



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118294795 B

(45) 授权公告日 2024. 10. 29

(21) 申请号 202410719453.3

(22) 申请日 2024.06.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118294795 A

(43) 申请公布日 2024.07.05

(73) 专利权人 国网天津市电力公司电力科学研究院

地址 300450 天津市滨海新区华苑产业区
海泰华科四路8号

专利权人 国网天津市电力公司
国家电网有限公司

(72) 发明人 何金 贺春 赵琦 韩悦 张弛
李松原 李琳 曹梦 王小朋
唐庆华 陈荣 宋晓博

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

专利代理师 任岩

(51) Int. Cl.
G01R 31/327 (2006.01)
G01R 31/14 (2006.01)
G01R 31/12 (2020.01)

(56) 对比文件
CN 116500393 A, 2023.07.28
CN 210294455 U, 2020.04.10

审查员 尤茜

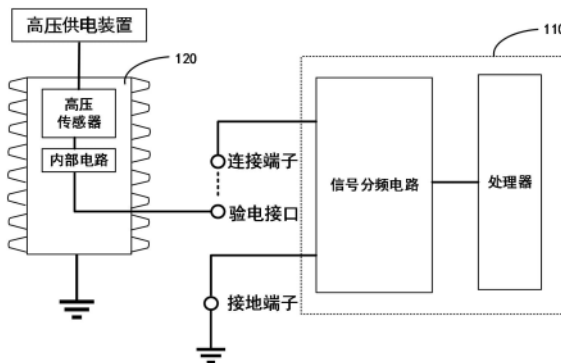
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

用于充气开关柜的局部放电检测设备

(57) 摘要

本发明提供了一种用于充气开关柜的局部放电检测设备,涉及电气设备领域和电力设备检测领域。该局部放电检测设备包括:信号分频电路,被配置为通过连接端子连接充气开关柜包括的多个验电接口中的任意一个,信号分频电路被配置为获取每一相的验电检测信号,并将每一相的验电检测信号分离为每一相的局部放电信号和每一相的工频同步信号,其中,多个验电接口与充气开关柜的多个相各自对应;以及处理器,被配置为基于多个相各自的局部放电信号和多个相各自的工频同步信号,生成局部放电谱图,并基于局部放电谱图,得到充气开关柜的局部放电检测结果。



1. 一种用于充气开关柜的局部放电检测设备,其特征在于,包括:

信号分频电路,被配置为通过连接端子连接充气开关柜包括的多个验电接口中的任意一个,所述信号分频电路被配置为获取每一相的验电检测信号,并将每一相的验电检测信号分离为每一相的局部放电信号和每一相的工频同步信号,其中,所述多个验电接口与所述充气开关柜的多个相各自对应;以及

处理器,被配置为基于多个相各自的局部放电信号和多个相各自的工频同步信号,生成局部放电谱图,并基于所述局部放电谱图,得到所述充气开关柜的局部放电检测结果;

其中,所述信号分频电路包括信号采集模块、高通滤波模块和低通滤波模块,所述信号采集模块包括信号输入端、第一信号输出端和第二信号输出端,所述信号输入端被配置为连接所述连接端子,所述第一信号输出端被配置为连接所述高通滤波模块,所述第二信号输出端被配置为连接所述低通滤波模块;

其中,所述信号采集模块被配置为将每一相的验电检测信号分离为每一相的初始局部放电信号和每一相的初始工频同步信号;

所述高通滤波模块被配置为对每一相的初始局部放电信号进行滤波放大处理,得到每一相的局部放电信号;以及

所述低通滤波模块被配置为对每一相的初始工频同步信号进行滤波及移相处理,得到每一相的工频同步信号;

其中,所述低通滤波模块包括电压跟随器、串联的至少一个第三滤波单元、相位补偿器和同相迟滞比较器;

其中,所述电压跟随器的同相输入端被配置为连接所述第二信号输出端,所述电压跟随器的反相输入端被配置为分别连接所述电压跟随器的输出端和所述串联的至少一个第三滤波单元的一端,所述串联的至少一个第三滤波单元的另一端被配置为通过可变电阻器连接所述相位补偿器的同相输入端,并通过第五电阻分别连接所述相位补偿器的反相输入端和所述相位补偿器的输出端,所述相位补偿器的输出端被配置为连接所述同相迟滞比较器的同相输入端,并通过第六电阻和第七电阻连接所述同相迟滞比较器的输出端,所述同相迟滞比较器的反相输入端被配置为连接接地端;

其中,所述充气开关柜的内部电路与高压传感器直接连接,所述高压传感器为电容结构,所述信号分频电路用于通过所述验电接口获取所述高压传感器传输的所述验电检测信号;

所述处理器还用于:

基于对所述充气开关柜包括的信号检测回路的仿真结果,确定每一相的工频同步信号的待补偿相位;以及

基于每一相的工频同步信号的待补偿相位和所述第五电阻的电阻值,确定所述可变电阻器的电阻值,以便基于所述可变电阻器的电阻值来配置所述低通滤波模块的可变电阻器。

2. 根据权利要求1所述的局部放电检测设备,其特征在于,所述信号采集模块包括过压保护单元、分压单元和串联的多个第一滤波单元;

其中,所述过压保护单元被配置为连接所述信号输入端,所述过压保护单元被配置为在所述信号输入端的输入电压大于阈值电压的情况下,将所述信号输入端与接地端短接;

所述分压单元包括第一电阻和第二电阻,所述第一电阻的一端被配置为连接所述信号输入端,所述第一电阻的另一端被配置为分别连接所述第二信号输出端和所述第二电阻的一端,所述第二电阻的另一端被配置为连接所述接地端;

所述串联的多个第一滤波单元中的第一个第一滤波单元被配置为连接所述信号输入端,所述串联的多个第一滤波单元中的最后一个第一滤波单元被配置为连接所述第一信号输出端。

3. 根据权利要求2所述的局部放电检测设备,其特征在于,所述第一滤波单元为一阶RC高通滤波器。

4. 根据权利要求1所述的局部放电检测设备,其特征在于,所述高通滤波模块包括串联的多个第二滤波单元和同相放大器;

其中,所述串联的多个第二滤波单元中的第一个第二滤波单元被配置为连接所述第一信号输出端,所述串联的多个第二滤波单元中的最后一个第二滤波单元被配置为连接所述同相放大器的同相输入端,所述同相放大器的反向输入端被配置为通过第三电阻接地,并通过第四电阻连接所述同相放大器的输出端。

5. 根据权利要求4所述的局部放电检测设备,其特征在于,

所述串联的多个第二滤波单元被配置为对每一相的初始局部放电信号进行滤波处理,得到第一电平信号;

所述同相放大器被配置为基于所述第三电阻的电阻值和所述第四电阻的电阻值对所述第一电平信号进行同相放大,得到每一相的局部放电信号。

6. 根据权利要求4所述的局部放电检测设备,其特征在于,所述第二滤波单元为一阶LC高通滤波器或一阶RLC高通滤波器。

7. 根据权利要求1所述的局部放电检测设备,其特征在于,所述第三滤波单元为一阶RC低通滤波器。

用于充气开关柜的局部放电检测设备

技术领域

[0001] 本发明涉及电气设备领域和电力设备检测领域,更具体地,涉及一种用于充气开关柜的局部放电检测设备。

背景技术

[0002] 气体绝缘金属封闭开关设备(Cubicle type gas insulated switchgear,C-GIS),俗称充气开关柜,可以为将母线、断路器等高压元件封闭在金属壳体内,并采用压缩气体作为绝缘介质来缩小充气柜的体积及占地面积。同时使封闭在金属壳体内的高压元件避免收到外界环境的影响,也减少电磁辐射或噪声。近年来,充气开关柜以其高可靠性、小体积、良好的绝缘性能等优异特性在变电站建设、地铁、高铁等领域中得到广泛的应用。

[0003] 在实现本发明构思的过程中,发明人发现相关技术中至少存在如下问题:随着充气开关柜等充气开关柜的使用量增多,其故障数量也在明显增加。这就需要在针对充气开关柜进行检测的过程中要提升设备的检测准确性与及时性,以便于提早发现设备运行隐患,提升设备的运行稳定性,从而有效保障电网的运行安全。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种用于充气开关柜的局部放电检测设备。

[0005] 本发明提供了一种用于充气开关柜的局部放电检测设备,包括:信号分频电路,被配置为通过连接端子连接充气开关柜包括的多个验电接口中的任意一个,上述信号分频电路被配置为获取每一相的验电检测信号,并将每一相的验电检测信号分离为每一相的局部放电信号和每一相的工频同步信号,其中,上述多个验电接口与上述充气开关柜的多个相各自对应;以及处理器,被配置为基于多个相各自的局部放电信号和多个相各自的工频同步信号,生成局部放电谱图,并基于上述局部放电谱图,得到上述充气开关柜的局部放电检测结果。

[0006] 根据本发明的实施例,通过信号分频电路的连接端子与充气开关柜的验电接口电连接,可以实现将充气开关柜中每一相的验电检测信号分离为每一相的局部放电信号和每一相的工频同步信号,从而可以在不对充气开关柜进行设备改造,且无需额外提供外部电源的情况下,对充气开关柜的同步相位信号进行分离,获取到局部放电检测所需的信息。同时使获取到的局部放电检测所需的信号能够通过充气开关柜的多层屏蔽的柜体,提升检测信号获取的灵敏性。通过处理器来根据多个相各自的局部放电信号和多个相各自的工频同步信号,生成局部放电谱图,可以使局部放电图谱较为准确地表征充气开关柜的局部放电情况,进而可以根据局部放电图谱来较为精确地对充气开关柜进行放电检测,以提升局部放电检测的准确性,从而可以利用充气开关柜的验电接口来灵活地对充气开关柜进行局部放电检测,实现提升局部放电检测的灵活性与适配性,提升充气开关柜的运行稳定性的技术效果。

附图说明

[0007] 通过以下参照附图对本发明实施例的描述,本发明的上述以及其他目的、特征和优点将更为清楚,在附图中:

[0008] 图1示出了根据本发明实施例的用于充气开关柜的局部放电检测设备的示例性架构图;

[0009] 图2示出了根据本发明实施例的充气开关柜的带电指示器的面板的示意图;

[0010] 图3示出了根据本发明实施例的充气开关柜的带电指示器的电路示意图;

[0011] 图4示出了根据本发明实施例的局部放电检测设备的接地端子的结构示意图;

[0012] 图5示出了根据本发明另一实施例的用于充气开关柜的局部放电检测设备的示例性架构图;

[0013] 图6A示出了根据本发明实施例的信号分频电路的示例性架构图;

[0014] 图6B示出了根据本发明实施例的信号采集模块的示例性电路图;

[0015] 图6C示出了根据本发明实施例的高通滤波模块的示例性电路图;

[0016] 图6D示出了根据本发明实施例的低通滤波模块的示例性电路图;

[0017] 图7A示出了根据本发明实施例的局部放电检测设备示例性应用场景图;

[0018] 图7B和图7C示出了根据本发明实施例的信号检测回路的仿真结果的示例图;

[0019] 图8A和图8B示出了根据本发明实施例的串联的多个第二滤波单元的仿真结果的示例图;

[0020] 图9示出了根据本发明实施例提供的局部放电检测设备检测到的局部放电信号的示意图;以及

[0021] 图10示出了根据本发明实施例提供的局部放电检测设备检测到的工频同步信号的示意图。

具体实施方式

[0022] 以下,将参照附图来描述本发明的实施例。但是应该理解,这些描述只是示例性的,而并非要限制本发明的范围。在下面的详细描述中,为便于解释,阐述了许多具体的细节以提供对本发明实施例的全面理解。然而,明显地,一个或多个实施例在没有这些具体细节的情况下也可以被实施。此外,在以下说明中,省略了对公知结构和技术的描述,以避免不必要地混淆本发明的概念。

[0023] 在此使用的术语仅仅是为了描述具体实施例,而并非意在限制本发明。在此使用的术语“包括”、“包含”等表明了所述特征、步骤、操作和/或部件的存在,但是并不排除存在或添加一个或多个其他特征、步骤、操作或部件。

[0024] 在此使用的所有术语(包括技术和科学术语)具有本领域技术人员通常所理解的含义,除非另外定义。应注意,这里使用的术语应解释为具有与本说明书的上下文相一致的含义,而不应以理想化或过于刻板的方式来解释。

[0025] 在使用类似于“A、B和C等中至少一个”这样的表述的情况下,一般来说应该按照本领域技术人员通常理解该表述的含义来予以解释(例如,“具有A、B和C中至少一个的系统”应包括但不限于单独具有A、单独具有B、单独具有C、具有A和B、具有A和C、具有B和C、和/或具有A、B、C的系统等)。

[0026] 充气开关柜可以采用SF₆（六氟化硫）气体等压缩气体作为绝缘介质，以便于将高压元件封闭在充气开关柜的绝缘介质中。发明人发现充气开关柜中存在局部区域发生的放电，而贯穿施加电压的导体之间的情况较少或几乎不存在，因此放电可以发生在充气开关柜中的导体附近，也可以发生在其他地方，这种现象可以是局部放电。局部放电的发生会对设备的绝缘产生破坏，如不能及时发现充气开关柜内局部放电情况，导致绝缘设备的失效及设备故障，极大影响电网的安全稳定运行。然而，目前的气体开关柜所使用的局部放电检测手段对于全金属封闭的充气柜检测效果较差，导致充气开关柜局部放电检测的准确性和及时性较差。因此，为保证充气开关柜等充气开关柜的正常运行，及时发现设备内的局部放电隐患，及时发现充气开关柜内的局部放电对于保障电气设备的正常运行较为关键。

[0027] 鉴于此，本发明的实施例提供了一种用于充气开关柜的局部放电检测设备。该局部放电检测设备包括：信号分频电路，被配置为通过连接端子连接充气开关柜包括的多个验电接口中的任意一个，信号分频电路被配置为获取每一相的验电检测信号，并将每一相的验电检测信号分离为每一相的局部放电信号和每一相的工频同步信号，其中，多个验电接口与充气开关柜的多个相各自对应；以及处理器，被配置为基于多个相各自的局部放电信号和多个相各自的工频同步信号，生成局部放电谱图，并基于局部放电谱图，得到充气开关柜的局部放电检测结果。

[0028] 根据本发明的实施例，通过信号分频电路的连接端子与充气开关柜的验电接口电连接，可以实现将充气开关柜中每一相的验电检测信号分离为每一相的局部放电信号和每一相的工频同步信号，从而可以在不对充气开关柜进行设备改造，且无需额外提供外部电源的情况下，对充气开关柜的同步相位信号进行分离，获取到局部放电检测所需的信息。同时使获取到的局部放电检测所需的信号能够通过充气开关柜的多层屏蔽的柜体，提升检测信号获取的灵敏性。通过处理器来根据多个相各自的局部放电信号和多个相各自的工频同步信号，生成局部放电谱图，可以使局部放电图谱较为准确地表征充气开关柜的局部放电情况，进而可以根据局部放电图谱来较为精确地对充气开关柜进行放电检测，以提升局部放电检测的准确性，从而可以利用充气开关柜的验电接口来灵活地对充气开关柜进行局部放电检测，提升局部放电检测的灵活性与适配性，提升充气开关柜的运行稳定性。

[0029] 图1示出了根据本发明实施例的用于充气开关柜的局部放电检测设备的示例性架构图。

[0030] 如图1所示，局部放电检测设备110可以包括电连接的信号分频电路的处理器。信号分频电路的连接端子可以与充气开关柜120的验电接口电连接，验电接口可以设置在充气开关柜120的带电指示器的面板上。

[0031] 如图1所示，充气开关柜120的内部电路可以与高压传感器直接连接。高压传感器可以为电容结构，该电容结构的电容值可以约为10-200pF。高压传感器可以检测充气开关柜120的内部电路是否与外部的高压供电装置接通。该高压供电装置可以为提供35kV的电压源。局部放电检测设备110信号分频电路的连接端子可以为香蕉插头（Banana Connector），从而可以通过充气开关柜120的绝缘柜体来获取内部电路的带电信息（例如验电检测信号）。局部放电检测设备110还可以包括接地端子。局部放电检测设备110的使用过程中，香蕉插头（Banana Connector）可以插入带电指示器的验电接口，从而可以使信号分频电路获取高压传感器传输的验电检测信号。局部放电检测设备110的接地端子可以直接

吸附于布设充气开关柜120的变电站内裸露的铁质接地端。如果接地端油漆覆盖,可适当磨去油漆层。

[0032] 图2示出了根据本发明实施例的充气开关柜的带电指示器的面板的示意图。

[0033] 如图2所示,带电指示器的面板210可以包括三个带电指示灯和与三个带电指示灯相对应的3个带电接口(或称验电接口)。带电指示灯可以为LED灯,用于分别指示充气开关柜的每一相是否已经通电,例如内部电路每一相是否与35kV高压电源接通。有三个验电接口可以直接使用4mm香蕉插头,从而可以实现与用于充气开关柜的局部放电检测设备的信号分频电路的连接端子连接,从而可以使局部放电检测设备通过插口接入带电指示器的面板210的验电接口来获得内部电路的验电检测信号。

[0034] 图3示意性示出了根据本发明实施例的充气开关柜的带电指示器的电路示意图。

[0035] 如图3所示,带电指示器300的装置内部的等效电路可以包括串联的电阻R和二极管,电容C和指示灯可以与二极管的输出端并联,验电接口与电阻R并联。带电指示器300的输入端 V_{in} 可以与充气开关柜的高压传感器连接。电阻R可以为限流电阻,与后级的电容C构成充电回路使得带电指示器300在与高压传感器连接时指示灯可以交替闪烁来指示充气开关柜的设备柜内是否连接高压。

[0036] 根据本发明的实施例,该带电指示器300的电路的输入端 V_{in} 输入阻抗与内部电阻R较为接近,电阻R的阻值可以为 $100k\Omega$ 至 $1M\Omega$ 。因此,为保证信号分频电路在连接验电接口后,高压传感器后级的信号检测回路的等效阻抗不受带电指示器的装置内部等效电路阻抗的影响,可以设计合适的信号采集模块以进行阻抗匹配,使信号分频电路在连接不同规格型号的带电指示器时都能够有效地将获取的每一相的验电检测信号分离为每一相的局部放电信号和每一相的工频同步信号。

[0037] 图4示意性示出了根据本发明实施例的局部放电检测设备的接地端子的结构示意图。

[0038] 如图4所示,局部放电检测设备的接地端子400的整体可以为铜质结构,接地端子400的一端可以开环形槽,环形槽中嵌入环形强力磁铁420,环形槽的中心为铜电极410。接地端子400的另一端与验电接口相连接。局部放电检测设备使用时接地端子400可以直接吸附于放置充气开关柜处的铁质裸露接地极。

[0039] 图5示出了根据本发明另一实施例的用于充气开关柜的局部放电检测设备的示例性架构图。

[0040] 如图5所示,本实施例中的局部放电检测设备510和充气开关柜520之间可以共享接地端子,并且可以实现局部放电检测设备510的连接端子可以与充气开关柜520的验电接口连接。

[0041] 根据本发明的实施例,局部放电检测设备可以通过连接端子与充气开关柜的验电接口直接连接,来获取充气开关柜内每一相的验电检测信号,避免额外设置独立的传感器结构。同时,避免额外设置的电源供电即可使局部放电检测设备有效获得充气开关柜内的局部放电信号,同时,为了绘制局部放电谱图,还可以通过局部放电检测设备获得充气开关柜的同步参考相位,可以有效保证局部放电信号的准确性。

[0042] 图6A示出了根据本发明实施例的信号分频电路的示例性架构图。

[0043] 如图6A所示,信号分频电路600包括信号采集模块、高通滤波模块和低通滤波模

块,信号采集模块包括信号输入端 V_{in} 、第一信号输出端和第二信号输出端。信号输入端被配置为连接连接端子,从而可以接收到充气开关柜每一相的验电检测信号。第一信号输出端被配置为连接高通滤波模块,第二信号输出端被配置为连接低通滤波模块。

[0044] 根据本发明的实施例,信号采集模块被配置为将每一相的验电检测信号分离为每一相的初始局部放电信号和每一相的初始工频同步信号。

[0045] 根据本发明的实施例,高通滤波模块被配置为对每一相的初始局部放电信号进行滤波放大处理,得到每一相的局部放电信号;以及低通滤波模块被配置为对每一相的初始工频同步信号进行滤波及移相处理,得到每一相的工频同步信号。

[0046] 根据本发明的实施例,信号采集模块包括过压保护单元、分压单元和串联的多个第一滤波单元。

[0047] 根据本发明的实施例,过压保护单元被配置为连接信号输入端,过压保护单元被配置为在信号输入端的输入电压大于阈值电压的情况下,将信号输入端与接地端短接;分压单元包括第一电阻和第二电阻,第一电阻的一端被配置为连接信号输入端,第一电阻的另一端被配置为分别连接第二信号输出端和第二电阻的一端,第二电阻的另一端被配置为连接接地端;串联的多个第一滤波单元中的第一个第一滤波单元被配置为连接信号输入端,串联的多个第一滤波单元中的最后一个第一滤波单元被配置为连接第一信号输出端。

[0048] 图6B示出了根据本发明实施例的信号采集模块的示例性电路图。

[0049] 如图6B所示,信号采集模块610可以包括过压保护单元、分压单元611和串联的多个第一滤波单元。过压保护单元被配置为连接信号输入端 V_{in} ,过压保护单元被配置为在信号输入端的输入电压大于阈值电压的情况下,将信号输入端与接地端短接。串联的多个第一滤波单元中的第一个第一滤波单元612被配置为连接信号输入端 V_{in} ,串联的多个第一滤波单元中的最后一个第一滤波单元613被配置为连接第一信号输出端 V_{out1} 。过压保护单元可以包括放电管GDT和双向TVS,放电管GDT和双向TVS的阈值电压可以分别为200V和100V,以成阶梯式保护。串联的电阻 $R1$ 与 $R2$ 可以构成分压单元611,其阻抗可以为 $1M\Omega$,分压单元611用于限流并提供工频同步信号输入至后级的低通滤波模块。第一个第一滤波单元612和最后一个第一滤波单元613中的电容的容值可以为47nF,第一个第一滤波单元612和最后一个第一滤波单元613中电阻的阻值为 200Ω ,从而可以第一个第一滤波单元612和最后一个第一滤波单元613构成两级的高通滤波电路,其截止频率可以为16.9kHz,从而可以为后级的高通滤波模块提供局部放电信号。

[0050] 根据本发明的实施例,第一滤波单元可以为一阶RC高通滤波器。但不仅限于此,还可以包括其他类型的高通滤波器,例如LC高通滤波器等,本发明的实施例对第一滤波单元的具体类型不做限定,只要能够实现高通滤波即可。

[0051] 根据本发明的实施例,高通滤波模块包括串联的多个第二滤波单元和同相放大器。

[0052] 根据本发明的实施例,串联的多个第二滤波单元中的第一个第二滤波单元被配置为连接第一信号输出端,串联的多个第二滤波单元中的最后一个第二滤波单元被配置为连接同相放大器的同相输入端,同相放大器的反向输入端被配置为通过第三电阻接地,并通过第四电阻连接同相放大器的输出端。

[0053] 图6C示出了根据本发明实施例的高通滤波模块的示例性电路图。

[0054] 结合图6A至图6C所示,高通滤波模块620可以包括串联的4个第二滤波单元和同相放大器625。串联的4个第二滤波单元中可以包括第一个第二滤波单元621、与第一个第二滤波单元621串联的中间的第二滤波单元622和623,以及与中间的第二滤波单元623串联的最后一个第二滤波单元624。第一个第二滤波单元621被配置为连接信号采集模块的第一信号输出端Vout1,串联的4个第二滤波单元中的最后一个第二滤波单元624被配置为连接同相放大器625的同相输入端,同相放大器625的反向输入端被配置为通过第三电阻R3接地,并通过第四电阻R4连接同相放大器625的输出端。同相放大器625的外围电路还可以包括一个外围电阻,该外围电阻的一端可以连接同相放大器625的同相输入端,另一端可以接地。

[0055] 根据本发明的实施例,串联的多个第二滤波单元被配置为对每一相的初始局部放电信号进行滤波处理,得到第一电平信号;同相放大器被配置为基于第三电阻的电阻值和第四电阻的电阻值对第一电平信号进行同相放大,得到每一相的局部放电信号。

[0056] 结合图6A至图6C所示,第一个第二滤波单元621的输入端Vin与信号采集模块610的第一信号输出端Vout1,第二滤波单元624与同相放大器625的同相输入端相连接。串联的4个第二滤波单元对信号采集模块610输出的每一相的初始局部放电信号进行滤波处理以消除窄带干扰,得到第一电平信号。同相放大器625基于第三电阻R3的电阻值和第四电阻R4的电阻值对第一电平信号进行同相放大得到每一相的局部放电信号。每一相的局部放电信号可以通过同相放大器625的输出端Vout输出至处理器。同相放大器625、第三电阻R3、第四电阻R4和与接地端子相串联的电阻可以构成高通滤波模块620的高输入阻抗同相放大电路D625。

[0057] 根据本发明的实施例,第二滤波单元为一阶LC高通滤波器或一阶RLC高通滤波器。

[0058] 如图6C所示,第一个第二滤波单元621和最后一个第二滤波单元624可以为一阶RLC高通滤波器,中间的第二滤波单元622和623可以为LC高通滤波器。

[0059] 需要说明的是,图6C中所示的第二滤波单元的具体连接方式和第二滤波单元的具体类型仅为示例性的,本领域技术人员可以根据实际需求进行选择第二滤波单元的具体连接方式和第二滤波单元的具体类型。

[0060] 根据本发明的实施例,低通滤波模块包括电压跟随器、串联的至少一个第三滤波单元、相位补偿器和同相迟滞比较器。

[0061] 根据本发明的实施例,电压跟随器的同相输入端被配置为连接第二信号输出端,电压跟随器的反相输入端被配置为分别连接电压跟随器的输出端和串联的至少一个第三滤波单元的一端,串联的至少一个第三滤波单元的另一端被配置为通过可变电阻器连接相位补偿器的同相输入端,并通过第五电阻分别连接相位补偿器的反相输入端和相位补偿器的输出端,相位补偿器的输出端被配置为连接同相迟滞比较器的同相输入端,并通过第六电阻和第七电阻连接同相迟滞比较器的输出端,同相迟滞比较器的反相输入端被配置为连接接地端。

[0062] 图6D示出了根据本发明实施例的低通滤波模块的示例性电路图。

[0063] 如图6D所示,低通滤波模块630可以包括电压跟随器631,与电压跟随器631串联的第三滤波单元632,以及相位补偿器633和同相迟滞比较器634。电压跟随器631的同相输入端Vin与信号采集模块的第二信号输出端连接。电压跟随器631的反相输入端分别与电压跟随器631的输出端,以及第三滤波单元632的一端连接。第三滤波单元632的另一端通过可

变电阻器R'连接相位补偿器633的同相输入端,第三滤波单元632的另一端还可以通过第五电阻R5分别连接相位补偿器633的反相输入端和相位补偿器633的输出端。相位补偿器633的输出端连接同相迟滞比较器634的同相输入端。相位补偿器633的输出端还通过第六电阻R6和第七电阻R7连接同相迟滞比较器634的输出端Vout。同相迟滞比较器634的反相输入端与接地端连接。第七电阻R7和同相迟滞比较器634的输出端Vout还可以接入外接电源,该外接电源例如可以是5v的电源。

[0064] 根据本发明的实施例,第三滤波单元可以为—阶RC低通滤波器。但不仅限于此,还可以包括其他类型的低通滤波器,例如RLC低通滤波器等。

[0065] 如图6D所示,第三滤波单元632可以为—阶RC低通滤波器。

[0066] 需要说明的是,图6D所示的第三滤波单元的数量和滤波器类型为示意性的,并非用于限定本发明实施例提供的第三滤波单元的数量或具体类型,本领域技术人员可以根据实际需求选择第三滤波单元的数量或具体类型。

[0067] 根据本发明的实施例,低通滤波模块的第三滤波单元可以对来自信号采集模块的初始工频同步信号进行低通滤波处理,并通过电压跟随器来消除负载阻抗的影响,第三滤波单元可以以消除频率较高的噪声以获得较为纯净的工频交流信号。由于低通滤波的影响,滤波后的工频同步信号会存在相位偏移,因此设置相位补偿器以进行相位补偿。将经过相位补偿处理的工频交流信号通过同相迟滞比较器生成每个相对应的方波信号,得到每一相的工频同步信号。

[0068] 根据本发明的实施例,局部放电检测设备可以利用信号采集模块将检测到的验电检测信号有效分离为每一相的初始局部放电信号和每一相的初始工频同步信号。通过高通滤波模块来处理每一相的初始局部放电信号,得到每一相的局部放电信号,并通过低通滤波模块来处理每一相的初始工频同步信号,得到每一相的工频同步信号,可以根据每一相的局部放电信号和工频同步信号,来准确且快速的相位分辨图谱PRPD(: Phase Resolved Partial Discharge),并绘制相位分辨时序图谱PRPS(Phase Resolved Partial Discharge),可以实现对ABC三相各自的局部放电的进行精确定位,进而提升充气开关柜局部放电检测的准确性。

[0069] 根据本发明的实施例,处理器还用于:基于对充气开关柜包括的信号检测回路的仿真结果,确定每一相的工频同步信号的待补偿相位;以及基于每一相的工频同步信号的待补偿相位和第五电阻的电阻值,确定可变电阻器的电阻值,以便基于可变电阻器的电阻值来配置低通滤波模块的可变电阻器。

[0070] 图7A示出了根据本发明实施例的局部放电检测设备示例性应用场景图。

[0071] 图7B和图7C示意性示出了根据本发明实施例的信号检测回路的仿真结果的示例图。

[0072] 结合图7A至图7C所示,该应用场景中可以包括局部放电检测设备710和示波器720。局部放电信号的频率带宽可以为1MHz至30MHz。充气开关柜的信号检测回路可以等效为等效阻抗 $R=100\Omega$ 。对于1M以上的局部放电信号,局部放电检测设备710的可以基于其自身的输入阻抗可维持在恒定值,例如多个第一滤波单元中并联的多个电阻构成的并联电阻值 100Ω 。由于在局部放电检测设备710之前串联等效阻抗 $R=100\Omega$,因此示波器720接收的第一局部放电信号的信号幅值,是示波器720接收的第二局部放电信号的信号幅值的2倍,

且示波器720接收的局部放电信号不存在相位的偏移,以保证局部放电检测设备710中初始局部放电信号的有效提取。例如图7B中,实线表示的波形曲线表征波器720接收的第一局部放电信号,虚线表示的波形曲线表征波器720接收的第二局部放电信号。

[0073] 结合图7A至图7C所示,由于充气开关柜中的高压传感器的可以被简化为分压电容,充气开关柜中的高压传感器与后级的信号检测回路表征的等效阻抗R,可近似构成一个高通滤波器。因此充气开关柜对于高频的局部放电信号没有影响,但是会对低频的工频交流信号产生相位偏移。例如高压传感器的容值为10-200pF的情况下,配合后级的信号检测回路进行仿真,得到的仿真结果可以如图7C所示。图7C中的局部区域Q710的局部放大结果可以表示为局部放大区域Q711,根据局部放大区域Q711可以得到工频交流信号超前了约为 6° 因此可以确定待补偿相位为 6° 。在局部放电检测装置进行验电检测信号采集时,可以工频同步信号的待补偿相位对工频同步信号进行 6° 的相位补偿。

[0074] 需要说明的是,图7B和图7C中的横坐标轴的最小时间刻度为2ms。

[0075] 图8A和图8B示出了根据本发明实施例的串联的多个第二滤波单元的仿真结果的示意图。

[0076] 结合图8A与图8B所示的仿真结果可以表示高通滤波模块的第二滤波单元输出的仿真波特图。第二滤波单元的截至频率可以为1MHz,可以可靠获取有效的局部放电信号。由于局部放电脉冲的脉宽时长为ns级别,相位的偏移可忽略不计。

[0077] 根据本发明的实施例,可以基于如下具体实施例来解释说明本发明实施例提供的局部放电检测设备。

[0078] 图9示出了根据本发明实施例提供的局部放电检测设备检测到的局部放电信号的示意图。

[0079] 图10示出了根据本发明实施例提供的局部放电检测设备检测到的工频同步信号的示意图。

[0080] 在本发明的一个示例中,可以基于本发明实施例提供的局部放电检测设备,来对与35kV高压电源相连接的充气开关柜进行局部放电检测。充气开关柜在柜内放置了标准的内部放电模拟信号源,经升压器连接至局部放电源并加压至35kV,此时充气开关柜内部放电发生局部放电。基于本发明实施例提供的局部放电检测设备检测得到的局部放电信号如图9所示。由图9可知,局部放电检测设备可以有效获取充气开关柜内部的局部放电信号,实现局部放电信号的准确表征。

[0081] 同时,基于本发明实施例提供的局部放电检测设备,可以观测到50Hz同步参考相位信号,该信号如图10所示。为完成工频同步信号的获取及相位同步,可以调整电位器的Rp值,最终获得的35kV条件下如图10所示的工频同步相位信号。图10中通道1为经由标准阻抗分压器构建的分压单元检测到的分压信号,此分压信号与35kV电压信号为纯电阻分压,分压比例可以为1000:1,并不存在相位偏移。通道2为经由信号分频电路获取的相位参考信号,由图10可知,本发明实施例提供的局部放电检测设备可以实现标准工频同步相位信号的获取。

[0082] 本领域技术人员可以理解,本发明的各个实施例和/或权利要求中记载的特征可以进行多种组合和/或结合,即使这样的组合或结合没有明确记载于本发明中。特别地,在不脱离本发明精神和教导的情况下,本发明的各个实施例和/或权利要求中记载的特征可

以进行多种组合和/或结合。所有这些组合和/或结合均落入本发明的范围。

[0083] 以上对本发明的实施例进行了描述。但是,这些实施例仅仅是为了说明的目的,而并非为了限制本发明的范围。尽管在以上分别描述了各实施例,但是这并不意味着各个实施例中的措施不能有利地结合使用。本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。不脱离本发明的范围,本领域技术人员可以做出多种替代和修改,这些替代和修改都应落在本发明的范围之内。

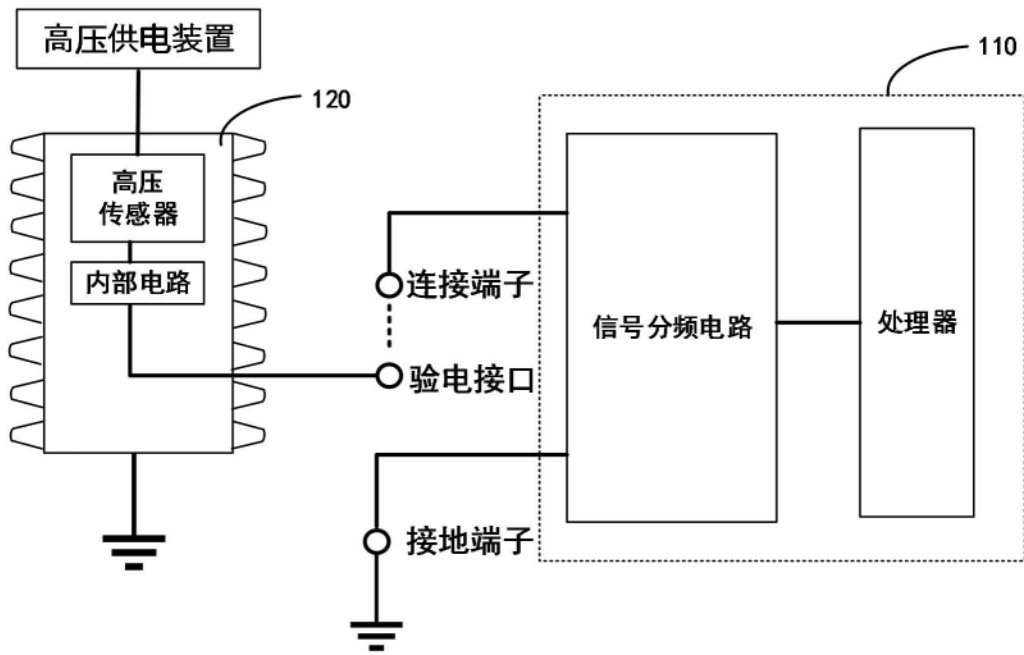


图1

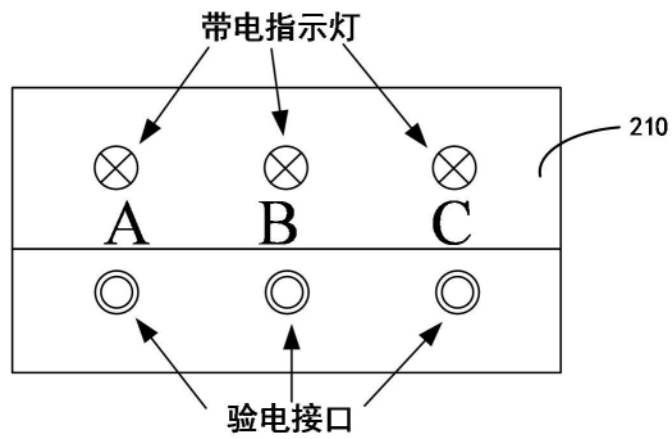


图2

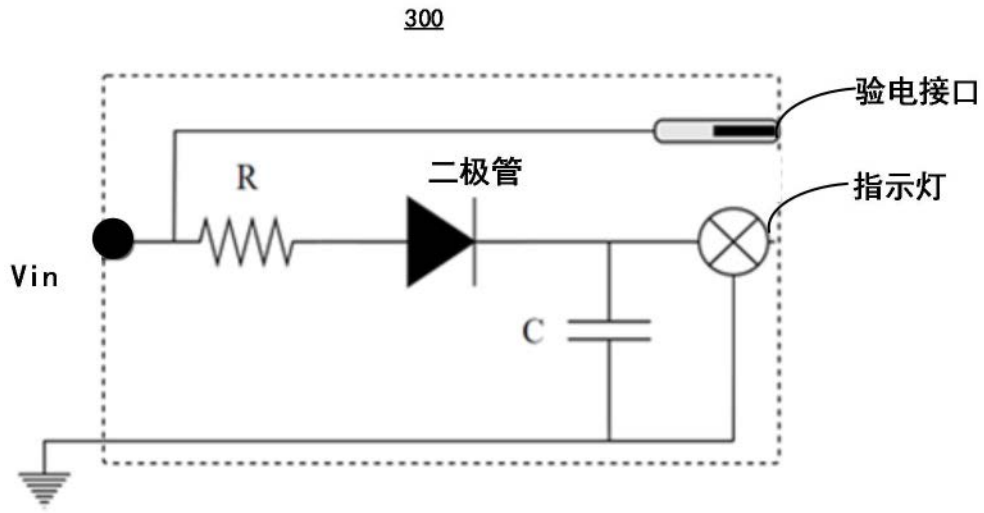


图3

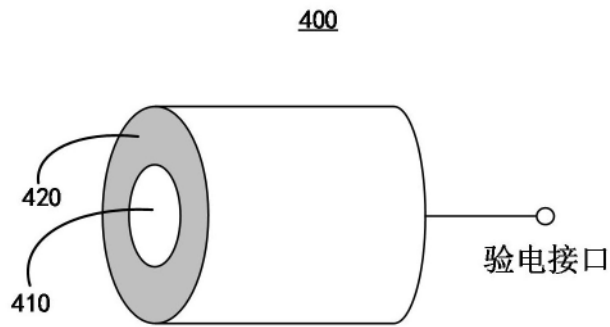


图4

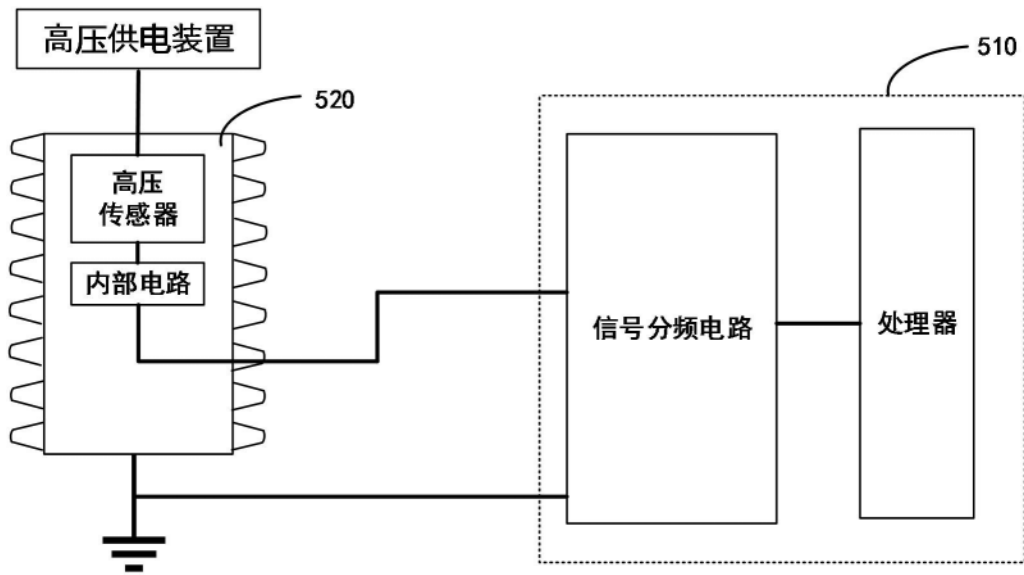


图5

600

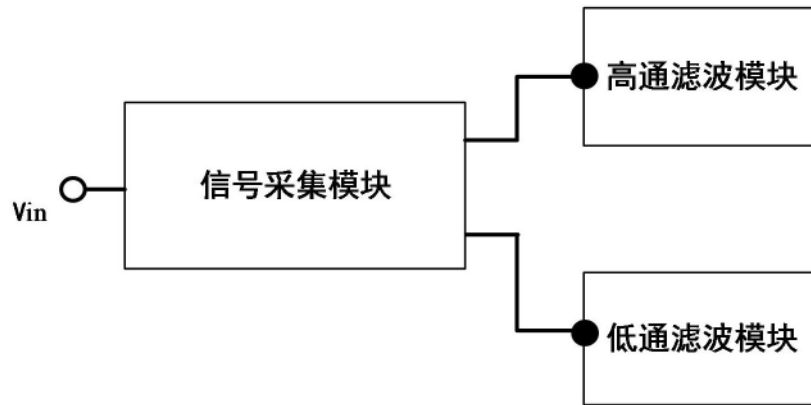


图6A

610

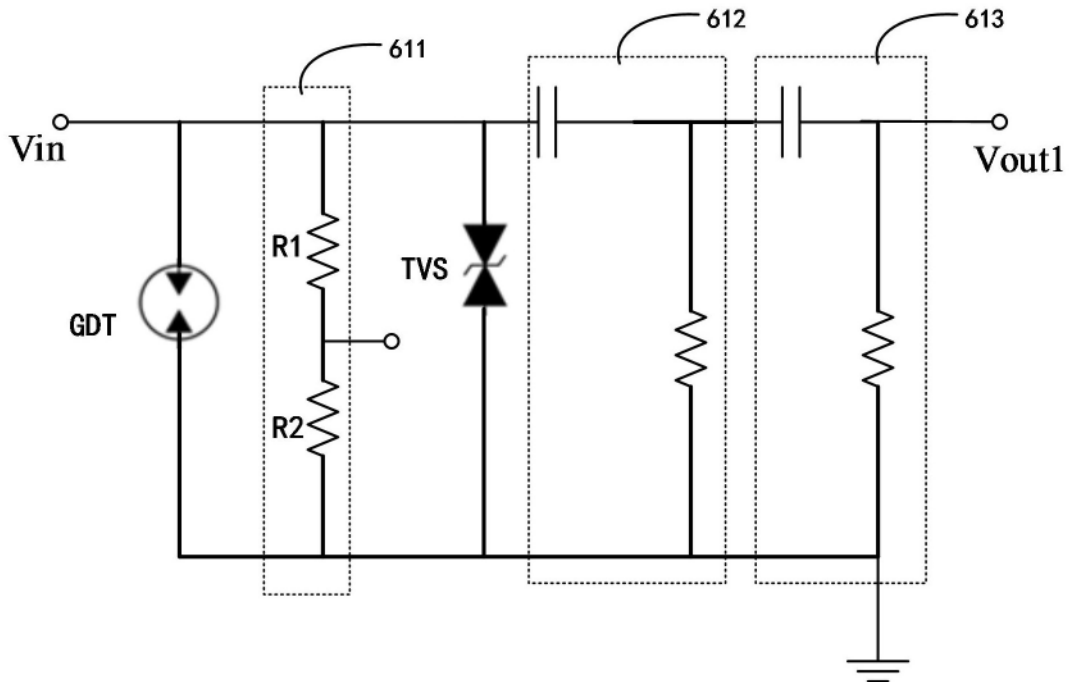


图6B

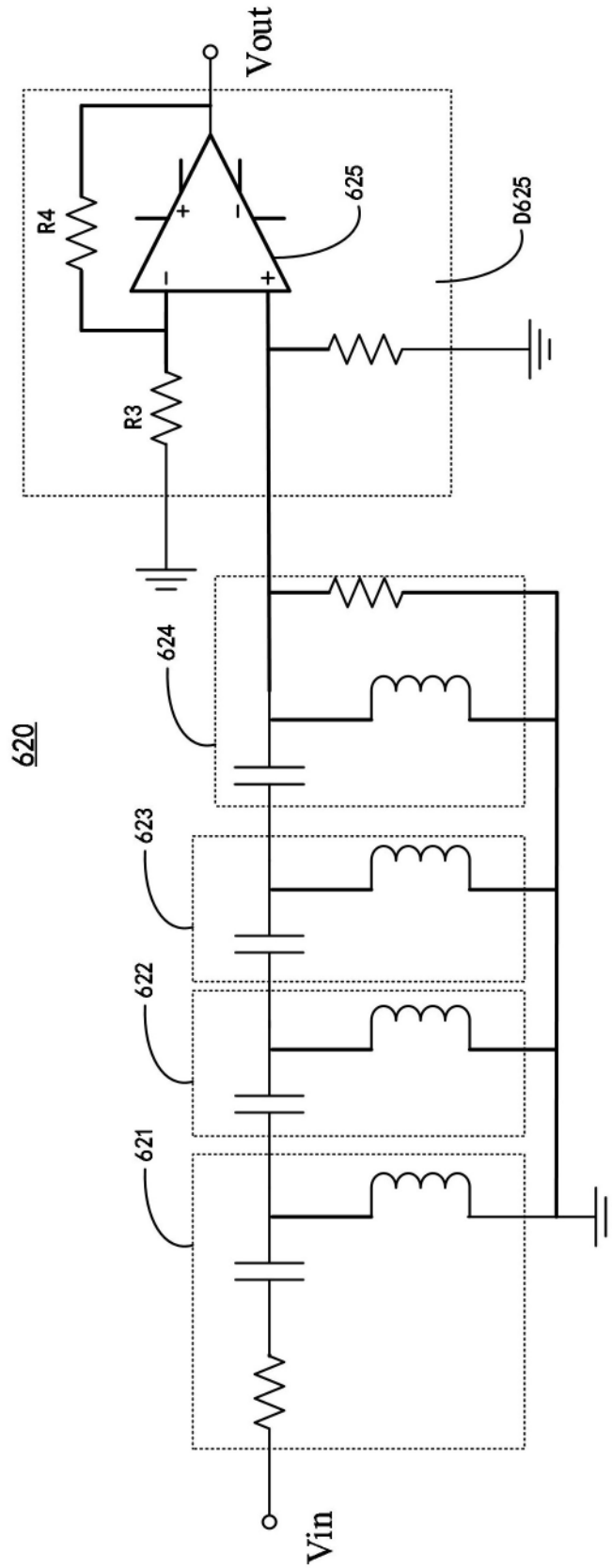


图6C

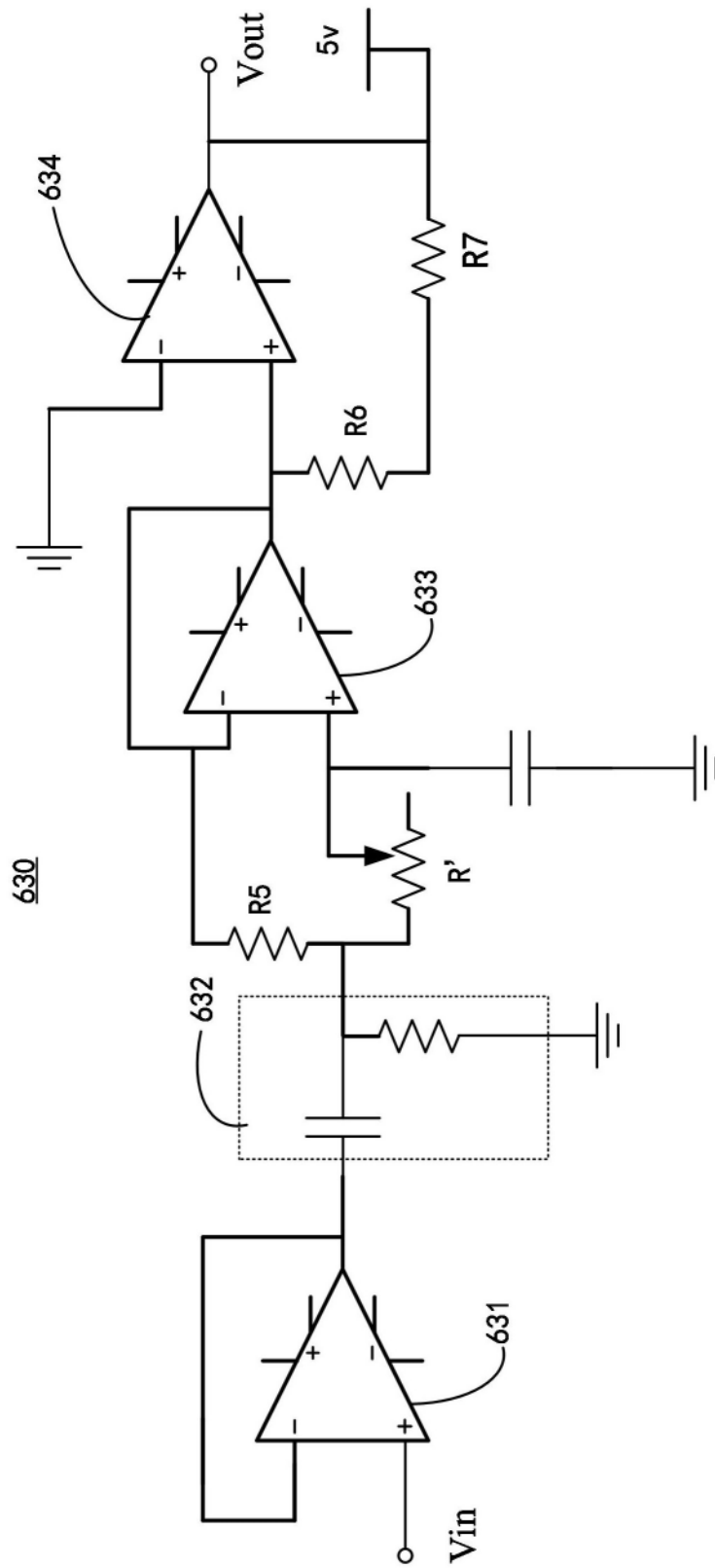


图6D

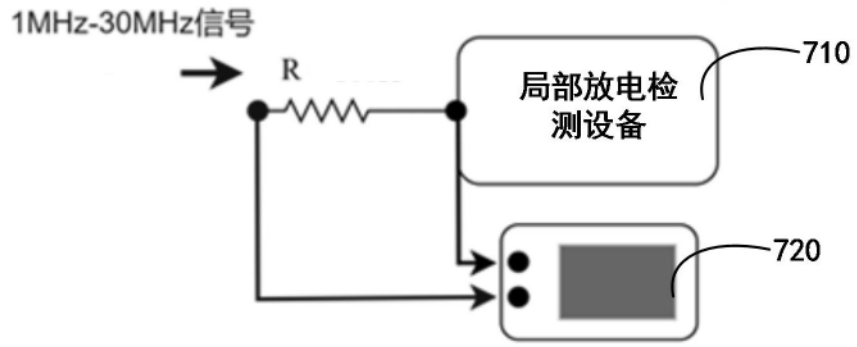


图7A

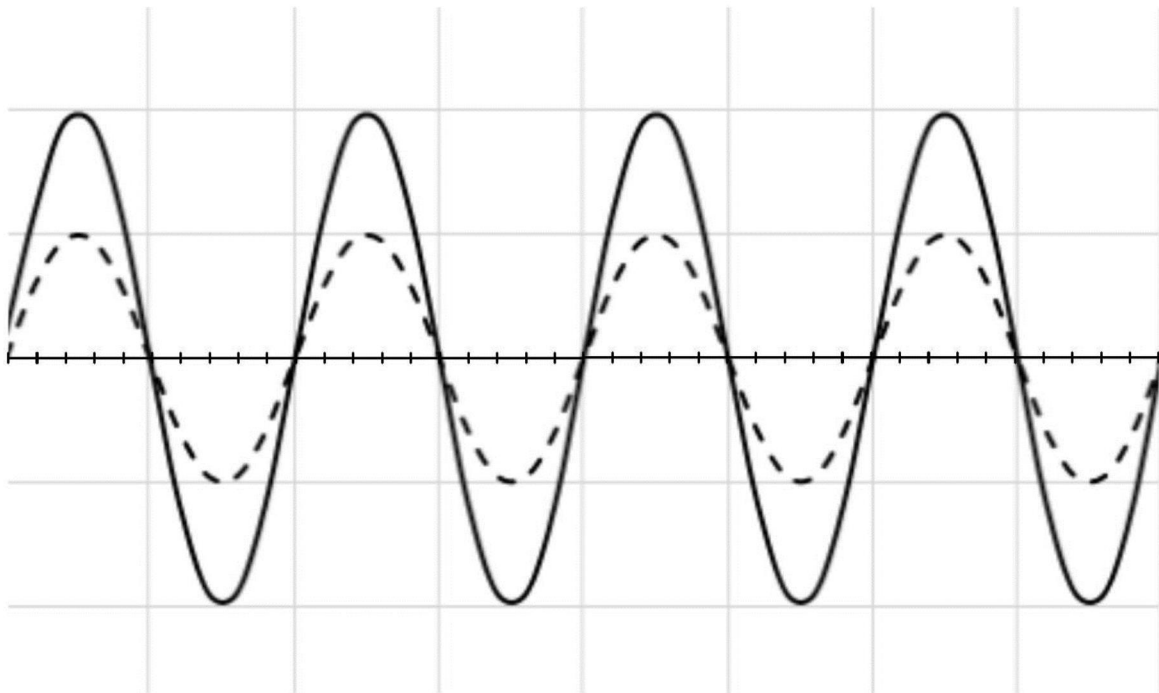


图7B

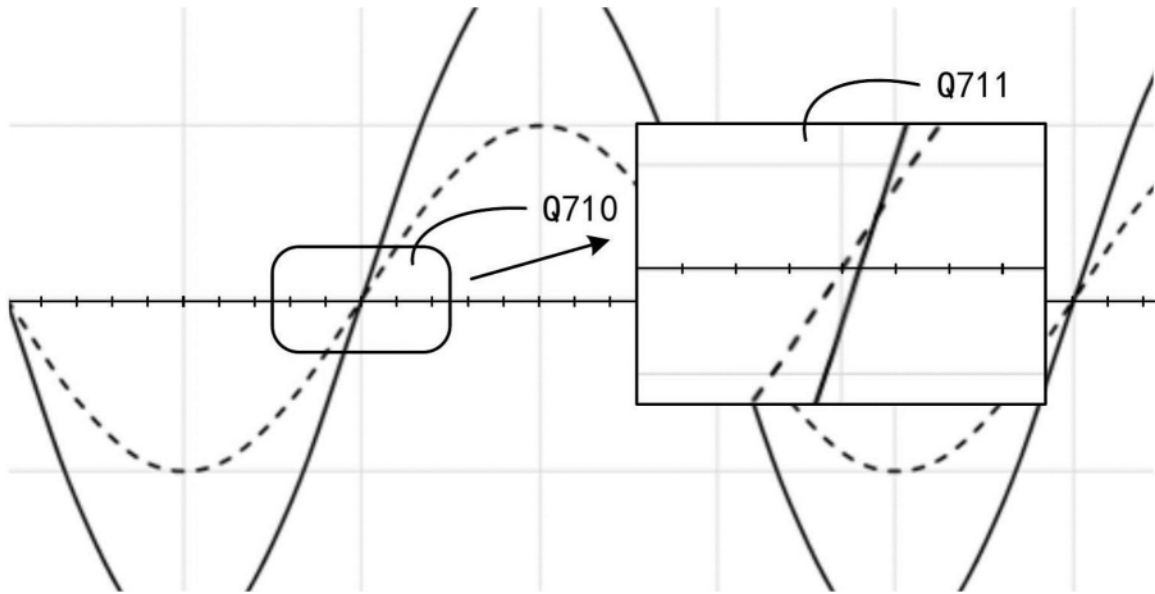


图7C

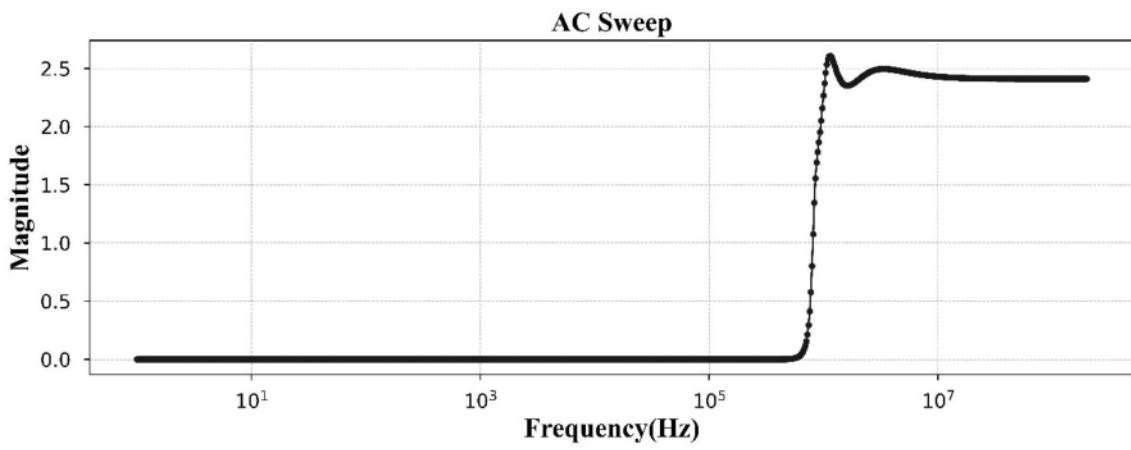


图8A

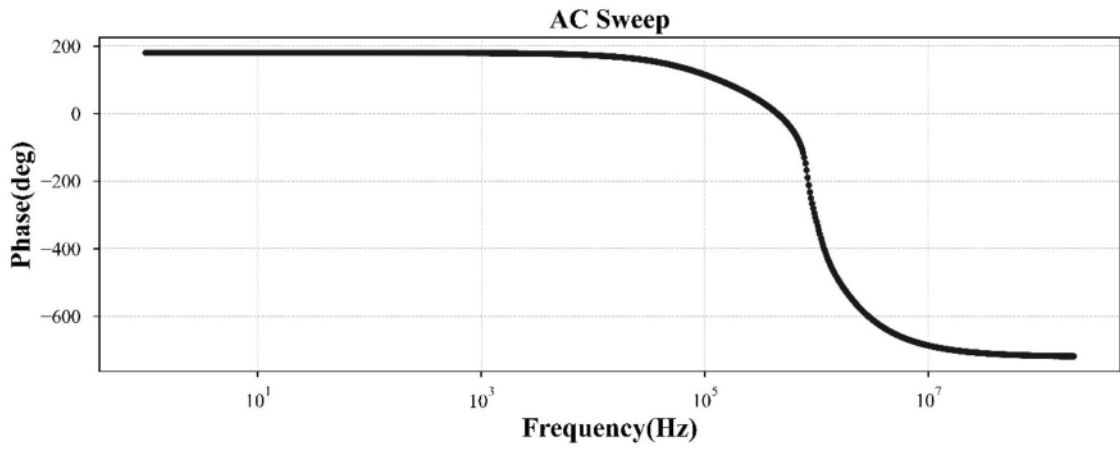


图8B

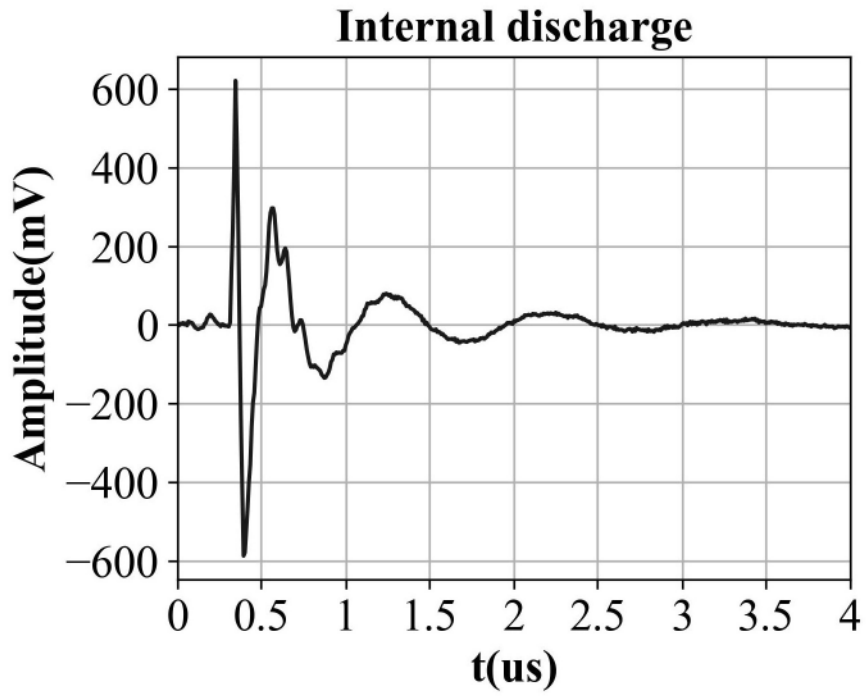


图9

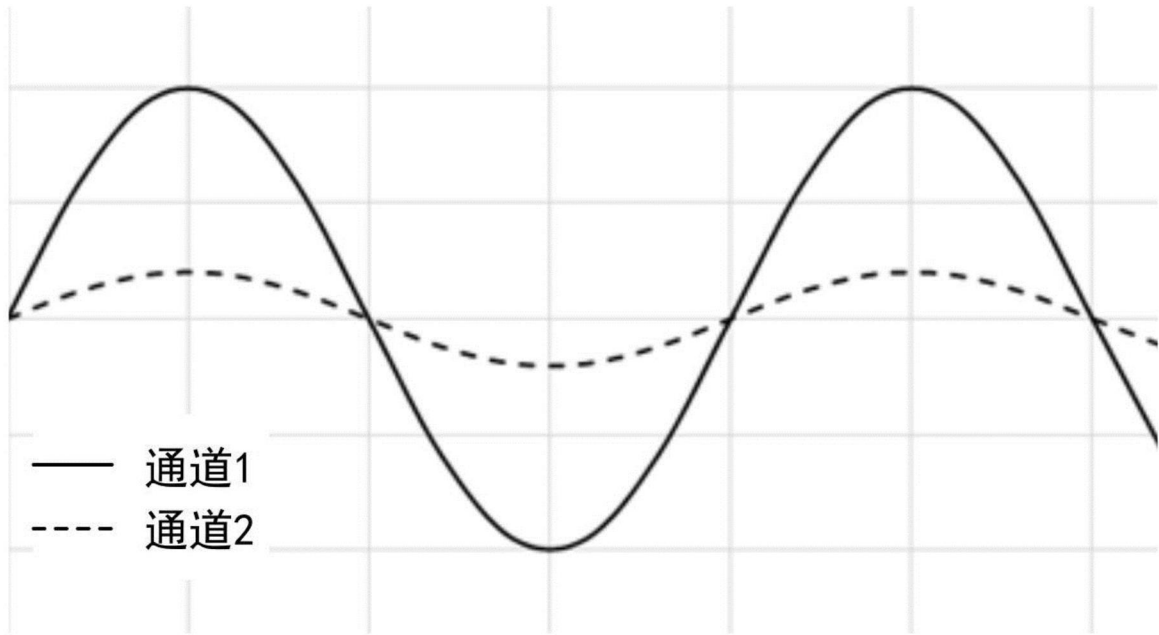


图10