

目录

目录.....	0
第一章 线路保护	1
第一节 过流保护	1
1-1 过流保护定值测试	1
1-2 过流方向测试	4
1-3 过流保护低电压闭锁定值测试.....	6
第二节 低周减载	9
2-1 低周减载频率动作值测试.....	9
2-2 低周减载时间测试	11
2-3 低周减载滑差闭锁值测试.....	13
2-4 低电压闭锁定值测试	14
2-5 低电流闭锁定值测试	15
2-6 低压减载滑差闭锁值测试.....	17
第三节 零序保护	24
3-1 零序保护 I、II、III段定值测试.....	24
第四节 距离保护	27
4-1 距离保护 I、II、III段定值测试.....	27
第二章 变压器保护	30
第一节 变压器差动保护	30
1-1 比率差动测试	30
1-2 谐波制动测试	40
第三章 自动装置	47
第一节 自动重合闸	47
1-1 重合闸检同期定值校验.....	47
1-2 重合闸检无压定值校验.....	52
附录一：差动保护知识	53

第一章 线路保护

第一节 过流保护

1-1 过流保护定值测试

1. 假设某保护装置保护定值设置如下：

速断定值 15A

过流定值 I 段定值 8A,0.5S; II 段定值 5A, 2S

过负荷定值 3A, 5S

保护压板 投速断、过流、过负荷

2. 试验接线：

将测试仪的电压和电流输出端与保护装置对应的端子相连接，将保护装置跳闸出口接点与测试仪开入量 TA 相连接，保护出口公共端与开入量公共端 TN 相连接。具体接线如下图所示：

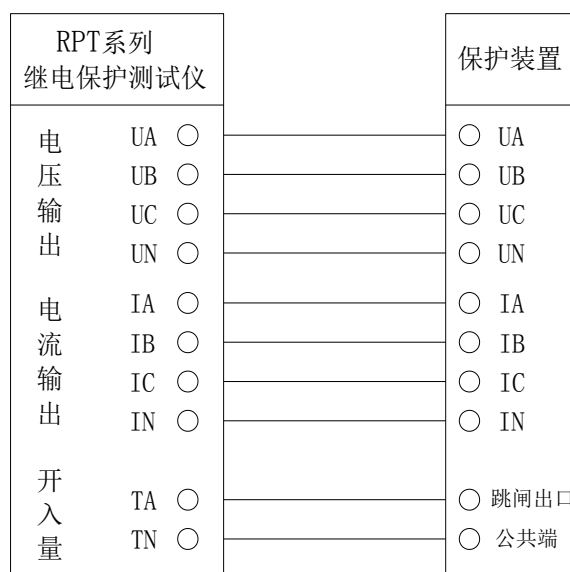


图 1-1 过流保护接线图

3. 过流保护定值校验

单击“线路定值”，在“试验参数”窗口填写试验参数，若不测重合闸，故障前时间只需大于保护复归时间即可。具体设置如下图所示：

试验参数	速断及过流	零序电流	负序电流
Z =	1.000 Ω	Φ =	0.000 °
R =	1.000 Ω	X =	0.000 Ω
Kr =	0.667	Kx =	0.000
Ux =	0		0.000 V
额定电压	57.740 V	负荷电流	0.000 A
故障前时间	25.000 S	额定频率	50.000 Hz
跳闸延时	20 ms	PT安装位置	母线侧
合闸延时	20 ms	故障性质	瞬时性
防抖动时间	20 ms	跳闸方式	三相跳闸

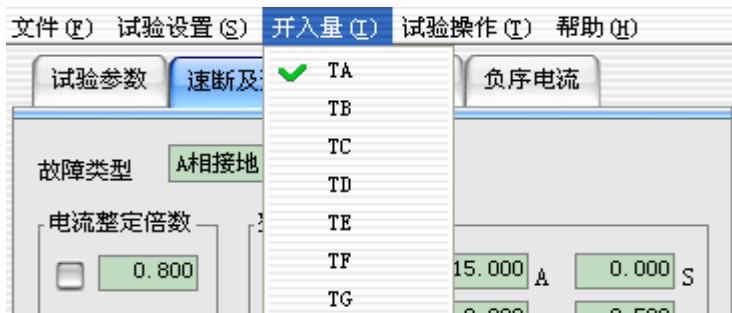
- Z: 短路阻抗定值幅值。
- φ: 短路阻抗定值角度。
- R: 短路阻抗定值电阻。
- Kr: 用于计算零序补偿系数, 设为0.667。
- Kx: 用于计算零序补偿系数, 设为0。
- Ux为第四路电压通道, 一般设为0V。
- 额定频率: 在额定状态时工作的频率, 一般为50Hz。
- 额定电压: 在额定状态时输出的电压值, 一般为57.740V。
- 负荷电流: 与故障后的短路电流相比, 负荷电流很小, 一般为0A。
- 故障前时间: 每次子试验项目测试前, 测试仪均输出一段时间的故障前状态(即空载状态), 以保证保护接点可靠复归, 且重合闸准备完毕。故, 该时间的设置一般大于保护的复归时间(含重合闸充电时间), 通常取20~25 秒左右。
- 故障性质: 选择“瞬时性”故障或“永久性”故障。
- 其他参数均取默认。

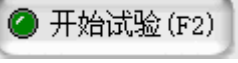
注: 合理设置短路阻抗 Z 和补偿系数 Kr、Kx 以保证计算出的电路电压不越限。

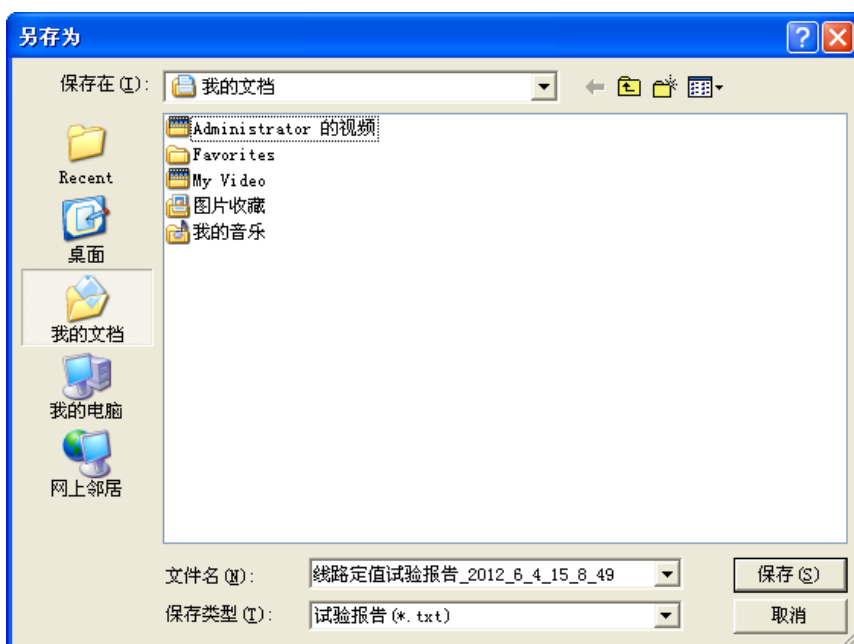
在“速断及过流”窗口选择故障类型, 按保护定值输入相应的定值及延时, 根据需选择各段过流定值的测试倍数。根据规程满足±5%的误差要求, 各段的测试项目选择为1.05和0.95。若想测试保护的動作时间, 也可以同时选择1.2倍测试倍数。



在“开入量”窗口选择 TA。



参数设置完毕后，点击 ，在过流保护试验过程中测试仪将按顺序输出以上设置的各种故障，并记录保护动作时间。当试验完成后，测试仪自动停止输出并弹出提示对话框，此时可保存试验报告。



注：试验报告必须保存在 D 盘，C 盘有系统保护，重启电脑之后数据会还原到出厂状态。

1-2 过流方向测试

1. 以 LG-11 功率方向继电器为例

最大灵敏角 -30°

额定电流 5A

2. 试验接线

UB 接电压线圈⑦，UC 接电压线圈⑧；IA 接电流线圈⑤，IN 接电流线圈⑥；开入量 TA、TN 接继电器接点 11、12，具体接线如图 1-2 所示：

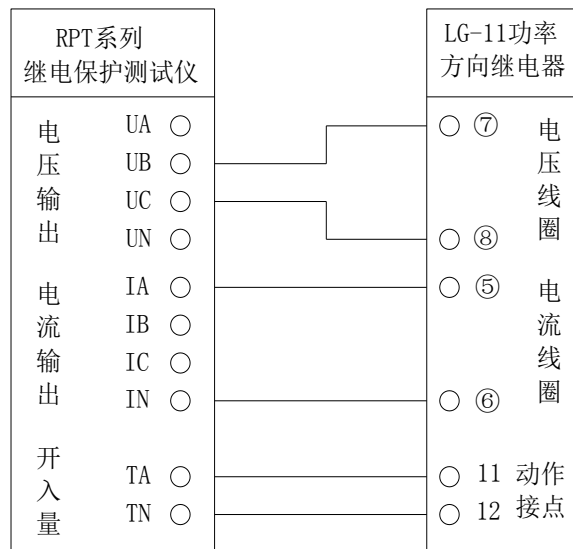


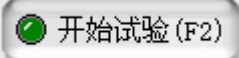
图 1-2 功率方向试验接线图

3. 功率方向灵敏角校验

单击“常规试验”，在“功率方向继电器”窗口填写试验参数，“开入量”窗口选择 TA。试验时角度范围一定要从不动作到动作搜索方式设定且角度范围稍大于定值范围，才能测出准确的动作区。具体设置如下图所示：

功率方向继电器		阻抗继电器	
保护类型	相间功率方向		
故障类型	AB相短路 (U _{bc} , I _a)		
额定电压	57.740 V	频率	50.000 Hz
故障电压	30.000 V	故障电流	5.000 A
动作边界1	-140.000 °	动作边界2	60.000 °
角度步长	1.000 °	当前角度	0.000 °
故障前时间	0.000 S	故障时间	1.000 S
复归时间	0.000 S	防抖动时间	0.020 S

- 保护类型：根据待测试继电器的类型，程序提供了三种常见的继电器类型，包括“相间功率方向”、“零序功率方向”、“负序功率方向”。
- 故障类型：选择不同的保护类型时，程序会自动列出与之相匹配的故障，括号内是接线提示。
- 额定电压：待测试继电器的额定电压。
- 故障电压：故障相输出的电压。
- 故障电流：故障相输出的电流。
- 动作边界1：线电压角度由此开始递增变化，搜索第一个动作边界。
- 动作边界2：线电压角度由此开始递减变化，搜索第二个动作边界。
- 角度步长：试验过程中，电压角度的每次变化步长。
- 当前角度：试验时，显示当前输出的线电压角度。
- 故障前时间：进入故障前的时间，此时电流为0，电压为额定电压。
- 故障时间：输出故障电压、故障电流的时间。
- 复归时间：退出故障后的时间，此时电压、电流均为0。
- 其他均设为默认值。

参数设置完毕后，点击 ，灵敏角测试时采用固定 IA 相角为 0°，改变 UB、UC 相角。UBC 从变化起点-140°开始，按角度步长增加，直到继电器动作，记录边界 1 的动作值；再从终点 60°开始，按角度步长减小，直到继电器动作，记录边界 2 的动作值，并计算出灵敏角自动停止试验，根据提示

选择是否保存试验报告。

1-3 过流保护低电压闭锁定值测试

1. 假设某保护装置保护定值设置如下：

过流定值 5A ， 0.5S

过流保护低电压闭锁值 70V

2. 试验接线：

试验接线参照图 1-1 所示。

3. 过流保护低电压闭锁值校验：

单击“递变试验”，在“输出设置”中选择 UA、UB、UC 和 IA，在“开入量”中选择 TA。

文件(F)		输出设置(O)		开入量(I)		开出量(O)		试验操作(T)		帮助(H)	
		✓ UA	Ctrl+1			步长	输出幅值	初始相位	相位步长	输出相位	
UA	交	✓ UB	Ctrl+2			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		✓ UC	Ctrl+3			0.00	0.00	-120.00	0.00	0.00	
UB	交	✓ IA	Ctrl+4			0.00	0.00	120.00	0.00	0.00	
		IB	Ctrl+5			0.00	0.00	-30.00	0.00	0.00	
UC	交	IC	Ctrl+6			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Ua	Ctrl+F1			0.00	0.00	-150.00	0.00	0.00	
IA	交	Ub	Ctrl+F2			0.00	0.00	90.00	0.00	0.00	
		Uc	Ctrl+F3			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
IB	交	Ia	Ctrl+F4			0.00	0.00	-120.00	0.00	0.00	
		Ib	Ctrl+F5			0.00	0.00	120.00	0.00	0.00	
UC	交	Ic	Ctrl+F6			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		3I4U				0.00	0.00	-30.00	0.00	0.00	
IA	交	6I8U				0.00	0.00	-150.00	0.00	0.00	
IB	交					0.00	0.00	120.00	0.00	0.00	
Ic	交	流				0.00	0.00	0.00	90.00	0.00	0.00

文件(F)		输出设置(O)		开入量(I)		开出量(O)		试验操作(T)		帮助(H)	
				✓ TA		幅值	初始相位	相位步长	输出相位		
UA	交	流	5	TB		0.00	0.00	0.00	0.00		
				TC		0.00	-120.00	0.00	0.00		
UB	交	流	5	TD		0.00	120.00	0.00	0.00		
				TE		0.00	-30.00	0.00	0.00		
UC	交	流	5	TF		0.00	150.00	0.00	0.00		
				TG		0.00	-150.00	0.00	0.00		
IA	交	流		TH							
				TI							
IB	交	流		TJ							
				TK							

在选好输出通道后便可以输入 UA、UB、UC 和 IA 的初始幅值和幅值步长，三相电压初始幅值设为 46.19V，即线电压为 80V，初始相位依次为 0° 、 -120° 、 120° ，相位步长为 0° 。幅值步长设为 0.577V，即线电压变化步长为 1V。IA 设为 6A，大于保护动作电流，幅值步长设为 0A，初始相位和相位步长设为 0° 。具体设置如下图所示：

		初始幅值	幅值步长	输出幅值	初始相位	相位步长	输出相位
UA	交流	46.19	0.577	0.000	0.00	0.00	0.00
UB	交流	46.19	0.577	0.000	-120.00	0.00	0.00
UC	交流	46.19	0.577	0.000	120.00	0.00	0.00
IA	交流	6	0.000	0.000	0	0.00	0.00
IB	交流	0.000	0.000	0.000	-150.00	0.00	0.00
IC	交流	0.000	0.000	0.000	90.00	0.00	0.00
Ua	交流	57.740	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
Ub	交流	57.740	0.000	0.000	-120.00	0.00	0.00
Uc	交流	57.740	0.000	0.000	120.00	0.00	0.00
Ia	交流	0.000	0.000	0.000	-30.00	0.00	0.00
Ib	交流	0.000	0.000	0.000	-150.00	0.00	0.00
Ic	交流	0.000	0.000	0.000	90.00	0.00	0.00

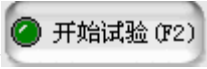
“递变试验”可以用手动和自动两种方式控制，下面以自动方式来测试过流保护低电压闭锁值。在“试验操作”中选择试验设置，具体参数设置如下图所示：

试验设置

<p>自动递增</p> <p>连续递变</p> <p>间隔时间 <input style="width: 50px;" type="text" value="600"/> ms</p> <p>UA 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="30"/> V</p> <p>UB 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="30"/> V</p> <p>UC 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="30"/> V</p> <p>Ua 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="120"/> V</p> <p>Ub 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="120"/> V</p> <p>Uc 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="120"/> V</p>	<p>动作后停止</p> <p>复归时间 <input style="width: 50px;" type="text" value="1000"/> ms</p> <p>防抖动时间 <input style="width: 50px;" type="text" value="20"/> ms</p> <p>IA 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/> A</p> <p>IB 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/> A</p> <p>IC 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/> A</p> <p>Ia 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/> A</p> <p>Ib 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/> A</p> <p>Ic 结束值 <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/> A</p>
---	---

- 手动控制：试验运行时完全由操作人员来进行手动控制。
- 自动递增：试验运行时软件将根据用户设置的步长自动递增。
- 自动递减：试验运行时软件将根据用户设置的步长自动递减。
- 动作后停止：开入量接收到动作信号后立即停止试验。
- 动作后返回：开入量接收到动作信号后向初始值进行递变。
- 动作后继续：开入量接收到动作信号后不采取任何动作继续进行试验。
- 连续递变：步长递增或递减是连续变化的。
- 脉冲递变：每次步长递增或递减之间会输出一个复归状态，此时所有电压、电流输出为 0。
- 复归时间：复归状态输出的时间，一般应大于保护装置的复归时间，以保证保护装置可靠复归。
- 间隔时间：自动变化时，每次变化之间的时间。
- 防抖动时间：当保护装置的动作接点闭合或打开时间小于该时间，则接点动作不被确认

注：UA、UB、UC 结束值必须小于 40V，即线电压小于 70V，间隔时间必须大于保护动作延时。

参数设置完毕后，点击 ，测试仪以幅值步长减小电压输出值，直到保护动作自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

第二节 低周减载

2-1 低周减载频率动作值测试

1. 假设某保护装置定值设置如下：

低周保护低频定值 49Hz ， 0.5S

df/dt 闭锁定值 3Hz/S， 低电压闭锁定值 70V

保护压板 投低周保护、df/dt 闭锁

2. 试验接线：

将测试仪的电压输出端与保护装置对应的端子相连接，将保护装置跳闸出口接点与测试仪开入量 TA 相连接，保护出口公共端与开入量公共端 TN 相连接。根据各保护装置判据不一样，有的保护装置还需加入电流。具体接线如下图所示：

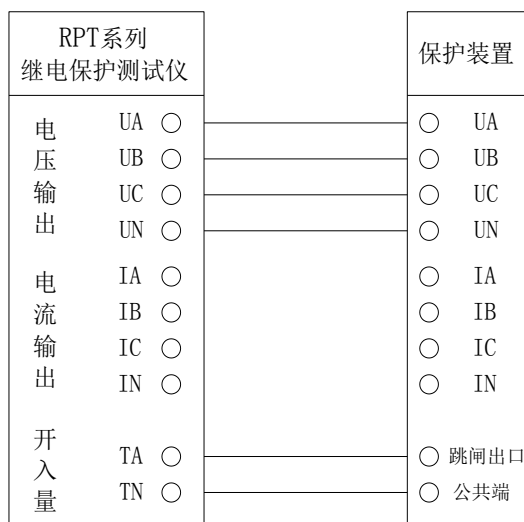
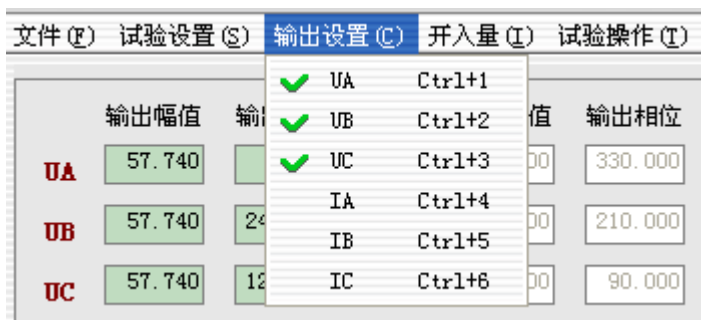
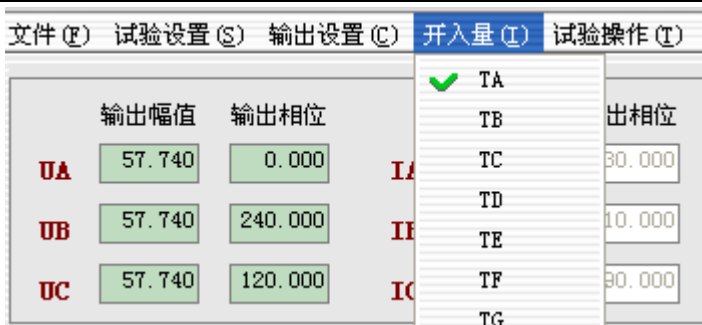


图 2-1 低周减载试验接线图

3. 低周减载频率动作值校验：

单击“频率滑差”，在“输出设置”中选择 UA、UB、UC，在“开入量”中选择 TA。





输出电压值：应保证线电压大于低周保护低压闭锁值 70V，一般设为三相正序额定电压即可。

在“动作值测试”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：



- 搜索起点：频率的搜索起点。
- 搜索终点：频率的搜索终点。
- 搜索步长：搜索频率的变化步长。一般地，根据测试要求选择合适的步长，步长越小，动作值的测试精度越高。
- 等待时间：设置每一步搜索过程结束后保持当前输出，等待保护动作的时间，一般地，等待时间的设置应大于保护的動作时间。
- 复归频率：保证在复归时间内使保护装置可靠复归的频率。
- 复归时间：考虑到保护可能需要一定时间的复归过程，所以在试验前首

先输出由变化起点所确定的电压电流状态，以保证试验前保护可靠复归。

- df/dt : 频率的变化速度。

注：应保证搜索起点和搜索终点构成的搜索范围覆盖保护的動作值，频率滑差应小于 df/dt 闭锁定值，等待时间应大于动作延时。

低周减载频率动作值的测试逻辑如图 2-2

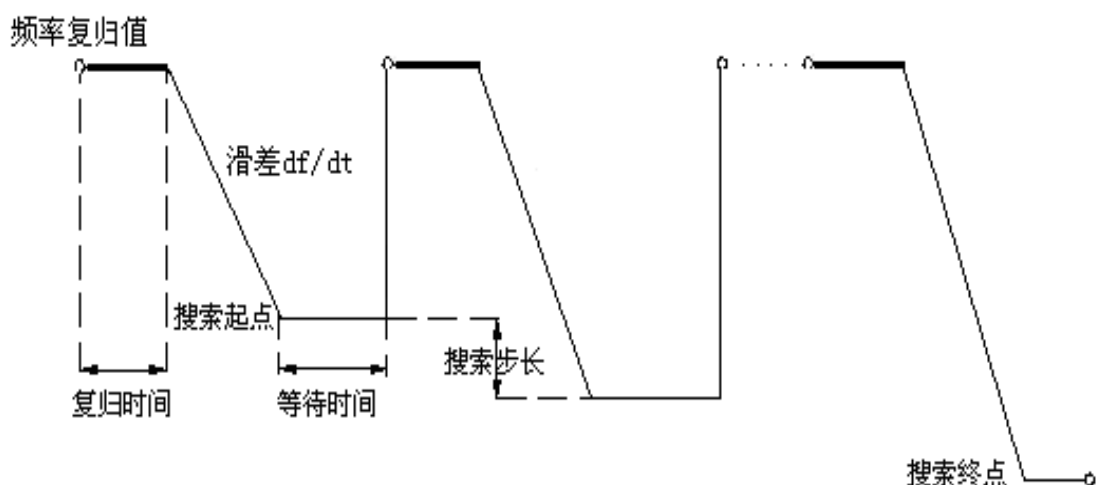
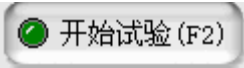


图 2-2 低周减载频率动作值的测试逻辑

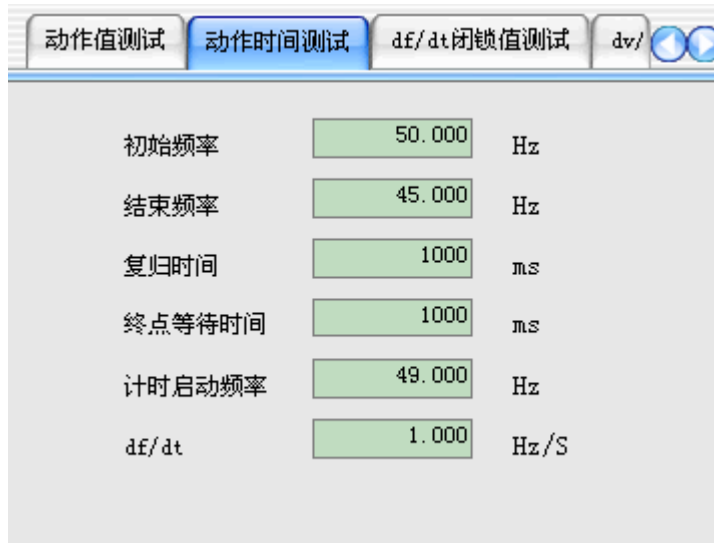
参数设置完毕后，点击 ，在动作值测试过程中，根据图 2-2 的测试逻辑，逐步减小输出频率，直到保护动作自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

2-2 低周减载时间测试

1. 试验接线见图 2-1。
2. 低周减载时间定值校验：

“输出设置”及“开入量”选择同频率动作值测试试验。

在“动作时间测试”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：



- 初始频率：频率变化的起点。
- 结束频率：频率变化的终点。
- 复归时间：考虑到保护可能需要一定时间的复归过程，所以在试验前首先输出由变化起点所确定的电压电流状态，以保证试验前保护可靠复归。
- 终点等待时间：搜索结束后保持当前输出，等待保护动作的时间，一般地，等待时间的设置应大于保护的動作时间。
- 计时启动频率：试验过程中，所选择变量按设定的滑差变化到计时启动值时，计时启动，开始进行时间测量，直到保护动作计时结束。
- df/dt ：频率的变化速度。

注：应保证初始频率和结束频率构成的搜索范围覆盖保护的動作值，频率滑差应小于 df/dt 闭锁定值，计时启动值应设为動作值测试中所测实际频率。

低周减载動作时间测试逻辑如图 2-3 所示：

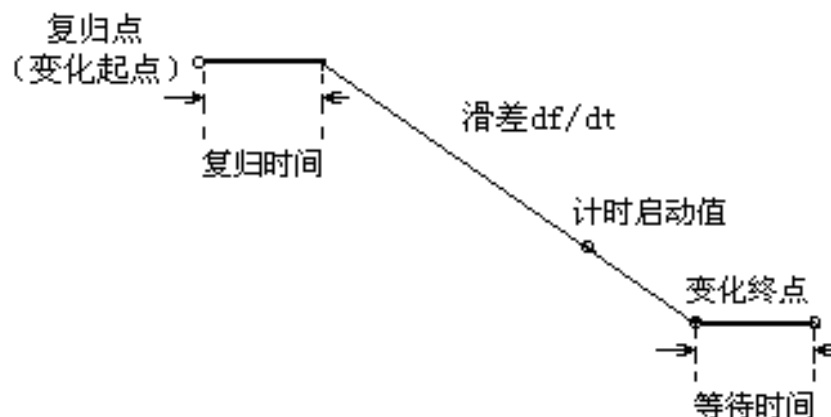
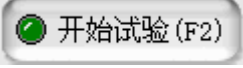


图 2-3 低周减载动作时间测试逻辑

参数设置完毕后，点击 ，在动作时间测试过程中，按图 2-3 测试逻辑，逐步减小频率，直到保护动作自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

2-3 低周减载滑差闭锁值测试

1. 试验接线见图 2-1。
2. 低周减载滑差闭锁值校验：

“输出设置”及“开入量”选择同频率动作值测试试验。

在“df/dt 闭锁值测试”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

动作值测试	动作时间测试	df/dt闭锁值测试	dv/
初始频率	50.000	Hz	
结束频率	45.000	Hz	
复归时间	1000	ms	
等待时间	1000	ms	
df/dt 起点	4.000	Hz/S	
df/dt 终点	2.000	Hz/S	
df/dt 步长	0.100	Hz/S	

- 初始频率：频率变化的起点。
- 结束频率：频率变化的终点。
- 复归时间：考虑到保护可能需要一定时间的复归过程，在试验前首先输出由变化起点所确定的电压电流状态，以保证试验前保护可靠复归。
- 等待时间：设置每一步搜索过程结束后保持当前输出，等待保护动作的时间，一般地，等待时间的设置应大于保护的動作时间。
- df/dt起点：滑差搜索值的起点。
- df/dt终点：滑差搜索值的终点。
- df/dt步长：滑差的变化步长。

注：应保证初始频率和结束频率构成的搜索范围覆盖保护的動作值，滑差起

点和滑差终点构成的搜索范围覆盖滑差闭锁定值。

低周减载滑差闭锁测试逻辑如图 2-4 所示：

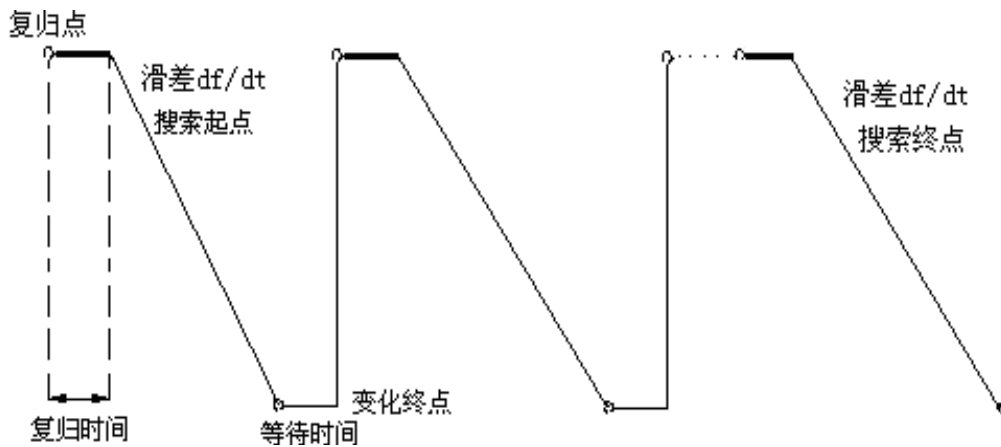



图 2-4 低周减载滑差闭锁测试逻辑

参数设置完毕后，点击 ，在滑差闭锁测试过程中，按图 2-4 测试逻辑，逐步改变滑差，直到保护动作自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

2-4 低电压闭锁定值测试

1. 试验接线见图 2-1。
2. 低电压闭锁定值校验：

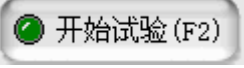
“输出设置”及“开入量”选择同频率动作值测试试验。

在“df/dt 闭锁值测试”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

dv/dt 闭锁值测试		低电压闭锁测试	低电流闭锁测试
变化电压	UA UB		
初始电压	80.000	V	
结束电压	50.000	V	
电压步长	1.000	V	
复归时间	1000	ms	
等待时间	1000	ms	
初始频率	50.000	Hz	
结束频率	48.000	Hz	
df/dt	0.500	Hz/S	

注：应保证初始电压和结束电压构成的搜索范围覆盖保护的的动作值，初始频

率和结束频率构成的搜索范围覆盖滑差闭锁定值。

参数设置完毕后，点击 ，在低电压闭锁测试过程中，逐步减小电压，直到保护装置从动作到不动作，然后自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

2-5 低电流闭锁定值测试

1. 假设某保护装置定值设置如下：

低周保护低频定值 49Hz, 0.5S

df/dt 闭锁定值 3Hz/S，低电流闭锁值 1A

2. 试验接线：

将测试仪的电压、电流输出端与保护装置对应的端子相连接，将保护装置跳闸出口接点与测试仪开入量 TA 相连接，保护出口公共端与开入量公共端 TN 相连接。具体接线如下图所示：

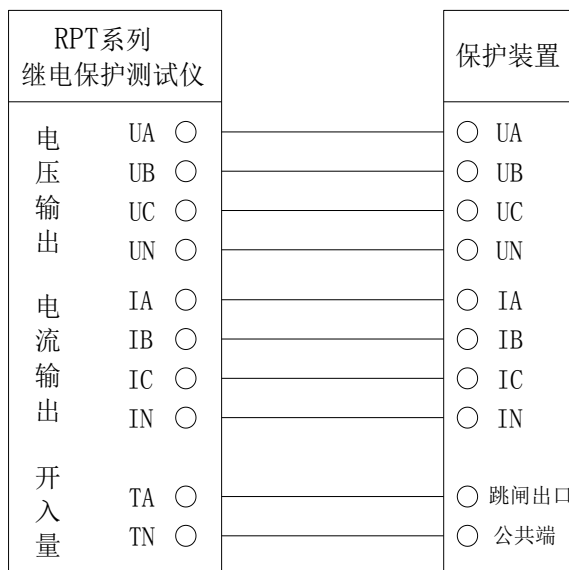
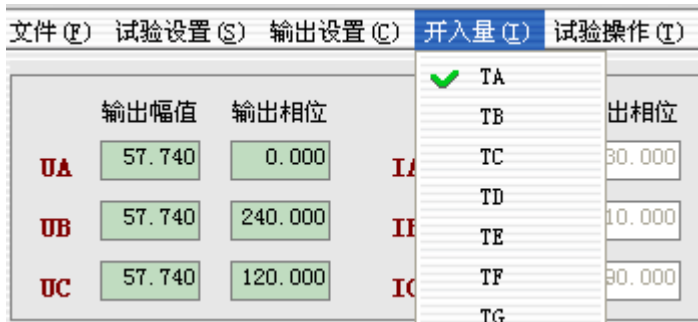
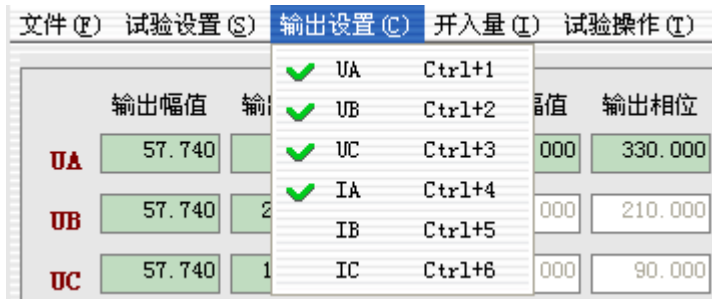


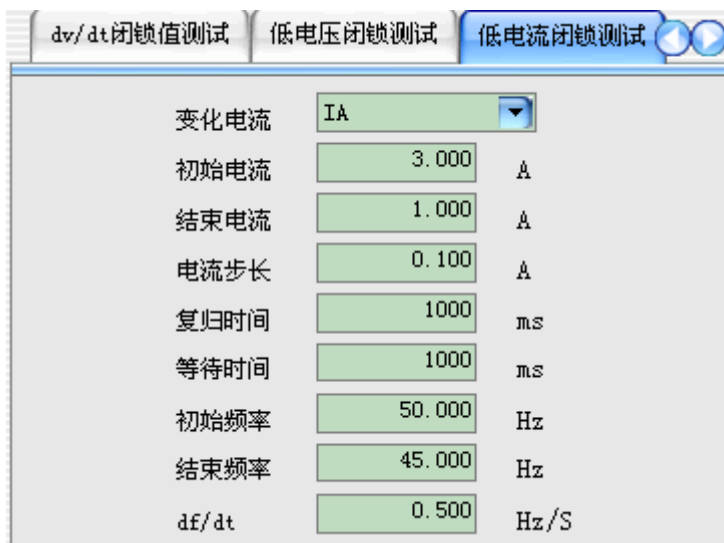
图 2-5 低周减载低电流闭锁接线图

3. 低电压闭锁定值校验：

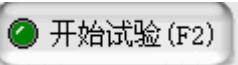
在“输出设置”中选择 UA、UB、UC、IA，在“开入量”中选择 TA，具体设置如下图所示：



在“低电流闭锁值测试”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：



注：应保证初始电流和结束电流构成的搜索范围覆盖保护的動作值，初始频率和结束频率构成的搜索范围覆盖滑差闭锁定值。

参数设置完毕后，点击 ，在低电流闭锁测试过程中，逐步减小电流，直到保护装置从动作到不动作，然后自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

2-6 低压减载滑差闭锁值测试

1. 假设某保护装置定值设置如下：

 低压减载电压定值 70V ，时间 1s

 电压突变闭锁定值 5V/s

1. 试验接线见图 2-1。

2. “输出设置”及“开入量”选择同频率动作值测试试验。

在“dv/dt 闭锁值测试”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

动作时间测试	df/dt闭锁值测试	dv/dt闭锁值测试
初始电压	50.000	V
结束电压	10.000	V
复归时间	1000	ms
等待时间	1000	ms
dv/dt 起点	8.000	V/S
dv/dt 终点	3.000	V/S
dv/dt 步长	0.100	V/S

- 初始电压：电压变化的起点。
- 结束电压：电压变化的终点。
- 复归时间：考虑到保护可能需要一定时间的复归过程，在试验前首先输出由变化起点所确定的电压电流状态，以保证试验前保护可靠复归。
- 等待时间：设置每一步搜索过程结束后保持当前输出，等待保护动作的时间，一般地，等待时间的设置应大于保护的動作时间。
- dv/dt起点：滑差搜索值的起点。
- dv/dt终点：滑差搜索值的终点。
- dv/dt步长：滑差的变化步长。

注：应保证初始电压和结束电压构成的搜索范围覆盖保护的動作值，滑差起点和滑差终点构成的搜索范围覆盖滑差闭锁定值。

低压减载滑差闭锁测试逻辑如图 2-6 所示

第一节 距离保护

3-1 距离保护 I、II、III段定值测试

1. 假设某保护装置定值设置如下：

接地距离 I 段定值 1Ω ，II 段定值 3Ω ，时间 $0.5s$ ，III 段定值 8Ω ，时间 $1s$

相间距离 I 段定值 1Ω ，II 段定值 3Ω ，时间 $0.5s$ ，III 段定值 8Ω ，时间 $1s$

零序补偿系数 $k_x=0.699$ ， $k_r=0$

保护压板 投距离保护，其他退出

2. 试验接线：

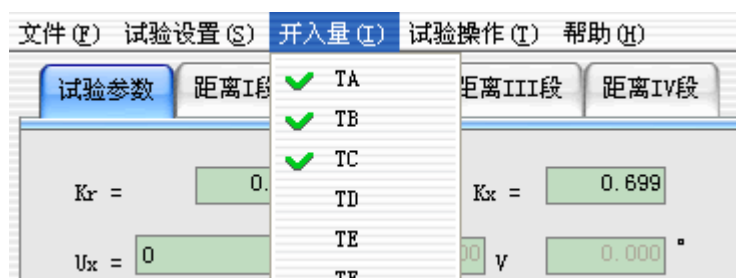
将测试仪的电压和电流输出端与保护装置对应的端子相连接，将保护装置分相跳闸出口接点跳 A、跳 B、跳 C 与测试仪开入量 TA、TB、TC 相连接，保护出口公共端与开入量公共端 TN 相连接。具体接线如下图所示：



图 3-1 距离保护接线图

3. 距离保护 I、II、III段定值测试

单击“距离保护”，在“开入量”窗口选择 TA、TB、TC。



在“试验设置”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

试验参数	距离I段	距离II段	距离III段	距离IV段
K _r =	0.000	K _x =	0.699	
U _x =	0	0.000 V	0.000 °	
额定电压	57.740 V	负荷电流	0.000 A	
故障前时间	25.000 s	额定频率	50.000 Hz	
跳闸延时	20 ms	PT安装位置	母线侧	
合闸延时	20 ms	故障性质	瞬时性	
防抖动时间	20 ms	跳闸方式	分相跳闸	

- K_r: 用于计算零序补偿系数，如果定值所给的参数形式与此不同，可按如下公式进行转换： $K_r = (R_0 / R_1 - 1) / 3$ ，考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z₀ 和正序阻抗 Z₁ 的阻抗角度相等，通常取 0.667。如果定值单中不是给出电阻和电抗的值，而是正序和零序阻抗，以及正序和零序灵敏角，则应将它们转换成电阻和电抗，再代入上述公式进行计算。对某些保护以 K₀、Φ 方式计算的，如果 Φ(Z₁) = Φ(Z₀)，即 PS₁=PS₀，则 K₀ 为一实数，此时需设置 K_r=K_x=K₀。
- K_x: 用于计算零序补偿系数，如果定值所给的参数形式与此不同，可按如下公式进行转换： $K_x = (X_0 / X_1 - 1) / 3$ ，考虑到一般情况下，电力系统假定零序阻抗 Z₀ 和正序阻抗 Z₁ 的阻抗角度相等，通常取 0.667。如果定值单中不是给出电阻和电抗的值，而是正序和零序阻抗，以及正序和零序灵敏角，则应将它们转换成电阻和电抗，再代入上述公式进行计算。对某些保护以 K₀、Φ 方式计算的，如果 Φ(Z₁) = Φ(Z₀)，即 PS₁=PS₀，则 K₀ 为一实数，此时需设置 K_r=K_x=K₀。
- U_x 为第四路电压通道。
- 额定频率：在额定状态时工作的频率，一般为 50Hz。
- 额定电压：在额定状态时输出的电压值，一般为 57.740V。
- 负荷电流：与故障后的短路电流相比，负荷电流很小，一般为 0A。
- 故障前时间：每次子试验项目测试前，测试仪均输出一段时间的故障前

状态（即空载状态），以保证保护接点可靠复归，且重合闸准备完毕。故，该时间的设置一般大于保护的复归时间（含重合闸充电时间），通常取20~25 秒左右。

- 跳闸延时：模拟断路器的跳闸动作时间，测试仪根据开入量的连接，一旦接受到保护的跳闸信号，经过“跳闸延时”后，方进入跳闸后的电压电流状态。
- 合闸延时：模拟断路器的合闸动作时间，测试仪根据开入量的连接，一旦接受到保护的合闸信号，经过“合闸延时”后，方进入合闸后的电压电流状态。
- 防抖动时间：当保护装置的动作接点闭合或打开时间小于该时间，则接点动作不被确认。
- PT安装位置：PT安装在“母线侧”时，测试仪接到跳闸信号后仍然给出三相额定电压。PT安装在“线路侧”时，测试仪接到跳闸信号后输出电压为零。一般地，220KV 以下的保护，PT 位于母线侧。
- 故障性质：选择“瞬时性”故障时，测试仪在整个试验过程中只输出一 次故障量，当测试仪接收到保护的 动作信号，或者达到所设置的“故障持续时间”后，停止输出故障量，而转为输出正常的电压、电流，之后即便接收到其它开入量信号，测试仪仍然维持正常量输出不变。选择“永久性”故障时，测试仪按以下顺序输出：开始试验（输出正常量）→输出界面上所设置的第一次故障量→接收到保护跳闸动作信号（输出正常量）→接收到重合闸动作信号（再次输出界面上所设置的故障量）→再次接收到保护跳闸动作信号（再次输出正常量，并不再改变，等待停止试验）。如果需要对保护的后加速功能进行试验，一般应选择永久性故障。
- 跳闸方式：若设为“分相跳闸”时，则单相故障时可以模拟只跳开故障相。若设为“三相跳闸”时，则不管哪个开入量收到信号，三相均同时跳开。

在“距离 I 段”、“距离 II 段”、“距离 III 段”窗口填写试验参数。具体设置如下图所示：

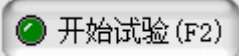
试验参数	距离I段	距离II段	距离III段	距离IV段
相间定值				
Z =	1.000	Ω		
Φ =	90	°		
R =	0.000	Ω		
X =	1.000	Ω		
接地定值				
Z =	1.000	Ω		
Φ =	90	°		
R =	0.000	Ω		
X =	1.000	Ω		
故障电流	5.000	A		
故障限时	5.000	S		
故障阻抗倍数				
<input type="checkbox"/>	0.800	<input checked="" type="checkbox"/>	0.950	
<input checked="" type="checkbox"/>	1.050	<input type="checkbox"/>	1.200	
故障类型				
<input checked="" type="checkbox"/> A相接地	正方向			
<input type="checkbox"/> B相接地	正方向			
<input type="checkbox"/> C相接地	正方向			
<input type="checkbox"/> BC相间	正方向			
<input type="checkbox"/> CA相间	正方向			
<input type="checkbox"/> AB相间	正方向			
<input type="checkbox"/> 三相短路	正方向			

试验参数	距离I段	距离II段	距离III段	距离IV段
相间定值				
Z =	3.000	Ω		
Φ =	0.000	°		
R =	3.000	Ω		
X =	0.000	Ω		
接地定值				
Z =	3.000	Ω		
Φ =	90.000	°		
R =	0.000	Ω		
X =	3.000	Ω		
故障电流	3.000	A		
故障限时	5.000	S		
故障阻抗倍数				
<input type="checkbox"/>	0.800	<input checked="" type="checkbox"/>	0.950	
<input checked="" type="checkbox"/>	1.050	<input type="checkbox"/>	1.200	
故障类型				
<input type="checkbox"/> A相接地	正方向			
<input checked="" type="checkbox"/> B相接地	正方向			
<input type="checkbox"/> C相接地	正方向			
<input type="checkbox"/> BC相间	正方向			
<input type="checkbox"/> CA相间	正方向			
<input type="checkbox"/> AB相间	正方向			
<input type="checkbox"/> 三相短路	正方向			

试验参数	距离I段	距离II段	距离III段	距离IV段
相间定值 Z = 8.000 Ω Φ = 90.000 ° R = 0.000 Ω X = 8.000 Ω		故障阻抗倍数 <input type="checkbox"/> 0.800 <input checked="" type="checkbox"/> 0.950 <input checked="" type="checkbox"/> 1.050 <input type="checkbox"/> 1.200		
接地定值 Z = 8.000 Ω Φ = 90.000 ° R = 0.000 Ω X = 8.000 Ω		故障类型 <input type="checkbox"/> A相接地 正方向 <input type="checkbox"/> B相接地 正方向 <input type="checkbox"/> C相接地 正方向 <input type="checkbox"/> BC相间 正方向 <input checked="" type="checkbox"/> CA相间 正方向 <input type="checkbox"/> AB相间 正方向 <input type="checkbox"/> 三相短路 正方向		
故障电流 2.000 A 故障限时 5.000 S				

- 相间定值Z：各相间距离段的阻抗定值幅值。
- 相间定值 ϕ ：各相间距离段的阻抗定值角度。
- 相间定值R：各相间距离段的阻抗定值电阻。
- 相间定值X：各相间距离段的阻抗定值电抗。
- 接地定值Z：各接地距离段的阻抗定值幅值。
- 接地定值 ϕ ：各接地距离段的阻抗定值角度。
- 接地定值R：各接地距离段的阻抗定值电阻。
- 接地定值X：各接地距离段的阻抗定值电抗。
- 故障电流：针对各段短路阻抗的大小，设置的试验时各段的故障电流。
- 故障限时：每次子试验项目从进入故障到结束之间的时间，一般地，应保证保护在该时间内可以完成整个“跳闸→重合闸→永跳”的过程。
- 故障阻抗倍数：各段阻抗定值的测试倍数，倍数可由用户任意设置。
- 故障类型：各段需要进行测试的故障类型，可以设置各个故障类型的故障方向。

注：根据需要选择各段阻抗定值的测试倍数。根据规程满足±5%误差要求，各段的测试项目选择为0.95和1.05。若要测试保护动作时间，可选择0.7倍定值。合理设置短路电流值，以保证计算出的短路电压不越限。

参数设置完毕后，点击 ，测试仪将按顺序输出以上设置的各种故障，并记录保护动作时间。当试验完成后，测试仪自动停止试验，根据提

示选择是否保存试验报告。

第三节 零序保护

3-1 零序保护 I、II、III段定值测试

1. 假设某保护装置定值设置如下：

零序过流 I 段定值： 3A

零序过流 II 段定值： 2A ， 0.5s

零序过流 III 段定值： 1A ， 1s

保护压板 投零序保护，其他压板退出

2. 试验接线：

将测试仪的电压和电流输出端与保护装置对应的端子相连接，将保护装置分相跳闸出口接点跳 A、跳 B、跳 C 与测试仪开入量 TA、TB、TC 相连接，保护出口公共端与开入量公共端 TN 相连接。具体接线如下图所示：

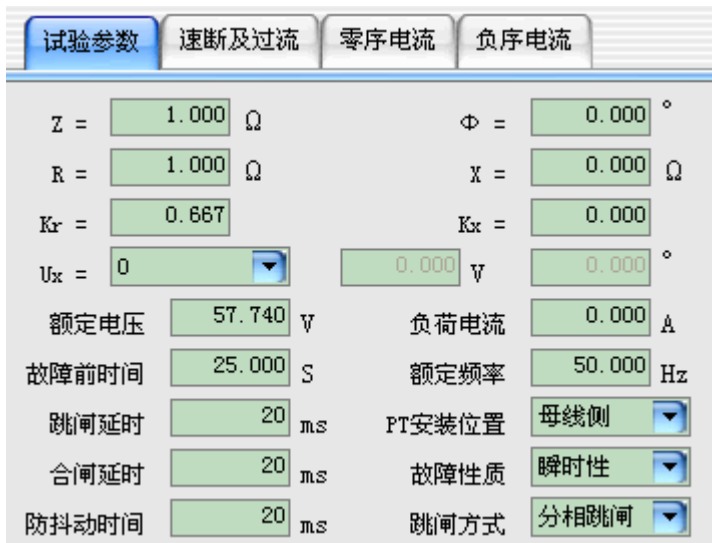


3. 零序保护 I、II、III段定值校验

单击“线路定值”，在“开入量”窗口中选择 TA、TB、TC。

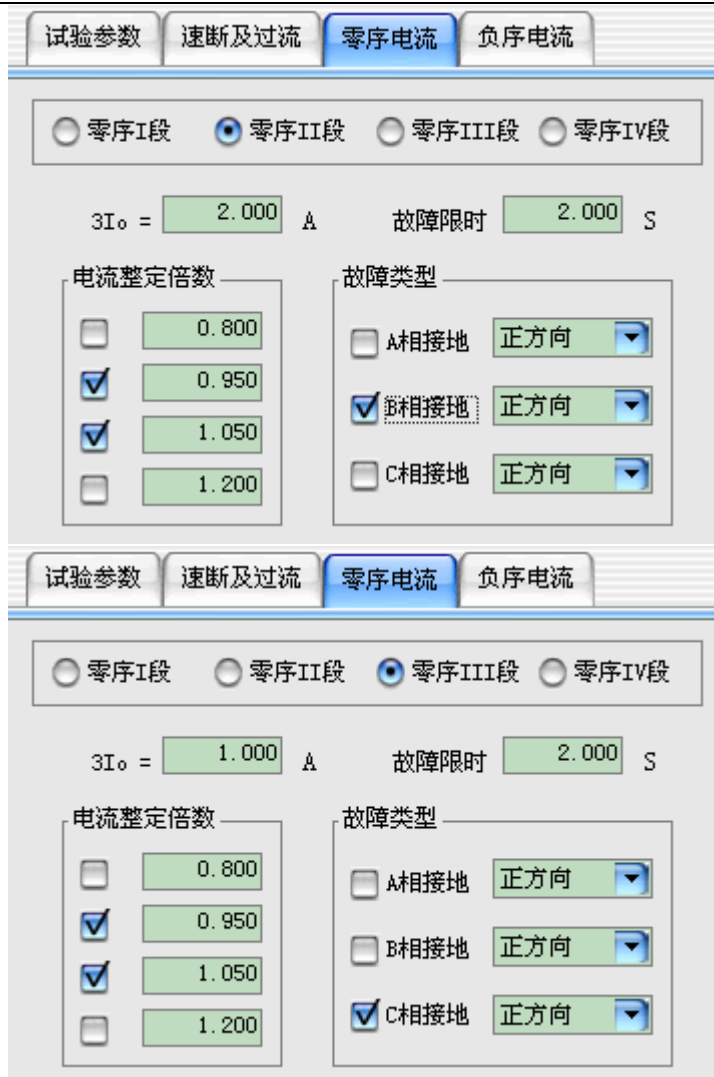


在“试验参数”窗口填写试验参数，若不测重合闸，故障前时间只需大于保护复归时间即可。具体设置如下图所示：

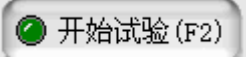


在“零序电流”窗口中分别填写“零序 I 段”、“零序 II 段”、“零序 III 段”试验参数，具体设置如下图所示：





注：根据需要选择各段零序定值的测试倍数。根据规程满足±5%误差要求，各段的测试项目选择为0.95和1.05。若要测试保护动作时间，可选择1.2倍定值。合理设置短路阻抗和补偿系数，以保证计算出的短路电压不越限。

参数设置完毕后，点击 ，测试仪将按顺序输出以上设置的各种故障，并记录保护动作时间。当试验完成后，测试仪自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

第四节 距离保护

4-1 距离保护 I、II、III段定值测试

1. 保护型号 CSC-101B 数字式超高压线路保护

接地距离：I 段定值 1Ω ，II 段定值 2Ω ， $0.5S$ ，III 段定值 4Ω ， $1S$

相间距离：I 段定值 1Ω ，II 段定值 2Ω ， $0.5S$ ，III 段定值 4Ω ， $1S$

零序补偿系数： $KX=0.667$ ， $KR=0$

保护压板：仅投距离保护

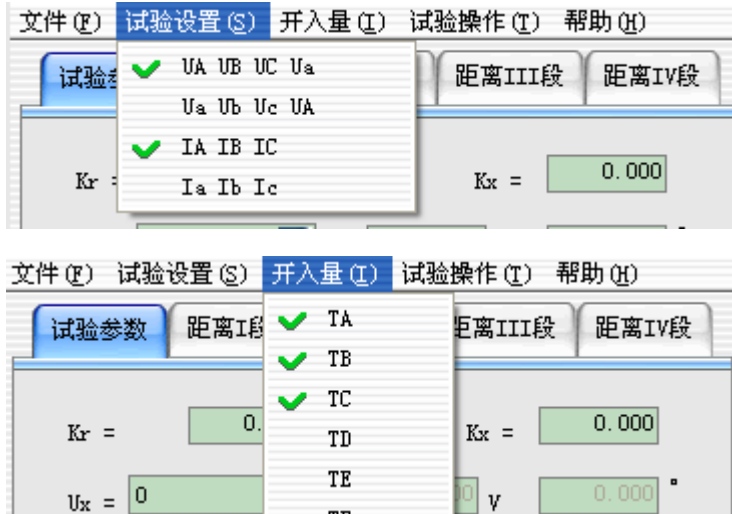
2. 试验接线：

将测试仪的电压和电流输出端与保护装置对应的端子相连接，将保护装置分相跳闸出口接点跳 A、跳 B、跳 C 与测试仪开入量 TA、TB、TC 相连接，保护出口公共端与开入量公共端 TN 相连接。具体接线如下图所示：



3. 距离保护 I、II、III段定值校验

单击“距离保护”，在“试验设置”窗口选择电流电压通道，在“开入量”窗口中选择 TA、TB、TC。



在“试验参数”窗口填写试验参数，若不测重合闸，故障前时间只需大于保护复归时间即可。具体设置如下图所示：



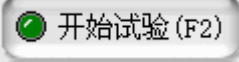
在“距离 I 段”、“距离 II 段”、“距离 III 段”、窗口中分别填写试验参数，具体设置如下图所示：

试验参数	距离I段	距离II段	距离III段	距离IV段
相间定值 Z = 1.000 Ω Φ = 90 ° R = 0.000 Ω X = 1.000 Ω		故障阻抗倍数 <input type="checkbox"/> 0.800 <input checked="" type="checkbox"/> 0.950 <input checked="" type="checkbox"/> 1.050 <input type="checkbox"/> 1.200		
接地定值 Z = 1.000 Ω Φ = 90 ° R = 0.000 Ω X = 1.000 Ω		故障类型 <input checked="" type="checkbox"/> A相接地 正方向 <input type="checkbox"/> B相接地 正方向 <input type="checkbox"/> C相接地 正方向 <input checked="" type="checkbox"/> BC相间 正方向 <input type="checkbox"/> CA相间 正方向 <input type="checkbox"/> AB相间 正方向 <input type="checkbox"/> 三相短路 正方向		
故障电流 5.000 A 故障限时 2.000 S				

试验参数	距离I段	距离II段	距离III段	距离IV段
相间定值 Z = 2.000 Ω Φ = 90 ° R = 0.000 Ω X = 2.000 Ω		故障阻抗倍数 <input type="checkbox"/> 0.800 <input checked="" type="checkbox"/> 0.950 <input checked="" type="checkbox"/> 1.050 <input type="checkbox"/> 1.200		
接地定值 Z = 2.000 Ω Φ = 90 ° R = 0.000 Ω X = 2.000 Ω		故障类型 <input type="checkbox"/> A相接地 正方向 <input checked="" type="checkbox"/> B相接地 正方向 <input type="checkbox"/> C相接地 正方向 <input type="checkbox"/> BC相间 正方向 <input checked="" type="checkbox"/> CA相间 正方向 <input type="checkbox"/> AB相间 正方向 <input type="checkbox"/> 三相短路 正方向		
故障电流 2.000 A 故障限时 2.000 S				

试验参数	距离I段	距离II段	距离III段	距离IV段
相间定值 Z = 4.000 Ω Φ = 90 ° R = 0.000 Ω X = 4.000 Ω		故障阻抗倍数 <input type="checkbox"/> 0.800 <input checked="" type="checkbox"/> 0.950 <input checked="" type="checkbox"/> 1.050 <input type="checkbox"/> 1.200		
接地定值 Z = 4.000 Ω Φ = 90 ° R = 0.000 Ω X = 4.000 Ω		故障类型 <input type="checkbox"/> A相接地 正方向 <input type="checkbox"/> B相接地 正方向 <input checked="" type="checkbox"/> C相接地 正方向 <input type="checkbox"/> BC相间 正方向 <input type="checkbox"/> CA相间 正方向 <input checked="" type="checkbox"/> AB相间 正方向 <input type="checkbox"/> 三相短路 正方向		
故障电流 1.000 A 故障限时 2.000 S				

注：根据需要选择各段距离保护定值的测试倍数。根据规程满足±5%误差要求，各段的测试项目选择为0.95和1.05。若要测试保护动作时间，可选择0.7倍定值。

参数设置完毕后，点击 ，测试仪将按顺序输出以上设置的各种故障，并记录保护动作时间。当试验完成后，测试仪自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

第二章 变压器保护

第一节 变压器差动保护

1-1 比率差动测试

六路电流测试仪比率差动测试

1. 假设某差动保护装置的定值如下：

差动电流门槛值 1A 差动电流速断值 5A

高压侧平衡系数 1 低压侧平衡系数 0.8

比率制动斜率 0.5 比率制动拐点 2A

变压器接线方式 Y/Δ-11

保护压板 投差动速断保护、比率差动保护，其他均退出

2. 试验接线:

将测试仪的前三路电流输出端 IA、IB、IC 与保护装置高压侧电流 Iah、Ibh、Ich 端子相连接, 将后三路电流 Ia、Ib、Ic 与保护装置低压侧电流 Ial、Ibl、Icl 端子相连接, 将保护装置高低压侧非极性端短接并与测试仪 IN 相连接, 将差动保护跳闸出口接点与测试仪开入量 TA 相连接, 保护出口公共端与开入量公共端 TN 相连接。具体接线如图 1-1 所示:

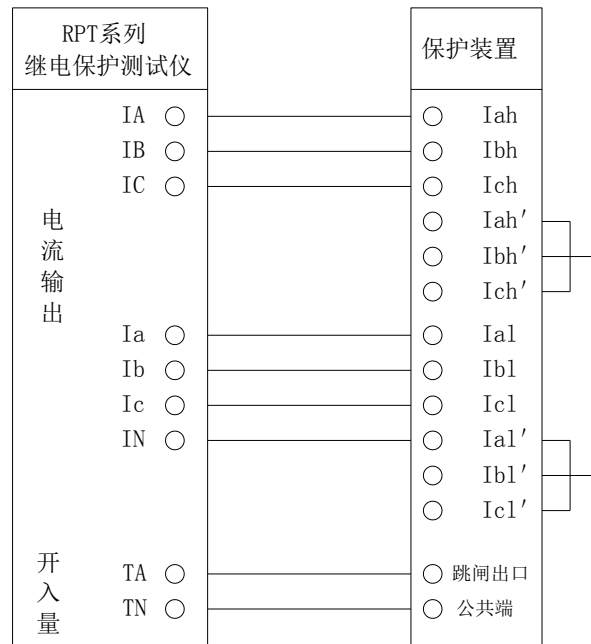


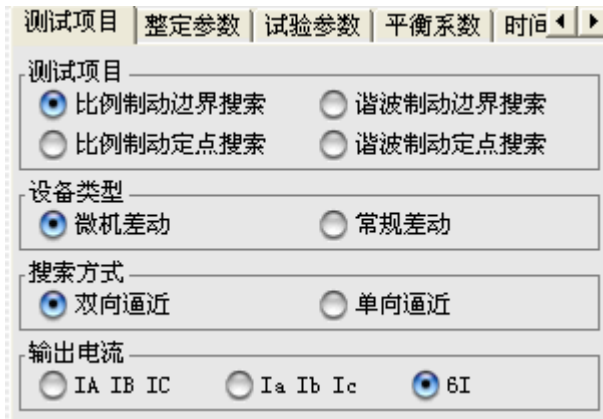
图 1-1 差动保护接线图 (六路电流)

3. 比率差动保护测试:

单击“差动保护”, 在“开入量”窗口选择 TA。



在“测试项目”窗口填写试验参数, 具体设置如下图所示:



- 比例制动边界搜索：对给定范围内的比例制动特性曲线自动进行搜索，其范围在“试验参数”属性页中设定。
- 比例制动定点测试：对给定点的比例制动特性自动进行测试，在测试点设置中设置该点的差动电流和制动电流。
- 谐波制动边界搜索：对给定范围内的谐波制动特性曲线自动进行搜索，其范围在“添加序列”的对话框中设定，在测试点设置中可选择2次谐波至20次谐波、设置谐波和基波之间的角度差。
- 谐波制动定点测试：对给定点的谐波制动特性自动进行测试，在测试点设置中设置该点的差动电流、谐波制动系数、谐波次数、谐波和基波之间的角度差。
- 微机差动：提供五种形式的 I_r 算法。
- 常规差动： $I_r = I_l$ ， $I_d = I_h$ ， I_r 和 I_d 的角度可由用户设置。
- 双向逼近：即对分搜索方式，先测试搜索起点（在非动作区）和终点（在动作区）的动作情况之后，取二者的中点进行测试，如果动作，则将该点取代终点，如果不动作，则将该点取代起点，再取起点和终点之中点进行测试，如此不断推进，一直搜索至所取最后两个测试点之间差值在“搜索精度”范围之内才认为找到动作边界点。双向搜索可以搜索到较精确的动作边界点，搜索速度也更快捷。
- 单向逼近：从起点开始，按所设置步长从变化初值向变化终值的方向一步一步进行搜索，当搜索至某个点时保护动作，则认为搜索到动作点，打下一个点后结束该条搜索线的搜索并进入下一条搜索线搜索。不管是“单向逼近”还是“双向逼近”，一般起点要设在非动作区，终点要设在

动作区。

- 输出电流：用户使用的是三相电流输出的测试仪，则只能选择“IA IB IC”进行试验；用户使用的是六相电流输出的测试仪，则可根据使用者的需要选择“IA IB IC”、“Ia Ib Ic”或“6I”进行试验。

在“整定参数”窗口填写试验参数，具体设置如下图：

测试项目	整定参数	试验参数	平衡系数	时间
差动电流门槛值		1.000	A	
差动电流速断值		5	A	
整定时间		100	ms	
系统频率		50.000	Hz	
基波比例制动系数		0.500		
谐波制动系数		0.200		

在“试验参数”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

测试项目	整定参数	试验参数	平衡系数	时间
搜索精度	0.100	A		
$\angle I_L - \angle I_H$	180.0	°		
K =	2.000			
$I_d =$	I _H + I _L			
$I_r =$	(I _H - I _L) / K			
谐波设置	高压侧谐波叠加			
		允许误差		
		<input checked="" type="radio"/> 相对	5.000	%
		<input type="radio"/> 绝对	0.100	A

- 搜索精度：当设置为“双向逼近”的搜索方式时，它是搜索的最后两个测试点之间距离，只有小于该距离才停止搜索。当设置为“单向逼近”的搜索方式时，该值表示差动电流 I_d 的搜索步长。
- $\angle I_L - \angle I_H$ ：即低压侧电流与高压侧电流之间的相位差。
- 允许误差：有相对误差和绝对误差两种。当在测试项目中选择“比例制动边界搜索”或“比例制动定点搜索”时，“允许误差”表示比例制动允许的误差范围。当在测试项目中选择“谐波制动边界搜索”或“谐波制动定点搜索”时，“允许误差”表示谐波制动允许的误差范围。
- 谐波设置：在进行谐波制动试验时，可选择“高压侧谐波叠加”或“低

压侧谐波叠加”。选择“高压侧谐波叠加”时，试验时在高压侧输出差流基波叠加谐波分量。选择“低压侧差流基波”时，试验时在低压侧输出差流基波叠加谐波分量。

注：差动电流 I_d 和制动电流 I_r 的公式选择一定要与保护装置一致。

在“平衡系数”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

测试项目	整定参数	试验参数	平衡系数	时间
		高压侧	低压侧	
额定容量 (MVA)		100.000	100.000	
额定电压 (KV)		110.000	11.000	
额定电流 (A)		524.860	5248.640	
TA变比		40.000	400.000	
接线方式		Y	D-11	
平衡系数		1.000	0.800	
		直接设置平衡系数	Y侧内转角	

- 平衡系数：高压侧绕组电流和低压侧绕组电流所对应的修正系数。
- 平衡系数设置方式：可选择“直接设置平衡系数”，“由额定电压和 CT 变比计算”（一次侧的额定电压和 TA 变比）、“由额定电流计算”（一次侧的额定电流）。
- TA 二次电流相位校正：当变压器两侧 TA 二次电流之间存在角度差，由测试仪软件进行校正时，如使用的是三相电流测试仪，则此时需将 C 相电流输出为补偿电流。老式继电器保护采用 CT 外转角应选“相位无校正”方式，微机保护基本都有内转角功能，一般以 Y 侧内转角居多。

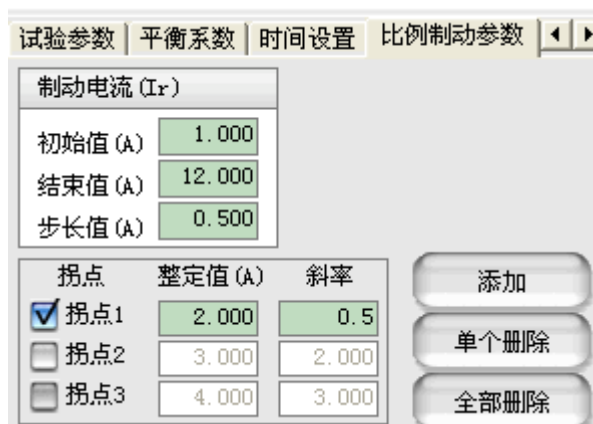
在“时间设置”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

整定参数	试验参数	平衡系数	时间设置	比例
防抖动时间			20 ms	
输出持续时间			500 ms	
动作后持续时间			100 ms	
输出间断时间			1000 ms	

- 输出持续时间：每次输出时测试仪持续输出的时间，一般应大于保护动作时间，使保护可靠动作。
- 动作后持续时间：保护动作后故障持续的时间，模拟断路器出口时间。
- 输出间断时间：在动作后或两次输出之间的间断时间，一般应大于保护返回时间，使保护可靠返回。

如果继电保护装置无法长时间通过大电流，建议在保证保护动作时延的前提下，尽可能地减小输出持续时间，延长输出间断时间。

在“比例制动参数”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：




拐点	整定值 (A)	斜率
<input checked="" type="checkbox"/> 拐点1	2.000	0.5
<input type="checkbox"/> 拐点2	3.000	2.000
<input type="checkbox"/> 拐点3	4.000	3.000

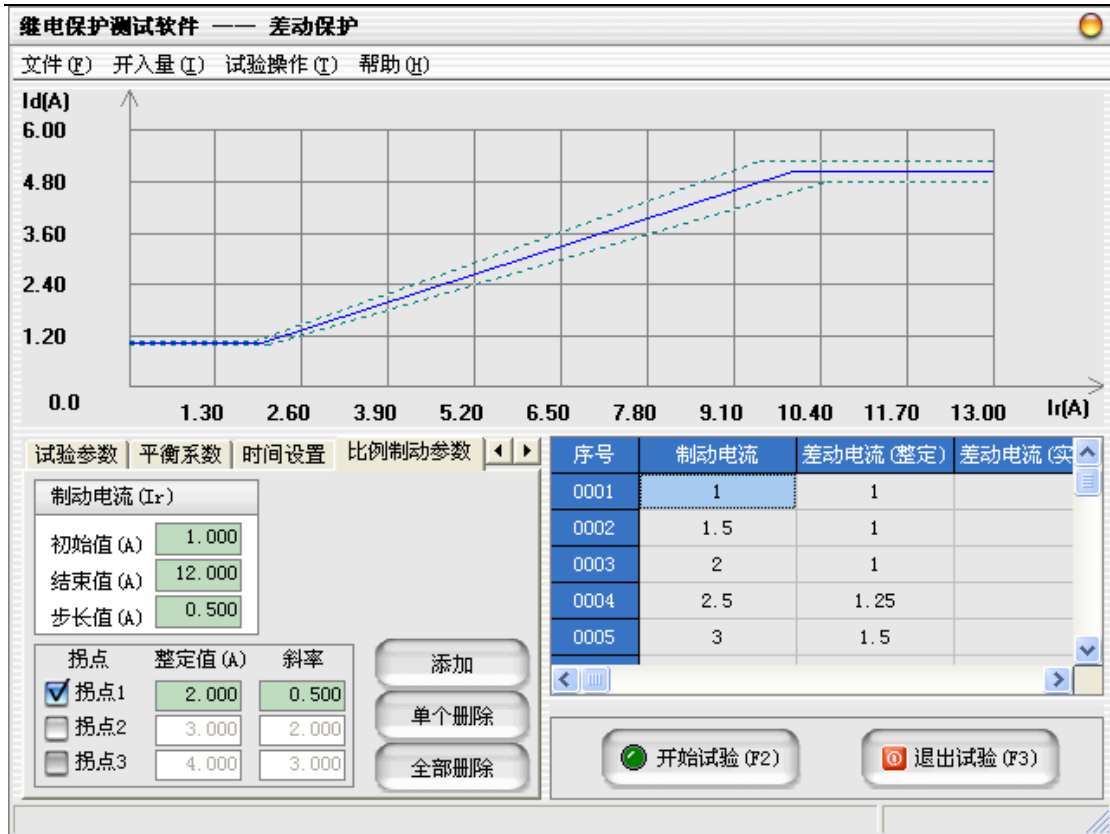
- 比例制动特性曲线设置

整定值：拐点处的制动电流值。

斜率：对应拐点之后比率制动特性部分的斜率。

在此比例制动特性最多可设置三个拐点，可根据需要进行选择。

在所有参数设置好之后点击 ，软件自动在 I_d/I_r 坐标中画出所要搜索的比率制动特性曲线（实线表示），上下两条虚线分别表示电流值相对误差的边界，并列出的对应的 I_d/I_r 值。具体设置如下图所示：



参数设置完毕后，点击 ，测试仪根据制动电流和差动电流的大小自动算出两侧电流，由六路电流输出，同时接收保护动作信号，按二分法在曲线两侧扫描，确定动作边界并记录保护动作时间。当试验完成后，测试仪自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

三路电流测试仪比率差动测试

1. 假设某差动保护装置的定值如下：

差动电流门槛值 1A 差动电流速断值 5A

高压侧平衡系数 1 低压侧平衡系数 0.8

比率制动斜率 0.5 比率制动拐点 2A

变压器接线方式 Y/ Δ -11

保护压板 投差动速断保护、比率差动保护，其他均退出

2. 试验接线：

将测试仪的 IA 与保护高压侧电流 I_{ah} 端子相连接，IB 与保护装置低压侧电流 I_{al} 端子相连接，IC 与保护装置低压侧电流 I_{ch} 端子相连接，将保护装置高低压侧非极性端短接并与测试仪 IN 相连接，将差动保护跳闸出口接点与测试仪开入

量 TA 相连接，保护出口公共端与开入量公共端 TN 相连接。具体接线如图 1-2 所示：

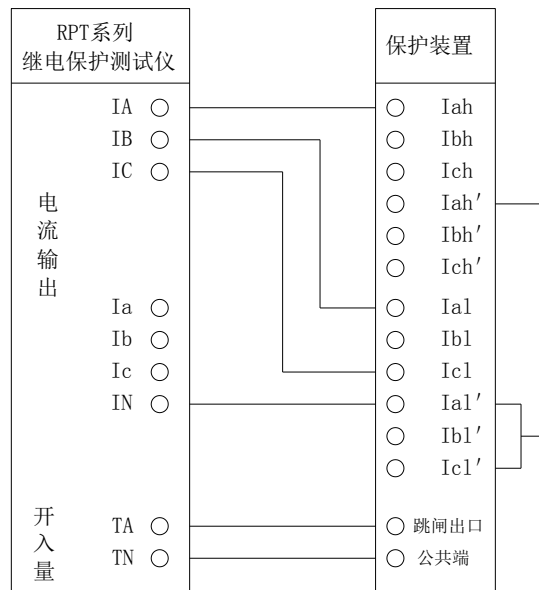


图 1-2 差动保护接线图（三路电流）

注：因为“变压器 Y/Δ-11 接线”，TA 一次侧 Y 接，高压侧和低压侧 TA 二次电流之间存在 30° 角度差，在测试中必须加入补偿电流，因此只能分侧、分相测试。Y/Δ侧进行测试时，需加入补偿电流，Y/Y-0 或 Δ/Δ侧进行测试时，无需加入补偿电流。

3. 比率差动保护测试（参数说明参照六路电流）：

单击“差动保护”，在“开入量”窗口选择 TA。



在“测试项目”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

测试项目	整定参数	试验参数	平衡系数	时间 ◀ ▶
测试项目				
<input checked="" type="radio"/> 比例制动边界搜索		<input type="radio"/> 谐波制动边界搜索		
<input type="radio"/> 比例制动定点搜索		<input type="radio"/> 谐波制动定点搜索		
设备类型				
<input checked="" type="radio"/> 微机差动		<input type="radio"/> 常规差动		
搜索方式				
<input checked="" type="radio"/> 双向逼近		<input type="radio"/> 单向逼近		
输出电流				
<input checked="" type="radio"/> IA IB IC		<input type="radio"/> Ia Ib Ic		<input type="radio"/> 6I

在“整定参数”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

测试项目	整定参数	试验参数	平衡系数	时间 ◀ ▶
差动电流门限值				
		1.000	A	
差动电流速断值				
		5	A	
整定时间				
		100	ms	
系统频率				
		50.000	Hz	
基波比例制动系数				
		0.500		
谐波制动系数				
		0.200		

在“试验参数”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

测试项目	整定参数	试验参数	平衡系数	时间 ◀ ▶
搜索精度		0.100	A	
$\angle I_L - \angle I_H$		180.0	°	
K =		2.000		
Id =		IH + IL		
Ir =		(IH - IL) / K		
允许误差				
<input checked="" type="radio"/> 相对		5.000	%	
<input type="radio"/> 绝对		0.100	A	
谐波设置				
高压侧谐波叠加				
补偿电流				
接低压侧				

在“平衡系数”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

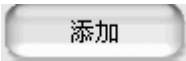
测试项目	整定参数	试验参数	平衡系数	时间
		高压侧	低压侧	
额定容量 (MVA)		100.000	100.000	
额定电压 (KV)		110.000	11.000	
额定电流 (A)		524.860	5248.640	
TA变比		40.000	400.000	
接线方式		Y	D-11	
平衡系数		0.577	0.800	
		直接设置平衡系数	Y侧内转角	

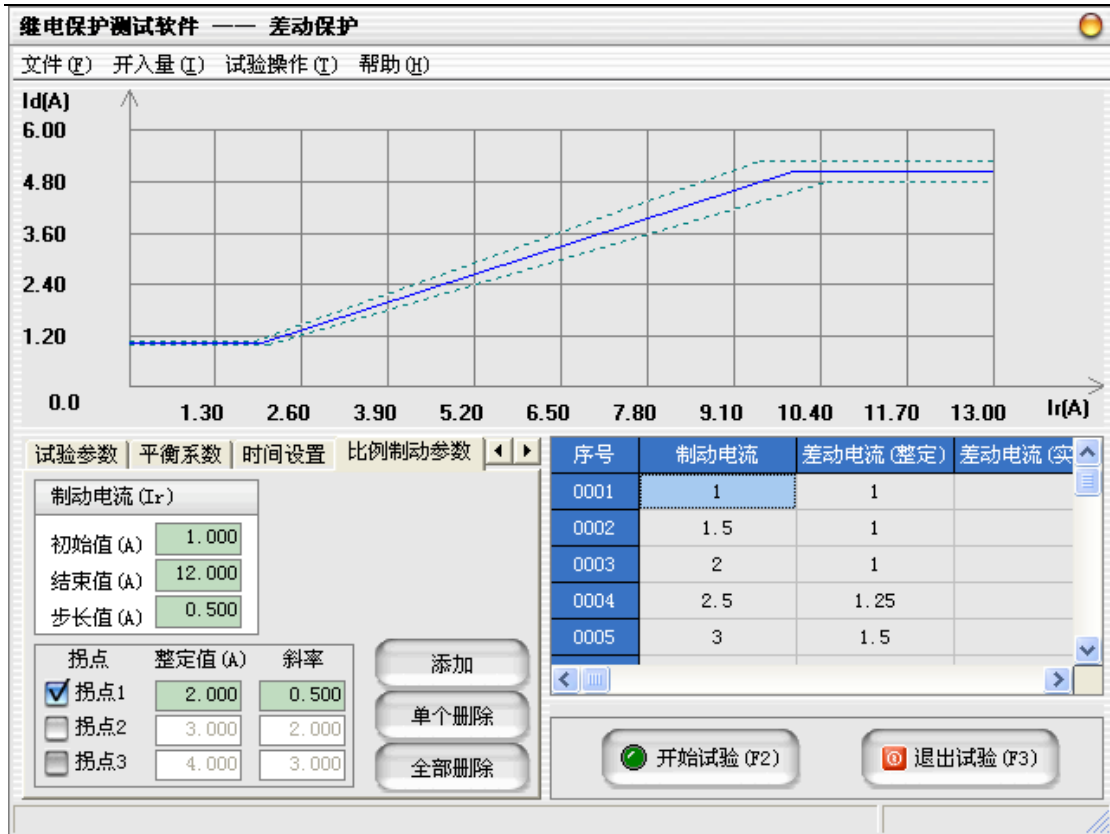
在“时间设置”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

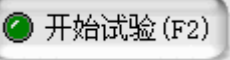
整定参数	试验参数	平衡系数	时间设置	比例
			防抖动时间	20 ms
			输出持续时间	500 ms
			动作后持续时间	100 ms
			输出中断时间	1000 ms

在“比例制动参数”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

试验参数	平衡系数	时间设置	比例制动参数
制动电流 (Ir)			
初始值 (A)		1.000	
结束值 (A)		12.000	
步长值 (A)		0.500	
拐点	整定值 (A)	斜率	
<input checked="" type="checkbox"/> 拐点1	2.000	0.5	添加
<input type="checkbox"/> 拐点2	3.000	2.000	单个删除
<input type="checkbox"/> 拐点3	4.000	3.000	全部删除

在所有参数设置好之后点击 ，软件自动在 Id/Ir 坐标中画出所要搜索的比率制动特性曲线（实线表示），上下两条虚线分别表示电流值相对误差的边界，并列出的 Id/Ir 值。具体设置如下图所示：



参数设置完毕后，点击 ，测试仪根据制动电流和差动电流的大小自动算出两侧电流，由六路电流输出，同时接收保护动作信号，按二分法在曲线两侧扫描，确定动作边界并记录保护动作时间。当试验完成后，测试仪自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

1-2 谐波制动测试

“差动保护”模块自动测试谐波制动系数

1. 假设某差动保护装置的定值如下：

差动电流门槛值 1A 差动电流速断值 5A
 高压侧平衡系数 1 低压侧平衡系数 0.8
 比率制动斜率 0.5 二次谐波制动系数 0.2
 变压器接线方式 Y/△-11

2. 试验接线：

将测试仪的前三路电流输出端 IA、IB、IC 与保护装置高压侧电流 I_{ah}、I_{bh}、I_{ch} 端子相连接，将后三路电流 I_a、I_b、I_c 与保护装置低压侧电流 I_{al}、I_{bl}、I_{cl}

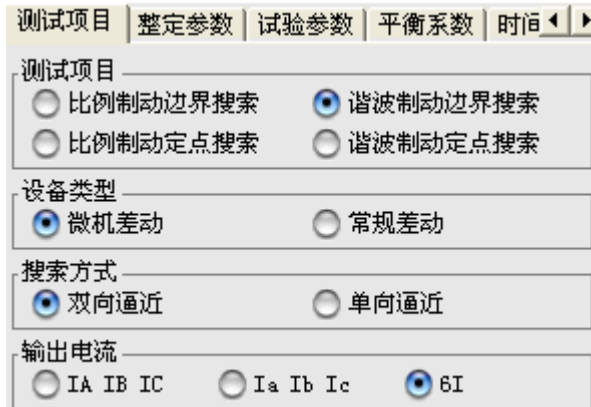
端子相连接，将保护装置高低压侧非极性端短接并与测试仪 IN 相连接，将差动保护跳闸出口接点与测试仪开入量 TA 相连接，保护出口公共端与开入量公共端 TN 相连接。具体接线参照图 1-1。

3. 谐波制动系数测试：

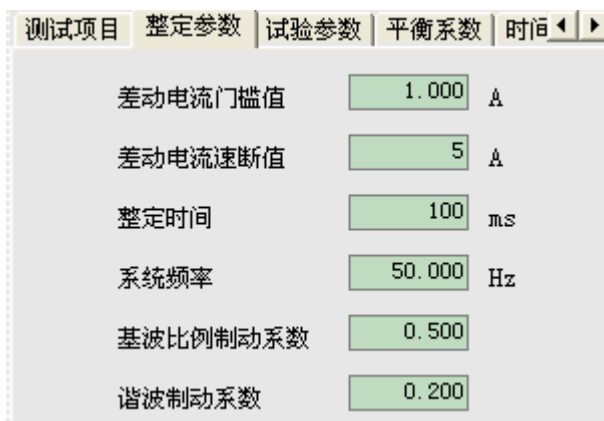
单击“差动保护”，在“开入量”窗口选择 TA。



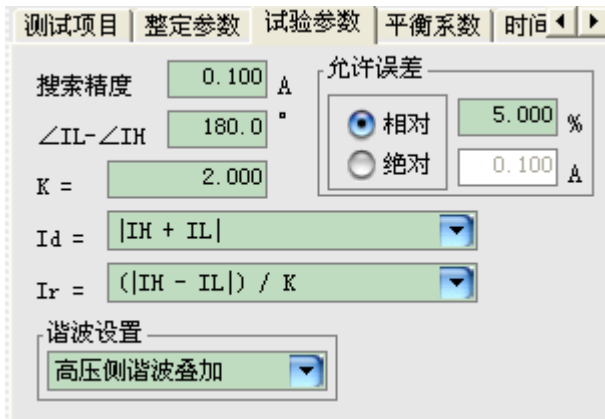
在“测试项目”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：



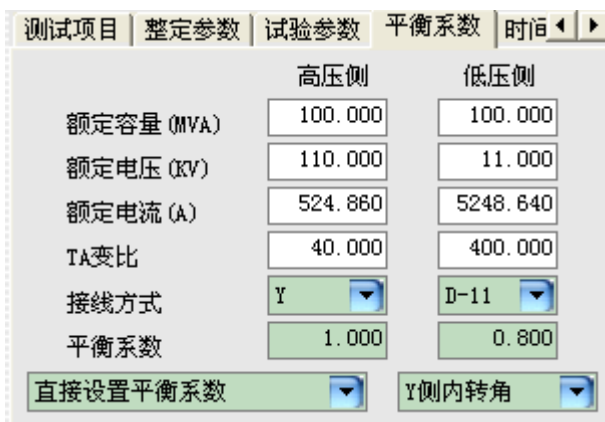
在“整定参数”窗口填写试验参数，具体设置如下图：



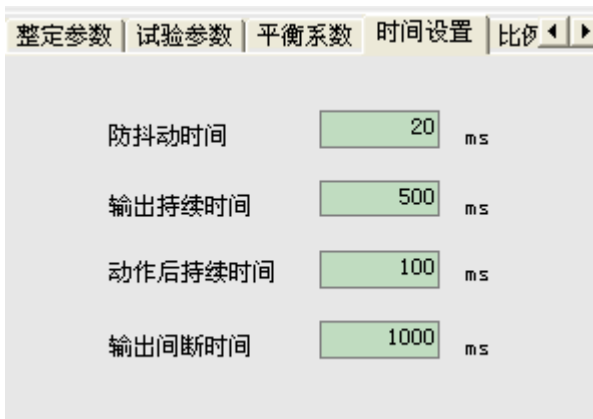
在“试验参数”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：



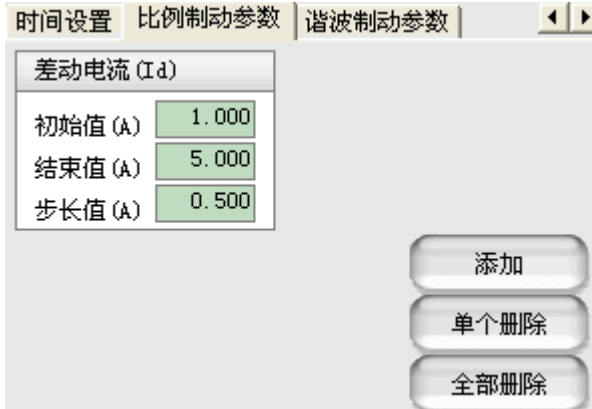
在“平衡系数”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：



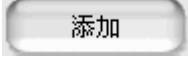
在“时间设置”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

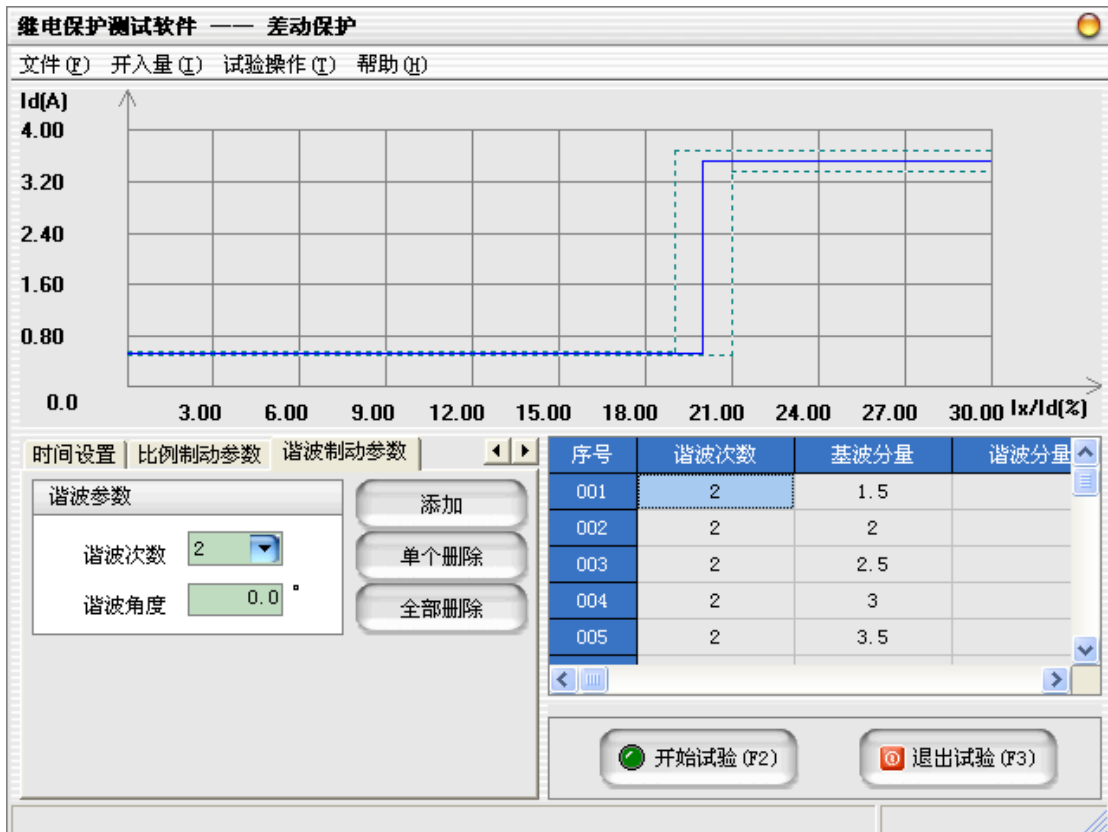


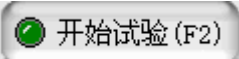
在“比例制动参数”窗口填写试验参数，根据需要设定 I_d 的起点和终点，一般起点应大于差动电流门槛值，终点小于等于差动速断电流定值。具体设置如下图所示：



在“谐波制动参数”窗口填写试验参数，在所有参数设置好之后点击

，软件自动在坐标图中画出所要搜索的谐波制动特性曲线（实线表示），上下两条虚线分别表示电流值相对误差的边界，并列对出应的谐波次数和基波值。具体设置如下图所示：



参数设置完毕后，点击 ，测试仪根据动作方程和制动方程以及差动电流大小自动算出高压侧基波电流和谐波电流，由 IABC 输出，同时接收保护动作信号，按二分法在曲线两侧扫描，确定动作边界并记录保护动作时间。当试验完成后，测试仪自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

“谐波”模块测试谐波制动系数

1. 假设某差动保护装置的定值如下：

差动电流门槛值 1A 差动电流速断值 5A

高压侧平衡系数 1 低压侧平衡系数 0.8

二次谐波制动系数 0.2

2. 试验接线：

将测试仪的电流输出端IA与保护装置高压侧电流IAH端子相连接，IN与保护装置INH相连接，将差动保护跳闸出口接点与测试仪开入量TA相连接，保护出口公共端与开入量公共端TN相连接，具体接线如图2-1所示：

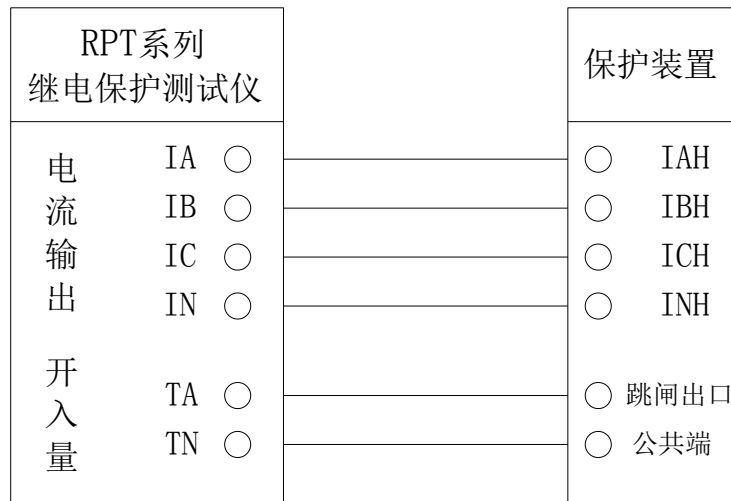
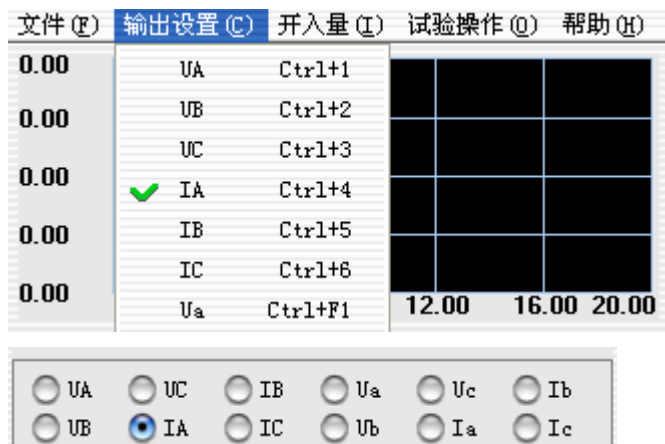


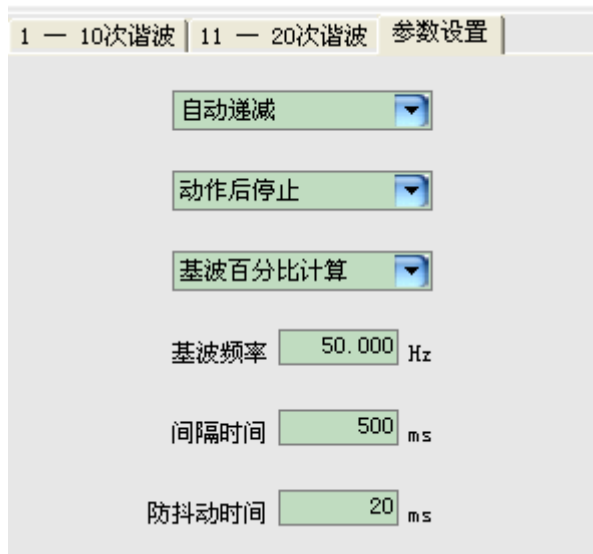
图2-1 谐波制动系数测试接线图

3. 单击“谐波”，在“输出设置”窗口和波形观察窗口均选择IA，在“开入量”窗口选择TA，具体设置如下图所示：





在“参数设置”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：



- 幅值计算：各电压、电流的各次谐波在界面上以“伏特”或“安培”为单位显示其值，测试仪输出的值为界面上实际显示的电压电流大小。
- 基波百分比计算：各电压、电流的各次谐波在界面上的“输出幅值”和“幅值步长”等于该相谐波值相对于该相基波值的百分数。比如，假设当前 IA 通道中基波电流为 2A，其二次谐波为 20。则折算成以“安培”为单位的幅值为： $2 \times 20\% = 0.4 (A)$ 。变量的幅值步长也以基波的百分比表示。
- 在“参数设置”属性页中设置试验操作方式，可选择“手动控制”、“自动递增”和“自动递减”三种方式。
- 如果在试验操作方式中选择了后两种操作方式，则可在测试方式中设置保护装置动作后的操作方式，可选择“动作后停止”和“动作后返回”两种方式。“动作后返回”时，输出量在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则改变变化方向，向起点返回。“动作后停

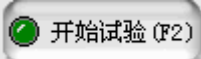
止”时，输出量在从起点→终点的变化过程中，一旦程序确认继电器动作，则结束试验。

- 如果在试验操作方式中选择了后两种操作方式，则可在“参数设置”属性页中设置两次变化之间的“间隔时间”。一般地，间隔时间的设置应大于继电器的动作（或返回）时间。
- 防抖动时间：当保护装置的动作接点闭合或打开时间小于该时间，则接点动作不被确认。

在“1-10次谐波”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

1 — 10次谐波		11 — 20次谐波		参数设置	
	幅值 (%)	步长 (%)	输出相位	相位步长	
<input type="radio"/> 直 流	0.000	0.000			
<input type="radio"/> 基 波	3.000	0.000	0.000	0.000	
<input checked="" type="radio"/> 2 次谐波	25.000	1.000	0.000	0.000	
<input type="radio"/> 3 次谐波					
<input type="radio"/> 4 次谐波					
<input type="radio"/> 5 次谐波					
<input type="radio"/> 6 次谐波					
<input type="radio"/> 7 次谐波					
<input type="radio"/> 8 次谐波					
<input type="radio"/> 9 次谐波					
<input type="radio"/> 10次谐波					

注：用此方法测试时，应注意由于补偿系数的影响，应保证输入保护装置的基波电流介于差动门槛值和差动速断值之间，二次谐波初始值百分比应大于谐波制动系数（若是以幅值计算谐波分量，则二次谐波的初始值应大于基波电流乘以谐波制动系数）。

参数设置完毕后，点击 ，测试仪以幅值步长减小谐波分量输出值，直到保护动作自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

第三章 自动装置

第一节 自动重合闸

1-1 重合闸检同期定值校验

1. 假设某保护装置定值设置如下：

接地距离 I 段定值 2Ω 时间 $0.5s$

三相重合闸时间 $0.6s$ 同期合闸角 20°

正序灵敏角 80°

保护压板 投接地距离 I 段、重合闸、检同期方式

2. 试验接线：

将测试仪的电压和电流输出端与保护装置对应的端子相连接，将保护装置分相跳闸出口接点跳 A、跳 B、跳 C 以及重合闸与测试仪开入量 TA、TB、TC、TD 相连接，保护出口公共端与开入量公共端 TN 相连接。具体接线如图 3-1 所示：



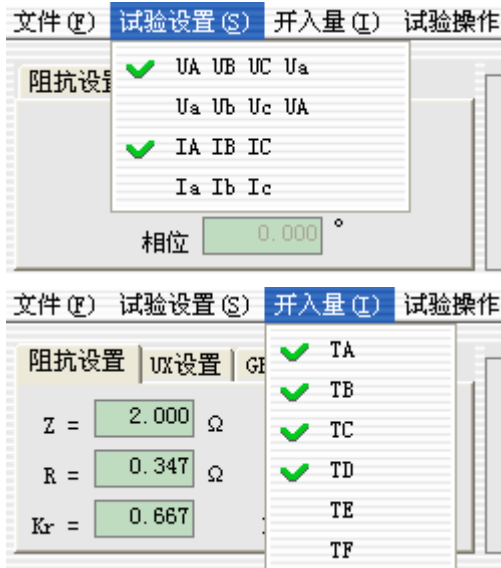
图 3-1 距离保护及重合闸接线图

注：在六路测试仪中，若电压选择 UA、UB、UC 则用 Ua 代替 UX

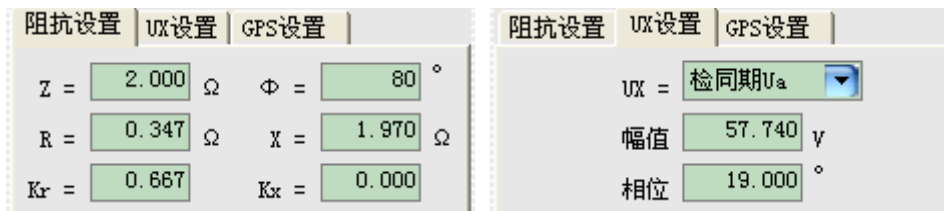
若电压选择 Ua、Ub、Uc 则用 UA 代替 UX

3. 重合闸检同期定值校验：

单击“整组试验”，在“试验设置”窗口选择 UA、UB、UC、Ua，IA、IB、IC，在“开入量”窗口选择 TA、TB、TC、TD，具体设置如下图所示：



在“阻抗设置”、“UX 设置”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：



- Z：极坐标形式的幅值。
- Φ ：极坐标形式的角度。
- R：直角坐标形式的电阻。
- X：直角坐标形式的电抗。
- Kr、Kx：用于计算零序补偿系数，如果定值所给的参数形式与此不同，可按如下公式进行转换：

$$K_r = (R_0 / R_1 - 1) / 3$$

$$K_x = (X_0 / X_1 - 1) / 3$$

如果定值单中不是给出电阻和电抗的值，而是正序和零序阻抗，以及正序和零序灵敏角，则应将它们转换成电阻和电抗，再代入上述公式进行计算。对某些保护以 K_0 、 Φ 方式计算的，如果 $\Phi(Z_1) = \Phi(Z_0)$ ，即 $PS_1 = PS_0$ ，则 K_0 为一实数，此时需设置 $K_r = K_x = K_0$ 。

- Ux 是特殊相，可设定输出 $+3U_0$ 、 $-3U_0$ 、 $+\sqrt{3} \times 3U_0$ 、 $-\sqrt{3} \times 3U_0$ 、检同期 Ua、检同期 Ub、检同期 Uc、检同期 Ubc、检同期 Uca、检同期 Uab。前 4 种 $3U_0$ 的情况，Ux 的输出值由当前输出的 Ua、Ub、Uc 组合出的 $3U_0$ 成分乘以各系数得出，并跟随其变化。若选等于某检同期抽取电压值，

则在测试线路保护检同期重合闸时， U_x 用于模拟线路侧抽取电压。以检同期 U_a 为例，在断路器合上状态， U_x 输出值始终等于母线侧 U_a ，在保护跳闸后的断开状态， U_x 值则等于所设定的检同期电压值，该值可以设定为与此刻的 U_a 数值或相位有差，用以检验保护在此种两侧电压有差的情况下的检同期重合闸情况。

在界面的右上角设置整组试验其它试验参数，具体设置如下图所示：

额定电压	57.740 V	额定频率	50.000 Hz
负荷电流	0.000 A	负荷电流相位	0.000 °
短路起始时刻	合闸角随机		
短路阻抗倍数 =	0.950	防抖动时间	20 ms

- 额定电压：在额定状态时输出的电压值，一般为57.740V。
- 额定频率：在试验时输出的频率值，一般为50Hz。
- 负荷电流：在额定状态时输出的电流值。
- 负荷电流相位：以电压为参照，负荷电流相对于电压的角度偏移。
- 短路起始时刻：需要控制短路起始时刻参考相电压的相角即合闸角时，可选择“合闸角固定”，并输入合闸角度。不需要控制时选择“合闸角随机”，则随机给出合闸角。
- 合闸角：故障瞬间合闸参考相电压的相角，由于三相电压电流相位不一致，合闸角与故障类型有关，一般以该类型故障的参考相进行计算：单相故障以故障相、两相短路或两相接地以非故障相、三相短路以A相进行计算。
- 短路阻抗倍数：为 $n \times$ “整定阻抗”，以此值作为短路点阻抗进行模拟。一般按0.95或1.05倍整定值进行检查。
- 防抖动时间：当保护装置的动作接点闭合或打开时间小于该时间，则接点动作不被确认。

在“试验时间设置”、“故障时间设置”和“系统参数设置”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：

试验时间设置	故障时间设置	系统参数设置	
试验时间	4.000 s	跳闸延时	0.020 s
开出翻转时刻	0.100 s	合闸延时	0.020 s

试验时间设置	故障时间设置	系统参数设置	
故障前时间	28.000 s	断开状态时间	0.500 s
故障持续时间	1.000 s	重合故障时间	1.000 s
故障性质	瞬时性	PT安装位置	母线侧
触发方式	时间触发	跳闸方式	三相跳闸

- 试验时间：故障开始到试验结束之间的时间限制，一般地，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。
- 开出翻转时刻：在第一次故障输出一定时间后，开出量1会闭合输出。
- 跳闸延时：模拟断路器的跳闸动作时间，测试仪根据开入量的连接，一旦接受到保护的跳闸信号，经过“跳闸延时”后，方进入跳闸后的电压电流状态。
- 合闸延时：模拟断路器的合闸动作时间，测试仪根据开入量的连接，一旦接受到保护的合闸信号，经过“合闸延时”后，方进入合闸后的电压电流状态。
- 故障前时间：在输出故障前输出额定值的时间。
- 故障持续时间：当“控制方式”设置为“时间控制”时，该参数启用，控制故障状态的持续时间。
- 断开状态时间：当“控制方式”设置为“时间控制”时，该参数启用，控制跳闸后状态的持续时间。
- 重合故障时间：当“控制方式”设置为“时间控制”时，该参数启用，控制重合闸状态的持续时间。
- 故障性质：选择“瞬时性”故障时，测试仪在整个试验过程中只输出一次故障量，当测试仪接收到保护的動作信号，或者达到所设置的“故障持续时间”后，停止输出故障量，而转为输出正常的电压、电流，之后即便接收到其它开入量信号，测试仪仍然维持正常量输出不变。选择“永久性”故障时，测试仪按以下顺序输出：开始试验（输出正常量）→输出界面上所设置的第一次故障量→接收到保护跳闸动作信号（输出正常量）→接收到重合闸动作信号（再次输出界面上所设置的故障量，如果模拟的是转换性故障，则故障相别可能与第一次不同）→再次接

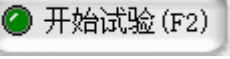
收到保护跳闸动作信号（再次输出正常量，并不再改变，等待人工停止试验）。如果需要对保护的后加速功能进行试验，一般应选择永久性故障。

- 触发方式：以何种方式触发故障，
 - 时间触发** 按“故障时间设置”的时间量依次输出各状态值，输出过程中，系统自动忽略开入量信号。
 - 接点触发** 在输出“故障前时间”的额定值后自动进入故障状态，然后根据监测的开入量输出各状态值。
 - 手动触发** 单击界面中的“触发故障”按钮，或按下F4快捷键，进入故障状态。
 - GPS触发** 将GPS同步时钟装置与主机相连，当下一个整点分钟到时，软件自动触发故障。
- PT安装位置：PT安装在“母线侧”时，测试仪接到跳闸信号后仍然给出三相额定电压。PT安装在“线路侧”时，测试仪接到跳闸信号后输出电压为零。一般地，220KV 以下的保护，PT 位于母线侧。
- 跳闸方式：用于定义开入量A、B、C三端子是作为“跳A”、“跳B”、“跳C”端子还是“三跳”端子。若设为“分相跳闸”时，则单相故障时可以模拟只跳开故障相。即这种情况下，“跳A”、“跳B”、“跳C”哪几个信号到，模拟哪几相跳开。若设为“三相跳闸”时，则不管哪个开入量收到信号，三相均同时跳开。

在“故障设置”窗口填写试验参数，具体设置如下图所示：



- 故障类型：程序提供了 11 种故障类型，包括 A、B、C 接地，AB、BC、CA 相间短路，AB、BC、CA 两相接地，三相短路。
 - 故障方向：可设置为正向故障或反向故障。
 - 短路电流：短路故障时，流经保护安装处的故障相电流。
 - 转换性故障：选择后可设置转换性故障。
- 此次试验暂不考虑进行故障转换，故该页面设置暂不考虑。

参数设置完毕后，点击 ，测试仪根据设置依次输出故障前状态（空载状态）、故障状态和重合闸状态并记录试验参数及动作时间，最后自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

在上述试验中，其他参数不变，将“UX 设置”窗口中的相位改为 21° ，重新开始试验。由于线路和母线电压间的相位差大于同期合闸角（ 20° ），保护只跳闸，但重合闸不成功。

1-2 重合闸检无压定值校验

1. 假设某保护装置定值设置如下：

接地距离 I 段定值 2Ω 时间 $0.5s$

三相重合闸时间 $0.6s$ 同期合闸角 20°

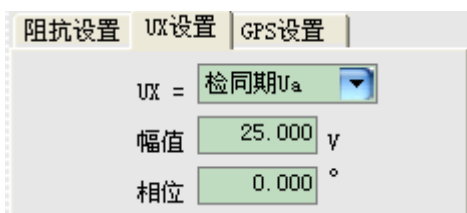
正序灵敏角 80°

保护压板 投接地距离 I 段、重合闸、检无压方式

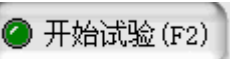
2. 试验接线参照图 3-1。

3. 重合闸检无压定值校验：

单击“整组试验”，在对应窗口填写试验参数，“重合闸检无压”参数与“重合闸检同期”的参数相比，只需修改“UX 设置”中的参数。具体设置如下图所示：



注：UX 幅值要小于 30V，相位可任意设定。

参数设置完毕后，点击 ，测试仪根据设置依次输出故障前状态（空载状态）、故障状态和重合闸状态并记录试验参数及动作时间，最后自动停止试验，根据提示选择是否保存试验报告。

在上述试验中，其他参数不变，将“UX 设置”窗口中的幅值改为 35V，重新开始试验，保护应只跳闸，但重合闸不成功。

附录一：差动保护知识

变压器接线

保护定值中的变压器接线类型都是指变压器一次侧的实际接线，一般有： $Y/\Delta-11$ 型、 $Y/Y(Y0)$ 、 $Y/\Delta-1$ 等几种。对于三卷变，测试时，一般也是取其中的两卷测试，和两卷变的测试方法一样。

高、低压侧平衡系数

目前，大部分微机保护均采用由保护内部通过计算的方式进行 Y/Δ 的数值和相位的自矫正，因此，尽管变压器是 $Y/\Delta-11$ 接线，但其CT采用 Y/Y 接线，从而使外部接线更加简单。当然，也有一部分微机保护不这样，仍然由变压器的CT接线进行矫正。

因为差动保护的定值单中并没有高压侧平衡系数，这给测试和计算带来了不便。我们知道，高压侧平衡系数默认为1，但常常又测得实际值为1.732。

通过采样的方法，可以测出各侧补偿系数，这是一种简单的粗略的计算补偿系数的方法，也可用来检验补偿系数的正确性。测试方法如下：先在高压侧加三相对称的幅值为1A的三相电流，低压侧三相电流为0A，查看保护采样中的差流显示值，此时的差流显示值即为高压侧平衡系数；然后在低压侧加三相对称的幅值为1A的三相电流，高压侧三相电流为0A，查看保护采样中的差流显示值，此时的差流显示值即为低压侧平衡系数。

高、低压侧电流与差动电流、制动电流的关系

值得注意的是，试验期间，通过改变测试仪某一相电流至保护动作，此时测试仪输出的电流并非动作电流或制动电流，更不能受差动继电器的动作原理影响，认为加在高压侧的就是动作电流，加在低压侧的就是制动电流。微机差动保护并不是直接比较高低压侧的电流大小动作的，而是判断是否满足上述的动作方

程。那高、低压侧电流与差动电流、制动电流的关系是怎样的呢？

一般，国内保护的差动电流均采用： $I_d = | I_h + I_l |$ ，可表述为：差动电流等于高、低压侧电流矢量和的绝对值，因此必须注意加在保护高低压侧电流的方向。

制动电流的方程则各个品牌和型号的保护往往不同，国内保护最常见的公式有以下三种：

1. $I_r = \max\{ | I_h |, | I_l | \}$ ：正确的表述为：制动电流等于高、低压侧电流幅值的最大值。

2. $I_r = (| I_h | + | I_l |) / K$ ：正确的表述为：制动电流等于1/K倍的高、低压侧电流幅值之和。

3. $I_r = | I_l |$ ：正确的表述为：制动电流等于低压侧电流的幅值。

公式2中的K值大部分保护为2，个别保护为1。

另外两个公式有的保护也会采用： $I_r = | I_h - I_l | / K$ ， $I_r = (| I_d | - | I_h | - | I_l |) / K$ 。

实际上，试验时记录下的保护临界动作时测试仪输出的IA、IB的电流值都不能等同与上述的高、低压侧电流，因为还得考虑高低压侧的平衡系数。假设测试仪IA输出给高压侧，IB输出给低压侧，高低压侧的平衡系数分别为K1、K2，则高低压侧的电流为： $I_h = K1 \times I_A$ ， $I_l = K2 \times I_B$ 。再代入差动电流和制动电流的公式去求出相应的差动电流和制动电流。

试验接线方法

当变压器接线类型为Y / Y (Y0)时，试验的接线很简单：测试A相时，测试仪IA接保护高压侧的A相，测试仪的IB接保护低压侧的a相，保护高、低压侧的中性线短接后，接测试仪的IN，不存在补偿电流问题。测试变压器B、C相时，接线与上述类似。

当变压器接线类型为Y / Δ-11时，常见的接线为：测试变压器A相时，测试仪IA接保护高压侧的A相，测试仪的IB接保护低压侧的a相，测试仪的IC接低压侧的c相，保护高、低压侧的中性线短接后，接测试仪的IN，其中IC作为补偿电流。但如果要求测试变压器的B相或C相时，又该如何接线呢？

高压侧转换后的电流应为： $I'A = (IA - IB) / 1.732$ ， $I'B = (IB - IC) / 1.732$ ， $I'C = (IC - IA) / 1.732$ ，如果只给高压侧 A 相通入一个电流，B、C 相不加电流，则转换后的高压侧三相电流为：

$$I'A = (IA - IB) / 1.732 = (IA - 0) / 1.732 = IA / 1.732。$$

$$I'B = (IB - IC) / 1.732 = (0 - 0) / 1.732 = 0。$$

$$I'C = (IC - IA) / 1.732 = (0 - IA) / 1.732 = -IA / 1.732。$$

所以高压侧 C 相上有了电流，并且与 A 相上的电流大小相等，方向相反。试验时，为了平衡高压侧 C 相上的电流，就在低压侧的 c 相上加一补偿电流，并且，所加的补偿电流应与加在低压侧 a 相上的电流大小相等，方向相反。

同理，如果测试变压器的 B 相，即只给高压侧的 B 相加电流，A、C 两相不加电流，依据上述公式得：

$$I'A = (IA - IB) / 1.732 = (0 - IB) / 1.732 = -IB / 1.732。$$

$$I'B = (IB - IC) / 1.732 = (IB - 0) / 1.732 = IB / 1.732。$$

$$I'C = (IC - IA) / 1.732 = (0 - 0) / 1.732 = 0。$$

由此看出，高压侧的 A 相上有了一个大小相等、方向相反的电流，试验时应补偿低压侧的 a 相。因此，正确的接线为：测试仪 IA 接保护高压侧的 B 相，测试仪的 IB 接保护低压侧的 B 相，测试仪的 IC 接低压侧的 a 相，保护高、低压侧的中性线短接后，接测试仪的 IN，其中 IC 作为补偿电流。

考虑到加在低压侧的两个电流具有“大小相等、方向相反”的特性，试验时可只需给保护输入两路电流。正确的接线为：测试变压器 A 相时，测试仪 IA 接保护高压侧的 A 相，测试仪的 IB 接保护低压侧的 a 相，保护低压侧 a、c 相负极性端短接，低压侧的 c 相与保护高压侧的中性线短接后，接测试仪的 IN。

由上述分析不难发现，加在保护低压侧对应相的电流应与加在高压侧的电流反相，加在低压侧的补偿电流要与加在低压侧对应相的电流反向。所以在测试变压器 A 相时，当测试仪 IA 的电流设为 0° ，则测试仪 IB 的电流应为 180° ，测试仪 IC 的电流应为 0° 。

在此列出几种不同的变压器接线方式下补偿电流的接线方法，以供参考。其中高压侧基波电流接测试仪 IA，低压侧基波电流接测试仪 IB，补偿电流接测试仪 IC。

对于三绕变，假定其某一侧电流为0，将其简化为双绕变，然后进行分相比率制动试验。一般取 I_H 为保护的高压侧（Y 侧）线圈电流相量， I_L 为低压侧（ Δ 侧）线圈电流相量。分相差动试验时， I_H 、 I_L 和保护线圈之间的接线方式如下表1、表2 所示：

表1：Y 侧相位补偿， I_H 、 I_L 与保护侧接线
(分相差动试验)

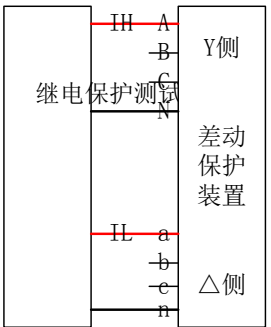
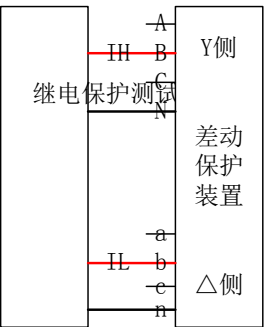
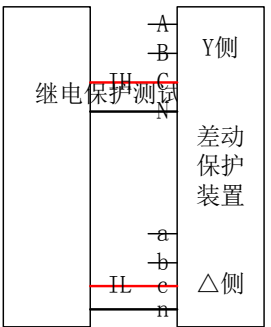
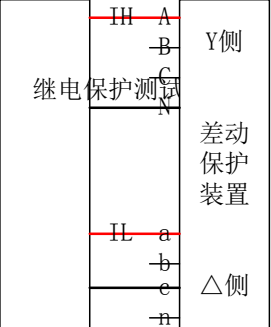
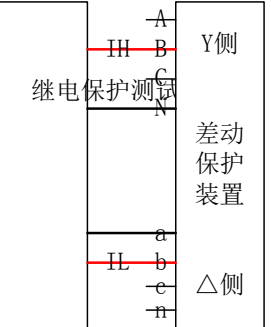
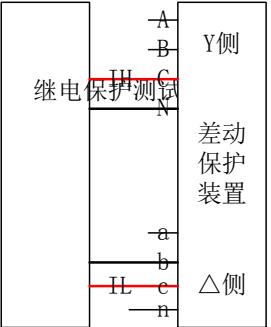
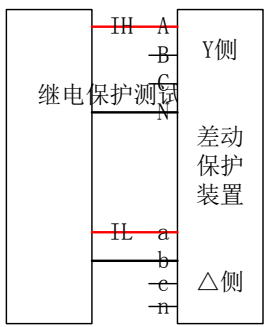
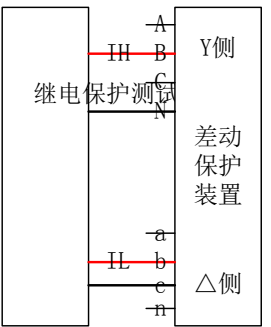
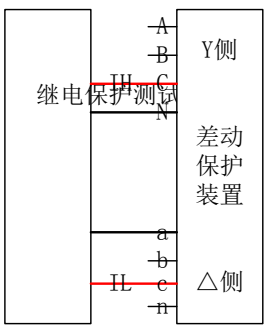
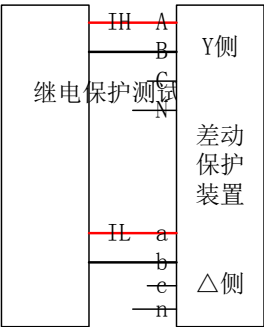
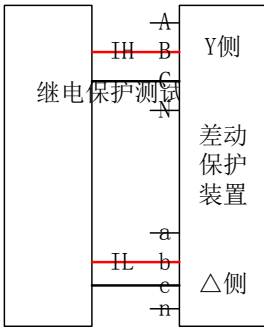
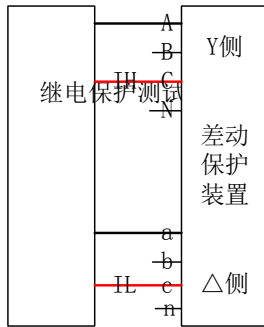
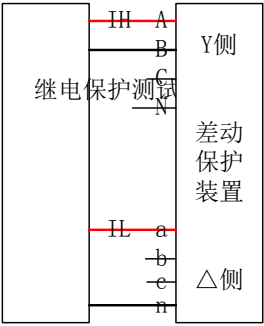
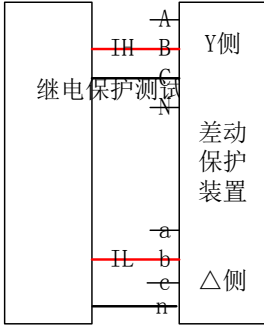
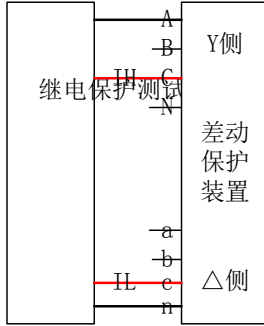
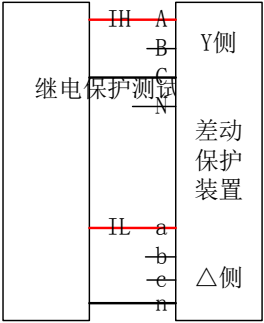
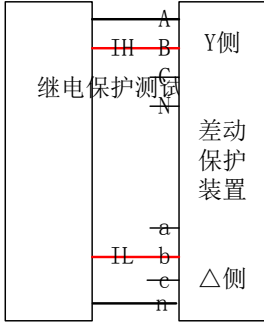
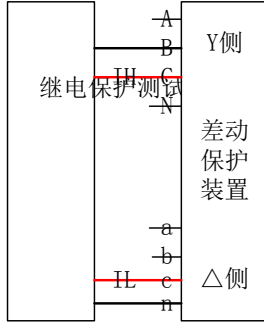
变压器接线方式	A 相差动	B 相差动	C 相差动
Y/Y-12			
Y/Δ-11			
Y/Δ-1			

表2: Δ 侧相位补偿 (Y 侧零序补偿), IH、IL 与保护侧接线
(分相差动试验)

变压器接线方式	A 相差动	B 相差动	C 相差动
Y/Y-12	 <p>Y侧: IH, A, B, C, N 差动保护装置 △侧: IL, a, b, c, n</p>	 <p>Y侧: A, B, C, N 差动保护装置 △侧: a, IL, b, c, n</p>	 <p>Y侧: A, B, C, N 差动保护装置 △侧: a, b, IL, c, n</p>
Y/ Δ -11	 <p>Y侧: IH, A, B, C, N 差动保护装置 △侧: IL, a, b, c, n</p>	 <p>Y侧: A, B, C, N 差动保护装置 △侧: a, IL, b, c, n</p>	 <p>Y侧: A, B, C, N 差动保护装置 △侧: a, b, IL, c, n</p>
Y/ Δ -1	 <p>Y侧: IH, A, B, C, N 差动保护装置 △侧: IL, a, b, c, n</p>	 <p>Y侧: A, B, C, N 差动保护装置 △侧: a, IL, b, c, n</p>	 <p>Y侧: A, B, C, N 差动保护装置 △侧: a, b, IL, c, n</p>

如果测试仪同时提供 6 路电流 (高压侧 ABC, 中压侧或低压侧 abc) 进行差动试验, 则试验时测试仪和保护之间的接线大大简化, 只需将第一组电流 I_{abc1} 引入保护的高压侧, 第二组电流 I_{abc2} 引入保护的中压侧 (或低压侧)。两侧电流三相对称, 对应相电流之间的相位差与变压器的接线方式有关。

变压器接线方式	高压侧电流相位	低压侧电流相位
Y/Y-12	0°	180°
Y/ Δ -11	0°	210°
Y/ Δ -1	0°	150°

另外, 三相差动试验时的补偿系数 K_1 、 K_2 、 K_3 计算方法和分相差动试验也有所不同。各型号保护在三相差动试验时的补偿系数计算方法如下:

- 保护：Y 侧相位补偿，则 Y 侧的分相试验补偿系数 $\times 1.732$ ， Δ 侧不变。
- 保护： Δ 侧相位补偿，则 Y 侧不变， Δ 侧的分相试验补偿系数 $\times 1.732$ 。

用“递变试验”测试微机差动保护

为论述方便，假设某保护的定值为：变压器容量：6300 KVA，高压侧额定电压 35 KV，高压侧 CT 变比 150 / 5，低压侧额定电压 6 KV，低压侧 CT 变比 400 / 5，门槛值：2 A，速断值：10A，拐点值：4 A，比例制动斜率：0.5，低压侧平衡系数：1.38，变压器接线类型：Y / Δ -11，谐波制动系数：0.18。

(1) 正确接线

测试仪 IA 接保护高压侧 A 相，测试仪 IB 接保护低压侧 a 相，测试仪 IC 接保护低压侧 c 相。保护的高、低压侧的 N 相短接后，接测试仪的 IN。

(2) 差动门槛及速断值检验

由测试仪给高压侧 A 相输出单相电流，初始值为 0，步长为 0.1A，缓慢增加电流至保护动作。将实测的动作电流与保护的门槛定值比较。一般实测的动作电流是保护门槛定值的 1.732 倍，这是因为保护在处理 Y/ Δ 转换时，已考虑了数值和相位的补偿问题，否则实测的动作电流应等于保护的门槛定值。

测速断前，先通过保护的控制字将“比例制动”保护退出，试验的方法同上。一般实测的动作电流是保护速断定值的 1.732 倍。如果 1.732 倍的速断动作值很大，可以采用测试仪两相电流并联输出（两相电流相位应相同），也可以将保护中的速断定值设置得小一些。

(3) 比例制动系数检验

计算高、低压侧额定电流

$$I_{e1} = (6300 / 35) / (150 / 5) = 6 \text{ A}$$

$$I_{e2} = (6300 / 6) / (400 / 5) = 7.88 \text{ A}$$

开始试验

设置 $I_A = I_{e1} = 6 \text{ A}$ ，相位为 0° 。 $I_B = I_{e2} = 7.88 \text{ A}$ ，相位为 180° 。 $I_C = I_{e2} = 7.88 \text{ A}$ ，相位为 0° 。并且设 I_A 为变量，步长为 0.1A。

点击“开始试验”按钮，保护应不动作。逐步减小 I_A 至保护动作，记下此

时 IA、IB 的值，假设 IA=5.5 A，IB=7.88 A。这样，第一组数据测试完毕，还可设初始的 IA、IB (IC) 分别为 1.5 倍、2 倍、2.5 倍及 3 倍的高低电压侧的额定电流。当然，也可以随机取一组 IA、IB 值，只要保证开始试验保护不动作。并且，也不必局限于减小变量至保护动作，增加变量也能使保护动作，测得的数据同样满足要求。依据上述方法，测试出其它几组保护动作时的 IA、IB 的值，以便多验证几组数据。

计算验证

这一步是最关键的，对于不同的保护，虽然差动电流的计算公式一般为： $I_d = | I_h + I_l |$ ，但制动电流的公式却往往不同。并且还涉及到高、低压侧平衡系数问题。因为有的保护本身考虑了 Y/Δ 的转换问题，而有的没有，所以计算时高压侧的平衡系数有时应取 1，有时应取 1.732。这里以国内主流保护常用的两种制动电流公式为例，详细介绍如下：

确定高压侧平衡系数

在进行差动门槛和速断值测试时，如果实测的动作电流等于 1.732 倍的整定值时，则计算时高压侧平衡系数取 1.732，如果实测的动作电流等于整定值时，则计算时高压侧平衡系数取 1。

当 $I_r = \max (| I_h | , | I_l |)$ 时

由上述第三步已测得保护临界动作时的高、低压侧电流为： $I_h = I_A = 5.5 \text{ A}$ ， $I_l = 7.88 \text{ A}$ ，假设按上述方法已确定高压侧平衡系数为 1，则差动电流和制动电流分别为：

$$I_d = | I_h + I_l | = | 5.5 - 1.38 \times 7.88 | = 5.37 \text{ A}$$

备注： $I_A(I_h)$ 与 $I_B(I_l)$ 的相位相反，而公式里是高、低压侧电流的矢量和

$$I_r = \max \{ | I_h | , | I_l | \} = \max \{ 5.5 , 1.38 \times 7.88 \} = 10.87$$

对于只有一个拐点的制动曲线，一般比例制动的动作方程均为： $I_d > I_{cd} + K \times (I_r - I_g)$ ，其中， I_{cd} 为差动门槛定值， I_g 为拐点定值，K 即为这里要求的比例制动斜率。由以上公式可得如下方程：

$$I_d = I_{cd} + K \times (I_r - I_g)$$

$$5.37 = 2 + K \times (10.87 - 4)$$

求得 $K = 0.49$ ，将实测值与整定的比例制动斜率进行比较。

当 $I_r = (| I_h | + | I_l |) / 2$ 时

假设由上述第三步改用增加 IA 至保护动作的方法，已测得保护临界动作时的一组高、低压侧电流为：I_h=I_A= 5.41A，I_l= 4.08A，同时假设按上述方法已确定高压侧平衡系数为 1.732，则差动电流和制动电流分别为：

$$I_d = | I_h + I_l | = | 5.41 \times 1.732 - 1.38 \times 4.08 | = 3.74 \text{ A}$$

备注：I_A(I_h)与 I_B(I_l)的相位相反，而公式里是高、低压侧电流的矢量和。

$$I_r = 0.5 \times (| I_h | + | I_l |) = 0.5 \times (5.41 \times 1.732 + 1.38 \times 4.08) = 7.5 \text{ A}$$

代入动作方程如下：

$$I_d = I_{cd} + K \times (I_r - I_g)$$

$$3.74 = 2 + K \times (7.5 - 4)$$

求得 K = 0.497，将实测值与整定的比例制动斜率进行比较。