

微机型变压器保护可靠性探讨

颜红建¹, 霍永锋², 韩明光³

(1. 湖南华菱涟源钢铁有限公司热电厂, 湖南 娄底 417009; 2. 许继电气电网保护自动化公司, 河南 许昌 461000;
3. 山西省祁县供电支公司, 山西 祁县 030900)

摘要: 对微机型变压器的可靠性进行分析, 结合华菱涟钢对微机型变压器保护应用中所表现出的问题, 提出影响变压器保护可靠性的因素是保护软件对励磁电流和故障电流的识别、零序电流的过滤、CT饱和时的闭锁、定值设定的科学性等。通过对模糊控制中隶属函数对励磁涌流的识别、CT饱和和附加稳定特性区的设定、以及涌流抑制技术新产品的介绍, 并比较传统的保护判据和主变空投方式, 由此得出结论: 提高变压器保护可靠性的关键点在于新判据、新技术、新设备的应用。

关键词: 微机保护; 励磁涌流; 零序电流; CT饱和; 可靠性

The investigation of microprocessor transformer protection reliability

YAN Hong-jian¹, HUO Yong-feng², HAN Ming-guang³

(1. The Thermoelectric Plant of Hunan Hualing Lianyuan Steel Company, Loudi 417009, China; 2. XJ Electric Power Network Protection Automation Company, Xuchang 461000, China; 3. Qixian Power Supply Company of Shanxi Province, Qixian 030900, China)

Abstract: According to the problems of microcomputer transformer protection used in Lianyuan Iron and Steel Group Company, this paper analyses the reliability of the microcomputer transformer protection, indicates these factors influencing the reliability of the microcomputer transformer protection which include the software how to distinguish the inrush and fault current, the filter of zero-sequence current, the closedown of CT saturation, the reasonable protection setting. By means of introducing the new technology such as subordinate function in fuzzy mathematics discerning inrush, setting the plus stable characteristic area when CT saturation, inhibiting the inrush, comparing these new technologies with the traditional protection criterion and the main transformer putted into operation no-load, this paper comes to the conclusion that it needs to apply the new criterion, new technology and new equipment to raise the reliability of transformer protection.

Key words: microcomputer-based protection; inrush current; zero-sequence current; CT saturation; reliability

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)16-0089-04

0 引言

随着继电保护技术的发展, 微机型变压器保护已取代传统的电磁型保护装置。特别是微机差动保护以其选择性好、灵敏度高、动作迅速的优点, 从而决定了它在变压器保护中的主导地位。但作为变压器主保护的差动保护, 电网运行中正确动作率只在70%~80%间, 华菱涟钢的正确动作率不到20%, 可靠性远低于线路保护。虽然动作次数很少, 但每误动作一次给电力用户造成的损失是巨大的。因此, 对微机变压器保护的可靠性进行深入探讨十分必要。本文从影响变压器保护可靠性的几个因素进行分析, 并提出相应的处理措施, 以其与同行进行交流, 共同探索如何提高微机型变压器保护可靠性。

1 影响变压器保护可靠性的几大因素

1.1 励磁涌流的影响

当变压器空载投入和外部故障切除后电压恢复时, 变压器绕组中将出现很大的励磁涌流, 其值可达变压器额定电流的6~8倍, 极端情况下, 峰值可达近似短路电流值。这样大的电流将导致CT饱和, 在差动回路中引起很大的不平衡电流, 从而使差动保护误动作。

另一种涌流: “和应涌流”。即下级变压器空载合闸, 涌流反应到上级变压器绕组, 造成相邻的上级变压器的误跳闸。华菱涟钢就因这种和应涌流的影响, 在同站的下级变压器空载合闸时, 造成上级220 kV主变误跳闸, 引发大面积停电。

1.2 CT饱和的影响

根据变压器的变比,在高低压侧选择的 CT 变比也不同,那么,CT 的伏安特性和饱和程度也不一样,由此在差动保护中将产生一定的不平衡电流,当区外短路故障时,穿越性电流可能使 CT 饱和,差动回路产生虚假差流造成差动保护误动。

1.3 零序电流的影响

变压器为 Y/Δ 接线且星形侧中性点接地时,在发生单相接地故障情况下,星形侧有穿越性零序电流流过,但在三角形侧,没有零序电流存在,那么保护装置中也将产生虚假差流,差动保护有误动可能。华菱涟钢某 35 kV 变电站的主变保护装置,在区外接地时,接地电流导致主变差动保护误动作,造成生产单位的停电事故。因此,系统接地时零序电流在差动保护的存在是影响保护可靠性的又一重要因素。

1.4 微机变压器差动保护定值设定的影响

电磁型差动保护(BCH 型)定值的设定一般为: $I_{dzj}=1.3I_N$,固有动作时间为:60~100 ms;微机型差动保护定值设定: $I_{dzj}=0.2\sim 0.5I_N$;固有动作时间为:20~40 ms。

由此可见,微机差动保护的灵敏性和快速性明显高于电磁型保护,但如果微机差动保护的定值设定不当,其灵敏性反而是一种劣势,极易使保护装置发生误动作,从而降低差动保护可靠性。

2 提高差动保护可靠性分析

2.1 目前对励磁涌流的主要应对措施

2.1.1 励磁涌流的特性

如图 1 所示

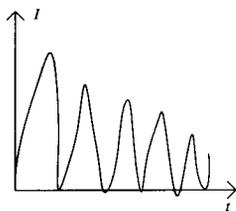


图 1 变压器空投时励磁涌流

Fig.1 Inrush of no-load transformer putted into

其特性为波形畸变,且含有大量的二次谐波和高次谐波,曲线呈非周期性分量衰减。如果变压器在 $T=0$,电压合闸角 $\alpha=0^\circ$ 时合闸,则:

$$\Phi = \Phi_p + \Phi_s + \Phi_r = 2\Phi_p + \Phi_r$$

式中: Φ_s 为稳态磁通, Φ_p 为激磁(或叫偏磁)磁通, Φ 为总磁通, Φ_r 为剩磁磁通。

总磁通远大于稳态磁通,铁芯高度饱和,使励

磁电流剧烈增加,从而形成了励磁涌流。

2.1.2 二次谐波制动方式

目前,主要采用二次谐波制动原理和间断角原理识别励磁涌流。主要有:一取一、三取一及三取二的制动方式。

随着铁芯材料的改进,励磁涌流中二次谐波含量可能小于 10%,而保护装置二次谐波整定值一般在 15%左右,因而不能对差动保护进行制动,造成误动。

2.1.3 对励磁涌流的其它对策

(1) 短时投交叉闭锁逻辑,闭锁时间约为:40~80 ms,之后自动开放差动保护。

(2) 启用以下临时定值:

① 提高差动动作门槛, $I_{dzj}=1.0\sim 1.3I_N$;

② 降低二次谐波制动值,将制动系数降低到 10%左右;

③ 降低后备保护定值,将复压过流降低至:0.6~1.0 I_N ,时间调至 0.3~0.5 s。

主变投运后,自动启动第二组定值(差动保护正常定值)运行。

(3) 采用自适应的比率差动。

国内有些装置,为防止外部故障 CT 饱和和 CT 暂态特性不一致出现不平衡电流产生的差流,利用检测某相三次谐波与该基波的比值大于定值,自动提高比率制动差动动作值,改变比率制动系数和最小制动电流。

以上措施能初步解决空投变压器励磁涌流跳闸问题,且是以牺牲保护灵敏性和快速性为代价的;但外部故障切除后电压恢复时的励磁涌流以及“和应涌流”跳闸问题难以避免。

2.2 对励磁涌流的研究及发展方向

2.2.1 利用模糊控制中的隶属函数识别励磁涌流和故障电流

综合判据: $\mu_{\bar{A}} = (\mu_{\bar{A}1} + \mu_{\bar{A}2}) / 2$

式中: $\mu_{\bar{A}}$ 为综合隶属度; $\mu_{\bar{A}1}$ 为用“加权平均法”计算出的三相差流总隶属度; $\mu_{\bar{A}2}$ 为用“取大一取小法”计算出的三相差流总隶属度。

当 $\mu_{\bar{A}}=0$ 时,判为内部故障,立即开放保护;当 $\mu_{\bar{A}}=1$ 时,判为励磁涌流,闭锁差动保护;当 $\mu_{\bar{A}} \in [0, 1]$ 区间时,按下式开放保护:

$$t = \mu_{\bar{A}} \times 60 \quad (\text{ms})$$

其中: t 为动作延时,按反时限特性,经过 t 时间的延时后开放保护。保护采样周期为一个周波(即 20 ms),那么,纵差保护总体动作时间为 $T_s = t + 20$ (ms)。由此,动作时间在 20~80 ms 范围内,满足差动保护时限要求。

该方法的先进性在于克服了传统的二次谐波制动原理使用固定式门槛阈值的缺陷,对励磁涌流有反时限特性的自适应性功能,能正确判断励磁涌流和故障电流。计算机仿真试验结果与理论分析吻合,对于提高差动保护可靠性具有明显效果。

2.2.2 抑制或降低涌流、提高保护可靠性

涌流抑制技术通过科研工作者的研究,在近年取得突破,其应用型产品已获得国家有关部门的检验认证,并在变电工程进行实际应用。该技术的应用能极大地抑制励磁涌流的产生,从而保障微机变压器保护的正确动作率,提高保护可靠性。

其基本原理是:通过监测电源电压波形实现对磁通的监测,进而获取在电源电压断电时剩磁的极性,并将这种极性记录下来,在下次合闸时,使偏磁(或激磁)的极性与剩磁极性相反,从而实现对励磁涌流的抑制。由此降低微机差动保护的不平衡电流,以提高保护可靠性。

未来的发展应该是更为先进的励磁涌流与故障电流的识别技术,以及励磁涌流抑制技术的产物,微机变压器保护的可靠性将由此得到大幅度的提高。

2.3 CT饱和的应对措施

2.3.1 CT饱和的测量判据

电磁耦合方式的CT,在故障电流大和故障情况非周期性分量及直流分量的影响下,CT会出现饱和情况。

(1) 国内有些装置采用三次谐波分量作为CT饱和判别。

判别方程为: $I_{03} > K_3 I_0$

任一相电流满足上式,比率差动保护自动改变该相最小制动电流、最小动作电流和比率制动系数,以避免保护误动。

(2) 一种新的对CT饱和进行防误识别的闭锁方式:见图2所示。

CT饱和闭锁判据:

$$\begin{aligned} I_{res} &\geq I_{res}(ct) \\ I_{op,0} &\leq KB1/2 * I_{res} \\ t &\leq TCT \end{aligned}$$

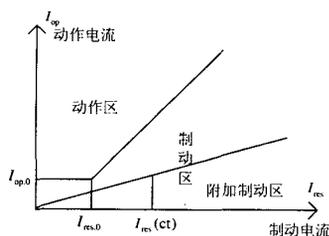


图2 CT饱和闭锁特性图

Fig.2 Characteristic diagram of CT saturation

式中: I_{res} 为制动电流, $I_{res}(ct)$ 为高值制动电流门槛值, $I_{op,0}$ 为差动启动值, $KB1/2$ 为差动曲线的 $1/2$ 斜率, t 为差动时间, TCT 为整定闭锁时间。

比率差动保护设有一个CT饱和时的附加稳定特性区。对于变压器区外故障引起的CT饱和,通过高值的初始制动电流 $I_{res}(ct)$ 检测出来,此电流会将工作点短暂的移至附加稳定特性区。一经确认,装置自动闭锁差动保护,并会在整定的时间(TCT)内一直有效闭锁。如果区外故障同时变压器区内也发生故障,工作点稳定地连续两个周期(40ms)工作在动作区内,立即自动解除闭锁,保护能迅速动作,满足可靠性要求。变压器区内故障时工作点会立即进入动作区,不会进入附加稳定特性区,判定区内还是区外故障的时间为半个周期(即10ms)。

新的判据的优点在于:无需进行三次谐波的判定及动作电流、制动电流的改变,且能将制动区压低到极低位置,可靠地实现对CT饱和的深度闭锁,并使闭锁时间可调;在区内故障时,又能极快地开放保护。

2.3.2 其它方式改善CT饱和性能

(1) 选用二次电流为1A的CT

由于CT功耗与电流的平方成正比,将二次电流为5A的CT换成1A,则功耗能降低25倍,CT不容易饱和。因此,愈来愈多的工程设计选用二次电流为1A的CT。

(2) 选用TPY级、PR级、D级CT,使CT不易饱和。

由于制造材料和工艺的不同,TPY级、PR级、D级CT在一次电流很大时,也不易饱和。因此,选用上述CT降低对差动的影响,也是提高保护可靠性重要措施之一。且变压器各侧的CT需选用同级别,以保证两侧CT的平衡性。

(3) 采用光电互感器,消除CT饱和。

经过多年研究,光电互感器(OCT、OVT)技术得到长足发展,且这种互感器不存在饱和问题,国内已经有多个光电互感器的数字化变电站投入运行,现场运行情况良好;采用光电互感器是未来电力技术的重要发展方向。

2.4 消除零序电流对保护影响的应对措施

如图3所示。

当变压器保护区外发生接地故障时,变压器Y侧流过的是正序、零序、负序电流,而 Δ 侧流过的是正序和负序电流,没有零序电流流过,从而在保护中产生差流。供电工程中由于变压器区外接地,常出现差动保护误跳闸;所以,微机变压器保护一定要将零序过滤功能投入,以消除不平衡电流在保

护装置中产生,防止保护误动。

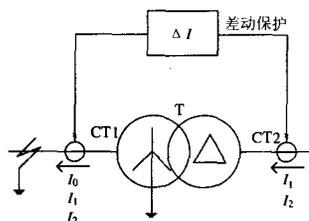


图3 Y/Δ变压器区外接地后电流示意图
Fig. 3 Ground fault current diagram out of district of Y/Δ transformer

2.5 消除保护设定值对保护影响的对策

微机差动保护启动定值的设定,直接影响保护可靠性,定值设定不合适,可能导致保护误动或拒动。定值的整定除按计算手册的原则整定外,还应注意在定值通知中将各种定值标注清楚,保护是发信还是跳闸,某些功能的投退,控制字的设定。这就要求技术人员务必了解该装置的各项内容,不能生搬计算手册条款。否则可能出现定值设定中的某些盲点,造成保护装置误跳闸;定值的详细设定是保护可靠性的重要保障。

3 结束语

本文归纳了影响微机变压器保护可靠性的几大因素,通过分析得出结论,保护程序的完善,判据的合理是保障可靠性的关键;通过对新技术、新设备的探讨,引申出高可靠性变压器保护的发展方向。

(上接第77页 continued from page 77)

- CHEN Ping, GE Yao-zhong, XU Bing-yin, et al. Modern Travelling Wave-based Fault Location Principle and Its Applications to Actual Fault Analysis—Type D Principle[J]. Relay, 2004, 32(3): 14-17.
- [7] 陈平,徐丙垠,李京,等.现代行波故障测距装置及其运行经验[J].电力系统自动化,2003,27(6): 66-69.
- CHEN Ping, XU Bing-yin, LI Jing, et al. Modern Travelling Wave Based Fault Locator and Its Operating Experience[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(6): 66-69.
- [8] 陈平,牛燕雄,徐丙垠,等.现代行波故障测距系统的研制[J].电力系统自动化,2003,27(12): 81-85.
- CHEN Ping, NIU Yan-xiong, XU Bing-yin, et al. Development of Modern Traveling Wave Based Fault Locating System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(12): 81-85.
- [9] 蔡玉梅,何正友,王志兵,等.行波法在10kV铁路自闭/贯通线路故障测距中的应用[J].电网技术,2004,29(24): 15-19.
- CAI Yu-mei, HE Zheng-you, WANG Zhi-bing, et al. Application of Travelling Wave Based Fault Location in 10KV Railway Automatic Blocking and Continuous

由此希望给继电保护技术人员提供参考价值。

参考文献

- [1] 李艳艳,刘建飞.利用模糊识别法改进变压器差动保护二次谐波原理[J].继电器,2007,增刊.
- LI Yan-yan, LIU Jian-fei. Improve the Theory of 2nd Harmonic Used in Transformer Differential Protection[J]. Relay, 2007, 35(S).
- [2] 战学牛,陈月红,刘太华,等.空投变压器导致线路差动误动的事故分析[J].继电器,2007,35(23).
- ZHAN Xue-niu, CHEN Yue-hong, LIU Tai-hua, et al. A Mal-operation Analysis of Line Current Differential Protection Caused by No-load Transformer[J]. Relay, 2007, 35(23).
- [3] WBH-800系列微机变压器保护装置技术说明书[Z]. 2002.
- Technical Manual of WBH-800 Series Computer-based Transformer Protection[Z]. 2002.
- [4] SID-3YL型微机涌流抑制器使用说明书[Z]. 2007.
- Manual of SID-3YL Computer-based Inrush Current Suppressor[Z]. 2007.

收稿日期:2008-06-30; 修回日期:2008-07-17

作者简介:

颜红建(1962-),男,高级技师,从事继电保护试验、技术管理及应用研究工作; E-mail:ldyhbj.2007@163.com

霍永锋(1976-),男,工程师,从事变电站综合自动化系统的研究及管理工作;

韩明光(1964-),男,本科,工程师,从事输变电设备的运行、检修等工作。

Power Transmission Lines[J]. Power System Technology, 2004, 29(24): 15-19.

- [10] 薛永端,徐丙垠,李京,等.铁路10kV自闭/贯通线路行波故障测距技术[J].电力系统自动化,2006,30(5): 68-73.
- XUE Yong-duan, XU Bing-yin, LI Jing, et al. Traveling Waves Based Fault Location in 10 kV Automatic Blocking and Continuous Railway Power Lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(5): 68-73.
- [11] 周超,何正友,罗国敏.电磁式电压互感器暂态仿真及行波传变特性分析[J].电网技术,2007,31(2): 84-89.
- ZHOU Chao, HE Zheng-you, LUO Guo-min. Transient Simulation of Electromagnetic Potential Transformer and Analysis on Its Traveling Wave Transfer Characteristics[J]. Power System Technology, 2007, 31(2): 84-89.

收稿日期:2008-04-08; 修回日期:2008-05-28

作者简介:

谢菁(1969-),女,硕士,工程师,研究方向为计算机测控技术及其在电力系统中的应用。 E-mail:sdzbxj@126.com