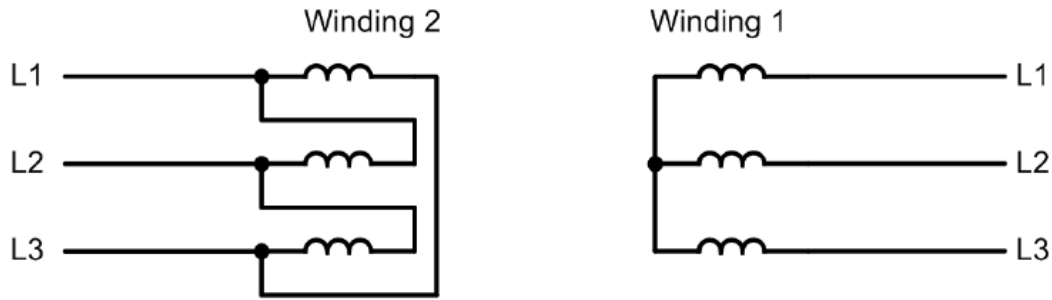


7UT612/3 用于变压器保护调试说明

1. 对于 7UT 保护来说，当采用不同的接线组别方式时其动作方程将会发生相应的变换，当知道了具体的动作方程后就可以很方便的测试保护的動作特性了。具体的矩阵方程在附件里。



下面以常见的 YD11（无零序电流补偿）接法为例说明。

◆ Y 侧的动作方程如下：

$$\begin{pmatrix} IA \\ IB \\ IC \end{pmatrix} = 1 \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} IL1 \\ IL2 \\ IL3 \end{pmatrix}$$

解矩阵后可得：

$$IA = IL1$$

$$IB = IL2$$

$$IC = IL3$$

也就是说当在 Y 侧单独一相加电流时，只在该相产生相应大小的差流。

◆ Δ 侧的动作方程如下：

$$\begin{pmatrix} IA \\ IB \\ IC \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \cdot \begin{pmatrix} -(1-\sqrt{3}) & -1 & -(1+\sqrt{3}) \\ -(1+\sqrt{3}) & -(1-\sqrt{3}) & -1 \\ -1 & -(1+\sqrt{3}) & -(1-\sqrt{3}) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} IL1 \\ IL2 \\ IL3 \end{pmatrix}$$

解矩阵后可得：

$$IA = (\sqrt{3}-1)/3 * IL1 - 1/3 * IL2 - (1+\sqrt{3})/3 * IL3$$

$$IB = - (1+\sqrt{3})/3 * IL1 + (\sqrt{3}-1)/3 * IL2 - 1/3 * IL3$$

$$IC = - 1/3 * IL1 - (1+\sqrt{3})/3 * IL2 + (\sqrt{3}-1)/3 * IL3$$

从上面的三个公式可以看出当在△侧 A 相单独加电流时，会同时在 B 相和 C 相产生差流，三相产生的差流分别为：

$$I_A = (\sqrt{3}-1)/3 * I_{L1} = 0.244 * I_{L1} \quad (\text{公式 1})$$

$$I_B = -(1+\sqrt{3})/3 * I_{L1} = -0.911 * I_{L1} \quad (\text{公式 2})$$

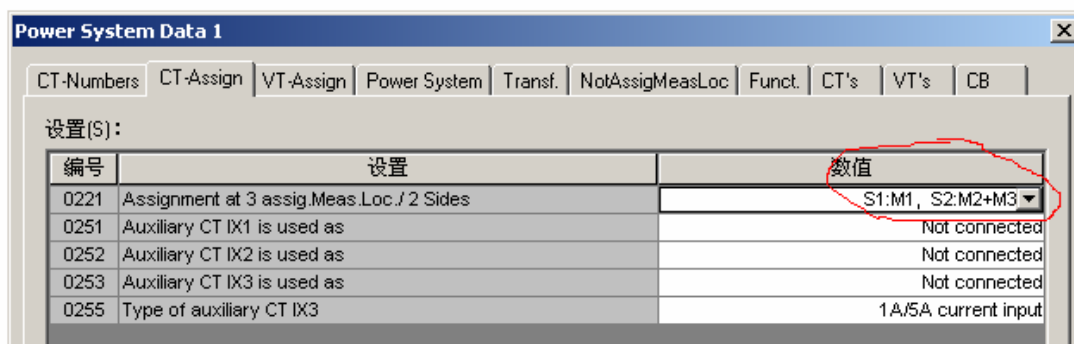
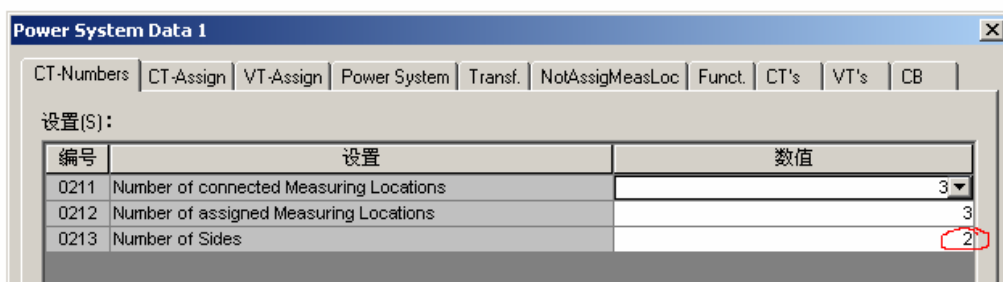
$$I_C = -1/3 * I_{L1} = -0.333 * I_{L1} \quad (\text{公式 3})$$

其中的负号表示电流方向相反。

从公式（1，2，3）可以看出，当在△侧 A 相单独加一个测试电流时，对于保护装置 7UT613 来说，B 相产生的差流最大，如果要单独测试 A 相的差动跳闸，要注意的是 B 相的差动先动作，如果没有设置相应的 ABC 各相动作指示灯时很容易引起客户误会。因此做试验时要求客户使用 6 相电流输出的测试仪器，这样就可以避免这类关系换算。

2，下面是一台 7UT613 保护的参数设定：

装置的设定参数如下：变压器为两圈变，保护装置使用三侧 CT，其中△侧有二路分支，分别安装独立的 CT。保护配置如下图：



变压器两侧容量 $S_n=50\text{MVA}$ ，接线方式 YD11，电压等级 110KV/10KV

Y侧:CT : 500/5A ， $U_n=110\text{KV}$ ，计算出额定的二次电流 $I_n=2.6244\text{A}$

△侧 CT : 5000/5A， $U_n=10\text{KV}$ ，计算出额定的二次电流 $I_n=2.8868\text{A}$

二次额定电流计算方法：

$I_n = S_n / (1.732 * U_n) * (I_{n\text{-sen}} / I_{n\text{-pri}})$ （其中 $I_{n\text{-sec}}$ 为 CT 的二次额定值， $I_{n\text{-pri}}$ 为 CT 的额定一次值）

保护配置如下图：

编号	设置	数值
0311	Rated Primary Voltage Side 1	110.0 kV
0312	Rated Apparent Power of Transf. Side 1	50.00 MVA
0313	Starpoint of Side 1 is	Isolated
0314	Transf. Winding Connection Side 1	Y (Wye)
0321	Rated Primary Voltage Side 2	10.0 kV
0322	Rated Apparent Power of Transf. Side 2	50.00 MVA
0323	Starpoint of Side 2 is	Isolated
0324	Transf. Winding Connection Side 2	D (Delta)
0325	Vector Group Numeral of Side 2	11

保护的差动定值：

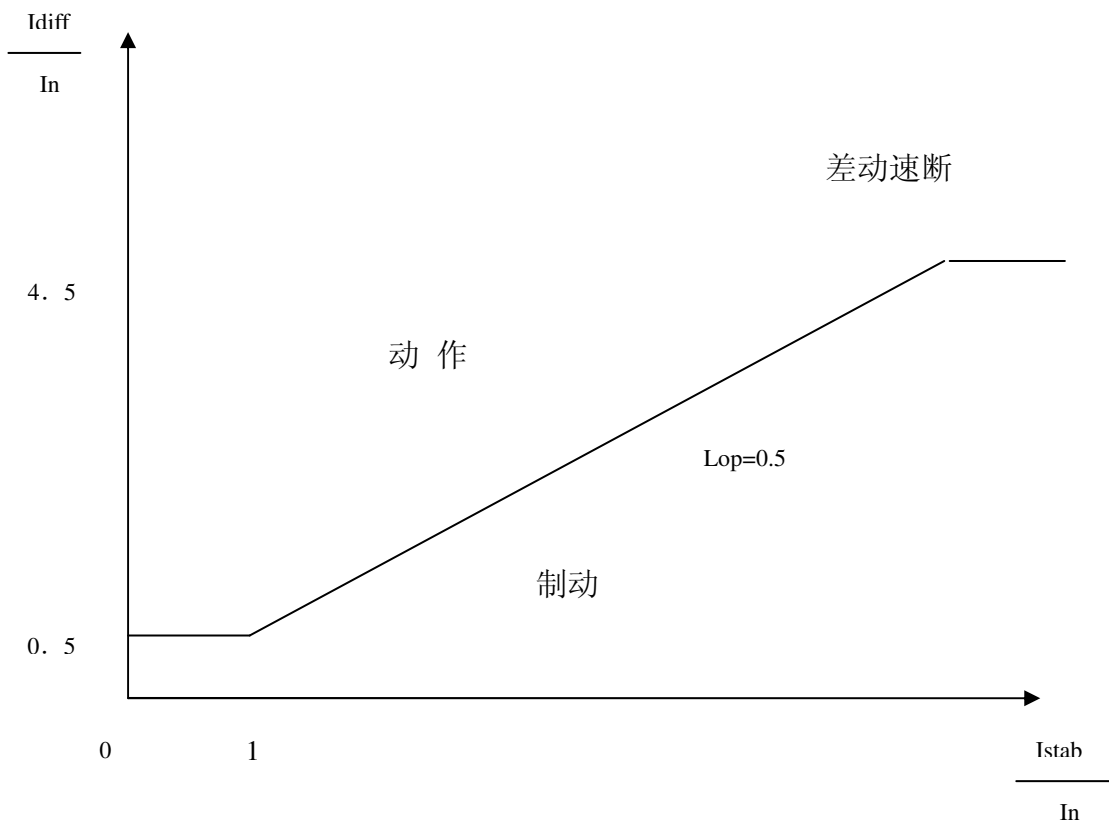
启动值：87-1： $I_{\text{diff}} > = 0.5 I_n$ ，

差动速断：87-2： $I_{\text{diff}} >> = 4.5 I_n$ 。

比率制动设一段斜率： $K=0.5$ 。保护配置如下图：

编号	设置	数值
1221	87-1 Pickup Value of Differential Curr.	0.50 InO
1231	87-2 Pickup Value of High Set Trip	4.5 InO

87 Differential Protection - A组定值		
General I-Diff Characteristic Inrush 2.HM Restr. n.HM		
设置(S):		
编号	设置	数值
1241A	87 Slope 1 of Tripping Characteristic	0.50
1242A	87 Base Point for Slope 1 of Charac.	0.00 MnO
1243A	87 Slope 2 of Tripping Characteristic	0.50
1244A	87 Base Point for Slope 2 of Charac.	0.00 MnO
1251A	87 I-RESTRAINT for Start Detection	0.10 MnO
1252A	87 Factor for Increas. of Char. at Start	1.0
1253	87 Maximum Permissible Starting Time	5.0 sec
1261A	87 Pickup for Add-on Stabilization	4.00 MnO
1262A	87 Duration of Add-on Stabilization	15 Cycle
1263A	87 Time for Cross-block Add-on Stabiliz.	15 Cycle



3, 现场可能的测试要求及相应的测试方法及结果。

<一>测试保护的采样精度:

◆在 Y 侧 (高压侧) 在 A 相单独加 1A 电流, 观察保护的采样值是否正确: 保护显示的差动电流和制动电流是否正确。

A 差动计算值: $I_{diff}=1A/I_n=1/2.6244=0.381$, 装置实际显示值: Diff= 0.38

B 差动计算值: $I_{diff}=1A/I_n=1/2.6244=0.381$, 装置实际显示值: Diff= 0.38

C 差动计算值: $I_{diff}=1A/I_n=1/2.6244=0.381$, 装置实际显示值: Diff= 0.38

◆◆在 Δ 侧 (低压侧) A 相单独加 1A 电流, 观察保护的采样值是否正确: 保护显示的差动电流和制动电流是否正确。这时装置 A,B,C 相均应该有相应的差动和制动电流。计算公式可由解出的矩阵公式得出如下:

$$\text{DiffA} = (\sqrt{3}-1)/3 * I_{L1}/I_n = 0.244 * I_{L1}/I_n$$

$$\text{DiffB} = -(1+\sqrt{3})/3 * I_{L1}/I_n = -0.911 * I_{L1}/I_n$$

$$\text{DiffC} = -1/3 * I_{L1}/I_n = -0.333 * I_{L1}/I_n$$

由上面公式可以计算出相应的差动值, 其中的 I_n 为 Δ 侧的二次额定电流。负号仅仅表示电流方向。

A 相差动计算值:	装置实际显示值
Diff=0.244*1A/I _n =0.244*1A/2.8868A=0.085	Diff= 0.09
B 相差动计算值:	
Diff=0.911*1A/I _n =0.911*1A/2.8868A=0.3156	Diff= 0.32
C 相差动计算值:	
Diff=0.333*1A/I _n =0.333*1A/2.8868A=0.1154	Diff= 0.12

在 Δ 侧 (低压侧) B 相单独加 1A 电流, 测试结果如下:

A 相差动计算值:	装置实际显示值
Diff=0.333*1A/I _n =0.333*1A/2.8868A=0.1154	Diff= 0.12
B 相差动计算值:	
Diff=0.244*1A/I _n =0.244*1A/2.8868A=0.085	Diff= 0.09
C 相差动计算值:	
Diff=0.911*1A/I _n =0.911*1A/2.8868A=0.3156	Diff= 0.32

在△侧（低压侧）C相单独加1A电流，测试结果如下

A 相差动计算值:	装置实际显示值
Diff=0.911*1A/In=0.911*1A/2.8868A=0.3156	Diff= 0.32
B 相差动计算值:	
Diff=0.333*1A/In=0.333*1A/2.8868A=0.1154	Diff= 0.12
C 相差动计算值:	
Diff=0.244*1A/In=0.244*1A/2.8868A=0.085	Diff= 0.09

<二>测试保护的高低电压电流平衡:

◆为了方便测试，必须采用6相电流输出测试仪。测试方法如下:

在Y侧（高压侧）三相加一倍的额定的电流，在△侧（低压侧）三相加一倍的额定的电流，为了保持两侧的电流大小相等，方向相反，(变压器接线方式YD11)测试电流参数如下:

Y侧（高压侧）		△侧（低压侧）	
电流	角度	电流	角度
A相 1In=2.6244A	0°	2.8868A	210°
B相 1In=2.6244A	-120°	2.8868A	90°
C相 1In=2.6244A	120°	2.8868A	330°

测试结果如下:

	Diff	Rest
A相	0	2.01
B相	0	2.00
C相	0	2.00

<三>测试差动保护的启动段 Idiff:

启动段设定值: 87-1: 0.5In

◆在Y侧（高压侧），A相单独加测试电流，

计算动作值为： $I_{diff} \geq 0.5I_n = 0.5 \times 2.6244A = 1.3122A$.

测试动作值为：1.30A.

◆◆在△侧（低压侧），A相单独加测试电流时，注意是B相的差动先动作，所以在测试时要注意。

由矩阵可以得出：

$$DiffA = (\sqrt{3}-1)/3 * IL1/I_n = 0.244 * IL1/I_n$$

$$DiffB = -(1+\sqrt{3})/3 * IL1/I_n = -0.911 * IL1/I_n$$

$$DiffC = -1/3 * IL1/I_n = -0.333 * IL1/I_n$$

其中 I_{L1} 为测试电流

从上面的公式里可以求出要加的测试动作电流为

$$I_{L1} = I_B * I_n / 0.911 = 0.5 * 2.8868 / 0.911 = 1.5844A$$

实际测试动作值：1.57A

◆◆◆在△侧（低压侧），三相同同时加电流就比较简单

（注意三相加的电流大小相等，角度依次为 A相：0° B相：-120° C相：120°）

计算动作值为： $I_{diff} \geq 0.5I_n = 0.5 * 2.8868A = 1.4434A$.

测试动作值为：1.44A.

<四>测试保护的差动速断 87-2 $I_{diff} \gg$:

保护定值设定：87-2 $I_{diff} \gg \geq 4.5I_n$

◆在Y侧（高压侧），A相单独加测试电流，

计算动作值为： $I_{diff} \gg \geq 4.5I_n = 4.5 * 2.6244A = 11.809A$

测试动作值为：11.8A.

◆◆在△侧（低压侧），三相同同时加电流（注意三相加的电流大小相等，角度依次为 A相：0° B相：-120° C相：120°）

（测试时用的4I做定值，因为测试仪器的单相输入容量为12.5A）

计算动作值为： $I_{diff} \gg \geq 4.0I_n = 4.0 * 2.8868A = 11.547A$

测试动作值为：11.53 A.

◆ ◆◆在△侧（低压侧），加单相电流时，要注意 A 相单独加测试电流时，注意是 B 相的差动速断先动作，计算动作电流需要乘上一个系数 1.098(1/0.991) 因为：

$$I_B = \frac{1 + \sqrt{3}}{3} * I_{L1} / I_n = 0.911 * I_{L1} / I_n \quad (\text{公式二})$$

从上面的公式可以看出，在 A 相加测试电流时，B 相差动电流最大。所以 B 相先动作。动作值如下：

$$I_{L1} = I_B * I_n / 0.911 = 4.5 * 2.8868 / 0.911 = 14.2597 \text{ A}$$

实际测试动作电流：14.25A

<五>测试保护的比率制动

◆ 拐点测试：(1, 0.5)

制动为 1In 时，差动为 0.5In 时，差动保护动作。

由方程：

$$I_{rest} = |I_1| + |I_2|$$

$$I_{diff} = |I_1 - I_2|$$

I1 为高压侧电流，I2 为低压侧电流。

可以解出：

$$I_1 = 0.25 * I_n = 0.25 * 2.6244 = 0.6561 \text{ A}$$

$$I_2 = 0.75 * I_n = 0.75 * 2.8868 = 2.1651 \text{ A}$$

或者

$$I_1 = 0.75 * I_n = 0.75 * 2.6244 = 1.9683 \text{ A}$$

$$I_2 = 0.25 * I_n = 0.25 * 2.8868 = 0.7217 \text{ A}$$

测试 1：

理论计算值：

Y 侧（高压侧）		△侧（低压侧）	
电流	角度	电流	角度
A 相 0.6561A	0°	2.1651A	210°
B 相 0.6561A	-120°	2.1651A	90°
C 相 0.6561A	120°	2.1651A	330°

测试方法:

保持 Y 侧 (高压侧), $I_1=0.6561$ 不变, Δ 侧 (低压侧) 电流三相同同时从 1.8A 慢慢增加, 直到保护动作, 记录动作值: 2.16A.

保持 Δ 侧 (低压侧), $I_2=2.1651$ 不变, Y 侧 (高压侧) 电流三相同同时从 0.8A 慢慢减小, 直到保护动作, 记录动作值: 0.66A.

与计算结果相同。

测试 2:

理论计算值:

Y 侧 (高压侧)			Δ 侧 (低压侧)	
电流	角度		电流	角度
A 相 1.9683A	0°		0.7217A	210°
B 相 1.9683A	-120°		0.7217A	90°
C 相 1.9683A	120°		0.7217A	330°

保持 Y 侧 (高压侧), $I_1=1.9683$ 不变, Δ 侧 (低压侧) 电流三相同同时从 0.8A 慢慢往减小, 直到保护动作, 记录动作值: 0.725A.

保持 Δ 侧 (低压侧), $I_2=0.7217$ 不变, Y 侧 (高压侧) 电流三相同同时从 1.8 慢慢增加, 直到保护动作, 记录动作值: 1.962A.

与计算结果相同。



测试比率制动的斜率:

在斜线上抽几个点作为测试点:

测试 1:

保持 Y 侧 (高压侧), $I_1=0.5I_n$ 不变, Δ 侧 (低压侧) 电流三相同同时从 $I_2=0.5I_n$ 慢慢增加, 直到保护动作,

$$I_{rest}=|I_1|+|I_2|$$

$$I_{diff}=|I_1+I_2|$$

由上面公式理论计算动作值为: $I_2=1.5I_n=1.5*2.8868=4.33A$

实际测试动作值:

Y 侧 (高压侧)

Δ 侧 (低压侧动作值)

电流	角度	电流	角度
A 相 $0.5I_n=1.312A$	0°	4.34A	210°
B 相 $0.5I_n=1.312A$	-120°	4.34A	90°
C 相 $0.5I_n=1.312A$	120°	4.34A	330°

斜率

$$K=(I_{diff}/I_n)/(I_{rest}/I_n)=(4.34/2.8868-0.5)/(4.34/2.8868+0.5)=0.5$$

测试 2:

保持 Y 侧（高压侧）， $I_1=1I_n$ 不变， Δ 侧（低压侧）电流三相同同时从 $I_2=1I_n$ 慢慢增加，直到保护动作，

$$I_{rest}=|I_1|+|I_2|$$

$$I_{diff}=|I_1+I_2|$$

由上面公式理论计算动作值为： $I_2=3I_n=3*2.8868=8.66A$

实际测试动作值:

Y 侧（高压侧）

Δ 侧（低压侧增加）

电流	角度	电流	角度
A 相 $1I_n=2.624A$	0°	8.60A	210°
B 相 $1I_n=2.624A$	-120°	8.58A	90°
C 相 $1I_n=2.624A$	120°	8.58A	330°

与计算结果相同。

$$\text{斜率 } K=(I_{diff}/I_n)/(I_{rest}/I_n)=(8.6/2.8868-1)/(8.6/2.8868+1)=0.497$$

测试 3:

保持 Y 侧（高压侧）， $I_1=1I_n$ 不变， Δ 侧（低压侧）电流三相同同时从 $I_2=1I_n$ 慢慢减小，直到保护动作，

$$I_{rest}=|I_1|+|I_2|$$

$$I_{diff}=|I_1+I_2|$$

由上面公式理论计算动作值为： $I_2=1/3I_n=1/3*2.8868=0.9623 A$

实际测试动作值:

Y 侧（高压侧）

Δ 侧（低压侧减小）

电流	角度	电流	角度
A 相 $1I_n=2.624A$	0°	0.97A	210°
B 相 $1I_n=2.624A$	-120°	0.97A	90°
C 相 $1I_n=2.624A$	120°	0.97A	330°

斜率

$$K=(I_{diff}/I_n)/(I_{rest}/I_n)=(1-0.97/2.8868)/(1+0.97/2.8868)=0.496$$

测试 4:

保持 Y 侧（高压侧）， $I_1=2I_n$ 不变， Δ 侧（低压侧）电流三相同步从 $I_2=2I_n$ 慢慢减小，直到保护动作，

$$I_{rest}=|I_1|+|I_2|$$

$$I_{diff}=|I_1+I_2|$$

由上面公式理论计算动作值为： $I_2=2/3I_n=2/3*2.8868=1.925 A$

实际测试动作值：

Y 侧（高压侧）

Δ 侧（低压侧减小）

电流	角度	电流	角度
A 相 $2I_n=5.248A$	0°	1.944A	210°
B 相 $2I_n=5.248A$	-120°	1.944A	90°
C 相 $2I_n=5.248A$	120°	1.944A	330°

斜率

$$K=(I_{diff}/I_n)/(I_{rest}/I_n)=(2-1.944/2.8868)/(2+1.944/2.8868)=0.496$$

测试 5:

保持 Δ 侧（低压侧）， $I_2=2I_n$ 不变，Y 侧（高压侧）电流三相同步从 $I_1=2I_n$ 慢慢减小，直到保护动作，

$$I_{rest}=|I_1|+|I_2|$$

$$I_{diff}=|I_1+I_2|$$

由上面公式理论计算动作值为： $I_1=2/3I_n=2/3*2.624=1.75 A$

实际测试动作值：

Y 侧（高压侧减小）

Δ 侧（低压侧）

电流	角度	电流	角度
A 相 1.76A	0°	$2I_n=5.773A$	210°
B 相 1.76A	-120°	$2I_n=5.773A$	90°
C 相 1.76A	120°	$2I_n=5.773A$	330°

斜率

$$K = (I_{diff}/I_n) / (I_{rest}/I_n) = (2 - 1.76/2.6244) / (2 + 1.76/2.6244) = 0.497$$