

一种简单可靠的电压互感器三次回路检测新方法

刘华¹, 蔡子亮²

(1. 河南电力调度通信中心, 河南 郑州 450052; 2 许昌学院电气信息工程学院, 河南 许昌 461000)

摘要: 在 220 kV 系统电网中广泛应用着零序功率方向保护。对于由电压互感器三次回路 $3U_0$ 构成的零序方向元件, 用常规方法不易检测出其 $3U_0$ 的两根导线混淆的错误接线, 致使零序方向保护误动作的情况时有发生。分析了常用的两种检测方法的弊端, 提出了一种简单可靠的电压互感器三次回路检测新方法。理论分析和实践经验表明, 该方法可以明确地检测出 $3U_0$ 的两根导线混淆的错误接线。

关键词: 电压互感器; 三次回路; 检测方法

中图分类号: TM451; TM645 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006)15-0073-04

0 引言

利用电压互感器三次回路 $3U_0$ 与 $3I_0$ 构成的零序方向保护, 由于在正常运行情况下, $3U_0$ 约等于零, 即输出 $3U_0$ 的两根导线处于等电位, 因此不能用判断相间功率方向继电器的“六角图法”来判断 $3U_0$ 这两根导线的连接是否正确, 因为在同一试验中, 倒换这两根线的结果是完全一样的。用常规方法确切掌握 $3U_0$ 实际进入保护装置的端子极性实非易事。由于 $3U_0$ 这两根导线的连接错误, 造成大量的误动作与拒动作, 这是长期统计的动作结果^[1]。目前, 国内几大主流厂家的保护装置已经摒弃引自电压互感器三次回路的 $3U_0$, 而改用自己的 $3U_0$, 但带来的问题是当发生电压断线时, 除必须闭锁相间及接地距离保护外, 还要处理零序方向元件的失效问题。如果闭锁零序保护, 将会造成线路无保护运行。有的厂家的做法是可以去掉零序方向控制, 保留零序电流保护在原整定值下的继续运行, 但这种做法的缺点是当外部发生接地故障时, 可能会无选择性而误动作^[2]。因此有的运行单位已经提出恢复引自电压互感器三次回路的 $3U_0$ 的意见(本文在此不作讨论)。同时, 由于电网的快速发展, 一些老线路接到新的变电站, 一些老保护不到退役期, 搬到新的 220 kV 变电站, 与原有对侧保护继续配合使用, 使得新的变电站也要解决电压互感器三次回路 $3U_0$ 的接线问题。今年河南电网就有五次保护搬家到新变电站继续使用的情况。因此, 仍然有必要用一种简单可靠的方法, 解决 $3U_0$ 这两根导线混淆的问题。

1 零序功率方向继电器正确的接线

正确的零序功率方向继电器的动作特性和接

线, 应在被保护线路正方向接地故障时, 使零序电流与零序电压的相位关系进入继电器动作区的较灵敏部分。

当电流自母线流向线路为正方向, 电压以母线对地电压为正方向时, 线路正方向故障, 零序电流超前零序电压 180° 。为变电站零序电源阻抗角。如果为 85° , 则零序电流超前零序电压 95° 。

目前常用的零序功率方向继电器动作特性, 根据制造厂习惯不同, 有最灵敏角为 -110° (即电流超前电压 110°) 和最灵敏角为 70° (即电流滞后电压 70°) 两种, 分别见图 1(a)、图 1(b)。前一种与正方向故障相一致, 其电流和电压回路应按照同极性与电流互感器和电压互感器相连接, 如图 2 中的继电器 K_1 ; 后一种与故障情况相反, 应将电流回路同极性相连接, 电压回路同电压互感器反极性相连接, 如图 2 中的继电器 K_2 。

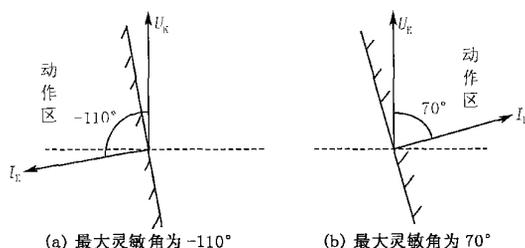


图 1 零序功率方向继电器动作特性

Fig 1 Operating characteristic of zero sequence power direction relay

2 常用的两种试验方法分析

多年来的事故分析表明, 零序功率方向继电器不正确动作的原因几乎全部是电压回路极性接反, 电流回路接线错误的事故一次也没有发生。因此本

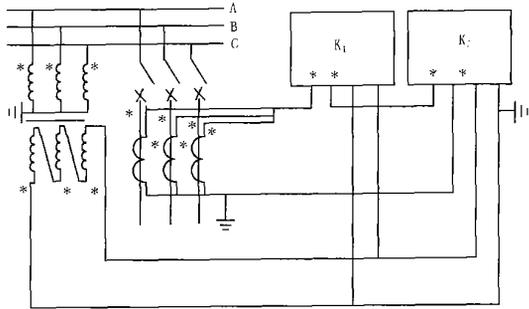
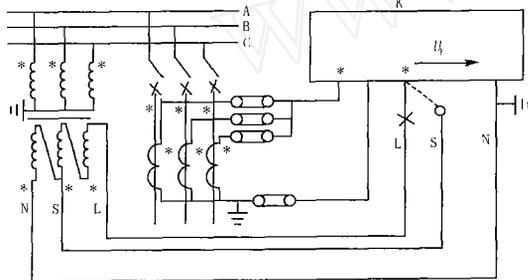


图 2 零序功率方向继电器交流回路的连接示意图
Fig 2 Sketch map of zero sequence power direction relay's alternating current circuit connection

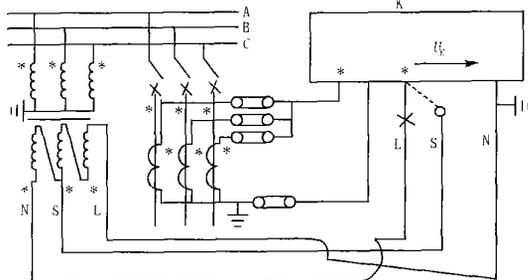
文重点分析零序功率方向继电器电压回路接线。假设零序功率方向继电器动作特性最灵敏角为 70° ，即电流滞后电压 70° ：

2.1 用试验电压 U_S 代替 U_L ，获得工作电压的检验方法

在继电器室，从保护屏端子排上断开 U_L ，接入 U_S ，即用试验电压 U_S 代替 U_L ，试验接线见图 3(a)。



(a) 零序功率元件正确接线



(b) 零序功率元件错误接线

图 3 用试验电压 U_S 代替 U_L 获取工作电压的试验接线

Fig 3 Testing connection of gaining the working voltage using U_S instead of U_L

此时加入继电器 K 的电压为 $U_K = -U_a$ 。确定了 U_K 的相位后，就可以画出继电器的动作特性图，见图 4，再根据当时的负荷电流，画出每相电流与

U_K 之间的相位关系图，哪一相电流落在动作区内，则通入该相电流时，继电器动作；反之，则不动作。例如当送有功功率 $P = 40 \text{ MW}$ ，送无功功率 $Q = 30 \text{ Mvar}$ 时，可算出功率因数角约为 37° ，从而可在图 4 上作出负荷电流 I_A 、 I_B 、 I_C 。由图 4 可以看出， I_C 向量落在动作区，继电器应该动作； I_A 、 I_B 向量落在非动作区，继电器不应该动作。如果实际检测时零序功率方向继电器的动作情况与上述分析相符，则说明其接线是正确的。

该检验方法曾被写进教科书，是前些年现场带负荷检查时广泛使用的一种方法。笔者 2002 年到某电厂进行工程质量检查时，发现仍有人使用该方法进行带负荷检查。

该方法的致命问题是，如果 $3U_0$ 的两根导线混淆，即在端子箱标号为 L 的导线到了继电器室，变成了标号为 N 的导线；在端子箱标号为 N 的导线到了继电器室，变成了标号为 L 的导线，如图 3(b) 所示接线，仍按上述方法进行检验，从图 3(b) 可知，此时加入继电器的电压为 $U_K = U_b + U_c = -U_a$ ，即和 $3U_0$ 的两根导线接线正确进行检查时加入继电器的电压 U_K 一样，都是 $U_K = -U_a$ ，这样，当负荷相同，例如仍是送有功功率 $P = 40 \text{ MW}$ ，送无功功率 $Q = 30 \text{ Mvar}$ 时，就会得到和图 4 完全相同的结论。这样就不能发现零序电压的极性接错的问题，就会造成保护投运后，在反方向故障时误动，正方向故障时拒动。

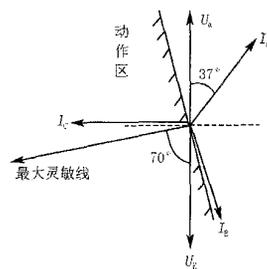


图 4 用负荷电流检查零序功率继电器动作特性
Fig 4 Use the load current to detect the operating characteristic of the relay

因此，用试验电压 U_S 代替 U_L 的检验方法，实质上只是检查了功率方向继电器电流回路的接线，而不能检查电压回路的接线。该方法应该彻底废弃。

2.2 在端子箱断开 L 端子，把 L 端子接到 S 端子，获得工作电压的检验方法 (见图 5)

从图 5(a) 可见，零序功率方向继电器接线正确

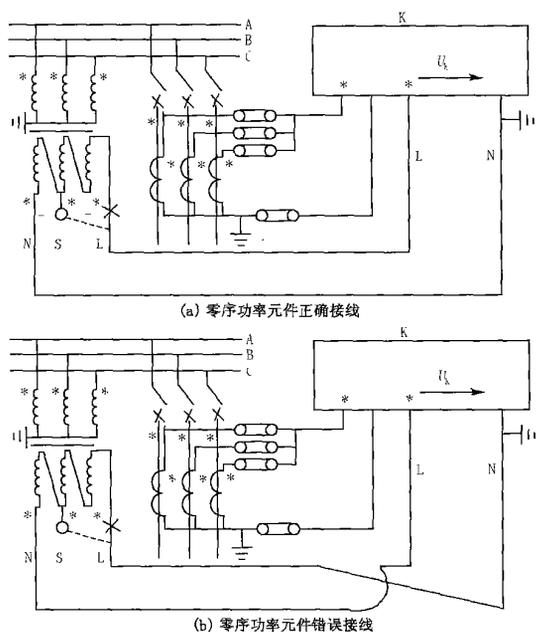


图 5 改变 L 端子接线位置获取工作电压的试验接线

Fig 5 Testing connection of gaining the working voltage by changing the position of L terminal

时,加入继电器 K 的电压为 $U_K = -U_a$;从图 5(b)可见,当 $3U_0$ 的两根导线混淆,加入继电器 K 的电压为 $U_K = +U_a$ 。两种接线情况下, U_K 有着明显的区别,动作区相反,用负荷电流检查时,会得到完全不同的结论。仍用 2.1 所述的负荷电流为例,当零序功率方向继电器接线正确时,通入电流 I_a 、 I_b 时继电器不动作;通入电流 I_c 时继电器动作;当 $3U_0$ 的两根导线混淆时,通入电流 I_a 时继电器动作;通入电流 I_b 时继电器处于动作边缘,可能动作,也可能不动作;通入电流 I_c 时继电器不动作。因此在端子箱断开 L 端子,把 L 端子接到 S 端子获得工作电压的检验方法,能够明确发现 $3U_0$ 的两根导线混淆的问题。但该试验方法的弊端是,当在端子箱断开 L 端子,尚未把 L 端子接到 S 端子的时候,从图 5(b)可见,此时实际上断开了电压互感器的保安接地,如果此时发生电压互感器高低压线圈之间的绝缘击穿,高电压只能通过零序功率方向继电器的电压线圈接地,而零序功率方向继电器的电压线圈的阻抗很大,此时产生的高电压可能会危及人身和设备安全。因为此方法违背了不允许断开互感器接地点的安全规程,带有一定的危险性。

3 利用单相电压冲击定相时检测 $3U_0$ 的方法

从开关场端子箱到继电器室保护屏的 $3U_0$ 的两根导线,在电压互感器 PT 不带电和三相正常运行两种状态下, $3U_0$ 均等于零,因此不易发现 $3U_0$ 的两根导线混淆的问题。但在 PT 从不带电的状态进行到三相正常运行状态的过程中,是否有 $3U_0$ 不等于零的时候呢? 答案是肯定的。

220 kV 新变电站投运前进行试运行,首先由电源侧对新变电站进行单相充电、定相,然后三相充电、核相,最后带负荷、两侧线路保护对调。其中,单相充电、定相,就是在电源侧把断路器由三相操作方式改为单相操作方式,首先合上断路器 A 相,对新线路及新变电站母线 A 相充电。新线路及新变电站母线应 A 相带电正常,其它两相无电压。然后断开断路器 A 相,合上断路器 B 相,新线路及新变电站母线应 B 相带电正常,其它两相无电压。用同样的方法,检查 C 相。我们完全可以利用此时一次设备单相冲击、定相的过程,完成检查从开关场端子箱到继电器室的 $3U_0$ 的两根导线接线是否正确的工作。该方法不需要拆开任何电缆导线,只需要在保护屏处测量充电相的电压端子和功率方向继电器的极性端子 L 之间的电压。具体接线见图 6。

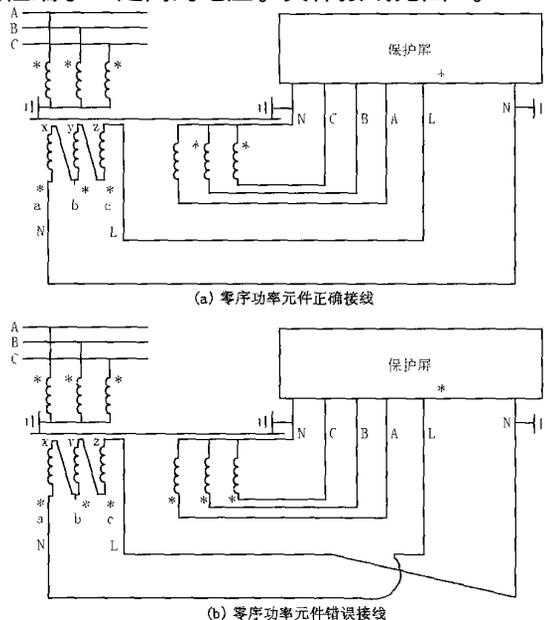


图 6 用单相电压冲击定相时检测 $3U_0$ 示意图

Fig 6 Sketch map of detecting $3U_0$ when using single phase voltage strike phasing

由图 6(a)可见,零序功率元件正确接线时,当 A 相充电, $U_{AL} = U_{AN} + U_{ax} = 58 + 100 = 158 \text{ V}$; 当 B 相充电时, $U_{BL} = U_{BN} + U_{by} = 58 + 100 = 158 \text{ V}$, 当 C 相充电时, $U_{CL} = U_{CN} + U_{cz} = 58 + 100 = 158 \text{ V}$ 。

由图 6(b)可见, $3U_0$ 的两根导线混淆时, 当 A 相充电, $U_{AL} = U_{AN} + U_{xa} = 58 - 100 = -42 \text{ V}$; 当 B 相充电时, $U_{BL} = U_{BN} + U_{yb} = 58 - 100 = -42 \text{ V}$, 当 C 相充电时, $U_{CL} = U_{CN} + U_{zc} = 58 - 100 = -42 \text{ V}$ 。

可见,利用一次设备单相冲击、定相的过程,只需要在保护屏处测量充电相的电压端子和功率方向继电器的极性端子 L 之间的电压,就可以明确判断 $3U_0$ 的两根导线联接是否正确,及时发现 $3U_0$ 的两根导线混淆问题。笔者曾用此方法,检查了 20 余座 220 kV 变电站、上百套保护装置,没有出现一例失误。

4 结束语

对于 220 kV 系统中由电压互感器三次回路 $3U_0$ 构成的零序方向保护,其电压 $3U_0$ 回路的两根导线混淆的问题,用常规方法不易发现,但在试运行过程中的某一时段则很容易发现。本文提出的利用一次设备单相冲击、定相的时候,在保护屏处测量充

电相的电压端子和功率方向继电器的极性端 L 之间的电压的检验方法,可以明确发现 $3U_0$ 的两根导线混淆。理论分析和实践表明,该方法简单、可靠、易行。

参考文献:

- [1] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
State Grid Dispatching and Communication Center The Technical Questions and Answer of Relay Protection for Electric Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [2] 王梅义. 电网继电保护应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
WANG Mei-yi The Application of Network Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.

收稿日期: 2005-12-26

作者简介:

刘 华 (1955 -), 男, 高工, 从事电力系统继电保护运行和管理工作。E-mail: jdbhzzhn@sina.com;

蔡子亮 (1965 -), 男, 副教授, 从事电路与系统研究工作。

A new simple and credible method of determination and verification for third winding circuit of voltage transformer

LU Hua¹, CAI Zi-liang²

(1. Henan Electric Power Dispatching and Communication Center, Zhengzhou 450052, China;

2. School of Electrical and Information Engineering, Xuchang University, Xuchang 461000, China)

Abstract: Zero sequence directional power protection is widely used in 220 kV power system. But mal-operations of the zero sequence directional protection composed by third winding circuit of voltage transformer occur sometimes. The reason is that the confused connection of two leads from third winding circuit of voltage transformer can't be find out by routine testing method. This paper analyzes the shortcomings of two common methods and presents a new method. Theoretical analysis and practical experience show that the new method can find out the $3U_0$ confused connection clearly.

Key words: voltage transformer; third winding circuit; detection method

《继电器》杂志文摘编写要求

根据国际检索的要求,《继电器》杂志对投稿摘要的编写作以下修改说明:

- 1、摘要应是一篇独立的短文,应包含与论文同等量的主要信息,主要由三部分组成,即:研究的问题、过程和方法、结果。
- 2、摘要中应排除本学科领域已成为常识的内容,切忌把引言中出现的内容写入摘要,一般也不要对论文内容作诠释和评价,尤其是自我评价。
- 3、摘要应用第三人称编写,不必使用“本文”“作者”等作主语。应尽量取消或减少背景信息。
- 4、摘要应使用规范化的名词术语,不用非公知公用的符号和术语,新术语或尚无合适汉文术语的,可用原文或译出后加括号注明原文。
- 5、摘要一般不用数学公式或化学结构式,不出现插图、表格,不用引文。缩略语、略称、代号首次出现时必须加以说明。
- 6、中文摘要一般在 200~250 个字之间,英文一般 150 个单词左右,关键词一般应列出 5~8 个。