



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118043692 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 14

(21) 申请号 202280065176.8

(74) 专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事

(22) 申请日 2022.08.16

务所(普通合伙) 11413

(30) 优先权数据

专利代理师 程强 谢攀

A50676/2021 2021.08.20 AT

(51) Int.Cl.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01R 31/62 (2006.01)

2024.03.26

G01R 31/72 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/072866 2022.08.16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/021037 DE 2023.02.23

(71) 申请人 欧米克朗电子仪器有限公司

地址 奥地利克拉茨

(72) 发明人 大卫·戈佩

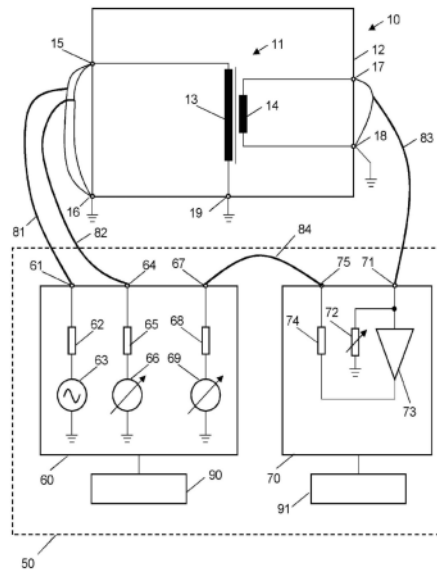
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

用于测试电压转换器的方法和装置

(57) 摘要

本发明涉及一种用于测试电压转换器(10、20)的装置(50),该装置(50)具有频率响应分析器(60)和阻抗转换器(70)。频率响应分析器(60)被配置成测量在预定义的频率范围内的电传递函数。频率响应分析器(60)具有测试信号输出(61)、参考信号输入(64)以及响应信号输入(67),该测试信号输出(61)用于为电压转换器(10、20)输出测试信号,该参考信号输入(64)用于接收以测试电压转换器(10、20)为目的的应用于电压转换器(10、20)的参考信号,该响应信号输入(67)具有用于接收来自电压转换器(10、20)的响应信号的预定义的输入阻抗(68)。阻抗转换器(70)包括阻抗变换器输入(71)和阻抗变换器输出(75),该阻抗变换器输入(71)具有能够调节为电压转换器(10、20)的阻抗的可变输入阻抗(72),该阻抗变换器输出(75)耦合到响应信号输入(67)并且具有与响应信号输入(67)的输入阻抗(68)匹配的的输出阻抗(74)。



1. 一种用于测试电压转换器的装置,包括:

-频率响应分析器(60),其配置为测量在预定义的频率范围内的电传递函数,其中,所述频率响应分析器(60)包括测试信号输出(61)、参考信号输入(64)以及响应信号输入(67),所述测试信号输出(61)用于为所述电压转换器(10、20)输出测试信号,所述参考信号输入(64)用于接收以测试所述电压转换器(10、20)为目的的、应用于所述电压转换器(10、20)的参考信号,所述响应信号输入(67)具有用于接收来自所述电压转换器(10、20)的响应信号的预定义的输入阻抗(68),以及

-阻抗变换器(70),其具有阻抗变换器输入(71)和阻抗变换器输出(75),所述阻抗变换器输入(71)具有能够被调节为所述电压变换器(10、20)的阻抗的可变输入阻抗(72),所述阻抗变换器输出(75)耦合到所述响应信号输入(67)并且具有与所述响应信号输入(67)的输入阻抗(68)匹配的的输出阻抗(74)。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述阻抗转换器输入(71)的输入阻抗(72)能够在30欧姆至100兆欧姆的范围内调节,优选地在50欧姆至100兆欧姆的范围内调节。

3. 根据权利要求1或权利要求2所述的装置,其中,所述频率响应分析器(60)的响应信号输入(67)的预定义的输入阻抗(68)为50欧姆。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述频率响应分析器(60)的测试信号输出(61)处的输出阻抗(62)为50欧姆,并且所述频率响应分析器(60)的参考信号输入(64)的输入阻抗(65)为50欧姆。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述装置(50)包括至少一个电池(90,91),所述至少一个电池被配置为提供电力以运行所述频率响应分析器(60)和/或所述阻抗转换器(70)。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述装置(50)被配置为移动便携式设备。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述阻抗转换器(70)包括具有可调放大倍数的放大器(73)。

8. 一种测试电压转换器的方法,其中,所述方法(300)包括:

-提供(301)被配置成测量在预定义的频率范围内的电传递函数的频率响应分析器(60),其中所述频率响应分析器(60)包括测试信号输出(61)、参考信号输入(64)以及响应信号输入(67),所述测试信号输出(61)用于为所述电压转换器(10、20)输出测试信号,所述参考信号输入(64)用于接收以测试所述电压转换器(10、20)为目的的、应用于所述电压转换器(10、20)的参考信号,所述响应信号输入(67)具有用于接收来自所述电压转换器(10、20)的响应信号的预定义的输入阻抗(68),

-提供(301)具有阻抗转换器输入(71)和阻抗转换器输出(75)的阻抗转换器(70),所述阻抗转换器输入(71)具有可变化地调节的输入阻抗(72),所述阻抗转换器输出(75)具有与所述响应信号输入(67)的输入阻抗(68)匹配的的输出阻抗(72),

-将所述阻抗转换器输出(75)耦合(302)到所述响应信号输入(67),以及

-将所述阻抗转换器(70)的输入阻抗(72)调节(303)为所述电压转换器(10、20)的阻抗。

9. 根据权利要求8所述的方法,还包括:

-经由分别连接到所述测试信号输出(61)、所述参考信号输入(64)和所述阻抗转换器输入(71)的测量线路(81-83)将所述测试信号输出(61)连接(304)到所述参考信号输入(64)和所述阻抗转换器输入(71),

-通过所述测试信号输出(61)在不同频率下输出(305)多个测试信号,以及

-通过所述阻抗转换器(70)和所述阻抗转换器输入(71)在所述参考信号输入(64)和所述响应信号输入(67)处获取(306)多个校准值,其中所述多个校准值中的每个校准值被分配给所述多个测试信号中的相应测试信号。

10.根据权利要求9所述的方法,其中,所述多个校准值中的每个校准值包括以下值中的至少一个:

所述参考信号输入(64)处的电压信号的幅值,

所述参考信号输入(64)处的电压信号的幅值和所述响应信号输入(67)处的电压信号的幅值之间的比率,以及

所述参考信号输入(64)处的电压信号和所述响应信号输入(67)处的电压信号之间的相位差。

11.根据权利要求9或权利要求10所述的方法,还包括:

-根据所述多个校准值中的至少一个调节所述阻抗转换器(70)的放大器(73)的放大倍数(307)。

12.根据权利要求8至11中任一项所述的方法,还包括:

-通过测量线路(81、82)将所述测试信号输出(61)和所述参考信号输入(64)连接(308)到所述电压转换器(10、20)的第一端子(15),并通过测量线路(83)将所述阻抗转换器输入(71)连接(308)到所述电压转换器(10、20)的第二端子(17),

-通过所述测试信号输出(61)在不同频率下输出(309)多个测试信号,以及

-通过所述阻抗转换器(70)和所述阻抗转换器输入(71)在所述参考信号输入(64)和所述响应信号输入(67)处获取(310)多个测量值,其中所述多个测量值中的每个测量值被分配给所述多个测试信号中的相应测试信号。

13.根据权利要求12所述的方法,其中,所述多个测量值中的每个测量值包括以下值中的至少一个:

所述参考信号输入(64)处的电压信号的幅值,

所述参考信号输入(64)处的电压信号的幅值和所述响应信号输入(67)处的电压信号的幅值之间的比率,以及

所述参考信号输入(64)处的电压信号和所述响应信号输入(67)处的电压信号之间的相位差。

14.根据权利要求12或权利要求13所述的方法,还包括:

-使用校准值校正(311)所述多个测量值中的测量值,其中所述测量值和所述校准值被分配给具有相同频率的对应的测试信号。

15.根据权利要求12至14中任一项所述的方法,还包括:

-基于所述多个测量值确定(312)在不同频率下的电压比误差和/或相移,以及

-在耦合到所述频率响应分析器(60)的显示设备上描绘(313)所述不同频率下的电压比误差和/或相移。

16. 根据权利要求12至15中任一项所述的方法,还包括:

-基于所述多个测量值确定(314)所述电压转换器(10、20)的特征值,其中所述特征值包括来自包含以下值的组中的至少一个值:

- 电压比误差为1%的频率,
- 电压比误差为5%的频率,
- 电压比误差为10%的频率,
- 谐振频率,以及
- 50Hz频率下的电压比误差。

## 用于测试电压转换器的方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于测试电压转换器、例如电感电压转换器或低功率电压变压器(LPVT)的装置,以及一种用于测试电压转换器的相应方法。

### 背景技术

[0002] 由于配电和输电网的拓扑结构在发电方面向分散式转变,电子元件的数量显著增加。所谓的“绿色”能源(来自风力发电场、太阳能发电园区和其他替代能量源)正在显著增加。经常使用半导体技术将以这种方式产生的电能馈送入配电和输电网。来自这些来源的能量经常依赖于环境变化,因此一天中的时间或天气的任何变化都会对控制电网稳定性所需的一些切换操作产生直接影响。此外,越来越多的基于电子控制技术(诸如电力电子或变频驱动)的负载,对电网产生了影响。这些影响会导致瞬态电压脉冲、谐波、次谐波或高达几千赫兹的直流的偏移电压的增加。这种现象只能用具有相应高精度的高压测量来获得或监测,特别是在高达几千赫兹频率的直流范围内。

[0003] 为此目的,在电能工程领域,能够将电压转换器用作测量转换器以用于测量交流电压。电压转换器的功能是将待测的高电压按比例转换为较低的电压值。该较低的电压,例如100V左右的值,被传输到电压表、能量表和类似的设备,例如用于测量目的或保护目的。电压转换器能够实现为电感(所谓的传统)电压转换器或低功率电压转换器(所谓的LPVT,低功率电压变压器,或LPIT,低功率仪器变压器)。

[0004] LPVT能够采取不同的形式。除了欧姆分压器和电容分压器(非阻尼式和阻尼式)之外,在该领域的各种各样的变体中还能够找到欧姆-电容分压器。欧姆-电容电压转换器由并联的两个分压器组成,其中一个为电容分压器,并且另一个为欧姆分压器。电容分压器和电阻分压器都通常由串联的至少两个元件组成。这两种分压器的并联也被称为RC分压器。RC分压器的一端连接到待测的高电压,并且另一端接地。与待测的高电压成比例并能馈送入电压表的较低电压被施加到RC分压器之间的分接头。欧姆-电容分压器中的缺陷会引起欧姆-电容电压转换器中的故障。电容分压器的电容中的缺陷有多种原因,例如湿气进入绝缘材料。

[0005] 电感电压转换器的结构原则上类似于变压器。它们由电连接到待测的高电压的初级线圈和电隔离的次级线圈组成,但出于安全原因,次级线圈通常以接地方式在一侧连接到连接的设备。例如由于线圈绝缘中的缺陷、由于线圈的绕组的位移或由于磁耦合初级线圈和次级线圈的铁芯中的缺陷,电感电压转换器中会发生故障。

[0006] 在全球范围内,主要采用传统的电压转换器技术,但LPVT的数量正在显著增加,这是因为在电网质量测量方面它们更加适合。

[0007] 电压转换器(传统电压转换器和LPVT两者)由于其设计,具有明显的频率相关的传输行为。用于记录上述现象并因此用于监测电网质量的应用需要关于这种频率相关传输行为的信息。对于传输特性的确定和评估以及因此对于LPVT和传统电压转换器对电网质量测量的适用性,定义了适当的测量方法和评估方法。由于这些测量方法需要非常广泛的电气

设备,因此这些测量方法基本上是在制造商处或在现场以相应地更高的费用进行的。通常,选择的参考设计能够测量高达9kHz的频率。为了确定传统电压转换器的频率行为,使用所谓的双频方法,该方法通过50Hz基频实现磁芯的预线性化。高频分量被调制到该基频。

## 发明内容

[0008] 需要对测试电压转换器(传统电压转换器和LPVT两者)进行改进,特别是利用能够方便地在现场应用的方法和装置。

[0009] 根据本发明,提供了如独立权利要求中所定义的用于测试电压转换器的装置和用于测试电压转换器的方法。从属权利要求定义了本发明的实施例。

[0010] 根据本发明的用于测试电压转换器的装置包括频率响应分析器和阻抗转换器。频率响应分析器被配置成测量在预定义的频率范围内的电传递函数。频率响应分析器具有测试信号输出、参考信号输入和响应信号输入。

[0011] 在测试信号输出处,频率响应分析器能够为待测试的电压转换器输出测试信号。例如,该测试信号能够包括具有预定义的电压和可变频率的电压信号。例如,频率能够在从1Hz到30MHz的范围内变化,特别是在从20Hz到2MHz的范围内变化。电压能够例如在几伏的范围内,例如在5-300V的范围内。例如,电压能够为10V。例如,电压能够包括例如电压为 $10V_{pp}$ 的交流电压。测试信号输出能够包括用于同轴线路的端子,由此测试信号在同轴线路的内导体上输出,并且同轴电缆的外导体耦合接地。在待测试的电压转换器上,内导体连接到电压转换器的端子,例如在电压转换器的初级侧,并且外导体耦合到电压转换器的接地。因此,可以减少或防止来自环境的干扰信号被传输到测试信号。

[0012] 频率响应分析器能够经由参考信号输入接收参考信号。例如,参考信号输入能够耦合到测试信号被馈送入电压转换器的同一端子。参考信号输入能够包括用于同轴电缆的端子,其中参考信号通过同轴电缆的内导体被接收,并且外导体耦合接地。在电压转换器处,内导体耦合到测试信号被馈送入的同一端子,外导体耦合到电压转换器的接地。通过参考信号输入,能够精确地确定馈送入电压转换器的测试信号,并将其用作参考信号。基于该参考信号能够精确地确定电压转换器的传递函数。

[0013] 在响应信号输入处,频率响应分析器能够接收响应信号,该响应信号由待测试的电压转换器响应于测试信号输出而产生。响应信号输入具有预定义的输入阻抗,例如50欧姆。

[0014] 例如,频率响应分析器能够是一种如用于通过扫描频率响应分析(SFRA)检查电力变压器的装置。这种频率响应分析器能够被配置成使得它能被操作者运输,例如作为手提箱中的便携式设备。

[0015] 阻抗转换器具有阻抗转换器输入和阻抗转换器输出。阻抗转换器输入具有可调的输入阻抗。阻抗转换器输出耦合到频率响应分析器的响应信号输入,并且具有与响应信号输入的输入阻抗匹配的输入阻抗。阻抗转换器输入能够例如耦合到电压转换器的另一端子,例如电压转换器的次级侧的端子。阻抗转换器输入能够包括用于同轴电缆的端子,由此电压转换器的次级侧的端子耦合到同轴电缆的内导体,并且同轴电缆的外导体在电压转换器处和阻抗转换器处都耦合接地。因此,阻抗转换器从电压转换器接收输出信号并将该输出信号作为响应信号转发给频率响应分析器的响应信号输入,该输出信号由电压转换器响

应于测试信号而输出,因此阻抗是相应匹配的。

[0016] 总之,该装置基于SFRA方法的方法,并且使用例如SFRA测量装置作为频率响应分析器。传统电压转换器和LPVT电压转换器都能够固有地具有通常与SFRA测量装置的响应信号输入的输入阻抗不对应的任意阻抗。例如,SFRA测量装置(即频率响应分析器)的响应信号输入能够具有50欧姆的预定义输入阻抗,而传统的电压转换器能够具有高达几百欧姆范围内的阻抗,并且LPVT甚至能够具有高达几兆欧姆的阻抗。频率响应分析器的测试信号输出的输出阻抗能够是50欧姆,并且频率响应分析器的参考信号输入的输入阻抗能够是50欧姆。然而,当确定传统电压转换器和LPVT的频率相关的传输特性时,响应信号输入是关键路径。这意味着电压转换器的次级侧的阻抗与SFRA测量装置的输入阻抗的偏差导致电压转换器的频率相关的传输特性的不准确确定。为了避免这种情况,阻抗转换器连接在电压转换器和响应信号输入之间。阻抗转换器输出的输出阻抗与响应信号输入的输入阻抗相匹配。阻抗转换器输入的输入阻抗能够被调节为电压转换器的输出阻抗。例如,阻抗转换器输入的输入阻抗能够在30欧姆至100兆欧姆的范围内被调节,优选地在50欧姆至100兆欧姆的范围内被调节。阻抗转换器的输出阻抗与响应信号输入的输入阻抗一致,使得在阻抗转换器的两侧存在阻抗匹配。因此,能够在最佳条件下(例如,在电压转换器的标称负载下)测量电压转换器的频率相关的传输特性。

[0017] 根据一个实施例,包括频率响应分析器和阻抗转换器的该装置能够被配置为移动便携式装置。在本文中,移动和便携式装置指的是该装置能够由一个人携带,并且能够容纳在例如手提箱或口袋中。该装置例如能够具有几公斤的重量,例如在1至10公斤的范围内。

[0018] 根据一个实施例,该装置包括至少一个电池,该至少一个电池被配置为提供电力以使频率响应分析器和/或阻抗转换器运行。例如,能够为频率响应分析器提供可充电电池,并且能够为阻抗转换器提供另一可充电电池。还能够提供公共(可充电)电池,以对频率响应分析器和阻抗转换器供电。例如,电池能够与频率响应分析器和阻抗转换器一起容纳在上述手提箱或上述袋子中,使得包括电池和任何相应端子电线在内的整个装置是可移动和便携的。因此,该装置能够快速并方便地用于检查延伸 to 大部分或整个供电网的各种位置的电压转换器。

[0019] 在另一实施例中,阻抗转换器具有可调放大倍数的放大器。因此,来自待测试的电压转换器的响应信号能够被调节并匹配到频率响应分析器的测量范围。此外,可以测试多个不同的电压转换器,这些电压转换器可以在初级侧和次级侧之间具有大范围的不同的变压比。

[0020] 本发明还涉及一种测试电压转换器的方法。在该方法中,提供了频率响应分析器,该频率响应分析器被配置成测量预定义的频率范围内的电传递函数。频率响应分析器包含测试信号输出、参考信号输入、以及响应信号输入,其中该测试信号输出用于为电压转换器输出测试信号,该参考信号输入用于接收以测试电压转换器为目的的、应用于电压转换器的参考信号,该响应信号输入具有用于接收来自电压转换器的响应信号的预定义的输入阻抗。此外,提供了一种阻抗转换器,其具有阻抗转换器输入和阻抗转换器输出,该阻抗转换器输入具有可变化地调节的输入阻抗。阻抗转换器输出具有与频率响应分析器的响应信号输入的输入阻抗匹配的输入阻抗。换言之,阻抗转换器的阻抗转换器输出具有与频率响应分析器的响应信号输入基本相同的阻抗,即存在阻抗匹配。阻抗转换器的阻抗转换器输出

耦合到频率响应分析器的响应信号输入。最后,阻抗转换器输入的输入阻抗被调节为待测试的电压转换器的阻抗,这意味着待测试的电压转换器和阻抗转换器输入之间也存在阻抗匹配。通过待测试的电压变换器和阻抗变换器输入之间以及阻抗变换器输出和响应信号输入之间的阻抗匹配,能够精确识别电压变换器的传递函数。

[0021] 根据一个实施例,该方法可以设想对所使用的频率响应分析器、阻抗转换器和测量线路进行校准。例如,该方法包括通过分别连接到测试信号输出、参考信号输入和阻抗转换器输入的测量线路将测试信号输出连接到参考信号输入和阻抗转换器输入。例如,第一测量线路的第一端能够连接到测试信号输出,第二测量线路的第一端能够连接到参考信号输入,并且第三测量线的第一端能够连接到阻抗转换器输入。这三条测量线路的第二端彼此连接。如果这些测量线路是同轴线路,则这三条测量线路的第二端的内导体彼此连接,并且这三条测量线路的第二端的外导体彼此连接。如前所述,阻抗转换器的阻抗转换器输出连接到频率响应分析器的响应信号输入。

[0022] 通过测试信号输出输出在不同频率下的多个测试信号。在参考信号输入处和响应信号输入处获取相应的多个校准值。显然,经由测试信号输出输出的测试信号是经由阻抗转换器(即,经由连接到阻抗转换器输入的第三测量线路以及经由阻抗转换器输出和响应信号输入之间的耦合)在响应信号输入处获得的。所述多个校准值中的每个校准值被分配给所述多个测试信号中的相应测试信号,或者更确切地说,分配给相应测试信号的相应频率。

[0023] 所述多个校准值中的每个校准值能够例如包括参考信号输入处的电压信号的幅值、响应信号输入处的电压信号的幅值、参考信号输入处的电压信号的幅值和响应信号输入处的电压信号的幅值之间的比率、和/或参考信号输入处的电压信号和响应信号输入处的电压信号之间的相位差。

[0024] 基于这些校准值,例如,可以调节阻抗转换器的放大器的放大倍数,以在电压转换器的后续测量中将例如测量线路上的电压降考虑在内。在电压变换器的后续测量中,同样能够将由测量线路引起的相位差考虑在内。

[0025] 校准后,测量线路的第二端之间的连接再次断开。

[0026] 例如,为了测试电压转换器,能够在不同的频率下确定电压转换器的传递函数。例如,该传递函数能够包括在预定义的频率范围内电压转换器的输入侧的电压和输出侧的电压之间的电压比。替代地或另外,例如,该传递函数能够包括在预定义的频率范围内电压转换器的输入侧的电压和输出侧的电压之间的相移。

[0027] 根据一个实施例,例如,测试信号输出和参考信号输入能够经由相应的测量线路连接到电压转换器的第一端子。电压转换器的第一端子能够例如是电压转换器的输入侧(例如初级侧)上的端子。此外,阻抗转换器输入能够通过测量线路连接到电压转换器的第二端子。例如,电压转换器的第二端子能够是电压转换器的输出侧(例如次级侧)上的端子。在不同的频率下经由测试信号输出输出几个测试信号,并将其馈送入电压转换器。例如,信号能够以一定的电压输出,其频率随时间变化。例如,能够输出幅值恒定的交流电压,其频率连续地通过预定义的范围,例如从几赫兹到几兆赫的范围,例如从20Hz到2MHz的范围。这种信号也被称为扫描或线性调频。

[0028] 在经由测试信号输出输出测试信号的同时,在参考信号输入处和响应信号输入处



获取多个测量值。显然,为了在响应信号输入处获取测量值,经由阻抗转换器输入、包括放大器的阻抗转换器、阻抗转换器输出以及阻抗转换器输出和响应信号输入之间的耦合从电压转换器接收信号。所述多个测量值中的每个测量值被分配给所述多个测试信号中的相应测试信号。所述多个测量值中的每个测量值能够例如包括参考信号输入处的电压信号的幅值、响应信号输入处的电压信号的幅值、参考信号输入处的电压信号的幅值和响应信号输入处的电压信号的幅值之间的比率、以及参考信号输入处的电压信号和响应信号输入处的电压信号之间的相位差。

[0029] 所使用的测量线路和测量线路在其处耦合到电压转换器和装置的端子通常具有与频率相关的阻抗。为了尽可能精确地确定电压转换器的传递函数,希望将这些(频率相关的)阻抗的影响考虑在内,并将其从计算中排除。关于相应阻抗的精确信息有时不可用或者能够是可变的,例如由于端子的不同几何形状或者由于测量线路的不同电缆布线。如上所述,如果已经识别了校准值,则能够使用这些校准值来校正所获取的测量值,从而能够至少将测量线路的(频率相关的)阻抗对测量值的影响考虑在内。根据一个实施例,使用相应的校准值对所述多个测量值中的测量值进行校正,其中测量值和相应的校准值被分配给具有相同频率的相应测试信号。例如,在相应的频率下,能够从分配给该频率的测量值中推导出分配给该频率的相应校准值。

[0030] 如果借助于校准值进行测量值的校正,则以下实施例中的测量值优选地与借助于校准值校正的测量值相关。

[0031] 根据一个实施例,基于所述多个测量值在不同频率下确定预期的电压信号和测量电压信号之间的电压比误差。例如,能够基于参考信号输入处的电压信号和电压转换器的变压比来确定预期的电压信号。例如,将电压转换器的变压比考虑在内,能够基于响应信号输入处的电压信号的幅值并基于参考信号输入处的电压信号的幅值对各种频率确定相应的电压比误差。此外,能够基于测量值确定不同频率下的相移。例如,对于不同的频率,能够确定响应信号输入处的电压信号与参考信号输入处的电压信号之间的相移。

[0032] 不同频率下的电压比误差或相移能够描绘在耦合到频率响应分析器的显示设备上。例如,该显示设备能够是连接到频率响应分析器的笔记本电脑、平板电脑或智能手机上的显示设备。

[0033] 此外,能够基于所识别的多个测量值来确定电压转换器的特征值。例如,电压转换器的特征值包括电压比误差为2%的频率、电压比误差为5%的频率、电压比误差为10%的频率、谐振频率和/或50Hz频率下的电压比误差。

[0034] 电压转换器的特征值同样能够显示在耦合到频率响应分析器的显示设备上(例如在笔记本电脑、平板电脑或智能手机上),并例如被保存以供长期监控。

[0035] 使用电压比误差和相移以及特征值,能够确定电压转换器的状态,例如通过与相应的目标值或操作开始时的相应值进行比较,或者通过观察这些值在相对长的时间段内的变化。这使得确定电压转换器是否处于正确状态成为可能。

[0036] 例如,能够借助于前面描述的装置来执行前面描述的方法。

## 附图说明

[0037] 下文将参照附图使用优选的实施例更详细地解释本发明。在附图中,相同的附图

标记表示相同的元件。

[0038] 图1示意性地示出了与待测试的传统电压转换器连接的、根据本发明的一个实施例的用于测试电压转换器的装置。

[0039] 图2示意性地示出了用于与待测试的LPVT (例如欧姆-电容分压器) 连接的、图1的用于测试电压转换器的装置。

[0040] 图3示出了根据一个实施例的用于测试电压转换器的方法步骤。

### 具体实施方式

[0041] 下文将参照附图使用优选的实施例更详细地解释本发明。在图中, 相同的附图标记表示相同或者类似的元件。这些附图是本发明各种实施例的示意性描绘。图中描绘的元件不一定是按真实比例描绘的。相反, 图中描绘的各种元件被再现使得本领域技术人员能够了解它们的功能和目的。

[0042] 图中描绘的功能单元和元件之间的连接和耦合能够实现为直接或间接连接或耦合。连接或耦合能够以有线或无线方式实现。

[0043] 下面将详细描述用于测试电压转换器的方法和装置。传统电压转换器(即电感电压转换器)的状况会因线圈的缺陷(例如绝缘误差或线圈的位移)而受损。LPVT的状况会因RC分压器的电容或欧姆元件的缺陷而受损。这些缺陷有多种原因, 例如湿气进入绝缘材料。检查电压转换器会有助于防止电力传输网络由于来自电压转换器的不正确测量值而被不正确地控制, 或者防止电压转换器的完全击穿。完全击穿会危及其他设备部件或人员。

[0044] 图1示意性地示出了传统的电感电压转换器10。电压转换器10包括布置在外壳12中的变压器11。变压器11包括初级线圈13和次级线圈14。初级线圈13和次级线圈14决定变压器11的变压比  $\ddot{U}$ 。初级线圈13的一端连接到端子15, 初级线圈13的另一端连接到接地的端子19。次级线圈14连接到两个端子17和18。附图标记16表示外壳12的接地连接。例如, 如能够在端子17和18处测量的电压转换器10的输出阻抗基本上由次级线圈14确定, 并且能够在几欧姆到几百欧姆或者几千欧姆的范围内。

[0045] 图1还示出了用于测试电压转换器10的装置50。装置50包括频率响应分析器60和阻抗转换器70。频率响应分析器60和阻抗转换器70在图1中被描绘为两个独立的单元, 但是可以被配置为一个单元或者至少被集成在一个公共外壳中。

[0046] 频率响应分析器60包括具有输出阻抗62的信号发生装置63, 该信号发生装置63被配置成在测试信号输出61处输出具有可变频率和预定电压的测试信号。例如, 该测试信号能够是具有例如10V电压的低电压信号。例如, 信号发生装置63能够输出具有持续增加的频率的正弦电压, 例如在从10Hz到10MHz的频率范围内, 或者例如在从20Hz到2MHz的范围内。

[0047] 频率响应分析器60还包括具有输入阻抗65的参考信号采集装置66, 该参考信号采集装置66耦合到参考信号输入64。

[0048] 此外, 频率响应分析器60包括具有输入阻抗68的测量信号采集装置69, 该测量信号采集装置69耦合到响应信号输入67。

[0049] 频率响应分析器60能够是能用于电力变压器上的SFRA (扫描频率响应分析) 测量的装置。例如, 输出阻抗62和输入阻抗65、68能够分别为50欧姆。

[0050] 当频率响应分析器60在测试信号输出61处输出例如具有连续增加的频率的正弦

测试电压时,该频率响应分析器60能够在参考信号输入64处接收参考信号并在响应信号输入67处接收响应信号,并且能够将响应信号与参考信号相关联。

[0051] 频率响应分析器60能够由例如电池90提供电力,用于使频率响应分析器60工作。

[0052] 装置50还包括阻抗转换器70。阻抗转换器70具有具有可调输入阻抗72的阻抗转换器输入71。能够例如在从几欧姆到几兆欧姆的范围内调节输入阻抗72。例如,能够在从1欧姆到10兆欧姆的范围内调节输入阻抗72。阻抗转换器70还包括具有可调放大倍数的放大器73,例如运算放大器。能够在从1到几千(例如高达2000或10000)的范围内调节该放大倍数。放大器73的输出经由输出阻抗74连接到阻抗转换器输出75。例如,输出阻抗74能够等于频率响应分析器60的输入阻抗68,例如50欧姆。阻抗转换器70能够由例如电池91提供电力,用于使阻抗转换器70工作。电池90、91能够作为单独的电池或作为共有的电池提供。电池90、91可以是可充电电池。替代地或附加地,能够经由电源供应单元为频率响应分析器60和阻抗转换器70提供电力。

[0053] 为了测试电压转换器10,变压器11的初级侧耦合到测试信号输出61和参考信号输入64。例如,通常也被称为测量线路的相应线路81、82能被配置为同轴线路。同轴线路81、82的外导体分别在频率响应分析器60处接地,例如经由频率响应分析器60的外壳接地。在电压转换器10处,同轴线路81、82的外导体分别连接到外壳的接地16。同轴线路81的内导体在频率响应分析器60处连接到测试信号输出61,并且在电压转换器10处连接到耦合到变压器11的初级线圈13的端子15。同轴线路82的内导体在频率响应分析器60处连接到参考信号输入64,并且在电压转换器10处连接到端子15。因此,通过参考信号输入64,参考信号记录装置66在测试信号被馈送到电压转换器10时,从信号发生装置63获取该测试信号,即将经由同轴线路81进行传输的任何中断或损耗考虑在内。显然,线路81、82能够以任何其他方式实现,例如以绞合线路的形式或作为仅传输测试信号或参考信号但不建立任何接地连接的单独线路。在这种情况下,通过装置50和电压转换器10之间的分别的连接来建立相应的接地连接。

[0054] 另一条线路83,特别是测量线路,例如同轴线路,将电压转换器10的次级侧连接到阻抗转换器输入71。例如,在电压转换器10处,同轴线路83的内导体能够经由端子17连接到变压器11的次级线圈14的一侧,并且同轴线路83的外导体能够经由端子18连接到次级线圈14的另一侧。此外,端子18能够接地。在阻抗转换器70处,同轴线路83的内导体能够连接到阻抗转换器输入71,并且同轴线路83的外导体例如经由阻抗转换器70的外壳接地。

[0055] 阻抗转换器输出75经由线路84(特别是另一测量线路,例如同轴线路)连接到响应信号输入67。例如,在阻抗转换器70处,同轴线路84的内导体能够连接到阻抗转换器输出75,并且同轴线路84的外导体例如经由阻抗转换器70的外壳接地。在频率响应分析器60处,同轴线路84的内导体能够连接到响应信号输入67,并且同轴线路84的外导体例如经由频率响应分析器60的外壳接地。

[0056] 线路83、84能够以任何其他方式实现,例如作为绞合线路或作为单独线路,该单独线路仅分别将来自电压转换器10的响应信号传输到阻抗转换器70,以及将来自阻抗转换器70的阻抗匹配响应信号传输到频率响应分析器60,但是不产生接地连接。能够通过电压转换器10、阻抗转换器70和频率响应分析器60之间的另外的连接来产生适当的接地连接。

[0057] 图2示意性地示出了欧姆-电容LPVT型的电压转换器20。电压转换器20包括用作电

容分压器的两个电容21和22的串联连接。该串联连接连接到端子15和19。欧姆电阻分压器23和24与此并联。电压转换器20的、如能够在端子17和18处测量的输出阻抗,因此基本上由电容22和电阻24决定。与图1所示的电压转换器10的能够在从几欧姆到几千欧姆的范围内的输出阻抗相比,电压转换器20的输出阻抗能够在从几百千欧姆到几兆欧姆的范围内。欧姆-电容电压变换器20的变压比由电容器21和22的电容 $C_1$ 和 $C_2$ 以及电阻器23和24的欧姆值 $R_1$ 和 $R_2$ 决定。端子15和16之间的复电压 $\underline{U}_1$ 和端子17和18之间的复电压 $\underline{U}_2$ 的复传递函数 $\underline{k}_R(j\omega) = \underline{U}_2/\underline{U}_1$ 为:

$$[0058] \quad \underline{k}_R(j\omega) = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_{ges}} = \frac{R_2}{R_2 + R_1 \cdot \left( \frac{1 + j\omega C_2 R_2}{1 + j\omega C_1 R_1} \right)}$$

[0059] 图2所示的欧姆-电容电压转换器20使用测量线路81至83以与图1所示的电感电压转换器10相同的方式连接到装置50。

[0060] 下面将参照图3详细描述用于对图1和图2所示的利用装置50对电压转换器进行测试的方法300。

[0061] 在步骤301中,频率响应分析器60和阻抗转换器70被提供到待测试的电压转换器附近。例如,电压转换器能够包括图1所示的电感电压转换器10或图2所示的欧姆-电容电压转换器20。在步骤302中,阻抗转换器70的阻抗转换器输出75经由线路84耦合到频率响应分析器60的响应信号输入67。如前所述,阻抗转换器70在阻抗转换器输出75处的输出阻抗74基本上对应于频率响应分析器60在响应信号输入67处的输入阻抗68。

[0062] 根据待测试的电压转换器10、20,在步骤303中调节阻抗转换器70的输入阻抗72。电压转换器10、20的输出阻抗能够通过测量获取,也能够从电压转换器的铭牌(例如从电压转换器的铭牌上指定的负载)采用或确定。

[0063] 可选地,考虑到测量线路81至83,能够在步骤304至306中对装置50进行校准。为此目的,能够在步骤304中设置校准配置。线路81连接到测试信号输出61,线路82连接到参考信号输入64,并且线路83连接到阻抗转换器输入71。线路81、82和83的三个自由端直接彼此连接。如果线路81、82和83是同轴线路,则线路81、82和83的内导体彼此直接连接,并且除此之外,线路81、82和83的外导体彼此直接连接。在步骤305中,测试信号由信号发生装置63生成,并经由测试信号输出61输出。测试信号能够包括例如所谓的线性调频信号,即例如频率随时间变化的信号。例如,测试信号能够包括所谓的扫描信号,即幅值恒定的交流电压,其频率周期性地并且连续地通过预定义的范围。例如,测试信号能够包括幅值在几伏特(例如10V)范围内的电压信号。

[0064] 当在步骤305中输出测试信号时,在步骤306中在参考信号输入64和(经由阻抗转换器50)在测试信号输入67处获取相应的校准值,例如电压信号。特别是线路82、线路83、阻抗转换器70和线路84的传输特性能够通过分析校准值来识别,并且能够随后在测试电压转换器10、20时用于校正测量值。校准值能够例如包括参考信号输入处的电压信号,并且另一校准值能够例如包括响应信号输入处的电压信号。从所获取的校准值中能够确定另外的校准值。例如,能够将参考信号输入处的电压信号的幅值和响应信号输入处的电压信号的幅值之间的幅值比确定为另外的校准值。例如,能够将参考信号输入处的电压信号和响应信号输入处的电压信号之间的相位差确定为另外的校准值。能够在不同频率下获取或者针对

不同的频率确定所获取的校准值和另外确定的校准值,以及将所获取的校准值和另外确定的校准值分配给不同的频率。例如,能够将相应的幅值比和相位差分配给输出测试信号的多个不同频率中的一些或全部。

[0065] 在校准结束时,线路81、82和83的那些彼此直接连接的端部彼此分开。

[0066] 接下来,在步骤307中调节阻抗转换器70的放大器73的放大倍数。例如,当调节放大倍数时,能够将来自先前校准的结果考虑在内。例如,能够识别特定频率下的幅值比或特定频率范围内的幅值比的平均值,以便以幅值比基本均衡的方式调节放大器73的放大倍数。此外,当调节放大器73的放大倍数时,能够将电压转换器的变压比以及响应信号输入的输入灵敏度考虑在内,使得在电压转换器10的输出处所期望的电压范围由于测试信号而位于测量信号采集装置69的测量范围内,并且还尽可能地利用该范围。

[0067] 在步骤308中,设置与电压转换器10或20连接的测试配置。如图1和图2所示,测试信号输出61经由线路81耦合到电压转换器10或20的端子15。如果线路81还带有接地连接,则线路81连接到电压转换器10、20的外壳12的接地16。参考信号输入64也通过线路82连接到电压转换器10、20的端子15,并且如果线路82带有接地连接,则线路82连接到电压转换器10、20的外壳12的端子16(接地)。阻抗转换器71经由线路83耦合到电压转换器10、20的端子17,并且如果线路83带有接地连接,则线路83连接到电压转换器10、20的外壳12的端子18。应当注意,线路84仍然将阻抗转换器输出75连接到频率响应分析器60的响应信号输入67。

[0068] 在步骤309中,测试信号由信号发生装置63产生,并经由测试信号输出61输出,并且线路81被馈送到电压转换器10、20的初级侧。例如,测试信号能够包括例如所谓的线性调频信号,即频率随时间变化的信号。例如,测试信号能够包含所谓的扫描信号,即幅值恒定的交流电压,其频率周期性地并且连续地通过预定义的范围。例如,测试信号能够包括幅值在几伏特(例如10V)范围内的电压信号。其他测试信号也是可能的,例如具有恒定频率和可变幅值的信号、脉冲信号等。

[0069] 当在步骤309中输出测试信号时,在步骤310中分别通过参考信号采集装置66和测量信号采集装置69在参考信号输入64和(经由阻抗转换器50)在测试信号输入67获取相应的测量值,例如电压信号。电压转换器10、20的传输特性能够通过分析这些测量值来识别,例如借助于频率响应分析器60的处理装置(未示出)(例如,具有指定存储器的微处理器)。如果已经执行了先前描述的校准,则能够在步骤311借助于校准值来校正所获取的测量值。这样一来,特别是线路82、线路83、阻抗转换器70和线路84对所获取的测量值的影响可以被校正。

[0070] 例如,测量值能够包括参考信号输入处的电压信号和响应信号输入处的电压信号。从所获取的测量值中能够确定另外的值。例如,能够确定参考信号输入处的电压信号的幅值和响应信号输入处的电压信号的幅值之间的幅值比。此外,能够确定参考信号输入处的电压信号和响应信号输入处的电压信号之间的相位差。能够在不同频率下获取或者针对不同的频率确定所获取的测量值和另外确定的值,以及将所获取的测量值和另外确定的值分配给不同的频率。例如,能够将相应的幅值比和相位差分配给输出测试信号的多个不同频率中的一些或全部。

[0071] 能够借助来自校准的相应值来校正幅值比和/或相位差。能够针对分配有该幅值比和相位差的频率执行该校正。

[0072] 能够基于以这种方式识别的测量值和另外确定的值来确定电压转换器的传递函数。例如,在步骤312中能够识别电压转换器的电压比误差,特别是对于测试信号在该频率下被馈送到电压变换器的各种频率,能够确定电压比误差。此外,对于步骤312中的各种频率,能够确定电压转换器的相移。在步骤313中,能够将该频率下的电压比误差和/或相移显示在显示设备上,例如以图表的形式。例如,显示设备能够是连接到装置50的笔记本电脑、平板电脑或智能手机的显示设备。

[0073] 此外,在步骤314中,能够基于识别的测量值和另外确定的值来计算电压转换器10、20的特征值并显示。电压转换器10、20的特征值能够例如是电压比误差为2%时的频率。例如,从50Hz的标称频率开始,可以确定更高的频率,直到电压比误差小于2%。能够将电压比误差首次等于或大于2%的频率显示为相应的特征值。例如,能够从50Hz的标称频率开始在较低频率的方向上确定相应的特征值。电压转换器的其他特征值能够例如是电压比误差为5%或10%时的频率。电压转换器的另一个特征值能够是电压变换器10、20的谐振频率,例如在恒定输入幅值下达到最大输出幅值或输出信号相对于输入信号相位角为 $90^\circ$ 时的频率。标称频率(例如50Hz)下的电压比误差能被确定为另一特征值。

[0074] 总之,频率响应分析器60和阻抗转换器70的组合提供了测试传统电感电压转换器10和LPVT电压转换器20两者的可能性。此外,与阻抗转换器70连接的这种频率响应分析器60能够被配置为能够由操作者携带的小型设备,使得能够轻松地在现场进行这种测试。

[0075] 所描述的方法适用于现场测量,使得能够在安装状态下(例如,在现场检查期间或在常规测量期间)检查完整性和传输行为,并且可以随时间检查或显示临界频率(例如,在2%、5%、10%的电压比误差下的临界频率)。此外,该方法也适用于生产过程中的制造商,这是因为所使用的装置50紧凑且重量轻,因此能够简单地集成到生产过程中。此外,所使用的电压水平很低,因此能够降低对操作人员的危险。测量本身是非常精确的,特别是通过阻抗匹配,如果有必要,通过校准。

[0076] 阻抗转换器70不仅具有使阻抗与电压转换器10、20的标称负载相匹配的特性,而且还具有将施加到电压转换器10、20的次级侧的信号放大的特性。此外,这种测量设计的优点是阻抗转换器70和电压转换器10、20的次级侧之间的连接能够保持得很短,以避免反射。在阻抗转换器的另一侧则实现了(50欧姆)阻抗匹配。此外,利用这种测量设计(例如测量设计校准)能够轻松地进行放大倍数/相位校准。

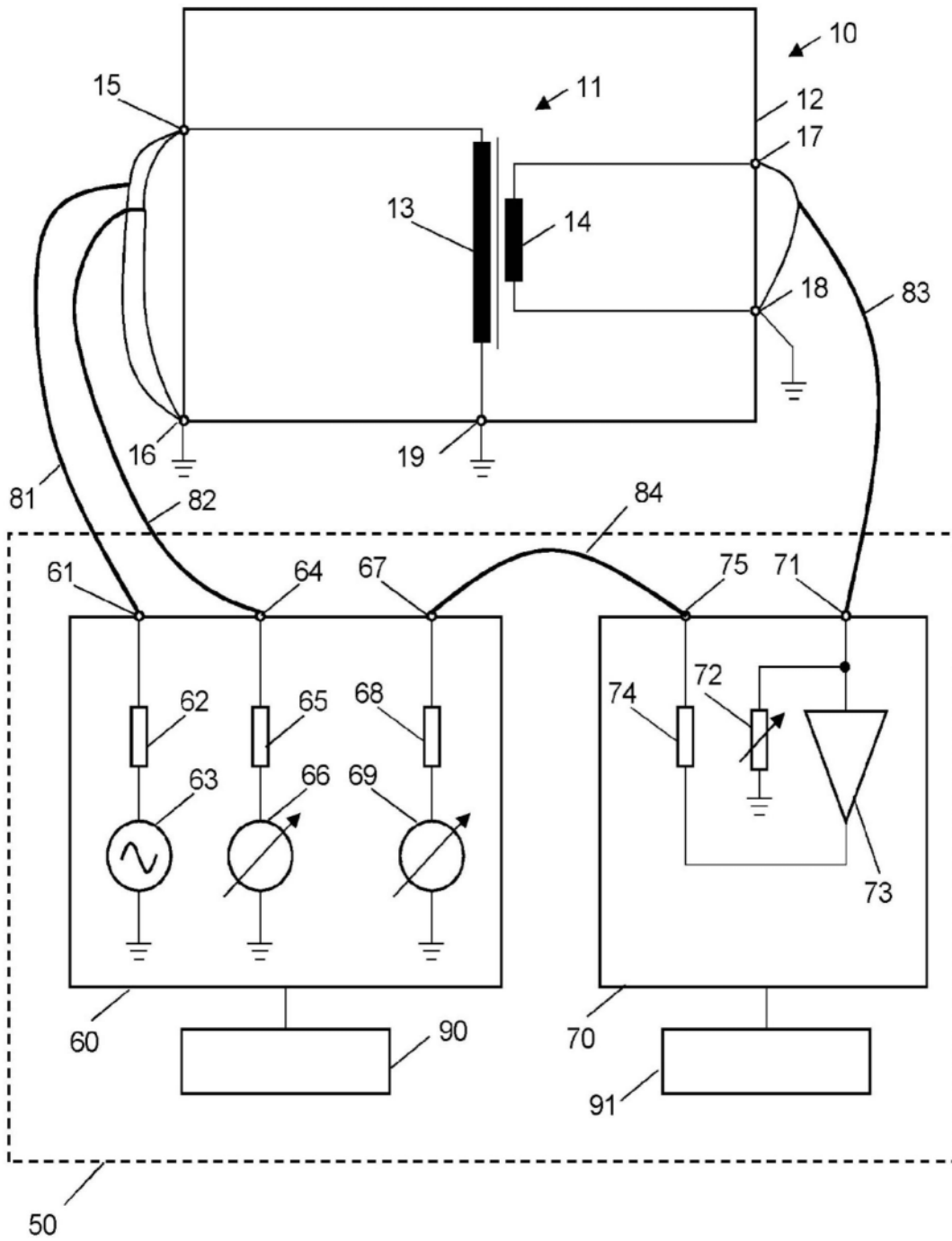


图1

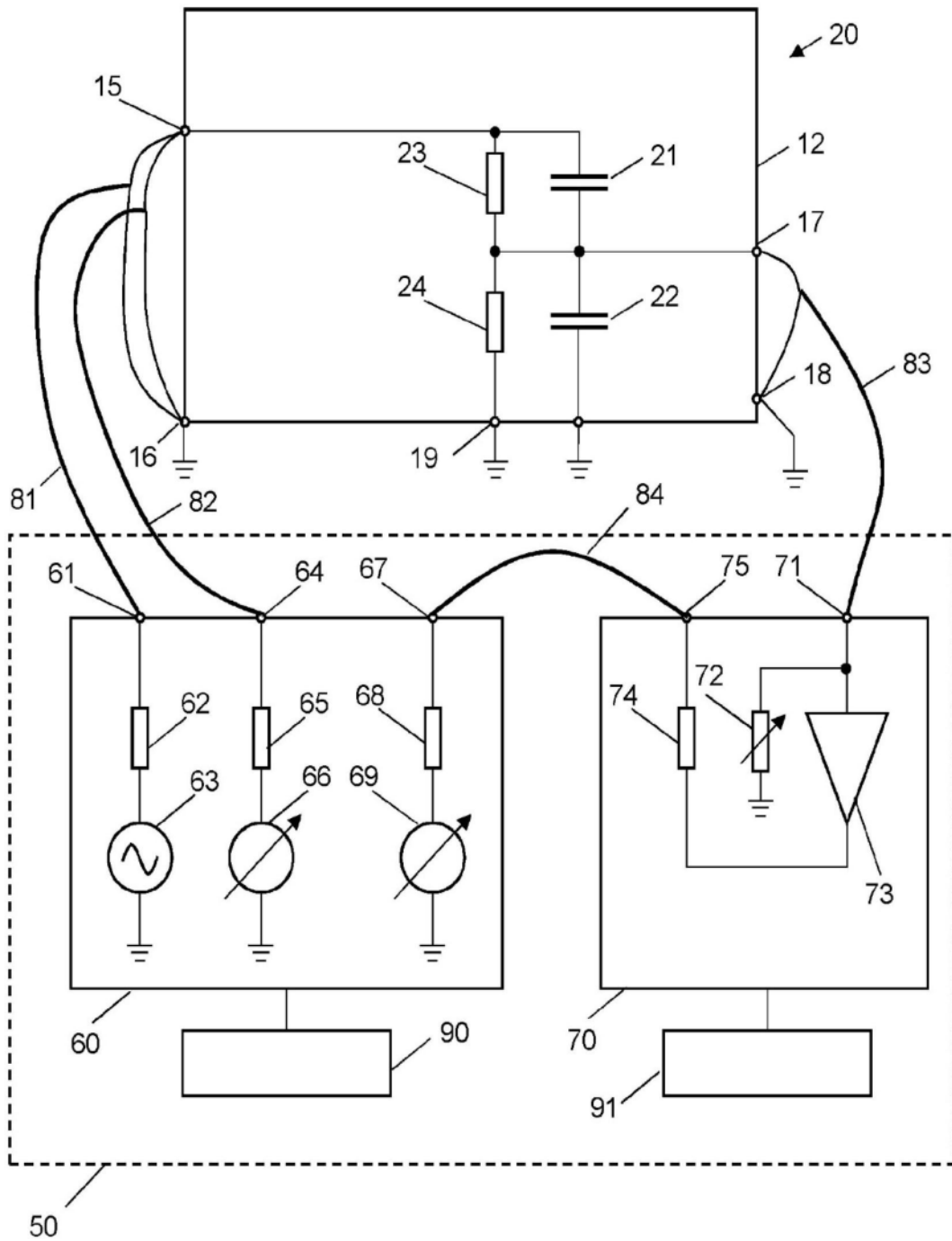


图2



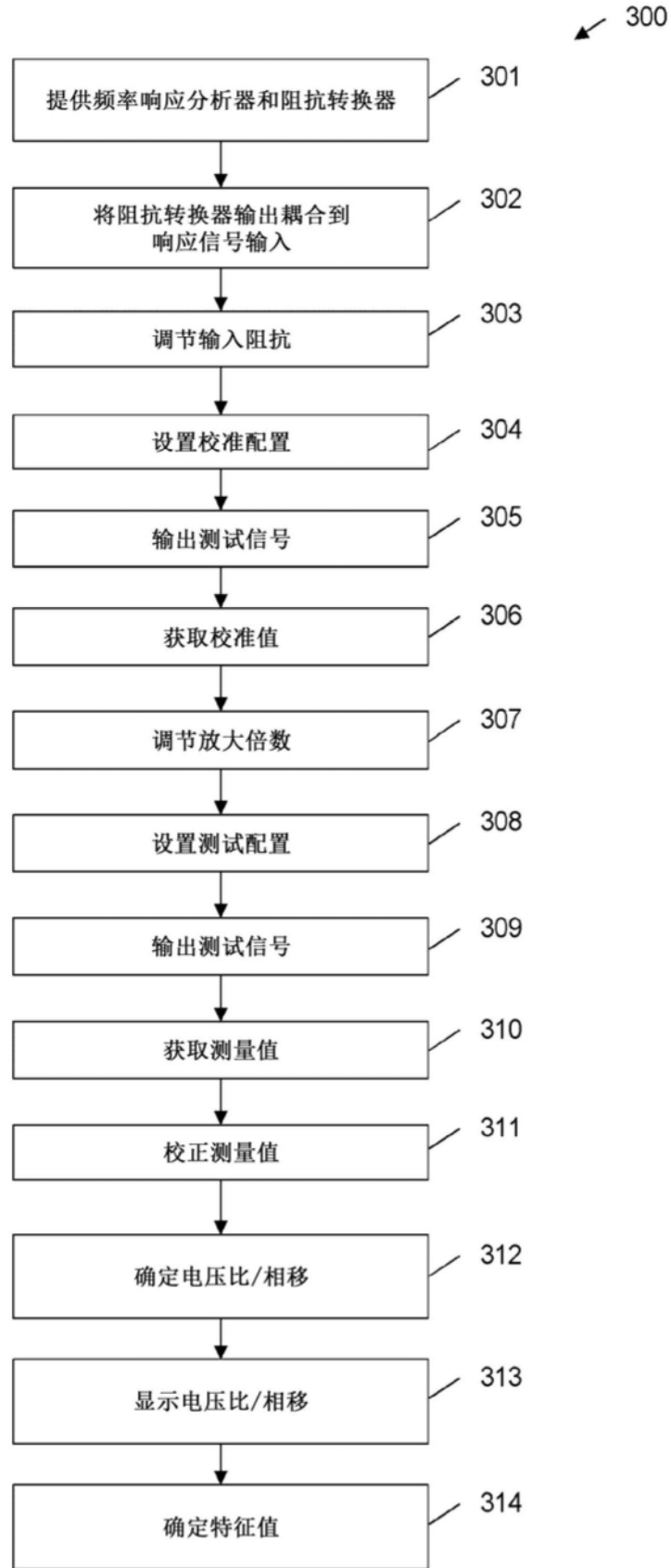


图3