



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207181589 U

(45)授权公告日 2018.04.03

(21)申请号 201720978632.4

G01B 7/16(2006.01)

(22)申请日 2017.08.07

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

(73)专利权人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区北农路2号

专利权人 中国电力科学研究院

国网天津市电力公司

国家电网公司

(72)发明人 程养春 毕建刚 常文治 杨宁

潘晓华 刘继平 马宪伟

(74) 专利代理机构 北京工信联合知识产权代理有限公司 11266

代理人 郭一斐 叶万东

(51) Int.Cl.

G01R 31/06(2006.01)

G01R 15/18(2006.01)

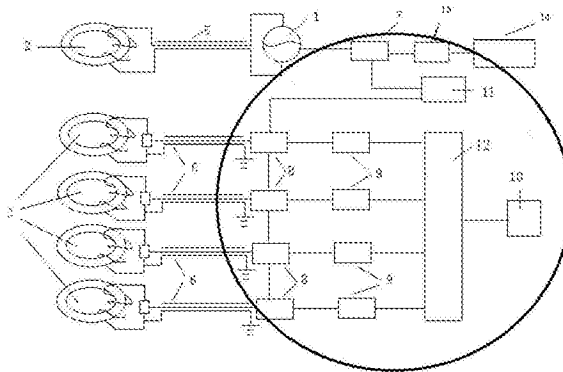
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)实用新型名称

一种用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置

(57)摘要

本实用新型公开了一种用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置,所述装置包括:激励源,用于接收主控器输出的扫频正弦电压信号并进行功率放大后输出至激励信号注入传感器;所述激励信号注入传感器,用于根据所述扫频正弦电压信号,通过磁场耦合的方式在变压器绕组上产生感应电势;响应信号测量传感器,用于测量所述感应电势在变压器绕组两端产生的扫频响应电流信号,并将所述响应电流信号输出至主控器;主控器,用于根据所述扫频正弦电压信号和对应的扫频响应电流信号获取变压器绕组的频响曲线;形情况确定单元,用于基于DLT911-2004标准中的诊断方法对所述频响曲线进行诊断,确定变压器绕组的变形情况;报警单元,用于根据变压器绕组的变形情况发出警报。



1. 一种用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置,其特征在于,所述装置包括:激励源、激励信号注入传感器、响应信号测量传感器和主控器、变形情况确定单元和报警单元,

所述激励源,用于接收主控器输出的扫频正弦电压信号,将所述扫频正弦电压信号的功率进行功率放大后输出至激励信号注入传感器;

所述激励信号注入传感器,与所述激励源通过信号电缆相连接,用于根据所述扫频正弦电压信号,通过磁场耦合的方式在变压器绕组上产生感应电势;

所述响应信号测量传感器,与主控器通过信号电缆相连接,用于测量所述感应电势在变压器绕组两端产生的扫频响应电流信号,并将所述响应电流信号输出至主控器;

所述主控器,用于根据所述扫频正弦电压信号和对应的扫频响应电流信号获取变压器绕组的频响曲线;

所述变形情况确定单元,用于基于DLT911-2004标准中的诊断方法对所述频响曲线进行诊断,确定变压器绕组的变形情况;

所述报警单元,用于根据变压器绕组的变形情况发出警报。

2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述扫频正弦电压信号的频率为1kHz-1MHz,步长为1kHz;功率放大前后信号的频率和波形一致,放大后的扫频正弦电压信号的幅值为60V、功率最高为200W。

3. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述激励信号注入传感器为带有磁芯的罗果夫斯基线圈,所述扫频正弦电压信号通过信号电缆施加在激励信号注入传感器的线圈两端。

4. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述响应信号测量传感器为带有磁芯的罗果夫斯基线圈型电流传感器。

5. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,

当所述激励信号注入传感器套在变压器绕组中性点引出线套管根部外面时,所述响应信号测量传感器套在变压器绕组的高压引出线套管根部外面,用于测量变压器绕组高压引出线上的扫频响应电流信号;

当所述激励信号注入传感器套在变压器绕组高压出线套管根部外面时,所述响应信号测量传感器套在变压器绕组中性点套管根部外面和/或套在变压器绕组的高压引出线套管根部外面,用于测量变压器绕组中性点接地线上的扫频响应电流信号。

6. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述响应信号测量传感器至少4只,至少1只套在变压器绕组中性点套管根部外面,至少3只套在变压器三相绕组的高压引出线套管根部外面,测量变压器绕组高压引出线上的扫频响应电流信号。

7. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述主控器还包括:模数转换模块和信号计算模块,

所述模数转换模块,用于将所述扫频正弦电压信号和对应的扫频响应电流信号分别转换为扫频正弦电压数字信号和对应的扫频响应电流数字信号;

所述信号计算模块,用于对所述扫频正弦电压数字信号和对应的扫频响应电流数字信号进行滤波处理后计算频谱。

8. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述主控器还包括:网络通讯模块,

所述网络通讯模块,用于通过网络接口将所述频响曲线数据传送到外接设备。

一种用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及变压器技术领域,并且更具体地,涉及一种用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置。

背景技术

[0002] 变压器绕组变形是指在电动力和机械力的作用下,绕组的尺寸或形状发生不可逆的变化。它包括轴向和径向尺寸的变化,器身位移,绕组扭曲、鼓包和匝间短路等。此外,绕组变形还具有累积效应,即:在经受一次短路电流冲击后,变压器绕组没有立即损坏,仅有较小的永久变形,但导致其绝缘性能和机械性能下降。在下一次短路电流冲击时,会使得绕组变形加剧,出现恶性循环。因而已有绕组变形的变压器是一种事故隐患,运行时若再遇到较大的过电流作用,则可能发生变压器损坏等重大事故。目前变压器期绕组变形故障,已经成为变压器的主要故障之一,因此,必须对变压器绕组进行变形检测并诊断其变形程度,依此开展变压器的预防性维修。

[0003] 为此,需要研究制定科学可行的检测方法来实现变压器绕组变形的检测,世界上很多国家都对变压器绕组变形检测方法的研究工作上投入了大量的精力,根据变压器是否停运,分在线监测和离线检测。其中,最常用的绕组变形监测方法是频响法。变压器绕组发生变形之后,绕组的电感、对地电容、匝间电容等参数会发生变化。频响法的工作原理就是通过绕组的频响曲线,反映绕组的分布电感和分布电容的变化,进而判断绕组是否发生变形。在较高频率的电压作用下,变压器的每个绕组均可视为一个由线性电阻、电感(互感)、电容等分布参数构成的无源线性双口网络,其内部特性可通过传递函数 $H(j\omega)$ 描述。若绕组发生变形,绕组内部的分布电感、电容等参数必然改变,导致其等效网络传递函数 $H(j\omega)$ 的零点和极点发生变化,使网络的频率响应特性发生变化。频响法所涉及的频带范围,我国行标DL/T911中规定为1kHz~1000kHz。也有学者认为频响法的下限频率可以扩展到10Hz,上限频率可以扩展到10MHz。变压器绕组等效模型及相应的基本测量回路可用如图1所示表示:其中,L表示线圈饼间电感,K表示线圈间的纵向(饼间或匝间)电容,C表示线圈对地电容。应用频响法测变压器绕组可得到一组频率和响应的对应数值,即输出端及电源端电压的比值,通常以对数形式表示:

$$[0004] \quad H(\omega) = 20 \log[|V_o(j\omega)|/|V_i(j\omega)|] \quad (1)$$

[0005] 其中, $|V_o(j\omega)|$ 和 $|V_i(j\omega)|$ 代表频率为 ω 时,输出电压与输入的电源电压的峰值或有效值。将这些对应值描在以 ω 为横轴,以 $H(\omega)$ 为纵轴的坐标轴上,便会得到一条曲线,我们称这条曲线为频响曲线。

[0006] 行业标准DLT911-2004明确提出了频响法检测变压器绕组变形的诊断方法。用频率响应分析法判断变压器绕组变形,主要是对绕组的幅频响应特性进行纵向或横向比较,并综合考虑变压器遭受短路冲击的情况、变压器结构、电气试验及油中溶解气体分析等因素。根据相关系数的大小,可较直观地反映出变压器绕组幅频响应特性的变化,通常可作为判断变压器绕组变形的辅助手段。

[0007] 现有的基于频响法的变压器绕组变形监测装置仅适用于离线停运的变压器,需要将变压器与电网断开,从变压器绕组的一端注入扫频激励信号(频率逐步增加或减小的正弦电压信号),从绕组的另一端测量响应信号;然后通过计算响应信号与激励信号的幅值之比(即,传递函数中的一种),获得频响曲线;最后,通过横向比较、纵向比较或者峰谷频率诊断等方法判断变压器绕组是否存在变形。

[0008] 现有的基于频响法的变压器绕组变形监测装置的主控器是一台体积较大的仪器,而不是一片集成电路芯片。监测装置的典型接线方式如图2所示,绕组变形测试仪产生正弦扫频激励电压,施加在变压器绕组的中性点上;仪器同时通过输入测量阻抗监测所施加的激励电压幅值;绕组变形测试仪通过输出测量阻抗检测激励电压在变压器绕组高压出线端的响应电压信号;绕组变形测试仪只有一个响应信号测量通道,每次只能检测一个绕组,如图2所示。图2为现有变压器绕组变形那个监测装置的连接方式。对于变压器三相绕组,需要改换接线依次测量,费时费力。

[0009] 近年来有学者提出在线应用频响法。在线应用频响法的主要问题在于信号的加注和外接装备的消除。国外学者提出从套管末屏引出线注入扫频信号,给出了电压型激励源接入套管末屏的电路及其相应的保护阻抗构成。但是在线运行的变压器套管末屏必须接地。对于在线运行的变压器,从套管末屏注入扫频信号几乎是不可能的。此外,还未见到关于如何消除外部设备的影响的研究成果。

[0010] 因此,需要一种变压器绕组变形监测装置,以实现变压器绕组变形进行在线监测。

发明内容

[0011] 本实用新型提供了一种用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置,以解决如何对变压器绕组变形进行在线监测的问题。

[0012] 为了解决上述问题,本实用新型提供了一种用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置,所述装置包括:激励源、激励信号注入传感器、响应信号测量传感器、主控器、变形情况确定单元和报警单元,

[0013] 所述激励源,用于接收主控器输出的扫频正弦电压信号,将所述扫频正弦电压信号的功率进行功率放大后输出至激励信号注入传感器;

[0014] 所述激励信号注入传感器,与所述激励源通过信号电缆相连接,用于根据所述扫频正弦电压信号,通过磁场耦合的方式在变压器绕组上产生感应电势;

[0015] 所述响应信号测量传感器,与主控器通过信号电缆相连接,用于测量所述感应电势在变压器绕组两端产生的扫频响应电流信号,并将所述响应电流信号输出至主控器;

[0016] 所述主控器,用于根据所述扫频正弦电压信号和对应的扫频响应电流信号获取变压器绕组的频响曲线;

[0017] 所述变形情况确定单元,用于基于DLT911-2004标准中的诊断方法对所述频响曲线进行诊断,确定变压器绕组的变形情况;

[0018] 所述报警单元,用于根据变压器绕组的变形情况发出警报。

[0019] 优选地,其中所述扫频正弦电压信号的频率为1kHz-1MHz,步长为1kHz;功率放大前后信号的频率和波形一致,放大后的扫频正弦电压信号的幅值为60V、功率最高为200W。

[0020] 优选地,其中所述激励信号注入传感器为带有磁芯的罗果夫斯基线圈,所述扫频正弦电压信号通过信号电缆施加在激励信号注入传感器的线圈两端。

[0021] 优选地,所述响应信号测量传感器为带有磁芯的罗果夫斯基线圈型电流传感器。

[0022] 优选地,

[0023] 当所述激励信号注入传感器套在变压器绕组中性点引出线套管根部外面时,所述响应信号测量传感器套在变压器绕组的高压引出线套管根部外面,用于测量变压器绕组高压引出线上的扫频响应电流信号;

[0024] 当所述激励信号注入传感器套在变压器绕组高压出线套管根部外面时,所述响应信号测量传感器套在变压器绕组中性点套管根部外面和/或套在变压器绕组的高压引出线套管根部外面,用于测量变压器绕组中性点接地线上的扫频响应电流信号。

[0025] 优选地,所述响应信号测量传感器至少4只,至少1只套在变压器绕组中性点套管根部外面,至少3只套在变压器三相绕组的高压引出线套管根部外面,测量变压器绕组高压引出线上的扫频响应电流信号。

[0026] 优选地,其中所述主控器还包括:模数转换模块和信号计算模块,

[0027] 所述模数转换模块,用于将所述扫频正弦电压信号和对应的扫频响应电流信号分别转换为扫频正弦电压数字信号和对应的扫频响应电流数字信号;

[0028] 所述信号计算模块,用于对所述扫频正弦电压数字信号和对应的扫频响应电流数字信号进行滤波处理后计算频谱。

[0029] 优选地,其中主控器还包括:网络通讯模块,

[0030] 所述网络通讯模块,用于通过网络接口将所述频响曲线数据传送到外接设备。

[0031] 本实用新型方案中的激励信号的注入和响应信号的测量均通过罗果夫斯基线圈进行,不需要与变压器绕组直接连接,使得变压器高压绕组处于高电压、大电流的运行状态,而绕组变形监测装置处于低电位状态,保证了所提出的绕组变形监测装置能够适用于在线运行的电力变压器,进而实现在线运行变压器的绕组变形情况的实时检测。对于离线停运的电力变压器,只要简单地将变压器绕组两端接地,为电流提供回路,从而对离线停运的电力变压器绕组变形进行监测。

附图说明

[0032] 通过参考下面的附图,可以更为完整地理解本实用新型的示例性实施方式:

[0033] 图1为根据本实用新型实施方式的变压器绕组n阶集中参数绕组模型及频响测量回路的示意图;

[0034] 图2为现有变压器绕组变形监测装置的内部接线图;

[0035] 图3为根据本实用新型实施方式用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置300的结构示意图;

[0036] 图4为根据本实用新型实施方式用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置的示例图;

[0037] 图5为根据本实用新型实施方式的激励信号注入传感器使用的示意图;

[0038] 图6为根据本实用新型实施方式的基于频响特性的变压器绕组变形在线诊断的扫频信号注入原理的示意图。

具体实施方式

[0039] 现在参考附图介绍本实用新型的示例性实施方式,然而,本实用新型可以用许多不同的形式来实施,并且不局限于此处描述的实施例,提供这些实施例是为了详尽地且完全地公开本实用新型,并且向所属技术领域的技术人员充分传达本实用新型的范围。对于表示在附图中的示例性实施方式中的术语并不是对本实用新型的限定。在附图中,相同的单元/元件使用相同的附图标记。

[0040] 除非另有说明,此处使用的术语(包括科技术语)对所属技术领域的技术人员具有通常的理解含义。另外,可以理解的是,以通常使用的词典限定的术语,应当被理解为其相关领域的语境具有一致的含义,而不应该被理解为理想化的或过于正式的意义。

[0041] 图3为根据本实用新型实施方式用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置300的结构示意图。

[0042] 如图3所示,所述用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置300的激励信号的注入和响应信号的测量均不需要与变压器绕组有直接电气连接,从而可以做到变压器高压绕组处于高电压、大电流的运行状态,而绕组变形监测装置处于低电位状态,因此,本实用新型实施方式的绕组变形监测装置能够适用于在线运行的电力变压器,进而实现在线运行变压器的绕组变形情况的实时检测。

[0043] 本实用新型实时方式的绕组变形监测装置对于离线停运的电力变压器,只要简单地将变压器绕组两端接地,为电流提供回路,能够适用于离线停运的电力变压器。

[0044] 所述用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置300可以包括:激励源301、激励信号注入传感器302、响应信号测量传感器303、主控器304、变形情况确定单元305和报警单元306。

[0045] 优选地,所述激励源301,用于接收主控器输出的扫频正弦电压信号,将所述扫频正弦电压信号的功率进行功率放大后输出至激励信号注入传感器。优选地,其中所述激励信号注入传感器为带有磁芯的罗果夫斯基线圈,所述扫频正弦电压信号通过信号电缆施加在激励信号注入传感器的线圈两端。优选地,其中所述扫频正弦电压信号的频率为1kHz-1MHz,步长为1kHz;功率放大前后信号的频率和波形一致,放大后的扫频正弦电压信号的幅值为60V、功率最高为200W。

[0046] 优选地,所述激励信号注入传感器302,与所述激励源通过信号电缆相连接,用于根据所述扫频正弦电压信号,通过磁场耦合的方式在变压器绕组上产生感应电势。

[0047] 优选地,所述响应信号测量传感器303,与主控器通过信号电缆相连接,用于测量所述感应电势在变压器绕组两端产生的扫频响应电流信号,并将所述响应电流信号输出至主控器。

[0048] 优选地,当所述激励信号注入传感器套在变压器绕组中性点引出线套管根部外面时,所述响应信号测量传感器套在变压器绕组的高压引出线套管根部外面,用于测量变压器绕组高压引出线上的扫频响应电流信号;

[0049] 当所述激励信号注入传感器套在变压器绕组高压出线套管根部外面时,所述响应信号测量传感器套在变压器绕组中性点套管根部外面和/或套在变压器绕组的高压引出线套管根部外面,用于测量变压器绕组中性点接地线上的扫频响应电流信号。

[0050] 优选地,所述主控器304,用于根据所述扫频正弦电压信号和对应的扫频响应电流信号获取变压器绕组的频响曲线。

[0051] 优选地,其中所述主控器还包括:模数转换模块和信号计算模块,

[0052] 所述模数转换模块,用于将所述扫频正弦电压信号和对应的扫频响应电流信号分别转换为扫频正弦电压数字信号和对应的扫频响应电流数字信号;

[0053] 所述信号计算模块,用于对所述扫频正弦电压数字信号和对应的扫频响应电流数字信号进行滤波处理后计算频谱。

[0054] 优选地,其中主控器还包括:网络通讯模块,

[0055] 所述网络通讯模块,用于通过网络接口将所述频响曲线数据传送到外接设备;

[0056] 优选地,所述变形情况确定单元305,用于基于DLT911-2004标准中的诊断方法对所述频响曲线进行诊断,确定变压器绕组的变形情况。

[0057] 优选地,所述报警单元306,用于根据变压器绕组的变形情况发出警报

[0058] 图4为根据本实用新型实施方式用于对变压器绕组变形带电进行监测的装置的示例图。如图4所示,在本实用新型的实施方式中,所述装置包括:激励源(1)、激励信号注入传感器(2)、响应信号测量传感器(3)、主控器(4)、信号电缆(5)、信号电缆(6)、变形情况确定单元(13)和报警单元(14)。

[0059] 主控器(4)输出频率从1kHz逐步增加到1MHz、步长为1kHz的扫频正弦电压信号,该信号被激励源(1)接收并且进行功率放大;激励源(1)输出的扫频正弦电压信号的频率和波形与来自主控器(4)的输入信号保持不变,而幅值可达60V,功率可达200W;激励源(1)输出的大功率扫频正弦电压信号通过信号电缆(5)施加在激励信号注入传感器(2)上;激励信号注入传感器(2)通过磁场耦合的方式在变压器绕组上产生感应电势;响应信号测量传感器(3)测量该感应电势在变压器绕组两端所产生电流信号;响应信号测量传感器(3)的输出信号通过信号电缆(6)进入主控器(4),被主控器(4)采集并处理;主控器(4)同步输出扫频正弦电压信号并采集响应信号测量传感器(3)的输出信号,并经过滤波处理和频谱计算,获得绕组的频响曲线,并将频响曲线数据通过网络通讯接口传送到计算机上进行显示和存储。变形情况确定单元(13),用于基于DLT911-2004标准中的诊断方法对所述频响曲线进行诊断,确定变压器绕组的变形情况。报警单元(14),用于根据变压器绕组的变形情况发出警报。提示检修人员进行及时维修。

[0060] 主控器是由扫频信号生成模块(7)、四个模数转换模块(8)、四个数字滤波和频率计算模块(9)、相关系数计算模块(12)、网络通讯模块(10)、晶振电路模块(11)组成的电路系统。这些模块的电路的实现技术已经非常成熟,可以直接使用,容易实现。其中,扫频信号生成模块,用于输出扫频正弦电压信号;所述模数转换模块分别用于将采集的扫频正弦电压信号和采集的响应信号测量传感器的输出信号转换为数字信号;所述数字滤波和频率计算模块,用于对所述扫频正弦电压信号和采集的响应信号测量传感器的输出信号对应的数字信号进行滤波处理和频谱计算;所述相关系数计算模块,用于计算不同时间的两条频响曲线的相关系数;所述网络通讯模块,用于将所述频响曲线数据通过网络通讯接口传送到外界设备进行显示和存储;所述晶振电路模块,用于提供主控器所需要的时钟频率。

[0061] 图5为根据本实用新型实施方式的激励信号注入传感器使用的示意图。如图5所示,激励信号注入传感器(2)是一个带有磁芯的罗果夫斯基线圈,套在变压器绕组中性点引

出线套管根部外面；激励源(1)输出的大功率扫频正弦电压信号通过信号电缆(5)施加在激励信号注入传感器(2)的线圈两端。响应信号测量传感器(3)，是带有磁芯的罗果夫斯基线圈型电流传感器，共有四只。其中，三只分别套在变压器A相绕组、B相绕组和C相绕组，共三相绕组的高压引出线套管根部外面，用于测量绕组高压引出线上的扫频响应电流信号，另一只用于套在变压器绕组中性点套管根部外面，测量绕组中性点接地线上的扫频响应电流信号。

[0062] 图6为根据本实用新型实施方式的基于频响特性的变压器绕组变形在线诊断的扫频信号注入原理的示意图。响应信号测量传感器(3)是利用带磁芯的罗果夫斯基线圈型电流传感器测量电流信号，其原理和方法已非常成熟。而激励信号注入传感器(2)利用罗果夫斯基线圈向导体中耦合电压、电流信号的原理如图6所示：ZS表示监测在线运行的变压器时与变压器高压引出线直接电气连接的外部设备的阻抗。传感器(2)的线圈与变压器绕组中性线引出线之间存在磁场耦合(互感)，相当于原边n匝、副边1匝的互感器。在实际应用中，罗果夫斯基线圈采用高磁导率磁芯可增强耦合效果，注入的信号更强。激励源 $\dot{V}_0$ 为电压源，通过限流电阻R0在线圈中产生电流 $\dot{I}_0$ ； $\dot{I}_0$ 所产生的磁场在副边(即，绕组的高压引出线)上感应出电动势 $\dot{V}_1$ 与电流 $\dot{I}_1$ 。 $\dot{V}_0$ 和 $\dot{V}_1$ 之间的关系可用罗氏线圈的传递函数来表达(2)，是确定的、可事先测定的关系，传递函数(2)的计算公式为：

$$[0063] \quad \dot{V}_1 = j\omega M \dot{I}_0 = \frac{j\omega M}{j\omega L + R_0} \dot{V}_0 \quad (2)$$

[0064] 其中，L为线圈的电感；M为线圈与绕组高压引出线之间的互感。

[0065] 已经通过参考少量实施方式描述了本实用新型。然而，本领域技术人员所公知的，正如附带的专利权利要求所限定的，除了本实用新型以上公开的其他的实施例等同地落在本实用新型的范围内。

[0066] 通常地，在权利要求中使用的所有术语都根据他们在技术领域的通常含义被解释，除非在其中被另外明确地定义。所有的参考“一个/所述/该[装置、组件等]”都被开放地解释为所述装置、组件等中的至少一个实例，除非另外明确地说明。这里公开的任何方法的步骤都没必要以公开的准确的顺序运行，除非明确地说明。

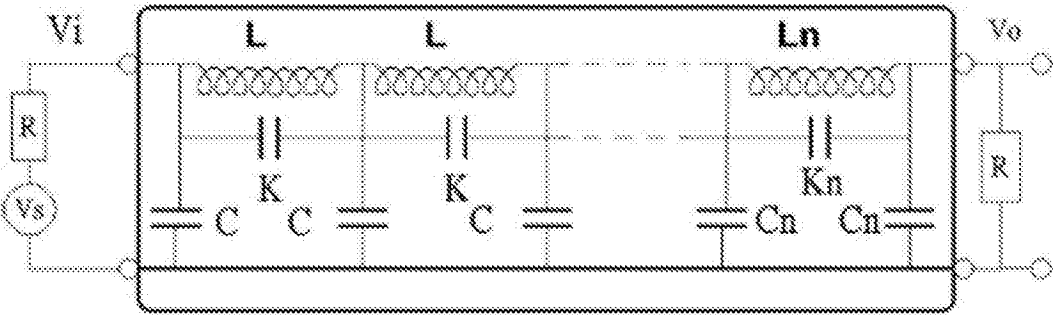


图1

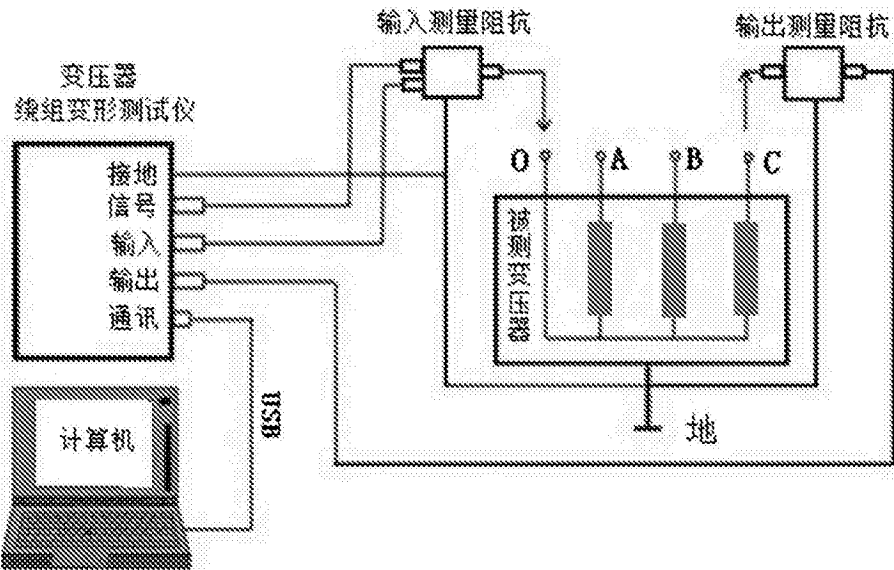


图2

300



图3

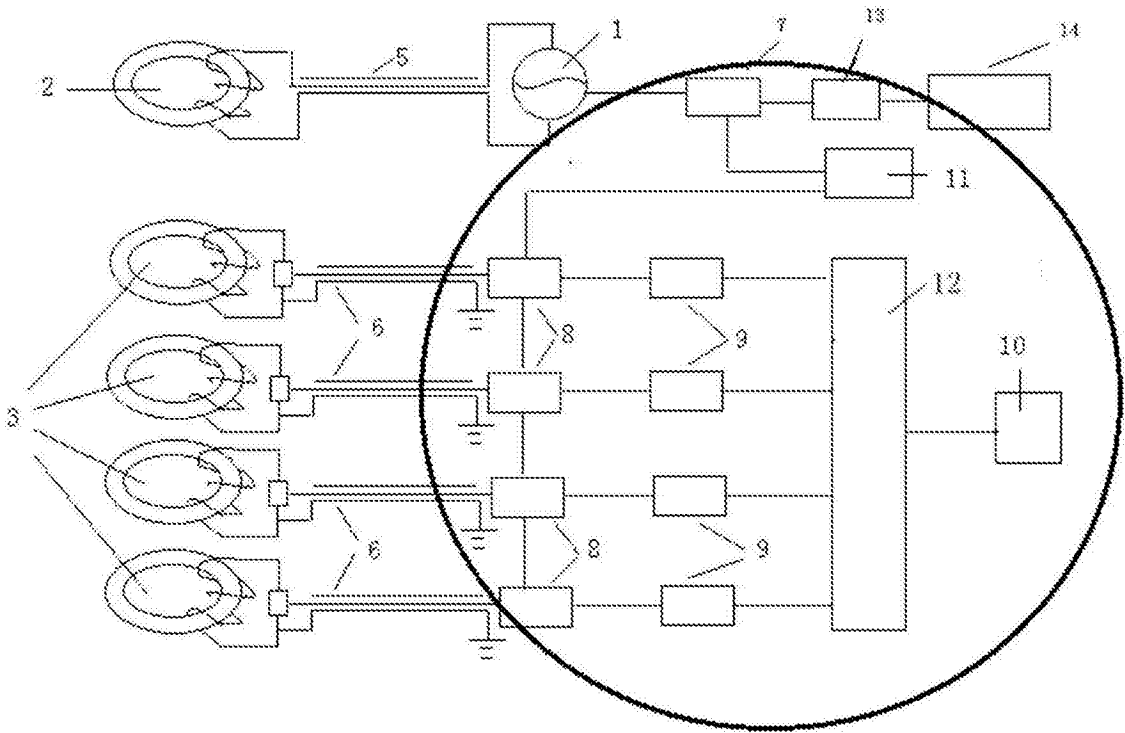


图4

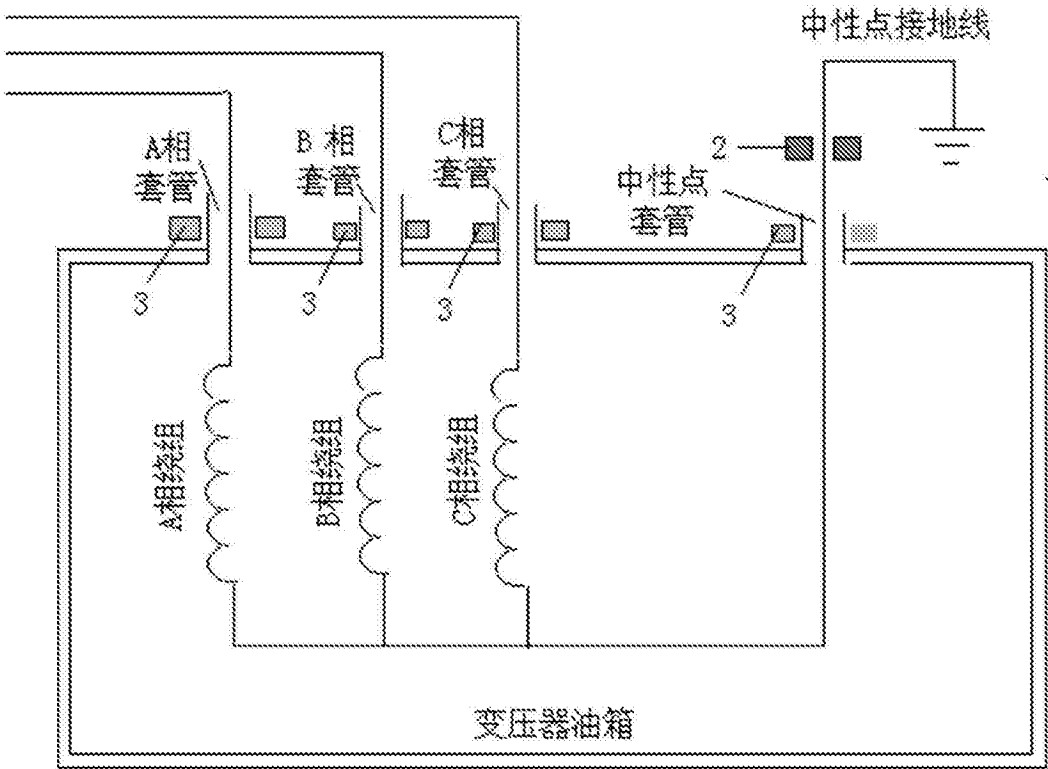


图5

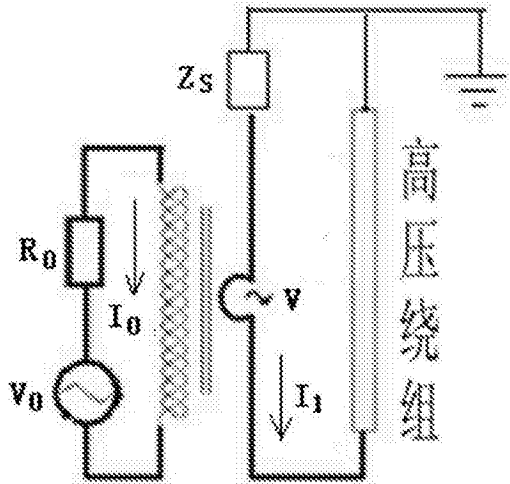


图6