

CT 一次引线误压接引起主变保护潜在误动分析

惠杰¹, 阎振坤², 李勇³, 王相锋⁴, 历吉文⁵, 成继东⁶

(1. 山东电力超高压公司, 山东 济南 250021; 2. 青岛供电公司, 山东 青岛 266061; 3. 滨州供电公司, 山东 滨州 256610; 4. 莱钢自动化部, 山东 莱芜 271104; 5. 济南电监办, 山东 济南 250101; 6. 山东山大奥太电气有限公司, 山东 济南 250101)

摘要: 针对主变用电流互感器 (CT) 二次电流的减小, 根据现场实际电流数据, 判断出是由于 CT 一次接线压接错误形成一次附加回路造成的。应用电磁场理论详细分析了 CT 二次电流减小的根本原因, 并根据变压器负荷, 计算出在此附加回路影响下的主变保护差动回路电流, 通过分析得到 RCS-978 稳态比率差动保护潜在误动的可能性。提出了更换 CT 时应注意变比与引线压接螺栓的对应关系、控制字与抬高差动启动门槛相配合的方案以避免保护误动, 从而提高了主变保护的可靠性。

关键词: 电流互感器; 比率差动; 主变保护; 压接螺栓

Analysis on transformer protection potential fault trip resulting from CT's wrong connection

HUI Jie¹, YAN Zhen-kun², LI Yong³, WANG Xiang-feng⁴, LI Ji-wen⁵, CHENG Ji-dong⁶

(1.Extrahigh Power Subcompany of SEPCO, Jinan 250021,China; 2.Qingdao Power Supply Company, Qingdao 266061,China; 3.Binzhou Power Supply Company, Binzhou 256610,China; 4.Laigang Automatic Dept, Laiwu 271104,China; 5.Jinan Office, SERC North China Bureau, Jinan 250101,China; 6.Shandong University AoCTi Electric Company, Jinan 250101,China)

Abstract: Aiming at decrease of main transformer CT(current transformer) secondary current, wrong connection leading to additional circuit is concluded according to practical current data. Prime cause of secondary current' decrease is analysed in detail applying electromagnetic theory. Protection's differential circuit affected by additional circuit is calculated according to transformer's load status. In conclusion, potential fault trip exists in RCS-978 stable ratio differential protection. Measures are brought forward to avoid fault trip, which should pay attention to corresponding between transformer ratio and outlet impacted bolt when replacing CT, cooperation between control string and raising up differential protection's startup threshold, so that reliability of transformer protection is improved.

Key words: CT; ratio differential; transformer protection; impacted bolt

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)07-0083-03

0 引言

变压器主保护差动保护^[1]能够快速、灵敏、可靠地切除内部故障, 目前对一些比较重要的枢纽变电站或电厂, 还配置了两套主变保护。带比率制动的差动保护其主要特点是区外故障时可靠不动作, 区内故障时能灵敏动作, 是目前国内应用很广泛的一种主变保护。

RCS978E 主变保护拥有稳态比率差动、工频变化量比率差动、零序比率差动和差动速断保护, 根据实际情况来决定以上各种保护的投退。本文针对 CT 一次压接错误造成一次附加回路的情况下, 得到 RCS-978 主变保护稳态比率差动存在误动可能性, 并提出了避免此类事故的措施, 这将有助于提高主变保护的运行稳定性。

1 异常经过

山东某 220 kV 变电站主变为三圈变接线方式, 一次接线图如图 1 所示。当时工作为主变停电, 110 kV 侧电流互感器 CT₂ 更换。工作完毕送电后发现主变 A 柜 C 相有差流, 以为是零漂造成, 但是发现主变 A 柜来自 CT₂ 的 C 相电流比 A 相和 B 相要小 10%, 于是带负荷测六角图, 结果还是一样, 在保护屏的端子排上封 CT, 发现 C 相差流消失, 这样可以肯定不是保护装置本身的问题。决定从 CT 接线盒测量, 结果还是少了 10%, 这样可以排除不是二次的问题, 经过检查很明显地发现是一次压接螺栓有误差造成 C 相有差流。

2 异常情况分析及结论

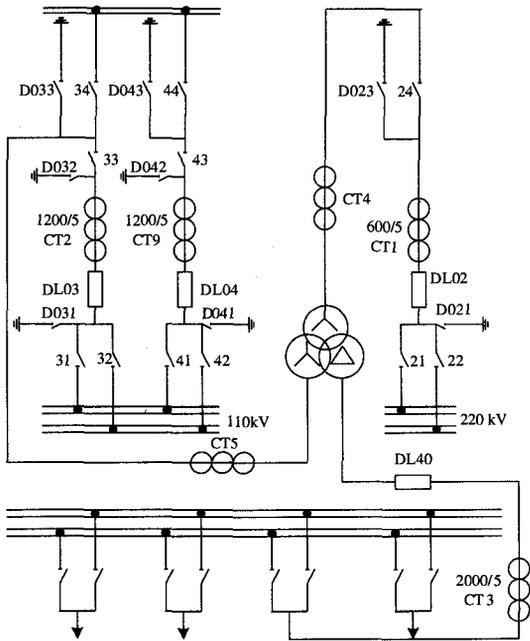


图 1 220 kV 变电站系统一次图

Fig.1 220 kV substation primary system

由主接线图可以看出，主变两套保护 A 柜和 B 柜用 CT 分别取自变压器高中低三侧断路器 CT 和主变套管 CT，因此对于 B 柜分相差动来说没有任何影响，但是对于 A 柜，由于一次的错误接线会造成保护误动，停电更换的 CT₂ 一次接线图如图 2 所示。

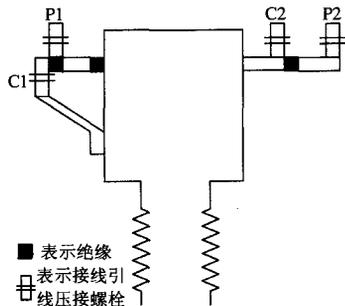


图 2 110 kV 侧 CT₂ 一次接线图

Fig.2 Primary connection of 110 kV CT₂

C₁ 与 C₂ 经外壳连接，P₁-C₂ 为圆管，P₁ 与外壳绝缘，C₂ 不绝缘；C₁-P₂ 为 P₁-C₂ 内嵌管（细）。P₁-C₂ 连接时，CT 变比为 1200/5，正常取此连接方式；P₁-P₂ 连接时，CT 变比为 600/5。原理图如图 3 所示。

经过现场检查发现，C 相 C₂ 引线压接螺栓装反，触及 P₂ 造成一次附加回路（如图 4 所示），送电时，发现 A、B 相二次电流为 1.392 A，C 相二次电流为 1.253 A，少了 0.139 A，为 10% 左右。

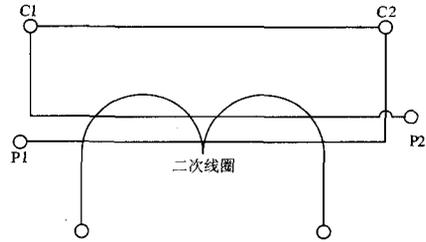


图 3 110 kV 侧 CT₂ 原理图

Fig.3 Schematic diagram of 110 kV CT₂

由图 4 可以明显看到，P₁ 到 C₂ 的一次回路上，形成了 C₁-P₂-C₂-C₁ 附加回路，产生环内感应电流，其作用过程是：假设主回路某一时刻电流即负荷电流为 i_p （方向指向如图 4 所示）， i_p 在 C₁-V-P₂-C₂-C₁ 环内中磁通 Φ_a （图中环内的‘•’表示磁密 B_a ，方向向外穿出），其中越靠近 P₁P₂， B_a 越大，‘•’越密集；反之， B_a 越小，‘•’越稀疏。根据法拉第电磁感应定律，C₁-V-P₂-C₂-C₁ 环内应产生感应环流与 i_p 方向相反的 i_a 来阻碍 Φ_a 的变化， i_a 产生磁通 Φ_{ar} （图中环内的‘×’表示磁密 B_{ar} ，方向向里穿入）。为了方便计算，假设附加回路为标准的矩形区域，由电磁场理论得到：

$$\Phi_{ar} = \int_a^{a+L} \frac{\mu \cdot i_p}{2\pi \cdot r} \cdot d \cdot dr = \frac{\mu \cdot i_p \cdot d}{2\pi} \ln \frac{a+L}{a}$$

$$i_a = \frac{\mu \cdot i_p \cdot d}{2\pi \cdot M} \ln \frac{a+L}{a}$$

$$i_f = \left(1 - \frac{\mu \cdot d}{2\pi \cdot M} \ln \frac{a+L}{a}\right) \cdot \frac{i_p}{n} \quad (1)$$

其中： μ 为磁导率， d 为 C₁C₂ 的长度， a 为附加回路边缘 VP₂ 到 i_p 的距离， L 为附加回路宽度， M 为附加回路与主回路之间的互感， n 为互感器变比。

由式 (1) 可以得到， i_f 与 μ 、 L 、 d 、 a 和 M 都有密切的关系，其中 L 、 d 、 a 和 M 取决于附加回路结构和 CT 本体内部结构。对于不同的 CT， M 也不尽相同，因此 i_f 大小不定。

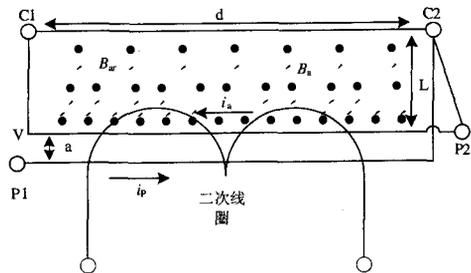


图 4 110 kV 侧 CT₂ 错误压接图

Fig.4 Wrong connection of 110 kV CT₂

为方便计算，文本采用标准矩形区域进行磁场

计算,现场实际情况的附加回路结构要复杂(可根据有限元的磁场分析方法进行详细计算),可以估计到二次电流会比本文计算值更小。

对于本次异常,其反应于二次电流的后果是导致二次电流没有正确反应一次电流大小,使二次电流在附加环流的阻碍下反应的比实际值小 10%。

3 CT 一次引线误压对主变保护的影响

由于此站的主变主保护只投入了稳态比率差动,本文只针对稳态比率差动进行分析。

3.1 差流计算及分析

变压器 $S_c=180$ MVA, U_c 取实际运行电压,由

$$I_{1c} = \frac{S_c}{\sqrt{3}U_c}, I_{2c} = I_{1c} / n_{TA}, \text{得高压侧二次额定电流}$$

I_{2H} 为 3.577 A, 中压侧二次额定电流 I_{2M} 为 3.575 A, 低压侧二次额定电流 I_{2L} 为 6.75 A。保护异常时,用钳型表测得高压侧二次电流 I_{2h} 为 1.788 A, 中压侧二次电流 I_{2m} 为 1.687 A, 低压侧二次电流 I_{2l} 为 0.187 A, 将各侧分别换算成标么值 I_{2h}^* 为 0.5, I_{2m}^* 为 0.473, I_{2l}^* 为 0.026。根据实际的 RCS-978E 的实际定值,差动作方程^[2](公式中的变量均为标么值)^2为:

$$\begin{cases} I_d > 0.2I_r + 0.3 & I_r \leq 0.5 \\ I_d > 0.5I_r + 0.15 & 0.5 \leq I_r \leq 6 \\ I_d > 0.75I_r - 1.25 & I_r > 6 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} I_r = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m |I_i| \\ I_d = \left| \sum_{i=1}^m I_i \right| \end{cases}$$

其中差动启动定值 I_{cdqd} 为 0.3, I_1, \dots, I_m 分别为变压器各侧电流, I_d 为差动电流, I_r 为制动电流,根据(2)作出如图 5 所示的比率差动曲线。

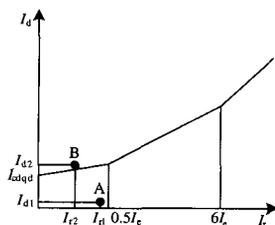


图 5 比率差动曲线

Fig.2 Radio differential curve

计算可得: I_d 为 0.001, I_r 为 0.449, 此时保护不会误动,但由于中压侧 C 相本身电流减少了 10%,可以得到 C 相差流 I_{d1} 为 0.048, I_{r1} 为 0.475, 此时保护也不会误动(图 5 中 A 点)。由于一次接线错误我们测得 C 相中压侧电流减少了 10%,如果 C 中压侧电流减少大于 10%(假设由于一次错误的引线压接,

而引起二次电流减少很多),通过式(2)计算我们得到如果 C 中压侧电流为 0.11,减少了 75%, I_{d2} 为 0.364, I_{r2} 为 0.318, 而这时中压侧负序电流为 $0.75I_n$, 出现 CT 断线告警,但由于保护本身‘CT 断线闭锁差动控制字’为‘0’,不会闭锁比率差动保护,保护就会误动(图 5 中 B 点)。

3.2 结论

由于一次的附加回路的产生造成某相电流减小或二次产生差回路断线时,在轻负荷情况下不会引起差动起动,如果此时及时处理,就可以避免负荷增加后引起的差动保护误动作(在 CT 不闭锁差动保护的情况下)。

4 避免差动保护误动的措施

差动回路的正确采样对差动保护的正确动作是非常关键的,针对此次保护异常及以后差回路的维护有几点建议:

1) 更换 CT 时,检修人员应认真核对 CT 变比与 CT 引线压接螺栓的对应关系以及各压接螺栓直接的连接关系,防止误压接形成的附加回路造成错误 CT 变比引入保护装置,造成保护装置误动;

2) 建议各电压等级的主变保护投入‘CT 断线闭锁差动控制字’,且其控制字值为‘2’,可避免重负荷和区外故障时,因 CT 回路异常引起的差动保护误动作;

3) 此次异常表明,某相电流减小时,负荷增加后容易引起差动保护动作,通过式(2)计算,建议将比率差动起动定值 I_{cdqd} 由原来的 $0.3I_c$ 提高到 $(0.4I_c \sim 0.5I_c)$,并将‘CT 断线闭锁差动控制字’设定为‘1’,就可以避免此类情况的发生。

参考文献

- [1] 王广延,吕继绍.电力系统继电保护原理与运行分析[M].北京:中国电力出版社,1998.
WANG Guang-yan, Lü Ji-shao. Principle and Run Analysis of Power System Relay Protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998.
- [2] RCS-978 系列变压器成套保护装置培训教材[Z].南京:南瑞继保,2002.
RCS-978 Series Transformer Protection Teaching Material[Z]. Nanjing: NARI Relays, 2002.

收稿日期:2007-08-20; 修回日期:2007-09-30

作者简介:

惠杰(1979-),男,硕士,主要从事 500 kV 变电站继电保护工作、电力电子电路研究;E-mail: visthereal@yahoo.com.cn

阎振坤(1979-),男,硕士,主要从事 220 kV 变电站一次检修工作。