的位置、作用而有所不同,各个系统习惯亦不相同,变化较多,但在整定时应仔细推敲。微机保护有可能将跳闸方式做成可编程形式以适应这种需要。

5 后备保护所接电流互感器位置

为使保护范围尽可能大,比较容易满足电流互感器10%误差,以及在各种运行方式下不失去保护,变压器后备保护应这样接入各侧电流互感器:降压变压器高压侧相间后备、接地后备保护应接至断路器侧独立式电流互感器,中、低压侧后备保护直接在变压器套管电流互感器;联络变压器中压侧后备保护应接在断路器侧独立式电流互感器,其余同降压变压器;升压变压器高压侧后备保护应接变压器套管电流互感器。变压器中性点零序电流保护接变压器中性点的电流互感器;间隙零序电流保护接间隙中的电流互感器。以上接法相间后备应属正常,

自耦变压器由于其特殊性高、中压侧的接地后备保护也必须如此接法,做为两卷变、三卷变往往受一些资料影响,而接至中性点电流互感器上,但考虑到以下几点必须按本文提出的接法。

A、变压器中性点电流互感器变比一般均比较小,所允许的二次负担较小,在接地故障电流较大时易饱和造成保护的拒动。“反措要点”9.9中特别指出“变压器中性点电流互感器的二次回路伏安特性要与接入的电流继电器启动值校对,保证后者在通过最大短路电流时能可靠动作。”而各侧主电流互感器变比均较大,允许的二次负担亦相应增大,现场也比较注意校核10%误差,不大会造成保护的拒动。

B、大电流接地系统中的变压器中性点不是每台都直接接地,要根据系统安排。也就是说有些变压器的中性点不直接接地,那么接在中性点电流互感器的所有带方向与不带方向的零序电流保护事实上全部被解除了。系统中如线路接地保护中有的段与它相配合时将会失去选择性。当变压器高、中压侧引线或高压线圈发生接地故障时当差动未动作时将不能迅速切除故障与系统隔离。而将接地保护接在断路器侧电流互感器则不论变压器中性点是否接地均能起到作用。

6 研制和应用新型微机型变压器保护是提高变压器保护可靠性的正确途径。

目前已应用的变压器保护存在这方面或那方面的问题与不足,上面已叙述了应采取的一些补救措施和应注意之点。但最根本的办法是转变传统观念,研制出新的微机变压器保护以提高超高压、高压变压器保护的可靠性。

设想:这种新型微机变压器保护应将主保护、后备保护置于同一台装置。差动保护中应有定值大、无延时的差动速断和定值较大带有100~300ms延时的第二差动速断。能避越涌流的差动保护动作速度在30ms以内,在保证可靠性的前提下有适当的灵敏度。后备保护应满足最基本配置下适当增加段数,一些段可设置二个时限。跳闸方式采用可编程方式使用户应用自如。应大力减少屏上的投停压片数。用简单的办法解决高压侧对低压侧故障灵敏度不足的问题,取消打印机留有接口可临时应用,有串口可联网。由于微机保护技术已成熟,完全可以成为可能,南自院正在开发这种装置。

和220kV及以上线路保护一样,220kV及以上变压器应配置这样两台微机保护装置。这两台装置的外接直流电源必须分别接于不同的直流母线以提高其可靠性。

参考文献:

- [1] 王梅义. 电网继电保护应用. 北京:中国电力出版社, 1999.
- [2] 王维俭. 发电机变压器继电保护应用. 北京:中国电力出版社, 1998.
- [3] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护规程汇编. 北京:中国电力出版社, 1977.

收稿日期:2000-01-07

作者简介:吴运祥(1936-),男,教授级高工,长期从事继电保护研究与应用工作; 沈国荣,男,教授级高工,博士生导师,中国工程院院士,从事电力系统继电保护研究工作; 朱声石(1929-),男,教授级高工,长期从事电力系统继电保护的研究。

Bring the Backup protection for transformer into full play

WU Yun-xiang¹, SHEN Guo-rong², ZHU Sheng-shi²

(1. Electric Power Dispatching Center of Anhui Province, Hefei 230061;

2. Nanjing Automation Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: It proposes in this paper that the backup protection for transformer in large capacity should be pay attention to in this paper based on its correct arrangement, reasonable operation mode, accurate setting value calculation and skillful setting way to ensure the protection to operate correctly. This can make the equipment run safely and the system operate reliably and stably. Meanwhile, a new type of microprocessor based transformer protection is proposed as well.

Keywords: mode; arrangement; setting; CT; idea