

变压器过激磁保护分析及改进

耿卫星¹, 刘建武², 刘春玲³, 孟祥萍⁴, 马炜¹

(1. 银川供电局保护自动化所, 宁夏 银川 750001; 2. 宁夏先科电力设计咨询有限公司, 宁夏 银川 750001;
3. 吴忠供电局变电检修工区, 宁夏 吴忠 751100; 4. 长春工程学院, 吉林 长春 130001)

摘要: 通过介绍微机型变压器过激磁保护装置的构成及基本原理, 从铁磁谐振角度出发分析了电压互感器二次侧电压不平衡现象, 分析误动原因, 并提出改进方案。实验及仿真分析表明所提方案理论上可行、应用中正确, 可以有效解决变压器过激磁保护误动问题, 从而对工程应用起到指导和改进的积极作用。

关键词: 变压器; 过激磁保护; 误动作; 改进方案

Operation analysis on overexcitation protection for transformer and its improvement

GENG Wei-xing¹, LIU Jian-wu², LIU Chun-ling³, MENG Xiang-ping⁴, MA Wei¹

(1. Auto Prevention Division of Yinchuan Power Supply Bureau, Yinchuan 750001, China; 2. Ningxia Xianke Electric Power Design Consulting Company, Ltd, Yinchuan 750001, China; 3. Power Transformation Overhaul Work Area, Wuzhong 751100, China; 4. Changchun Institute of Technology, Changchun 130001, China)

Abstract: From ferroresonance perspective, the paper analyzes the voltage unbalance appearance at the secondary side of potential transformer and the reason of misoperation after illustrating the constitution and basic principles of microcomputer overvoltages & overexcitation protection and proposes the improvement scheme. Experiment and simulation analysis indicates that proposed scheme is feasible in terms of the theory and applicable. It can resolve efficiently the problem of misoperation of overexcitation protection for transformer, thus it can play positive roles to direct and improve engineering application.

Key words: transformer; overexcitation protection; misoperation; improvement

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)22-0181-03

0 引言

过激磁保护误动问题在电网运行中已较为突出, 以西北电网为例: 微机式变压器过激磁保护自1999年安装投运以来, 已动作跳闸20余次, 全部为误动作。表1是2005~2007年8月西北电网变压器过激磁保护部分动作情况摘录:

统计发现, 这些过激磁保护误动作的变电站有一个共同点: 330 kV 变压器高压侧无独立电压互感器。本文结合过激磁保护的基本原理, 分析电压互感器二次电压三相不平衡现象及误动原因, 并据此提出了改进措施。

1 过激磁保护原理及构成

根据电磁学原理, 电力变压器工作时, 其参数与各电气量之间的关系可以用下式表达:

基金项目: 吉林省教育厅“十一五”科学技术研究项目(吉教科合字2007200号)

$$U=4.44fWBS$$

其中: U 为绕组外加电压, W 为绕组匝数, S 为铁芯截面积, B 为磁通密度, f 为电压频率。

对于一台成型的变压器, W 、 S 为定值。因此, 变压器在工作时, 铁芯中的磁通密度为:

$$B=K(U/f)$$

即变压器电压升高和频率降低均可导致铁芯工作磁密增大。当接近或达到饱和时, 铁芯损耗增加, 温度上升, 同时漏磁场增强, 会使靠近铁芯的绕组导线、油箱壁以及其它金属构件产生高温, 严重时甚至会造成局部变形并破坏周围绝缘介质。而当绕组的绝缘强度和机械性能恶化后, 铁芯叠片间绝缘损坏又会导致涡流损耗进一步增加, 从而损坏变压器并对系统造成冲击。

微机式变压器过激磁保护采用多个 CPU 并行结构, 由过电压保护与过激磁保护和反时限过激磁保护模块构成。其中过激磁倍数^[1]:

$$N=B/B_e=(U/f)/(U_e/f_e)$$

式中： U 为变压器高压侧母线电压， f 为系统频率； U_e 、 f_e 分别为高压侧母线额定电压和系统额定频率。

表 1 西北电网变压器过激磁保护动作情况摘录
Tab.1 Extraction of protection action circumstances in Northwest Grid

序号	故障时间	厂站名称及设备	故障或异常情况	故障原因
1	2007-4-18: 14:35	青铜峡变 5#联变	过激磁保护动作、主变跳闸	继电保护人员误碰二次线，导致保护误出口
2	2006-6-29: 16:43	南郊变 2#主变	2#、3#变同时跳闸，过激磁保护动作	过磁保护误动
3	2006-6-29: 16:43	南郊变 3#主变	2#、3#变同时跳闸，过激磁保护动作	过磁保护误动
4	2006-1-07: 17:20	榆林变 1#主变	过激磁保护动作、主变跳闸	继保人员误碰二次回路，过激磁保护误动
5	2005-3-29: 02:09	南郊变 2#主变	过激磁保护动作、主变跳闸	330 kV I 母 PT 二次 A、B 相跳闸，引起过激磁保护误动
6	2005-3-29: 02:09	南郊变 3#主变	过激磁保护动作、主变跳闸	330 kV I 母 PT 二次 A、B 相跳闸，引起过激磁保护误动

定义 $K = (U/f) / (U_e/f_e)$ ，则 K 为变压器铁心过激磁倍数。则有：

- (1) 当 $K=1$ 时， $B=B_e$ ，不会产生过激磁；
- (2) 当 U 升高或 f 下降时， $K>1$ ， $B>B_e$ ，将产生过激磁；
- (3) 当 U 降低或 f 升高时， $K<1$ ， $B<B_e$ ，不会产生过激磁。

2 过激磁误动原因分析

在变电所内，在丢失负荷时，一次电压会升高，调压手段不足时会产生过电压；电网解、合环考虑不周或操作不当引起局部地区出现过电压或低频率运行，铁磁谐振或 L-C 谐振也会引起过电压；另外事故解列后在局部分割区域，若电压维持稳定，由功率缺额造成频率大幅度降低时也会造成过激磁保护动作^[2]。

结合电网运行实际，其中变压器过激磁保护误动的原因主要为以下几个方面：

- (1) 保护用电压互感器二次接入负荷较多，相

间感性、容性负荷在 PT 二次空开跳开后，发生了参数匹配的谐振，引发电压升高；

(2) 变压器运行工况发生变化，例如跳闸或用负荷时，使电压 U 和频率 f 变化的速度不一致，导致 u/f 的比值超过设定定值；

(3) PT 开口三角零序电压较高时，耦合引起其它绕组二次电压升高，导致保护误动。

根据统计，发生过激磁误动的 330 kV 变电站共同点就是高压侧无独立电压互感器。这种现象在 PT 二次接入负荷较多、感性容性参数匹配发生铁磁谐振时更为突出。为了验证，分别通过动模实验和软件仿真提取了共用电压互感器时的二次电压波形如图 1。

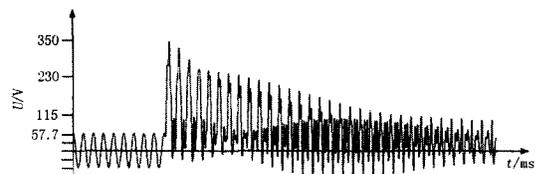


图 1 电压互感器谐振时的二次波形
Fig.1 Quadric waveform of potential transformer when harmonic happens

从波形图上可以看出：PT 二次侧发生谐振时，相电压会升高到正常电压的 6~8 倍，而且偏离了原来的对称特性，并随时间推移逐渐衰减。

3 PT 二次侧三相电压不平衡现象分析

我们知道，为获取零序电压，系统中通常采用三相五柱式电压互感器或者单相互感器(二者原理一致)，接线原理如图 2 所示。

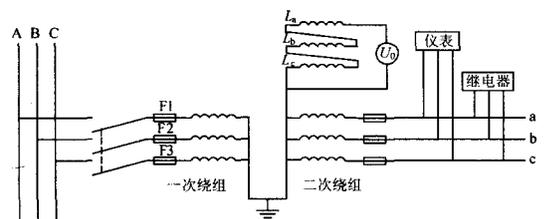


图 2 电压互感器接线原理图
Fig.2 Elementary diagram of potential transformer

正常运行时，三相系统对称， U_0 等于零。当发生突然合闸、分闸或单相接地消失等外界因素时，PT 三相励磁电感不等，此时三相系统不再对称，出现零序电流、中性点偏移和对地电位 U_0 ，即开口三角就有了零序电压，零序电压叠加在二次侧三相电压上，就出现了二次侧三相电压不平衡现象。

电网在运行时，星三角接线的 PT 一次绕组相当于连接相与地之间的电感线圈，PT 在正常工作

时, 铁心磁通密度不高, 不饱和; 但如果在电压过零时突然合闸、分闸或单相接地消失, 这时铁心磁通就会达到稳态时的数倍, 处于饱和状态, 这时, 某一相或两相的激磁电流大幅度增加, 当感抗、容抗参数匹配恰当时, 即会发生谐振。图 3 即为发生铁磁谐振时的三相电流变化情况^[3]。



图 3 铁心饱和时的三相不平衡电流

Fig.3 Unbalance three phase current when magnet core is saturated

发生谐振时, 会在电感和电容两端产生高于额定电压和额定电流几倍甚至几十倍的过电压和过电流, 通过 PT 的电流远大于激磁电流, 严重时烧坏 PT 及其它设备。

针对于谐振现象, 可以考虑在一次绕组 Y_0 接线中性点与地之间加装消谐电阻, 它的电压作用在零序回路中, 其原理如图 4 所示。

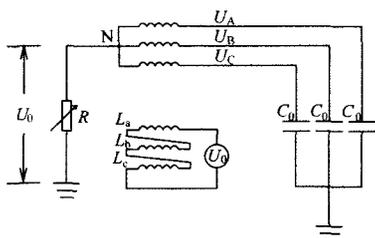


图 4 零序回路消谐电阻加装原理图

Fig.4 Schematic diagram retrofitting detune resistance in zero sequence circuit

4 解决方法及改进

综上所述, 变压器过激磁保护误动问题可以通过限制 PT 二次和开口三角电压升高来解决:

(1) 在 330 kV 变压器高压侧为过激磁保护安装独立电压互感器, 防止容性、感性负荷过多发生参数匹配的谐振现象;

(2) 减少 PT 投运数量, 这是因为在系统中, 由于各 PT 功能不同以及其它原因, 在同一地点安装的电压互感器越多, 相应的伏安特性越差, 尤其是电磁式 PT 总体电抗越小, 导致激磁电流增大^[4];

(3) 对无独立电压互感器的变电站二次回路进行改造, 在 PT 中性点处安装消谐器或串接电阻, 当接地时, 由于消谐装置上出现较高的地电压而使消谐器导通, 因而起到消耗能量、阻尼和抑制电流的

作用^[5];

(4) 为防止空开跳闸造成保护误动, 可以在保护装置上采取二次感应高压和 PT 断线闭锁来实现保护整定。

图 5 即为采用改进方法: 独立 PT 结构、中性点串接电阻元件后的电压变化情况:

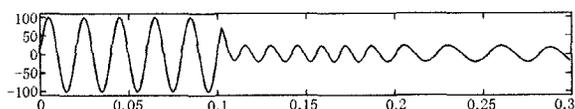


图 5 独立 PT 二次开路时电压变化曲线图

Fig.5 Curve diagram of voltage vary of independent PT circuit secondary flow is open circuit

从图 5 中可以看出, 采用了独立安装的电压互感器后, 在发生一次或二次一开路情况时, 二次电压不再升高超过正常工作电压, 而且随着时间推移和振荡能量的减少, 二次残压幅值逐渐减小、频率降低, 直到零状态振荡结束。

5 结论

本文通过介绍变压器过激磁保护的动作用原理, 分析了由电压互感器引起的保护原因, 并提出了解决办法和改进措施, 通过实验及仿真分析, 证明所提方法理论上可行、应用中正确, 会对工程应用起到指导和改进作用。

参考文献

- [1] 李向宏. 发变组过激磁问题探讨[J]. 山西电力技术, 1999, 89 (6): 23,59.
LI Xiang-hong. Over-Excitation Study of Generator-Transformer Unit[J]. Shanxi Electric Power, 1999,89 (6): 23,59.
- [2] 于丽敏, 徐其军, 李京. WGYC-1A 型微机式过压过激磁保护特性分析[J]. 东北电力技术, 2002, (7): 48-50.
YU Li-min, XU Qi-jun, LI Jing. Features Analysis on WGYC-1A Type Microcomputer Overvoltage & Overexcitation Protection[J]. Northeast Electric Power Technology, 2002, (7): 48-50.
- [3] 耿毅. 工业企业供电[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1985.
- [4] 华田生. 发电厂和变电所电气设备运行[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [5] 解广润. 电力系统过电压[M]. 北京: 水利电力出版社, 1991.

收稿日期: 2008-11-13; 修回日期: 2008-11-26

作者简介:

耿卫星 (1976-), 男, 研究生, 工程师, 研究方向为电网故障诊断、电力系统保护与控制; E-mail: gqwslx@163.com

刘建武 (1982-), 男, 大学本科, 助理工程师, 从事电力系统设计工作, 研究方向为高压直流输电;

刘春玲 (1980-), 女, 研究生, 工程师, 主要研究高压直流输电建模与仿真、智能调度软件开发及应用。