

220 kV 步桥变 1#主变跳闸事故分析

陈波

(宁夏电力公司超高压电网运行分公司, 宁夏 银川 750001)

摘要: 宁夏电网步桥变一条 35 kV 线路 CT 故障造成主变低压侧 CT 饱和, 从而导致主变差动保护误动作。深入分析了此次差动保护误动作的发生原因, 阐述了事故的检查处理过程, 对继电保护规程中暴露出的弱点及疑点问题进行了系统地分析, 并针对该误动保护的原理缺陷提出改进方案。

关键词: 差动保护; 事故; 缺陷分析; 改进方案

Analysis on the accident of #1 transformer switch operation in Buqiao 220kV substation

CHEN Bo

(EHV Grid Operation Branch, Ningxia Electric Power Corporation, Yinchuan 750001, China)

Abstract: A CT saturation on low-voltage side of main transformer happened caused by the CT malfunction of 35kV line in Buqiao substation of Ningxia EHV grid, which led to the wrong action of main transformer differential protection. The causes and the inspection process of this accident, as well as the weakness and doubtful point issues of relay protection regulations are systematically analyzed. Improvement measures are proposed based on the limitation analysis of misaction fault protection theory.

Key words: differential protection; accident; defect analysis; improvement measures

中图分类号: TM772 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)08-0110-04

0 引言

国电南自厂的 PST1200 主变微机保护在全国各变电站已广泛应用, 按照国网公司 18 项反措要求, 220 kV 以上电网系统必须实现保护双重化, 宁夏步桥变 220 kV 变电站就使用 PST1200 主变微机保护, 并且实现保护双重化, 本文结合 2007 年 7 月 2 日的 PST 主变微机保护误动事故对该型号保护的差动保护功能进行分析探讨, 指出其存在的问题, 并提出相应的解决办法。

1 事故及继电保护动作情况介绍

1.1 事故经过

2007 年 7 月 2 日, 7 时 08 分 52 秒, 220 kV 步桥变 35 kV I 段发生接地, 7 时 15 分 36 秒 674 毫秒, 35 kV I 段 29311 步宁线开关柜内部上方 B 相 CT 故障并炸裂, 造成 1#主变一套主变差动保护误动, 系统局部供电潮流图如图 1 所示。

1.2 继电保护配置及动作情况

1 号主变差动保护有两套差动保护, A 屏配二次谐波原理差动保护, B 屏配波形对称原理差动保护, 1#主变保护动作信息如下:

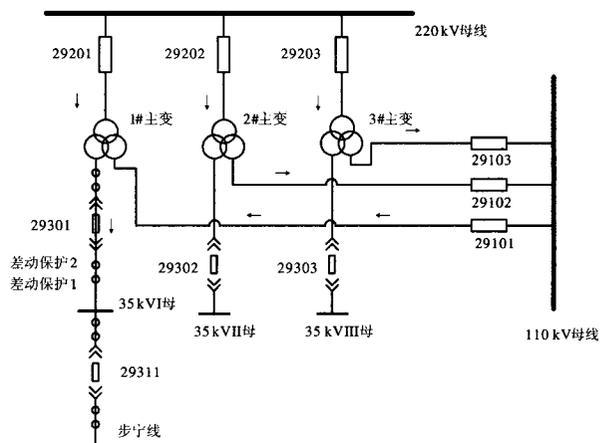


图 1 系统潮流图

Fig.1 System power flow

- (1) 1#主变 A 屏差动保护 (二次谐波原理)
- 0000 ms 差动保护启动
- 0027 ms 差动保护出口
- $I_{CDA}=5.198\text{ A}$, $I_{CDB}=0.155\text{ A}$, $I_{CDC}=5.425\text{ A}$
- $I_{ZDA}=6.088\text{ A}$, $I_{ZDB}=8.084\text{ A}$, $I_{ZDC}=6.522\text{ A}$
- $I_{A2}=0.805\text{ A}$, $I_{B2}=0.017\text{ A}$, $I_{C2}=0.535\text{ A}$

A 屏差动保护录波图如图 2 所示。

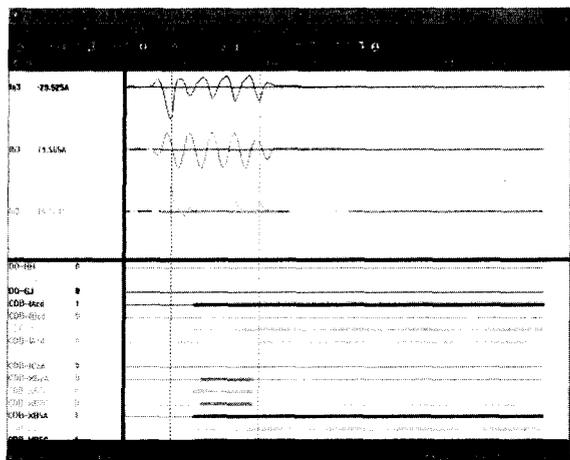


图 2 A 屏故障录波局部图

Fig.2 Partial recorded curves of A screen

(2) 1#主变 B 屏差动保护 (波形对称原理)

0000 ms 差动保护启动

$I_{CDA}=0.002 A$, $I_{CDB}=0.002 A$, $I_{CDC}=0.004 A$

B 屏差动保护录波图如图 3 所示。

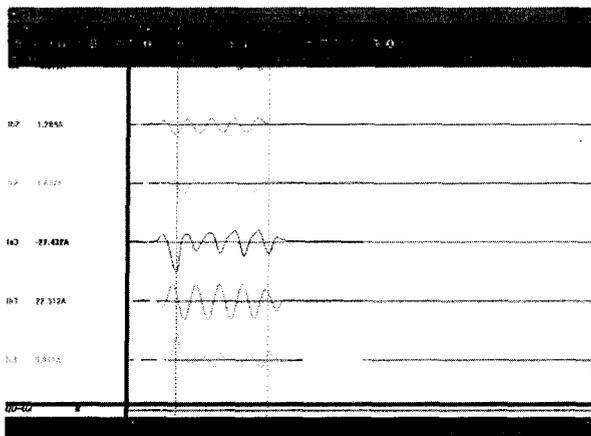


图 3 B 屏保护启动时故障录波局部图

Fig.3 Partial recorded curves of B screen

2 故障情况分析

2.1 故障分析

对于 1#主变差动保护来说, 29311 步宁线故障是区外故障。但从故障录波图图 2 中可以清晰地看到, 1#主变 35 kV 侧二次电流发生严重畸变 (A、C 相), 1#主变差动保护动作报告中 (A 屏), 采样显示故障当时, A 相差流为 5.198 A, C 相差流为 5.425 A, 这说明故障当时, A、C 相 CT 发生饱和导致二次电流无法如实反映一次电流, 形成差流。

首先对 A 屏差动保护 (二次谐波原理) 进行分

析, 从图 2 可以看出 C 相 CT 饱和最为严重, 下面以 C 相为例, 分析 CT 饱和程度及差流形成原因。

从离线分析软件的录波图中读取数据, 三侧 C 相电流值如表 1。

表 1 主变三侧差流分析值

Tab.1 Transformer three side uneven flow analysis value

项目	高压侧 (1200/5)	中压侧 (1200/5)	低压侧 (2000/5)
二次实测值	1.798 A	11.712 A	16.276 A
一次值		2 810.88 A	3 758.78 A
折算至高压侧		1 405.44 A	598 A
折算至高压	1.78 A	5.856 A	2.49 A
侧二次值			
差流值	1.78+5.856-2.49=5.144 A		

理论上, 高、中压侧同时为低压侧提供短路电流, 且高、中压侧提供的故障电流之和应该等于低压侧故障电流。但是通过表 1 计算我们发现, 高、中压侧电流之和远大于低压侧电流, 也就是说低压侧由于 CT 饱和的原因, 已经无法正确传变数值很大的短路电流, 缺失了很大一部分, 而缺失的这部分电流就是差动保护感受到的差电流。差流计算结果 (5.144 A) 基本和装置打印报告中的差流值 (5.425 A) 基本一致。

根据故障数据, 如图 4, A、C 相很明显已经落入比率制动差动保护动作区, 因此符合动作条件。由于 A、C 相 CT 饱和, 造成二次电流谐波分量很大。

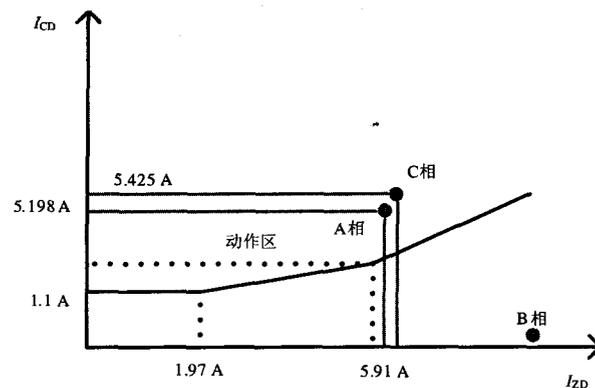


图 4 A、B、C 三相差动保护动作区域

Fig.4 A,B,C three-phase differential motion protection movement region

那么, 此时差动保护是否能够出口跳闸, 主要看谐波成分及二次谐波含量的大小。由故障数据可得: A 相二次谐波含量为 $1.405/9=15.61\%$, B 相二次谐波含量为 $0.013/0.279=4.6\%$, C 相二次谐波含

量为 0.918/9.405=9.76%，经现场分析及南自厂家分析得到的结论基本一致，二次谐波原理是一相制动三相，但故障电流中二次谐波的含量均未达到 20%（保护定值整定为 20%），因此差动保护开放，A 屏差动保护出口跳开主变三侧开关。CT 浅饱和和情况下二次谐波含量比较大，深度饱和和情况时二次谐波含量就会减小。从图 2 波形可看出二次谐波三相均开放保护。(CDB-XB2A,CDB-XB2B,CDB-XB2C)

其次对 B 屏（波形对称原理）差动保护进行分析：B 屏故障录波图（如图 3）和 A 屏（如图 2）完全一致，但不同的是，B 屏差动保护（波形对称原理）能否动作取决于故障电流波形对称度判别结果。如前所述，由于 CT 饱和，二次电流发生严重畸变（A、C）相，不符合波形对称的判据，此时保护装置判定此电流是空投变压器时的励磁涌流，因此闭锁了本套差动保护。如图 5 所示。

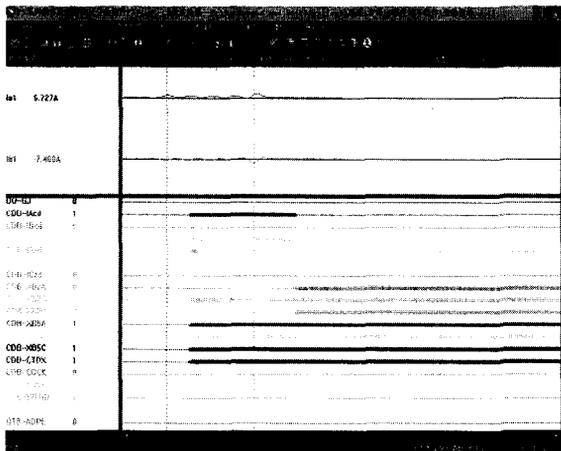


图 5 B 屏保护动作时故障录波局部图
Fig.5 Partial recorded curves of A screen

从录波波形图 5 也可看出 A,C 发生畸变，也可从保护开关量 CDB-XB2A，CDB-XB2C 看出波形不对称（虚线为不对称），B 相 CT 无饱和现象，故区外故障时差流为 0。

2.2 初步结论

(1) 本次 A 屏主变差动保护（二次谐波制动原理）动作原因是由于 CT 饱和，从而使差动保护感受到差流并落入保护动作区，并且二次谐波含量都小于定值。

(2) B 屏主变差动保护（波形对称原理）是通过判别电流波形的对称度，从而区分该电流是故障电流还是励磁涌流。本次故障中，由于 CT 饱和造成二次电流发生严重畸变，电流波形明显不对称，保护装置判定为励磁涌流，因此闭锁该套差动保护，故未动作。

由于两套保护差动原理不同，导致 A 屏差动保护动作，B 屏差动保护不动作。B 屏波形对称原理的差动保护防饱和能力远远好于二次谐波原理的保护。CT 饱和情况也是属于个例，对于差动保护来说主要靠比率制动元件来区分区外故障还是区内故障，区外故障时不是完全靠二次谐波来制动的。二次保护的可靠性是需要一次 CT 的传变电流的准确性来保障的。

2.3 疑点说明

在分析故障报告及波形时，如图 2、图 3、图 4 所示，发现 A、B 两面屏打印报告中波形完全相同，但显示差流值不同。

A 屏保护动作打印报告中三相差流分别为 $I_{CDA}=5.198\text{ A}$ 、 $I_{CDB}=0.155\text{ A}$ 、 $I_{CDC}=5.425\text{ A}$ ，而 B 屏保护启动（未动作出口）打印报告中三相差流分别为 $I_{CDA}=0.002\text{ A}$ 、 $I_{CDB}=0.002\text{ A}$ 、 $I_{CDC}=0.004\text{ A}$ 。这主要是软件设计原因：当有保护动作出口时，装置将打印保护动作时刻的故障电流，当没有保护动作出口时，装置将打印保护启动元件返回时刻的电流值。B 屏打印出的差动电流为 A 屏保护出口开关跳闸、故障电流消失启动元件返回后的采样电流值。

3 继电保护暴露出的问题

本次故障造成主变差动保护动作的根本原因在于 CT 饱和后产生很大的差流。在故障后设备检查过程中，发现 1#主变 35 kV 侧差动保护用 CT 绕组为 B 级。通过查阅相关资料，B 级的电流互感器适用于一般保护（如线路保护等），而对于“差”动保护（即构成差电流的保护）应该选用专用 P 级电流互感器。因为“差”动保护有其特殊性，由于正常运行过程中，是不可能差电流的，只有故障时才会有差电流，因此“差”动保护的动值往往很灵敏，这就对电流互感器提出了更为苛刻的要求，尤其对故障时流过极大故障电流的电流互感器，必须要求构成差动保护电流互感器抗饱和能力非常强。差动保护对防止 CT 饱和的能力有限，虽然微机差动保护中比率制动可以在一定程度上防止 CT 饱和造成的保护误动，但本次故障中由于低压侧故障电流太大，CT 饱和后形成的很大差流已经超越了比率制动保护的制动能力。

4 防范及改进措施

为保证主变差动保护能够正确动作应作以下改进：

(1) 考虑主变 35 kV 侧选用 P 级或抗饱和能力更强的电流互感器。

(2)改进差动保护程序,提高保护抗 CT 饱和能力。当发生故障后,电流互感器需要经过一定时间才饱和,在电流互感器线性工作期间,外部故障时保护装置感受到的差流是很低的。电流互感器饱和后,差流可能显著增加。区外故障时,电流互感器周期性处于线性工作区时没有差流,处于饱和区时有差流。而区内故障时,不管电流互感器在线性区还是处于饱和区,始终都有差流。利用这个特点,即可以判别互感器是否饱和。

(3)调整保护定值项里的二次谐波定值为 15%,根据以上录波及现场情况的分析,针对保护来说,区外故障时,差动应该不会动作。由于低压侧 CT 的 A、C 相饱和,反应到保护的二次电流失真,出现很大的差流,造成比率制动元件无法闭锁。A 屏差动保护选用二次谐波原理的差动,故障时二次谐波含量也均小于定值开放保护,造成 A 屏保护动作。而 B 屏保护为波形对称原理差动,比率制动元件也是无法闭锁,但故障时波形是不对称,保护判为涌流现象,故闭锁保护。这样就出现了现场主变保护区 A 屏动作, B 屏不动作的现象。保护区外故障时差动保护主要靠比率制动元件进行制动,而不是靠二次谐波原理进行制动,但根据现场实际情况更改此定值项也不会影响保护区内故障时保护动

作的灵敏性。因为区内故障时保护的差流要大得多,二次谐波含量所占的百分比就比较小,不会降低保护的灵敏度。

参考文献

- [1] 国家电力调度通信中心.《电力系统继电保护规定汇编》(第二版)[M].北京:中国电力出版社,2000.
- [2] 王梅义,等.《大电网系统技术》(第二版)[M].北京:中国电力出版社,1995.
- [3] 国家电力调度通信中心.电力系统继电保护典型故障分析[M].北京:中国电力出版社,2001.
- [4] 陈德树.继电保护原理[M].北京:中国电力出版社,1989.
- [5] 朱声石.高压电网继电保护原理与技术(第二版)[M].北京:中国电力出版社,1995.
- [6] 许正亚.输电线路新型距离保护[M].北京:中国电力出版社,2002.
- [7] 王维俭,候炳蕴.大型机组继电保护理论基础[M].北京:中国电力出版社,1996.

收稿日期:2008-06-02

作者简介:

陈波(1973-),男,本科,从事继电保护现场运行维护及管理工作。E-mail:chenbo314159@163.com

(上接第 109 页 continued from page 109)

限保护在电流波动大情况下,虽然每次都能启动,但可能在反时限动作时间之前电流已经返回,导致保护功能返回,无法可靠动作。

5 结束语

根据本文的分析,合理设置相关参数,热模型保护能够精确吻合电动机的运转特性,灵敏反映设备故障,保障电动机的运行安全,减小和避免由于误动拒动造成的经济损失,实现电动机的高效节能运行。

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.
 - [2] 祖伟,刘友翔,张莉.电动机热过载保护及其微机实现[J].合肥工业大学学报(自然科学版),1997,20(2):94-99.
- ZU Wei, LIU You-xiang, ZHANG Li. Research on Microcomputer Based Relay of Motor Thermal Overload[J]. Journal of Hefei University of Technology

(Natural Science), 1997, 20(2): 94-99.

- [3] 袁甄.高压异步电动机的微机式过热保护[J].电气应用,2005,24(9):28-30.
- YUAN Zhen. Digital Protection Against the Thermal-Overload of H V Asynchronous Motor[J]. Electrotechnical Journal, 2005,24(9):28-30.
- [4] 贺家李,宋从矩.电力系统继电保护原理(增订版)[M].北京:中国电力出版社,2004.
 - [5] 许正亚.变压器及中低压网络数字式保护(第一版)[M].北京:中国电力出版社,2004.
 - [6] 陈皓.微机保护原理及算法仿真(第一版)[M].北京:中国电力出版社,2007.
 - [7] AREVA.MiCOM P241 技术说明书(v1.B)[Z].

收稿日期:2008-05-27; 修回日期:2008-06-22

作者简介:

卢庆港(1978-),男,从事厂矿企业的供配电自动化系统集成项目管理工作;Email:luqinggang@263.net

解中秀(1942-),男,教授,研究方向为电力电子技术应用及 FACTS 技术。