

电压互感器开口三角接线的探讨

索保锋, 王洪峰, 闫志勇

(郑州供电公司, 河南 郑州 450006)

摘要: 介绍了在 10 kV 电网中, 三只电压互感器开口三角接线的方法。通过向量的叠加原理, 阐述了辅助绕组额定电压分别为 100/3 V 的四只电压互感器开口三角接线, 分析了它的合理性。当三相 PT 辅助绕组同极性串接成三角形接线, 第四只 PT 的辅助绕组输出电压作为零序电压时, 第四只 PT 的辅助绕组额定电压必须为 100 V。并由此探讨了由三只辅助绕组额定电压为 100/3 V 和一只辅助绕组额定电压为 100 V 构成的四只 PT 开口三角接线, 并阐述它接线的合理性。

关键词: 电压互感器; 开口三角; 辅助绕组; 接线; 变比; 接地故障

Study of open-delta wiring in the busbar voltage transformer

SUO Bao-feng, WANG Hong-feng, YAN Zhi-yong

(Zhengzhou Power Supply Company, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: This paper introduces the open-delta wiring of 3 PT in the 10 kV power system. It explores the open-delta wiring of four voltage transformers which rated voltage of assistant winding is 100/3V and analyzes its rationality based on vector superposition theory. The rated voltage of the forth PT's assistant winding is must 100V when the three-phase assistant winding homopolar connects in series to the open-delta wiring and the output voltage of the forth PT's assistant winding is regarded as zero-sequence voltage. At the same time, it discusses 4PT open-delta wiring which is made up of three assistant windings with 100/3V rated voltage and one assistant winding with 100V rated voltage, and elaborates the rationality of the wiring.

Key words: voltage transformer; open-delta; assistant winding; wiring; transform ratio; earth malfunction

中图分类号: TM451 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)03-0130-03

0 引言

在 10 kV 电网中, 当发生单相接地, 为避免引发铁磁谐振, 造成 PT 烧坏, 电压互感器普遍采用了 4PT 接线的方法, 实际上, 在现场不同的变电站, 使用的电压互感器变比不同, 接线方式就有不相同的地方。

1 三只单相电压互感器构成的开口三角接线

首先, 我们先回忆一下, 原先在电网中 3PT 接线。

如图 1, 在 10 kV 不接地系统中, 单只 PT 的变比为 $\frac{10}{\sqrt{3}} \text{ kV} / \frac{100}{\sqrt{3}} \text{ V} / \frac{1000}{3} \text{ V}$, 正常运行时, 它的开口三角绕组输出电压, 即: $3U_0 = U_{a'} + U_{b'} + U_{c'}$, 三相电压对称平衡, 开口三角绕组输出电压既 $3U_0 = 0 \text{ V}$ 。

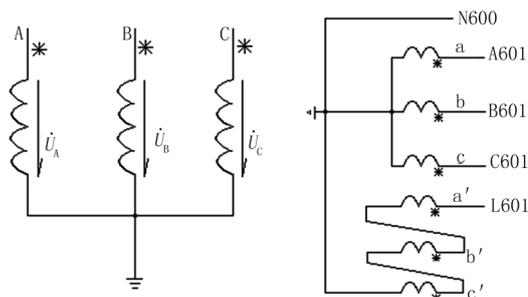


图 1 3PT 接线原理图

Fig.1 Elementary diagram of 3 single-phase voltage transformer

当发生单相接地故障时, 假如 A 相接地, 此时, A 相电压输出变为 0 V, B 相、C 相电压相位分别向下旋转了 30°, 电压值升高 $\sqrt{3}$ 倍, 此时 $3U_0$ 输出值变为 3 倍的相电压, 如图 2 所示, 由于单只 PT 辅助二次绕组正常额定电压为 $\frac{100}{\sqrt{3}} \text{ V}$, 开口三角绕组输出电压即

$$3U_0 = 3 \times \frac{100}{\sqrt{3}} \text{ V} = 100 \text{ V}$$

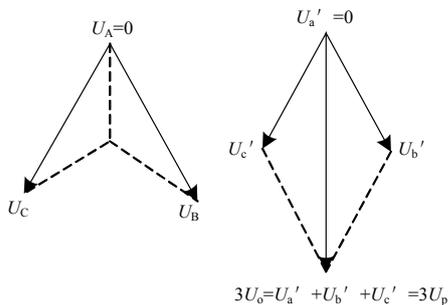


图 2 A 相接地时的向量

Fig.2 Vector diagram of single phase earthing

2 四只单相电压互感器构成的开口三角接线

当采用 4 只 PT 时, 事情不再那么简单了:

1) 如果在原来三只 PT 基础上加装了与前三只相同的第四只 PT, 二次接线如图 3 所示。

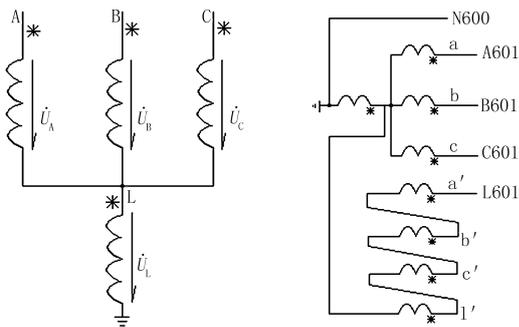


图 3 4PT 接线原理图

Fig.3 Elementary diagram of 4 single-phase voltage transformer

我们来分析一下:

$$3U_0 = U_A + U_B + U_C = (U_a + U_1) + (U_b + U_1) + (U_c + U_1) = U_a + U_b + U_c + 3U_1$$

由此, 就要求开口三角形接线正极性串接入第四只 PT 辅助二次绕组。并且第四只 PT 辅助二次绕组额定电压是原额定值的三倍, 即 100 V。

为了解决这个问题, 现场作了如图 4 处理。

第四只 PT 辅助二次绕组额定电压是 100/3 V, 即 33.3 V。

第四只 PT 二次绕组额定电压 $\frac{100}{\sqrt{3}}$ V, 即 57.7 V。

即开口三角形接线正极性串接入第四只 PT 辅助二次绕组和第四只 PT 二次绕组, 相当于串入第四只 PT 二次额定值为 57.7+33.3=91 V 的绕组, 与理论要求的 100 V 比较接近。

在实际运行时, 由于正常运行时, 三相电压平衡, L 点的电位与地电位相同 (为 0 电位) 第四只

PT 一次侧输入电压即为 0, 当一次系统三相电压不平衡时, 由于辅助二次绕组接入的绕组数与理论要求的值 100 V 有出入, 就会造成 L 点的电位偏离地电位, 造成开口三角形有不平衡输出, 实际上, 这个输出值不会很大, 一般不超过 3 V。

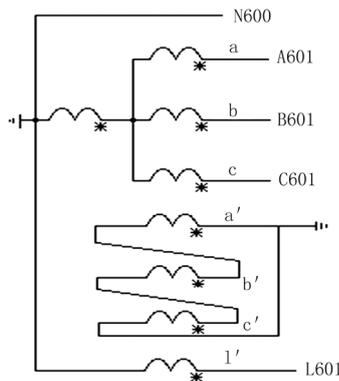


图 4 第二种 4PT 接线二次回路原理图

Fig.4 The second kind of elementary secondary circuit of 4 single-phase voltage transformer

当发生单相接地时, 开口三角输出值不会因这种接线减少输出, 此时, L 点的电位处在接地相电压和地电位(0 电位)之间。

假设接地情况为 A 相接地, 假设两种极限情况:

一是假设 L 点电位为 0 电位, 前三只 PT 电压三相对称, 则式子 $3U_0 = U_A + U_B + U_C = U_a + U_b + U_c + 3U_1$ 中 $U_a + U_b + U_c = 0$ 。

第四只 PT 一次侧所加的电压为 A 相对地的电压。

$$3U_0 = U_1 = 91 \text{ V}$$

二是假设 L 点电位为 A 相电位, 第 4 只 PT 电压输出为 0, 则式子

$$3U_0 = U_A + U_B + U_C = U_a + U_b + U_c + 3U_1 \text{ 中 } 3U_1 = 0$$

这种假设其实忽略了第 4 只 PT, $3U_0 = U_A + U_B + U_C = U_a + U_b + U_c = 100 \text{ V}$

就是说, 当发生单相接地时, $3U_0 \in (91 \text{ V}, 100 \text{ V})$

实际设备报接地故障的整定值一般为 20~40 V, 这种接线完全满足实际设备运行需要。

2) 如图 5, 这种接线, 许多新参加继电保护工作的同志可能还一时接受不了, 三只 PT 开口三角被短接, 如果发生单相接地, 这三只 PT 辅助二次绕组不就短路了吗? 其实, 当发生单相接地时, 这三只 PT 辅助二次绕组中确实存在电流, 但该电流不是很大, 因为它只是将非故障相 PT 产生的电压加在故障相 PT 上, 它只是将图 3 中 L 点的电位拉为中性电位(零电位)。由于地电位升高为单相电压,

加在第四只 PT 电压即为相电压。

此时, $3U_0=U_1=100\text{ V}$,

如果要满足以上条件, 那么第四只 PT 的变比

一定是 $\frac{10}{\sqrt{3}}\text{ kV}/\frac{100}{\sqrt{3}}\text{ V}/100\text{ V}$ 。

3 另一种接线探讨

通过以上分析, 可以得出另一种接线 (图 5)。

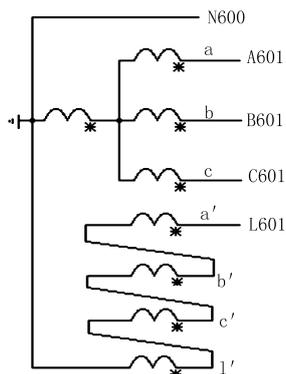


图 5 另一种 4PT 接线二次回路原理图

Fig.5 The another kind of elementary secondary circuit of 4 single-phase voltage transformer

假如有三只变比为 $\frac{10}{\sqrt{3}}\text{ kV}/\frac{100}{\sqrt{3}}\text{ V}/\frac{100}{3}\text{ V}$ 的 PT

和一只变比 $\frac{10}{\sqrt{3}}\text{ kV}/\frac{100}{\sqrt{3}}\text{ V}/100\text{ V}$ 的 PT 去构成 4PT

接线, 就可以开口三角形接线正极性串接入第四只 PT 辅助二次绕组, 由于第四只 PT 辅助二次绕组额定电压为 100 V, 如图 5 所示能够满足

$$3U_0=U_A+U_B+U_C= U_a+U_b+U_c+3U_1$$

但在实际工程中, 4 只 PT 一般使用同一厂家、同一批出厂的同型号产品。故很少有四只 PT 变比不同的。所以这种接线在工程应用中很少见。

4 结语

在 10 kV 电网中, 由于长期使用三只单相 PT 接线, 接线原理比较固定。随着新技术的应用, 在改造 10 kV 电网中, 电压互感器二次接线设计时, 可能会忽略电压互感器的变比, 忽视现场设备情况, 套用其它电压互感器二次接线图纸, 造成设计错误, 在设计 10 kV 电压互感器二次接线时, 一定要先查明互感器型号和变比。在施工时, 一定要检查互感器变比, 分析设计图纸接线的合理性, 以避免设备带着缺陷加入运行而带来的麻烦。

收稿日期: 2009-02-27; 修回日期: 2009-04-06

作者简介:

索保锋 (1977-) 男, 助理工程师, 长期从事继电保护设备管理与维护工作; E-mail: zzsjjdsbf@163.com

王洪峰 (1980-) 男, 助理工程师, 长期从事继电保护设备运行维护工作;

闫志勇 (1982-) 男, 助理工程师, 长期从事继电保护设备运行维护工作。

(上接第 129 页 continued from page 129)

进行在线气体样品分析, 通过检测 SF₆ 分解物总量及 SO₂、H₂S、CO、CO₂、HF 等特征气体含量, 判断内部故障的性质及准确的故障定位。

参考文献

[1] 梁之林, 时朱大铭, 张英杰, 等. 两起 GIS 组合电器事故原因分析及建议[J]. 电力设备, 2007(7): 68-70.
LIANG Zhi-lin, ZHU Da-ming, ZHANG Ying-jie, et al. Case Study and Improving Suggestions for two Faults of GIS Switchgear Assembly[J]. Electrical Equipment, 2007 (7): 68-70.

[2] IEC 60480-2004, Guidelines for the Checking and Treatment of Sulfur Hexafluoride (SF₆) Taken from Electrical Equipment and Specification for Its Re-use[S].

[3] 张晓星, 姚尧, 唐炬, 等. SF₆ 放电分解气体组分分析的现状和发展[J]. 高电压技术, 2008(4): 37-42, 120.
ZHANG Xiao-xing, YAO Yao, TANG Ju, et al. Actuality and Perspective of Proximate Analysis of SF₆ Decomposed Products Under Partial Discharge[J]. High Voltage Engineering, 2008(4): 37-42, 120.

收稿日期: 2008-12-01; 修回日期: 2009-01-18

作者简介:

杜晓平 (1978-) 女, 硕士, 研究方向为电力系统调度自动化;

李涛 (1977-) 男, 硕士, 研究方向为电力系统高压技术监督与设备维护; E-mail: litao4541@126.com

陈瑞林 (1975-) 男, 工程师, 研究方向为电力系统技术管理与设备维护。