

SNCT-200 变频互感器综合测试仪

第一章 装置特点与参数

CTP 系列互感器测试仪 是在本公司开发的、广受赞誉并大量应用的 FA 系列互感器多功能全自动综合测试仪基础上，广泛听取用户意见、经过大量的市场调研、深入进行理论研究之后研发的新一代革新型 CT、PT 测试仪器。装置采用高性能 DSP 和 ARM、先进的制造工艺，保证了产品性能稳定可靠、功能完备、自动化程度高、测试效率高、在国内处于领先水平，是电力行业用于互感器的专业测试仪器。

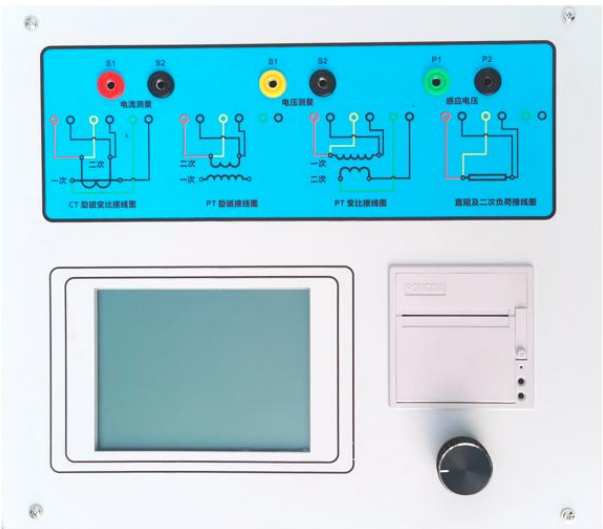
1.1 主要技术特点

- ★ 功能全面，既满足各类 CT（如：保护类、计量类、TP 类）的励磁特性（即伏安特性）、变比、极性、二次绕组电阻、二次负荷、比差以及角差等测试要求，又可用于各类 PT 电磁单元的励磁特性、变比、极性、二次绕组电阻等测试。
- ★ 自动给出拐点电压/电流、10%(5%)误差曲线、准确限值系数（ALF）、仪表保安系数（FS）、二次时间常数(Ts)、剩磁系数(Kr)、饱和及不饱和电感等 CT、PT 参数。
- ★ 测试满足 GB1208（IEC60044-1）、GB16847(IEC60044-6)、GB1207 等各类互感器标准，并依照互感器类型和级别自动选择何种标准进行测试。
- ★ 基于先进的低频法测试原理，能应对拐点高达 60KV 的 CT 测试。
- ★ 界面友好美观，全中文图形界面。
- ★ 装置可存储 2000 组测试数据，掉电不丢失。试验完毕后用 U 盘存入 PC 机，用软件进行数据分析，并生成 WORD 报告。
- ★ 测试简单方便，一键完成 CT 直阻、励磁、变比和极性测试，而且除了负荷测试外，CT 其他各项测试都是采用同一种接线方式。
- ★ 易于携带，装置重量<8.2Kg。

1.2 装置面板说明

装置面板结构如下图：

- 红黑 S1、S2 端子：试验电源输出



- 黄黑 S1、S2 端子：输出电压回测
- 绿黑 P1、P2 端子：感应电压测量端子
- 液晶显示屏：中文显示界面

图 1

注：图 1 为便携式互感器面板图，采用旋转鼠标操作，仪器自带打印机；

1.3 主要技术参数

1.3.1 便携式互感器测试仪技术参数

测试用途		保护类 CT、计量类 CT、保护类 PT
输出		0~180Vrms，12Arms，36A（峰值）
电压测量精度		±0.1%
CT 变比 测量	范围	1~40000
	精度	±0.2%
PT 变比 测量	范围	1~40000
	精度	±0.2%
相位测量	精度	±3min
	分辨率	0.3min
二次绕组 电阻测量	范围	0~300Ω
	精度	0.5%（0.2%*读数+0.3%*量程）±2mΩ
交流负载 测量	范围	1~500VA
	精度	≤0.5%（0.2%*读数+0.3%*量程） ±0.1VA

输入电源电压	AC220V±10%， 50Hz
工作环境	温度： -10℃~50℃， 湿度： ≤90%
尺寸、重量	尺寸： 340mm×296mm×174mm， 重量<9kg

第二章 用户接口和操作方法

CTP 系列互感器测试仪保证了测试软件的延续性及一致性，因此该系列测试仪在软件界面及操作方法上基本类似。

2.1 电流互感器试验

在参数界面，转动 旋转鼠标 将光标转到类型栏，选择互感器类型为 CT。

参数	结果	升流	自测
类型:CT	编号:0	绕组:1S1-1S2	
项目: ☒ 电阻 ☒ 励磁 ☒ 变比 ☐ 负荷			
当前温度:25	°C	二次电流:1	A
额定功率:50	Hz	绕组级别:P	
最大电流:1	A	一次电流:600	A
Sn/cosφ:5	VA/0.8	Alf:10.0	

开始

报告

打印

工具

帮助

就绪2010-11-18 13:55:20

2.1.1 试验接线

试验接线步骤如下：

第一步：根据表 2.1 描述的 CT 试验项目说明，依照图 2.1 或图 2.2 进行接线（对于各种结构的 CT，可参考附录 D 描述的实际接线方式）。

表 2.1 CT 试验项目说明

电阻	励磁	变比	负荷	说明	接线图
√				测量 CT 的二次绕组电阻	图 2.1，但一次侧可以不接
√	√			测量 CT 的二次绕组电阻、励磁特性	图 2.1，但一次侧可以不接
√		√		测量 CT 的二次绕组电阻，检查 CT 变比和极性	图 2.1
√	√	√		测量 CT 的二次绕组电阻、励磁特性，检查 CT 变比和极性	图 2.1
			√	测量 CT 的二次负荷	图 2.2，

第二步：同一 CT 其他绕组开路，CT 的一次侧一端要接地，设备也要接地。

第三步：接通电源，准备参数设置。

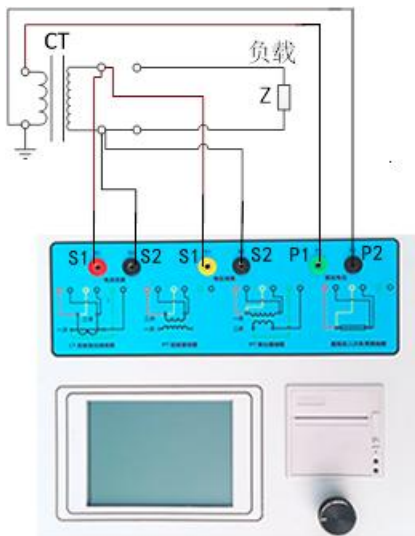


图 2.1 CT 直阻、励磁、变比试验接线方式

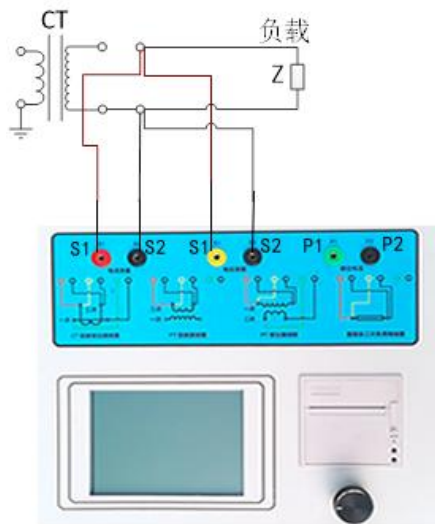


图 2.2 CT 二次负荷试验接线方式

第五步：选择右边的开始按钮进行试验。

2.1.2 参数设置

试验参数设置界面如图 2.3。

参数	结果	升流	自测
类型:CT	编号: 0	绕组: 1S1-1S2	
项目: ☒ 电阻 ☒ 励磁 ☒ 变比 ☐ 负荷			
当前温度: 25	°C	二次电流: 1	A
额定功率: 50	Hz	绕组级别: P	
最大电流: 1	A	一次电流: 600	A
S _n /cosφ: 5	VA/0.8	Alf: 10.0	

就 绪

2010-11-18 13:55:20

开始

报告

打印

工具

帮助

图 2.3 基本参数设置界面

参数设置步骤如下：

转动光标到要设置的参数位置。

（1）编号、绕组号：可输入字母和数字，默认保存的报告文件名为“CT_编号_绕组号.ctp”。

- (2) 额定二次电流 I_{sn} ：电流互感器二次侧的额定电流，一般为 1A 和 5A。
- (3) 级别：被测绕组的级别，对于 CT，有 P、TPY、计量、PR、PX、TPS、TPX、TPZ 等 8 个选项。
- (4) 当前温度：测试时绕组温度，一般可输入测试时的气温。
- (5) 额定频率：可选值为：50Hz 或 60Hz。
- (6) 最大测试电流：一般可设为额定二次电流值，对于 TPY 级 CT，一般可设为 2 倍的额定二次电流值。对于 P 级 CT，假设其为 5P40，额定二次电流为 1A，那么最大测试电流应设 $5\% \cdot 40 \cdot 1A = 2A$ ；假设其为 10P15，额定二次电流为 5A，那么最大测试电流应设 $10\% \cdot 15 \cdot 5A = 7.5A$ 。

如果用户希望看到以下结果，需要准确设置基本参数（建议用户设置）。

- (1) 匝比误差、比值差和相位差
- (2) 准确计算的极限电动势及其对应的复合误差
- (3) 实测的准确限制系数、仪表保安系数和对称短路电流倍数
- (4) 实测的暂态面积系数、峰瞬误差、二次时间常数

对于不同级别的 CT，参数的设置也不同，见表 2.2。

表 2.2 CT 参数描述

参数	描述	P	TP Y	计 量	P R	PX	TP S	TP X	TP Z
额定一次电流	用于计算准确的实际电流比	√	√	√	√	√	√	√	√
额定负荷， 功率因数	铭牌上的额定负荷，功率因数为 0.8 或 1	√	√	√	√	√	√	√	√
		√	√	√	√	√	√	√	√
额定准确限值系 数 K_{alf}	铭牌上的规定，默认：10。用于计算极限 电动势及其对应的复合误差	√							
额定对称短路电 流系数 K_{ssc}	铭牌上的规定，默认：10。用于计算极限 电动势及其对应的峰瞬误差		√				√	√	√
一次时间常数	默认：100ms		√					√	√
二次时间常数	默认：3000ms		√						√
工作循环	C-t1-O 或 C-t1-O-tfr-C-t2-O，默认：C-t1-O 循环		√					√	
t1	第一次电流通过时间，默认：100ms		√					√	
tal1	一次通流保持准确限值的时间，默认：40ms								
tfr	第一次打开和重合闸的延时，默认：500ms。 选择 C-t1-O-tfr-C-t2-O 循环才显示		√					√	
t2	第二次电流通过时间，默认：100ms。选择 C-t1-O-tfr-C-t2-O 循环才显示		√		√			√	
tal2	二次通流保持准确限值的时间，默认：40ms 选择 C-t1-O-tfr-C-t2-O 循环才显示		√					√	
额定仪表保安系 数	铭牌上的规定，默认值：10。 用于计算极限电动势及其对应的复合误差			√					
额定计算系数						√			
额定拐点电势 Ek						√			
Ek 对应的 Ie						√			

面积系数							√		
额定 U_{al}	额定等效二次极限电压						√		
U_{al} 对应的 I_{al}							√		

2.1.3 试验结果

试验结果页，界面分别如图 2.4。

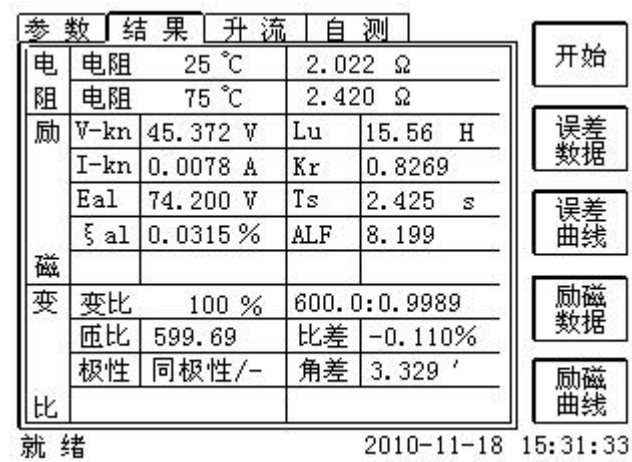


图 2.4 试验结果界面

对于不同级别的 CT 和所选的试验项目，试验结果也不同，见表 2.3。

表 2.3 CT 试验结果描述

试验结果			描述	P	T P Y	计 量	P R	P X	T P S	T P X	T P Z
负 荷	实测负荷	单位：VA，CT 二次侧实测负荷		√	√	√	√	√	√	√	√
	功率因数	实测负荷的功率因数		√	√	√	√	√	√	√	√
	阻抗	单位：Ω，CT 二次侧实测阻抗		√	√	√	√	√	√	√	√
电 阻	电阻（25℃）	单位：Ω，当前温度下 CT 二次绕组电阻		√	√	√	√	√	√	√	√
	电阻（75℃）	R_{ref} ，单位：Ω，折算到 75℃下的电阻值		√	√	√	√	√	√	√	√
励 磁	拐点电压和拐点电流	单位：分别为 V 和 A，根据标准定义，拐点电压增加 10%时，拐点电流增加 50%。		√	√	√	√	√	√	√	√
	不饱和电感 L_u	单位：H，励磁曲线线性段的平均电感		√	√	√	√	√	√	√	√
	剩磁系数 K_r	剩磁通与饱和磁通的比值		√	√	√	√	√	√	√	√
	二次时间常数 T_s	单位：s,CT 二次接额定负荷时的时间常数		√	√	√	√	√	√	√	√
	极限电动势 E_{al}	单位：V，根据 CT 铭牌和 75℃电阻计算的极限电动势		√	√	√	√			√	√
	复合误差 ε_{al}	极限电动势 E_{al} 或额定拐点电势 E_k 下的复合误差		√		√	√	√			
	峰瞬误差 ε	极限电动势 E_{al} 下的峰瞬误差			√					√	√
	准确限值系数	实测的准确限值系数		√			√				
	仪表保安系数	实测的仪表保安系数				√					
	对称短路电流倍数 K_{ssc}	实测的对称短路电流倍数			√				√	√	√

	暂态面积系数	实际的暂态面积系数		√					√	√
	计算系数 Kx	实测的计算系数					√			
	额定拐点电势 Ek						√			
	Ek 对应的 Ie	额定拐点电势对应的实测励磁电流					√			
	额定 Ual	额定等效二次极限电压						√		
	Ual 对应的 Ial	额定等效二次极限电压对应的实测励磁电流						√		
变比	变比	额定负荷下的实际电流比	√	√	√	√	√	√	√	√
	匝数比	被测试的二次绕组与一次绕组的实际匝比	√	√	√	√	√	√	√	√
	比值差	额定负荷下的电流误差	√	√	√	√	√	√	√	√
	相位差	额定负荷下的相位差	√	√	√	√	√	√	√	√
	极性	CT 一次和二次的极性关系，有同极性/—（减极性）和反极性/+（加极性）两种	√	√	√	√	√	√	√	√
	匝比误差	实测匝数比与额定匝比的相对误差					√	√		

2.2 电压互感器试验

在参数界面，用 旋转鼠标 切换光标到类型栏，选择互感器类型为 PT。

2.2.1 试验接线

试验接线步骤如下：

第一步：根据表 2.4 描述的 PT 试验项目说明，依照图 2.7 或图 2.8 进行接线。

表 2.4 PT 试验项目说明

电阻	励磁	变比	说明	接线图
√			测量 PT 的二次绕组电阻	图 2.7，一次侧必须断开
√	√		测量 PT 的二次绕组电阻、励磁特性	图 2.7，一次侧必须断开
		√	检查 PT 变比和极性	图 2.8

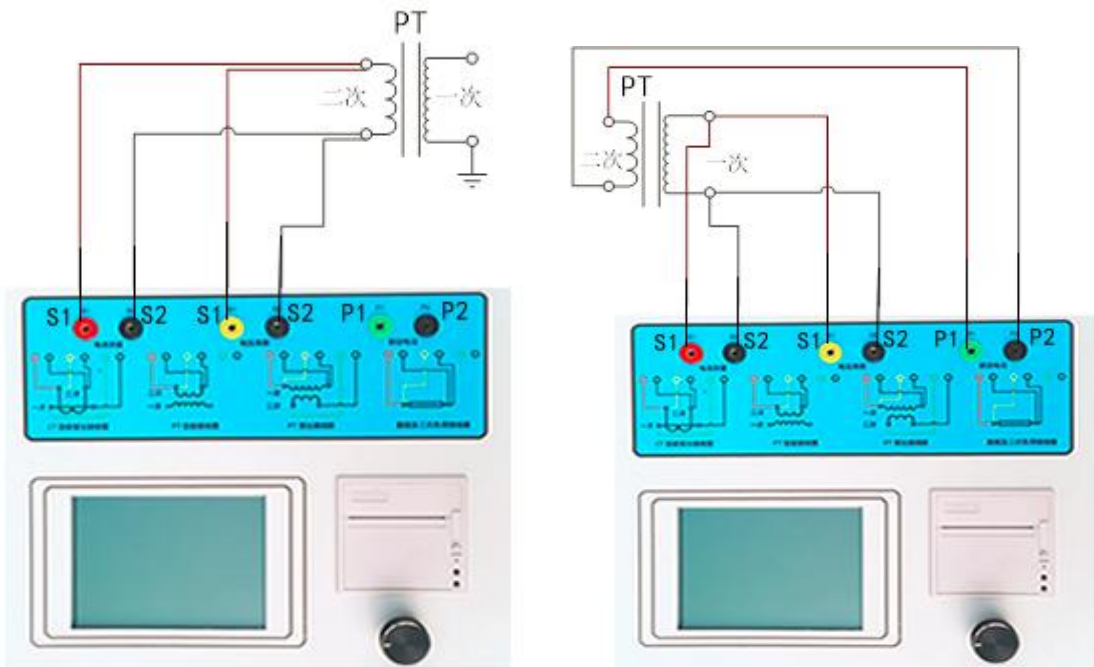


图 2.7 PT 直阻、励磁试验接线方式

第二步：同一 PT 其他绕组开路。

第三步：接通电源，准备参数设置。

图 2.8 PT 变比、极性试验接线方式

2.2.2 参数设置

PT 的试验参数设置界面如图 2.5。

参数	结果	升流	自测
类型:PT 编号:0 绕组:1S1-1S2			
项目: ☒ 电阻 ☒ 励磁 ☐ 变比			
当前温度:25 °C 二次电压:1 V			
额定功率:50 Hz 绕组级别:P			
最大电流:1 A			
最大电压:100 V			

开始

报告

打印

工具

帮助

就绪2010-11-18 13:55:20

图 2.5 PT 参数设置界面

参数设置步骤如下：

用 旋转鼠标 切换光标到要设置的参数位置。

- (1) 编号、绕组号可输入字母和数字。
- (2) 额定二次电压 V_{sn} ：电压互感器二次侧的额定电压。
- (3) 级别：被测绕组的级别，有 P 级 1 个选项。
- (4) 当前温度：测试时绕组温度，一般可输入当时的气温。
- (5) 额定频率：可选值为：50Hz 或 60Hz。
- (6) 最大测试电压：试验时设备输出的最大工频等效电压。
- (7) 最大测试电流：试验时设备输出的最大交流电流。

第四步： 选择右边的开始按钮进行试验。

2.2.3 试验结果

试验结果页，如图 2.6。

参数	结果	升流	自测
电	电阻	25 °C	2.022 Ω
阻	电阻	75 °C	2.420 Ω
励	V-kn	45.372 V	
	I-kn	0.0078 A	
磁			

开始

励磁数据

励磁

对于不同级别的 PT 和所选的试验项目，试验结果也不同，见表 2.5。

试验结果		描述	P	计量
电 阻	电阻（25℃） R	单位：Ω，当前温度下的电阻	√	√
	电阻（75℃） R_{ref}	单位：Ω，参考温度下的电阻值，温度可修改	√	√
励 磁	拐点电压和拐点电流	单位：分别为 V 和 A，根据标准定义，拐点电压增加 10%时，拐点电流增加 50%。	√	√
变 比	变比	额定负荷或实际负荷下的实际电流比	√	√
	匝数比	被测试的二次绕组与一次绕组的实际匝比	√	√
	极性	PT 一次和二次的极性关系，有同极性/—（减极性）和反极性/+（加极性）两种	√	√

自测界面如图 2.8。在万用表帮助下，自测功能可用于检查设备是否损坏，测量电路是否正常。

图 2.8 自测测试界面

自测测试所需的参数如下表:

表 2.6 自测测试参数

参数	描述
测试电流	需要装置输出的电流，有效值范围：1mA~5A
测试电压	需要装置输出的电压，有效值范围：1V~80V
测试频率	需要装置输出电压或电流的频率，范围：0~50Hz

测试电流或测试电压设置后，设置测试频率，装置将输出对应频率的电压或电流，并显示检测到的实际电压或电流。在选择电压后，如果负载太小，导致实际电流有效值大于 5A，则显示过载信息。在选择电流后，如果负载太大，导致实际测试电压有效值大于 100V，则也会显示过载信息。

2.4.2 接线方法

·选择电压测试时，将 S1 短接另一个 S1，S2 短接另一个 S2。用万用表电压档测量 S1 和 S2 之间的电压，若与实际电压相符，说明设备能够输出电压且电压测量环节正常。

·电流测试时，将电源输出的 S1、S2 端子短接。电压回测的 S1、S2 不接。可在输出的 S1 和 S2 之间串入万用表电流档，若万用表测量的电流与实际电流相符，说明设备能够正常输出电流且电流测量环节正常。

2.5 功能按钮

2.5.1 参数页功能按钮

(1). 打开报告

报告界面，如图 2.9。选择打开某个试验报告，该报告参数信息和数据会显示到各个页的对应栏目中。

试验报告

序号	报告文件	已用	1%
1	CT_0_1S1-1S2		✓

类 型：CT
编 号：0
绕组号：1S1-1S2
试验时间：2010-11-18 15:31:33

打开
保存
导出
清空
返回

就 绪2010-11-18 15:31:33

图 2.9 打开试验报告界面

(2). 保存报告

报告界面，如图 2.10。

试验报告

序号	报告文件(.ctp)	已用	1%
1	CT_0_1S1-1S2		

保存

返回

就 绪2010-11-18 15:31:33

图 2.10 保存试验报告界面

(3). 系统工具

系统工具界面，如图 2.11。在该界面中可以进行时间校对、系统升级等操作。其中：调试用于出厂调试，升级用于软件界面的升级。

图 2.11 系统工具界面

(4). 帮助

帮助	
结果说明	V-kn:拐点电压 I-Kn:拐点电流
硬件版本	Lu:不饱和电感 Kr :剩磁系数
软件版本	Eal:极限电动势 ε al:复合误差
	Ts:二次时间常数 ε :峰瞬误差
	Ktd:暂态面积系数Kx:计算系数
	ALF:准确限值系数
	Fs :仪表保安系数
	Kssc:对称短路电流系数
	Ual:额定等效励磁二次极限电压
	Ek :额定拐点电势
	Ie:Ek时最大励磁电流
	返回

就 绪 2010-11-18 15:31:33

图 2.12 帮助界面

(5) 打印

用户可以打印当前报告，此报告可做为现场试验的原始记录。

2.5.2 结果页功能按钮

(1)、误差数据

选择误差数据将显示 5%和 10%误差情况下，额定一次电流倍数与最大负荷之间的关系数据界面，如图 2.13。界面中给出的数据是根据实际励磁测试数据计算得到的。计算方法见附录 B。

工具	
校对时间	
年 : 2010	月 : 11 日 : 18
时 : 15	分 : 31
调试	
校时	
升级	
返回	

就 绪 2010-11-18 15:31:33

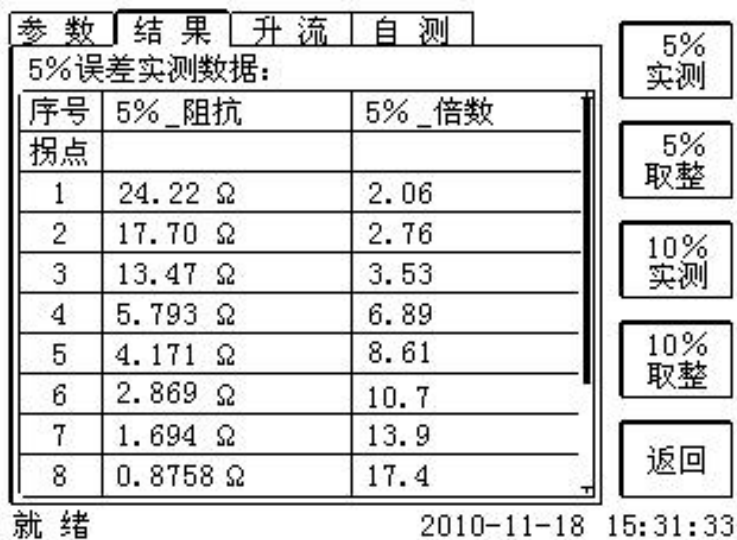


图 2.13 5%误差数据界面

(2)、误差曲线

选择**误差曲线**，将显示 10%（或 5%）误差情况下，额定一次电流倍数与最大负荷之间的关系曲线界面，如图 2.14。界面中横坐标为额定一次电流倍数，纵坐标为允许的最大负荷。

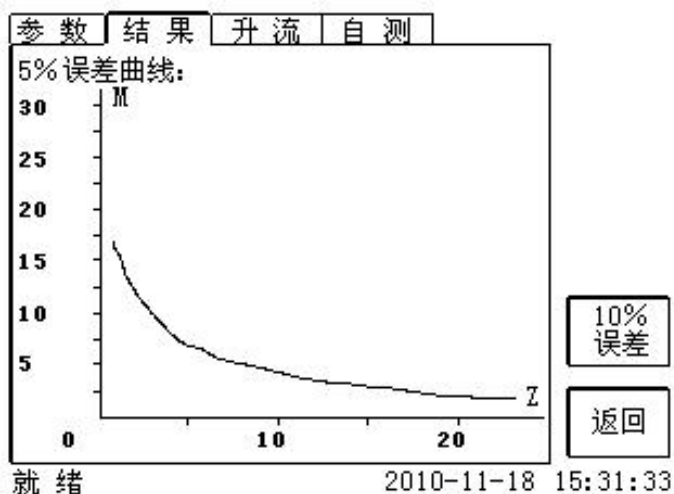


图 2.14 5%误差曲线界面

(3)、励磁数据

选择**励磁数据**将显示励磁数据界面，如图 2.15，界面中给出了自动计算出来的拐点电压和拐点电流。用户可以根据需要选择要打印的数据：

- (1) 实测数据：实际测试的数据。
- (2) 取整数据：显示一些默认整数点测试对应的数据。
- (3) 指定数据：用户可以输入所需要的数据。
- (4) 指定步长数据：根据用户指定的步长显示对应的测试数据。

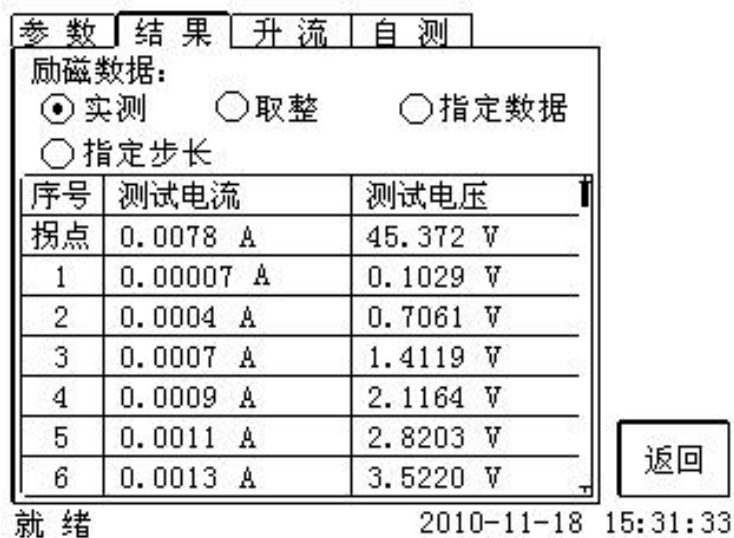


图 2.15 励磁数据界面

(4)、励磁曲线

选择**励磁曲线**将显示励磁曲线界面，如图 2.16，界面中给出拐点电压和拐点电流。

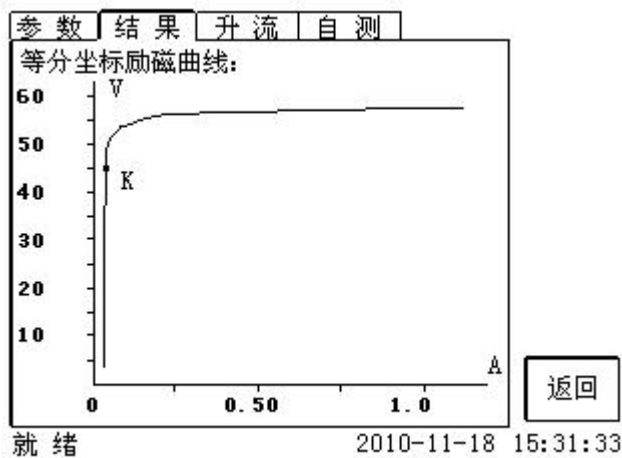


图 2.16 励磁曲线界面

(5)、比值差表相位差表

选择**比值差表**将显示不同额定电流百分比和不同负荷值情况下被测 CT 的比值差与相位差，如图 2.17:

参 数	结 果	升 流	自 测
额定电流	额定负荷(VA/Cos ϕ)		
的百分比	5.000/0.80	1.250/0.80	
(%)	比差	角差	比差 角差
1	-0.41	-4.5	-0.13 5.00
5	-0.35	-3.9	-0.16 0.61
20	-0.19	7.92	-0.08 5.06
100	-0.11	3.32	-0.04 3.07
120	-0.09	2.88	-0.03 2.94
比差单位:% 角差单位: ' 返回			
就 绪		2010-11-18 15:31:33	

图 2.17 比值差表界面

第三章 PC 机操作软件使用说明

对于 CTP 互感器分析仪的试验报告，可以通过 PC 机操作软件来完成对试验源数据文件的分析和生成 WORD 报告。

3.1 界面说明

PC 机操作软件界面如图 3.1。

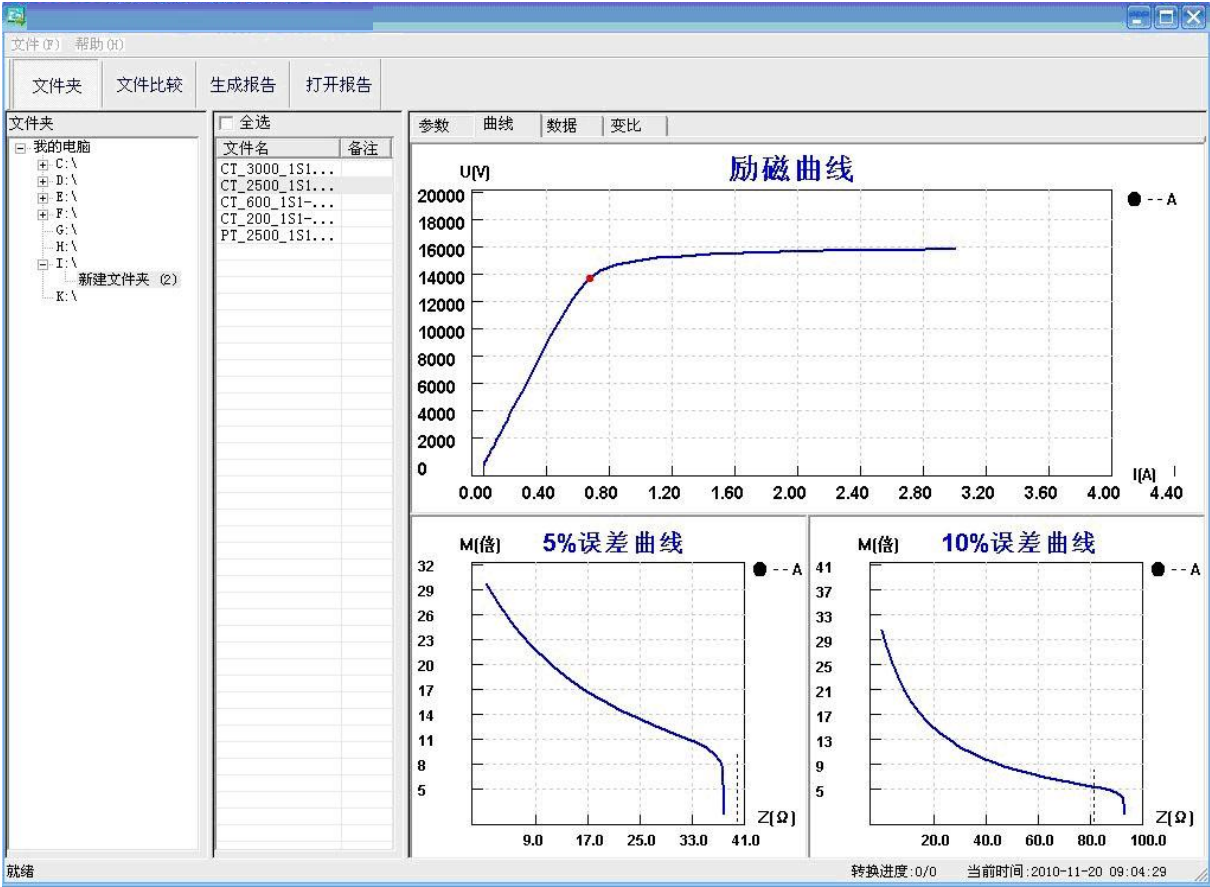


图 3.1 PC 机操作软件界面

·文件夹

当该按钮处于“按下状态”时，显示文件夹目录。当按钮处于“弹起状态”时，隐藏文件夹目录。

·文件比较

当该按钮处于“按下状态”时，从文件列表中选定多个数据源文件进行数据处理，选中的文件分别标注（A、B、C、a、b、c）标签，顺序由 A->c，并且用颜色表示。若右侧显示页

显示曲线时，将显示多条曲线进行比较，若显示页显示其它数据，则仅显示当前源文件的数据信息。

·生成报告

按照“文件比较”按键的状态将选定的源文件生成 WORD 试验报告。

当“文件比较”按键处于“弹起状态”时，仅将所选源文件转换成 WORD 试验报告。

当“文件比较”按键处于“按下状态”时，将所定的多个源文件合并生成 WORD 试验报告。

报告中将不记录励磁、5%误差、10%误差实测值，而只记录取整值，以利于进行数据比较。

·打开报告

使用 OFFICE 软件打开已经生成的 WORD 试验报告。

·参数页

参数页（图 3.2）显示试验源文件的数据信息。不同的 CT 类型显示不同的参数，其中包括电阻信息，励磁信息，变比信息，负荷信息。



图 3.2 PC 机操作软件参数界面

·曲线页

曲线页（图 3.1）显示励磁曲线、5%误差曲线、10%误差曲线。最多可以显示 6 个源文

件的 6 条曲线，由 6 种不同形状的图标指示，可以方便地进行比较。曲线中的坐标点是根据源文件中的数值自适应确定的。在绘图有效区域内移动鼠标，程序会根据 X 轴坐标点自动计算 Y 轴坐标点的数据，显示在右侧对应的图标下。

数据页

数据页（图 3.3）显示励磁、5%误差、10%误差的实测值和取整值。实测值是直接从文件中读取的，取整值是通过计算将 x 坐标取整得到的数据。取整值可按一定步长进行取整，还可以双击对取整的数据进行修改，用右键添加和删除。



图 3.3 PC 机操作软件数据界面

变比页

变比界面（图 3.4）显示比差值和相差值数据。某些数据用不同颜色表示以更加醒目。只能显示数据供用户分析，不能进行修改。



图 3.4 PC 机操作软件变比界面

3.2 生成 WORD 报告

- 注意**
1. 要求 PC 机安装了 OFFICE 2000 或以上版本。
 2. 软件转换前，请关闭其它已打开的 WORD 文档，以免造成损失。请勿删除自动生成的“试验报告\”文件夹。
 3. 软件转换过程中，请不要进行其它操作，否则，可能会造成曲线图形不全。

3.2.1 单个文件分别转换

PC 机操作软件支持同一个文件夹内的一个或多个文件同时转换，此时每个试验文件分别转换为文件名一致的 WORD 报告。步骤如下：

- 1、选择文件：用鼠标选择单个文件，按住 **ctrl** 键可以选择多个试验文件，或按**全选**选择所有文件，再点击**生成报告**，弹出**报告设置**对话框如图 3.5。
2. 选择需要保存的选项，点击**确定**，弹出保存文件位置对话框，默认位置在试验报告文件夹中。



图 3.5 单个文件分别转换报告设置界面



图 3.6 多个文件合并转换报告设置界面

3.2.2 多个文件合并转换

PC 机操作软件支持同一个文件夹内的多个（最多 6 个）试验源文件合并转换，此时合并转换为一个 WORD 报告，便于分析和比较。

- 1、选择文件：按下**文件比较**，用鼠标左键选择多个文件（鼠标右键取消选定），选定的文件会在备注栏中标注 A、B、C、a、b、c 字母，并在**曲线页**中显示多条曲线进行比较，如图 3.7。

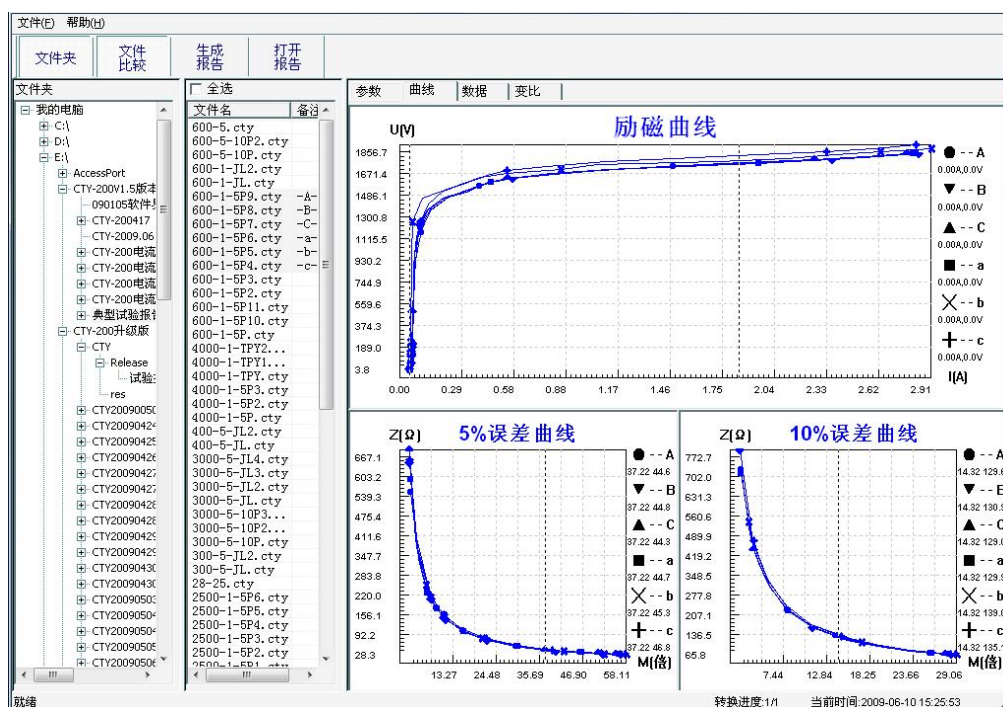


图 3.7 多个文件合并转换时曲线界面

2、再点击**生成报告**，弹出**报告设置**对话框，如图 3.6。

3. 选择需要保存的选项，点击**确定**，弹出保存文件位置对话框，默认位置在试验报告文件夹中。

附 录

A. 低频法测试基本原理

IEC60044-6 标准（对应国家标准 GB16847-1977）声称，CT 的测试可以在比额定频率低的情况下进行，避免绕组和二次端子承受不能容许的电压。

CT 伏安特性测量的原理电路如下图：CT 一次侧开路，从二次侧施加电压，测量所加电压 V 与输入电流 I 的关系曲线。此曲线近似 CT 的励磁电势 E 与励磁电流 I 的关系曲线。

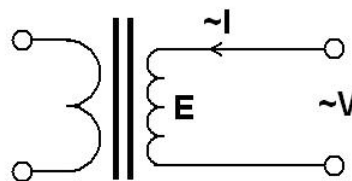
设 CT 励磁绕组在某一励磁电流 I 时的激磁电感为 L ，激磁阻抗为 Z ，则：

$$V = I \cdot Z$$

电感 L 与阻抗 Z 之间具有下述关系：

$$Z = \omega \cdot L = 2 \pi f L$$

则： $V = I \cdot 2 \pi f L$



由公式中可见在某一激磁电感 L 时所加电压 V 与频率 f 成正比关系。

假设当 $f = 50\text{Hz}$ 时，为达到励磁电流 I_x ，所需施加的电压 V_x 为 2000V

$$V_x = I_x \cdot 2 \pi f L = 2000\text{V},$$

若施加不同频率：

$$f = 50\text{Hz}, V_x = 2000\text{V}$$

$$f = 5\text{Hz}, V_x \cong 200\text{V}$$

$$f = 0.5\text{Hz}, V_x \cong 20\text{V}$$

由此可见需要使 CT 进入相同饱和程度，施加较低频率信号所需电压可以大幅度降低这就是变频法的基本原理。

在此必须严格注意，所需电压并非与频率呈线性比例关系，并非随着频率等比例降低，需要严格按照互感器的精确数学模型进行完整的理论计算。

B. 10%误差曲线计算和应用方法

电流互感器的误差主要是由于励磁电流 I_0 的存在，它使二次电流 I_2 与换算到二次侧后的一次电流 I_1' 不但在数值上不相等，而且相位也不相同，这就造成了电流互感器的误差。

电流互感器的比值差定义为：

$$\varepsilon = \frac{I_1' - I_2}{I_1'} \times 100 = \frac{I_0}{I_1'} \times 100 \quad (\text{B.1})$$

继电保护要求电流互感器的一次电流 I_1 等于最大短路电流时，其比值差小于或等于 10%。在比值差等于 10% 时，二次电流 I_2 、与换算到二次侧后的一次电流 I_1' 以及励磁电流 I_0 之间满足下述关系：

$$I_1' = 10I_0 \quad (\text{B.2})$$

$$I_2 = 9I_0 \quad (\text{B.3})$$

定义 M 为一次侧最大短路电流倍数， K 为电流互感器的变比，则有

$$M = \frac{I_{1M}}{I_{1N}} = \frac{K \times I_1'}{K \times I_{2N}} = \frac{10I_0}{I_{2N}} \quad (\text{B.4})$$

其中： I_{1M} 为一次侧最大短路电流

I_{1N} 为一次侧额定电流

I_{2N} 为二次侧额定电流

10% 比值差时，允许的最大负荷阻抗 Z_B 的计算公式为：

$$Z_B = \frac{E_0}{I_2} - Z_2 = \frac{E_0}{9I_0} - Z_2 \quad (\text{B.5})$$

式中： Z_2 为电流互感器二次绕组阻抗

E_0 为电流互感器二次绕组感应电动势， E_0 和 I_0 的关系由励磁特性曲线描述。

根据上述算式，最后可以得到用最大短路电流倍数 M 和允许的最大负荷阻抗 Z_B 描述的 10% 误差曲线（见图 2.29）。

10%误差曲线的应用方法：

得出某一 CT 的 10% 误差曲线后，还必须查阅流经该 CT 的最大短路电流 I_{MAX} 和该 CT 二次侧所带回路的阻抗 Z_2 。最大短路电流往往在整定计算时得出，是该 CT 所在线路的最大运行方式下最严重短路时的短路电流，最大电流倍数 $I_{1M} = I_{MAX} / I_E$ （额定电流）。二次回路阻抗 Z_2 可以用 CTP 装置测量得到。

得到 I_{1M} 和 Z_2 后查阅 10%误差曲线，若点 (I_{1M}, Z_2) 在曲线下方，则满足要求，说明在最严重短路情况下 CT 的电流变换误差小于 10%。否则将大于 10%。

C. CTP 用于各种 CT 的实际接线方式

CTP 用于 CT 测试的基本接线步骤（参见图 C.1）如下：

- （1）用 4mm^2 线将测试仪左侧的接地端子连接到保护地。
- （2）连接 CT 一次侧的一个端子和二次侧的一个端子到保护地。
- （3）确保 CT 的其他端子全部从输电线上断开，其他绕组全部开路。
- （4）用 2.5mm^2 红线和黑线将 CT 的二次侧连接到测试仪“Output”S1 和 S2 插孔，用 1.2mm^2 黄线和黑线将 CT 的二次侧连接到测试仪“Sec”的 S1 和 S2 插孔，注意两根黑线连在 CT 二次侧已接保护地的同一端子上。
- （5）用 1.2mm^2 绿线和黑线将 CT 的一次侧连接到测试仪的“Prim”的 P1 和 P2 端子上，P2 通过黑线与 CT 一次侧连接到保护地的那个端子相连。
- （6）检查接线无误，开始测试。

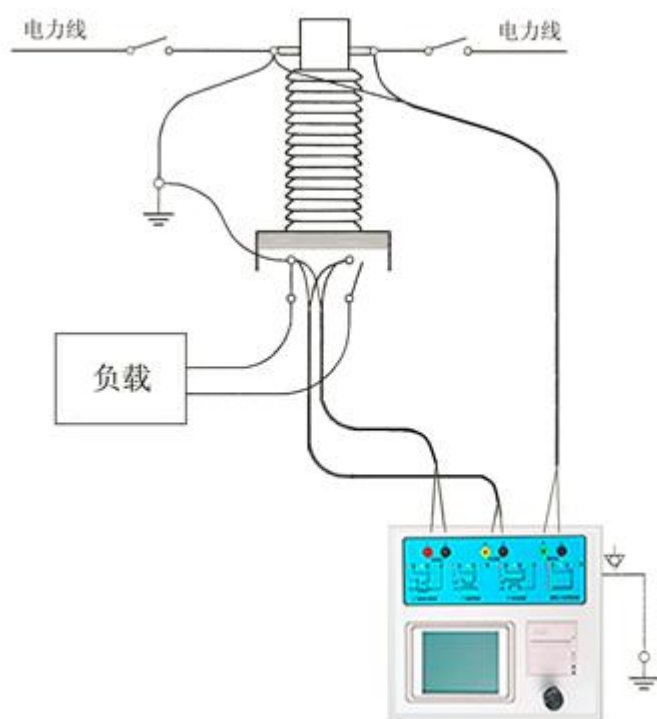


图 C.1 典型接线方式

1. 测试仪在三角形接法变压器上进行 CT 测试的接线方式如图 C.2 所示。

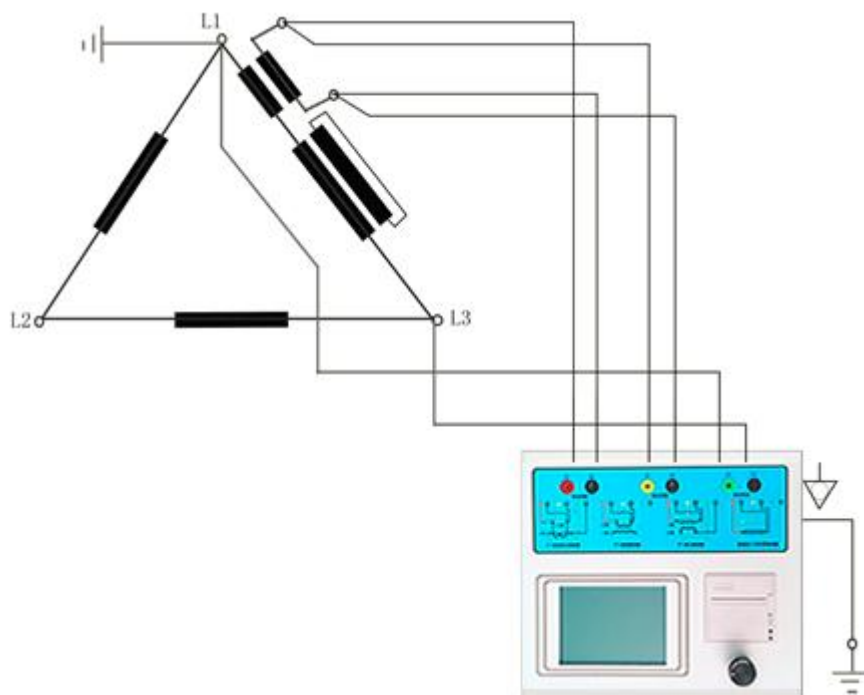


图 C.2 测试仪在三角形接法变压器上进行测试时的接线方式

2. 测试仪进行变压器套管 CT 测试时的接线方式如图 C.3 所示。

注意：一次端子 H1 不能接地，否则一次侧都接地了，则测试仪不能获取正确结果。

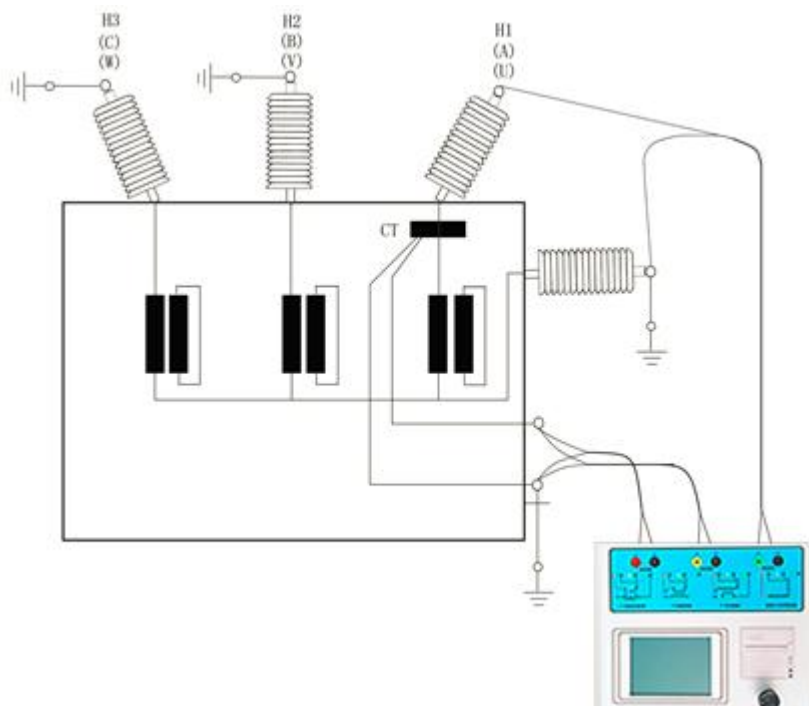


图 C.3 测试仪对变压器上套管 CT 进行测试时的接线方式

4. 测试仪在对 GIS (SF6) 开关上的 CT 测试时的接线方式如图 C.4 所示。

注意：断开与母线连接的所有开关，合上接地刀闸。

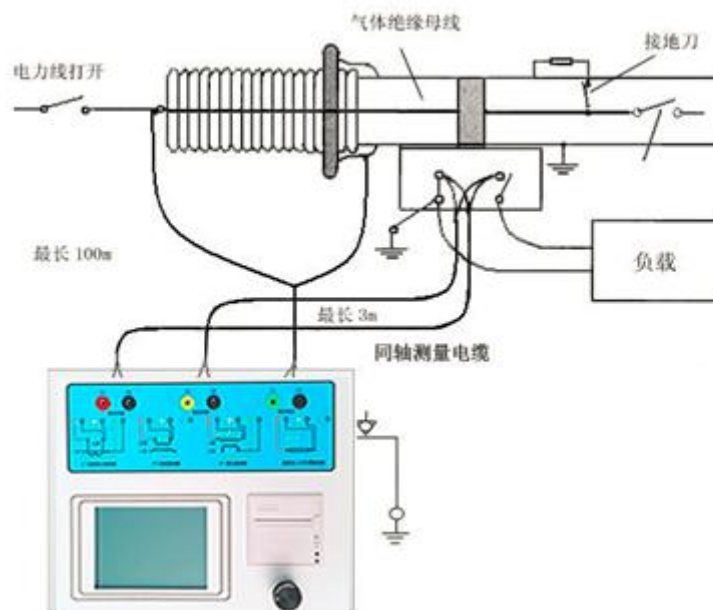


图 C.4 测试仪对 GIS（SF6）开关上的 CT 测试时的接线方式

D. 四端法接线的测量原理

施加输出一个电压源信号 V_s 到一个阻抗 R 上，将产生一电流 I ，如图 D.1。

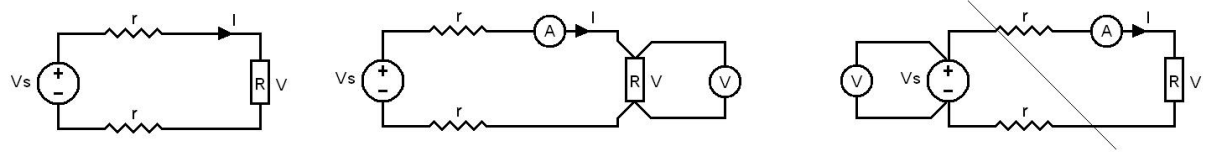


图 D.1

图 D.2

图

D.3

若需测量该阻抗值，需测量该阻抗上的电压 V ： $R = V / I$

由于从电压源到被测阻抗有一段导线，导线有电阻 r ，导致 $V \neq V_s$ ，所以若要精确测量阻抗 R ，不可以简单地用电源电压 V_s 代替 V 。

阻抗 R 的测量电路应采用图 D.2 的接线方法，测量电压的电压表必须单独用导线从 R 两端连线才能精确测量 R 的电压值 V 。因 R 两端是采用 4 根导线接线，故称为 4 端法接线。

图 D.3 的接线方法是错误的。

采用 CTP 测量互感器的电阻、变比、励磁时，需采用 4 端法接线，如图 D.4。

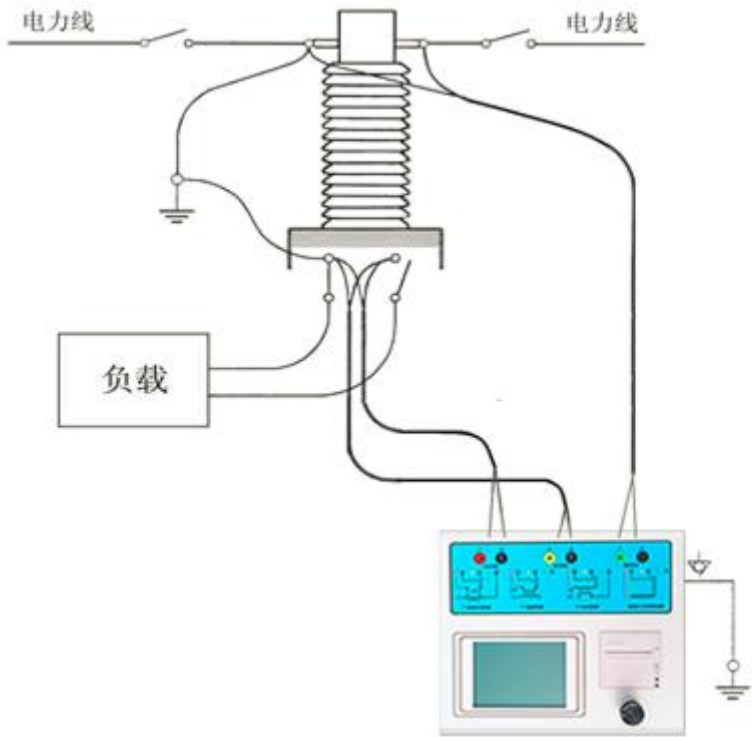


图 D.4

