

# 变压器差动保护的接线、施工方法及矢量分析

宜宾供电局修试所 陈代云

## 前言:

本文只论述变压器差动保护的接线以及与接线有关的安装施工方法,并从矢量分析的观点来讨论差动保护的接线。

与发电机差动保护相比,变压器差动保护较为复杂,容易发生错误。在安装接线的施工方法上似乎是“八仙过海、各显神通”。本文旨在论述一种简单易懂、便于掌握,并能迅速判断其接线正确性的施工方法。在本文中不讨论涉及差动保护整定计算方面的有关问题。

## 一、双卷、三卷变压器差动保护的接线

### (一) 双卷变压器差动保护的接线

为确定差动保护接线上的方便,对施工方法作如下统一规定:

1、内侧和外侧:由若干侧组成的差动保护,具有相同数量组数的电流互感器(C.T.),在各侧C.T.一次侧,直接联接被保护元件的一侧称为内侧,另一侧为外侧。所有各侧C.T.内侧所包含的区域,为差动保护的保护区,习惯上简称为“区内”。在C.T.二次侧,按同极性关系一一对应,例如,C.T.一次侧“L<sub>1</sub>”为内侧,二次侧与之同极性的“N<sub>1</sub>”亦为内侧。

2、为避免混乱,差动保护各侧应统一采用靠内侧(或外侧)出线的接线方式,一次侧的“\*”端应统一在内侧(或外侧)。

3、对一次电流正方向的规定:我们需要假定一种对于分析接线最为简便的负荷潮流,据此统一规定电流的正方向。即一次电流正方向:对于靠内侧出线的差动保护,“△”侧指向变压器,“Y”侧流出变压器,对于靠外侧出线的差动保护,“Y”侧指向变压器,“△”侧流出变压器。(关于这一点,我们不必拘泥于现场的实际负荷潮流情况)

4、变压器“△”侧的C.T.接成“Y”型,变压器“Y”侧的C.T.接成“△”型,且在符合上述电流正方向的前提下,C.T.的联接组别与变压器组别相同。

根据以上四条规定,在施工时,我们即能迅速确定变压器差动保护的接线。

为了不涉及具体型号的差动继电器,差动线卷的端钮以⊕、⊙表示。⊕端为各侧C.T.出线的输入端。

以Y/△—11组变压器为例，其差动保护的结线表示于图1（a）（靠内侧出线）和图1（b）（靠外侧出线）。

### （二）三卷变压器差动保护的结线

对确定双卷变压器差动保护结线的四条规定，对三卷变压器仍然适用。从运行方式上看，三卷变压器常作双卷变压器运行，差动保护的结线自然也必须满足这种运行条件。

以Y/Y<sub>0</sub>/△—12—11组变压器为例，它的差动保护结线表示于图2（a）（靠内侧出线）和图2（b）（靠外侧出线）。在程序上可以先考虑按“Y<sub>0</sub>”结线的中压侧断开的情况，按照Y/△—11组双卷变压器定出高、低压两侧差动保护结线。对此例，高、中压侧结线组别为Y/Y<sub>0</sub>—12组，按照中压侧差动保护C.T.结线与高压侧相同的原則，即可迅速定出整台变压器差动保护的结线。

## 二、差动保护的矢量分析

对差动保护的结线作一般性的分析常用所谓“差”与“和”的概念。以图1（b）为例，正常运行时流入A相差动继电器的电流 $i_{aj} = i_{na} - i'_{ma} \approx 0$ ，内部故障的情况见图3，这时， $\dot{I}_{NK}$ 与 $\dot{I}_N$ 同方向，而 $\dot{I}_{MK}$ 的输送方向与 $\dot{I}_M$ 相反，故 $i_{ma.k}$ 亦与 $i_{ma}$ 方向相反，这时有： $i_{aj.k} = i_{na.k} + i'_{ma.k}$ 。如果某一侧无电源，例如M侧，则该侧送出的短路电流为0，从而 $i'_{ma.k} = 0$ 。

最后有： $i_{aj.k} > i_{aj.c}$ ，从而使保护装置动作。

这种以正常运行时差动继电器工作在“差”状态，而内部故障时工作在“和”状态的分析方法，虽然简便，但不十分严格，又有一定的局限性，特别是用于分析三侧以上的差动保护装置更是如此。

用矢量分析差动保护的观点是：

#### 1、正常运行工作状态：

$$\vec{i}_j = \sum \vec{i}_2 \approx 0 \quad (\text{电平衡})$$

$$\text{或：} \quad \sum \vec{i}_2 W \approx 0 \quad (\text{磁平衡})$$

在前一种条件不能满足时，必须满足后一种条件。

#### 2、内部故障工作状态（这时只作标量运算）：

对三卷变压器差动保护有：

$$i_{j.k} = i_{nk} + i_{n.k} + i_{j.k} > i_{j.c}$$

按照继电器保护原理，在图4（a）、（b）中表示出正方向选择不同时，C.T.一、二次电流之间的矢量关系。

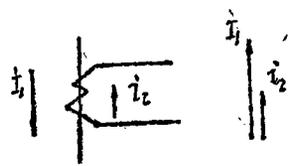


图 4 (a) C.T. 一、二次  
电流矢量图

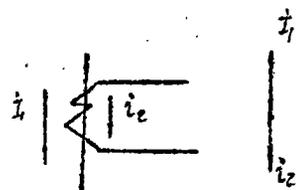


图 4 (b) C.T. 一、二次电  
流矢量图

我们将图 2 (a) 电路简化成图 5 进行矢量分析, 其余结线请自行分析。

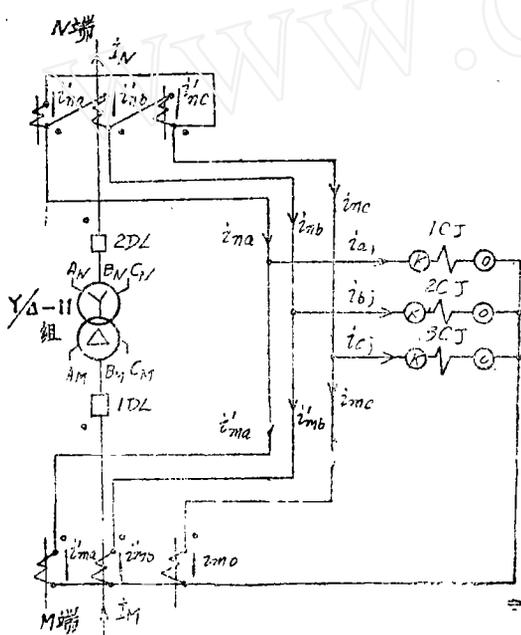


图 1 (a) 靠内侧出线的 Y/Δ-11  
组变压器差动保护

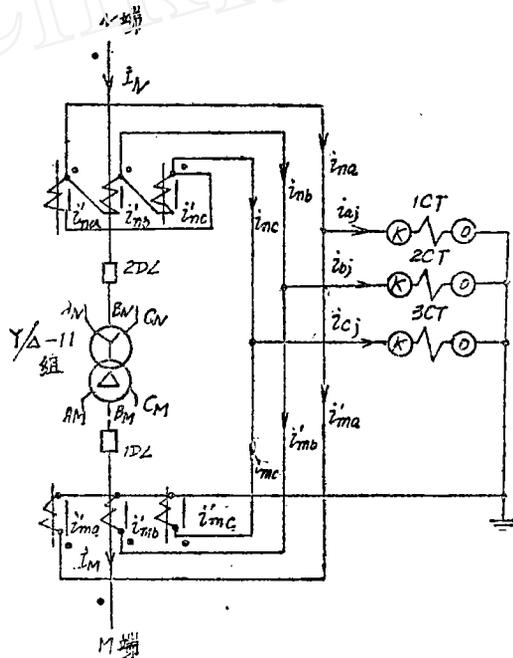


图 1 (b) 靠外侧出线的 Y/Δ-11 组  
变压器差动保护

要求:  $i_{cj} = i_{na} - i'_{mc} \approx 0$

要求:  $i_{aj} = i_{na} - i'_{mc} \approx 0$

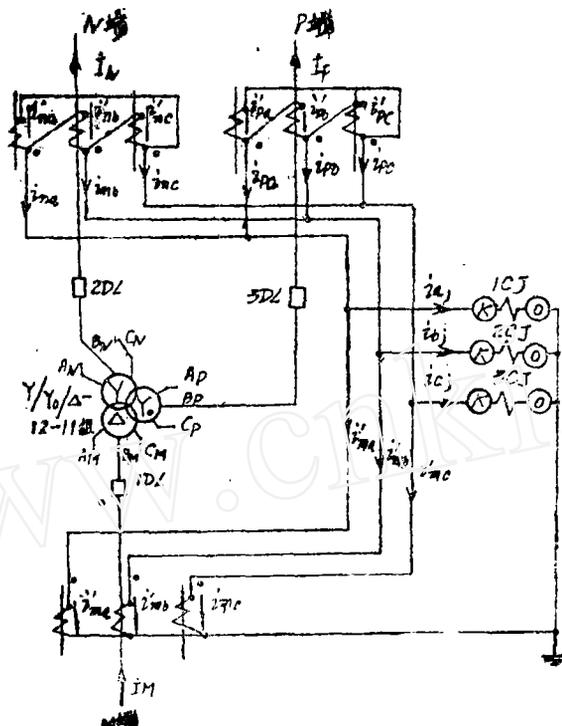


图 2 (a) 靠内侧出线的 Y/Y<sub>0</sub>/Δ-12-11 组变压器差动保护

要求:  $i_{oj} = i_{na} + i_{pb} - i'_{mc} \approx 0$

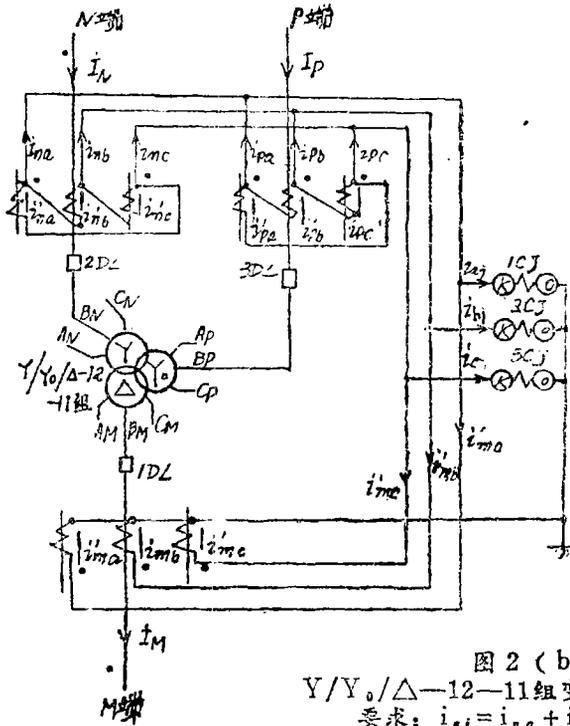


图 2 (b) 靠外侧出线的 Y/Y<sub>0</sub>/Δ-12-11 组变压器差动保护

要求:  $i_{oj} = i_{na} + i_{pb} - i'_{mc} \approx 0$

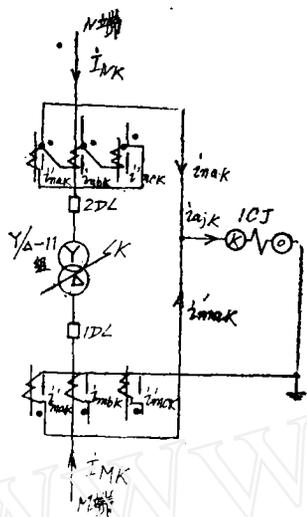


图3、Y/Δ-11组变压器差动保护“区内”故障时的工作状态

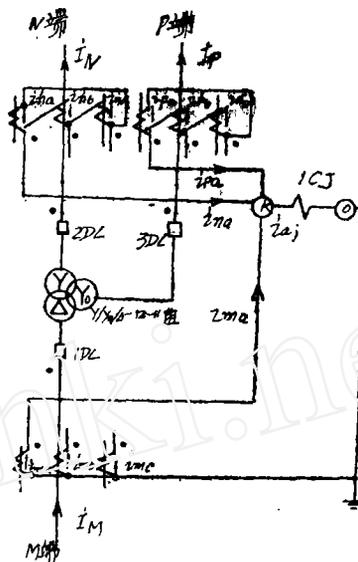


图5、Y/Y<sub>0</sub>/Δ-12-11组变压器差动保护简图(用于矢量分析)

在作矢量分析时，我们统一规定流入继电器①端的电流作为各侧电流的正方向。图5中各量的矢量图表示于图6。

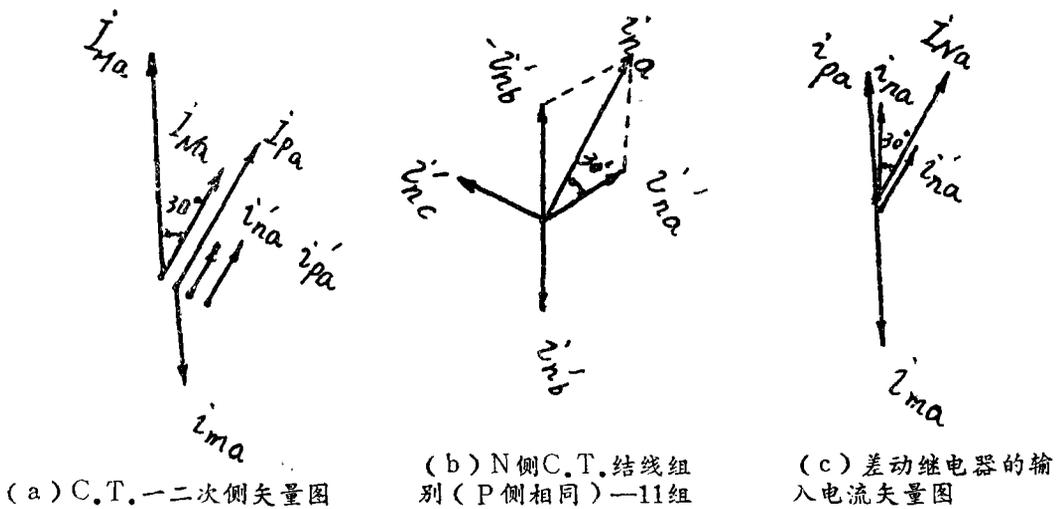


图6 对图5中输入至A相差动继电器电流的矢量分析图

要求:

$$\sum i_2 = i_{m0} + i_{a0} + i_{p0} \approx 0$$



表 1 巡场变电站1\*主变(Y/Y<sub>0</sub>/Δ—12—11组, 20000KVA)

差动保护六角图及差压数据(83.11.8测量)

		110kV侧(N)			35kV侧(P)			6kV侧(M)		
		A451	B451	C451	A491	B491	C491	A411	B411	C411
电流(A)		3.4	3.35	3.35	4	4	3.7	1.6	1.65	1.55
参考电压	$\dot{U}_{AB}$	发感 61°	/	/	负感 59°	/	/	负感 60.5°	/	/
	$\dot{U}_{BC}$	/	发感 60°	/	/	负感 60°	/	/	负感 62°	/
	$\dot{U}_{CA}$	/	/	发感 60°	/	/	负感 59°	/	/	负感 62°
在执行元件上用 高内阻毫伏表 测量“差压”(mv)					1CJ	2CJ	3CJ			
					37	34	35			

110kV侧	35kV侧			6kV侧		
电流(A)	电流(A)	MW	MVAR	电流(A)	MW	MVAR
73	180	10	4.5	290	2.8	1.4

表中差动保护各侧电流向量应符合下列规律:

$$\angle(\dot{U}_{AB}, \dot{i}_A) \approx \angle(\dot{U}_{BC}, \dot{i}_B) \approx \angle(\dot{U}_{CA}, \dot{i}_C)$$

满足这一条件时, 可以只分析其中任一相(例如A相)。

图8是差动继电器(BCH-1型, 只绘A相)的接线与整定匝数。

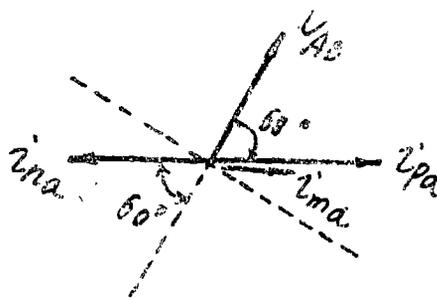
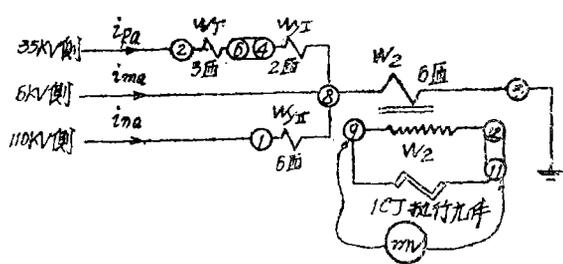


图 8、差动继电器(BCH-1型)接线图

图 9 A相电流矢量图

为简化分析及核算上的方便, 对表一中A相电流的相位角取其近似值后绘在图9中。这时可以化为标量运算( $I_{..}$ 在反方向取负值)。

因： $\dot{I}_{m1} + \dot{I}_{m2} - \dot{I}_{m0} \neq 0$  故从磁平衡方面核算：

$$\begin{aligned}\vec{\Sigma I_2 W} &= \dot{I}_{m1} W_1 + \dot{I}_{m2} (W_{Y1} + W_2) - \dot{I}_{m0} (W_{Y1} + W_2) \\ &= 1.6 \times 6 + 4 \times (2 + 6) - 3.4 \times (6 + 6) \\ &= 0.8 \text{ (AW)} \ll 60 \pm 4 \text{ (AW)} \quad (\text{无制动时动作安匝})\end{aligned}$$

由所测六角图数据不难判断负荷潮流是由变压器110kV侧进相运行，经35kV侧，6kV侧输出至负载端。故由110kV侧可以求出当时的视在功率：

$$S = \sqrt{3} U_1 I_1 = \sqrt{3} \times 110 \times 73 \approx 13892 \text{ kVA}$$

对满载情况下的差压可以作线性的估计：

$$U_{sH} = \frac{S_H}{S} \cdot U_s = \frac{20000}{13892} \times 37 \approx 53.3 \text{ (mV)}$$

因  $U_{sH} < 150 \text{ mV}$  (部颁规定)，故认为差动保护装置的结线及在正常运行时为实现磁平衡方面的整定计算都是正确的。

### 三、小结

本文中关于双卷变压器或三卷变压器差动保护的结线和施工方法，要求继电保护工人能熟练掌握。对矢量分析方法，一般只要求工程技术人员或继电保护高级技工掌握。而对于寻找问题，纠正结线错误，故障分析等工作，则要求具有熟练的矢量分析基础是至关重要的。

(上接23页)

在图四中，当周波下降到闭锁轮起动频率  $f_{bs}$  时，(如48.9Hz)，DZJ动作而启动SJ。此时周波继续下降的速度若小于3Hz/秒，则当周波下降到减载周波动作时  $f_{JH}$  (如48Hz)，1DZJ动作前，SJ的接点(整定0.3秒)已经闭合而起动BZJ，断开其常闭接点接通其常开接点。当周波继续下降到  $f_{JH}$  (为48Hz)时，1DZJ动作启动1SJ。其延时接点接通正电源，通过1XJ、BZJ接点、1LP，启动1CKJ、2CKJ动作于减载。若周波下降的速度大于3Hz/秒，则在SJ的接点尚未闭合，BZJ尚未启动前(0.3秒以前)，周波已下降到  $f_{JH}$  (如48Hz)，使1DZJ动作而启动1SJ，使1SJ瞬动接点接通，通过BZJ常闭接点使SJ线圈短接而返回，故恒不能启动BZJ，装置不会出口。第二轮的闭锁同上。如果周波下降很快，但是下降时间很长(如大于2秒)则应考虑是系统功率缺额过大而使周波下降，故通过3SJ的接点(因为反馈电压的维持时间为2~2.5秒，故当从  $f_{JH}$  起始时可整定为2秒)，通过3XJ，2LP，4LP而动作，切除一二轮负荷起到后备作用。