

目 录

第一章 概述

1.1 保护型号	1
1.2 应用范围	1
1.3 保护配置	1

第二章 保护功能测试

2.1 注意事项	2
2.2 稳态比率差动保护	2
2.3 谐波制动	9
2.4 工频变化量比率差动	12
2.5 零序比率差动	14
2.6 复合电压闭锁方向过流	18
2.7 零序方向过流保护	24
2.8 间隙零序过流过压保护	28

附录一

1.系统参数定值样单	30
2.主保护定值样单	30
3. I 侧后备保护定值样单	31
4. 差动计算定值	32

第一章 概述

1.1 保护型号

RCS—978E 变压器成套保护装置

1.2 应用范围

RCS-978 系列数字式变压器保护适用于 220kV 及以上电压等级，需要提供双套主保护、双套后备保护的各种接线方式的变压器。

1.3 保护配置

RCS—978 装置中可提供一台变压器所需要的全部电量保护，主保护和后备保护可共用同一 TA。

主保护包括：

- 稳态比率差动
- 差动速断
- 工频变化量比率差动
- 零序比率差动

后备保护包括：

- 复合电压闭锁方向过流
- 零序方向过流
- 零序过压
- 间隙零序过流

后备保护可以根据需要灵活配置于各侧。

另外还包括以下异常告警功能：

- 过负荷报警
- 起动冷却器
- 过载闭锁有载调压
- 零序电压报警
- 公共绕组零序电流报警
- 差流异常报警
- 零序差流异常报警
- 差动回路 TA 断线
- TA 异常报警和 TV 异常报警

本次测试主要包括以下保护功能：

序号	保护类型		序号	保护类型	
01	主 保 护	稳态比率差动（差动速断）	05	后 备 保 护	复合电压闭锁方向过流
02		谐波制动	06		零序方向过流
03		工频变化量比率差动	07		间隙零序过流
04		零序比率差动	08		

- 注：电流互感器（TA）二次额定电流 $I_n=1A$ ，变压器接线方式： $Y_{12}/Y_{12}/\Delta_{11}/\Delta_{11}$

第二章 保护功能测试

2.1 注意事项（试验前准备工作）

1. 确保保护装置外接二次电压电流回路已可靠断开，相关保护跳闸软硬压板均已在退出状态；
2. 测试仪必须可靠接地；
3. 绝对禁止将外部的交直流电源引入到测试仪的电压、电流输出插孔；
4. 对保护装置进行交流回路校验（即采样）
 - (2)目的：检查接线的正确性和装置的精度；
 - (3)按使用说明书方法进入装置菜单中的“保护状态”项，查看“交流量采样”中的值与输入值的误差应符合技术参数要求。

2.2 稳态比率差动保护

一. 保护工作原理

稳态比率差动动作方程如下：

$$\left\{ \begin{array}{ll} I_d > 0.2I_r + I_{cdqd} & I_r \leq 0.5I_e \\ I_d > K_{b1}[I_r - 0.5I_e] + 0.1I_e + I_{cdqd} & 0.5I_e \leq I_r \leq 6I_e \\ I_d > 0.75[I_r - 6I_e] + K_{b1}[5.5I_e] + 0.1I_e + I_{cdqd} & I_r > 6I_e \end{array} \right. \quad (2-2-1)$$

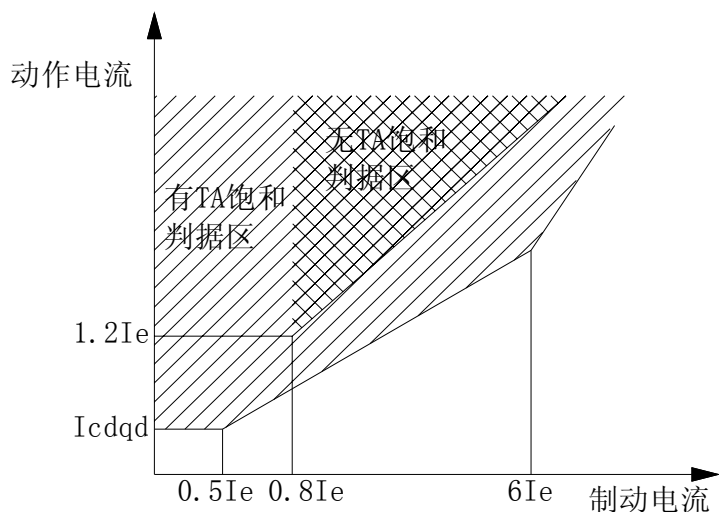
$$\left\{ \begin{array}{l} I_r = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m |I_i| \\ I_d = \left| \sum_{i=1}^m I_i \right| \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I_d > 0.6[I_r - 0.8I_e] + 1.2I_e \\ I_r > 0.8I_e \end{array} \right. \quad (2-2-2)$$

其中 I_e 为变压器额定电流， I_1, \dots, I_m 分别为变压器各侧电流， I_{cdqd} 为稳态比率差动启动电流， I_d 为差动电流， I_r 为制动电流， K_{b1} 为比率制动系数整定定值。

稳态比率差动保护按相判别，满足以上条件时动作。式 2-1-1 描述的比率差动保护经过 TA 饱和判别，TA 断线判别（可选择），励磁涌流判别后出口。它可以保证灵敏度，同时由于 TA 饱和判据的引入，区外故障引起的 TA 饱和不会造成误动作。式 2-2-2 所描述的比率差动保护只经过 TA 断线判别（可选择），励磁涌流判别后出口。它利用其比率制动特性抗区外故障时 TA 的暂态和稳态饱和，而在区内故障 TA 饱和时能正确动作。

稳态比率差动保护的动作特性如下图：



二. 试验举例：

(一) 高压侧[Y]—低压侧[△] 两侧测试

1. 试验接线

RCS—978E 保护装置与昂立测试仪（A460）的接线示意图如图 1—1：

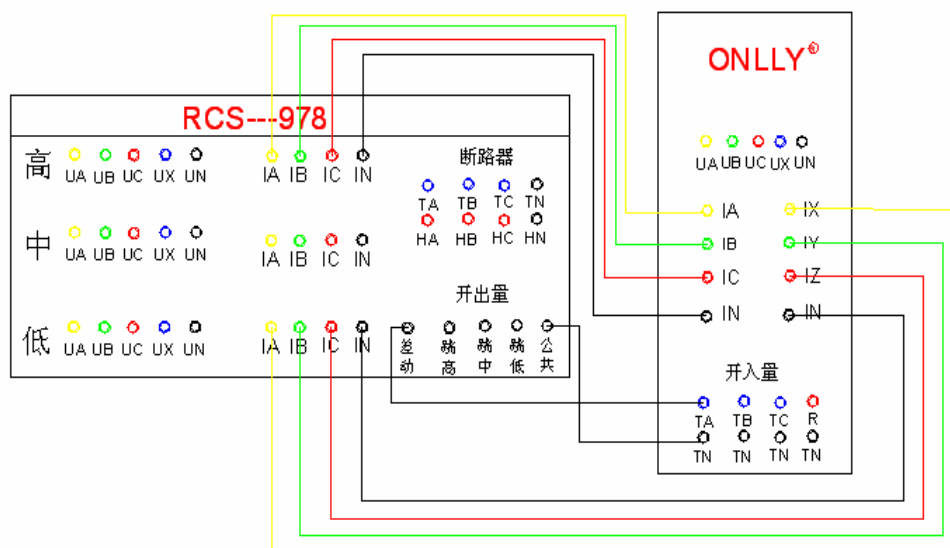


图 1—1

- (1)根据示意图，将测试仪的两组电流分别接至保护装置的高、低压侧三相电流端子；
- (2)差动保护的动作接点接入测试仪的开入接点 A（TA）。

2. 保护装置的设置

(1)相关保护参数定值：

序号	定值名称	数值	序号	定值名称	数值
01	差动起动电流	0.5Ie	04	TA 断线闭锁差动控制字	0
02	比例差动制动系数	0.5	05	I 侧二次额定电流	0.787
03	差动速断电流	5Ie	06	III 侧二次额定电流	0.989

注：

- 各侧二次额定电流的数值是由保护装置自动计算出来的
- (2)在“整定定值”里，把系统参数定值中的“主保护投入”和主保护定值中的“差动速断投入”、“比率差动投入”运行控制字都置“1”，其它运行控制字都置“0”（‘1’表示投入，‘0’表示退出）；
- (3)在保护屏上，仅投“差动保护硬压板”。

3. 测试仪的参数设置

打开测试仪，进入“差动保护”菜单下的“扩展三相差动”，并进行如下设置：

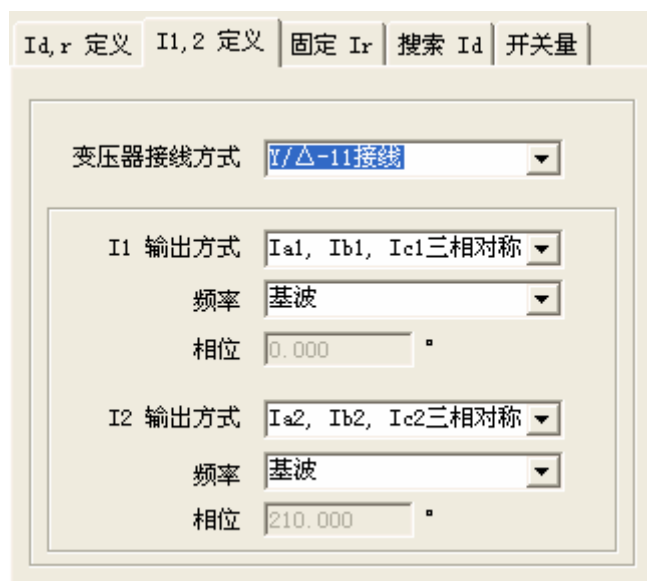
- (1) “Id,r 定义”页面设置如下图所示：

其中：

- 1) “测试项目”为比例制动；
- 2) “Id,r定义”中的计算公式的选择应与保护装置一致，根据公式 2-1-1 可知，保护装置

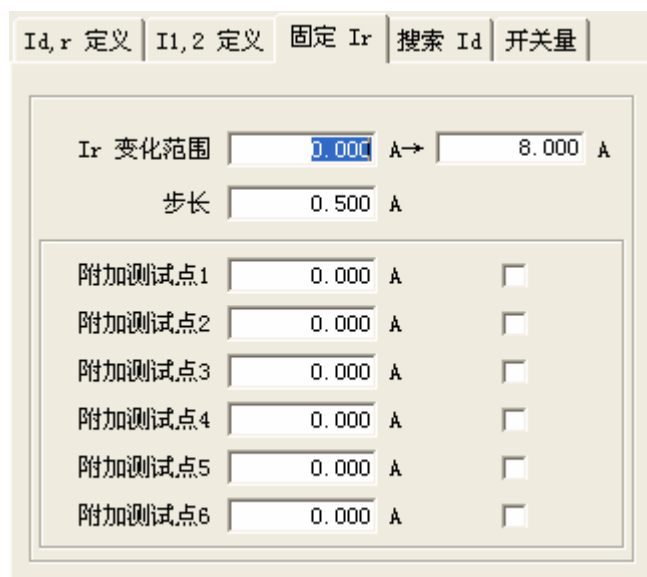
$$\text{的 } I_d = \left| \sum_{i=1}^m I_i \right|, I_r = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m |I_i|, \text{ 故 } I_d = |K1 * I1 + K2 * I2|, I_r = (|K1 * I1| + |K2 * I2|), K=2;$$

- 3) K1、K2 为高、低压侧的补偿系数，由于该保护的平衡系数采用标么值的方式计算，故每一侧的补偿系数为该侧二次额定电流的倒数。（K1=1/0.787=1.2706，K2=1/0.989=1.0111）
- (2) “I1,2 定义”页面设置如下图所示：



其中：

- 1) “变压器接线方式”与保护装置的变压器接线方式一致,故设置为 Y/Δ-11 接线；
- 2) I1, I2 输出均为基波。
- (3) “固定 Ir” 页面设置如下图所示：



其中：

- 1) 根据需要设置待测试的制动点 Ir 的变化范围和步长；
- 2) “附加测试点”的设置：如果设置的 Ir 扫描线不包括所需的制动点 Ir（如：拐点电流），则可以把附加测试点的电流值改为所需的制动电流（如：拐点电流），并打“√”选中。
- (4) “搜索 Id” 页面设置如下图所示：

其中:

- 1)“Id 搜索起点和终点”的设置应包含差动保护的動作区和不动作区;
- 2)“动作门槛 ICD”的设置值就等于定值单中的“差动起动电流 $0.5I_e$ ”;
- 3)“每步时间”为 0.1s,只要大于差动保护的動作时间即可;
- 4)“间断时间”为 1s,因为该保护不需要复归时间,但对于有些需要一定复归时间的保护,则应设置“间断时间”大于复归时间。

注:

- 如果继电器无法长时间通过大电流,建议在保证保护動作时延的前提下,尽可能地减小每步时间,延长间断时间。

(5)“开关量”页面设置如下图所示:

其中:

- 1)“动作接点”的设置与实际差动保护的動作接点接入测试仪的开关接点一致,为 A 接点。

4. 试验过程

按“start”开始试验。试验过程中,根据设置的動作和制动方程的定义,结合当前制动

电流 I_r 和正在搜索的动作电流 I_d 大小，测试仪将自动计算出高、低压侧电流，由 I_1 , I_2 输出，同时接收保护的信号，按照二分法在比例制动特性曲线两侧进行扫描，逐渐逼近确定出动作边界。

5. 试验结果

1) 文本方式:

***** ONLY 系列继电保护测试系统测试报告 *****

设备编号: RCS-978E

测试菜单: 差动试验 (三相)

测试时间: 2007年 4月 13日 14时 57分

测试项目: 比例制动

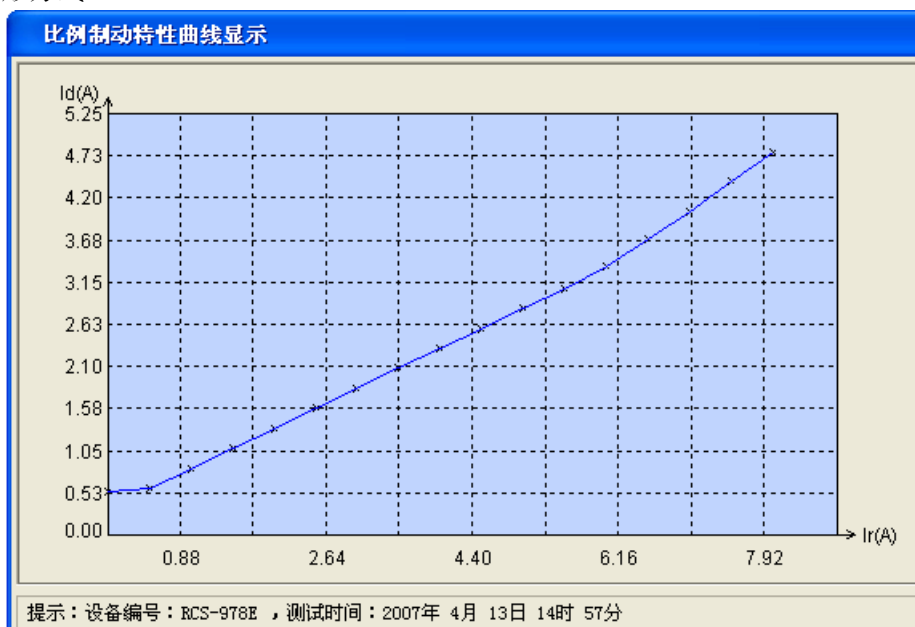
动作方程: $I_d = |K_1 I_1 + K_2 I_2|$; $I_r = (|K_1 I_1| + |K_2 I_2|)/K$

式中: $K_1 = 1.2706$, $K_2 = 1.0111$, $K = 2.0000$

制动系数: $K_{zd} = \Delta I_d / \Delta I_r$

序 号	制动电流 I_r	动作电流 I_d	制动系数 K_{zd}
1	0.000 A	0.541 A	-----
2	0.500 A	0.585 A	0.088
3	1.000 A	0.831 A	0.493
4	1.500 A	1.081 A	0.498
5	2.000 A	1.329 A	0.496
6	2.500 A	1.580 A	0.502
7	3.000 A	1.827 A	0.495
8	3.500 A	2.079 A	0.502
9	4.000 A	2.327 A	0.496
10	4.500 A	2.575 A	0.496
11	5.000 A	2.821 A	0.493
12	5.500 A	3.071 A	0.500
13	6.000 A	3.357 A	0.572
14	6.500 A	3.697 A	0.679
15	7.000 A	4.025 A	0.658
16	7.500 A	4.406 A	0.762
17	8.000 A	4.775 A	0.738

2) 图形方式:



(二) 高压侧[Y]—中压侧[Y] 两侧测试

与（一）相比只有以下两处需要做修改：

1. 试验接线：测试仪的第二组电流接至保护装置的中压侧的三相电流端子；
2. 测试仪的参数设置：在“Id,r 定义”页面设置中， $K2=1/II$ 侧二次额定电流= $1/0.787=1.2706$ ；
在“I1,2 定义”页面设置中，把“变压器接线方式”设置为 Y/Y-12 接线。

试验结果：

1) 文本方式：

***** ONLY 系列继电保护测试系统测试报告 *****

设备编号：RCS-978E

测试菜单：差动试验（三相）

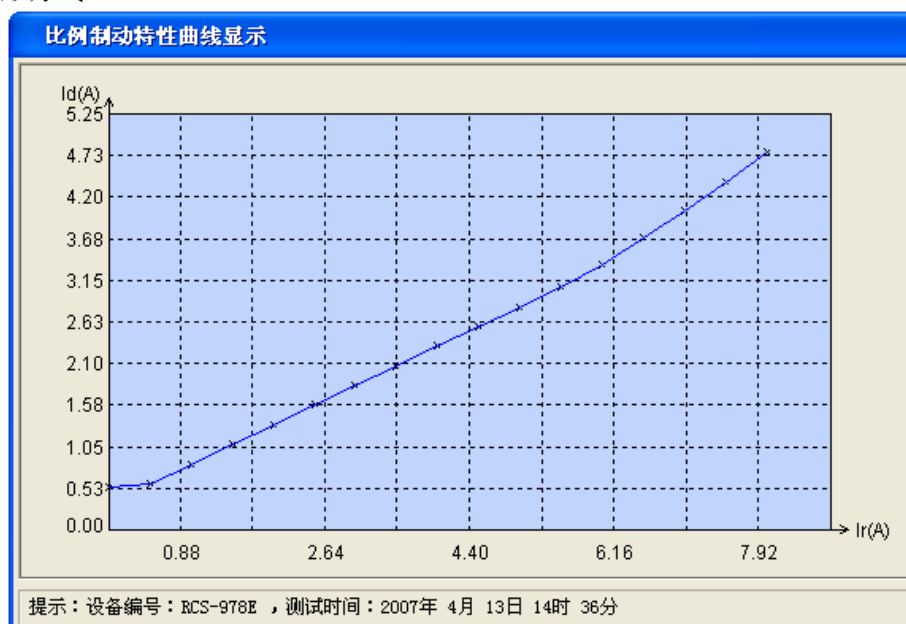
测试时间：2007年 4月 13日 14时 36分

测试项目：比例制动

动作方程： $I_d = |K1 \cdot I1 + K2 \cdot I2|$ ； $I_r = (|K1 \cdot I1| + |K2 \cdot I2|) / K$ 式中： $K1 = 1.2706$, $K2 = 1.2706$, $K = 2.0000$ 制动系数： $K_{zd} = \Delta I_d / \Delta I_r$

序 号	制动电流 I_r	动作电流 I_d	制动系数 K_{zd}
1	0.000 A	0.543 A	-----
2	0.500 A	0.586 A	0.086
3	1.000 A	0.830 A	0.489
4	1.500 A	1.080 A	0.498
5	2.000 A	1.329 A	0.498
6	2.500 A	1.578 A	0.498
7	3.000 A	1.825 A	0.495
8	3.500 A	2.074 A	0.496
9	4.000 A	2.320 A	0.493
10	4.500 A	2.572 A	0.504
11	5.000 A	2.815 A	0.487
12	5.500 A	3.069 A	0.506
13	6.000 A	3.349 A	0.561
14	6.500 A	3.697 A	0.695
15	7.000 A	4.025 A	0.656
16	7.500 A	4.395 A	0.739
17	8.000 A	4.774 A	0.759

2) 图形方式：



2.3 谐波制动

一. 保护原理

变压器空载合闸时，由于铁芯内的磁通不能突变，所以会产生一个很大的暂态直流磁通分量叠加在稳态磁通上，从而导致变压器铁芯的严重饱和，在变压器的合闸侧形成一个很大的励磁涌流。由于励磁涌流只存在于变压器的一侧，所以巨大的涌流成为巨大的不平衡电流，可能会导致比率制动保护误动。

励磁涌流一般具有如下特征：

- ◆ 内含大量的非周期分量；
- ◆ 内含大量的高次谐波分量，尤以二次谐波最为显著；
- ◆ 波形偏离时间轴的一侧，并且出现间断；

RCS-978 系列变压器成套保护装置采用三相差动电流中二次谐波、三次谐波的含量来识别励磁涌流。当谐波的大小超过一定的差流基波含量时，判别为励磁涌流。当三相中某一相被判别为励磁涌流，只闭锁该相比率差动元件。

判别方程如下：

$$\begin{cases} I_{2nd} > K_{2xb} * I_{1st} \\ I_{3nd} > K_{3xb} * I_{1st} \end{cases} \quad (2-3-1)$$

其中 I_{2nd} 、 I_{3nd} 分别为每相差动电流中的二次谐波和三次谐波， I_{1st} 为对应相的差流基波， K_{2xb} 、 K_{3xb} 分别为二次谐波和三次谐波制动系数整定值。

二. 试验举例（以二次谐波为例）

(一) 高压侧[Y]—低压侧[△] 两侧测试

1. 试验接线

RCS—978E 保护装置与昂立测试仪（A460）的接线示意图如图 1—2

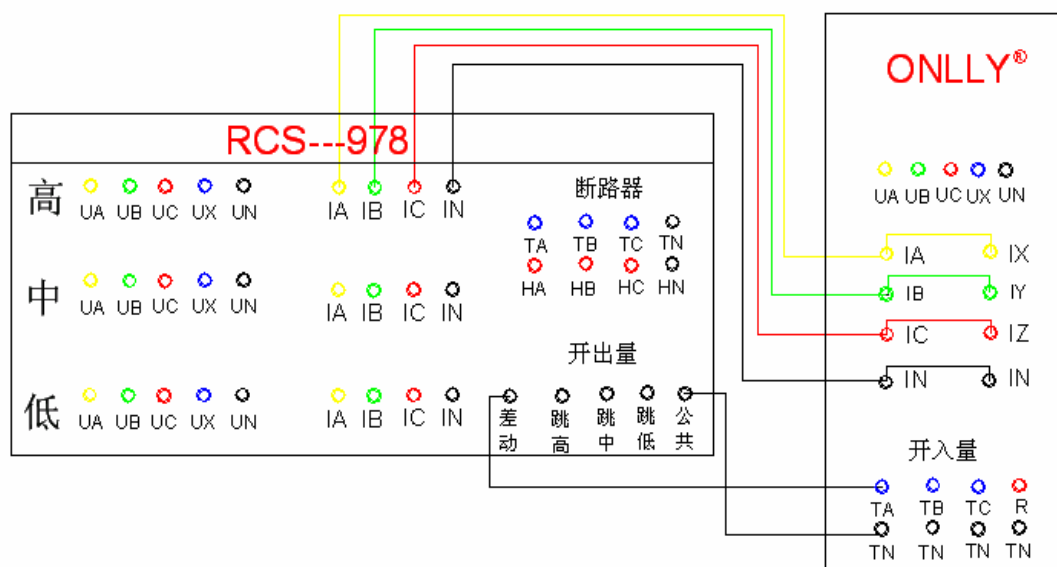


图 1—2

- (1)根据示意图，将测试仪的两组电流短接后接至保护装置的高压侧三相电流端子；
- (2)差动保护的動作接点接入测试仪的開入接点 A（TA）。

2. 保护装置的设置

- (1)相关保护参数定值：

序号	定值名称	数值	序号	定值名称	数值
01	差动起动电流	0.5Ie	03	差动速断电流	5Ie
02	二次谐波制动系数	0.15	04	TA 断线闭锁差动控制字	0

- (2)在“整定定值”里，把系统参数定值中的“主保护投入”和主保护定值中的“差动速断投入”、“比率差动投入”运行控制字都置“1”，其它运行控制字都置“0”（‘1’表示投入，‘0’表示退出）；
- (3)在保护屏上，仅投“差动保护硬压板”。

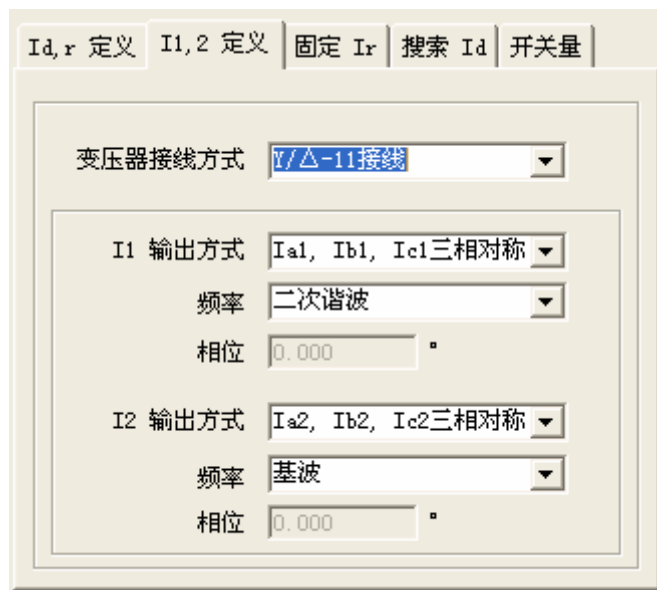
3. 测试仪的参数设置

打开测试仪，进入“差动保护”菜单下的“扩展三相差动”，并进行如下设置：

- (1)“Id,r 定义”页面设置如下图所示：

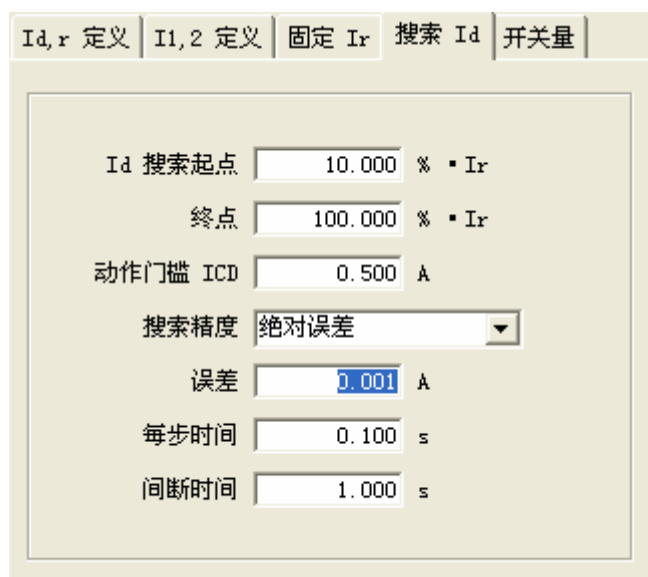
其中：

- 1) “测试项目”为谐波制动；
- 2) 其他的参数都不需要修改。
- (2) “I1,2 定义”页面设置如下图所示：



其中：

- 1) “变压器接线方式”与保护装置的变压器接线方式一致,故设置为 Y/Δ-11 接线；
- 2) I1 输出为二次谐波，I2 输出为基波。
- (3) “搜索 Id” 页面设置如下图所示：



其中：

- 1) 为确保搜索精度，把误差值尽量设小，如 0.001A。
- (4) 其它界面设置同“稳态比率差动”试验的界面设置。

4. 试验过程

按“start”开始试验。试验过程中，根据设置的动作和制动方程的定义，结合当前制动电流 I_r 和正在搜索的动作电流 I_d 大小，测试仪将自动计算出高、低压侧电流，由 I1, I2 输出，同时接收保护的信号，按照二分法在比例制动特性曲线两侧进行扫描，逐渐逼近确定出动作边界。

5. 试验结果

- 1) 文本方式：

***** ONLY 系列继电保护测试系统测试报告 *****

设备编号：RCS-978E

测试菜单：差动试验（三相）

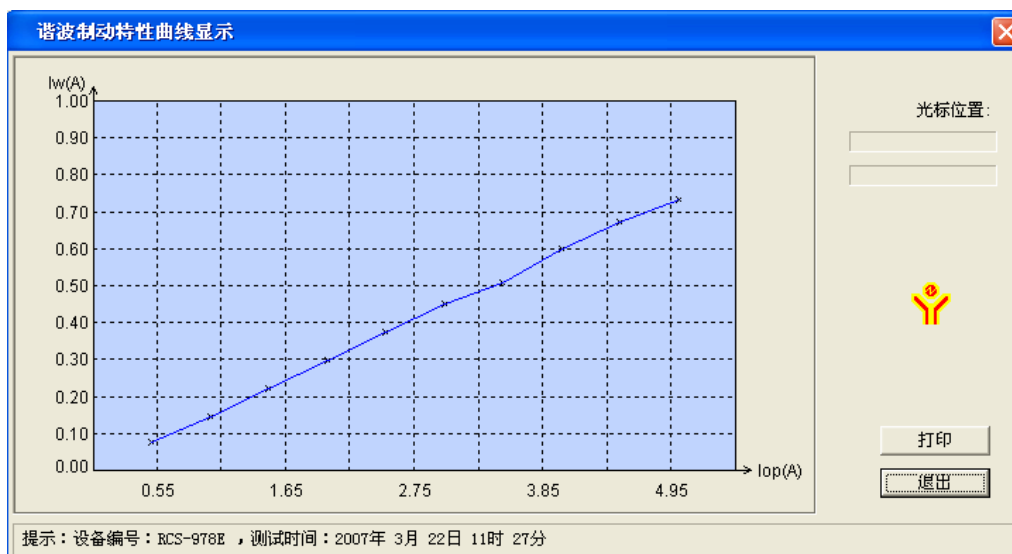
测试时间：2007年 3月 22日 11时 27分

测试项目：谐波制动，（2次谐波）

制动系数：Kzd,w = Iw / Iop

序 号	动作电流 Iop	谐波制动 Iw	制动系数 Kzd,w
1	0.000 A	-----	-----
2	0.500 A	0.075 A	0.151
3	1.000 A	0.147 A	0.147
4	1.500 A	0.220 A	0.147
5	2.000 A	0.298 A	0.149
6	2.500 A	0.374 A	0.150
7	3.000 A	0.450 A	0.150
8	3.500 A	0.506 A	0.145
9	4.000 A	0.599 A	0.150
10	4.500 A	0.671 A	0.149
11	5.000 A	0.734 A	0.147

2) 图形方式：



2.4 工频变化量比率差动

一. 保护原理

工频变化量比率差动的动作方程如下：

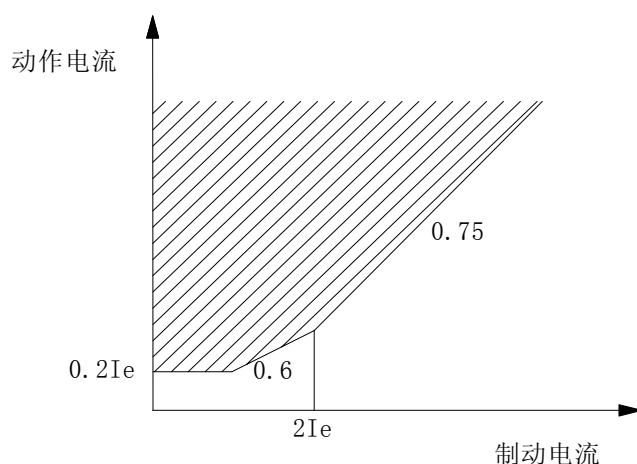
$$\begin{cases} \Delta I_d > 1.25 * \Delta I_{dt} + I_{dth} \\ \Delta I_d > 0.6 * \Delta I_r & \Delta I_r < 2I_e \\ \Delta I_d > 0.75 * \Delta I_r - 0.3I_e & \Delta I_r > 2I_e \end{cases}$$

$$\Delta I_r = \max\{|\Delta I_{1\phi}| + |\Delta I_{2\phi}| + \dots + |\Delta I_{m\phi}|\} \quad (2-4-1)$$

$$\Delta I_d = |\Delta \dot{I}_1 + \Delta \dot{I}_2 + \dots + \Delta \dot{I}_m|$$

其中： ΔI_{dt} 为浮动门槛，随着变化量输出增大而逐步自动提高。取 1.25 倍可保证门槛电压始终略高于不平衡输出，保证在系统振荡或频率偏移的情况下，保护不误动。 $\Delta \dot{I}_{1\dots m}$ 分别为变压器各侧电流的工频变化量。 ΔI_d 为差动电流的工频变化量。 I_{dth} 为固定门槛。 ΔI_r 为制动电流的工频变化量，取最大相制动。

工频变化量比率差动保护的动作特性如下图：



装置中依次按相判别，当满足以上条件时，工频变化量比率差动动作。工频变化量比率差动保护经过涌流判别元件，过激磁闭锁元件闭锁后出口。

注：

- 工频变化量比率差动保护的制动电流计算方法与稳态比率差动保护不同。

二. 试验举例

1. 试验接线

接线示意图同“稳态比率差动保护”，如图 1—1

2. 保护装置的设置

(1) 相关保护参数定值：

序号	定值名称	数值	序号	定值名称	数值
01	工频变化量比率差动启动电流	0.2Ie	04	涌流闭锁方式控制字	0
02	工频变化量比率差动制动系数 1	0.6	05	I 侧二次额定电流	0.787
03	工频变化量比率差动制动系数 2	0.7	06	III 侧二次额定电流	0.989

注：

- 工频变化量比率差动定值勿需用户整定；
- 各侧二次额定电流的数值是由保护装置自动计算出来的。

(2) 在“整定定值”里，把系统参数定值中的“主保护投入”和主保护定值中的“工频变化量差动保护投入”运行控制字都置“1”，其余运行控制字都置“0”（‘1’表示投入，

‘0’表示退出);

(3)在保护屏上, 仅投“差动保护硬压板”。

3. 测试仪的参数设置

打开测试仪, 进入“差动保护”菜单下的“扩展三相差动”, 并进行如下设置:

(1) “Id,r 定义”页面设置如下图所示:

其中:

1) “Id,r 定义”中的计算公式的选择与保护装置一致, 根据公式 2-4-1 可知, 保护装置的

$$\Delta I_d = \left| \Delta \dot{I}_1 + \Delta \dot{I}_2 + \cdots + \Delta \dot{I}_m \right|, \quad \Delta I_r = \max \left\{ \left| \Delta I_{1\phi} \right| + \left| \Delta I_{2\phi} \right| + \cdots + \left| \Delta I_{m\phi} \right| \right\}, \quad \text{故}$$

$$I_d = |K1 * I1 + K2 * I2|, \quad I_r = \max(|K1 * I1|, |K2 * I2|);$$

2) 其它的参数设置说明同“稳态比率差动”试验的设置说明。

(2) 其它的界面设置同“稳态比率差动”试验的界面设置。

4. 试验过程

按“start”开始试验。试验过程中, 根据设置的动作和制动方程的定义, 结合当前制动电流 Ir 和正在搜索的动作电流 Id 大小, 测试仪将自动计算出高、低压侧电流, 由 I1, I2 输出, 同时接收保护的信号, 按照二分法在比例制动特性曲线两侧进行扫描, 逐渐逼近确定动作边界。

2.5 零序比率差动

一. 保护原理

零序比率差动保护主要应用于自耦变压器。其动作方程如下:

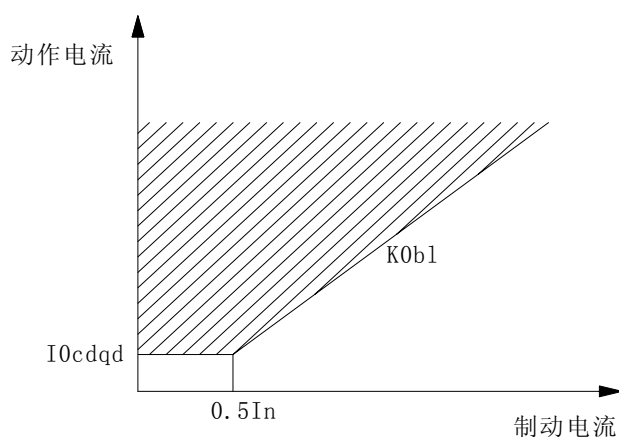
$$\left\{ \begin{array}{l} I_{0d} > I_{0cdqd} \\ I_{0d} > K_{0b1} [I_{0r} - 0.5I_n] + I_{0cdqd} \\ I_{0r} = \max\{|I_{01}|, |I_{02}|, |I_{0cw}|\} \end{array} \right. \quad I_{0r} \leq 0.5I_n \quad (2-5-1)$$

$$I_{0d} = |\dot{I}_{01} + \dot{I}_{02} + \dot{I}_{0cw}|$$

其中 I_{01}, I_{02}, I_{0cw} 分别为 I 侧、II 侧和公共绕组侧零序电流, I_{0cdqd} 为零序比率差动起动定值, I_{0d} 为零序差动电流, I_{0r} 为零序差动制动电流, K_{0b1} 为零序差动比率制动系数整定值, I_n 为 TA 二次额定电流。

当满足以上条件时, 零序比率差动动作。

零序比率差动保护的动作特性如下图:



由于单相故障时的故障电流就是零序电流, 则测试仪输出给保护的电流, 在高压侧和低压侧都只接 A (x) 相电流。

二. 试验举例

1. 试验接线

RCS—978E 保护装置与昂立测试仪 (A460) 的接线示意图如图 1—3:

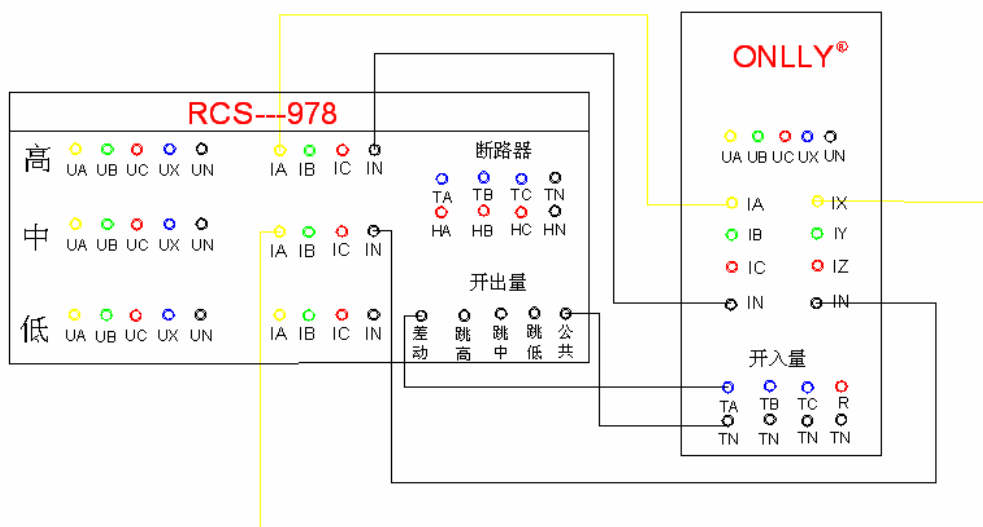


图 1—3

(1) 根据示意图, 将测试仪的两组电流分别接至保护装置的高、中压侧三相电流端子;

(2)差动保护的动作用接点接入测试仪的开入接点 A (TA)。

● 注：零序比率差动参与试验的绕组只能是高压侧—中压侧

2. 保护装置的设置

(1)相关保护参数定值：

序号	定值名称	数值	序号	定值名称	数值
1	零差起动电流	0.2Ie	4	零差 I 侧平衡系数	1.000
2	零差比率制动系数	0.6	5	零差 II 侧平衡系数	2.000
3	TA 断线闭锁零差控制字	0.7			

注：

● 各侧平衡系数和二次额定电流的数值都是由保护装置自动计算出来的。

(2)在“整定定值”里，把系统参数定值中的“主保护投入”和主保护定值中的“零序比率差动投入”运行控制字都置“1”，其余运行控制字都置“0”（‘1’表示投入，‘0’表示退出）；

(3)在保护屏上，仅投“零序差动保护硬压板”。

3. 测试仪的参数设置

打开测试仪，进入“差动保护”菜单下的“扩展三相差动”，并进行如下设置：

(1)“Id,r 定义”页面设置如下图所示：

其中：

1) “Id,r 定义”中的计算公式的选择与保护装置一致，由于保护装置的

$$I_{0d} = |\dot{I}_{01} + \dot{I}_{02} + \dot{I}_{0cw}|, \quad I_{0r} = \max\{|\dot{I}_{01}|, |\dot{I}_{02}|, |\dot{I}_{0cw}|\}, \quad \text{而 } I_{0cw}=0, \quad \text{故}$$

$$I_d = |K1 * I1 + K2 * I2|, \quad I_r = \max(|K1 * I1|, |K2 * I2|);$$

2)K1,K2 为零差高、中压侧的平衡系数，其值等于定值单中的零差 I、II 侧平衡系数。

(2)“I1,2 定义”页面设置如下图所示：

Id,r 定义

I1,2 定义

固定 Ir

搜索 Id

开关量

变压器接线方式

Y/Y-12接线

I1 输出方式

Ia1, Ib1, Ic1三相对称

频率

基波

相位

0.000

I2 输出方式

Ia2, Ib2, Ic2三相对称

频率

基波

相位

180.000

- 其中：
- 1) “变压器接线方式”设置为 Y/Y-12 接线，由于零序差动试验在高压侧和中压侧都只接 A（x）相电流，故不需要进行相角补偿；
 - 2) I1，I2 输出均为基波。
 - (3) 其它界面设置同“稳态比率差动”试验的界面设置。

4. 试验过程

按“start”开始试验。试验过程中，根据设置的动作和制动方程的定义，结合当前制动电流 Ir 和正在搜索的动作电流 Id 大小，测试仪将自动计算出高、低压侧电流，由 I1，I2 输出，同时接收保护的動作信号，按照二分法在比例制动特性曲线两侧进行扫描，逐渐逼近确定出动作边界。

5. 试验结果

1) 文本方式：

***** ONLY 系列继电保护测试系统测试报告 *****

设备编号：RCS-978E

测试菜单：差动试验（三相）

测试时间：2007 年 3 月 22 日 16 时 39 分

测试项目：比例制动

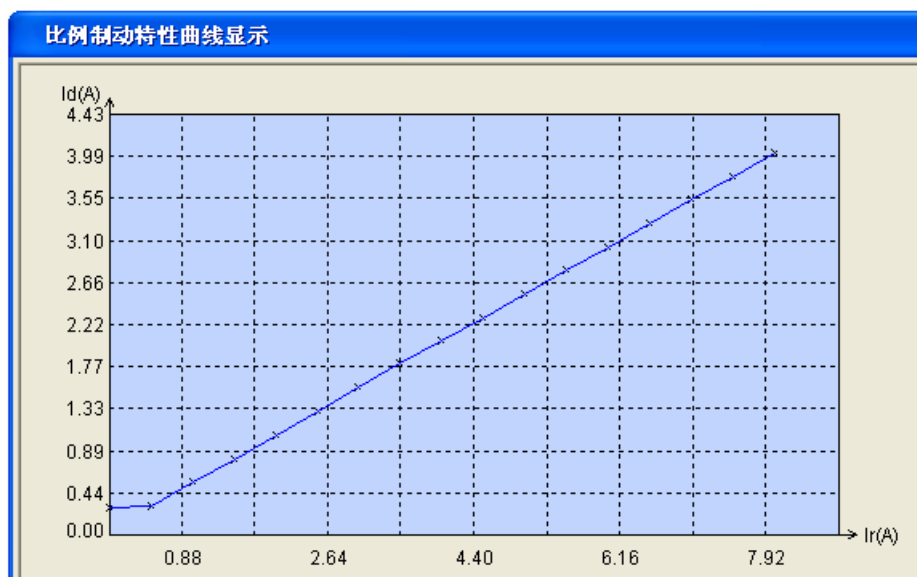
动作方程： $I_d = |K1 \cdot I1 + K2 \cdot I2|$ ； $I_r = \text{Max}(|K1 \cdot I1|, |K2 \cdot I2|)$

式中： $K1 = 1.0000$, $K2 = 2.0000$

制动系数： $K_{zd} = \Delta I_d / \Delta I_r$

序 号	制动电流 Ir	动作电流 Id	制动系数 Kzd
1	0.000 A	0.289 A	-----
2	0.500 A	0.300 A	0.022
3	1.000 A	0.553 A	0.506
4	1.500 A	0.798 A	0.491
5	2.000 A	1.044 A	0.491
6	2.500 A	1.297 A	0.506
7	3.000 A	1.550 A	0.506
8	3.500 A	1.803 A	0.506
9	4.000 A	2.041 A	0.475
10	4.500 A	2.286 A	0.491
11	5.000 A	2.539 A	0.506
12	5.500 A	2.784 A	0.491
13	6.000 A	3.037 A	0.506
14	6.500 A	3.280 A	0.486
15	7.000 A	3.538 A	0.516
16	7.500 A	3.779 A	0.482
17	8.000 A	4.031 A	0.504

2) 图形方式

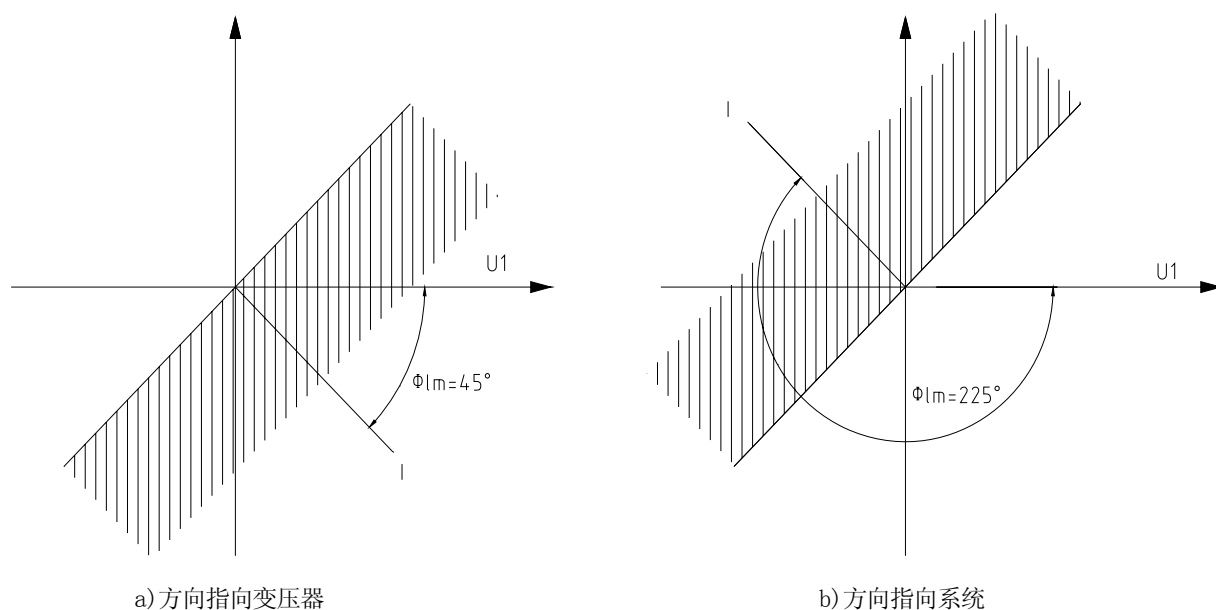


2.6 复合电压闭锁方向过流

一. 保护原理

过流保护主要作为变压器相间故障的后备保护。通过整定控制字可选择各段过流是否经过复合电压闭锁，是否经过方向闭锁，是否投入，跳哪几侧开关。

方向元件采用正序电压，并带有记忆，近处三相短路时方向元件无死区。接线方式为零度接线方式。当接入装置的 TA 正极性端在母线侧时，当“过流方向指向”控制字为“1”时，表示方向指向变压器，灵敏角为 45° ；当“过流方向指向”控制字为“0”时，表示方向指向系统，灵敏角为 225° 。方向元件的动作特性曲线如下图所示，阴影区为动作区。



复合电压闭锁方向过流指相间电压低启动过流或负序电压高启动过流，当不满足以上条

件时保护被闭锁。

二. 试验举例（以高压侧后备保护的过流 I 段第一时限为例）

相关保护参数定值：

序号	定值名称	数值	序号	定值名称	数值
01	相电流起动	1.0A	04	过流 I 段定值	4.0A
02	复压闭锁负序相电压	8.0V	05	过流 I 段第一时限	0.0S
03	复压闭锁相间低电压	60.0V			

（一）“相间低电压启动过流”试验

1. 试验接线

RCS—978E 保护装置与昂立测试仪（A460）的接线示意图如图 1—4：

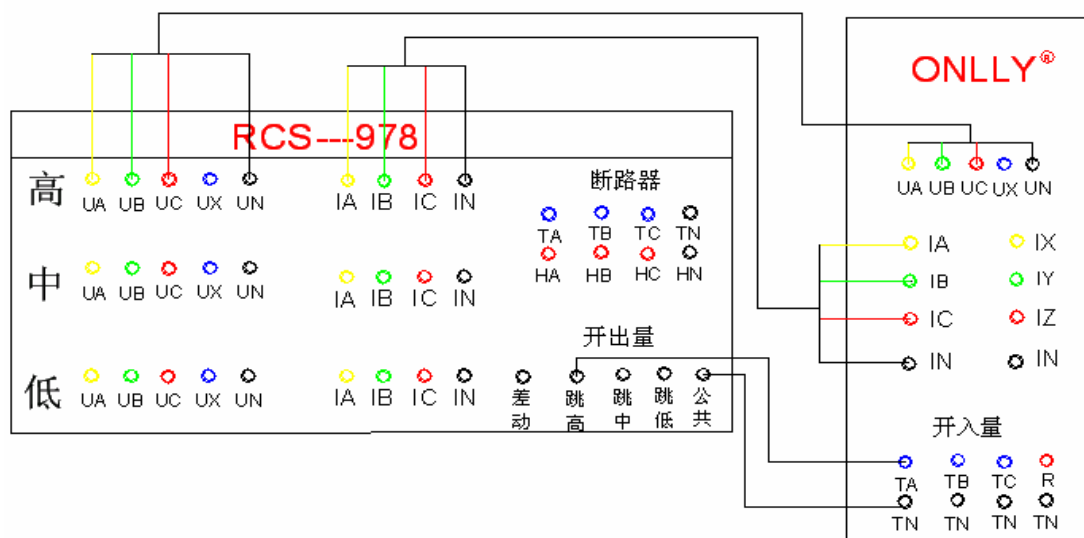


图 1—4

(1)根据示意图，将测试仪的电压和第一组电流分别接至保护装置的高压侧三相电压、电流端子；

(2)跳高压侧的动作接点接入测试仪的开入接点 A（TA）。

2. 保护装置的设置

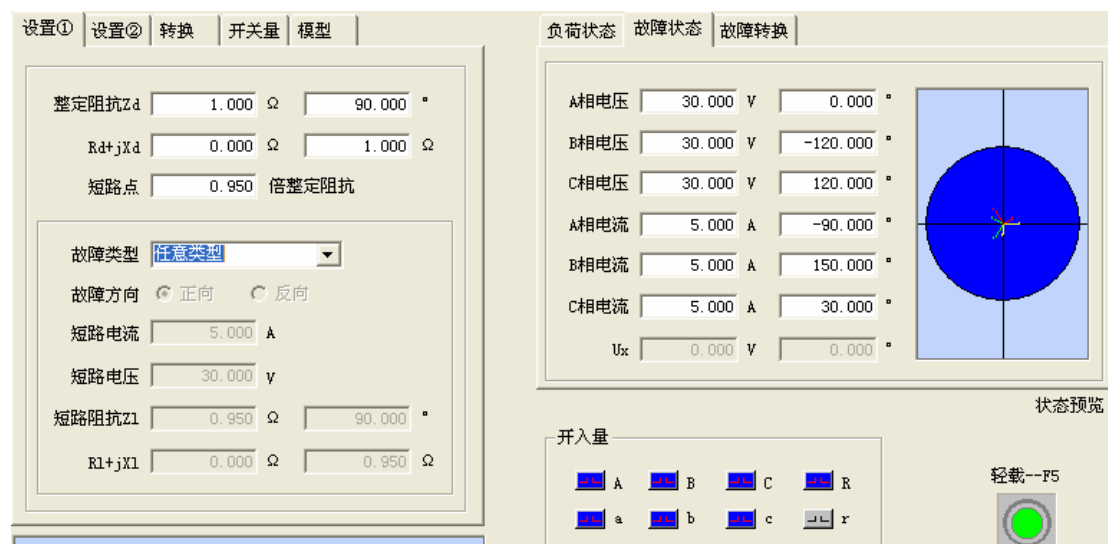
(1)在“整定定值”里，把系统参数定值中的“I 侧后备保护投入”和 I 侧后备保护定值中的运行控制字“过流 I 段经复压闭锁”置“1”，“过流 I 段经方向闭锁”、“TV 断线保护投退原则”和“本侧电压退出”都置“0”（‘1’表示投入，‘0’表示退出）；

(2)在保护屏上，仅投“投高压侧相间后备硬压板”。

3. 测试仪的参数设置

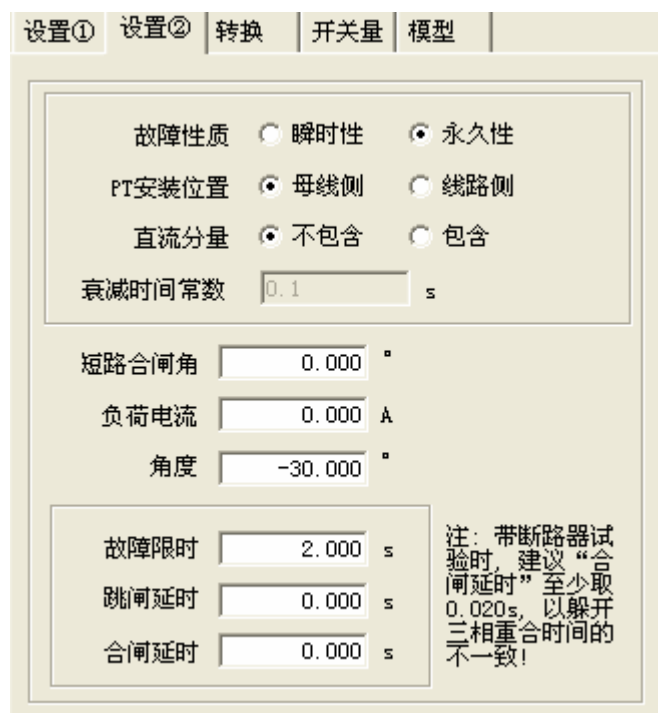
打开测试仪，进入“整组试验”菜单，并进行如下设置：

(1)“设置 1”页面设置如下图所示：



其中:

- 1) “故障类型”为任意类型,“故障方向”为正向;
- 2) “故障状态”的设置值应保证任一相间电压<复压闭锁相间低电压(60V), 负序电压<复压闭锁负序相电压(8V)(此时应确保负序电压闭锁过流 I 段), 任一相电流>过流 I 段定值(4A);
- 3) 其它的参数不需要设置。
- (2) “设置 2”页面设置如下图所示:



其中:

- 1) “故障限时”的设置值应保证保护在该时间内可以完成整个“跳闸—重合—再跳闸”的过程。
- 2) 其它的参数设置可不需要考虑。
- (3) “转换”页面设置中选择“故障不转换”。
- (4) “开关量”页面设置如下图所示:

设置①	设置②	转换	开关量	模型
开入接点 A	跳 A 接点			
开入接点 B	跳 B 接点			
开入接点 C	跳 C 接点			
开入接点 R	重合接点			
开入接点 a	a			
开入接点 b	b			
开入接点 c	c			
开入接点 r	r 无效：手控启动故障			
开出量控制		故障启动后闭合		
延时		0.000 s		
电流配置		第 1 组电流输出		

(5) “模型”页面设置如下图所示：

设置①	设置②	转换	开关量	模型
计算模型	电流恒定			
额定电压	57.735 V			
频率	50.000 Hz			
电源阻抗 Z_s	0.000 Ω			0.000 Ω
$R_s + jX_s$	0.000 Ω			0.000 Ω
补偿系数 K_s	0.670 +j			0.000
补偿系数 K_L	0.670 +j			0.000
U_x 设置	+3 U_0			
同期电压	0.000 V			0.000 Ω

4. 试验过程及结果

按“start”开始试验，等高压侧 TV 断线消失后，按“确认键”进入故障，此时复压闭锁相间低电压闭锁解除，过流 I 段动作。

(二) “相间低电压闭锁过流”试验

与“相间低电压启动过流”试验相比，只需修改“设置 1”页面设置中的“故障状态”的电压设置值，使之满足：三个相间电压 > 复压闭锁相间低电压（60V），负序电压 < 复压

闭锁负序相电压（8V）（此时也应确保负序电压闭锁过流 I 段），其它值不变。

“设置 1” 页面设置可如下图所示：

设置① 设置② 转换 开关量 模型

整定阻抗 Z_d 1.000 Ω 90.000 °
 R_d+jX_d 0.000 Ω 1.000 Ω
短路点 0.950 倍整定阻抗

故障类型 任意类型
故障方向 ☒ 正向 ☐ 反向
短路电流 5.000 A
短路电压 30.000 V
短路阻抗 Z_L 0.950 Ω 90.000 °
 R_L+jX_L 0.000 Ω 0.950 Ω

负荷状态 故障状态 故障转换

A相电压 40.000 V 0.000 °
B相电压 40.000 V -120.000 °
C相电压 40.000 V 120.000 °
A相电流 5.000 A -90.000 °
B相电流 5.000 A 150.000 °
C相电流 5.000 A 30.000 °
 U_{Σ} 0.000 V 0.000 °

开入量
☒ A ☒ B ☒ C ☒ R
☒ a ☒ b ☒ c ☒ r

状态预览

轻载--F5

然后按“start”开始试验，等高压侧 TV 断线消失后，按“确认键”进入故障，此时相间低电压闭锁过流 I 段，过流 I 段不动作。

(三) “负序电压启动过流” 试验

与“相间低电压启动过流”试验相比，只需修改“设置 1”页面设置中的“故障状态”的电压设置值，使之满足：负序电压>复压闭锁负序相电压（8V），三个相间电压>复压闭锁相间低电压（60V）（此时应确保相间低电压闭锁过流 I 段），其它值不变。

“设置 1” 页面设置可如下图所示：

设置① 设置② 转换 开关量 模型

整定阻抗 Z_d 1.000 Ω 90.000 °
 R_d+jX_d 0.000 Ω 1.000 Ω
短路点 0.950 倍整定阻抗

故障类型 任意类型
故障方向 ☒ 正向 ☐ 反向
短路电流 5.000 A
短路电压 25.000 V
短路阻抗 Z_L 0.950 Ω 90.000 °
 R_L+jX_L 0.000 Ω 0.950 Ω

负荷状态 故障状态 故障转换

A相电压 30.000 V 0.000 °
B相电压 57.735 V -120.000 °
C相电压 57.735 V 120.000 °
A相电流 5.000 A -90.000 °
B相电流 5.000 A 0.000 °
C相电流 5.000 A 0.000 °
 U_{Σ} 27.735 V -180.000 °

开入量
☒ A ☒ B ☒ C ☒ R
☒ a ☒ b ☒ c ☒ r

状态预览

轻载--F5

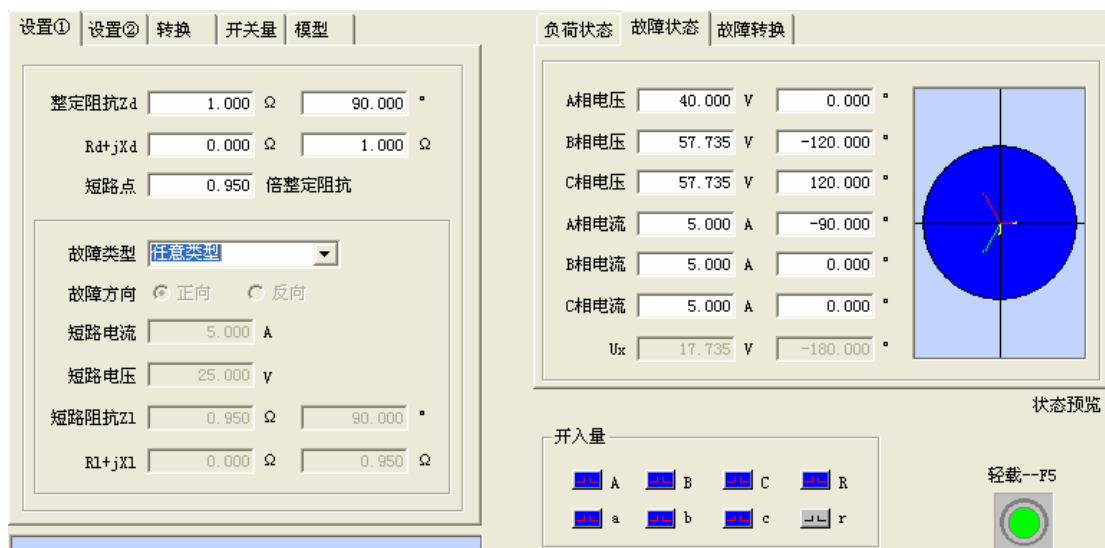
然后，按“start”开始试验，等高压侧 TV 断线消失后，按“确认键”进入故障，此时复压闭锁负序相电压闭锁解除，过流 I 段动作

(四) “负序电压闭锁过流” 试验

与“负序电压启动过流”试验相比，只需修改“设置 1”页面设置中的“故障状态”的电压设置值，使之满足：负序电压<复压闭锁负序相电压（8V），三个相间电压>复压闭锁

相间低电压（60V）（此时应确保相间低电压闭锁过流 I 段），其它值不变。

“设置 1” 页面设置可如下图所示：



然后按“start”开始试验，等高压侧 TV 断线消失后，按“确认键”进入故障，此时复压闭锁负序相电压闭锁过流 I 段，过流 I 段不动作。

(五) “方向启动过流” 试验

与“相间低电压启动过流”试验相比，需做以下改动：

1. 在“整定定值”里，把 I 侧后备保护定值中的运行控制字“过流 I 段经方向闭锁”置“1”，“过流 I 段的方向指向”置“0”，“过流 I 段经复压闭锁”、“TV 断线保护投退原则”、“本侧电压退出”都置“0”（‘1’表示投入，‘0’表示退出）；
2. 修改“设置 1”页面设置中的参数设置值，使之满足：任一相电流幅值>过流 I 段定值(4A)，并且相角位于方向元件的动作区。

“设置 1” 页面设置可如下图所示：



然后，按“start”开始试验，等高压侧 TV 断线消失后，按“确认键”进入故障，此时方向过流 I 段动作。

(六) “方向闭锁过流” 试验

与“方向启动过流”试验相比，修改“设置 1”页面设置中的参数设置值，使之满足：

任一相电流幅值>过流 I 段定值(4A)，且相角位于方向元件的不动作区。

“设置 1” 页面设置可如下图所示：

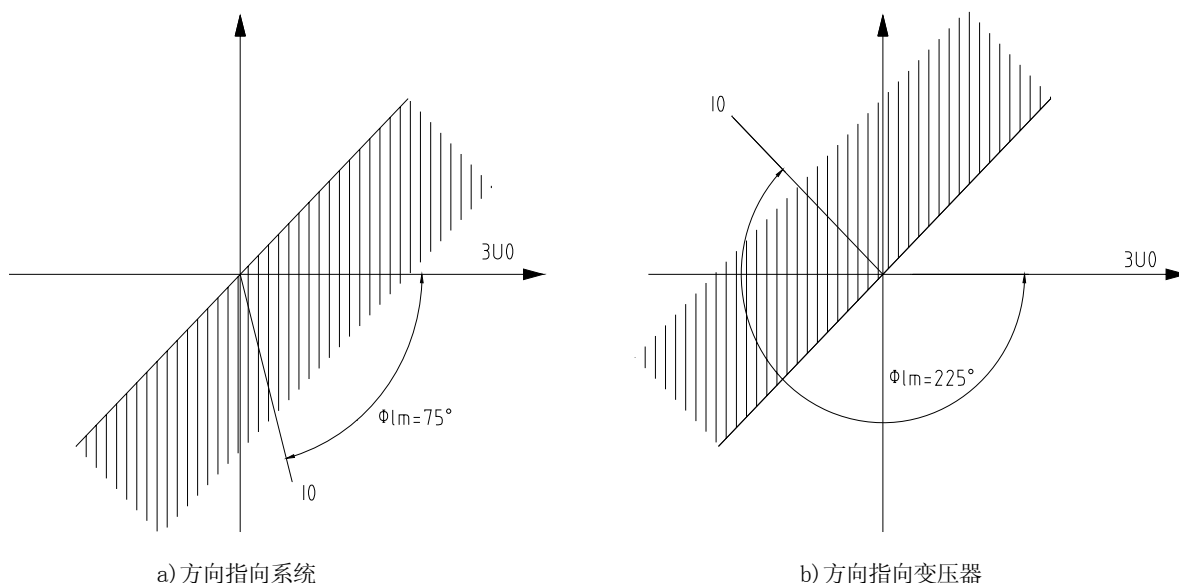
然后，按“start”开始试验，等高压侧 TV 断线消失后，按“确认键”进入故障，此时方向过流 I 段不动作。

2.7 零序方向过流保护

一. 保护原理

零序过流保护，主要作为变压器中性点接地运行时接地故障后备保护。通过整定控制字可控制各段零序过流是否经方向闭锁，是否经零序电压闭锁，是否经谐波闭锁，是否投入，跳哪几侧开关。

方向元件所采用的零序电压固定为自产零序电压。当零序电流外接套管 TA 或自产零序电流 TA 的正极性端在母线侧时，当“零序方向判别用自产零序电流”控制字为“1”，方向元件所采用的零序电流是自产零序电流；当“零序方向判别用自产零序电流”控制字为“0”，方向元件所采用的零序电流为外接零序电流。当“零序方向指向”控制字为“1”时，表示方向指向变压器，灵敏角为 225° ；当“零序方向指向”控制字为“0”时，表示方向指向系统，灵敏角为 75° 。方向元件的动作特性曲线如下图所示，阴影区为动作区。



零序电压闭锁零序过流是指自产零序电压高启动零序过流,当不满足以上条件时保护被闭锁。

二. 试验举例（以高压侧后备保护的零序 I 段第一时限为例）

相关保护参数定值:

序号	定值名称	数值	序号	定值名称	数值
01	自产零序启动电流	1A	03	零序 I 段定值	4.0A
02	零序电压闭锁定值	10.0V	04	零序 I 段第一时限	1.0S

（一）“零序电压启动零序过流”试验

1. 试验接线

RCS—978E 保护装置与昂立测试仪（A460）的接线示意图如图 1—4

注:

- 根据接线示意图,可知零序过流保护采用的是自产零序电流。

2. 保护装置的设置

- (1)在“整定定值”里,把系统参数定值中的“I 侧后备保护投入”和 I 侧后备保护定值中的运行控制字“零序过流 I 段经零序电压闭锁”、“零序 I 段用自产零序电流”都置“1”,“零序过流 I 段经方向闭锁”、“TV 断线保护投退原则”和“本侧电压退出”都置“0”（‘1’表示投入,‘0’表示退出);
- (2)在保护屏上,仅投“高压侧接地零序硬压板”。

3. 测试仪的参数设置

打开测试仪,进入“整组试验”菜单,并进行如下设置:

- (1)“设置 1”页面设置如下图所示:



其中:

- 1) “故障类型”为 A 相接地, “故障方向”为正向;
- 2) 短路电流要大于零序过流 I 段定值(4A);
- 3) “整定阻抗 Z_d ”的设置值应保证零序电压 $U_x >$ 零序电压闭锁定值 (10V)。

(2) “设置 2” 页面设置:

“故障限时”的设置值应保证保护在该时间内可以完成整个“跳闸—重合—再跳闸”的过程。

(3)其它界面设置同““相间电压低启动过流”试验的界面设置。

4. 试验过程及结果

按“start”开始试验, 等高压侧 TV 断线消失后, 按“确认键”进入故障, 此时零序电压闭锁零序电流的闭锁解除, 经延时零序过流 I 段动作。

(二) “零序电压闭锁零序过流”试验

与“零序电压启动零序过流”试验相比只需修改“设置 1”页面设置中的“整定阻抗 Z_d ”的阻抗值, 使零序电压 $U_x <$ 零序电压闭锁定值 (10V), 其它值不变。

“设置 1” 页面设置可如下图所示:



然后按“start”开始试验，等高压侧 TV 断线消失后，按“确认键”进入故障，此时零序电压闭锁零序过流 I 段，零序过流 I 段不动作。

(三) “零序方向启动零序过流”试验

与“零序电压启动零序过流”试验相比，需做以下改动：

1. 在“整定定值”里，把 I 侧后备保护定值中的运行控制字“零序过流 I 段经方向闭锁”、“零序方向判别用自产零序电流”、“零序 I 段用自产零序电流”都置“1”，“零序过流 I 段的方向指向”置“0”“零序过流 I 段经零序电压闭锁”、“TV 断线保护投退原则”和“本侧电压退出”都置“0”（‘1’表示投入，‘0’表示退出）
2. 修改“设置 1”页面设置中的“整定阻抗 Z_d ”的阻抗角，使其相角位于方向元件的动作区。

“设置 1”页面设置可如下图所示：

然后，按“start”开始试验，等高压侧 TV 断线消失后，按“确认键”进入故障，此时零序方向过流 I 段动作。

(四) “零序方向闭锁零序过流”试验

与“零序方向启动零序过流”试验相比，修改“设置 1”页面设置中的参数设置值，使之满足：任一相电流幅值 > 零序过流 I 段定值(4A)，且相角位于方向元件的不动作区。

“设置 1”页面设置可如下图所示：



然后，按“start”开始试验，等高压侧 TV 断线消失后，按“确认键”进入故障，此时零序方向过流 I 段不动作。

2.8 间隙零序过流过压保护

一. 保护原理

装置设有一段两时限间隙零序过流保护和一段两时限零序过压保护，来作为变压器中性点经间隙接地运行时的接地故障后备保护。间隙零序过流保护、零序过压保护动作并展宽 20ms 后计时。考虑到在间隙击穿过程中，零序过流和零序过压可能交替出现，装置设有“间隙保护方式”控制字。当“间隙保护方式”控制字为“1”时，零序过压和零序过流元件动作后相互保持，此时间隙保护的動作时间整定值和跳闸控制字的整定值均以间隙零序过流保护的整定值为准。

二. 试验举例（以高压侧后备保护的间隙过流保护为例）

1. 试验接线

RCS—978E 保护装置与昂立测试仪（A460）的接线示意图如图 1—5

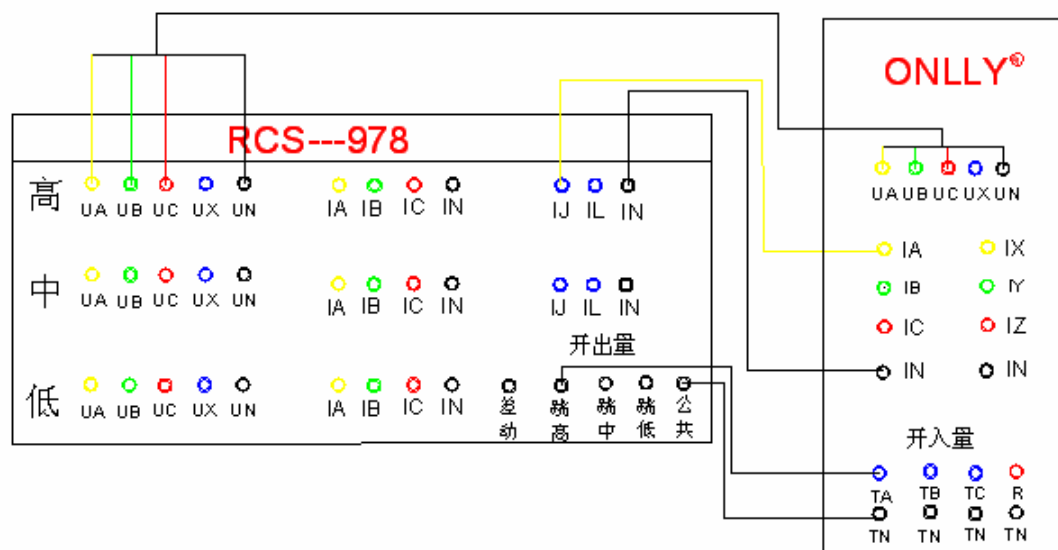


图 1—5

2. 保护装置的设置

(1)相关保护参数定值:

序号	定值名称	数值	序号	定值名称	数值
01	间隙零序启动电流	1A	03	间隙过流第一时限	0.5S
02	间隙过流定值	4.0A			

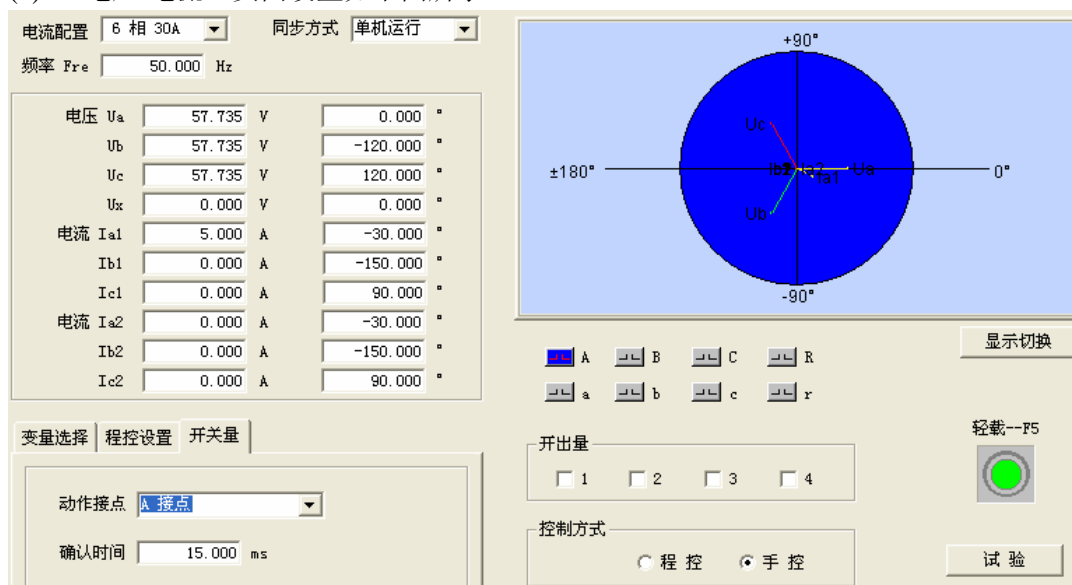
(2)在“整定定值”里,把系统参数定值中的“I侧后备保护投入”置“1”和I侧后备保护定值中的“间隙保护方式”运行控制字置“0”(‘1’表示投入,‘0’表示退出);

(3)在保护屏上,仅投“投高压侧不接地零序硬压板”。

3. 测试仪的参数设置

打开测试仪,进入“电压/电流”菜单,并进行如下设置:

(1)“电压/电流”页面设置如下图所示:



4. 试验过程及结果

按“start”开始试验,等“报警信号灯”灭后,按“确认键”进入故障,经延时间隙过流动作。

附录一

1. 系统参数定值样单

序号	定值名称	数值	序号	定值名称	数值
01	变压器容量整数部分	180MVA	15	TV 二次额定电压	57.7V
02	变压器容量小数部分	0MVA	16	I 侧 TV1 零序副边	100V
03	额定频率	50Hz	17	II 侧 TV2 零序副边	100V
04	TA 二次额定电流	1A	18	III 侧 TV3 零序副边	100V
05	I 侧零序 TA6 副边	1A	19	IV 侧 TV4 零序副边	100V
06	I 侧间隙零序 TA7 副边	1A	20	I 侧 TV1 原边	220KV
07	II 侧零序 TA8 副边	1A	21	II 侧 TV2 原边	110KV
08	II 侧间隙零序 TA9 副边	1A	22	III 侧 TV3 原边	10.5KV
09	公共绕组零序 TA10 副边	1A	23	IV 侧 TV4 原边	10.5KV
10	I 侧零序 TA6 原边	300A	24	I 侧一次电压	220KV
11	I 侧间隙零序 TA7 原边	100A	25	II 侧一次电压	110KV
12	II 侧零序 TA8 原边	300A	26	III 侧一次电压	10.5KV
13	II 侧间隙零序 TA9 原边	100A	27	IV 侧一次电压	10.5KV
14	公共绕组零序 TA10 原边	300A	28	变压器接线方式	00002
以下是运行方式控制字整定 ‘1’ 表示投入, ‘0’ 表示退出					
29	主保护投入	0	28	IV 侧后备保护投入	0
30	I 侧后备保护投入	0	34	III、IV 侧和电流保护投入	0
31	II 侧后备保护投入	0	35	公共绕组后备保护投入	0
32	III 侧后备保护投入	0			

注:

“变压器接线方式”置“0”,代表变压器接线方式为 $Y_{12}/Y_{12}/\Delta_{11}/\Delta_{11}$

2. 主保护定值样单

序号	定值名称	数值	序号	定值名称	数值
01	I 侧 TA1 原边	600A	10	差动速断电流	5Ie
02	II 侧 TA2 原边	1200A	11	TA 报警差流定值	0.2Ie
03	III 侧 TA3 原边	10000A	12	零差起动电流	0.3In
04	IV 侧 TA4 原边	10000A	13	零差比率制动系数	0.5
05	公共绕组 TA5 原边	1200A	14	TA 断线闭锁差动控制字	0000
06	差动起动电流	0.5Ie	15	TA 断线闭锁零差	0000
07	比率差动制动系数	0.5	16	涌流闭锁方式控制字	0000
08	二次谐波制动系数	0.15	17	主保护跳闸控制字	001F
09	三次谐波制动系数	0.2			
以下是运行方式控制字整定 ‘1’ 表示投入, ‘0’ 表示退出					
18	差动速断投入	0	21	工频变化量差动保护投入	0
19	比率差动投入	0	22	过激磁倍数计算侧	0
20	零序比率差动投入	0	23	三次谐波闭锁投入	0

3. I 侧后备保护定值样单

序号	定值名称	数值	序号	定值名称	数值
01	相电流起动	0.5 A	31	零序Ⅱ段第一时限控制字	0003
02	自产零序启动电流	0.5 A	32	零序Ⅱ段第二时限	2.5S
03	外接零序启动电流	0.5 A	33	零序Ⅱ段第二时限控制字	001F
04	间隙零序启动电流	0.5 A	34	零序Ⅱ段第三时限	2.5
05	零序电压起动	70.0V	35	零序Ⅱ段第三时限控制字	001F
06	复压闭锁负序相电压	8.0V	36	零序Ⅲ段定值	2.0A
07	复压闭锁相间低电压	60.0V	37	零序Ⅲ段第一时限	3.0S
08	过流Ⅰ段定值	4.0A	38	零序Ⅲ段第一时限控制字	001F
09	过流Ⅰ段第一时限	0.0S	39	零序Ⅲ段第二时限	3.5S
10	过流Ⅰ段第一时限控制字	0021	40	零序Ⅲ段第二时限控制字	001F
11	过流Ⅰ段第二时限	1.5S	41	零序过压定值	150.0V
12	过流Ⅰ段第二时限控制字	0003	42	零序过压第一时限	0.5S
13	过流Ⅱ段定值	3.0A	43	零序过压第一时限控制字	0003
14	过流Ⅱ段第一时限	2.0S	44	零序过压第二时限	1.0S
15	过流Ⅱ段第一时限控制字	0003	45	零序过压第二时限控制字	001F
16	过流Ⅱ段第二时限	2.5S	46	间隙过流定值	4.0A
17	过流Ⅱ段第二时限控制字	001F	47	间隙过流第一时限	0.5S
18	过流Ⅲ段定值	2.0A	48	间隙过流第一时限控制字	0003
19	过流Ⅲ段第一时限	3.0S	48	间隙过流第二时限	1.0S
20	过流Ⅲ段第一时限控制字	001F	49	间隙过流第二时限控制字	001F
21	过流Ⅲ段第二时限	3.5S	51	过负荷Ⅰ段定值	4.0A
22	过流Ⅲ段第二时限控制字	001F	52	过负荷Ⅰ段延时	8.0S
23	零序电压闭锁定值	10.0V	53	过负荷Ⅱ段定值	3.0S
24	零序Ⅰ段定值	4.0A	54	过负荷Ⅱ段延时	7.0S
25	零序Ⅰ段第一时限	1.0S	55	起动风冷Ⅰ段	2.5A
26	零序Ⅰ段第一时限控制字	0021	56	风冷Ⅰ段延时	9.0S
27	零序Ⅰ段第二时限	1.5S	57	起动风冷Ⅱ段	4.0A
28	零序Ⅰ段第二时限控制字	0003	58	风冷Ⅱ段延时	6.0S
29	零序Ⅱ段定值	3.0A	59	闭锁调压电流定值	5.5A
30	零序Ⅱ段第一时限	2.0S	60	闭锁调压延时	8.0S
以下是运行方式控制字整定 ‘1’ 表示投入, ‘0’ 表示退出					
61	过流Ⅰ段经复压闭锁	0	76	零序Ⅱ段经谐波制动闭锁	0
62	过流Ⅱ段经复压闭锁	0	77	零序Ⅰ段用自产零序电流	0
63	过流Ⅲ段经复压闭锁	0	78	零序Ⅱ段用自产零序电流	0
64	过流Ⅰ段经方向闭锁	0	79	间隙保护方式	0
65	过流Ⅱ段经方向闭锁	0	80	过负荷Ⅰ段投入	0
66	过流Ⅰ段的方向指向	0	81	过负荷Ⅱ段投入	0
67	过流Ⅱ段的方向指向	0	82	起动风冷Ⅰ段投入	0
68	零序过流Ⅰ段经零序电压闭锁	0	83	起动风冷Ⅱ段投入	0

69	零序过流 II 段经零序电压闭锁	0	84	过载闭锁调压投入	0
70	零序过流 I 段经方向闭锁	0	85	TV 断线保护投退原则	0
71	零序过流 II 段经方向闭锁	0	86	本侧电压退出	0
72	零序过流 I 段的方向指向	0	87	过流保护经 II 侧复压闭锁	0
73	零序过流 II 段的方向指向	0	88	过流保护经 III 侧复压闭锁	0
74	零序方向判别用自产零序电流	0	89	过流保护经 IV 侧复压闭锁	0
75	零序 I 段经谐波制动闭锁	0			

4. 差动计算定值（查看方式：主菜单 → 保护状态 → 保护板状态 → 差动计算定值）

I 侧平衡系数	1.256	I 侧二侧额定电流	0.787	零差 I 侧平衡系数	1.000
II 侧平衡系数	1.256	II 侧二侧额定电流	0.787	零差 II 侧平衡系数	2.000
III 侧平衡系数	0.999	III 侧二侧额定电流	0.989	零差公共侧平衡系数	2.000
IV 侧平衡系数	0.999	IV 侧二侧额定电流	0.989		