

# 微机变压器保护中的 CT异常分析

吴国<sup>1</sup>, 肖远清<sup>2</sup>

(1. 中国电力科学研究院系统所, 北京 100085; 2 北京四方继保自动化有限公司, 北京 100085)

**摘要:** 电力系统中 CT异常的情形时有发生, 给微机变压器差动的安全运行带来了严重的问题。描述了 CT异常物理过程的实际情形, 分析了现有的各种异常判据, 针对这些判据的缺陷, 提出了一种新的 CT异常判据, 并对 CT异常对差动保护动作行为的影响进行了阐述, 较好地解决了实际运行中 CT异常引起的差动误动的问题。

**关键词:** CT异常; 变压器差动保护; 微机变压器保护

**中图分类号:** TM77      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1003-4897(2006)17-0069-04

## 0 引言

目前, 由于 CT异常引起的差动保护误动的情况时有发生, 给运行带来了严重的安全问题。随着微机保护在实际运用中越来越广泛, 因 CT异常造成的误动呈现逐步增长的趋势。根据全国电网2004年全年的保护误动的统计, 由 CT异常引起变压器保护误动占变压器微机保护误动情况的9.4%。因此, 研究 CT异常的现象对于提高微机变压器差动保护的可靠性具有重要的意义。

## 1 CT异常物理过程分析

CT异常一般认为主要有以下两种情况:

### CT二次电缆断线

在 CT二次回路出现电缆断裂或从端子连接处脱落, CT二次回路完全断开, 又称为单纯断线。

在 CT二次回路电缆端子连接处出现接触不良, 则会出现断开与导通的反复过程, 并在连接处产生爬电现象, 这种断线称之为爬电断线。

以上两种情况电流的变化趋势可参见图1和图2, 其中, 单纯断线故障二次电流的变化情况如图1所示, 爬电断线故障二次电流的变化情况如图2所示。

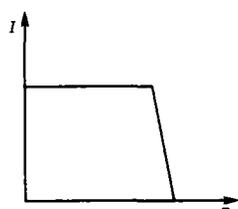


图1 单纯断线电流变化趋势图

Fig 1 Trend curve of current change for simple line breakage

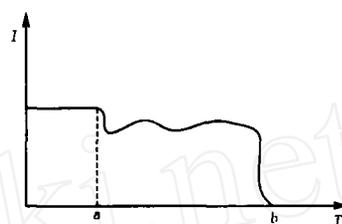


图2 爬电断线电流变化趋势图

Fig 2 Trend curve of current change for creepage

这种故障一般会有一个过渡过程直到完全断线(ab段)。其中  $t_{ab}$  的大小较难确定, 一般认为与电流的大小、电缆导线的耐熔性以及接触端子的固定方式有关。在处理当中可以认为是一个随机的参数。

CT二次电缆出现相间或相对地击穿的现象 CT二次电缆击穿的故障二次电流的变化情况如图3所示。

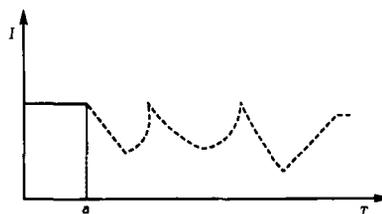


图3 电缆击穿电流变化趋势图

Fig 3 Trend curve of current change for cable break down

从图3可以看出, 当电缆之间的绝缘不好时, 在击穿和恢复时, 电流也随之处于减少和恢复的交替变化过程。

CT二次电缆完全接地的故障二次电流的变化情况如图4所示。

从图4可以看出, 当电缆与地发生直接接触时,

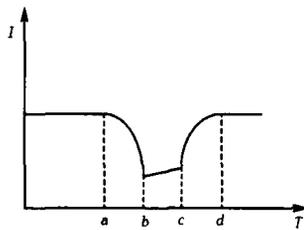


图 4 电缆接地电流变化趋势图

Fig 4 Trend curve for current change for cable earthing

在接触和恢复时,电流也随之处于减少和恢复的交替变化过程。

## 2 CT异常的微机保护判据

微机型变压器差动保护对判别其 CT二次电路的断线或短路故障历来比较困难。这是因为单纯通过本身的电流量去判断接线比较复杂的 CT二次电路中多种多样的断线和短路故障,很难与各种各样的系统异常或故障情况区分。

而目前的实际情况却是很多微机型变压器差动保护都只配有简单的 CT二次电路断线判别元件。国内各厂家 CT异常判据归纳起来主要是以下几种。

1) 正常情况下,若某相差流大于差动电流定值的一定倍数(通常取 0.33 倍),延时判为差流越限。

2) 正常情况下,若有一相或两相无流且存在差流,判为 CT异常。

3) 在有电流突变时,满足以下条件,判为 CT异常:

发生突变后电流减小(而不是增大);

本侧三相电流中有一相或两相无流,且对侧三相电流无变化。

显然,上述判据存在明显的缺陷:

1) 判据中的无流门槛大小不易确定,特别是相对地击穿的情形。

2) 保护启动后不再判 CT异常。

3) 对负荷电流频繁变化且各相变化不同步的情况,有可能误报。

4) 由于当发生区外故障时,故障相电流增大,发生 CT异常的机率较大,这时的判别未考虑,容易发生误动。

针对上述缺陷,本文提出如下的改进判据:

某一侧满足  $|I_2| > I_2$ , 且  $|U_2| > U_2$ , 即存在某一侧负序电流大于某一定值  $I_2$  门槛,且该侧负序电压未有变化。

其它侧满足  $|I| > 0.05 I_N$ , 即存在任一相电

流大于 0.05 倍 CT的额定电流。

出现负序电流的一侧,三相电流的最小值与最大值之比小于  $\sqrt{3}/2$ 。

差流判据:  $\max(|I_{da}|, |I_{db}|, |I_{dc}|) > 0.33 I_{CD}$ 。

判据 引入负序电压判据是为防止相对地击穿或相间击穿时,可能满足负序电流的条件,但不会满足负序电压判据。目前变压器保护普遍引入电压量,因此采用该判据不会带来额外的模入需求。当然,PT断线时,负序电压判据必须退出。实际上同时发生 PT断线和 CT断线的可能性几乎不存在,原则上微机保护可以不考虑多种异常的并发现象。

判据 是为因为变压器在空投或空载时发生故障情况下,仅电源侧出现负序电流则有可能引起误判。有流判据是为在空投和空载时不进行 CT断线判定。

判据 是针对当发生区外故障时,由于 CT的误差导致可能只有一侧出现负序电流的情况而设立的。由于电流互感器的 10%的误差,可能造成二次存在不平衡电流,但不平衡度不会超过  $\sqrt{3}/2$ 。

判据 是针对负荷电流频繁变化且各相变化不同步的情况,这时有可能频繁误报,虽然可以恢复,但不利于差动保护的动作为以及运行安全。实践证明差流判据可以有效地因负荷频繁变化而误报 CT异常。

若变压器各侧中有二侧或二侧以上出现负序电流,则认为是故障,不再进行 CT异常的判别。

由于以上判据选择了电流量和电压量综合判别,因此,不仅全面增加了电流互感器二次电路故障情况的判别类型范围,而且对其二次电路的各种各样的断线或短路情况判别得更准确、更可靠、更全面,特别适合于主后备一体化方式的微机型变压器保护装置。

## 3 CT异常后差动的动作行为分析

保护装置判别出 CT异常后,差动保护的动作为目前一般有如下三种方式:

1) 一直闭锁差动保护直至手动复归或人工处理完毕。

2) 可以自动复归,且在 CT故障期间出现无论是区内故障或区外故障差动保护达到动作条件就可以动作。

3) 可以自动复归,但在 CT异常期间发生区内故障或区外故障时,设一电流门槛值,若所有侧电流中有一相电流超过门槛值则开放差动保护。

方式 1)最为简单可靠,实际上,CT异常的情况较为复杂,不能随意认为异常已消除,必须提醒维护人员进行检查才能恢复保护功能,况且 CT异常后保护的动作为不能确定,拒动的可能性较大。

方式 2)则体现了微机保护的优越性,能够智能地跟踪实时状态并且能够自动调整保护的动作为。在 CT异常期间发生区内故障时保护仍能工作,当然同时也增加了保护误动的可能性。

方式 3)与方式 2)类似,不过认为在负荷较重的情况下,如果发生区内故障对变压器的损坏后果较为严重才允许动作,在轻负荷下则同第一种方法。实际上是方式 1)和方式 2)的一种折衷方案。

实际应用中,应综合保护的可靠性和系统的安全性、稳定性的要求,应在不同的应用场合采用不同的方案。

应该说明的是,对于后两种方式在处理 CT异常自动复归时应充分考虑其复杂性,处理不当,则可能增加保护误动和拒动的可能性。这样就违背了进行 CT异常判别的初衷。

#### 4 CT异常自恢复的保护对策

在现场运行中还存在 CT短时断线后又自动恢复的现象。此时差动保护仅仅有以上判据仍然存在误动的可能性,下面一例则是在 CT异常自复归时保护误动的实例。

运行参数: Y/ 二圈变压器,各侧三相电流基本平衡,高压侧二次侧电流为 2 A,低压侧折算到高压侧电流也为 2 A,差动电流阈值为 1 A。高压侧进行 Y- 转换。

当时低压侧 A相 CT发生断线,保护启动录波器录下的波形如图 5,图中 Y轴为电流幅值, X轴为采样点数。每个周波 12点采样,图 5为总长 18个采样点即 30 ms的数据,图 6为总长 80个采样点即约 130 ms的数据。

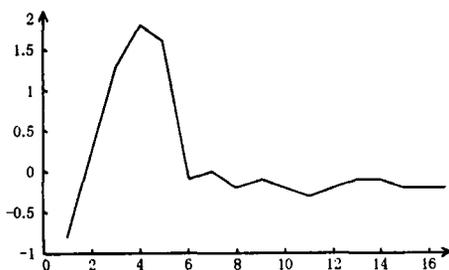


图 5 CT断线波形图

Fig 5 Wave of CT breakage

从曲线看这是典型的单相 CT断线。保护装置判别出来并且闭锁了差动保护。之后三小时后,CT断线自动复归,在复归过程中差动保护动作出口,录波器记下的波形如图 6。

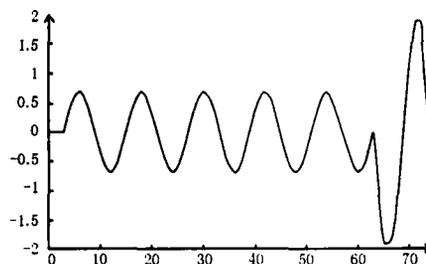


图 6 CT恢复时波形图

Fig 6 Wave of CT restoration

从曲线看复归的过程大约持续了 100 ms,在这期间电流幅值大约 0.5 A左右。对于采用以上判据的微机保护大约在 50 ms处认为 CT断线复归,开放差动保护。但此时差流大约为 1.5 A,大于差动电流阈值 1 A。保护装置在计算一个半周波之后即 30 ms差动保护就出口了。

从这个事故可以看出由于 CT异常的复杂性,通常在恢复的时候具有很不确定的因素,必须考虑这种因素给保护装置带来的副作用。因此,信号复归至少应带 2 s以上的延时确认之后才开放差动保护,以便可靠躲过在自恢复的过程,避免差动保护的误动,同时也可以避免频繁的报 CT断线告警信号。

#### 5 结论

本文分析了 CT二次异常的各种现象,并且对微机保护的几种 CT断线判据进行了探讨。提出了 CT断线的新判据,并分析了 CT二次异常对差动保护动作行为的影响,较好地解决了实际运行中 CT异常引起的差动误动的问题。

#### 参考文献:

- [1] 曾宪华. PST1200系列变压器保护说明书 [Z]. 南京: 国电南京自动化股份有限公司. ZENG Xian-hua Introduction of PST1200 Series Transformer Protection [Z]. Nanjing: Nanjing Automation Co., Ltd
- [2] 王国玉,杨智德,郝延丽,等. WBH-100微机型变压器成套保护装置技术说明书 [Z]. 许昌:许继电气股份有限公司. WANG Guo-yu, YANG Zhi-de, HAO Yan-li, et al Introduction of WBH-100 Transformer Protections [Z]. Xuchang: XJ Electric Co

- [3] ABB. Technical Reference Manual of Ret521 Transformer Protection Terminal [Z].
- [4] ALSTONE Type KBCH 120, 130, 140 Differential Protection for Transformers and Generators [Z].
- [5] 尹梁方. CSC - 326系列变压器保护技术说明书 [Z]. 北京:北京四方继保自动化有限公司.  
YN Liang-fang CSC-326 Series Transformer Protection Techniques [Z]. Beijing: Beijing Sifang Relay Protection and Automation Co., Ltd.
- [6] 周玉兰, 王俊勇. 2004年全国电网继电保护与安全自动装置运行情况统计分析 [R]. 北京:中国电力科学研究院, 国家电网公司电力调度通信中心, 中国南方电力调度通信中心, 2005.  
ZHOU YU-lan, WANG Jun-yong Operation Analysis of

Protection Relaying and Security Control Equipment of Electric Power System in China [R]. China Electric Power Research Institute, National Power Dispatching and Communication Center and Central China Power Dispatching and Communication Center, 2005.

收稿日期: 2006-02-12; 修回日期: 2006-06-09

作者简介:

吴国阳<sup>1</sup> (1974 -), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为微机保护和变电站综合自动化; E-mail: guoyang\_wu@tom.com  
肖远清 (1972 -), 男, 硕士, 工程师, 主要从事微机保护装置的研究和开发。

### Discussion on transformer differential protection under the abnormal state of CT circuit

WU Guo-yang<sup>1</sup>, XIAO Yuan-qing<sup>2</sup>

(1. China Electric Power Research Institute, Beijing 100085, China; 2. Beijing Sifang Automation Co., Ltd, Beijing 100085, China)

**Abstract:** The CT abnormal condition, which happens frequently in power system, brings up serious problems to transformer differential protection. CT in abnormal physical procedure is described in this paper, and variable abnormal criterias are analyzed as well. However, the criteria have some defects. A new kind of criterion for CT abnormal condition is proposed. It also analyzes the influence on differential protection under CT abnormal conditions, which effectively solve the problem of differential malfunction when CT abnormal condition happens.

**Key words:** CT abnormal; transformer differential protection; microprocessor-based transformer protection

(上接第 68 页 continued from page 68)

出口压板 MLP1; 措施 2: 将 LP7 连片压板改造为切换把手。

总之, 在运行中, 我们要努力去解决发现的问题, 确保我们的电网能够安全可靠的运行。

参考文献:

- [1] ABB Network Control & Protection RADSS Bus Protection, Buyer's Guide [Z].
- [2] 高中德. 超高压电网继电保护专题分析 [M]. 北京: 北

京电力出版社, 1990.

GAO Zhong-de. Special Analysis of Relaying in Super High Voltage Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1990.

收稿日期: 2006-04-29; 修回日期: 2006-05-24

作者简介:

刘继安 (1973 -), 男, 工程师, 长期从事继电保护通信自动化工作; E-mail: pylja@tom.com  
杨淮强 (1968 -), 男, 工程师, 从事电气技术工作。

### Analysis and countermeasures of one mal-operation of medium impedance busbar differential protection occurred in 110kV system

LU Ji-an<sup>1</sup>, YANG Huai-qiang<sup>2</sup>, CAI Zhi-fei<sup>3</sup>, NI You-ren<sup>3</sup>

(1. Puyang Power Bureau, Puyang 457000, China; 2. Huaihua Group Corporation, Huaihua 710065, China; 3. Xuchang Power Supply Company, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** JMH - 1 busbar protection is a medium impedance principle based busbar differential protection equipment with high operation speed and sensitivity. However, during years of operation experience, some problems of the protection are also exposed. For example, when the link "manual busbar differential protection linkage" is enabled during operation, the bus coupler circuit breaker may be maloperated. By analyzing these problems, this paper proposes new operation schemes and countermeasures.

**Key words:** medium impedance busbar differential protection; mal-operation; reason analysis