



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107655940 B

(45)授权公告日 2020.06.19

(21)申请号 201710841351.9

(22)申请日 2017.09.18

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107655940 A

(43)申请公布日 2018.02.02

(73)专利权人 国网重庆市电力公司电力科学研究院

地址 401123 重庆市渝北区北部新区黄山大道中段80号

专利权人 国网重庆市电力公司  
国家电网公司

(72)发明人 刘熊 王谦 吴高林 李永福  
杜林 彭华东 李小平 陈伟  
杨勃 杨睿 胡晓锐 印华 吴彬  
宫林 周银春 周孟戈

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 罗满

(51)Int.Cl.  
G01N 27/00(2006.01)

(56)对比文件  
CN 102023059 A,2011.04.20,  
CN 103257160 A,2013.08.21,  
杜林.基于热电效应的变压器绕组材质鉴别方法.《高电压技术》.2016,第42卷(第7期),  
2275-2280.

王雪.变压器绕组参数在线计算方法.《电力自动化设备》.2012,第32卷(第7期),71-75.

WANG Qian.A New Method To Identify The Material Of Transformer Winding.《IEEE》.2016,1-4.

审查员 刘昌硕

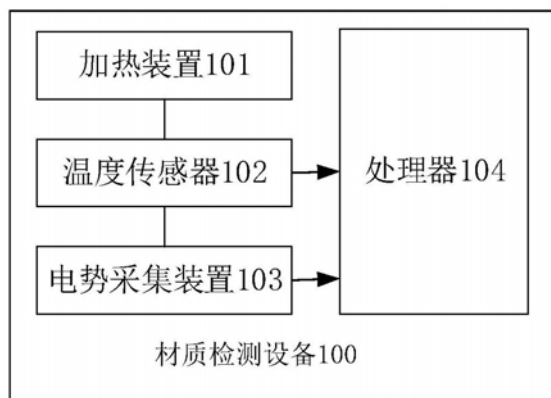
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种变压器绕组材质检测设备及系统

(57)摘要

本发明提供一种变压器绕组材质检测设备及系统,该设备包括:加热装置,用于将变压器中性点铜排加热;温度传感器,用于采集所述变压器上绕组两端的温度 $T_1$ 、 $T_2$ ;采集所述中性点铜排上第一测量点的温度 $T_3$ 、第二测量点的温度 $T_4$ ;电势采集装置,用于采集所述绕组两端的电势差 $E_1$ ;采集所述第一测量点与所述第二测量点之间的电势差 $E_2$ ;处理器,所述处理器与温度传感器连接,接收所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$ ;所述处理器与电势采集装置连接,接收所述 $E_1$ 、所述 $E_2$ ;处理器利用 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $E_2$ 计算出测压夹与所述中性点铜排的塞贝克系数,利用所述塞贝克系数校正得到所述绕组两端的目标电势差;处理器用于输出所述绕组材质的判定结果,准确检测变压器材质。



1. 一种变压器绕组材质检测设备,其特征在于,包括:
  - 加热装置,用于将变压器中性点铜排加热;
  - 温度传感器,用于采集所述变压器上绕组两端的温度 $T_1$ 、 $T_2$ ;采集所述中性点铜排上第一测量点的温度 $T_3$ 、第二测量点的温度 $T_4$ ;
  - 电势采集装置,用于采集所述绕组两端的电势差 $E_1$ ;采集所述第一测量点与所述第二测量点之间的电势差 $E_2$ ;
  - 处理器,所述处理器与温度传感器连接,接收所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$ ;所述处理器与电势采集装置连接,接收所述 $E_1$ 、所述 $E_2$ ;所述处理器利用所述 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $E_2$ 计算出测压夹与所述中性点铜排的塞贝克系数,利用所述塞贝克系数校正得到所述绕组两端的目标电势差;判断所述目标电势差与预设阈值的大小关系;根据所述大小关系判定所述绕组的材质;
  - 其中,所述处理器根据公式 $S = E_2 / (|T_3 - T_4|)$ ,计算得到所述测压夹和所述中性点铜排之间的所述塞贝克系数,利用公式 $E = E_1 - S(|T_1 - T_2|)$ 校正所述目标电势差;
  - 式中表示, $E$ 表示所述目标电势差, $S$ 表示所述塞贝克系数。
2. 根据权利要求1所述的材质检测设备,其特征在于,所述加热装置为电气加热装置。
3. 根据权利要求2所述的材质检测设备,其特征在于,所述电气加热装置设置有PTC陶瓷恒温加热片。
4. 根据权利要求1所述的材质检测设备,其特征在于,所述温度传感器采用热电偶测量温度。
5. 根据权利要求1所述的材质检测设备,其特征在于,还包括:
  - 显示装置,用于显示所述判定结果。
6. 根据权利要求5所述的材质检测设备,其特征在于,所述显示装置,还用于显示所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$ 以及所述目标电势差。
7. 根据权利要求1所述的材质检测设备,其特征在于,还包括:
  - 存储介质,用于存储所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$
  - 和/或
  - 所述目标电势差
  - 和/或
  - 所述判定结果。
8. 根据权利要求1至7任一项所述的材质检测设备,其特征在于,所述电势采集装置为微伏级热电势测试仪。
9. 一种变压器绕组材质检测系统,其特征在于,包括:
  - 加热模块,用于将变压器中性点铜排加热;
  - 温度采集模块,用于采集所述变压器上绕组两端的温度 $T_1$ 、 $T_2$ ;采集所述中性点铜排上第一测量点的温度 $T_3$ 、第二测量点的温度 $T_4$ ;
  - 电势采集模块,用于采集所述绕组两端的电势差 $E_1$ ;采集所述第一测量点与所述第二测量点之间的电势差 $E_2$ ;
  - 电势计算模块,用于利用所述 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $E_2$ 计算出测压夹与所述中性点铜排的塞贝克系数,利用所述塞贝克系数校正得到所述绕组两端的目标电势差;
  - 材质判断模块,用于判断所述目标电势差与预设阈值的大小关系;根据所述大小关系

判定所述绕组的材质；

其中,处理器根据公式 $S = E_2 / (|T_3 - T_4|)$ ,计算得到所述测压夹和所述中性点铜排之间的所述塞贝克系数,利用公式 $E = E_1 - S(|T_1 - T_2|)$ 校正所述目标电势差;

式中表示,E表示所述目标电势差,S表示所述塞贝克系数。

10.根据权利要求9所述的材质检测系统,其特征在于,所述材质判断模块,包括:

大小判断单元,用于判断所述目标电势差与第一预设阈值、第二预设阈值的大小关系;

材质判定单元,用于如果所述目标电势差大于所述第一预设阈值,则判定所述绕组材质为铝;如果所述目标电势差小于所述第二预设阈值,则判定所述绕组材质为铜。

## 一种变压器绕组材质检测设备及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及变压器检测技术领域,特别涉及一种变压器绕组材质检测设备及系统。

### 背景技术

[0002] 近年来,由于国内外铜价居高不下,部分配电变压器生产厂家开始使用铝线代替铜线作为变压器绕组材质,致使大量“以铝代铜”的变压器进入市场。例如,国家电网公司在2012年对全国各省公司新购配电变压器进行了专项抽检,其中解体检查476台配电变压器,发现铝制线圈产品53台,占比高达11.13%。这类“铝代铜”变压器使得电力用户按照纯铜线价格买的却是铝线变压器,在经济上不仅蒙受了损失,而且这种厂家生产的铝线变压器质量也难以保证,有很大的安全隐患。干式变压器低压绕组使用铜材料较多,不良厂家采用铝材料来替代统的可能性较大。

[0003] 目前设备管理部门发现的“铝代铜”变压器大部分只能在变压器发生故障,解体后,通过肉眼观察发现绕组材质的问题。而且绕组表面通常有绝缘纸包裹,因此还需要破坏绕组绝缘,而对于干式配电变压器绕组要进行绕组解体破坏。这种通过肉眼辨认变压器材质的检测方法费时费力,且具有不可逆性,而且也不可能对所有变压器逐一进行破坏性检验。因此,研究一种切实可行的变压器绕组材质鉴别方法,具有重要的现实意义和工程价值。

[0004] 目前,国内外研究对于干式配电变压器绕组材质的无损检测,主要由以下几种方式:第一,对变压器绕组进行X射线探伤和工业射线胶片拍照,将拍摄的结果同正常铜绕组变压器进行比对,进而确认绕组的材质,但是这种测试方法成本高,对人体辐射大,现场使用不方便;第二,测量配电变压器绕组在固定电流下的时间—电阻曲线,再分别与铜的时间—电阻曲线和铝的时间—电阻曲线对比,但这种检测方法在现场使用时准确度较低,受绕组材质、粗细等因素干扰较大;第三,基于热电势的变压器绕组材质无损检测,该方法可靠性高,利用热电效应,如果变压器线路内部使用的是铝材质,该方法理论研究较为可靠。第一热电效应,又称塞贝克效应(Seebeck effect)是指由于两种不同电导体或半导体的温度差异而引起两种物质间的电压差的热电现象。一般规定热电势方向为:在热端电流由负流向正。在两种金属A和B组成的回路中,如果使两个接触点的温度不同,则在回路中将出现电流,称为热电流。相应的电动势称为热电势,其方向取决于温度梯度的方向。塞贝克效应的实质在于两种金属接触时会产生接触电势差(电压),该电势差取决于两种金属中的电子溢出功不同及两种金属中电子浓度不同造成的。

[0005] 然而在实际应用过程中发现在绕组端头加热后,端头铜排跟测量线夹之间也会产生一定的热电势,导致该方法无法准确测量出绕组接点处的热电势。

[0006] 因此,如何准确测量出绕组节点处的热电势,进而准确检测出变压器的材质,是本领域技术人与亟待解决的问题。

## 发明内容

[0007] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种变压器绕组材质检测设备及系统,准确测量出绕组节点处的热电势,进而准确检测出变压器的材质。其具体方案如下:

[0008] 一方面,本发明提供一种变压器绕组材质检测设备,包括:

[0009] 加热装置,用于将变压器中性点铜排加热;

[0010] 温度传感器,用于采集所述变压器上绕组两端的温度 $T_1$ 、 $T_2$ ;采集所述中性点铜排上第一测量点的温度 $T_3$ 、第二测量点的温度 $T_4$ ;

[0011] 电势采集装置,用于采集所述绕组两端的电势差 $E_1$ ;采集所述第一测量点与所述第二测量点之间的电势差 $E_2$ ;

[0012] 处理器,所述处理器与温度传感器连接,接收所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$ ;所述处理器与电势采集装置连接,接收所述 $E_1$ 、所述 $E_2$ ;所述处理器利用所述 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $E_2$ 计算出测压夹与所述中性点铜排的塞贝克系数,利用所述塞贝克系数校正得到所述绕组两端的电势差;判断所述目标电势差与预设阈值的大小关系;根据所述大小关系判定所述绕组的材质。

[0013] 优选地,所述加热装置为电气加热装置。

[0014] 优选地,所述电气加热装置设置有PTC陶瓷恒温加热片。

[0015] 优选地,所述温度传感器采用热电偶测量温度。

[0016] 优选地,还包括:

[0017] 显示装置,用于显示所述判定结果。

[0018] 优选地,所述显示装置,

[0019] 还用于显示所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$ 以及所述目标电势差。

[0020] 优选地,还包括:

[0021] 存储介质,用于存储所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$

[0022] 和/或

[0023] 所述目标电势差

[0024] 和/或

[0025] 所述判定结果。

[0026] 优选地,所述电势采集装置为微伏级热电势测试仪。

[0027] 另一方面,本发明还提供一种变压器绕组材质检测系统,包括:

[0028] 加热模块,用于将变压器中性点铜排加热;

[0029] 温度采集模块,用于采集所述变压器上绕组两端的温度 $T_1$ 、 $T_2$ ;采集所述中性点铜排上第一测量点的温度 $T_3$ 、第二测量点的温度 $T_4$ ;

[0030] 电势采集模块,用于采集所述绕组两端的电势差 $E_1$ ;采集所述第一测量点与所述第二测量点之间的电势差 $E_2$ ;

[0031] 电势计算模块,用于利用所述 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $E_2$ 计算出测压夹与所述中性点铜排的塞贝克系数,利用所述塞贝克系数校正得到所述绕组两端的电势差;

[0032] 材质判断模块,用于判断所述目标电势差与预设阈值的大小关系;根据所述大小关系判定所述绕组的材质。

[0033] 优选地,所述材质判断模块,包括:

[0034] 大小判断单元,用于判断所述目标电势差与第一预设阈值、第二预设阈值的大小关系;

[0035] 材质判定单元,用于如果所述目标电势差大于所述第一预设阈值,则判定所述绕组材质为铝;如果所述目标电势差小于所述第二预设阈值,则判定所述绕组材质为铜。

[0036] 本发明提供一种变压器绕组材质检测设备,包括:加热装置,用于将变压器中性点铜排加热;温度传感器,用于采集所述变压器上绕组两端的温度 $T_1$ 、 $T_2$ ;采集所述中性点铜排上第一测量点的温度 $T_3$ 、第二测量点的温度 $T_4$ ;电势采集装置,用于采集所述绕组两端的电势差 $E_1$ ;采集所述第一测量点与所述第二测量点之间的电势差 $E_2$ ;处理器,所述处理器与温度传感器连接,接收所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$ ;所述处理器与电势采集装置连接,接收所述 $E_1$ 、所述 $E_2$ ;所述处理器利用所述 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $E_2$ 计算出测压夹与所述中性点铜排的塞贝克系数,利用所述塞贝克系数校正得到所述绕组两端的电势差;判断所述目标电势差与预设阈值的大小关系;根据所述大小关系判定所述绕组的材质。

[0037] 本发明中通过设置的温度传感器测量中性点铜排上两点的温度,设置的电势采集装置,采集该两点间电势差,进而能够得到测压夹与中性点铜排的塞贝克系数,相对于现有技术,能够用该塞贝克系数对目标电势差进行校正,免除测压夹与绕组两端热电势的影响,从而准确测量出绕组节点处的热电势,进而准确检测出变压器的材质。

[0038] 本发明提供的一种变压器绕组材质检测系统,也具有上述有益效果,在此不再赘述。

## 附图说明

[0039] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0040] 图1本发明第一种具体实施方式所提供的一种变压器绕组材质检测设备的组成示意图;

[0041] 图2为本发明第二种具体实施方式所提供的一种变压器绕组材质检测设备的组成示意图;

[0042] 图3为本发明第三种具体实施方式所提供的一种变压器绕组材质检测系统的组成示意图;

[0043] 图4为本发明第四种具体实施方式所提供的一种变压器绕组材质检测系统的材质判断模块组成示意图;

[0044] 图5为本发明第五种具体实施方式的实施示意图;

[0045] 图6为本发明第五种具体实施方式的无损检测主机结构示意图。

## 具体实施方式

[0046] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他

实施例,都属于本发明保护的范围。

[0047] 请参考图1,图1为本发明第一种具体实施方式所提供的一种变压器绕组材质检测设备的组成示意图。

[0048] 在第一种具体实施方式中,本发明实施例所提供的材质检测设备100包括多个装置:加热装置101,温度传感器102,电势采集装置103,处理器104。

[0049] 加热装置101,用于将变压器中性点铜排加热。

[0050] 首先需要利用加热装置101将变压器中性点铜排加热。现有电网采用的是三相供电方案,所以电网中使用的变压器一般也为三绕组变压器,中性点铜排是三个绕组的一端都要连接的公用点,因此一般呈长条形。当加热变压器中性点铜排时,热量随着连接点传导,就能逐渐传导到变压器绕组上,并且没有与中性点铜排连接的一端的温度要远小于与中性点铜排连接的一端。可以在中性点铜排的一端进行加热,并且加热到预设温度,比如加热到130℃至150℃,过一段时间,例如5分钟后,热量由铜排传导到绕组,这时绕组两端的温度差利于后续测量因为第一热电效应而产生的热电势。

[0051] 进一步地,该加热装置101可以采用电气加热装置,采用电热丝或则别的易于产生电热效应的材料来讲电能转换为热能,在变压器中性点铜排和加热装置101之间可以设置有PTC(Positive Temperature Coefficient,热敏电阻)陶瓷恒温加热片,以减少对热电势测量造成的干扰。

[0052] 温度传感器102,用于采集所述变压器上绕组两端的温度 $T_1$ 、 $T_2$ ;采集所述中性点铜排上第一测量点的温度 $T_3$ 、第二测量点的温度 $T_4$ 。

[0053] 在将变压器中性点铜排加热后,可以选取变压器上的一个绕组,用来测量绕组两端的温度,也可以每个绕组都进行测量,得到绕组两端的温度 $T_1$ 、 $T_2$ ;进一步地,可以采集所述中性点铜排上第一测量点的温度 $T_3$ 、第二测量点的温度 $T_4$ ,这里所说的第一测量点、第二测量点为铜排上两个不同的点,选取这两个点的目的是:得到温度差,以便后续使用。而后续中又会测量这两点的电势差,从而根据塞贝克效应的公式,得到测压夹和中性点铜排之间的塞贝克系数,以便后续对绕组两端的电势差进行校正,从而得到更精确的目标电势差。为了测量的方便,可以将铜排上的第一测量点、第二测量点分别设置在中性点铜排的两端,这样温度差更大,更利于测量出精确的温度差。

[0054] 进一步地,为了测量方便,可以采用热电偶测量温度,热电偶(thermocouple)是温度测量仪表中常用的测温元件,它直接测量温度,并把温度信号转换成热电动势信号,通过电气仪表(二次仪表)转换成被测介质的温度。

[0055] 电势采集装置103,用于采集所述绕组两端的电势差 $E_1$ ;采集所述第一测量点与所述第二测量点之间的电势差 $E_2$ 。

[0056] 这一步中,利用电势采集装置采集参数,采集所述绕组两端的电势差 $E_1$ ;采集所述第一测量点与所述第二测量点之间的电势差 $E_2$ 。由于这里的电势差是比较小的,一般是微伏级,所以采用的测压装置,也要采用微伏级的测压设备,比如专门用来测量热电势的微伏级热电势测试仪,就可以误差较小的测量出绕组两端的电势差 $E_1$ 、所述第一测量点与所述第二测量点之间的电势差 $E_2$ 。

[0057] 进一步地,为了测量电势更加准确,微伏级热电势测试仪的测压夹采用铜材质,这样可以减少测压夹与中性点铜排之间的热电势。

[0058] 处理器104,所述处理器与温度传感器102连接,接收所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$ ;所述处理器与电势采集装置103连接,接收所述 $E_1$ 、所述 $E_2$ ;所述处理器利用所述 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $E_2$ 计算出测压夹与所述中性点铜排的塞贝克系数,利用所述塞贝克系数校正得到所述绕组两端的目标电势差;所述处理器用于输出所述绕组材质的判定结果。

[0059] 处理器104可以对以上的数据进行输入处理,输出检测结果。以上步骤中测量铜排上的第一测量点、第二测量点的温度和电势差,是为了根据塞贝克效应的公式,得到测压夹和中性点铜排之间的塞贝克系数,可以根据公式 $S=E_2(|T_3-T_4|)$ ,计算得到测压夹和中性点铜排之间的塞贝克系数。而且绕组两端的材质也为铜,厂家在生产变压器时,与铜排采用的是相同的材质,所以,可以利用测压夹和中性点铜排之间的塞贝克系数来校正绕组两端的热电势,进而排除测压夹和绕组之间热电势的影响。可以利用公式 $E=E_1-S(|T_1-T_2|)$ 来校正目标电势差。因为在现有技术中是直接采用 $E_1$ 对绕组的材质进行判断的,然而却没有考虑测压夹与绕组之间热电势的影响,理论上同种材质导体之间,即使存在温度差异,也不会产生热电势。但是在工程实际中,虽然都是铜材质,由于纯度不完全相同,所含杂质成分不同,所以也会产生热电势。本发明实施例的目的是消除测压夹与绕组两端的热电势影响。

[0060] 以上步骤中测量铜排上的第一测量点、第二测量点的温度和电势差,是为了根据塞贝克效应的公式,得到测压夹和中性点铜排之间的塞贝克系数,可以根据公式 $S=E_2(|T_3-T_4|)$ ,计算得到测压夹和中性点铜排之间的塞贝克系数。而且绕组两端的材质也为铜,厂家在生产变压器时,与铜排采用的是相同的材质,所以,可以利用测压夹和中性点铜排之间的塞贝克系数来校正绕组两端的热电势,进而排除测压夹和绕组之间热电势的影响。可以利用公式 $E=E_1-S(|T_1-T_2|)$ 来校正目标电势差。因为在现有技术中是直接采用 $E_1$ 对绕组的材质进行判断的,然而却没有考虑测压夹与绕组之间热电势的影响,理论上同种材质导体之间,即使存在温度差异,也不会产生热电势。但是在工程实际中,虽然都是铜材质,由于纯度不完全相同,所含杂质成分不同,所以也会产生热电势。本发明实施例的目的是消除测压夹与绕组两端的热电势影响。

[0061] 在得到目标电势差后,可以与预设阈值做比较,根据比较的结果就可以判定绕组的材质。

[0062] 在变压器假冒中,一般采用铝代铜的方式来进行假冒,这时,就可以根据加热测得的绕组两端的温度以及铝铜之间的塞贝克系数,根据第一热电效应,计算出如果绕组内部为铝,那么热电势应该是多少的预设阈值,根据目标电势差和预设阈值的大小,可以判定绕组内部的材质到底是铝还是铜。例如,在绕组两端的温度差为 $30^{\circ}\text{C}$ ,那么如果目标电势差小于 $30\mu\text{V}$ ,就可以知道绕组内部材质为铜;如果目标电势差大于 $120\mu\text{V}$ ,就可以判定绕组内部材质为铝。

[0063] 当然,绕组内部也有可能为其他材质,可以根据塞贝克系数,计算出预设阈值,将目标电势差与预设阈值进行比较,来判定绕组内部的材质。

[0064] 请参考图2,图2为本发明第二种具体实施方式所提供的一种变压器绕组材质检测设备的组成示意图。

[0065] 在上述第一种具体实施方式的基础上,该材质检测设备100还包括:

[0066] 存储介质105,用于存储所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$

[0067] 和/或



- [0068] 所述目标电势差
- [0069] 和/或
- [0070] 所述判定结果。
- [0071] 该材质检测设备100进一步包括：
- [0072] 显示装置106,用于显示所述判定结果。
- [0073] 所述显示装置106,还用于显示所述 $T_1$ 、所述 $T_2$ 、所述 $T_3$ 、所述 $T_4$ 以及所述目标电势差。
- [0074] 该材质检测设备100进一步包括：
- [0075] 输入装置107,用于输入预设公式和程序。
- [0076] 优选地,可以将显示装置106和输入装置107集成在一起,可以采用触摸显示屏。
- [0077] 请参考图3,图3为本发明第三种具体实施方式所提供的一种变压器绕组材质检测系统的组成示意图。
- [0078] 本发明还提供一种变压器绕组材质检测系统,包括：
- [0079] 加热模块301,用于将变压器中性点铜排加热；
- [0080] 温度采集模块302,用于采集所述变压器上绕组两端的温度 $T_1$ 、 $T_2$ ；采集所述中性点铜排上第一测量点的温度 $T_3$ 、第二测量点的温度 $T_4$ ；
- [0081] 电势采集模块303,用于采集所述绕组两端的电势差 $E_1$ ；采集所述第一测量点与所述第二测量点之间的电势差 $E_2$ ；
- [0082] 电势计算模块304,用于利用所述 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $E_2$ 计算出测压夹与所述中性点铜排的塞贝克系数,利用所述塞贝克系数校正得到所述绕组两端的的目标电势差；
- [0083] 材质判断模块305,用于判断所述目标电势差与预设阈值的大小关系；根据所述大小关系判定所述绕组的材质。
- [0084] 优选地,所述温度采集模块采用热电偶测量温度。
- [0085] 优选地,所述电势计算模块利用公式 $S = E_2 (|T_3 - T_4|)$ 确定所述塞贝克系数,利用公式 $E = E_1 - S (|T_1 - T_2|)$ 确定所述目标电势差。
- [0086] 请参考图4,图4为本发明第四种具体实施方式所提供的一种变压器绕组材质检测系统的材质判断模块组成示意图。
- [0087] 优选地,所述材质判断模块,包括：
- [0088] 大小判断单元3051,用于判断所述目标电势差与第一预设阈值、第二预设阈值的大小关系；
- [0089] 材质判定单元3052,用于如果所述目标电势差大于所述第一预设阈值,则判定所述绕组材质为铝；如果所述目标电势差小于所述第二预设阈值,则判定所述绕组材质为铜。
- [0090] 请参考图5,图5为本发明第五种具体实施方式的实施示意图；图6为本发明第五种具体实施方式的无损检测主机结构示意图。
- [0091] 图3中：1-无损检测主机,2-加热模块导线,3-温度采集线,4-变压器中性点铜排,5-加热片,6-热电势采集线,7-夹子,8-热电偶,9-低压绕组接线端,10-低压绕组连接铜排,11-低压绕组。
- [0092] 本发明的一种具体实施方式中,无损检测主机1可以采用220V电源供电,也可以使用内置可充电锂电池供电,通过加热片导线2和加热片对干式变压器中性点铜排4一端进行

加热,加热温度由无损检测主机1内部控制单元控制,主机通过热电偶8、温度传输线3、温度采集端口14对干式变压器不同部位温度进行实时采集,其中温度采集端口用可插拔式航空插头。四组热电偶采集线分别对加热片温度、中性点铜排两端的温度、以及待测绕组另一端(冷端)温度进行测量。热电势采集主要靠夹子7和热电势采集线6和热电势采集端口采集,热电势采集端口也是可插拔式航空插头。在主机面板上有触摸屏12、开机按钮、和复位按钮,复位按钮可实现数据清零。在加热模块对变压器中性点铜排6的一端进行加热后,即可测两以上参数,在得到以上参数后,可以利用中性点铜排两端的温度以及电势差计算得到测压夹7和中性点铜排6间的塞贝克系数。进一步地利用该塞贝克系数对绕组两端的电势差进行校正。后续步骤可以参照上述实施例,不再赘述。

[0093] 本发明的一种具体实施方式中,无损检测主机内部主要由:核心处理器、温度采集模块、热电势采集模块、加热片控制模块以及触屏显示组成,面板上主要包括液晶显示屏12、加热片接线端口13,以及开机键和复位键;在主机1的侧面有温度采集端口14和热电势采集端口15。可以对采集到的热电势和温度进行数据计算和绕组材质判断。而外部附件主要由:电源、加热片、热电势采集线和温度采集线组成。开机后先对加热片T0的温度进行设定,防止加热片温度过高。

[0094] 对于上述的所有具体实施方式,值得指出的是,在实际测量温度的过程中,对于T1、T2、T3、T4的测量,可以有一端是公用的,因为绕组的一端和中性点铜排非常接近,所以可以取同一个点来测量,例如T1与T4取同一个点,中性点铜排与绕组相连接部分的点,来测量温度,以减少参数的测量。

[0095] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

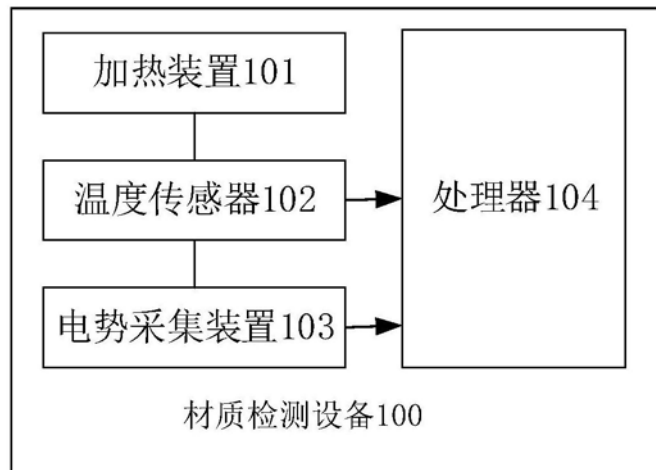


图1

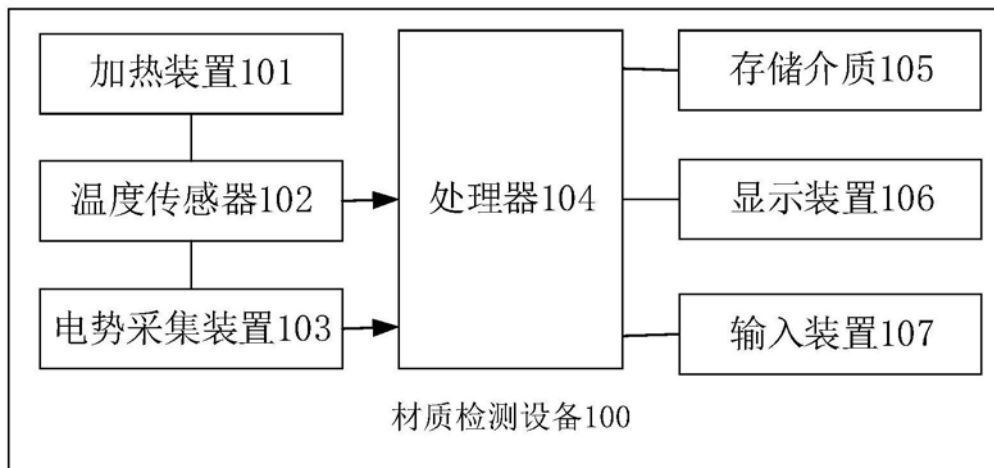


图2

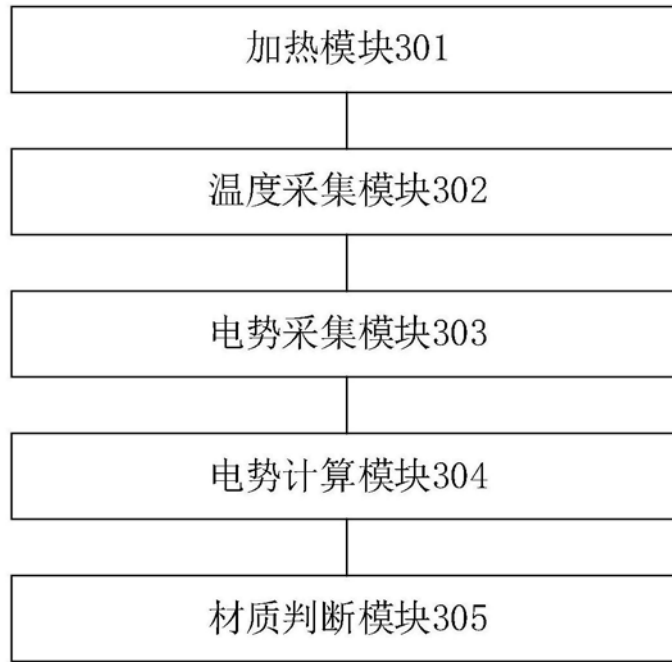


图3

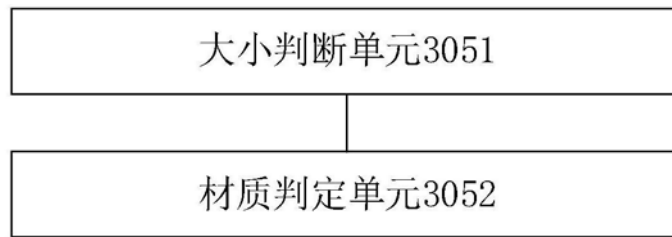


图4

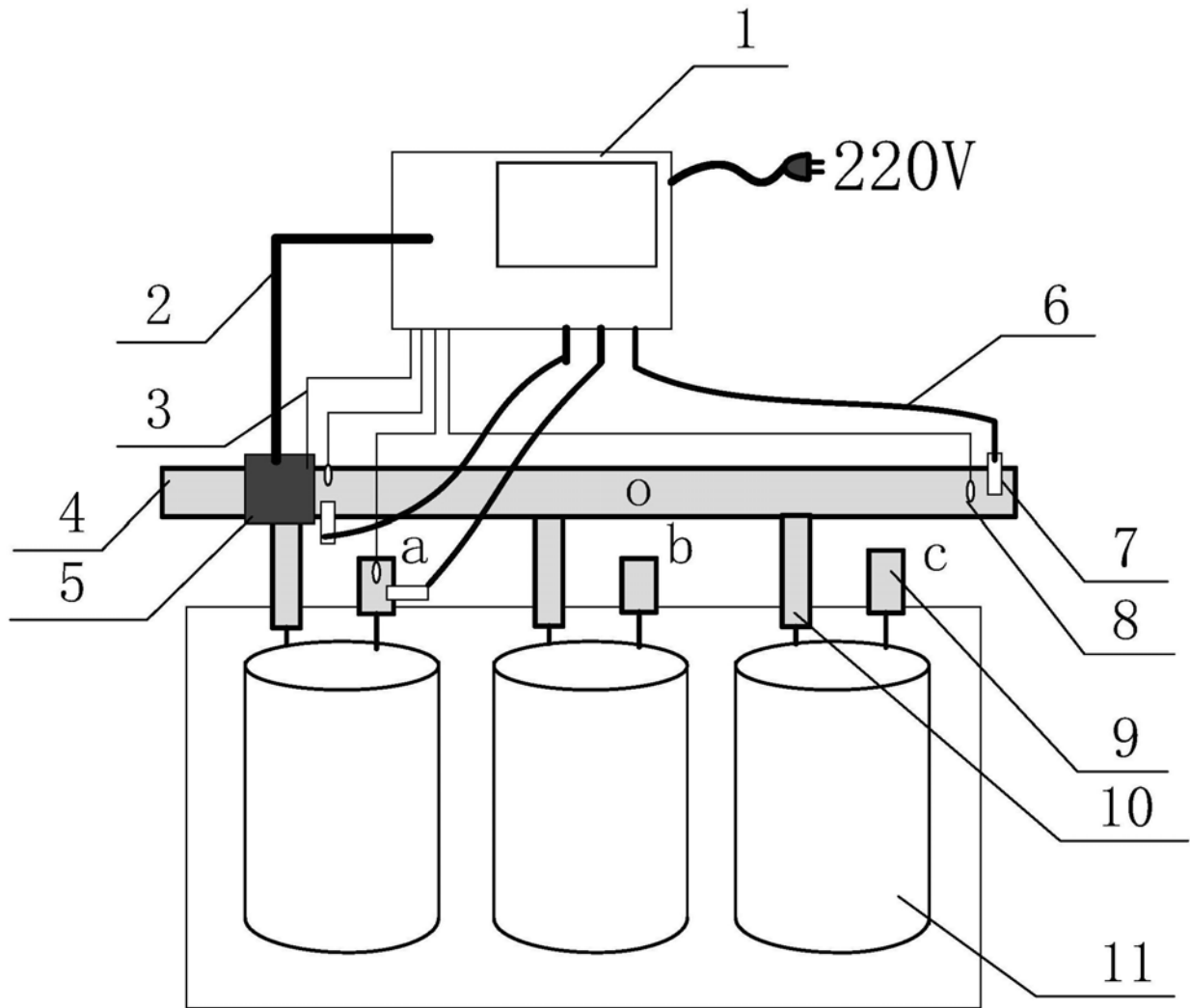


图5

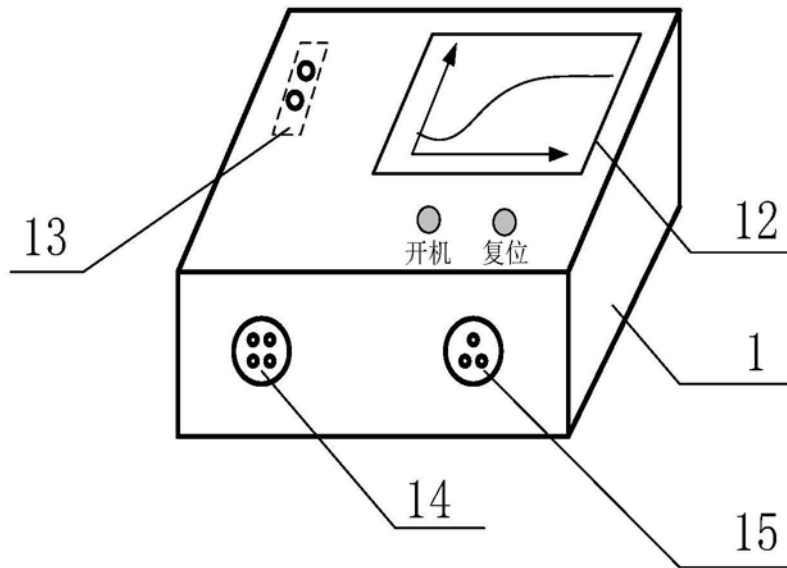


图6