



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113358914 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 15

(21) 申请号 202110657178.3

(22) 申请日 2021.06.11

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113358914 A

(43) 申请公布日 2021.09.07

(73) 专利权人 南方电网数字电网研究院有限公司

地址 510700 广东省广州市黄埔区中新广州知识城亿创街1号406房之86

专利权人 广西电网有限责任公司电力科学研究院

(72) 发明人 李鹏 田兵 骆柏锋 周柯
张佳明 尹旭 刘仲 王志明
孙宏棣 吕前程 陈仁泽 李立涅
金庆忍 王晓明

(74) 专利代理机构 华进联合专利商标代理有限公司 44224

代理人 刘羚

(51) Int.Cl.
G01R 19/00 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2018011128 A1, 2018.01.11
CN 108072783 A, 2018.05.25
US 6470283 B1, 2002.10.22
CN 110716081 A, 2020.01.21
US 9829516 B1, 2017.11.28
WO 2014176685 A1, 2014.11.06
WO 2016175142 A1, 2016.11.03
US 2016154025 A1, 2016.06.02
CN 110031667 A, 2019.07.19
CN 212872652 U, 2021.04.02

审查员 张曼

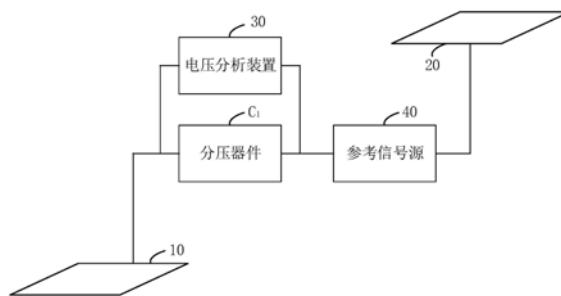
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

电压测量电路及其电压测量方法、电压测量设备

(57) 摘要

本申请涉及一种电压测量电路及其电压测量方法、电压测量设备,在进行待测导体的电压测量时,只需要通过第一探头和第二探头将待测导体耦合接入电路,待测导体与探头之间形成耦合电容进行电气耦合,再利用电压分析装置对分压器件两端测量得到的混叠信号进行分析,即可得到待测导体的电压。该种类型的电压测量电路体积小,不存在电磁式电压互感器所暴露的缺陷,并且整个测量过程无需破坏待测导体的绝缘,电压测量电路的安装、使用及拆除无需停电操作。因此,可以以较低的人力成本布设大量的测量点,且不受线路绝缘影响测量过程,具有较强的测量可靠性。



1. 一种电压测量电路,其特征在于,包括:

第一探头;

第二探头,与所述第一探头一起将待测导体耦合接入;

分压器件,所述第一探头连接所述分压器件的第一端;

参考电压信号源,所述分压器件的第二端连接所述参考电压信号源,所述参考电压信号源连接所述第二探头,所述参考电压信号源的电压频率与待测导体的电压频率不相同;

电压分析装置,连接所述分压器件的第一端和第二端,用于获取所述分压器件两端的混叠信号进行分析,得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值,以及所述参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值,根据所述参考电压信号源的电压、所述参考分压值和所述测量分压值得到所述待测导体的电压,具体包括: $U_s = \frac{V_s}{V_r} U_r$,其中, U_s 为待测导体的电压, U_r 为参考电压信号源的电压, V_r 为参考分压值, V_s 为测量分压值。

2. 根据权利要求1所述的电压测量电路,其特征在于,所述分压器件为分压电容。

3. 根据权利要求1所述的电压测量电路,其特征在于,所述电压分析装置包括电压采集器和信号处理器,所述电压采集器连接所述分压器件的第一端和第二端,所述信号处理器连接所述电压采集器。

4. 根据权利要求1所述的电压测量电路,其特征在于,所述第一探头和所述第二探头均为金属板。

5. 根据权利要求1所述的电压测量电路,其特征在于,当所述电压测量电路用于测量相电压时,所述第一探头贴附于待测相线的外表面,所述第二探头贴附于零线的外表面;当所述电压测量电路用于测量任意两相之间的线电压时,所述第一探头贴附于第一相线的外表面,所述第二探头贴附于第二相线的外表面。

6. 一种如权利要求1-5任一项所述电压测量电路的电压测量方法,其特征在于,包括:

获取所述分压器件两端的混叠信号;

根据所述混叠信号得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值,以及所述参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值;

根据所述参考电压信号源的电压、所述参考分压值和所述测量分压值得到所述待测导体的电压。

7. 根据权利要求6所述的电压测量方法,其特征在于,所述根据所述混叠信号得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值,以及所述参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值的步骤,包括:

对所述混叠信号进行滤波处理,分别得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值,以及所述参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值。

8. 根据权利要求6所述的电压测量方法,其特征在于,所述根据所述混叠信号得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值,以及所述参

考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值的步骤，包括：

对所述混叠信号进行傅里叶变换处理，得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值，以及所述参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值。

9. 一种电压测量设备，其特征在于，包括权利要求1-5任一项所述的电压测量电路，所述电压测量电路的电压分析装置根据权利要求6-8任一项所述的方法进行待测导体的电压测量。

电压测量电路及其电压测量方法、电压测量设备

技术领域

[0001] 本申请涉及电力测量技术领域，特别是涉及一种电压测量电路及其电压测量方法、电压测量设备。

背景技术

[0002] 电压测量在电力系统应用广泛，如继电保护、电能计量、智能设备的控制以及在线监测过电压等领域。电压测量的准确性、可靠性、便利性和快速性关乎电能计量、继电保护、电力系统监测诊断、电力系统故障分析等的可靠实施。目前，电力系统中使用最普遍的电压测量装置就是电磁式电压互感器。

[0003] 然而，随着国家经济的快速发展和电力系统方面的科技进步，电力生产及容量传输都大幅提升，电网的运行电压等级也在逐步提高，使得电磁式电压互感器的缺陷渐渐的暴露出来。一方面，电磁式电压互感器存在体积笨重、价格昂贵、短路有爆炸危险、在使用时必须防止铁芯饱和、只能测量交流信号、频率低以及无法测量高频信号等缺点。

[0004] 另一方面，需要采集电网某点电压数据时，大多采用停电施工，在线路上挂接电磁式电压互感器，获取所需的电压信息。电磁式电压互感器在安装的时候，要求将线路金属部分引出，再接入电磁式电压互感器进行电压测量。但在进行实际电压测量时，较多复杂的环境中经常会遇到无法剥离绝缘层，或是不便破坏绝缘的情况。因此，传统的电压测量方案的测量可靠性较差。

发明内容

[0005] 基于此，有必要针对传统的电压测量方案测量可靠性差的问题，提供一种电压测量电路及其电压测量方法、电压测量设备。

[0006] 一种电压测量电路，包括：第一探头；第二探头，与所述第一探头一起将待测导体耦合接入；分压器件，所述第一探头连接所述分压器件的第一端；参考电压信号源，所述分压器件的第二端连接所述参考电压信号源，所述参考电压信号源连接所述第二探头，所述参考电压信号源的电压频率与待测导体的电压频率不相同；电压分析装置，连接所述分压器件的第一端和第二端，用于获取所述分压器件两端的混叠信号进行分析，得到所述待测导体的电压值。

[0007] 在一个实施例中，所述分压器件为分压电容。

[0008] 在一个实施例中，所述电压分析装置包括电压采集器和信号处理器，所述电压采集器连接所述分压器件的第一端和第二端，所述信号处理器连接所述电压采集器。

[0009] 在一个实施例中，所述第一探头和所述第二探头均为金属板。

[0010] 在一个实施例中，当所述电压测量电路用于测量相电压时，所述第一探头贴附于待测相线的外表面，所述第二探头贴附于零线的外表面；当所述电压测量电路用于测量任意两相之间的线电压时，所述第一探头贴附于第一相线的外表面，所述第二探头贴附于第二相线的外表面。

[0011] 一种如上述电压测量电路的电压测量方法,包括:获取所述分压器件两端的混叠信号;根据所述混叠信号得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值,以及所述参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值;根据所述参考电压信号源的电压、所述参考分压值和所述测量分压值得到所述待测导体的电压。

[0012] 在一个实施例中,所述根据所述混叠信号得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值,以及所述参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值的步骤,包括:对所述混叠信号进行滤波处理,分别得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值,以及所述参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值。

[0013] 在一个实施例中,所述根据所述混叠信号得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值,以及所述参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值的步骤,包括:对所述混叠信号进行傅里叶变换处理,得到所述待测导体的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的测量分压值,以及所述参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时所述分压器件两端的参考分压值。

[0014] 在一个实施例中,所述根据所述参考电压信号源的电压、所述参考分压值和所述测量分压值得到所述待测导体的电压,包括: $U_s = \frac{V_s}{V_r} U_r$,其中, U_s 为待测导体的电压, U_r 为参考电压信号源的电压, V_r 为参考分压值, V_s 为测量分压值。

[0015] 一种电压测量设备,包括上述的电压测量电路,所述电压测量电路的电压分析装置根据上述的方法进行待测导体的电压测量。

[0016] 上述电压测量电路及其电压测量方法、电压测量设备,在进行待测导体的电压测量时,只需要通过第一探头和第二探头将待测导体耦合接入电路,待测导体与探头之间形成耦合电容进行电气耦合,再利用电压分析装置对分压器件两端测量得到的混叠信号进行分析,即可得到待测导体的电压。该种类型的电压测量电路体积小,不存在电磁式电压互感器所暴露的缺陷,并且整个测量过程无需破坏待测导体的绝缘,电压测量电路的安装、使用及拆除无需停电操作。因此,可以以较低的人力成本布设大量的测量点,且不受线路绝缘影响测量过程,具有较强的测量可靠性。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本申请实施例或传统技术中的技术方案,下面将对实施例或传统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申请的一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0018] 图1为一实施例中电压测量电路结构示意图;

[0019] 图2为一实施例中电压测量电路接入待测导体的结构示意图;

[0020] 图3为一实施例中电压测量电路等效示意图;

- [0021] 图4为另一实施例中电压测量电路等效示意图；
- [0022] 图5为一实施例中电压测量电路的参考电压信号源短路结构示意图；
- [0023] 图6为一实施例中电压测量电路的待测导体短路结构示意图；
- [0024] 图7为一实施例中电压测量电路的阻抗等效示意图；
- [0025] 图8为另一实施例中电压测量电路的阻抗等效示意图；
- [0026] 图9为另一实施例中电压测量电路结构示意图；
- [0027] 图10为另一实施例中电压测量电路接入待测导体的结构示意图；
- [0028] 图11为又一实施例中电压测量电路等效示意图；
- [0029] 图12为再一实施例中电压测量电路等效示意图；
- [0030] 图13为又一实施例中电压测量电路接入待测导体的结构示意图；
- [0031] 图14为又一实施例中电压测量电路等效示意图；
- [0032] 图15为一实施例中电压测量电路的测量方法流程示意图；

具体实施方式

[0033] 为了便于理解本申请,下面将参照相关附图对本申请进行更全面的描述。附图中给出了本申请的较佳的实施例。但是,本申请可以以许多不同的形式来实现,并不限于本文所描述的实施例。相反地,提供这些实施例的目的是使对本申请的公开内容的理解更加透彻全面。

[0034] 请参阅图1,一种电压测量电路,包括:第一探头10;第二探头20,与第一探头10一起将待测导体耦合接入;分压器件 C_1 ,第一探头10连接分压器件 C_1 的第一端;参考电压信号源40,分压器件 C_1 的第二端连接参考电压信号源40,参考电压信号源40连接第二探头20,参考电压信号源40的电压频率与待测导体的电压频率不相同;电压分析装置30,连接分压器件 C_1 的第一端和第二端,用于获取分压器件 C_1 两端的混叠信号进行分析,得到待测导体的电压值。

[0035] 具体地,本实施例中所提供的电压测量电路,采用第一探头10和第二探头20将待测导体耦合接入,形成一个等效闭合回路。耦合接入指的是在接入待测导体的过程中,探头与待测导体之间仅是贴附设置(中间仍存在绝缘层),并不需要将待测导体的外部绝缘层剥离,此时探头通过寄生电容和待测导体形成电气耦合,待测导体与探头之间将会形成耦合电容,从而实现一种非侵入式的电压测量方案。

[0036] 可以理解,在实际测量过程中,第一探头10与第二探头20将待测导体耦合接入的方式并不是唯一的。在一个实施例中,可以是第一探头10、第二探头20均与待测导体之间电气耦合,第一探头10与第二探头20均未直接接触待测导体。在另一个实施例中,还可以是第一探头10与待测导体之间电气耦合,第一探头10未直接接触待测导体,而第二探头20则与地线有直接的金属接触。在实际测量过程中,应该结合所需要测量的电压类型进行不同的选择。

[0037] 在一个实施例中,请结合参阅图2和图3,以相电压的测量为例,当待测导体接入本实施例所提供的电压测量电路之后,其电路图可等效为图3所示。在该实施例中,第一探头10将会贴附于所需测量的相线的外表面,而第二探头20则直接贴附于零线的外表面,其中,待测导体(也即相线)的电压为 U_s ,实际为一种频率为 f_s 的正弦信号,耦合电容 C_0 即表示相线

与第一探头10之间的耦合电容,耦合电容 C_2 即表示零线与第二探头20之间的耦合电容, U_r 则表示参考电压信号源40的电压,实际为一种频率为 f_r 的正弦信号, f_r 与 f_s 不相同。在实际测试过程中,考虑到零线的电位通常为0,参考电压信号源40与待测导体的电压实际是共地的,故从电路的角度出发,可将图3所示电路进一步简化等效为图4所示。

[0038] 根据电路叠加定理可知,若线性交流电路中有多个频率各不相同的正弦交流电源共同作用,达到稳定状态后,通过电路中任一元件的电压等于各电源单独作用时在该元件产生的电压之和。因此,可将图4所示的电路解耦为 f_s 和 f_r 两种频率,分别在工频 f_s 和参考频率 f_r 下观测电路。当被测电源 U_s 单独存在时,参考信号 U_r 可作短路处理。当参考信号 U_r 单独存在时,被测电源 U_s 可作短路处理。在工频 f_s 下,分压器件 C_1 上的电压检测结果为 V_s ,也即得到测量分压值;在参考频率 f_r 下,分压器件 C_1 上的电压检测结果为 V_r ,也即得到参考分压值。此时,工频 f_s 下观测到的电路如图5所示,在参考频率 f_r 下观测到的电路如图6所示。

[0039] 根据电容和频率的关系,在工频 f_s 下,耦合电容 C_0 ,分压器件 C_1 的电容 C_1 ,耦合电容 C_2 的阻抗可以表达为:

$$[0040] \quad Z_{s0} = \frac{1}{2\pi f_s C_0}$$

$$[0041] \quad Z_{s1} = \frac{1}{2\pi f_s C_1}$$

$$[0042] \quad Z_{s2} = \frac{1}{2\pi f_s C_2}$$

[0043] 进一步地,工频 f_s 下的等效阻抗电路如图7所示,此时根据电路的分压公式,分压器件 C_1 两端的测量分压值 V_s 可以表达为:

$$[0044] \quad V_s = \frac{Z_{s1}}{Z_{s0} + Z_{s1} + Z_{s2}} U_s$$

[0045] 最终将 Z_{s0} 、 Z_{s1} 以及 Z_{s2} 的表达式代入,即可得到:

$$[0046] \quad V_s = \frac{\frac{1}{C_1}}{\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} U_s$$

[0047] 与工频 f_s 相同的方法,可得到在参考频率 f_r 下,耦合电容 C_0 ,分压器件 C_1 的电容 C_1 ,耦合电容 C_2 的阻抗可以表达为:

$$[0048] \quad Z_{r0} = \frac{1}{2\pi f_r C_0}$$

$$[0049] \quad Z_{r1} = \frac{1}{2\pi f_r C_1}$$

$$[0050] \quad Z_{r2} = \frac{1}{2\pi f_r C_2}$$

[0051] 此时对应的工频 f_r 下的等效电路如图8所示,此时根据电路的分压公式,分压器件 C_1 两端的参考分压值 V_r 可以表达为:

$$[0052] \quad V_r = \frac{Z_{r1}}{Z_{r0} + Z_{r1} + Z_{r2}} U_r$$

[0053] 最终将 Z_{r0} 、 Z_{e1} 以及 Z_{r2} 的表达式代入,即可得到:

$$[0054] \quad V_r = \frac{\frac{1}{C_1}}{\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} U_r$$

[0055] 结合 V_r 以及 V_s 的最终表达式可知, $\frac{V_r}{V_s} = \frac{U_r}{U_s}$,在实际电路检测中, V_r 以及 V_s 均可以通过电路分析计算检测得到,而 U_r 则为参考电压信号源40的电压,其具体数值在选定参考电压信号源40时就已经确定得到,因此,根据表达式 $U_s = \frac{V_s}{V_r} U_r$,将可直接得到待测导体的电压 U_s 的大小。

[0056] 应当指出的是,在一个实施例中,分压器件 C_1 为分压电容。

[0057] 具体地,本实施例中,为了与探头和待测导体之间的耦合电容相匹配,对应的分压器件 C_1 也采用分压电容来实现电容分压操作,从而使得在分压器件 C_1 两端能够采集得到电压混叠信号进行分析。在一个实施例中,分压电容远大于探头与待测导体之间所形成的耦合电容,一般为纳法(nf)级别。可以理解,在其它实施例中,还可以是其它具有电容分压特性的器件或装置作为分压器件 C_1 ,只要能够实现电容分压功能均可。

[0058] 请参阅图9,在一个实施例中,电压分析装置30包括电压采集器31和信号处理器32,电压采集器31连接分压器件 C_1 的第一端和第二端,信号处理器32连接电压采集器31。

[0059] 具体地,电压采集器31的具体类型并不是唯一的,在一个实施例中,可以由放大单元、滤波单元、采集单元、分频单元和通信单元等组成的器件,只要能够实现分压器件 C_1 两端的电压信号采集均可。电压采集器31采集得到电压信号(该电压信号一般为 V_r 与 V_s 的混叠)之后,将会把采集得到的电压信号发送至信号处理器32进行处理,分别得到 V_r 以及 V_s ,最终结合参考电压信号源40的电压 U_r 即可得到最终的待测导体的电压值 U_s 。

[0060] 进一步地,在一个实施例中,第一探头10和第二探头20均为金属板。

[0061] 具体地,为了保证探头与待测导体之间能够形成耦合电容,本实施例第一探头10与第二探头20均采用金属板的形式实现,在实际测量过程中,只需要通过夹钳等方式,将第一探头10以及第二探头20固定贴附于待测导体即可。

[0062] 在一个实施例中,当电压测量电路用于测量相电压时,第一探头10贴附于待测相线的外表面,第二探头20贴附于零线的外表面;当电压测量电路用于测量任意两相之间的线电压时,第一探头10贴附于第一相线的外表面,第二探头20贴附于第二相线的外表面。

[0063] 具体地,本实施例所提供的电压测量电路,可在三相电网中进行任意一相线的相电压测量,以及对任意两相之间的相电压测量等,在不同的测量方案中,第一探头10与第二探头20将待测导体耦合接入电路的方式也会有所区别。而在一些应用场合中,比如开关柜,配电房等场所,开关柜外壳本身就可以提供接地点,因此第二探头20可以直接选择电气接触,

作为接地线接到开关柜外壳,当输电线周围存在地线时候,第二探头20也可以直接接到地线上。

[0064] 下面结合A相与B向之间的线电压 U_{AB} 测量进行解释说明。请结合参阅图10,此时检测方法与上述相电压的测量相类似,所不同之处在于第一探头10与第二探头20分别贴附于A相输电线的外表面以及B相输电线的外表面,此时将B相输电线作为参考(上述相电压测量将零线电压作为参考),对应的待测导体的电压表示为 U_{AB} 。

[0065] 当待测导体与探头之间形成耦合电容时,图10所示的测量原理图可等效为图11所示电路图。进一步地,由于在电力系统中,A相相电压 U_A 和B相相电压 U_B 是共用一个中性点的。因此,A相和B相之间的线电压 U_{AB} 可以表达为: $U_{AB} = U_A - U_B$,故此可进一步简化图11所示电路图,得到图12所示的等效电路图。其中,待测导体的电压(也即线电压)为 U_{AB} ,实际为一种频率为 f_{AB} 的正弦信号,耦合电容 C_3 即表示A相输电线与第一探头10之间的耦合电容,耦合电容 C_4 即表示B相输电线与第二探头20之间的耦合电容, U_r 则表示参考电压信号源40的电压,实际为一种频率为 f_r 的正弦信号。根据与上述实施例中相电压测量的相同分析方法,最终同

样可得到测量分压值 V_{AB} 与参考分压 V_r 之间的比值 $\frac{V_r}{V_{AB}} = \frac{U_r}{U_{AB}}$,最终够得到 $U_{AB} = \frac{V_{AB}}{V_r} U_r$,

电压分析装置30只需要通过采集得到的混叠信号分析得到测量分压值 V_{AB} 与参考分压 V_r ,结合参考电压信号源40的电压将得到所测量的线电压 U_{AB} 的大小。

[0066] 在另一个实施例中,当在开关柜等场景中进行电压测量时,将第二探头20直接接地,此时第二探头20处也就没有了耦合电容的存在,此时对应的等效电路可为图13以及图14所示,在图14所示的简化等效电路图中,采用与上述相电压类似的解耦分析方式,在待测导体的电压频率 f_s 下,可以得到测量分压值 V_s 为:

$$[0067] \quad V_s = \frac{\frac{1}{C_1}}{\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_1}} U_s$$

[0068] 而在参考电压源的频率 f_r 下,参考分压值 V_r 则为:

$$[0069] \quad V_r = \frac{\frac{1}{C_1}}{\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_1}} U_r$$

[0070] 此时同样有 $\frac{V_r}{V_s} = \frac{U_r}{U_s}$,采用相同的方法在得到参考分压值 V_r 以及测量分压值 V_s 的大小之后,同样可实现待测导体的电压检测操作。

[0071] 上述电压测量电路,在进行待测导体的电压测量时,只需要通过第一探头10和第二探头20将待测导体耦合接入电路,待测导体与探头之间形成耦合电容进行电气耦合,再利用电压分析装置30对分压器件 C_1 两端测量得到的混叠信号进行分析,即可得到待测导体的电压。该种类型的电压测量电路体积小,不存在电磁式电压互感器所暴露的缺陷,并且整个测量过程无需破坏待测导体的绝缘,电压测量电路的安装、使用及拆除无需停电操作。因此,可以以较低的人力成本布设大量的测量点,且不受线路绝缘影响测量过程,具有较强的

测量可靠性。

[0072] 请参阅图15,一种如上述电压测量电路的电压测量方法,包括步骤S100、步骤S200和步骤S300。

[0073] 步骤S100,获取分压器件两端的混叠信号;步骤S200,根据混叠信号得到待测导体的电压单独作用于电压测量电路时分压器件两端的测量分压值,以及参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时分压器件两端的参考分压值;步骤S300,根据参考电压信号源的电压、参考分压值和测量分压值得到待测导体的电压。

[0074] 具体地,本实施例中所提供的电压测量电路,采用第一探头10和第二探头20将待测导体耦合接入,形成一个等效闭合回路,并且在接入待测导体的过程中,探头与待测导体之间仅是贴附设置,并不需要将待测导体的外部绝缘层剥离,从而实现一种非侵入式的电压测量方案。当待测导体与探头之间贴附设置之后,待测导体与探头之间将会形成耦合电容。电压分析装置30连接到分压器件 C_1 的两端,在待测导体接入之后,在分压器件 C_1 的两端将会采集得到由测量分压值以及参考分压值组成的混叠信号,之后在电压分析装置30对该混叠信号进行处理,分别得到测量分压值以及参考分压值,最后结合参考电压信号源40的电压值,结合计算得到待测导体流经的电压信号的大小。

[0075] 应当指出的是,根据混叠信号得到测量分压值以及参考分压值的方式并不是唯一的,在一个实施例中,步骤S200包括:对混叠信号进行滤波处理,分别得到待测导体的电压单独作用于电压测量电路时分压器件两端的测量分压值,以及参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时分压器件两端的参考分压值。

[0076] 具体地,待测导体的电压单独施加到电压测量电路时,在分压器件 C_1 处采集得到的电压信号的频率与待测导体的电压频率相同,而当参考信号电压单独施加到电压测量电路时,在分压器件 C_1 处采集得到的电压信号的频率与参考电压信号源40的电压频率相同。故此,当待测导体的电压以及参考信号的电压同时施加时,在分压器件 C_1 处采集得到的混叠信号同时包括两种不同频率的信号。此时,只需要通过滤波器进行滤波处理,即可将两种不同频率成分的信号分离,进而分别得到测量分压值以及参考分压值。

[0077] 可以理解,电压分析装置30对分压器件 C_1 两端采集得到的混叠信号进行滤波处理的方式并不是唯一的,在一个实施例中,可以是电压分析装置30包含硬件滤波器,通过硬件电路实现滤波处理。在另一个实施例中,还可以是通过软件滤波方式实现。

[0078] 应当指出的是,在另一个实施例中,步骤S200包括:对混叠信号进行傅里叶变换处理,得到待测导体的电压单独作用于电压测量电路时分压器件两端的测量分压值,以及参考电压信号源的电压单独作用于电压测量电路时分压器件两端的参考分压值。

[0079] 具体地,基于上述原理,根据参考分压值与测量分压值之间的频率不相同,还可以采用傅里叶变换的方式,可以将混叠信号分解成各个频率分量的线性叠加,从而得到参考分压值与测量分压值。

[0080] 在一个实施例中,根据参考电压信号源40的电压、参考分压值和测量分压值得到待测导体的电压,包括:
$$U_s = \frac{V_s}{V_r} U_r$$
其中, U_s 为待测导体的电压, U_r 为参考电压信号源40的电压, V_r 为参考分压值, V_s 为测量分压值。

[0081] 具体地,请结合参阅图2和图3,以相电压的测量为例,当待测导体接入本实施例所

提供的电压测量电路之后,其电路图可等效为图3所示。在该实施例中,第一探头10将会贴附于所需测量的相线的外表面,而第二探头20则直接贴附于零线的外表面,其中,待测导体(也即相线)的电压为 U_s ,实际为一种频率为 f_s 的正弦信号,耦合电容 C_0 即表示相线与第一探头10之间的耦合电容,耦合电容 C_2 即表示零线与第二探头20之间的耦合电容, U_r 则表示参考电压信号源40的电压,实际为一种频率为 f_r 的正弦信号。在实际测试过程中,考虑到零线的电位通常为0,参考电压信号源40与待测导体的电压实际是共地的,故从电路的角度出发,可将图3所示电路进一步简化等效为图4所示。

[0082] 根据电路叠加定理可知,若线性交流电路中有多个频率各不相同的正弦交流电源共同作用,达到稳定状态后,通过电路中任一元件的电压等于各电源单独作用时在该元件产生的电压之和。因此,可将图4所示的电路解耦为 f_s 和 f_r 两种频率,分别在工频 f_s 和参考频率 f_r 下观测电路。当被测电源 U_s 单独存在时,参考信号 U_r 可作短路处理。当参考信号 U_r 单独存在时,被测电源 U_s 可作短路处理。在工频 f_s 下,分压器件 C_1 上的电压检测结果为 V_s ,也即得到测量分压值;在参考频率 f_r 下,分压器件 C_1 上的电压检测结果为 V_r ,也即得到参考分压值。此时,工频 f_s 下观测到的电路如图5所示,在参考频率 f_r 下观测到的电路如图6所示。

[0083] 根据电容和频率的关系,在工频 f_s 下,耦合电容 C_0 ,分压器件 C_1 的电容 C_1 ,耦合电容 C_2 的阻抗可以表达为:

$$[0084] \quad Z_{s0} = \frac{1}{2\pi f_s C_0}$$

$$[0085] \quad Z_{s1} = \frac{1}{2\pi f_s C_1}$$

$$[0086] \quad Z_{s2} = \frac{1}{2\pi f_s C_2}$$

[0087] 进一步地,工频 f_s 下的等效阻抗电路如图7所示,此时根据电路的分压公式,分压器件 C_1 两端的测量分压值 V_s 可以表达为:

$$[0088] \quad V_s = \frac{Z_{s1}}{Z_{s0} + Z_{s1} + Z_{s2}} U_s$$

[0089] 最终将 Z_{s0} 、 Z_{s1} 以及 Z_{s2} 的表达式代入,即可得到:

$$[0090] \quad V_s = \frac{\frac{1}{C_1}}{\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} U_s$$

[0091] 与工频 f_s 相同的方法,可得到在参考频率 f_r 下,耦合电容 C_0 ,分压器件 C_1 的电容 C_1 ,耦合电容 C_2 的阻抗可以表达为:

$$[0092] \quad Z_{r0} = \frac{1}{2\pi f_r C_0}$$

$$[0093] \quad Z_{r1} = \frac{1}{2\pi f_r C_1}$$

$$[0094] \quad Z_{r2} = \frac{1}{2\pi f_r C_2}$$

[0095] 此时对应的工频 f_r 下的等效电路如图8所示,此时根据电路的分压公式,分压器件 C_1 两端的参考分压值 V_r 可以表达为:

$$[0096] \quad V_r = \frac{Z_{r1}}{Z_{r0} + Z_{r1} + Z_{r2}} U_r$$

[0097] 最终将 Z_{r0} 、 Z_{r1} 以及 Z_{r2} 的表达式代入,即可得到:

$$[0098] \quad V_r = \frac{\frac{1}{C_1}}{\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} U_r$$

[0099] 结合 V_r 以及 V_s 的最终表达式可知, $\frac{V_r}{V_s} = \frac{U_r}{U_s}$,在实际电路检测中, V_r 以及 V_s 均可以通过电路分析计算检测得到,而 U_r 则为参考电压信号源40的电压,其具体数值在选定参考电压信号源40时就已经确定得到,因此,根据表达式 $U_s = \frac{V_s}{V_r} U_r$,将可直接得到待测导体的电压 U_s 的大小。

[0100] 上述电压测量电路的电压测量方法,在进行待测导体的电压测量时,只需要通过第一探头10和第二探头20将待测导体耦合接入电路,待测导体与探头之间形成耦合电容进行电气耦合,再利用电压分析装置30对分压器件 C_1 两端测量得到的混叠信号进行分析,即可得到待测导体的电压。该种类型的电压测量电路体积小,不存在电磁式电压互感器所暴露的缺陷,并且整个测量过程无需破坏待测导体的绝缘,电压测量电路的安装、使用及拆除无需停电操作。因此,可以以较低的人力成本布设大量的测量点,且不受线路绝缘影响测量过程,具有较强的测量可靠性。

[0101] 一种电压测量设备,包括上述的电压测量电路,电压测量电路的电压分析装置30根据上述的方法进行待测导体的电压测量。

[0102] 具体地,电压测量电路的结构以及详细工作原理如上述各个实施例以及附图所示,采用第一探头10和第二探头20将待测导体耦合接入,形成一个等效闭合回路,并且在接入待测导体的过程中,探头与待测导体之间仅是贴附设置,并不需要将待测导体的外部绝缘层剥离,从而实现一种非侵入式的电压测量方案。当待测导体与探头之间贴附设置之后,待测导体与探头之间将会形成耦合电容。电压分析装置30连接到分压器件 C_1 的两端,在待测导体接入之后,在分压器件 C_1 的两端将会采集得到由测量分压值以及参考分压值组成的混叠信号,之后在电压分析装置30对该混叠信号进行处理,分别得到测量分压值以及参考分压值,最后结合参考电压信号源40的电压值,结合计算得到待测导体流经的电压信号的大小。

[0103] 上述电压测量设备,在进行待测导体的电压测量时,只需要通过第一探头10和第二探头20将待测导体耦合接入电路,待测导体与探头之间形成耦合电容进行电气耦合,再利用电压分析装置30对分压器件 C_1 两端测量得到的混叠信号进行分析,即可得到待测导体

的电压。该种类型的电压测量电路体积小,不存在电磁式电压互感器所暴露的缺陷,并且整个测量过程无需破坏待测导体的绝缘,电压测量电路的安装、使用及拆除无需停电操作。因此,可以以较低的人力成本布设大量的测量点,且不受线路绝缘影响测量过程,具有较强的测量可靠性。

[0104] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0105] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对申请专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本申请的保护范围。因此,本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

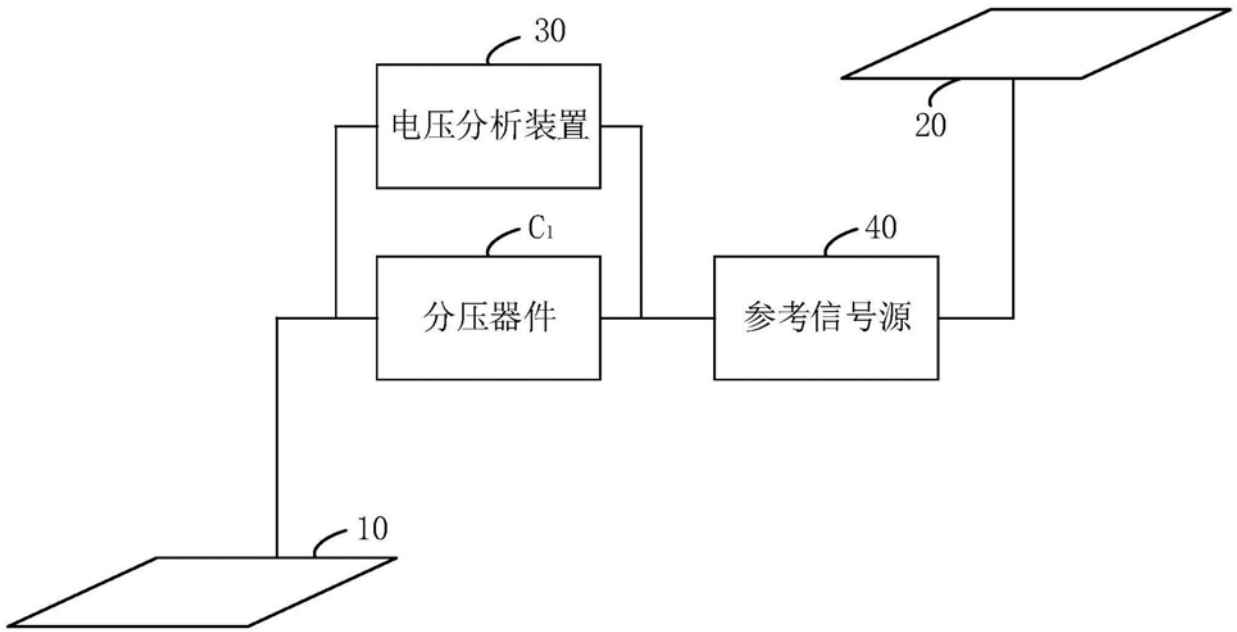


图1

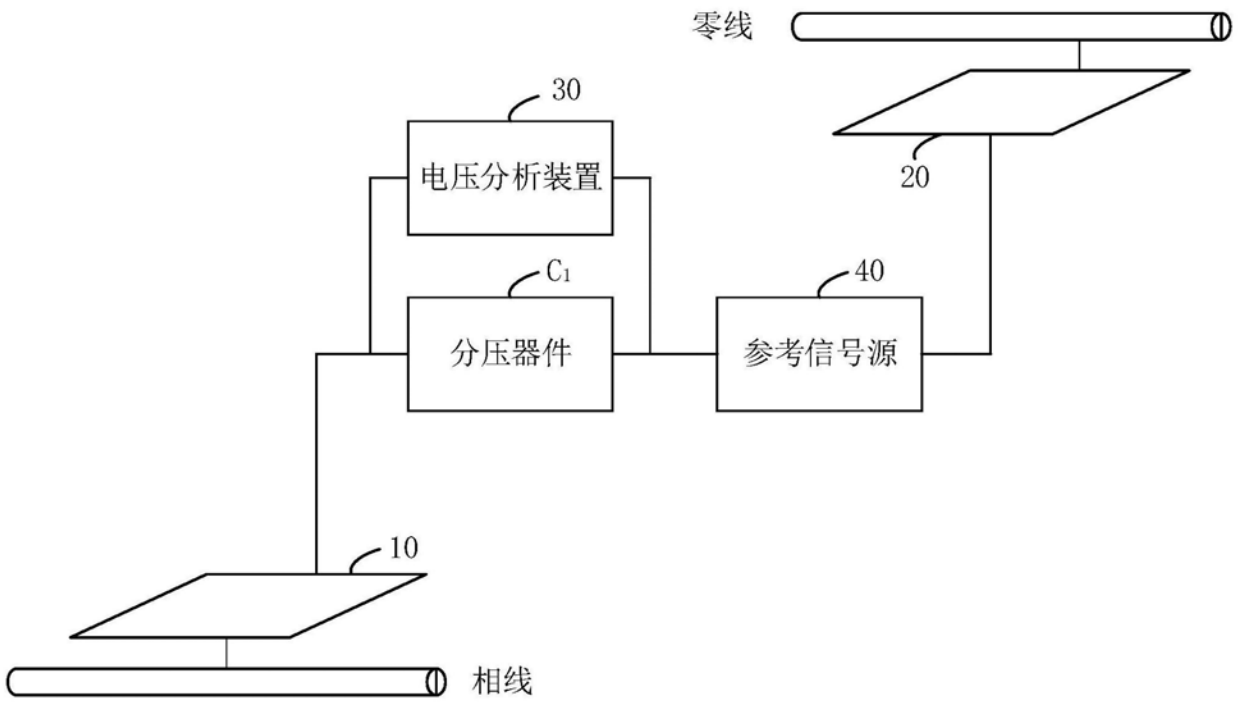


图2

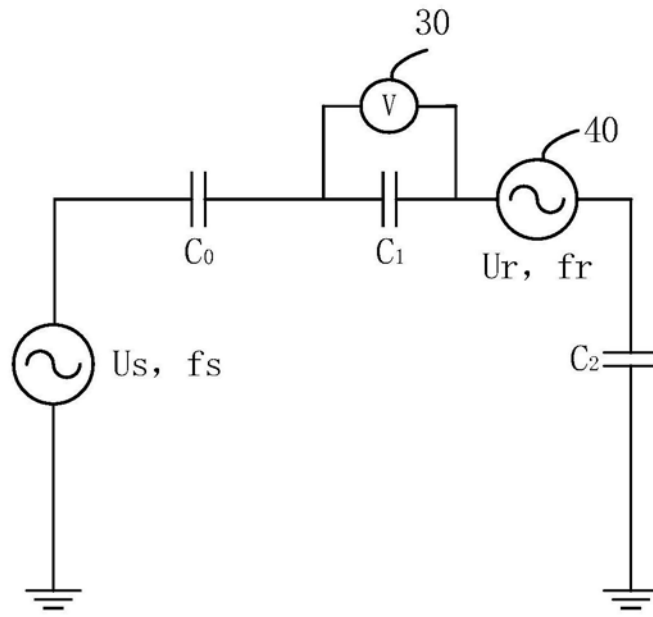


图3

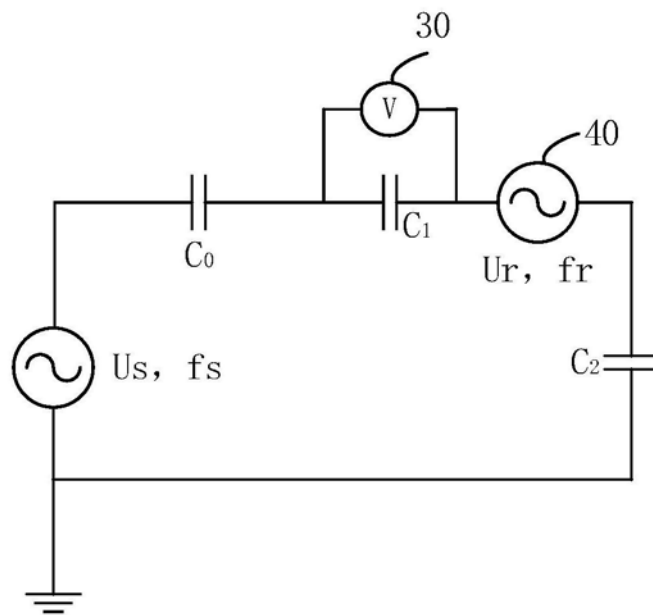


图4

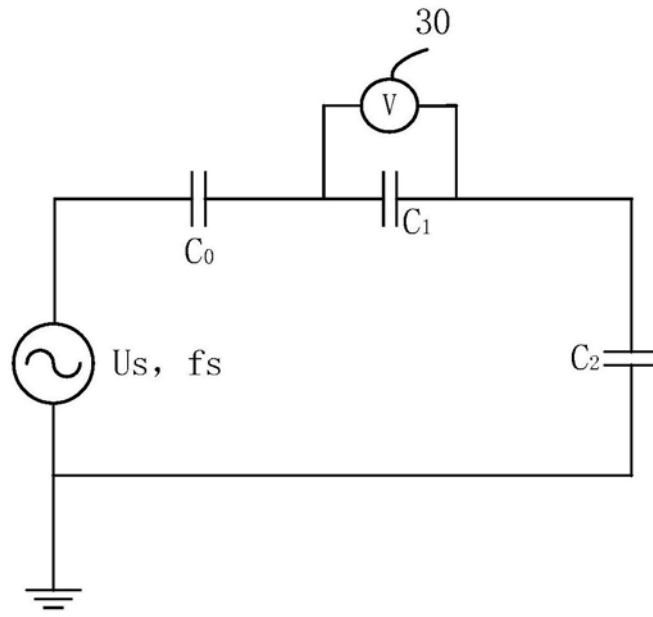


图5

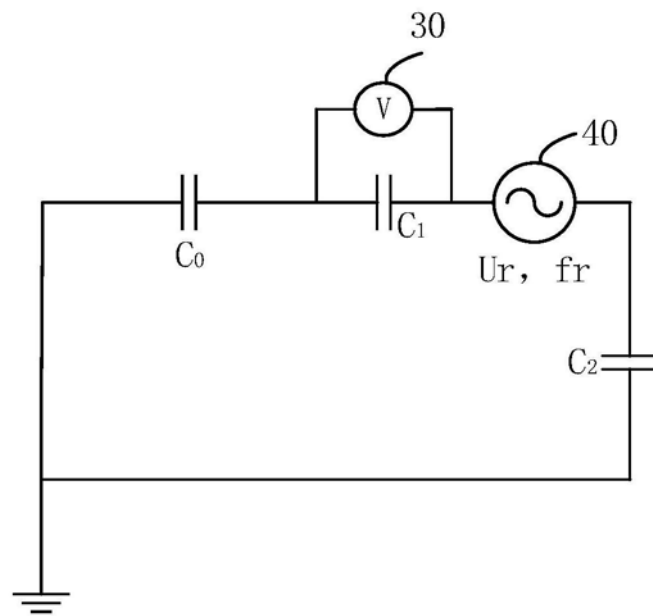


图6

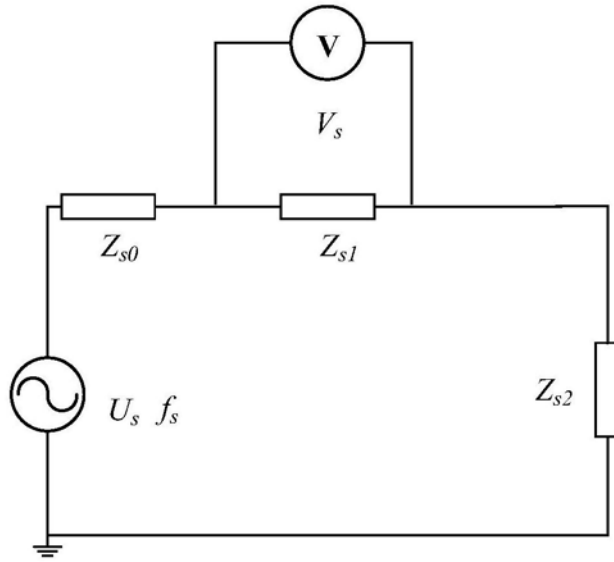


图7

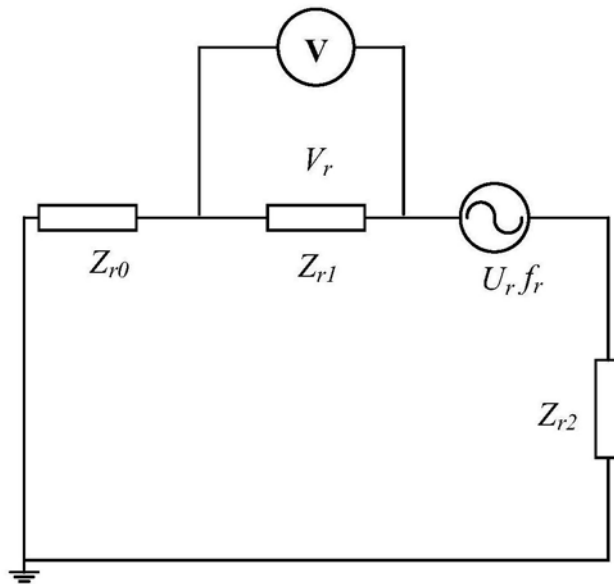


图8

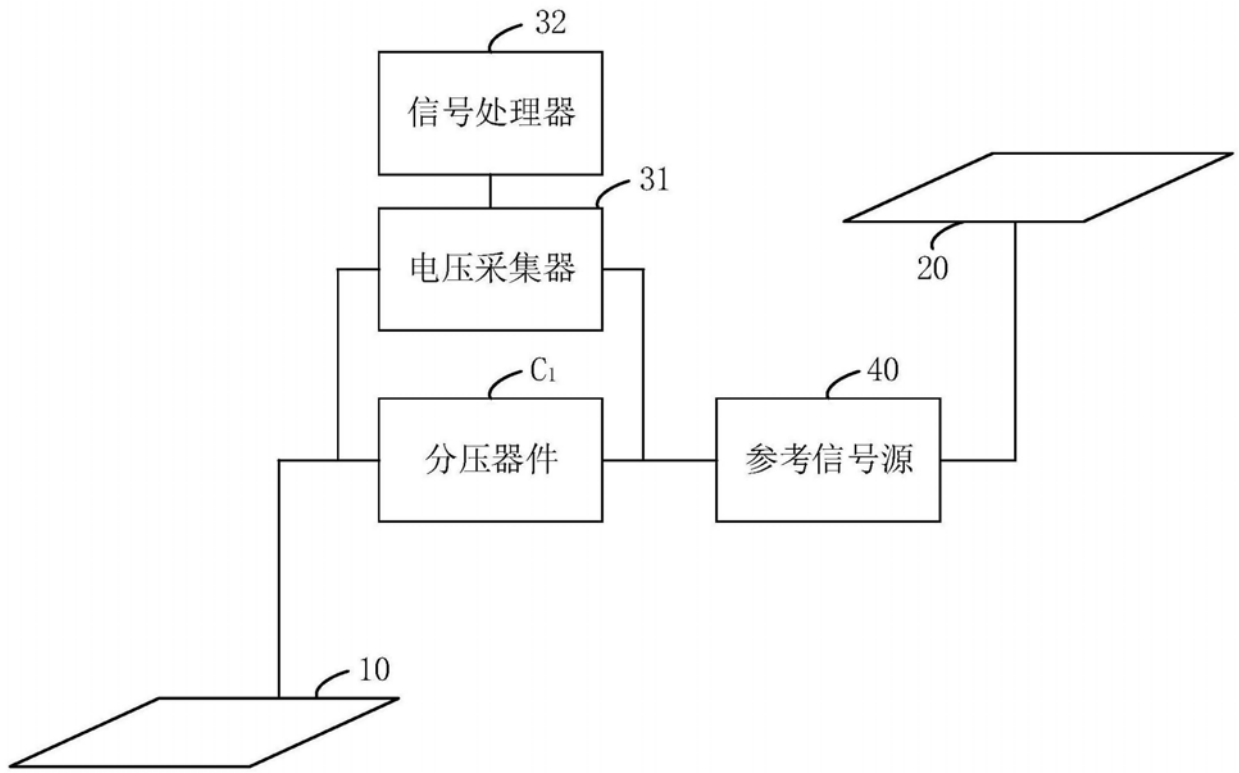


图9

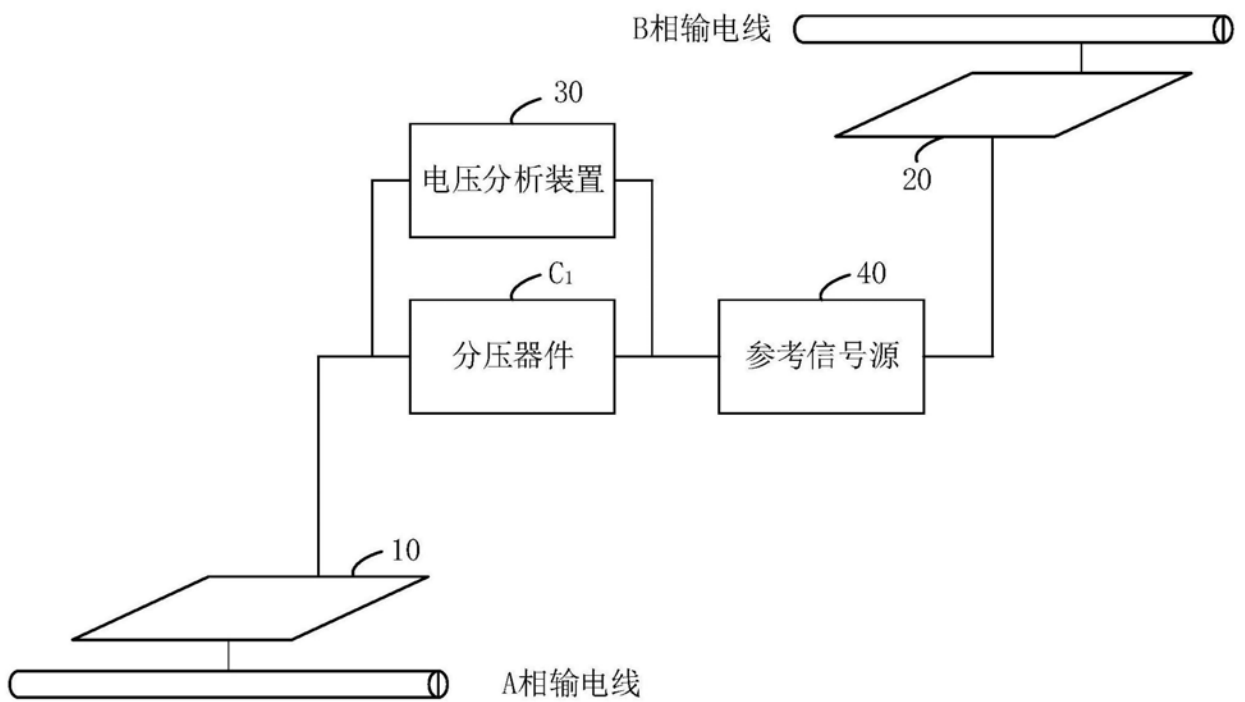


图10

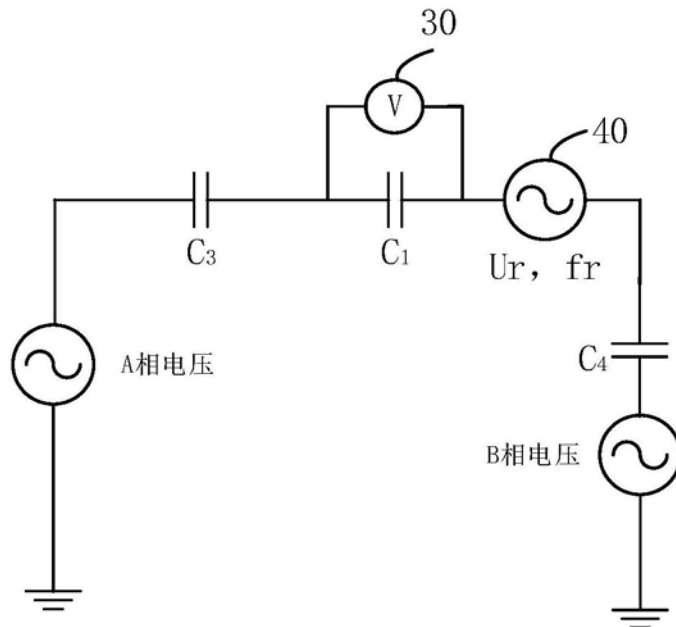


图11

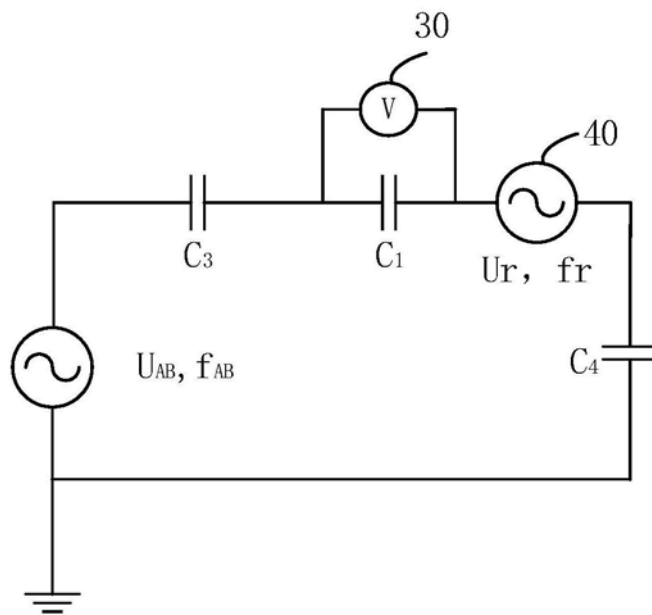


图12

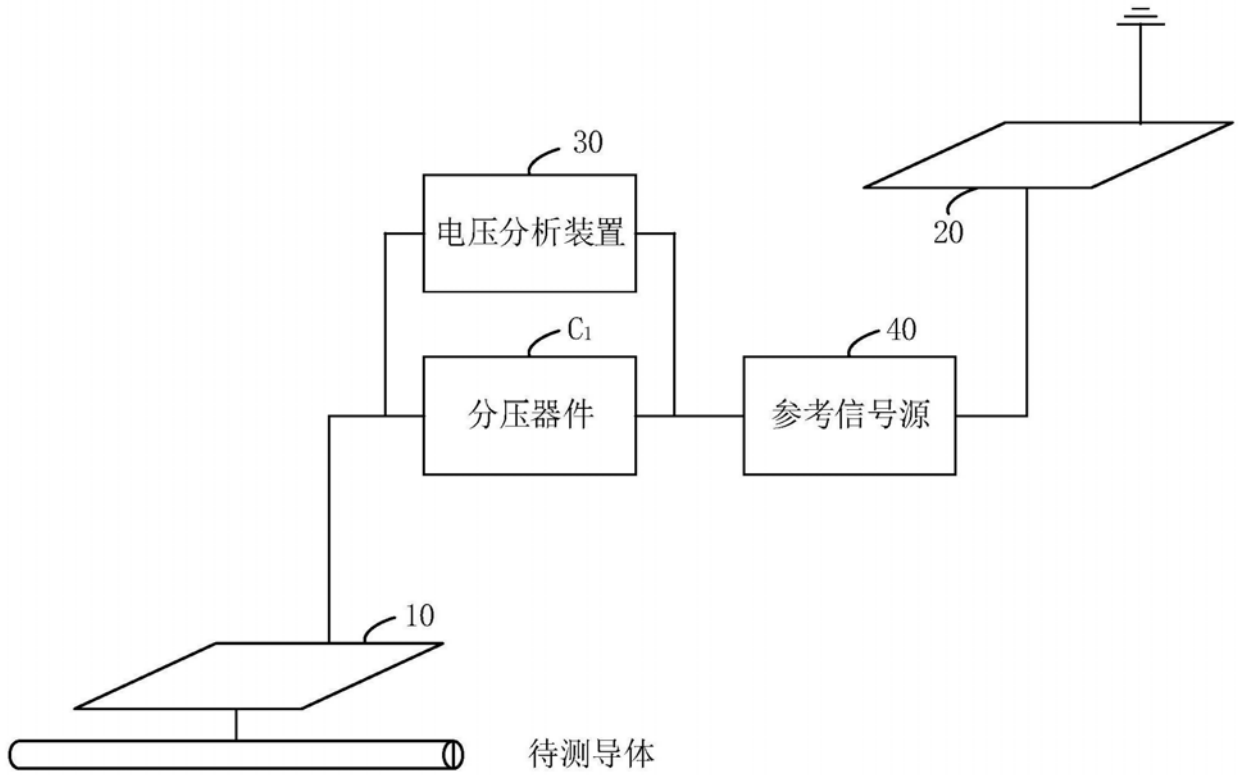


图13

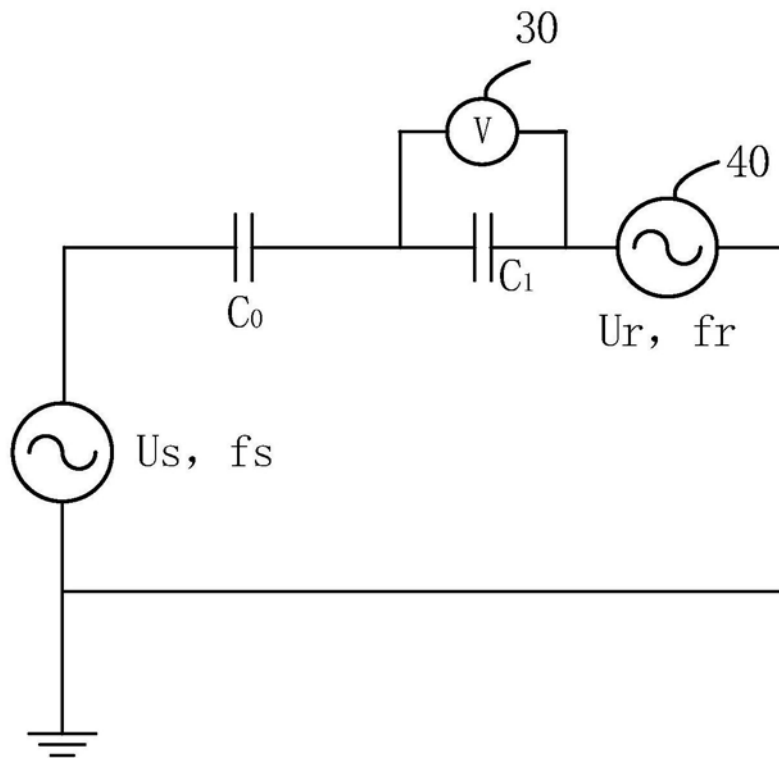


图14

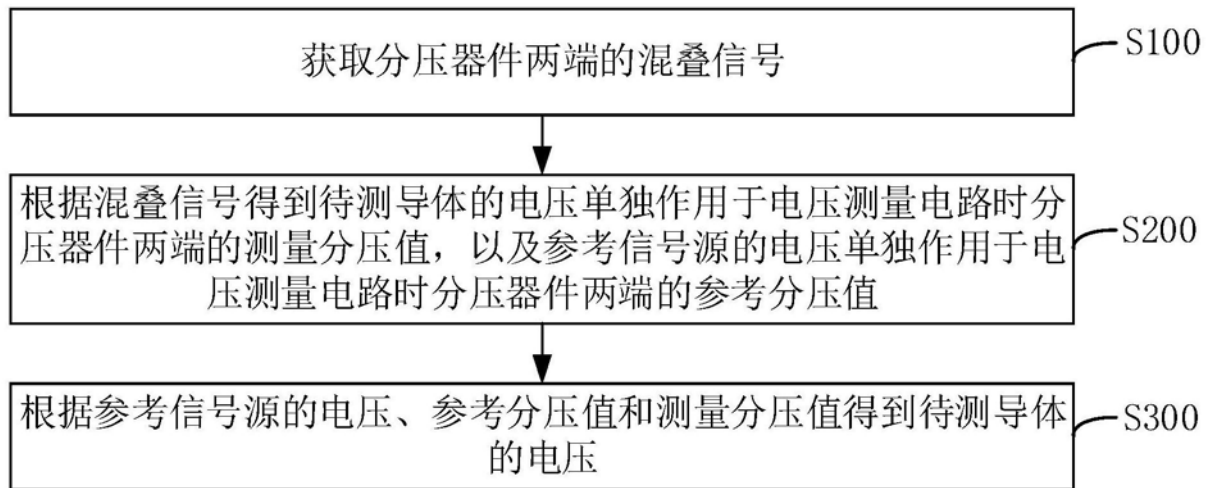


图15