变压器差动保护的结线错误及其纠正的方法

四川宜宾供电局　陈代云

内 容 提 要：

本文依据理论分析，并结合实例，论述常见的变压器差动保护的结线错误，并阐明了判断和纠正的方法。

前　　言：

变压器差动保护，作为变压器的主保护，在国家电网与地方电网中，应用极为广泛。但在实际应用中，发现不少地方出现差动保护结线错误，导致差动保护在外部故障时误动，在内部故障时拒动或灵敏变降低。本文依据理论分析，并结合一些结线错误的实例，对常见的结线错误及其纠正的方法，综合论述于后。

检查变压器差动保护常用的方法是六角图法，但有的结线错误在六角图上是不能反映的，如像本文中所举的第二类结线错误，这时，必须借助其他检测手段，才能作出判断。

一、第一类结线错误

对变压器差动保护的正确结线，已经有不少资料作过论述，笔者在《变压器差动保护的结线，施工方法及矢量分析》（载1985年《继电器》第3期）一文中也曾述及，此处不再赘述。

所谓第一类结线错误，包括极性错误、组别错误和盘外相别错误等类型，其特点是在六角图上能反映出各侧所列电流的矢量关系不正确，且差压数值大。现分别论述于后。

1．极性错误：

极性错误的典型结线见图1、图2。这种结线错误的本质是使其中一侧的臂电流矢量反相，从而在正常运行条件下形成所谓“和结线”，即两侧臂电流不是相差180°，而是两侧对应相臂电流同相位。导致在执行元件上产生很大的差压，从而在正常运行或外部故障的条件下，使差动保护误动作，这种错误的后果最严重。

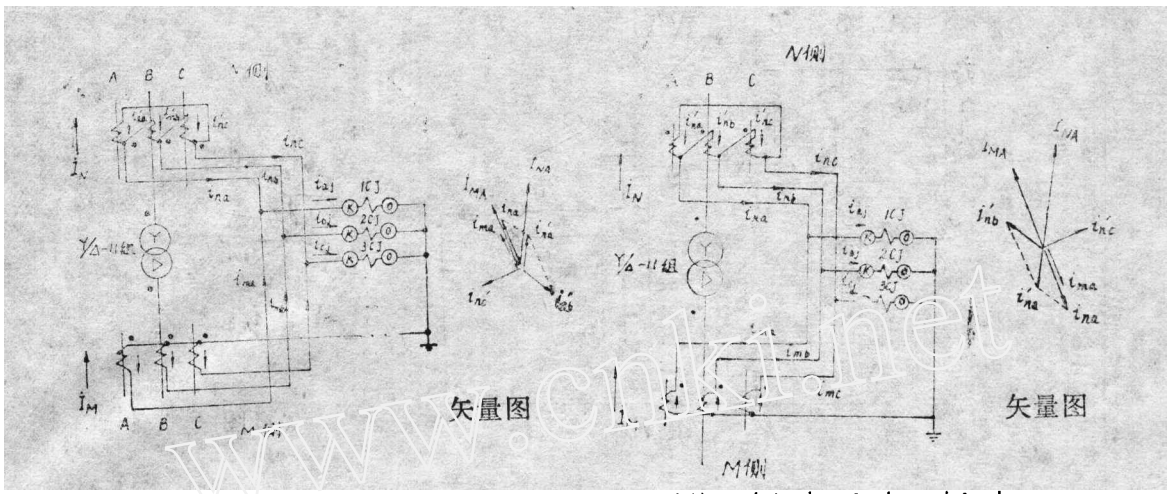
这种错误在六角图上三相矢量是对称的。纠正这种结线错误，可以纠正其中任何一侧，但由于在M侧（即变压器“△”侧）不涉及CT的结线组别，故以纠正M侧CT极性工作量最小。

2．组别错误：

为简明起见，本文不对CT“△”结线的各种组别错误（简称组别错误）一一举例，只针对常见的组别错误举两个典型的例子。

需要指出：对于Y/△—11组（或Y/△—1组）的变压器，当其两侧电源的A、C

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



差流：$|i_j| = |i_m| + |i_n|$

图1、变压器M侧CT二次线极性反接，即误从非“·”端出线

差流：$|i_j| = i_m| + |i_n|$

图2、变压器N侧CT二次线极性反接，即误从非“·”端出线

相分别接至变压器标志上的C、A相（这在一些单侧电源的终端变电站上常有出现）时，其变压器的实际组别将变为Y/△—1组（或Y/△—11组）这时联接差动保护的结线应考虑到这一因素。

图3、图4表示出两种组别错误的情况，前者是人为将组别引错，后者是由于电源A、C相与变压器标志的C、A相联接引起，但两种错误在本质上是一致的。在矢量图上都表现为两侧对应相的臂电流相差120°，如果两侧臂电流值近似相等，其对应相臂电流的矢量和之绝对值约为：$|i_{aj}| \approx \frac{1}{2}(|i_{ma}| + |i_{na}|)$。

这种结线错误在严重性上虽次于极性错误，但仍将在满负荷或过负荷的情况下，使差动保护误动作。

纠正的方法，是按照变压器运行条件下的实际组别，重新联接N侧CT按“△”结线的组别。

3. 盘外相别错误：

在电缆芯对线时，两根线之间，两端的号牌可能标反，这就会导致盘外相别错误。一般不容易出现三根线都搞错的情况。我们所举的两个例子，都出现在变压器“△”侧，图5表示两相间的相线引反，图6，表示其中一相的相线和零线引反的情况。

运行中，如果两侧的臂电流近似相等，

对于图5中两引反的相别，其差流约为：

$$|i_j| \approx \frac{\sqrt{3}}{2}(|i_m| + |i_n|)$$

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

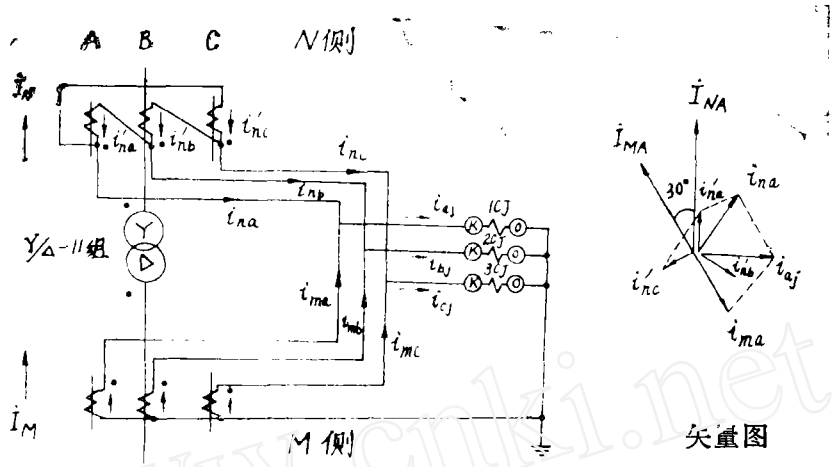


图3、Y/△—11组变压器差动保护，其“Y”侧CT按“△”结线误接为“1”组，致两侧对应相矢量和值较大。

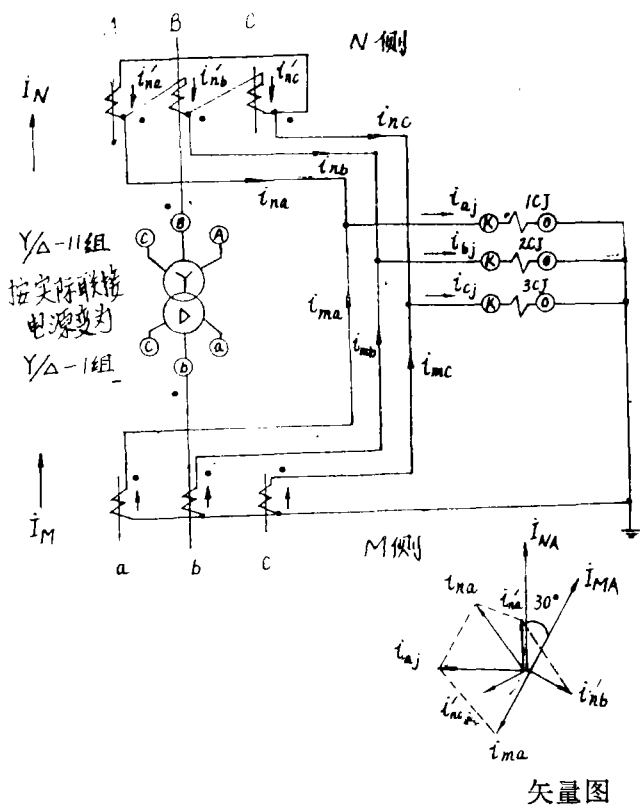


图4、Y/△—11组变压器，实际电源相别与变压器标志相别不一致，导致差动保护结线错误，使i_j值转大。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

从图5的矢量图中，不难分析出M侧的CT二次侧a、b相反接（反相序，C相矢量正确）。纠正时只需将反接的两相再反过来就行了。

图6是M侧臂电流C相相线与零线反接的情况，这样：$i_{m\bar{c}} = -(i'_{ma} + i'_{mb} + i'_{m\bar{c}}) \approx 0$ 在矢量图上接近于M侧C相开路的情况，这时：$i_{\bar{c}j} \approx i_{n\bar{c}}$，故C相差压大，变压器过负荷或外部故障时，都容易由C相误动作。

这时，在零线内的电流：　　$i_0 = i'_{m\bar{c}}$

对C相开路（相、零线未反接）有：　　$i_0 = -(i_{ma} + i_{mb}) = i_{m\bar{c}}$

由于两者特征大体相同，故应首先查明系何种结线错误（或故障），然后针对情况，

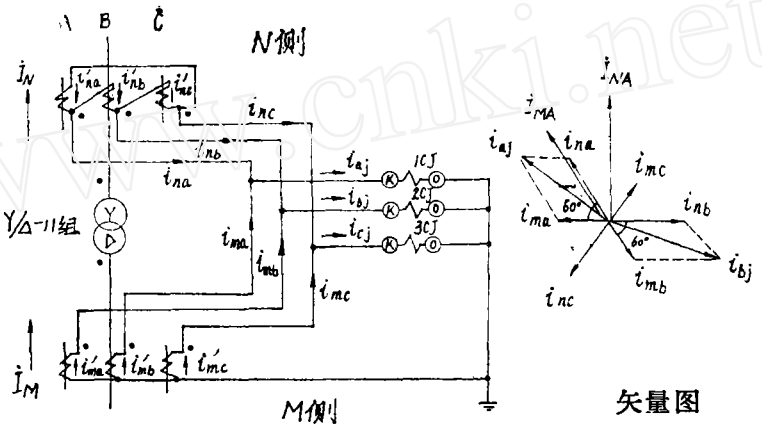


图5、变压器“△”侧差动回路臂电流a、b相反接，造成反接的两相差动继电器不能正确地工作。

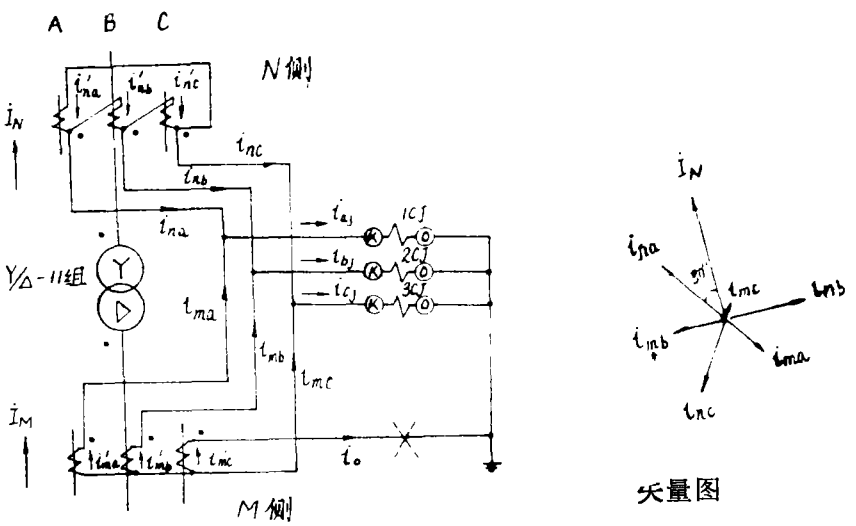


图6、变压器“△”侧差动回路的臂电流C、O两线接反，导致C相差动继电器不能正确工作。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

将反接的C、O线交换还原或查清C相的开路点，将其接通。附带指出，运行中CT开路时，在其二次侧将产生高电压，这是区别以上两种情况的最明显的特征。

二、第二类结线错误

这类接线错误的特点是六角图上不能反映，视其不同情况，差压的数值可能偏大、不合格，也可能是正常值。

这里只举以下两种情况：盘内相别引错；或某相的相线、零线引反，同时该相CT二次侧开路。对于前一种错误，六角图上各矢量都呈现正确状态。这里由于盘外结线全部正确，而测六角图都习惯在保护盘端子上取电流量的缘故。但差压的数值仍要大大增加，请参阅后面的实例。

关于后一种结线错误，我们仍采用图6来说明，假定图6中的零线（实际为C相相线）开路，以“×”符号表示开路点。这时：

$$i_{mc} = -(i'_{ma} + i'_{mb}) = -(-i'_{mc}) = i'_{mc}$$

这表明在矢量图上i_{mc}呈正确状态。在六角图上三相对称，且两侧臂电流对应相互差180°，差压数值也正常。在新安装时，我们特别要防止发生这类错误，因为它很容易被误判断为结线正确。防止的方法，可以用通灯导通该CT二次回路，可于安装就绪后或检修工作完毕后在保护盘的端子上进行，如图7所示。将A、B、C三相的试验端子开路，至其他组CT的线也从端子上断开。即可用通灯依次导通A、B、C三相，注意由于电感元件的过渡过程，要稍等一会灯才会亮。通灯不亮即表明回路开路，这就要查清开路相别和具体地点。通过这一工作，可以减轻在投运后通过六角图及差压数据进行判断的难度，特别是可以避免产生类似此例的误判断。

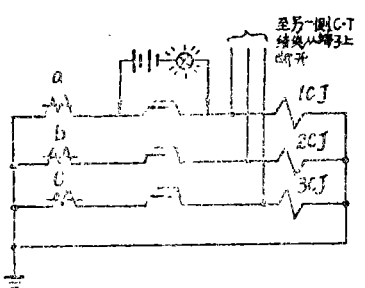


图7、用通灯导通CT二次回路

需要说明，极性错误，差回路某处断线等，可能发生在各侧CT中的任一相（或两相），从而使六角图中的三相电流矢量不对称，以下举两个例子。图8、图9分别表示在CT“△”结线内A相断线、A相CT极性反接时的N侧臂电流矢量图。这两种情况的共同特征是：

1. $|i_{na}| = \sqrt{3}\,|i_{na}| = \sqrt{3}\,|i_{nc}|$
2. $\angle(i_{na}, i_{nb}) = \angle(i_{nb}, i_{nc}) = 150°$

对于图8，a、b、c三相为正相序，对于图9，a、b、c三相为反相序。

判断：断线相为图8中电流大的一相的超前相；极性反接相为图9中电流大的一相的滞后相。若共同以a、b、c排定前后关系，我们即可归纳为故障相（断线或极性反接相）的后续相电流大。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

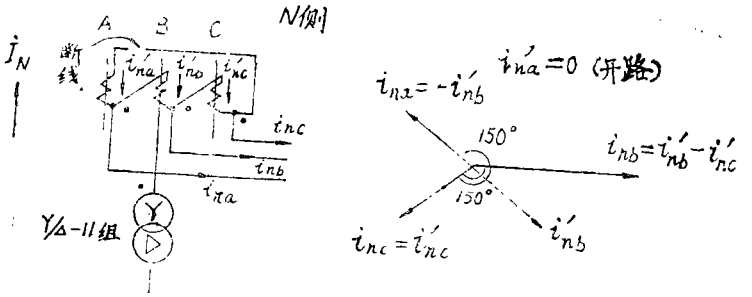


图8、CT“△”结线内A相断线及其臂电流矢量图

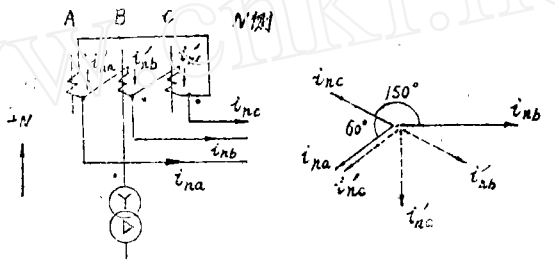


图9、CT“△”结线内A相极性反结及其臂电流矢量图

限于篇幅，在本文中不可能对各种结线错误举更多的例子。但我们总可以依据基本的电工原理及矢量分析对发生结线错误（或故障）的部位作出准确判断。还要指出，有时出现两种以上的结线错误（或故障），使问题复杂化，可能大大增加查找的难度，这要求具备熟练的矢量分析基础，才能作到得心应手，势如破竹。

需要说明，由于测六角图是在变压器投运时进行的，因而比较注意差动保护的误动问题，事实上各种结线错误还可能造成在差动保护的区内故障时保护装置拒动（如极性错误）或动作时灵敏度下降（如组别或相别错误）。

三、典型的结线错误及其纠正概况

珙县门坎滩电厂4000kVA（Y/△—11组，35/10kV）变压器，采用BCH—1型继电器构成差动保护，自新安装以来经常误动作，致使该主保护长期不能投入。我们到该厂查找存在问题，由于当时现场无相位表，只能通过查极性、查回路、测量两侧臂电流及继电器的差流、差压等方法以判明错误类型。经查明，两侧CT引至保护盘的相别全部正确，35kV侧CT“△”结线的极性与组别均正确，但10kV侧CT（“Y”结线）的极性反接，将此错误加以更正，更正前后的测量数据见下表：

从表面上看，更正以后的差压将近增大一倍，但我们未被这一非本质的现象迷惑。依据基本理论，我们肯定差动保护装置保护盘外的结线已全部正确，故估计盘上存在相别错误。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

	更正前			更正后		
相别	A	B	C	A	B	C
35 kV侧臂电流（A）	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
10 kV侧臂电流（A）	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
差流（A）	1.54	/	/	2.6	/	/
差压（mV）	475	475	475	800	800	800

查证情况如下表：

	35kV侧CT臂电流相别			10kV侧CT臂电流相别		
正	A	B	C	a	b	c
误	B	A	C	c	b	a

据此绘出10kV侧CT极性更正后的结线见图10，其矢量图见图11。

引入差动继电器的臂电流与两侧CT二次电流具有以下关系式：

35kV侧：

$$\begin{cases} i_{na}=i'_{nb}-i'_{nc} \\ i_{nb}=i'_{na}-i'_{nb} \\ i_{nc}=i'_{nc}-i'_{na} \end{cases} \quad (1)$$

10kV侧：

$$\begin{cases} i_{ma}=i'_{mc} \\ i_{mb}=i'_{mb} \\ i_{mc}=i'_{ma} \end{cases} \quad (2)$$

据图10及（1）、（2）两式绘出矢量图11。

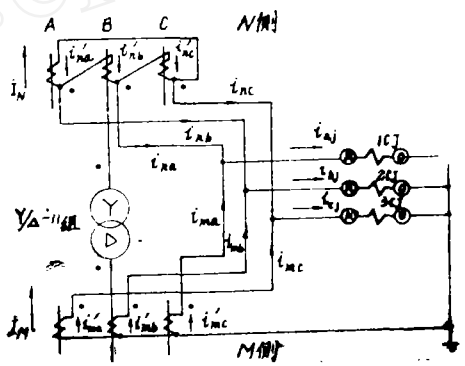
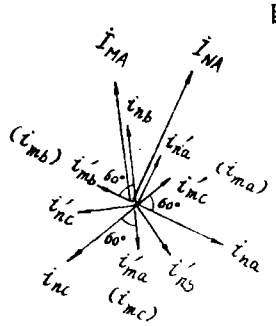
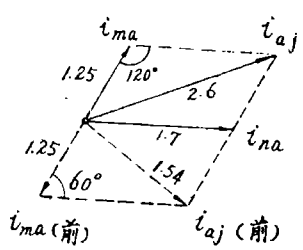


图10、10kV CT极性错误更正后的差动保护错误结线



（a）两侧各电流矢量



（b）矢量计算图

图11　图10所示错误结线的矢量图

在图11(a)中可以看出三相的情况是对称的，在图11(b)中是取其a相的矢量计算图。其中：i_{ma}（前），i_{aj}（前）表示10kV侧CT极性错误更改前的矢量。

作三角运算有：

i_{aj}（前）$=\sqrt{1.25^2+1.7^2-2\times1.25\times1.7\cos60°}\approx1.53$（A）

$i_{aj}=\sqrt{1.25^2+1.7-2\times1.25\times1.7\cos120°}\approx2.56$（A）

忽略仪表的测量误差，知计算出的i_{aj}（前）与i_{aj}的数值与前面的实测数据（1.54

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

母联电流相位比较式母差保护的改进

新疆乌鲁木齐红雁池电厂　丁庚富

一、母差保护的作用和要求

母线故障是高压电网中较常见的故障之一。母线涉及的设备甚多，目前由于高压线路采用带电作业，线路绝缘水平有所提高，而变电站中由于使用的设备制造质量不高，因此变电站成为系统绝缘薄弱环节，加之人员误操作，使母线故障次数有所增加。

由于接于母线的设备甚多，因此母线故障对高压电网的危害性是严重的。母线保护误动作的后果特别严重，因此要求它比其它保护具有更高的安全性。

二、目前母联电流相位比较式母差保护存在的问题

由于带速饱和变流器电流差动保护装置本身存在的问题和对运行方式上的限制，因而当前我国高压电网双母线的母线差动保护多采用母联电流相位比较式差动保护。该保护装置的启动元件采用带速饱和变流器BCH—2型继电器，保护装置的选择元件，即具有方向性的比相元件，每一母线设一组，按电流统一以流入母线为正，比较母线联络电流I_M与总差电流I_Σ之间的相位关系。但是这种母差保护装置也存在一定的缺点，因为比相元件总是需要一定的动作电流的，但当$I_M=0$或者I_M较小时，比相元件就拒动。

当运行方式处于下列状态下母联电流都为零。

1、当用母差保护作为母联开关向另一组母线恢复送电的充电保护时，运行人员在合上母联开关后，还来不及合上短接比相元件接点的刀闸P时，运行母线发生故障，母联开关电流为零，保护装置拒动。

2、当在高压Ⅰ Ⅱ母相继发生短路，即在一条母线上发生短路，保护装置切除故障母线后，另一条母线又发生短路（由于两组母线短路时间间隔很短，运行人员来不及闭合短接选择元件接点的刀闸P时。）保护出现拒动。

及2.6A）相吻合。）据此知问题已全部查证清楚。

将盘内的上述相别错误纠正后，测得三相差流均为0.4A，三相差压趋近于0。即判断纠正后的结线已全部正确。差动保护投运后，几年来一直工作正常。

四、小　结

本文以双绕组变压器为例，较详细地说明了变压器差动保护常见的结线错误，并结合实例说明了纠正各种结线错误的方法。这些原则同样适用于分析三绕组变压器差动保护的结线。笔者认为，本文可供继电保护高、中级技工阅读，也可供从事继电保护工作的工程技术人员参考。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net