

数字式变压器差动保护误动分析

孙 苗

(三门峡市电业局,河南 三门峡 472000)

摘要: 结合对一起主变差动保护误动原因的分析,介绍了 CST 31A 型数字式变压器差动保护电流相位校正和幅值平衡补偿的基本原理,对误动原因进行了定性分析和定量计算,从技术和管理方面提出了防范措施。

关键词: 差动保护; 电流回路接线方式; 相位校正; 幅值平衡; 平衡系数

中图分类号: TM772 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2003)11-0069-03

1 引言

差动保护是电力变压器的主保护,对保证变压器安全运行起着极其重要的作用。为提高差动保护正确动作率,除选好保护装置外,还需做好施工设计、整定计算、现场安装调试等一系列技术和管理工作,如果这些工作稍有疏忽,就可能造成差动保护误动或拒动。2003 年三门峡局某变电站发生的一起变压器差动保护误动事故,充分说明了这一点。

2 事故过程及初步调查

2003 年 4 月 17 日 17 时 49 分,三门峡电业局某 110 kV 变电站 #1 主变压器差动保护动作,三侧开关跳闸。故障发生后,调度员将 #1 主变解除备用, #2 主变投入运行。调查人员在仔细检查 #1 主变本体和差动保护范围内设备后未发现异常。调出 #1 主变差动保护故障采样报告,可以看出 A 相、B 相差动继电器出口,故障电流分别为 2.54 A 和 2.46 A,均超过差动保护整定电流 1.35 A。通过现场运行人员了解到,在 #1 主变差动保护动作跳闸的同时,有一条 10 kV 线路也因保护动作而跳闸。查 10 kV 线路保护故障报告,发现该线路系速断保护动作而跳闸,其跳闸时间与 #1 主变差动保护动作时间完全一致,故障相别也为 A、B 相,该线路二次故障电流折算后与差动保护中 10 kV 侧故障电流值非常接近。根据现场检查情况和对故障采样报告的数值分析,考虑到 #1 主变是 2003 年 3 月才投运的新变压器,调查人员初步判断 #1 主变差动保护是在区外故障时误动作,变压器本身没有问题。

3 数字式变压器差动保护电流相位校正和幅值平衡补偿原理

#1 主变的型号和有关技术参数见表 1。

表 1 #1 主变型号和部分技术参数

Tab. 1 Specifications and technical parameter of #1 transformer

型号	SFSZ ₁₀ -31500/110
额定电压/kV	110 / 38.5 / 11
额定电流/A	165.3 / 472.4 / 1653.3
接线组别	YN ,yn0 ,d11
CT 变比	300/5 ,600/5 ,3000/5

#1 主变采用 CST 31A 型数字式变压器差动保护。变压器各侧电流互感器二次均采用星形接线,二次电流直接接入保护装置,各侧电流互感器极性都以指向变压器为同极性端,如图 1 所示。

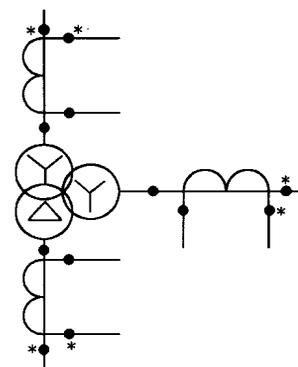


图 1 差动保护各侧电流互感器连接极性

Fig. 1 Polarity of CT in connection of differential protection

为了校正变压器各侧二次电流之间的相位差,在差动保护定值清单中设置了“变压器接线型式 *KMD*”整定值。对不同接线组别的变压器,可选取不同的 *KMD* 值,由软件自动校正变压器各侧二次电流的相位差。这里需要指出的是,设定 *KMD* 值的作用只是校正了二次电流的相位,其幅值大小并未改变。在各侧电流互感器二次均为星形接线,且极性如图 1 的情况下,变压器的接线组别和与之相对应的 *KMD* 值见表 2。

表2 变压器接线组别与 KMD 值对应表Tab.2 Corresponding relation between KDM value and connection of transformer

变压器接线组别	接线型式 KDM
YN, yn0	0000
Y, y0; YN, yn0, y0	0001
YN, d11	0002
YN, d1	0004
YN, yn0, d11	0008

对于常见的接线组别为 YN, d11 的变压器,按表2的规定, KMD 值应选为“0002”,其实质是对变压器 Y 侧二次相电流进行如下的运算:

设 Y 侧二次相电流为 I_A 、 I_B 、 I_C ,相位校正后的电流为 $I_{A'}$ 、 $I_{B'}$ 、 $I_{C'}$,则有:

$$\begin{cases} I_{A'} = (I_A - I_B) / \sqrt{3} = I_A e^{j30^\circ} \\ I_{B'} = (I_B - I_C) / \sqrt{3} = I_B e^{j30^\circ} \\ I_{C'} = (I_C - I_A) / \sqrt{3} = I_C e^{j30^\circ} \end{cases} \quad (1)$$

从式(1)可以看出, KMD 值取为“0002”所起的作用就是将 Y 侧各相二次电流相位向超前方向移 30° ,而幅值保持不变。这样做的目的是使移相后的 Y 侧二次电流同 d 侧二次电流相位相反,起到相位校正的作用。

同理,对三门峡局某变电站的 #1 主变来说, KMD 值应取“0008”,其作用就是将 110 kV 侧和 35 kV 侧二次电流相位向超前方向移 30° ,幅值大小保持不变。

在 CST 31A 型数字式变压器差动保护中,各侧二次电流幅值的平衡补偿也由软件完成。在保护定值清单中设置了中、低压侧平衡系数 KPM 和 KPL ,在保护装置中输入平衡系数的值,就可自动实现电流幅值平衡补偿的功能。中、低压侧平衡系数的计算均以高压侧二次电流为基准,计算公式为:

$$\text{中压侧平衡系数 } KPM = I_{HN} / I_{MN} \quad (2)$$

$$\text{低压侧平衡系数 } KPL = I_{HN} / I_{LN} \quad (3)$$

式中: I_{HN} 、 I_{MN} 、 I_{LN} 分别为在给定的电流互感器变比下,高、中、低压侧二次额定电流值。

在进行电流幅值平衡补偿时,分别将中、低压侧二次相电流与相应的平衡系数相乘。差动电流的有关运算都是在电流相位校正和幅值平衡补偿后的基础上进行的。

由式(2)、(3)和 #1 主变技术参数,可以求得:

$$KPM = (165.3 / 60) / (472.4 / 120) = 0.7$$

$$KPL = (165.3 / 60) / (1653 / 600) = 1.0$$

若变压器各侧电流互感器均按照星形接线,且

现场整定了 KMD 、 KPM 、 KPL 的值,就可以实现差动保护电流回路相位校正和幅值平衡补偿的功能。差动保护其它定值可以按装置的使用说明书进行计算和现场整定。

4 差动保护误动原因分析

2003年4月18日,相关人员对保护装置现场安装和定值整定计算情况进行了调查。从当时在现场工作的人员那里了解到,施工图上是把变压器三侧电流互感器二次按常规接线方式连接后接入保护装置的。所谓常规接线方式,就是把变压器 Y 侧电流互感器二次接成三角形,以校正二次电流相位,d 侧电流互感器接成星形。整定计算人员按厂家使用说明书要求和 #1 主变接线组别,选定 KMD 值为“0008”,并计算了 KPM 和 KPL 的值。当保护定值单送达现场后,工作人员认为已按常规接线对二次电流相位进行了校正,于是在实际整定时将 KMD 值以“0000”输入装置,即不再对 Y 侧二次电流进行相位校正,而平衡系数 KPM 、 KPL 仍按定值单所给的值整定。在这里,工作人员忘记了变压器差动保护除了要对二次电流相位校正外,还要进行幅值平衡补偿这一基本原理,忽略了数字式差动保护正是利用平衡系数这个整定值对电流幅值进行平衡补偿的。实际上,当电流互感器二次采用常规接线方式后,虽将 Y 侧电流相位进行了校正,但其幅值已增大为相电流的 $\sqrt{3}$ 倍,这时若仍采用各侧电流互感器为星形接法时计算出的平衡系数值,各侧电流幅值肯定是平衡不了的。下面计算出电流互感器按常规方式接线时,中、低压侧应整定的平衡系数。

在常规接线方式下, #1 主变高、中压侧引入差动保护的二次额定电流分别变为:

$$I_{HN} = \sqrt{3} \times 165.3 / 60 = 4.77 \text{ A}$$

$$I_{MN} = \sqrt{3} \times 472.4 / 120 = 6.82 \text{ A}$$

按照平衡系数的定义,中压侧平衡系数 KPM 仍为 0.7,因为高、中压侧同为三角形接法,二次电流均扩大 $\sqrt{3}$ 倍,而此时低压侧平衡系数则变为

$$KPL = 4.77 / 2.755 = 1.732$$

也就是说,由于采用常规接线使 I_{HN} 增大为 $\sqrt{3}$ 倍,而 I_{LN} 不变,故 KPL 亦应增大 $\sqrt{3}$ 倍,换句话说,只有将 I_L 放大 $\sqrt{3}$ 倍才能与 I_H 平衡。而当现场按 $KPL = 1.0$ 整定时,就是把低压侧二次电流幅值大小不变地与高压侧二次电流进行平衡后,其差流进入差动采样

回路。显然,这个差流是相当大的。 KPL 值整定错误对差动保护的影响,以下计算可作一定量分析。

由 $KPL = 1.0$ 和实际上的 $I_{HN} = \sqrt{3} I_{LN}$, 差动定值 I_{CD} 为 $1.35 A$, 可以计算出当主变仅高、低压两侧运行,其负荷系数为多大时差动保护就会动作。

根据差流 $I = I_H - I_L = \sqrt{3} I_L - I_L = I_{CD}$, 可以得到,当 $I_L = I_{CD} / (\sqrt{3} - 1) = 1.35 / 0.732 = 1.844 A$, 即负荷系数 $= I_L / I_{LN} = 1.844 / 2.755 = 0.67$ 时,差动保护就会跳闸,主变根本无法达到满负荷运行。

至此, #1 主变差动保护误动的原因已完全查清,那就是低压侧平衡系数的计算和现场整定与电流互感器二次实际接线方式不对应,引入差动保护的电流幅值未能得到平衡补偿,当 $10 kV$ 线路故障时,不平衡电流超过差动保护整定值,使保护动作出口, #1 主变三侧开关跳闸。

5 结论

(1) 继电保护施工设计人员应仔细阅读保护装置的技术说明书,熟悉装置对二次接线的基本要求,在此基础上正确地设计出二次回路接线原理图,不能凭经验,想当然,套图纸。

(2) 现场施工人员不能一味追求“按图施工”,应当在施工前先熟悉保护装置的基本原理,再核对施工图纸是否与装置的接线要求一致。若不足要

求,要向设计人员询问或向技术管理部门汇报,以保证接线正确。当现场改变保护定值时,要经过严格的计算、校核和审批程序,决不能随意变更。

(3) 在数字式变压器差动保护定值选取和计算时,要特别注意各侧电流互感器二次接线方式,只有在各侧电流互感器均为星形接线且都以指向变压器为同极性端的情况下,才能根据变压器的接线组别选取 KMD 值和计算平衡系数,当其中某个条件改变后,这些整定值要做相应的调整。

(4) 保护装置生产厂家编写的技术(使用)说明书,应当把装置对二次回路接线要求,变压器接线型式 KMD 取值方法,平衡系数计算公式之间的相互关系叙述得更为详细。特别是当电流互感器二次选择常规接线方式时,应当说明与此相对应的平衡系数计算方法。

参考文献:

- [1] 陈德树,吴希再,吕继绍. 电力系统继电保护原理与运行[M]. 北京:水利电力出版社,1985.

收稿日期: 2003-05-19

作者简介:

孙苗(1955-),男,高级工程师,长期从事地区供电网运行、技术和管理工作。

Analysis of misoperation of digital differential protection for transformer

SUN Zhuo

(Sanmenxia Electric Power Bureau, Sanmenxia 472000, China)

Abstract: The paper, by analyzing the reasons for once misoperation of digital differential protection for transformer, introduces the basic principle of current phase correction and amplitude balance compensation of CST31A digital differential protection for transformer, qualitatively analyzes and quantitatively computes the reasons for misoperation, puts forward countermeasures from technical and managerial point of view.

Key words: differential protection; method of current circuit connection; phase correction; amplitude balance; equilibrium coefficient

(上接第 68 页)

[2] 许建安. 电力系统继电保护[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.

[3] 黄纯华. 工厂供电[M]. 天津:天津大学出版社,2001.

收稿日期: 2003-07-10; 修回日期: 2003-09-01

作者简介:

韩应江(1964-),男,讲师、工程师,多年从事电气工程研究、开发与教学工作。

Polarity check of zero - sequence current and voltage based on microcomputer protection

HAN Ying-jiang, Ma Tao

(Sanmenxia Polytechnic, Sanmenxia 472000, China)

Abstract: This paper gives an example of the WXH-11X microcomputer protection unit. It analyses the polarity of zero - sequence current and voltage of the fault location on single - phase grounding in power system, and the method of circuit connection. It introduces the method on how to decide phase - sequence of power supply and load by the aid of the microcomputer protection unit, and how to judge the common fault location on grounding through determining effective value.

Key words: microcomputer protection unit; zero - sequence voltage; zero - sequence current; single - phase grounding fault; polarity