



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105866644 A

(43)申请公布日 2016.08.17

(21)申请号 201610367116.8

(22)申请日 2016.05.27

(71)申请人 三峡大学

地址 443002 湖北省宜昌市大学路8号

(72)发明人 张涛 张斌 谈小瑞 张东方

(74)专利代理机构 宜昌市三峡专利事务所  
42103

代理人 成钢

(51)Int.Cl.

G01R 31/12(2006.01)

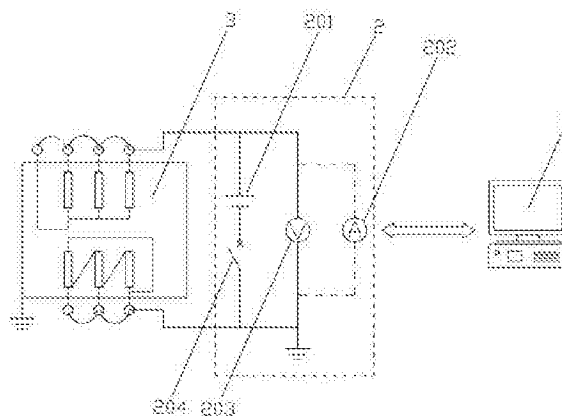
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

## (54)发明名称

一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统及测试方法

## (57)摘要

一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统,包括PC机、静电仪、实验变压器,PC机通过串口通信与静电仪连接,静电仪与实验变压器连接;所述静电仪包括高压直流电源和电表测量模块,高压直流电源连接于实验变压器的两端,形成充电回路;电表测量模块并联于实验变压器及高压直流电源的两端形成放电回路及测试回路。本发明与现有技术相比,其优点在于本发明在测量过程中各个阶段的转换利用静电仪内部电压表和电流表特性实现,整个过程通过软件控制,能够自动测量回复电压,绘制出极化谱并对特征量进行提取,接线简单,应用灵活。



1. 一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统,其特征在于,包括PC机(1)、静电仪(2)、实验变压器(3),PC机(1)通过串口通信与静电仪(2)连接,静电仪(2)与实验变压器(3)连接;

所述静电仪(2)包括高压直流电源(201)和电表测量模块,高压直流电源(201)连接于实验变压器(3)的两端,形成充电回路;电表测量模块并联于实验变压器(3)及高压直流电源(201)的两端形成放电回路及测试回路。

2. 根据权利要求1所述一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统,其特征在于,所述电表测量模块包括电压表(203)和电流表(202),电压表(203)与电流表(202)共用一套表笔,电流表(202)与电压表(203)并联,所述放电回路由电流表(202)接地形成,由PC机(1)控制电表测量模块在电压表(203)与电流表(202)之间转换。

3. 根据权利要求2所述一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统,其特征在于,所述电压表(203)用于采集回复电压,回复电压采速率为10个/s。

4. 根据权利要求1所述一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统,其特征在于,所述高压直流电源(201)的供电回路上还设有断路器(204),PC机(1)控制断路器(204)的开断从而控制电源的开合。

5. 根据权利要求1所述一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统,其特征在于,所述电表测量模块通过高屏蔽同轴线并联在实验变压器(3)和高压直流电源(201)的两端。

6. 根据权利要求1所述一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统,其特征在于,所述静电仪(2)采用6517B静电仪。

7. 根据权利要求1-6任意一项所述一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统的测试方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一:设置参数,包括充电电压、充电周期、充放电时间比;

步骤二:启动程序;

步骤三:测量系统初始化;

步骤四:充电环节,打开高压直流电源(201),PC机(1)控制静电仪(2)将电表测量模块设为电压表(203),高压直流电源(201)给实验变压器(3)充电,由于电压表(203)与实验变压器(3)并联,并不影响测试的充电;

步骤五,放电环节,充电一端时间后关闭高压直流电源(201),高压直流电源(201)相当于开路,PC机(1)控制静电仪(2)将电表测量模块转换为电流表(202),由于电流表(202)的内阻很小,几乎为零,所以相当于对实验变压器(3)两端短接进行放电;

步骤六,回复电压测量,PC机(1)控制静电仪(2)将电流表(202)转换为电压表(203),对实验变压器(3)两端的电压进行采集,得到回复电压;然后返回步骤四,消除剩余极化现象,准备下一循环的测量;

步骤七,数据分析,将采集到的回复电压数据进行初步的处理,得到该循环回复电压极化谱的特征量,包括中心时间常数 $T_c$ ,峰值电压 $U_{max}$ ,达到峰值时间的 $T_p$ ,初始斜率 $dU_r/dt$ ,并且在极化谱上绘制相应的点;

步骤八,检测环节,检测是否一个周期的所有循环都已测完,如果不是,进入放电阶段,准备下一周期的测量,否则结束。

## 一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统及测试方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力行业油浸式变压器寿命诊断领域,尤其是变压器油纸绝缘回复电压的测量。

### 背景技术

[0002] 我国的电力行业正在快速的发展阶段,随着我国对超特高压输电技术的发展,油浸式变压器已作为电网中非常重要的设备之一。如果变压器发生故障,将会影响整个电网的正常运行,甚至可能造成电网的崩溃,给国家、企业、居民用户等带来严重的经济损失或人身安全。油浸式变压器的损坏和故障绝大多数是由绝缘系统的老化造成的,随着变压器运行年限的增加,受温度、水分、机械等因素影响,其内部将产生CO、CO<sub>2</sub>、糠醛等老化产物,这将导致变压器的绝缘强度下降。因此,准确诊断出变压器油纸绝缘状态至关重要。

[0003] 传统的变压器油的绝缘老化的诊断方法主要是对其化学物理特征量的测量,其主要是平均聚合度(DP)、油中溶解气体分析(DGA)、油中糠醛含量、傅立叶红外光谱测量这4种方法。但是,这些方法需要打开变压器外罩,吊芯获取固体绝缘件样品,这样做费时费力,和进行设备大修没有什么区别。而且,检修的操作不慎、频繁的拆装等有可能对变压器的固体绝缘造成损害,给设备埋下新的绝缘隐患。近20年来,介质响应诊断技术以其携带信息丰富、抗干扰能力强等优点被用于变压器老化状态的检测。同时,它是一种通过外施电压激励来获取变压器油纸绝缘老化状态的特征量的非破坏性的诊断方法,可以方便地用于变压器的现场检测,介质响应法主要有回复电压法(RVM),极化去极化电流法(PDC),频域介电谱测量法(FDS)。

[0004] 回复电压法(RVM,Return Voltage Measure)是近年来国内外使用的一种简便有效的绝缘检测方法,其原理是绝缘介质施加直流电压时,会呈现极化现象,表面出现束缚电荷,经过一段时间的去极化过程,自由电荷会在电极之间呈现一个电势差,即回复电压。目前使用的回复电压测量技术是在单次测量的基础上,通过多个循环的测量,获取回复电压极化谱来研究其绝缘状态的,其特征量包括峰值电压及时间、主时间常数、初始斜率。回复电压测量方法是一种非破坏性的检测方法,其原理简单、接线方便,可以对变压器绝缘状态进行评估,具有广阔的应用前景。

[0005] 回复电压法(RVM,Return Voltage Measure)是近年来国内外使用的一种简便有效的绝缘检测方法,其原理是绝缘介质施加直流电压时,会呈现极化现象,表面出现束缚电荷,经过一段时间的去极化过程,自由电荷会在电极之间呈现一个电势差,即回复电压。目前使用的回复电压测量技术是在单次测量的基础上,通过多个循环的测量,获取回复电压极化谱来研究其绝缘状态的,其特征量包括峰值电压及时间、主时间常数、初始斜率。回复电压测量方法是一种非破坏性的检测方法,其原理简单、接线方便,可以对变压器绝缘状态进行评估,具有广阔的应用前景。

### 发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是提供一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统，能够采集到回复电压值，对变压器绝缘状态进行诊断。

[0007] 为解决上述技术问题，本发明所采用的技术方案是：一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统，包括PC机、静电仪、实验变压器，PC机通过串口通信与静电仪连接，静电仪与实验变压器连接；

[0008] 所述静电仪包括高压直流电源和电表测量模块，高压直流电源连接于实验变压器的两端，形成充电回路；电表测量模块并联于实验变压器及高压直流电源的两端形成放电回路及测试回路。

[0009] 优选的，所述电表测量模块包括电压表和电流表，电压表与电流表共用一套表笔，电流表与电压表并联，所述放电回路由电流表接地形成，由PC机控制电表测量模块在电压表与电流表之间转换。

[0010] 优选的，所述电压表用于采集回复电压，回复电压采速率为10个/s。

[0011] 优选的，所述高压直流电源的供电回路上还设有断路器。

[0012] 优选的，所述电表测量模块通过高屏蔽同轴线并联在实验变压器和高压直流电源的两端。

[0013] 优选的，所述静电仪采用6517B静电仪。

[0014] 一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统的测试方法，包括以下步骤：

[0015] 步骤一：设置参数，包括充电电压、充电周期、充放电时间比；

[0016] 步骤二：启动程序；

[0017] 步骤三：测量系统初始化；

[0018] 步骤四：充电环节，打开高压直流电源，PC机控制静电仪将电表测量模块设为电压表，高压直流电源给实验变压器充电，由于电压表与实验变压器并联，并不影响测试的充电；

[0019] 步骤五，放电环节，充电一端时间后关闭高压直流电源，高压直流电源相当于开路，PC机控制静电仪将电表测量模块转换为电流表，由于电流表的内阻很小，几乎为零，所以相当于对实验变压器两端短接进行放电；

[0020] 步骤六，回复电压测量，PC机控制静电仪将电流表转换为电压表，对实验变压器两端的电压进行采集，得到回复电压；然后返回步骤四，消除剩余极化现象，准备下一循环的测量；

[0021] 步骤七，数据分析，将采集到的回复电压数据进行初步的处理，得到该循环回复电压极化谱的特征量，包括中心时间常数 $T_c$ ，峰值电压 $U_{max}$ ，达到峰值时间的 $T_p$ ，初始斜率 $dU_r/dt$ ，并且在极化谱上绘制相应的点；

[0022] 步骤八，检测环节，检测是否一个周期的所有循环都已测完，如果不是，进入放电阶段，准备下一周期的测量，否则结束。

[0023] 本发明与现有技术相比，其优点在于本发明在测量过程中各个阶段的转换利用静电仪内部电压表和电流表特性实现，整个过程通过软件控制，能够自动测量回复电压，绘制出极化谱并对特征量进行提取，接线简单，应用灵活。

## 附图说明

- [0024] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明：
- [0025] 图1为本发明的结构示意图；
- [0026] 图2为本发明电表测量模块端子接线图；
- [0027] 图3为本发明测试系统的方法流程图；
- [0028] 图4为本发明的系统软件主界面图；
- [0029] 图5为本发明测试的回复电压曲线以及对应的极化谱；
- [0030] 图6为本发明的重复性测量图；
- [0031] 图中：PC机1，静电仪2，高压直流电源201，电压表203，电流表202，断路器204，实验变压器3。

### 具体实施方式

[0032] 如图1中，一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统，其特征在于，包括PC机1、静电仪2、实验变压器3，PC机1通过串口通信与静电仪2连接，静电仪2与实验变压器3连接；所述PC机与静电仪之间通过RS-232串口线进行通讯，PC机端发SCPI送命令对静电仪进行控制，同时接受从静电仪端采集到的数据，储存到指定位置并进行分析。

[0033] 所述静电仪2包括高压直流电源201和电表测量模块，高压直流电源201连接于实验变压器3的两端，形成充电回路；电表测量模块并联于实验变压器3及高压直流电源201的两端形成放电回路及测试回路。PC机1通过静电仪2控制压直流电源201；放电回路是将电表测量模块为电流表，利用电表测量的接地模式将试品接地放电。

[0034] 优选的，所述电表测量模块包括电压表203和电流表202，电压表203与电流表202共用一套表笔，电流表202与电压表203并联，所述放电回路由电流表202接地形成，由PC机1控制电表测量模块在电压表203与电流表202之间转换。软件部分由可编程开发工具Visual Basic完成，通过SCPI命令实现对静电仪所有操作的控制。

[0035] 高压直流电源201的电压输出范围为0~1000V，电源的开通和断开可由PC机通过VB软件控制，充电时，电源打开，冲完电后电源关闭，此时电源所在的支路断路，电源模块是独立的，运行时并不影响其他模块。

[0036] 优选的，所述电压表203用于采集回复电压，回复电压采速率为10个/s。

[0037] 优选的，所述高压直流电源201的供电回路上还设有断路器204。断路器204用于断开高压直流电源201所在的支路。

[0038] 优选的，所述电表测量模块通过高屏蔽同轴线并联在实验变压器3和高压直流电源201的两端。高屏蔽同轴线能够对小信号进行保护，抗外界干扰能力强，减少测量时的误差。

[0039] 优选的，所述静电仪2采用6517B静电仪。

[0040] 去极化过程和消除残余电荷的影响都要放电环节，如图2所示，电表测量时有两种模式，即接地模式和不接地模式。如图所示，红表笔（高压）、黑表笔（低压）、绿表笔别对应电表的三个表笔的正极、负极、接地端；前置放大输出、公共端、2V低压输出为仪器后端的三个输出端子。不接地模式测量时，电表的红黑表笔分别接在被测对象两端，绿表笔直接接地即可；而接地模式测量时，黑表笔与公共端口是连接的，此时将公共端直接接地，试品两端就经电流表与地相连，即被测对象两端经电流表放电。

[0041] 如图3所示,一种自动采集变压器油纸绝缘回复电压系统的测试方法,包括以下步骤:

[0042] 步骤一:设置参数,包括充电电压、充电周期、充放电时间比;

[0043] 步骤二:启动程序;

[0044] 步骤三:测量系统初始化;

[0045] 步骤四:充电环节,打开高压直流电源201,PC机1控制静电仪2将电表测量模块设为电压表203,高压直流电源201给实验变压器3充电,由于电压表203与实验变压器3并联,并不影响测试的充电;

[0046] 步骤五,放电环节,充电一端时间后关闭高压直流电源201,高压直流电源201相当于开路,PC机1控制静电仪2将电表测量模块转换为电流表202,由于电流表202的内阻很小,几乎为零,所以相当于对实验变压器3两端短接进行放电;

[0047] 步骤六,回复电压测量,PC机1控制静电仪2将电流表202转换为电压表203,对实验变压器3两端的电压进行采集,得到回复电压;然后返回步骤四,消除剩余极化现象,准备下一循环的测量;

[0048] 步骤七,数据分析,将采集到的回复电压数据进行初步的处理,得到该循环回复电压极化谱的特征量,包括中心时间常数 $T_c$ ,峰值电压 $U_{max}$ ,达到峰值时间的 $T_p$ ,初始斜率 $dU_r/dt$ ,并且在极化谱上绘制相应的点;

[0049] 步骤八,检测环节,检测是否一个周期的所有循环都已测完,如果不是,进入放电阶段,准备下一周期的测量,否则结束。

[0050] 如图4所示,为本发明的系统软件主界面图,左侧设置充电时的电压,电压范围为0~1000V;起始循环为将要测量的充电时间的那一个循环,其值为1~14,分别对应0.1s、0.2s、……、2000s;测试循环是从起始周期算起打算要测量的周期数,取值范围为1~14; $T_c/T_d$ 为充放电时间比,默认值为2;剩余循环数显示当前还没有测量的循环数;回复电压极化谱的数据在界面下面的对应的特征量中显示。

[0051] 将本系统与RVM5461进行比较,我们在实验室中制备油纸绝缘样本来验证上述装置的性能,试验材料选择美力高25号变压器绝缘油,厚度0.5mm、直径150mm的普通绝缘纸板,油纸比例约为20:1,绝缘系统采用三电极试验装置结构,实验过程中装置保持在30℃的恒温箱中以防止温度的干扰。采用本测试系统和商业仪器瑞士tettex公司的RVM5461回复电压测试仪对同一个老化56天的油纸绝缘试品进行测试,由于时间匆忙,RVM5461测量时没有充分放电,存在残余电荷的影响,导致测量的电压较大,为消除这种影响,因此这里取相对初始斜率值作比较,即 $S_r$ (充电1000秒,放电1秒的斜率)与 $U_{max}$ (回复电压峰值)的比值,测试结果如表1所示。

[0052] 表1为测试结果:

老化状态	RVM5461		本测量系统	
	$S_r$	$U_{max}$	$S_r$	$U_{max}$
56天	25.65	65.8	4.23	11.1635

[0054] 表1

[0055] 实验结果表明:两次测量时,相对初始斜率值如下:

[0056] RVM5461: $S_r/U_{m1} = 25.65/65.8 = 0.39$

[0057] 测量装置： $Sr/U_{m1} = 4.23/11.1635 = 0.38$

[0058] 可以看出以上两个比值非常接近，说明本测试系统采集的数据具有较高的准确性。

[0059] 系统回复电压极化谱的获取，如图5所示，为该系统测量的一个回复电压极化谱，回复电压极化谱为每个循环测量电压的最大值按充电时间连成曲线，本次选取充电电压为1000V，充放电时间比为2，从图中可以看出，随着充电时间的增大，回复电压极化谱出现先增大后减小的趋势。这是因为对介质进行短时充电时，弛豫时间较短的部分被激发，弛豫时间较长的部分来不及建立，随着充电时间增大，弛豫时间长的部分也逐渐建立极化，使得回复电压值峰值逐渐增大，然后随着放电时间的增大回复电压峰值又逐渐减小。

[0060] 该系统重复性实验，采用本系统对0.5mm厚的单层绝缘纸板在相同条件下(测试温度30℃，充电电压1000V)进行两次重复性实验测量，两次测量的时间间隔为2h以保证完全消除剩余极化现象。图6为两次测量的极化谱，从中可以看出第一次和第二次的测量的极化谱非常接近，误差较小，由此可以说明此系统的测量重复性很好。

[0061] 上述的实施例仅为本发明的优选技术方案，而不应视为对于本发明的限制，本发明的保护范围应以权利要求记载的技术方案，包括权利要求记载的技术方案中技术特征的等同替换方案为保护范围。即在此范围内的等同替换改进，也在本发明的保护范围之内。

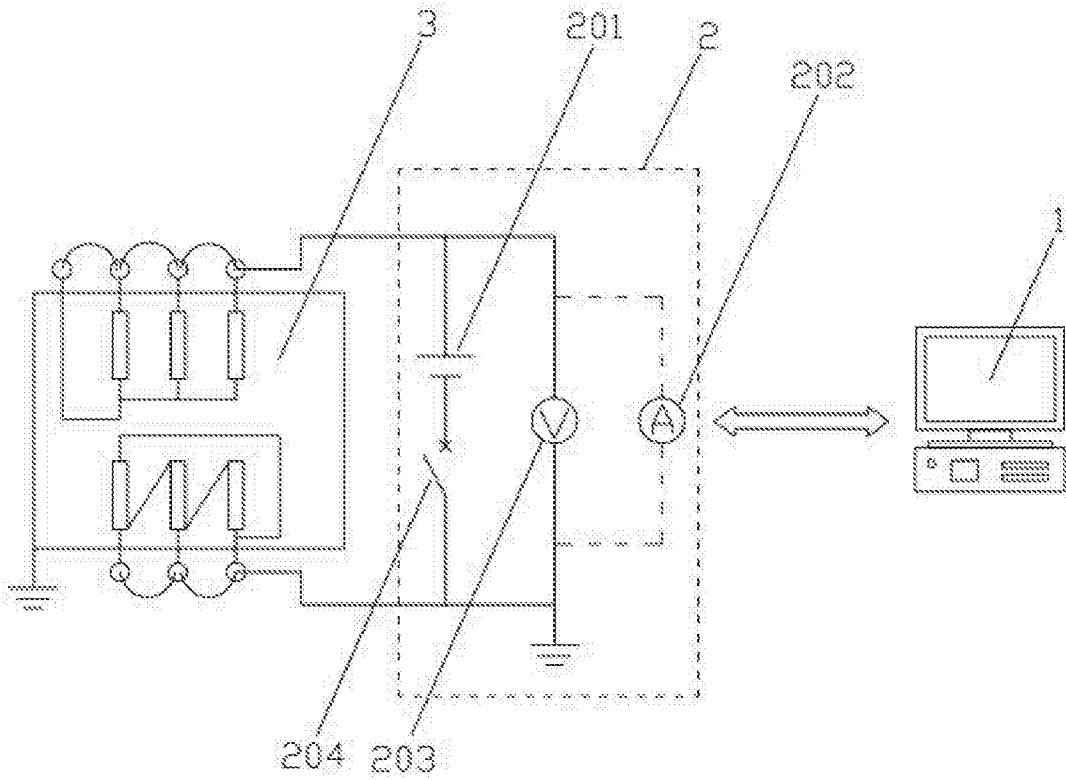


图1

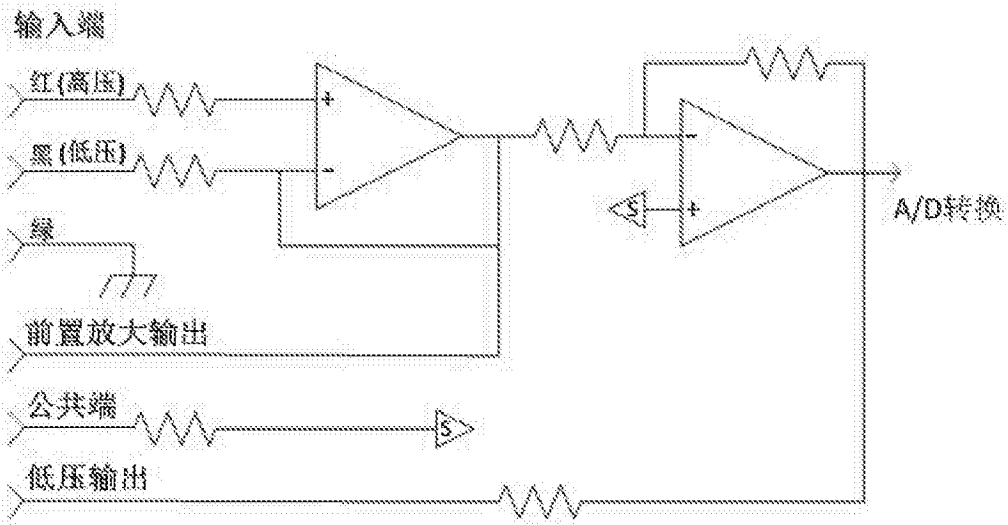


图2



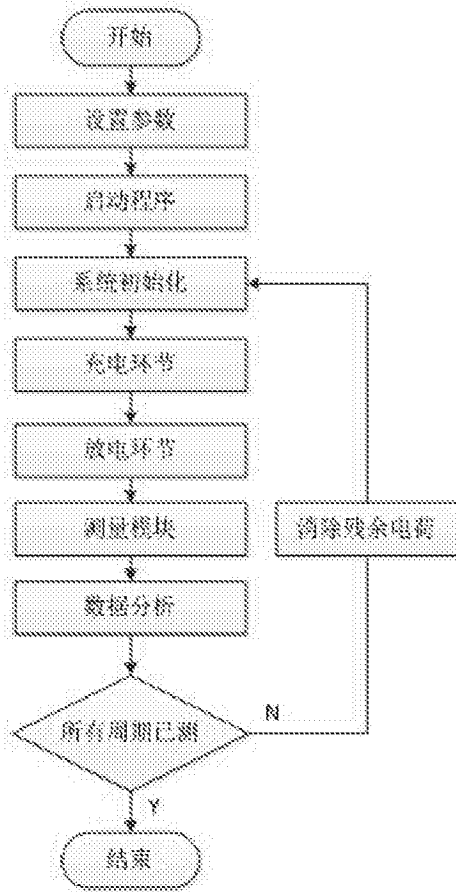


图3

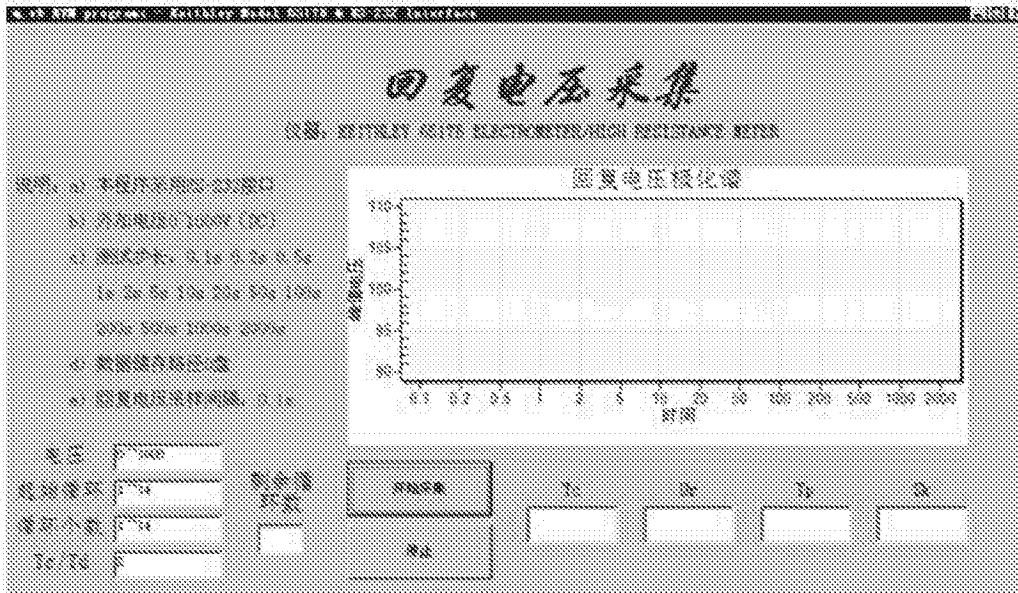


图4

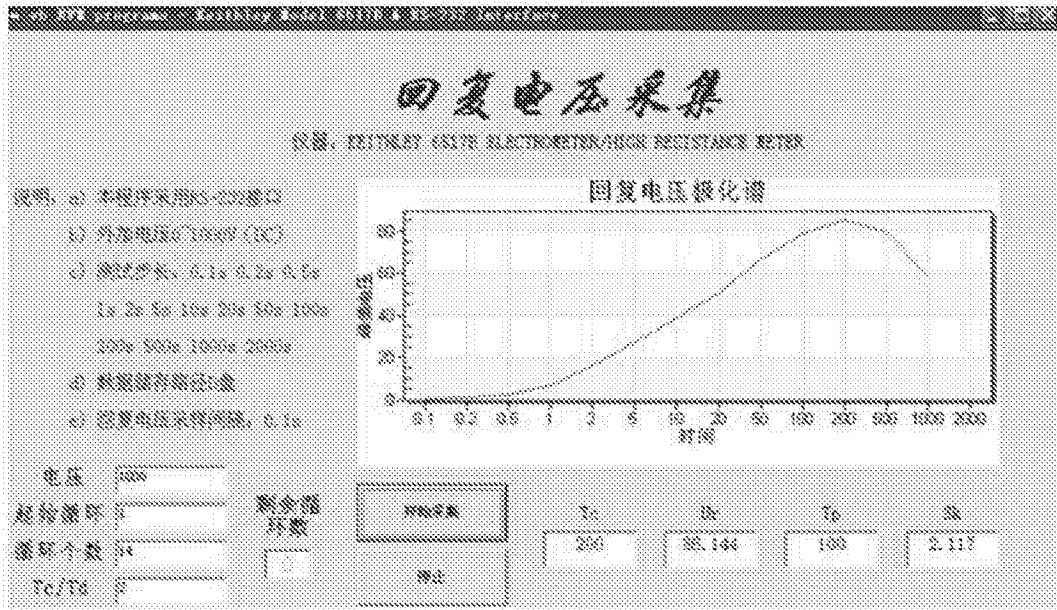


图5

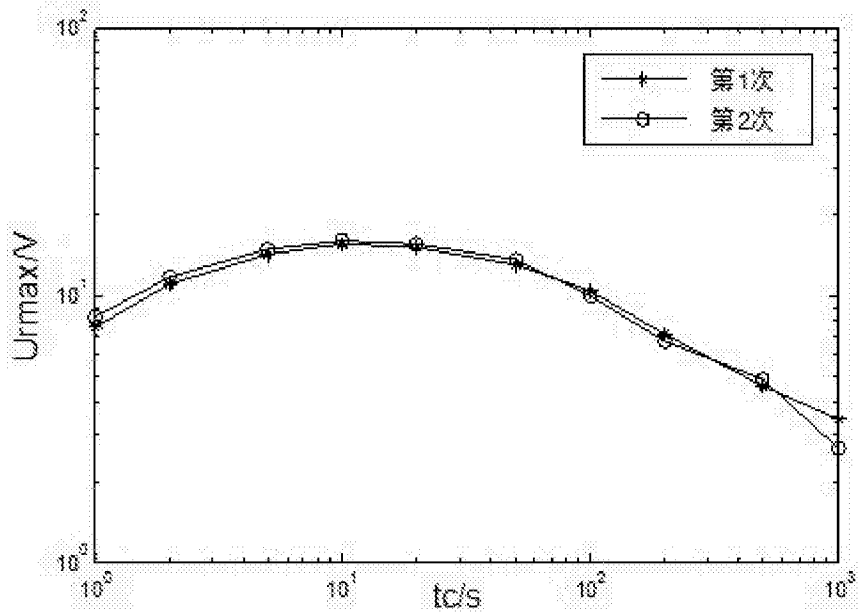


图6