

变电站电流互感器极性接法的探讨

雷红梅¹, 宋光文²

(1. 广西水利电力职业技术学院, 广西 南宁 530023; 2. 广西送变电建设公司, 广西 南宁 530031)

摘要: 对某变电站试运行过程中主变带负荷判方向时出现的故障进行详细的分析和论证, 阐述了电流互感器在主变保护中各绕组极性的接法, 即当 CT 极性端 P_1 在母线侧, P_2 在变压器侧时, CT 绕组极性采用正极性接法; 当 CT 极性端 P_1 在变压器侧, P_2 在母线侧时, CT 绕组极性采用反极性接法。进而延伸电流互感器在线路保护中各绕组极性的接法, 最后归纳出变电站中不同用途的电流互感器极性的接法。此结论可供工程技术人员在事故分析时参考, 或在建设变电站中作为电流互感器接线的借鉴。

关键词: 电流互感器; 正极性接法; 反极性接法; 差动保护; 后备保护

Discussion on polar wiring method of current transformers in substation

LEI Hong-mei¹, SONG Guang-wen²

(1. Guangxi Hydraulic and Electric Polytechnic, Nanning 530023, China;

2. Guangxi Transmission and Construction Company, Nanning 530023, China)

Abstract: This paper first analyses and the faults appearing when the main transformer has load and judge direction in the course of trial operation in substation, and expounds each winding's polar wiring method of current transformer in the protection of main transformer. That is when the Polar P_1 of CT is connected to the side of bus and the Polar P_2 of CT is connected to the side of transformer, the polar winding wiring method of CT is wired with the positive wiring. When the Polar P_1 of CT is connected to the side of transformer and the Polar P_2 of CT is connected to the side of bus, the polar winding wiring method of CT is wired with the negative wiring. This paper also recommends each winding's polar wiring method of current transformer in the protection of wire line. At last, it sums up the polar wiring methods of current transformer with many different uses in the substation. The conclusion can be a reference for the engineering technicians when they analyze accidents, and can also be a reference of polar wiring method of current transformer in building substation.

Key words: current transformer; method of positive wiring; negative method of wiring; differential protection; backup protection

中图分类号: TM452

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)18-0078-04

0 引言

某 220 kV 变电站工程规模如下: 一台主变压器 (SFSZ10-180000/220), 主变压器 (以下简称主变) 高中低压侧进线间隔, 110 kV 出线间隔四回, 10 kV 出线间隔 6 回, 10 kV 电容器二组。变压器接法为 $Y_N Y_{no} d_{11}$ 。该站在 2007 年 1 月投入试运行, 试运行时主变带负荷判方向试验的一组数据如表 1 所示 (低压侧未投)。

表 1 中高压侧: 电压互感器 PT_1 的电压变比为 $220 \times 10^3 / 100$, 电流互感器 CT_1 的电流变比为 600/5 (测量、计量), CT_1 平衡系数 $K_{ph1} = 0.55$; 中压侧: PT_2 的电压变比为 $110 \times 10^3 / 100$, CT_2 的电流变比为 1200/5 (测量、计量), CT_2 平衡系数 $K_{ph2} = 0.79$ 。CT 的极性端 (用 P_1 表示) 均在母线侧。

1 数据分析

我们对以上的数据进行如下的分析:

1.1 核算功率

高压侧功率:

$$\begin{aligned} P &= 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \cos\varphi \times \text{电流变比} \times \text{电压变比} \\ &= 3 \times 61.5 \times 0.8 \times \cos 12^\circ \times 600 / 5 \times 220 \times 10^3 / 100 \\ &= 38.11 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$Q = P \tan\varphi = 38.11 \times \tan 12^\circ = 8.10 \text{ Mvar}$$

中压侧功率:

$$\begin{aligned} P &= 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \cos\varphi \times \text{电流变比} \times \text{电压变比} \\ &= 3 \times 62.0 \times 1.15 \times \cos 192^\circ \times 1200 / 5 \times 110 \times 10^3 / 100 \\ &= -55.34 \end{aligned}$$

$$Q = P \tan\varphi = -55.34 \times \tan 192^\circ = -11.76$$

计算功率与后台实际显示功率基本一致。

表 1 主变带负荷判方向试验数据

Tab.1 The trial data of main transformer with load and judge direction

绕组 数据	后台显示功率		测量		差动保护						后备保护					
	有功 功率 P /MW	无功 功率 Q /Mvar	电压 U _m /V	电流 I _m /A	I _a /A	I _b /A	I _c /A	高压侧电压 U _k 超前 各电流的角度 /(°)			I _a /A	I _b /A	I _c /A	高压侧电压 U _k 超前 各电流的角度 /(°)		
								Φ _a	Φ _b	Φ _c				Φ _a	Φ _b	Φ _c
	高压侧 (1)	38.13	8.12	61.5	0.8	0.8	0.8	12	133	253	0.8	0.8	0.8	12	133	253
中压侧 (2)	-55.35	-11.75	62.0	1.15	1.15	1.15	192	313	74	1.15	1.15	1.15	12	133	253	

1.2 核算差流

因变压器本期只投高中压侧, 因此其差流就是高中压两侧电流的矢量和。

A 相的差流 $I_{dza} = |\sum ik| = |I_{a1} - I_{a2}|$

$$= \left| \frac{0.8 \angle 12^\circ}{K_{ph1}} + \frac{1.15 \angle 192^\circ}{K_{ph2}} \right|$$

$$= |1.455 \angle 12^\circ + 1.456 \angle 192^\circ|$$

$$= |-0.001| = 0.001A \approx 0$$

B、C 相的差流 $I_{dzb} = |\sum ik| = |I_{b1} - I_{b2}| = 0.001A \approx 0$

$$I_{dzc} = |\sum ik| = |I_{c1} - I_{c2}| = 0.001A \approx 0$$

变压器正常运行时, 无差流, 计算出的结果正确, 证明差动保护用 CT 绕组极性接法正确。

1.3 分析故障

从以上数据可以看出, 高压侧后备保护的电流方向与中压侧后备保护的电流方向一致 (高压侧电压 U_k 与各相二次电流的相位差均为 12°、133°、253°)。根据试验我们可以马上判断这个结果是不对的, 但错在哪里呢? 按常规, 高压侧后备保护电流方向与差动保护电流方向是一致的, 中压侧后备保护电流方向与差动保护电流方向也是一致的。从上面的数据我们可以得出, 正常运行时高压侧差动保护电流方向与中压侧差动电流方向 (二次电流) 是反向的, 因此正常运行时高压侧后备保护电流方向与中压侧后备保护电流方向也应该是反向的。我们分析一下错在哪里, 正常运行时, 如图 1 所示, 高压侧电流 I₁ 从母线流向变压器, 因 P₁ 在母线侧, 假设其 CT 接法为正极性接法, 其二次电流 i₁ 应该是 A₁→N₁ 如图 2 所示; 而中压侧电流 I₂ 却是从变压器流向中压侧母侧, 因其 P₁ 也在母线侧, 假设其 CT 接法亦为正极性接法, 其二次电流 i₂ 应该是 N₂→A₂, 如图 3 所示。也就是说高、中压侧后备保护用 CT 绕组均为正极性接线时, 其二者的二次电流是反向的, 按此接法是正确的。而现在高、中后备保护的电流方向 (二次电流) 是同向的, 我们可

以判断出中压侧后备保护 CT 极性不是正极性接法而是反极性接法。另一方面也可从中压侧差动保护 Φ_a=192°, 中压侧后备保护 Φ_a=12° 这一数据看出其两者 CT 接法是相反的, 若中压侧差动保护用 CT 绕组是正极性接法, 则中压侧后备保护用 CT 绕组是反极性接法。

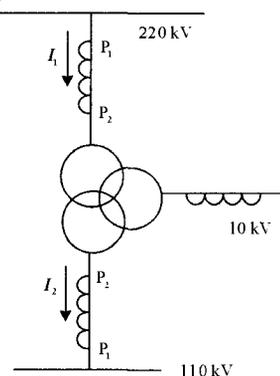


图 1 变压器 CT 绕组接线原理简图

Fig.1 Diagram of winding wiring principle of CT in transformer protection

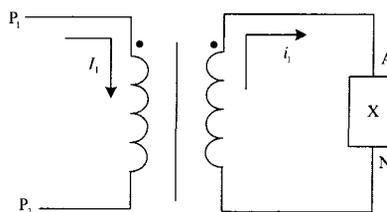
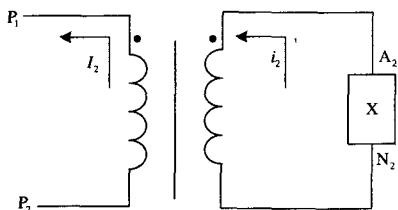


图 2 正极性接法 (电流方向 P₁→P₂)

Fig.2 The method of positive wiring (current direction P₁→P₂)

1.4 排除故障

判断出中压侧后备保护用 CT 绕组极性接反后, 向启动试运行委员会申请将主变压器停下后, 检查中压侧后备保护用 CT 绕组极性接法, 果然是反极性接法, 将其改为正极性接法并恢复送电后, 后备保护 Φ_a 就变为 192° 了。

图3 正极性接法 (电流方向 $P_2 \rightarrow P_1$)Fig.3 The method of positive wiring
(current direction $P_2 \rightarrow P_1$)

2 极性接法原理分析

2.1 差动、后备保护极性接法

以上对试运行主变带负荷判方向试验数据进行了分析、验证,那么主变差动保护、后备保护、测量、计量等 CT 绕组的极性接法该如何接才正确呢?下面我们对其进行原理分析:

要弄清差动、后备保护 CT 绕组极性接法,必须先弄清楚其保护对象,其次是它的极性端朝向,差动保护的保护对象是变压器,后备保护的保护对象也是变压器,当后备保护要保护母线而不是变压器时,保护装备会用软件对其进行相位和幅值补偿,但要求其 CT 绕组接法必须以保护变压器为正。现在的保护装置对 CT 绕组极性接法有如下要求:

① 差动保护、后备保护要求 CT 一次必须以流入变压器的电流方向为正方向,极性不能接错。

② 差动保护、后备保护用电流互感器可以采用全星形接线,也可以采用常规接线。

③ 差动保护、后备保护用电流互感器采用全星形接线时,可通过修改定值由保护软件自动对各侧电流实现相位和幅值补偿。

④ 对全星形接线的变压器,各侧电流互感器必须角接,以防止外接地故障时差动保护误动,也可以各侧电流互感器星接,由软件实现角接。

知道 CT 绕组极性接线原则后,我们就很容易确定其接法了,如前所述,差动保护和后备保护的保护对象都是变压器,所以其接法是一样的,我们在考虑 CT 绕组极性接法时,都是假设被保护对象故障后,其电流的走向(一次电流),然后确定其二次电流的走向。如图 1 所示,高压侧套管 CT 极性端 P_1 在母线侧, P_2 在变压器侧。当变压器内部发生故障时,其一次电流从 P_1 流向 P_2 ($P_1 \rightarrow P_2$),规定其为正方向,而对于保护装置 X 来说,当变压器故障时,其二次电流应该是 $A_1 \rightarrow N_1$ 为正方向,如图 2 所示。根据同名端原理,此时 CT 绕组极性采用正极性接法。相反如果高压侧套管 CT 极性端 P_1

在变压器侧, P_2 在母线侧时,其 CT 绕组极性就应该采用反极性接法。中压侧套管 CT 接法原理与上面一样。

2.2 测量、计量 CT 极性接法

测量、计量用 CT 绕组极性接法则是以能够正确反映其功率为事实。原则是从母线流出为送有功,其有功功率及无功功率则为正,流进母线为受有功,其有功功率及无功功率则为负。如图 1 所示,正常运行时,高压侧电流 I_1 从母线流出到变压器,对高压侧母线来说,其有功功率及无功功率应为正。而中压侧电流 I_2 是从变压器流进母线的,对中压侧母线来说,其有功功率及无功功率应为负。此时测量、计量用 CT 绕组极性接法只要能满足以上原则就正确了。那么应该如何接法才能满足以上原则呢?我们来具体分析一下:

如上所述, $P=3V_{\text{相}} I_{\text{相}} \cos\Phi \times \text{电流变比} \times \text{电压变比}$, $Q=3V_{\text{相}} I_{\text{相}} \sin\Phi \times \text{电流变比} \times \text{电压变比}$ (其中 Φ 为 U_A 超前 I_A 的角度),式中 $3V_{\text{相}} I_{\text{相}} \times \text{电流变比} \times \text{电压变比} > 0$,有功无功功率 P 、 Q 的值正负与否完全取决于 $\cos\Phi$ 、 $\sin\Phi$ 。而如要求 $P > 0$ 且 $Q > 0$,则必须 $\cos\Phi > 0$ 且 $\sin\Phi > 0$ 推出 $0^\circ < \Phi < 90^\circ$,如要求 $P < 0$ 且 $Q < 0$,则必须 $\cos\Phi < 0$ 且 $\sin\Phi < 0$,推出 $180^\circ < \Phi < 270^\circ$,也就是说测量、计量用 CT 绕组极性接法满足当潮流方向为从母线流出时,其电压超前电流的角度为 $0 \sim 90^\circ$,当潮流方向为从外面流进母线时,其电压超前电流的角度为 $180^\circ \sim 270^\circ$ 。而测量、计量用 CT 正极性接法 (P_1 在母线侧)时就满足以上要求。根据上面分析可见,测量、计量 CT 其接法与差动保护 CT 接法是一样的。

3 线路电流互感器极性接法

以上分析了变压器电流互感器极性接法,那么线路电流互感器极性接法又是如何的呢?线路电流互感器的绕组作用大致有以下几种:线路保护(包括线路高频保护、线路距离保护、零序保护)、测量、计量、母线差动(以下简称母差)保护、录波。

3.1 线路保护 CT 绕组极性接法

线路保护保护的對象是线路,如前所述,我们假设当线路 1 故障时(如图 4)其一次电流从 P_1 流向 P_2 ($P_1 \rightarrow P_2$),情况与变压器差动保护一样(差动保护一次电流从 P_1 流向 P_2)因此其极性接法与变压器差动保护极性接法一致为正极性接法。

录波 CT 绕组是反映线路电流的实际流向为事实,并形成实时波形,且当线路故障时测出其故障点的距离,同样其保护的對象等同于线路(实际上录波装置无保护线路功能),因此其接法与线路保护

一样为正极性接法。

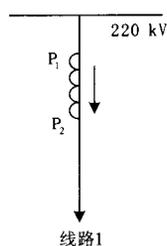


图4 线路CT绕组接线原理简图

Fig.4 Diagram of winding wiring principle of CT in line protection

3.2 测量、计量CT绕组极性接法

线路测量、计量CT绕组极性接法也是以反映功率为事实, 原则是录波CT绕组极性与变压器测量、计量CT绕组极性接法一致为正极性接法。

3.3 母差CT绕组极性接法

母差保护保护的对象是母线, 因此所有母差CT绕组极性接法统一就行了, 即全部正极性接法或者全部反极性接法。

4 结论

① 变压器差动保护、后备保护用的电流互感器极性接法是: CT极性端 P_1 在母线侧, P_2 在变压器侧时, CT绕组极性采用正极性接法; 当CT极性端 P_1 在变压器侧, P_2 在母线侧时, CT绕组极性采用反极性接法。

② 变压器测量、计量用的电流互感器极性接法与变压器差动保护用的电流互感器极性接法一样。

③ 线路电流互感器用于线路保护、测量、计量、录波时的极性接法是: CT极性端 P_1 在母线侧, P_2 在线路侧时, CT绕组极性采用正极性接法; 当CT极性端 P_1 在线路侧, P_2 在母线侧时, CT绕组极性采用反极性接法。

④ 线路电流互感器用于母差保护时, 要求所有母差CT绕组极性接法统一, 即全部正极性接法或者全部反极性接法。

参考文献

- [1] 周文俊. 电气设备实用手册(上/下册)[M]. 北京: 中国出版社.
ZHOU Wen-jun. Applied Manual Electrical Equipment (in Two Volumes) [M]. Beijing: China Electric Power Press.
- [2] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 水利电力出版社, 2000.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Principles of Protective Relaying in Power System[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 2000.
- [3] 宋光文. 贺州道石 220 kV 变电站电容器故障的分析[J]. 广西电力技术, 2002, (1): 40-41.
SONG Guang-wen. Analysis About the Fault in Capacitor in Dao-shi 220 kV Substation Hezhou[J]. Guangxi Electric Power, 2002, (1): 40-41.

收稿日期: 2007-03-31;

作者简介:

雷红梅(1970-), 女, 研究生, 讲师, 工程师, 从事电路教学及电力工程研究。E-mail: hdsqw@126.com

(上接第 77 页 continued from page 77)

3) 通过对 110 kV 及以上输电线路单相断线、线路单相重合闸过程所造成非全相运行相关资料的大量查阅, 进一步确定: 线路是不允许两相运行的。长期两相运行产生的负序电流还会引起发电机转子表层发热(在我国, 发电机都是满载运行), 对发电机造成严重危害, 而发电机又是系统中最昂贵的设备, 应予以充分保护。单重过程的短时非全相、断路器短时三相不同期合闸是允许的, 此外如果单重不成或长期三相不同步则由后加速或三相不一致保护跳三相, 从而使系统恢复正常三相运行。

4) 一相断线与高阻接地一样, 由于所产生的短路电流较小, 送电侧母线电压降低不多, 对系统危害不是很大, 且电压电流相位关系与发生接地故障时有所不同, 零序方向元件可能动作, 也可能不动作, 这时仅有不受方向闭锁的零序电流保护能够以

较长整定延时可靠动作切除(因零序电流也较小), 这一点是零序电流保护难能可贵之处。

参考文献

- [1] 东北电力管理局调度局. 电力系统运行操作和计算[M]. 北京: 水利电力出版社, 1977.
- [2] 华北电力学院. 电力系统故障分析[M]. 北京: 电力工业出版社, 1986.
- [3] 李瑞荣. 短路电流实用计算[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.

收稿日期: 2006-12-27; 修回日期: 2007-05-09

作者简介:

彭建宁(1967-), 男, 硕士, 高级工程师, 长期从事电力系统分析管理等工作; E-mail: pengjn@126.com

魏莉(1971-), 女, 本科, 工程师, 长期从事电力系统继电保护整定计算、故障录波分析等工作。