

# 110 kV 变电站变压器差动保护动作原因分析

甘韶忠<sup>1</sup>, 叶东印<sup>2</sup>, 闫启祥<sup>1</sup>

(1. 许继电气保护及自动化事业部,河南 许昌 461000; 2 许昌市供电公司,河南 许昌 461000)

摘要: 对某 110 kV 变电站变压器差动保护动作原因运用波形及向量法进行了详细分析,同时分析了在单相接地故障情况下,主变高压侧出现三相电流幅值,相位基本一致的情况,得出了“变压器绕组接法、保护内部算法变换方法与电流互感器接法的正确匹配”是保护正确动作的首要条件的结论,提出了改进措施,旨在更好地完善变压器保护的运行和维护。

关键词: 变压器; 差动保护; 零序电流

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2006)18-0066-03

## 1 110 kV 变电站变压器差动保护动作情况

河南某 110 kV 变电站,其 110 kV 线路发生 B 相接地故障(来自现场的 110 kV 线路保护 WXH-802 录波分析,有一相电流增大,另外两相电流基本不变,并找到了接地点,分析为单相接地故障,当时接地点在近变电站侧,线路高频距离保护及接地距离保护 I 段均动作,系统图如下文中分析),造成变压器差动保护动作(变压器采用 Y, Y12 接线,二次 CT 接线型式为 /Y 接线)。检查差动保护装置内部的故障记录,发现装置记录的三相差动电流大小相等,其故障波形如图 1 所示。

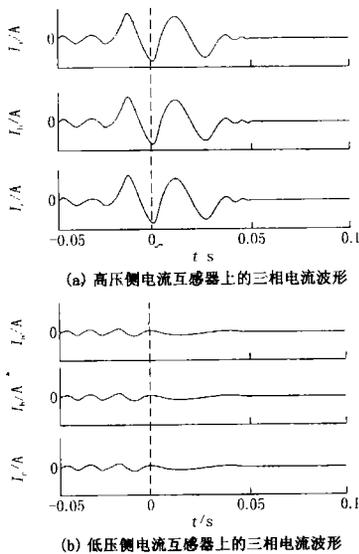


图 1 变压器差动保护故障录波图

Fig 1 Fault wave record of transformer's differential protection

此变电站为 110 kV 升压变电站,变压器的接线形式为 Y0, Y12, 低压侧为电源, 根据故障简介及现

场收取的信息,我们初步分析,在接地过程中,系统表现为图 2 所示的形式, M 端为此升压变电站,图 1 中录波图为此变电站中变压器差动保护动作录波图。

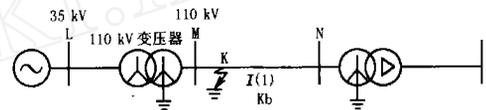


图 2 单侧电源线路上单相接地 (b 相接地)

Fig 2 One phase to earth fault for line with one power supply (phase b to earth)

在近变电站线路侧发生单相接地故障时,主变差动保护是不应该动作的。所以我们首先对差动保护装置(采用许继电气 WBH-100)的动作行为及原理特别是对零序电流的处理方法进行仔细分析。

## 2 WBH-100 差动保护动作原理

WBH-100 系列微机电流差动保护总体来说为具有比率制动特性、带二次谐波制动及高次谐波制动的分相电流差动保护系统,其基本原理仍是差动原理。在 WBH-100 中,变压器差动保护接线图如图 3 所示(以 Y, d11 接线为例,取电流流入变压器为正方向)。

差动保护中差动电流  $I_d$  为各侧电流相量和的模,制动电流  $I_s$  为各侧电流相量模的和值。WBH-100 差动保护的動作特性曲线如图 4 所示。

由图 3 可见,因为流入差动保护的两侧电流有 30 相位差,所以在实现变压器差动保护时装置对两侧测得的电流进行了相应的矢量变换。

在 WBH-100 中,矢量变换为“Y 向”侧转换。对 Y 绕组,变换公式如下:

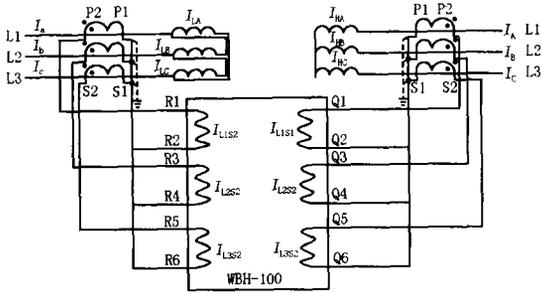
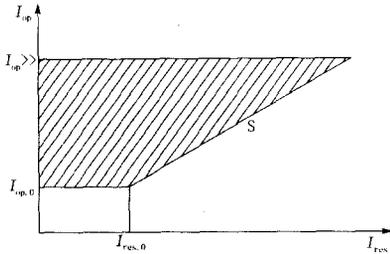


图 3 变压器差动保护接线

ig 3 Connection diagram of transformer differential protection



图中:  $I_{op}$  为差动电流,  $I_{op,0}$  为最小动作电流整定值,  $I_{res}$  为制动电流,  $I_{res,0}$  为最小制动电流整定值,  $S$  为比率制动系数整定值,  $I_{op} \gg I_{op,0}$  为差动速断电流整定值。

图 4 差动保护动作特性曲线

Fig 4 Operation characteristics of the differential protection

$$\begin{bmatrix} I_{HA} \\ I_{HB} \\ I_{HC} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中:  $I_A, I_B, I_C$  为实测的二次三相电流相量;  $I_{HA}, I_{HB}, I_{HC}$  为经过矢量变换后用于差动保护比较的三相电流相量。

对 绕组, 电流保持不变为:

$$\begin{bmatrix} I_{LA} \\ I_{LB} \\ I_{LC} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中:  $I_a, I_b, I_c$  为实测的二次三相电流相量;  $I_{LA}, I_{LB}, I_{LC}$  为经过矢量变换后用于差动保护比较的三相电流相量。

由式 (1) 和式 (2) 分析, 在穿越性电流的作用下, 可得图 5 所示的矢量图。

由图 5 中的矢量分析, 在仅有穿越性电流的作用下, 计算出的差流为:

$$|I_{LA} + I_{HA}| = 0 \quad (3)$$

制动电流为  $|I_{LA} - I_{HA}| / 2 =$  穿越电流。

由式 (3) 和图 4 分析可知, 在正常运行和区外短路时, WBH - 100 差动保护是不会动作的, 那么此

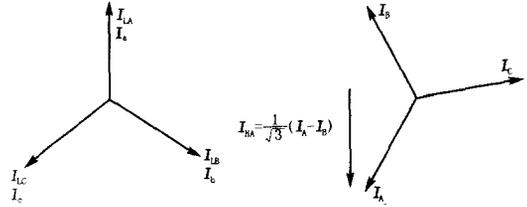


图 5 用于差流计算的两侧电流矢量匹配图

Fig 6 Two sides current vector matching diagram used in differential current calculation

次差动保护动作到底是什么原因引起的呢?

### 3 差动保护动作情况具体分析

此 110 kV 变电站为企业内部系统变, 其接线型式为 Y, d11 接线, 后为了与外部大电网并网而改为 Y, Y12 接线, 为了不更改保护, 工作人员将 CT 二次接线由原来的全星型改为  $\Delta/Y$  接线, 这种接线在正常运行时不会产生差流, 但当发生区外单相接地故障时的情况又会怎样呢?

图 2 中, 当 K 点 B 相接地, 根据对称分量法和单相故障时的边界条件, 故障支路 MN 中 B 相的序电流如下:

$$I_{KB1}^{(1)} = I_{KB2}^{(1)} = I_{KB0}^{(1)} = \frac{1}{3} I_{KB}^{(1)} \quad (4)$$

根据文献 [1], 对于 N 端线路保护安装处测得各相电流故障分量为:

$$\begin{cases} I_{NB} = \frac{2 + C_{0N}}{3} I_{NB}^{(1)} \\ I_{NA} = I_{NC} = \frac{C_{0N} - 1}{3} I_{NB}^{(1)} \end{cases} \quad (5)$$

对于 M 端变压器差动保护安装处高压侧测得各相故障分量为:

$$I_{MA} = I_{MB} = I_{MC} = \frac{C_{0M}}{3} I_{KB}^{(1)} \quad (6)$$

式中:  $C_{0M}, C_{0N}$  分别为 M 和 N 侧零序电流的分配系数。

由式 (5) 可知, 对 110 kV 线路来说, 当发生单相接地故障时, 故障相 B 相电流增大; 由式 (6), 对于 110 kV 变电站的变压器侧, 三相电流故障分量相等, 计及负荷电流, 三相电流基本相等, 均增大。可以看出, 当线路上发生单相接地故障时, 变电站侧没有正、负序电流, 而只有零序电流。这样, 故障发生时, 低压侧绕组中的零序故障分量可以流入保护装置, 而高压侧绕组中的零序故障分量无法流入保护装置, 所以必然造成差动保护中产生较大的差流。这与保护动作时装置的记录及录波结果一致。

#### 4 改进措施

由上述分析,我们认为,线路上发生单相接地故障,对主变保护来说是区外故障,不应该动作,那么怎样改进呢?实际上,在WBH-100中,由于对Y绕组进行了变换,而对Δ绕组保持不变,所以对全星型接线的变压器,差动保护CT二次应全接成Δ,两侧都不进行矢量变换或全Y型而采用高、低压侧都进行矢量变换,这样,当发生区外单相接地故障时,装置中用于差流比较的两侧绕组中均无零序电流流过,差动保护可靠不动作。

#### 5 结语

通过以上分析可知,“变压器绕组接法、保护内部算法变换方法与电流互感器接法的正确匹配”是保护正确动作的首要条件。WBH-100主变保护应用于全星型接线的主变时差动保护CT二次应全接成Δ,两侧都不进行矢量变换或全Y型而采用高、低压侧都进行矢量变换。以上分析对差动保护的运行、维护有一定的借鉴意义。

#### Analysis of mal-operation of transformer's differential protection in a 110kV substation

GAN Shao-zhong, YE Dong-yin, YAN Qi-xiang

(1. XJ Electric Protection and Automation Business Dept, Xuchang 461000, China;

2. Xuchang Power Supply Company, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** The reasons of mal-operation of the transformer differential protection in a 110kV substation are detailed. It is found that the magnitude and the phase of three phase currents on the high-voltage side of the transformer are basically equal when single-phase ground fault occurs. The improved method for the transformer differential protection is presented.

**Key words:** transformer; differential protection; zero-sequence current

#### 参考文献:

- [1] 许正亚. 变压器及中低压网络数字式保护 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.  
XU Zheng-ya Digital Protection for Transformer and Mid - low Voltage System [M]. Beijing: China Water Power Press, 2004.
- [2] 王梅义. 电网继电保护应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.  
WANG Meiyi Application of Relay Protection in Power Systems [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.

收稿日期: 2006-02-21; 修回日期: 2006-04-10

作者简介:

甘韶忠 (1975 - ), 男, 工程师, 从事变电站综合自动化和微机保护的工程和应用工作; E-mail: ganshaozhong@xjgc.com

叶东印 (1968 - ), 男, 工程师, 从事调度及变电站综合自动化和微机保护的工程和应用工作;

闫启祥 (1966 - ), 男, 工程师, 从事变电站综合自动化和微机保护的工程和应用工作。

### 艾默生与云南广电通力合作机房一体化建设

近日,在业界最先提出的网络能源端到端一体化整体解决方案的艾默生公司又传捷报:凭借其领先的技术、优质的服务、强势品牌的综合实力在众多投标企业中脱颖而出,一举中标云南广电传输中心机房一体化项目。项目涉及通信电源、UPS、机房专用精密空调、蓄电池、低压配电、精密配电柜和动力设备及环境监控系统等,构成了一个完整的广电机房动力一体化解决方案,为近年来云南广电行业少有的机房动力设备采购大包。

此次得以中标云南广电与艾默生的强大实力不可分开。据了解,传输中心机房是云南广电的核心机房,支撑着全省135个有线电视网络的数据传输业务,并且辐射全国。当前是云南广电数字化转型的关键时期,传输中心机房处于非常重要的地位,新的技术模式和业务模式对于传输机房的稳定运行和安全保障提出了新的挑战。

艾默生网络能源作为国际上最具实力的网络能源产品生产厂商之一,非常重视与云南广电的合作。在充分掌握了用户网络运营与应用需求的基础上,艾默生为云南广电提供全方位的方案设计、系统集成及工程服务,包括低压配电解决方案、直流不间断电源解决方案、交流不间断电源解决方案、动力设备及环境监控解决方案、机房环境解决方案,再次彰显了广电行业网络能源一体化专家的本色。

艾默生公司对此表示,目前,随着广电系统数字化建设的全面兴起,配合广电系统的机房动力建设也处在一个关键时期,艾默生公司作为国际知名网络能源生产厂商,从事“动力机房一体化整体解决方案”的研究、生产和经营已经有近60多年的历史,在行业内起主导作用。相信此次与云南广电的通力合作,对未来艾默生公司与广电系统展开更广泛合作将起到一个良好的引导和促进作用。