



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105683765 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201380080532. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 11. 06

G01R 15/12(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2016. 04. 27

G01R 15/14(2006. 01)

G01R 27/02(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/068760 2013. 11. 06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/069238 EN 2015. 05. 14

(71) 申请人 施耐德电气太阳能逆变器美国股份  
有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 伊曼纽尔·塞尔邦

科斯明·波恩迪彻-穆雷桑

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理  
有限公司 11262

代理人 陆建萍 郑霞

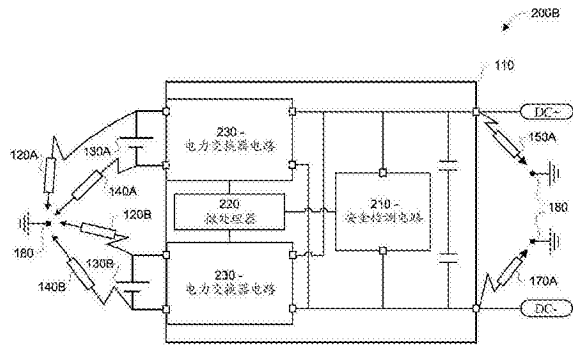
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

用于绝缘阻抗监测的系统和方法

(57) 摘要

本公开的至少一个方面涉及电力转换单元(PCU)。PCU包括电力变换器电路、包括多个已知网络阻抗和开关的安全检测电路,所述开关具有耦合在多个网络阻抗中的两个网络阻抗之间的第一端部和耦合到输出端子的第二端部,以及PCU还包括被通信地耦合到安全检测电路和至少一个电力变换器电路的控制器。控制器被配置为操作开关、确定安全检测电路的一个或多个电压值以及至少部分基于一个或多个电压值、开关的位置和多个已知的网络阻抗计算绝缘阻抗。



1. 一种电力转换单元(PCU),包括:  
电力变换器电路;  
安全检测电路,其包括开关和多个已知的网络阻抗,所述开关具有耦合在所述多个网络阻抗中的两个网络阻抗之间的第一端部以及耦合到输出端子的第二端部;以及  
控制器,其通信地耦合到所述安全检测电路以及所述至少一个电力变换器电路,所述控制器被配置为操作所述开关,确定所述安全检测电路的一个或多个电压值,以及至少部分基于所述一个或多个电压值、所述开关的位置和所述多个已知的网络阻抗计算绝缘阻抗。
2. 如权利要求1所述的PCU,其中所述控制器还被配置为以可调的频率操作所述开关。
3. 如权利要求1所述的PCU,其中所述控制器还被配置为确定一个或多个输入端口处的输入电压、确定一个或多个输出端口处的输出电压值以及确定保护接地(PE)相对于所述输出端子的电压。
4. 如权利要求3所述的PCU,其中所述控制器还被配置为至少部分地通过将PE相对于输出端子的电压乘以可变增益来确定所述绝缘阻抗。
5. 如权利要求1所述的PCU,还包括DC输出端口和多个DC输入端口,以及其中,所述电力转换电路被构造成执行DC-DC电力转换。
6. 如权利要求5所述的PCU,其中,所述开关的第二端部被耦合到正输出DC端子。
7. 如权利要求5所述的PCU,其中,所述开关的第二端部被耦合到负输出DC端子。
8. 如权利要求5所述的PCU,还包括多个安全检测电路,以及其中,所述多个DC输入端口的每个DC输入端口被耦合到所述多个安全检测电路中的至少一个安全检测电路。
9. 如权利要求5所述的PCU,其中,所述安全检测电路被耦合在所述输出DC端口的正端子和负端子之间。
10. 如权利要求1所述的PCU,其中,所述至少一个电力变换器电路包括至少一个DC-DC电力变换器电路。
11. 如权利要求10所述的PCU,其中,所述至少一个电力变换器电路包括至少一个升压电力变换器电路。
12. 一种监测与电力转换单元(PCU)相关联的绝缘阻抗的方法,所述电力转换单元(PCU)具有一个或多个输入端口和一个或多个输出端口,所述方法包括:  
使用控制器测量与所述PCU相关的一个或更多个电压值;  
至少部分地通过将开关的状态从第一状态改变到第二状态来操作所述开关,所述开关通信地耦合到所述控制器并且具有耦合在多个已知的网络阻抗中的两个网络阻抗之间的第一端部;  
测量当所述开关在所述第二状态时接地保护(PE)和所述一个或多个输出端口的输出端口之间的电压值;  
至少部分地通过将所述开关的状态从所述第二状态改变到所述第一状态来操作通信地耦合到所述控制器的所述开关;  
测量当所述开关在所述第一状态时PE相对于所述输出端口的电压值;以及  
基于所测量的与所述PCU相关的电压值、当所述开关在所述第一状态和所述第二状态时测量的PE的电压值和所述多个已知网络阻抗来计算绝缘阻抗。

13. 如权利要求12所述的方法,其中,测量一个或多个电压值包括测量在所述一个或多个输入端口中的每个输入端口处的输入电压以及测量在所述一个或多个输出端口中的每个输出端口处的输出电压。

14. 如权利要求13所述的方法,其中,计算所述绝缘阻抗还包括由可变增益乘以所述一个或多个输出端口中的所述输出端口和PE之间的电压。

15. 如权利要求14所述的方法,其中,计算所述绝缘阻抗还包括调整所述可变增益以增加传感器分辨率。

16. 如权利要求12所述的方法,还包括至少部分地基于计算出的绝缘阻抗来确定总漏电流。

17. 如权利要求12所述的方法,还包括比较计算出的绝缘阻抗值与预定的阈值。

18. 一种电力转换单元(PCU),包括:

输入端,其接收具有第一形式的输入电力;

输出端,其提供具有第二形式的输出电力;以及

装置,其被耦合在所述输入端和所述输出端之间,用于基于所述PCU内的一个或多个电压值确定所述输入端和接地保护(PE)之间的绝缘阻抗。

19. 如权利要求18所述的PCU,其中,用于确定绝缘阻抗的所述装置包括多个网络阻抗和至少一个开关。

20. 如权利要求18所述的PCU,其中,所述第一形式包括在第一电压电平处的DC电力以及所述第二形式包括在第二电压电平处的DC电力,所述第二电压电平比所述第一电压电平高。

## 用于绝缘阻抗监测的系统和方法

[0001] 背景

### 技术领域

[0002] 本公开的实施方式一般涉及绝缘阻抗监控。更具体的,实施方式涉及用于测量电力转换单元(PCU)中的绝缘阻抗的系统和方法。

[0003] 背景讨论

[0004] 电力系统典型地运行在相对于保护接地(PE)的高电压处。这些电力系统一般包括在高电压导体和PE之间的绝缘体。处在高压导体和PE之间的绝缘体可随时间推移而退化。随着绝缘体的退化,电流可能从带电的导体流向PE并且因此产生绝缘故障情况。在绝缘故障情况期间,直接接触连接到PE的金属部件可能引起大量地电流流过人体。因此,在电力系统的危险电压和PE之间的绝缘故障典型地需要被检测和隔离。各种安全标准可能,例如,在PCU的输入端口和PE之间设置最小绝缘阻抗阈值。

[0005] 概述

[0006] 根据至少一个方面,电力转换单元(PCU)被提供。PCU包括电力变换器电路;包括多个已知网络阻抗和开关的安全检测电路,开关具有耦合在多个网络阻抗的两个网络阻抗之间的第一端部和耦合到输出端子的第二端部;以及通信地耦合到安全检测电路和至少一个电力变换器电路的控制器,控制器被配置为操作开关、确定安全检测电路的一个或多个电压值,以及至少部分地基于一个或多个电压值、开关的位置以及多个已知网络阻抗计算绝缘阻抗。

[0007] 在一个实施方式里,控制器还被配置为以可调节的频率操作开关。控制器也还可被配置为确定一个或多个输入端口的输入电压、确定一个或多个输出端口的输出电压值,以及确定保护接地(PE)相对于输出端子的电压。此外,控制器还可能被配置为至少部分地通过将PE相对于输出端子的电压乘以可变增益确定绝缘阻抗。

[0008] 在一个实施方式中,PCU还包括多个DC输入端口和DC输出端口以及其中电力转换电路被构造成执行DC-DC电力转换。在本实施方式中,开关的第二端部可能被耦合到正输出DC端子。此外,开关的第二端部可能被耦合到负输出DC端子。PCU可能还包括多个安全检测电路以及其中多个DC输入端口的每个输入端口被耦合到多个安全检测电路中的至少一个安全检测电路。安全检测电路可以被耦合到输出DC端口的正端子和负端子之间。

[0009] 在一个实施方式里,至少一个电力变换器电路包括至少一个DC-DC电力变换器电路。在本实施方式中,至少一个电力变换器电路可以包括至少一个升压电力变换器电路。

[0010] 根据另一个方面,提供了监控与具有一个或多个输入端口和一个或多个输出端口的电力转换单元(PCU)相关的绝缘阻抗的方法。该方法包括使用控制器测量与PCU有关的一个或多个电压值、至少部分地通过将开关的状态从第一状态改变到第二状态操作通信地耦合到控制器并具有耦合在多个已知网络阻抗中的两个网络阻抗之间的第一端的开关、当开关在第二状态时测量保护接地(PE)和一个或多个输出端口中的输出端口之间的电压值、至少部分地通过将开关的状态从第二状态改变到第一状态操作通信地耦合到控制器的开关、

当开关处于第一状态时测量PE相对于输出端口的电压值,以及基于测得的与PCU相关的电压值、当开关处于第一状态和第二状态时测得的PE的电压值和多个已知的网络阻抗计算绝缘阻抗。

[0011] 在一个实施方式中,测量一个或多个电压值的行为包括测量一个或多个输入端口中的每个端口处的输入电压和测量一个或多个输出端口中的每个输出端口处的输出电压。计算绝缘阻抗的行为还可以包括将一个或多个输出端口中的输出端口和PE之间的电压乘以可变增益。此外,计算绝缘阻抗的行为还可以包括调整可变增益以增加传感器分辨率。

[0012] 在一个实施方式中,监测绝缘阻抗的方法还包括至少部分地基于已计算的绝缘阻抗确定总的漏电流。在本实施方式中,该方法还可以包括比较计算出的绝缘阻抗值与预定的阈值。

[0013] 根据另一个方面,提供了电力转换单元(PCU)。PCU包括接收具有第一形式的输入电力的输入端、提供具有第二形式的输出电力的输出端,以及被耦合在输入端和输出端之间的装置,其基于在PCU内的一个或多个电压值确定输入端和保护接地(PE)之间的绝缘阻抗。

[0014] 在一个实施方式中,用于确定绝缘阻抗的装置包括多个网络阻抗和至少一个开关。此外,第一形式可以包括在第一个电压电平处的DC电力以及第二形式可以包括在第二个电压电平处的DC电力,第二个电压电平高于第一电压电平。

[0015] 其它方面、实施例及这些示例性的方面和实施例的优点在下面详细讨论。进一步地,应当理解,前述信息和下面的详细的描述都只是各个方面和实施方式的说明性的例子,并且旨在提供用于理解要求保护的题目的本质和特点的概述或框架。对例子和实施方式的特定的提及,例如“实施方式”、“另一实施方式”、“一些实施方式”、“其他实施方式”、“可替代的实施方式”、“各种实施方式”、“一个实施方式”、“至少一个实施方式”、“这个和其他实施方式”等,其不一定彼此排斥并且旨在指示结合实施方式或例子描述的并且可以被包括在该实施方式或例子和其它实施方式或例子中的特定特征、结构、或者特性。本文中这些术语的出现不一定都指的是相同的实施方式或例子。

[0016] 另外,在本文和通过引用并入到本文中的文件之间对术语的使用不一致的情况下,在被并入的引用文件中的术语使用是对本文中的术语使用的补充;对于矛盾的不一致,以本文中的术语使用为准。另外,附图被包括来提供对各个方面和实施方式的说明和进一步的理解,并且被包括在说明书内且构成说明书的一部分。附图与本说明书的剩余部分一起用于解释所描述的和要求保护的方面和实施方式的原理和操作。

[0017] 附图简述

[0018] 下文中参考附图描述了至少一个实施方式的各个方面,所述附图不一定按比例绘制。附图被包括以提供各种方面和实施方式的说明和进一步理解,且被并入该说明书中并构成该说明书的一部分,但并不意欲作为任何特定的实施方式的限制的限定。附图与本说明书的剩余部分一起用于解释所描述的和要求保护的方面和实施方式的原理和操作。在附图中,由类似的数字表示在各图中示出的每个相同或近似相同的组件。为清楚起见,并不是标出每个附图中的每个组件。在附图中:

[0019] 图1示出了电力系统方框图的一个实施方式;

[0020] 图2A和2B示出了电力系统方框图的其他实施方式;

[0021] 图3示出电力系统等效电路的一个实施方式；

[0022] 图4A和4B示出了安全检测电路等效电路的各种实施方式；

[0023] 图5是绝缘阻抗测试的一个示例方法的流程图；

[0024] 图6是执行绝缘阻抗计算的一个示例方法的流程图；以及

[0025] 图7是计算机系统的一个例子的方框图，在该计算机系统上可以实现本实施方式的各个方面。

[0026] 详细描述

[0027] 本文讨论的方法和系统的例子在其应用中并不限于在下面的描述中阐述或在附图中示出的构造的细节和部件的布置。这些方法和系统能够实施于其他的实施例中，且能够以不同的方式进行实践或实施。本文提供的具体实施的示例仅仅是出于说明的目的且并非旨在限制。特别地，结合任何一个或多个示例所讨论的动作、组件、部件和特征并不旨在被排除在任何其他示例中的相似作用之外。

[0028] 同样，本文所使用的措辞和术语是出于描述的目的，而不应被视为限制。对在本文以单数形式提到的系统和方法的例子、实施方式、部件、元件或行动的任何引用也可包括包含多个的实施方式，且本文中以复数形式对任何实施方式、部件、元件或行动的任何提及也可包括只包含单个的实施方式。以单数或复数形式的引用并不旨在限制本文公开的系统或方法、它们的部件、行为或元件。在本文中对“包含”、“包括”、“具有”、“含有”和“涉及到”及其变体的使用意指包含在其后面列出的各项及其等效体以及另外的项。对“或”的引用可解释为包含的，以便使用“或”描述的任何术语可以指示描述的术语的单个、多于一个和所有中的任何一个。另外，在本文和通过引用并入到本文中的文件之间对术语的使用不一致的情况下，在被并入的引用文件中的术语使用是对本文中的术语使用的补充；对于矛盾的不一致，以本文中的术语使用为准。

[0029] 本文公开的一些实施方式包括带有集成绝缘阻抗感测功能的PCU。将绝缘阻抗感测功能集成到PCU中的避免了外部的绝缘阻抗监测系统和/或设备。在这些实施方式中，可以基于在PCU内的多个已知的参数来确定PCU的输入端口和PE之间的绝缘阻抗。例如，在PCU内的各种电压和/或电流电平可通过感测电路来测量，并与各种PCU部件的已知阻抗信息相结合。所结合的电压和/或电流电平和已知的阻抗信息可以被用来形成具有已知参数（例如，电压值、电流值、阻抗等）和未知参数（例如，输入绝缘阻抗）的方程组。

[0030] 可以理解，从PCU内的已知参数和未知的输入绝缘阻抗值形成的方程组可能不具有足够数量的已知参数以精确求解未知数（即，该方程组是一个不定方程组）。通过引入一个或多个开关到PCU内，附加的已知参数可被添加到方程组中。开关引入多个状态到PCU测量中，这可被利用以使原本不定的方程组可解。因此，本文公开的各种实施方式集成感测电路、处理电路和一个或多个开关到PCU以基于在多个状态的PCU内的多个已知参数精确地确定输入绝缘阻抗。

[0031] 示例电力转换单元(PCU)

[0032] 图1示出了电力系统方框图100的一个实施方式。电力系统100包括PCU110、正或有源输入端子绝缘阻抗120A和120B、负或有源输入端子绝缘阻抗140A和140B、输入电源130A和130B、保护接地(PE)180、正或有源输出端子绝缘阻抗150A和150B、负或有源输出端子绝缘阻抗170A和170B、以及输出电源160A和160B。

[0033] PCU110将电能从一种形式转换到另一种形式。例如,PCU110可以给定的DC电压电平,从建模为电压源130A和130B的一个或多个发电机接收电力。PCU110可以把从发电机接收的电力从第一DC电压电平转换成更高的第二DC电压电平。输出电压被示出为电压源160A和160B。PCU110不限于DC-DC电力转换。PCU110可以被构造为执行任何类型的电力转换包括,例如,DC-AC电力转换、AC-DC电力转换、AC-AC电力转换、或DC-DC电力转换。

[0034] PCU110包括多个输入端子以接收电力。通过PCU110接收的电能可以处于高电压电平(例如,100伏、1000伏等)。每个输入端口可具有在端口和PE180之间的给定量的绝缘。输入绝缘阻抗通过正端子输入绝缘阻抗120A和120B和负端子输入绝缘阻抗140A和140B被示出。输入绝缘阻抗120A、120B、140A和140B可能随时间退化并导致漏电流从PCU110输入端流到PE180。因此,输入绝缘阻抗120A、120B、140A和140B通常被监测以确保输入绝缘阻抗120A、120B、140A和140B不会退化到其中从输入端子到PE180有危险量的漏电流的程度。输入端口的总绝缘阻抗是各绝缘阻抗120A、120B、140A和140B的函数。输入端口的总绝缘阻抗可以由以下方程来表示:

$$Z_{lk}^{in} = \frac{1}{\sum_{k=1}^i \left( \frac{1}{Z_{xp,k}^{in}} + \frac{1}{Z_{xn,k}^{in}} \right)} \quad (1)$$

[0036] 在方程(1),  $Z_{xp,k}^{in}$  是输入k的正端子和PE180之间的绝缘阻抗而  $Z_{xn,k}^{in}$  是输入k的负端子和PE180之间的绝缘阻抗。应用方程(1)到图1中示出的实施方式,求和包含项  $Z_{xp,1}^{in}$ 、 $Z_{xp,2}^{in}$ 、 $Z_{xn,1}^{in}$  和  $Z_{xn,2}^{in}$ , 其中各项分别代表元件120A、120B、140A和140B的阻抗值。

[0037] PCU110也包括多个输出端子以输出电力。通过PCU110输出的电能也可以是处于高电压电平。如上关于PCU110的输入端口所描述的,每个输出端口也可具有在端口和PE180之间给定量的绝缘。输出端口和PE180之间的绝缘阻抗由正端子输出绝缘阻抗150A和150B和负端子输出绝缘阻抗170A和170B示出。输出端口的总绝缘阻抗是各绝缘阻抗150A、150B、170A和170B的函数。输出端口的总绝缘阻抗可以由以下关系来计算:

$$Z_{lk}^{out} = \frac{1}{\sum_{k=1}^i \left( \frac{1}{Z_{yp,k}^{out}} + \frac{1}{Z_{yn,k}^{out}} \right)} \quad (2)$$

[0039] 在方程(2)中,  $Z_{yp,k}^{out}$  是输出k的正端子和PE180之间的绝缘阻抗而  $Z_{yn,k}^{out}$  是输出k的负端子和PE180之间的绝缘阻抗。应用方程(2)到图1中示出的实施方式,求和包含项  $Z_{yp,1}^{out}$ 、 $Z_{yp,2}^{out}$ 、 $Z_{yn,1}^{out}$  和  $Z_{yn,2}^{out}$ , 其中各项分别代表元件150A、150B、170A和170B的阻抗值。

[0040] 图2A和2B示出了根据其他实施方式的电力系统200A和200B。每个电力系统200A和200B包括PCU110、正输入端子绝缘阻抗120A和120B、负输入端子绝缘阻抗140A和140B、输入电源130A和130B、保护接地(PE)180、正输出端子绝缘阻抗150A、负输出端子绝缘阻抗170A、安全检测电路210、微处理器220和电力变换器电路230。

[0041] 在电力系统200A和200B中的每个PCU110包括耦合到每个输入端口的电力变换器电路230。电力变换器电路230对每个输入端口处的进入电力执行DC-DC电力转换。电力变换器电路230的输出端被耦合到公共DC输出端口。电力变换器电路230和随后的PCU110可被构

造以执行任何电力转换(例如,AC-DC、DC-AC等)并且不限于DC-DC电力转换或在图2A和2B中所示的特定电路拓扑。

[0042] 在电力系统200A和200B中的微处理器220被通信地耦合到每个安全检测电路210和每个电力变换器电路230。微处理器220可以被配置为测量与PCU110相关的一个或多个电压值和/或电流值。然后微处理器220可以至少部分地基于测量电压值和/或电流值计算绝缘阻抗值。由微处理器220执行的示例过程在下面进一步描述的示例绝缘阻抗监测过程部分和图6和7中被示出。

[0043] 微处理器220可以是基于计算机的,如图7的计算机系统700。在这些实施方式中,一个或多个A/D转换器和/或D/A转换器可以被采用以促进在PCU110中的计算机系统700和模拟电路内的处理器的双向通信。

[0044] 在电力系统200A中的PCU110结构包括两个安全检测电路210。安全检测电路210位于PCU110的每个输入端口的正端子和负端子之间。安全检测电路210包括感测电路以测量在PCU110内的一个或多个电压值和/或电流值。相应地,每个安全检测电路210通信地耦合到微处理器220。例如,微处理器可以接收指示CPU110内的各种电压值和/或电流值的信息。微处理器还可以发送指令来控制每个安全检测电路210内的一个或多个部件(例如,开关)。

[0045] 电力系统200B中的PCU110结构包括被放置在PCU110的输出端口的正端子和负端子之间的一个安全检测电路210。

[0046] 如上文关于在电力系统200A中的PCU110所描述的,安全检测电路包括感测电路以测量在PCU110内的一个或多个电压和/或电流值。电力系统200B中的PCU110结构提供了PCU110的较简单的实现和减少了的复杂性。但是,PCU110可能不能够与采用多个安全检测电路210的电力系统200A内的PCU110以相同的精度水平测量绝缘阻抗。

[0047] 图3示出电力系统300的等效电路的一个实施方式。电力系统300包括PCU110、正输入端子绝缘阻抗120A、120B、120C和120D、负输入端子绝缘阻抗140A、140B、140C和140D、输入电源130A、130B、130C和130D、保护接地(PE)180、正输出端子绝缘阻抗150A、负输出端子绝缘阻抗170A和电力变换器电路230。PCU110还包括一个安全检测电路210,其包括网络阻抗302、304、306和308、总等效阻抗310、等效电压源312和开关314。可以理解,PCU110还包括微处理器(未示出),其通信地耦合到安全检测电路210和电力变换器电路230。

[0048] 在PCU110内的电力变换器电路230是DC-DC升压变换器,其提高进入电力的DC电压。电力变换器电路230的每个耦合到四个输入端口之一和公共输出端口。可以理解,电力变换器230可通信地耦合到微处理器,例如,以接收指令来断开或闭合电力变换器电路230内的两个开关。电力变换器230不限于图3中所示的特定类型或结构。

[0049] 安全检测电路210被耦合在正输出DC端子和负输出DC端子之间。安全检测电路210包括感测电路以测量在PCU110内的一个或多个电压值和/或电流值。该检测电路可以由电阻器和具有已知阻抗的差分放大器组成。除了电压源312,安全检测电路210内的感测电路可以被建模成一组网络阻抗302、304、306、308和310。基于安全检测电路210内的感测电路,网络阻抗302、304、306和308是已知的阻抗。PE180被耦合到已知网络阻抗304和306之间。PE还被耦合到阻抗310。总等效阻抗310是该系统的总等效阻抗。总等效阻抗包括已知项和未知项。总等效阻抗可以由以下方程来表示:

$$Z_e^{tot} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{lk}^{in}} + \frac{1}{Z_{int}^{in.sns}}} + \frac{1}{\frac{1}{Z_{lk}^{out}} + \frac{1}{Z_{int}^{out.sns}}} \quad (3)$$

[0051] 在等式(3)中,  $Z_{lk}^{in}$  是在方程(1)中示出的输入端口处的绝缘阻抗, 而  $Z_{lk}^{out}$  是在方程(2)中示出的输出端口处的绝缘阻抗。 $Z_{int}^{in.sns}$  和  $Z_{int}^{out.sns}$  项是代表所述感测电路的已知的网络阻抗。可以理解, 等效电压312是该系统已知的或直接可测量的参数。

[0052] 安全检测电路还包括开关314以使网络阻抗302和304之间的节点短路到输出DC端口的负端子。开关314可以是任何种类的开关, 包括但不限于, 继电器、绝缘栅双极晶体管(IGBT)、金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)、或可控硅整流器(SCR)。开关314可以通信地耦合到微处理器(例如, 微处理器220)。开关314创建多个状态(例如, 断态和通态), 其中可采取测量(例如, 电压测量)以确定未知绝缘阻抗的值。例如, 下面参照示例绝缘阻抗监测过程部分和图7进一步描述由微处理器采用来计算未知绝缘阻抗的示例计算。

[0053] 图4A和4B示出安全检测电路210的不同实施方式的等效电路。示于图4A和4B的每个安全检测电路210包括网络阻抗302、304、306和308、总等效阻抗310、等效电压源312、开关314、以及通信耦合到微处理器220的栅极驱动器电路402。

[0054] 在图4A中所示的实施方式中, 开关314具有耦合在网络阻抗306和308之间的第一端部以及耦合到正输出DC端子的第二端部。图4B示出了安全检测电路210可替换的结构, 其中开关314具有耦合在网络阻抗302和304之间的第一端部以及耦合到负输出DC端子的第二端部。如上所述, 开关314可以由微处理器220根据绝缘阻抗监测过程来控制以计算与PCU110相关联的绝缘阻抗。

[0055] 示例绝缘阻抗监测过程

[0056] 如以上参考图1和2描述的, 几个实施方式执行确定一个或多个绝缘阻抗值的过程。在一些实施方式中, 这些绝缘阻抗测试过程由基于微处理器的计算机系统执行, 诸如以上参照图1和2描述的PCU110或在下面参照图7描述的计算机系统700。图5示出通过PCU110执行的示例绝缘阻抗测试过程500(例如, 通过PCU110的微处理器220执行)。在PCU110开始变换电力之前和/或电力变换期间可以执行绝缘阻抗计算过程500。PCU110可以包括附加的选择性块以区分故障电流和由PCU拓扑引起的天然电流谐波, 以在电力变换期间更精确地计算绝缘阻抗。绝缘阻抗计算过程500开始于动作502。

[0057] 在动作502中, PCU110执行绝缘阻抗计算。绝缘阻抗计算包括测量与PCU110相关联的一个或多个电压值和/或电流值和操作开关(例如, 开关314)来求解未知绝缘阻抗。参照图6所示的绝缘阻抗计算过程600, 动作502在下面进一步被描述。

[0058] 在动作504中, PCU110比较在动作502中计算出的绝缘阻抗值和阈值。该阈值可以与一个或多个电力变换器标准一致。例如, 阈值可以被设置为由用于无变压器的光伏PCU的VDE0126-1-1标准所要求的最小  $1k\Omega/kV$  的阈值。如果计算出的绝缘阻抗在阈值之上, PCU110进行到动作506并发送绝缘阻抗测试通过信号。否则, PCU110可进行到可选动作508并确定是否重复执行阻抗计算的行动502或直接前进到动作510并发送绝缘阻抗测试失败信号。

[0059] 在动作508中, PCU110确定是否重复执行绝缘阻抗计算的行动502。在一个实施方

式中,PCU110在发送绝缘阻抗测试失败之前可能需要在动作504中的阻抗失败的最小数目(例如,三次故障)。在本实施方式中,PCU110跟踪在动作502中绝缘阻抗已经被计算的次数。在动作508中,如果PCU110没有执行所需的绝缘阻抗计算数目,PCU110执行在动作502中的另一个阻抗计算。否则,PCU110进行到动作510,并发送绝缘阻抗测试失败信号。

[0060] 如上面参考执行阻抗计算的行动502所讨论的,一些实施方式执行过程,PCU110通过该过程执行绝缘阻抗子程序。绝缘阻抗计算子程序600的一个例子在图6中示出。

[0061] 在动作602中,PCU110进行与输入和输出端口相关联一个或多个电压测量以及电流测量。例如,在图3中所示的实施方式中,微处理器可以监测在每个输入和输出端口的两个端子处的电压。

[0062] 在动作604中,PCU110切换安全检测电路中的开关。例如,在图3中所示的实施方式中,微处理器在断开状态和闭合状态之间切换开关314,以将负输出DC端子连接到网络阻抗302的第二端部,而网络阻抗302的第一端部保持连接到正输出DC端子。

[0063] 在动作606中,PCU110测量PE相对于输出DC总线的端子的电压值。在图3中示出的安全检测电路210中,例如,PE的电压相对于负DC总线输出端子被测量。PE和负DC总线输出端子之间的所测得的电压可以通过可变增益被放大。可变增益值可以是电源电压的函数。例如,可变增益可以增加以用于更低的电源电压值并且可变增益可以降低以用于更高的电源电压值以便达到更高的传感器分辨率。

[0064] 在动作608中,PCU110切换安全检测电路中的开关的状态。例如,在图3中所示的实施方式中,微处理器在闭合状态和断开状态之间切换开关314,以从网络阻抗302的第二端部断开负输出DC端子,而网络阻抗302的第一端部保持连接到正输出DC端子。

[0065] 在动作610中,PCU110测量PE相对于输出DC总线的端子的电压值。在图3中示出的安全检测电路210中,例如,PE的电压相对于负DC总线输出端子被测量。PE和负DC总线输出端子之间的所测得的电压可以通过可变增益被放大。如上关于动作606所描述的,可变增益可以是电源电压的函数。PCU110可以在动作610和606中使用相同的增益值。

[0066] 在一个实施方式中,PCU110在动作606和610中断开和闭合开关314的频率可以是可调的。当开关314处于断开状态或闭合状态时,开关操作的频率可以被调整以减少PE相对于输出端子的所确定的电压中的变化。例如,开关频率可以被调整以将断开状态和闭合状态之间的电压变化减少到小于1%。

[0067] 在动作612中,PCU110采用一个或多个关系式来计算PCU110的输入端口的总绝缘阻抗。输入端口的总绝缘可以由以下关系式来表示:

$$Z_{lk}^{in} = \frac{1}{\frac{1}{Z_e^{tot}} + \frac{1}{Z_{int}^{sns}}} \quad (4)$$

[0069] 在方程(4)中, $Z_e^{tot}$ 项是由方程(3)和元件310示出的等效总绝缘阻抗而 $Z_{int}^{sns}$ 项是感测电路的已知的网络阻抗。 $Z_{int}^{sns}$ 项可以由感测电路的内部输入和输出阻抗(即,分别是 $Z_{int}^{in,sns}$ 和 $Z_{int}^{out,sns}$ )组成。如果输出绝缘阻抗检测未被执行,则内部阻抗项 $Z_{int}^{sns}$ 简化为只等于感测电路项 $Z_{int}^{in,sns}$ 的输入阻抗。 $Z_e^{tot}$ 项包含已知参数和未知参数。动作602、604、606、608和610收集PCU110在两种不同的状态(即闭合的开关状态和断开的开关状态)下的电压和/或电流测量

值。在两种不同的状态期间收集的电压和/或电流测量值可以被组合以形成具有足够数目的已知参数的方程组来求解输入总绝缘阻抗。例如,在图3中所示的实施方式中,总等效阻抗项的倒数可以由下面的等式计算:

$$[0070] \quad \frac{1}{Z_e^{tot}} = \frac{\frac{1}{Z_x + Z_y} V_{bus} + \frac{(Z_y + Z_v + Z_z)}{Z_y(Z_v + Z_z)} gV_e^{Q_{DC-}} - \frac{(Z_x + Z_y + Z_v + Z_z)}{Z_z(Z_x + Z_y)} gV_e^{Q_{DC+}}}{gV_e^{Q_{DC+}} - gV_e^{Q_{DC-}}} \quad (5)$$

[0071] 在方程(5)中,项 $Z_x$ 、 $Z_y$ 、 $Z_z$ 和 $Z_v$ 分别表示元件302、304、306和308的阻抗。 $V_{bus}$ 项代表DC输出端口的正和负端子之间的电压。 $g$ 项代表上面关于动作606和610讨论的自适应增益。 $V_e^{Q_{DC-}}$ 项是代表当开关314断开时PE180和输出DC总线的负端子之间的电压,而项 $V_e^{Q_{DC+}}$ 是代表当开关闭合时PE180和输出DC总线的负端子之间的电压。

[0072] 在方程(5)中计算出的总阻抗项的倒数可以并入方程(4),以得到所测量的参数和总输入绝缘阻抗之间的最终的关系。最终的关系由下面的方程示出:

$$[0073] \quad Z_{lk}^{in} = \frac{1}{\frac{\frac{1}{Z_x + Z_y} V_{bus} + \frac{(Z_y + Z_v + Z_z)}{Z_y(Z_v + Z_z)} gV_e^{Q_{DC-}} - \frac{(Z_x + Z_y + Z_v + Z_z)}{Z_z(Z_x + Z_y)} gV_e^{Q_{DC+}}}{gV_e^{Q_{DC+}} - gV_e^{Q_{DC-}}} - \frac{1}{Z_{int}^{ms}}} \quad (6)$$

[0074] 在可选动作614中,PCU110确定总输入漏电流。总输入泄漏电流可使用以下近似关系式来计算:

$$[0075] \quad I_{lk}^{in} = \frac{V_{dc,equiv}^{in}}{Z_{lk}^{in}} = \frac{1}{Z_{lk}^{in}} \sum_{k=1}^i \left[ \frac{V_{xp,k}^{in} + V_{xn,k}^{in}}{i} \right] \quad (7)$$

[0076] 在方程(7)中, $Z_{lk}^{in}$ 项可以是由方程(6)计算的值。 $V_{xp,k}^{in}$ 是输入端口k的正端子和PE180之间的电压而 $V_{xn,k}^{in}$ 是输入端口k的负端子和PE180之间的电压。

[0077] 类似的过程和方程可以用于计算与PCU110相关联的输出绝缘阻抗(即, $Z_{lk}^{out}$ )。如上所讨论的,PCU110不限于执行DC-DC电力转换。例如,PCU110可以执行DC-AC转换并分别为DC输入端口和AC输出端口确定输入绝缘阻抗和输出绝缘阻抗。此外,一个或多个隔离器(例如,继电器)可用于单独连接和断开PCU110内的每个输入或输出端口。一个或多个隔离器可以用于促进特定绝缘阻抗值的计算(例如,图2A和2B中的阻抗120A、120B、140A、140B、150A和170A)。例如,除第一输入端口外,所有输入端口可能被断开。在本示例中,输入端口的总绝缘阻抗(即, $Z_{lk}^{in}$ )等于第一输入端口的绝缘阻抗。

[0078] 此外,在本文根据本公开所述的各种方面和功能可被实现为硬件、软件、固件或其任何组合。可使用各种硬件、软件或固件配置在方法、行动、系统、系统元件和部件内实现根据本公开的方面。此外,根据本公开的方面可被实现为专门编程的硬件和/或软件。

[0079] 示例计算机系统

[0080] 参照图7,示出形成系统700的计算部件的一个例子的方框图,系统700可被配置为实现本文所公开的一个或多个方面。例如,系统700可以通信耦合到PCU或包含在PCU内,并配置为按照上面参照示例绝缘阻抗监测流程部分以及图5和6所描述的执行绝缘阻抗测试。

[0081] 系统700可包括例如通用计算平台,例如基于英特尔奔腾型处理器、摩托罗拉

PowerPC、Sun UltraSPARC、德州仪器-DSP、惠普PA-RISC处理器或者任何其它类型的处理器。系统700可以包括专门编程的、专用硬件，例如专用集成电路(ASIC)。本公开的各个方面可以被实现为在系统700上执行的专用软件，如图7中所示。

[0082] 系统700可以包括连到一个或多个内存设备710的处理器/ASIC706，诸如磁盘驱动器、存储器、快闪存储器或用于存储数据的其他装置。内存710可以在系统700的操作期间用于存储程序和数据。计算机系统700的组件可以由互连机构708耦合，该互连机构可包括一个或多个总线(例如，在集成在同一机器内的组件之间)和/或网络(例如，在存在于分立的机器的组件之间)。互连机构708能够使通信信息(例如，数据、指令)在系统700的组件之间进行交换。此外，在一些实施方式中，互连机构708可在PDU的维修期间被断开。

[0083] 系统700还包括一个或多个输入设备704，其可以包括例如键盘或触摸屏。输入装置可以用于例如配置测量系统或提供输入参数。系统700包括一个或多个输出设备702，其可以包括例如显示屏。此外，计算机系统700可包括一个或多个接口(未示出)，其将计算机系统700连接至通信网络、附加到互连机构708或作为互连机构708的替代。

[0084] 系统700可包括一个存储系统712，其可包括计算机可读和/或可写非易失性介质，其中，信号可以被存储以提供将由处理器执行的程序或提供存储在介质上或介质里的将由程序处理的信息。该介质可以是，例如，是磁盘或闪速存储器，并在一些示例中可以包括RAM或其他非易失性存储器，诸如EEPROM。在一些实施方式中，处理器可引起数据从非易失性介质读取到另一个内存710，通过处理器/ASIC其允许比介质更快地访问信息。内存710可以是易失的、随机存取存储器，例如动态随机存取存储器(DRAM)或静态存储器(SRAM)。它可位于存储器系统712中或内存系统710中。处理器706可以操纵在集成电路内存710内的数据，并且然后在完成处理后复制数据到存储器712。用于管理存储器712和集成电路内存元件710之间的数据移动的多种机制是已知的，并且本公开不限于此。本公开不限于特定的内存系统710或存储器系统712。

[0085] 系统700可以包括使用高级计算机编程语言可编程的通用计算机平台。系统700也可使用专门编程、专用硬件例如ASIC来实现。系统700可包括处理器706，其可以是一个市售的处理器，例如从英特尔公司购得的众所周知的Pentium类处理器。很多其它的处理器是可用的。处理器706可以执行操作系统，其可以是例如从微软公司购买的Windows操作系统、从苹果电脑公司购买的MAC OS系统、从太阳微系统购买的Solaris操作系统或者从各种来源获得的UNIX和/或LINUX。可以使用很多其它的操作系统。

[0086] 处理器和操作系统一起可以形成计算机平台，使用高级编程语言的应用程序可以被编写。应当理解，本公开不限于特定的计算机系统平台、处理器、操作系统或网络。此外，对本领域的技术人员应当明显的是，本公开不限于专门编程语言或计算机系统。另外，应该理解的是，也可以使用其它合适的编程语言和其它合适的计算机系统。

[0087] 因此，已经描述了至少一个实例的几个方面，但需要理解的是，本领域的技术人员将容易想到各种改变、修改和改进。例如，本文公开的例子还可以在其他背景中使用。这种改变、修改和改进旨在成为此公开的一部分，并且旨在在本文所讨论的实例的范围之内。因此，前面的描述和附图仅仅是实例。

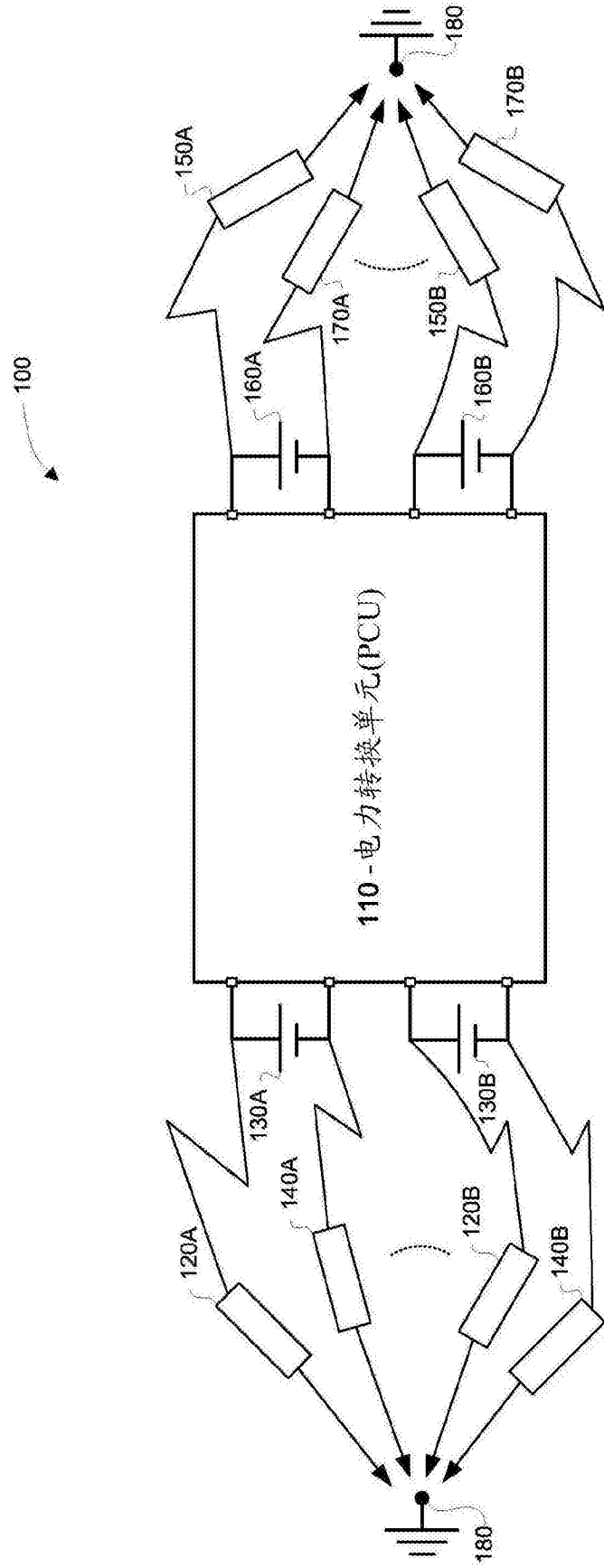


图1

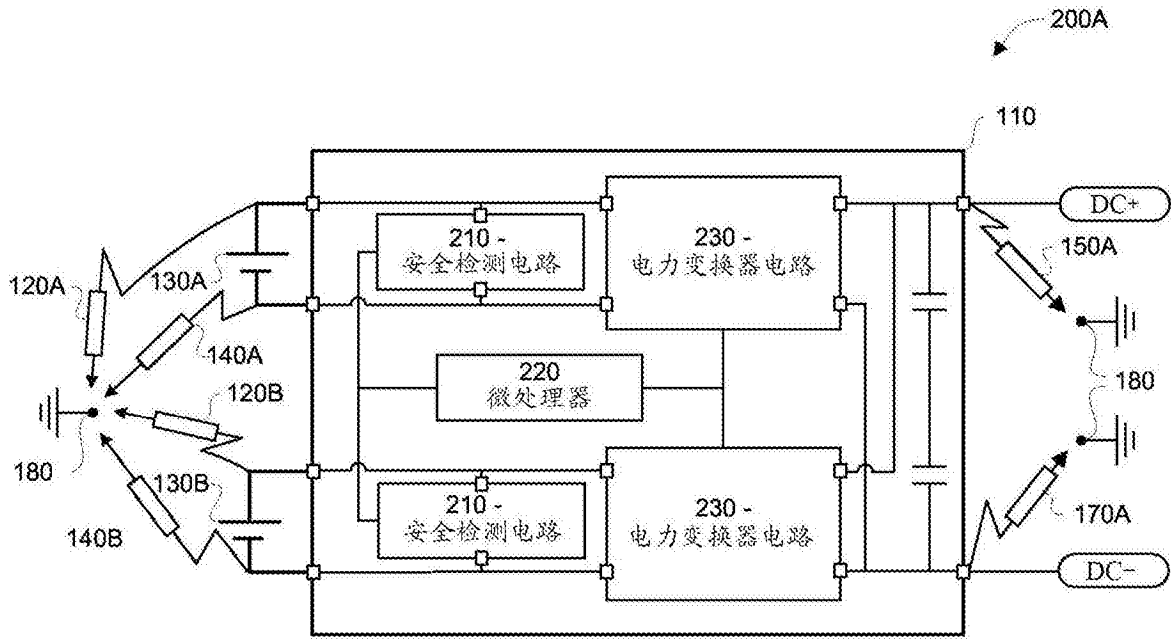


图2A

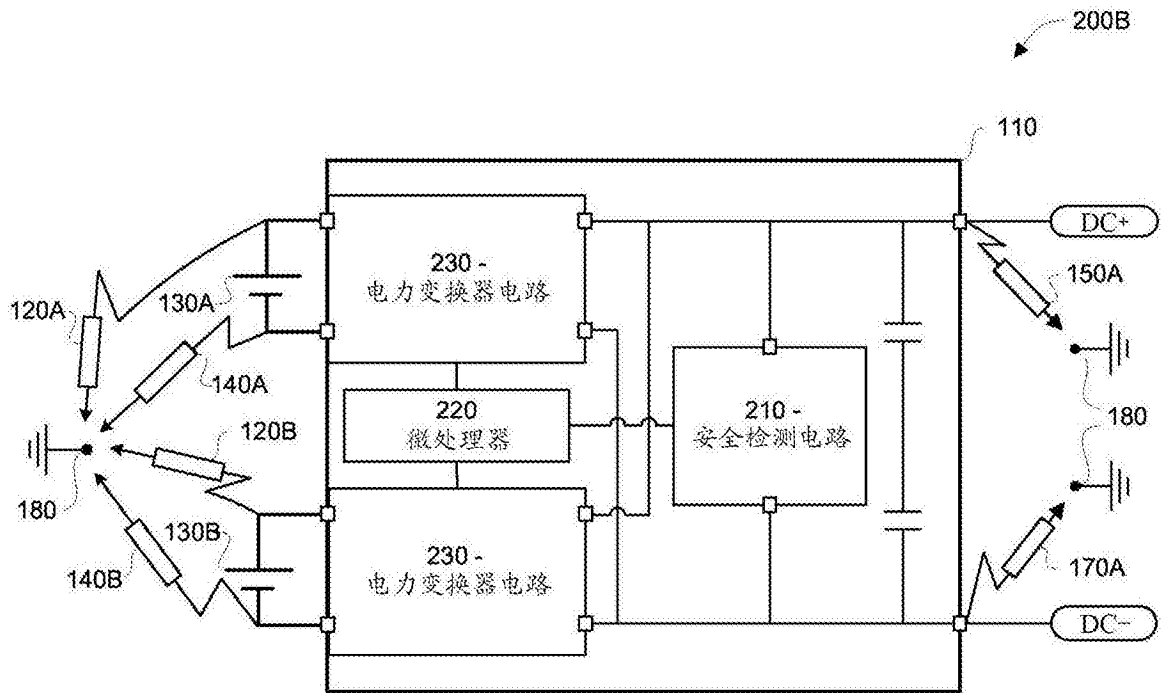


图2B

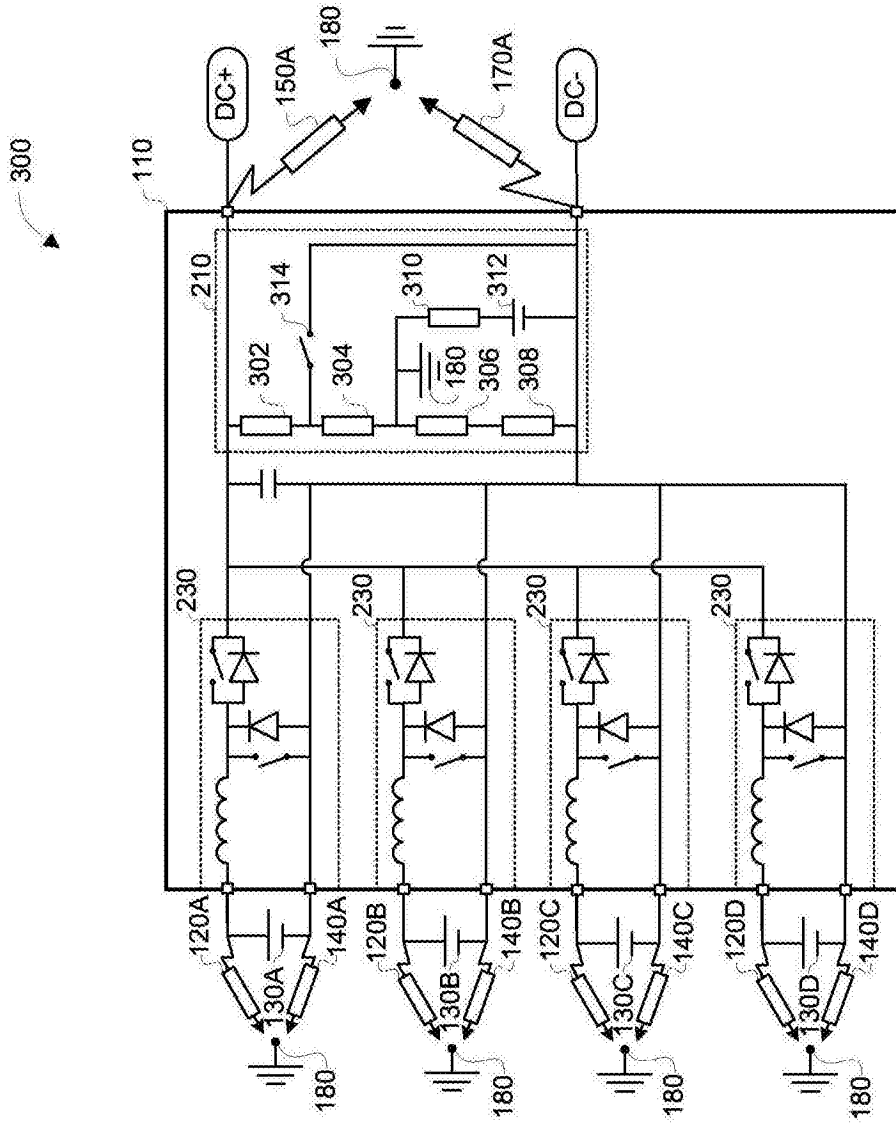


图3

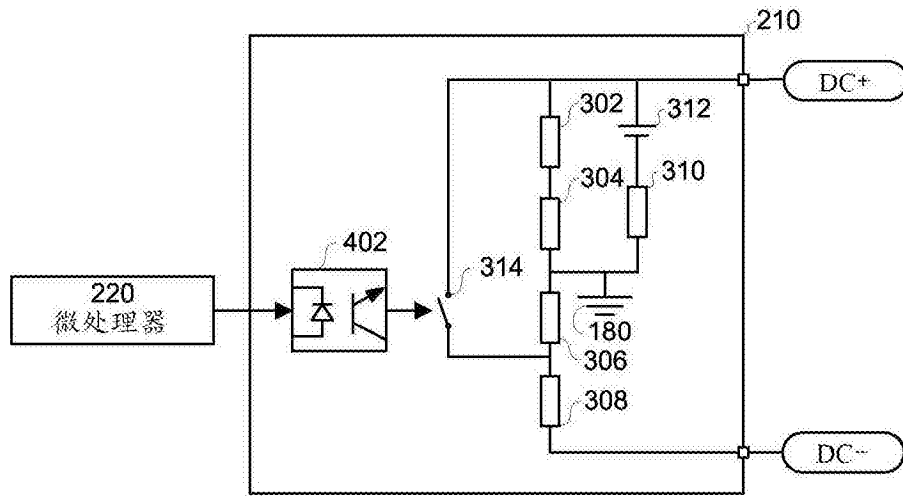


图4A

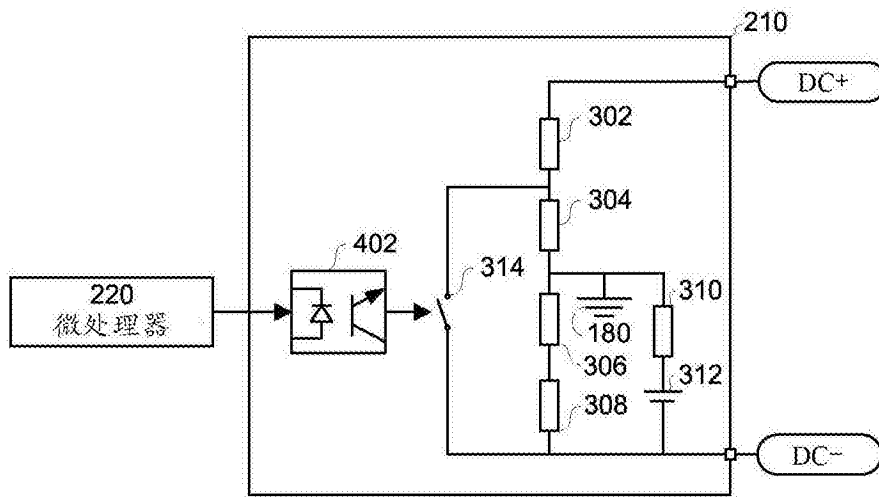


图4B

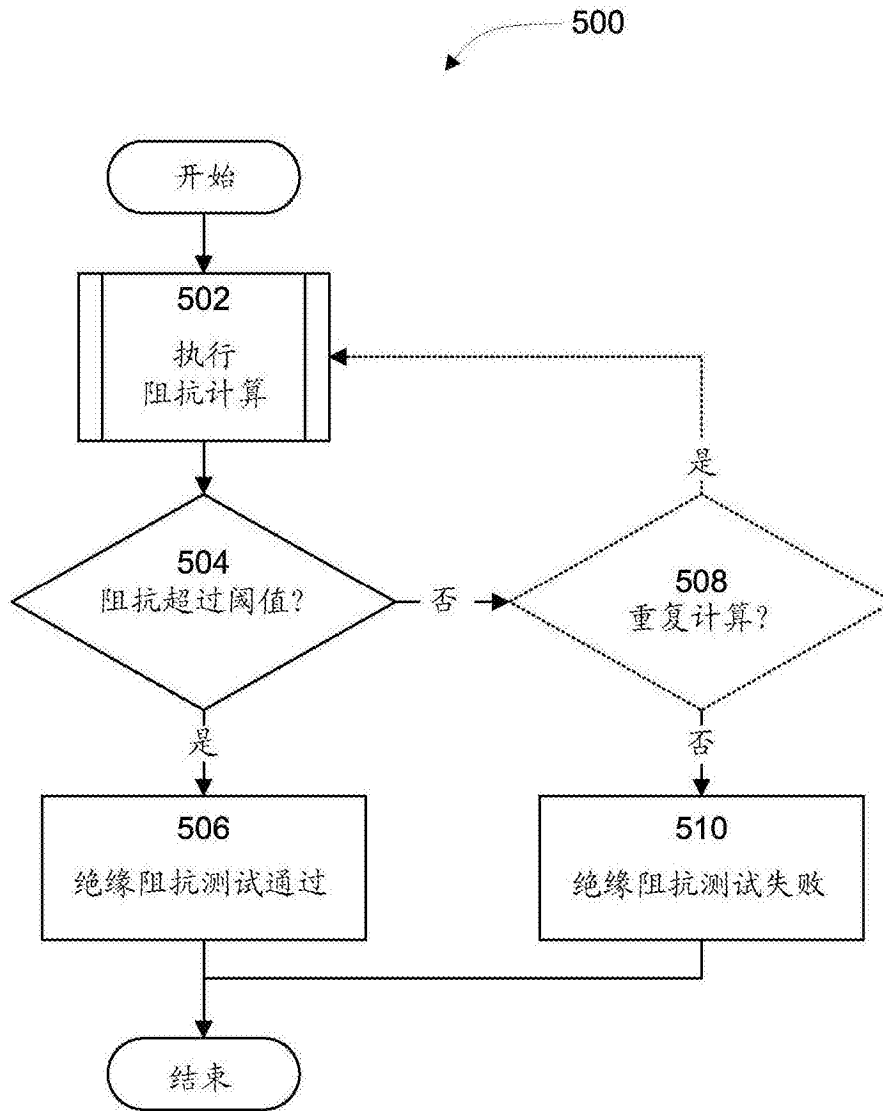


图5

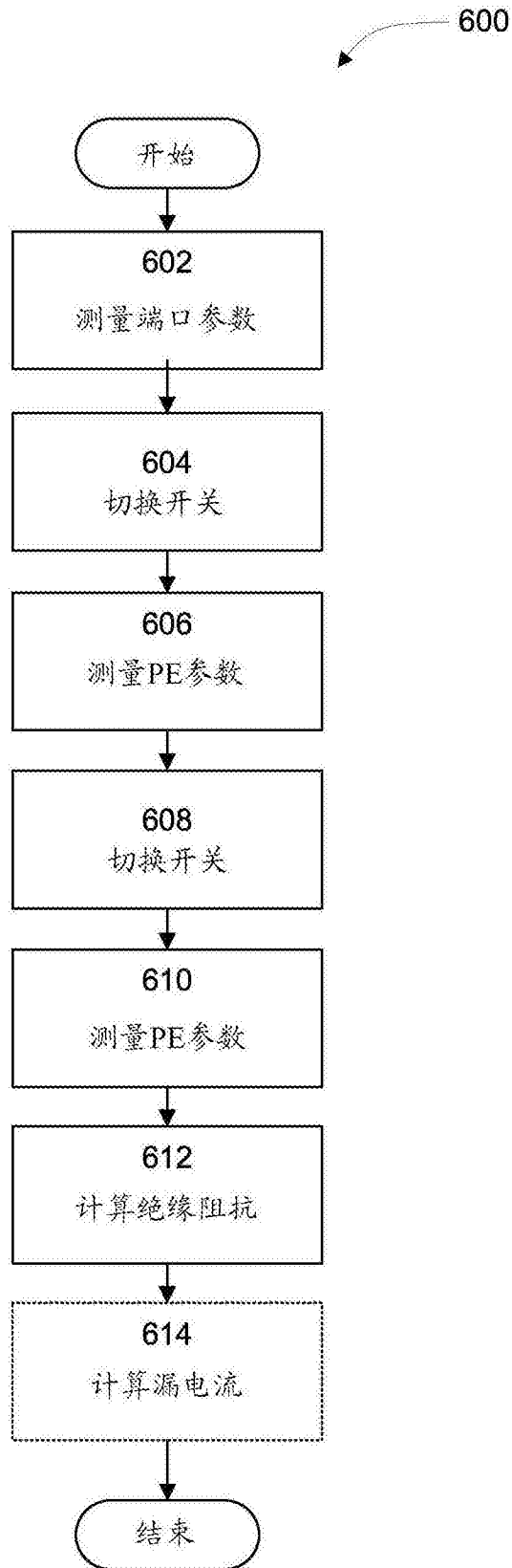


图6

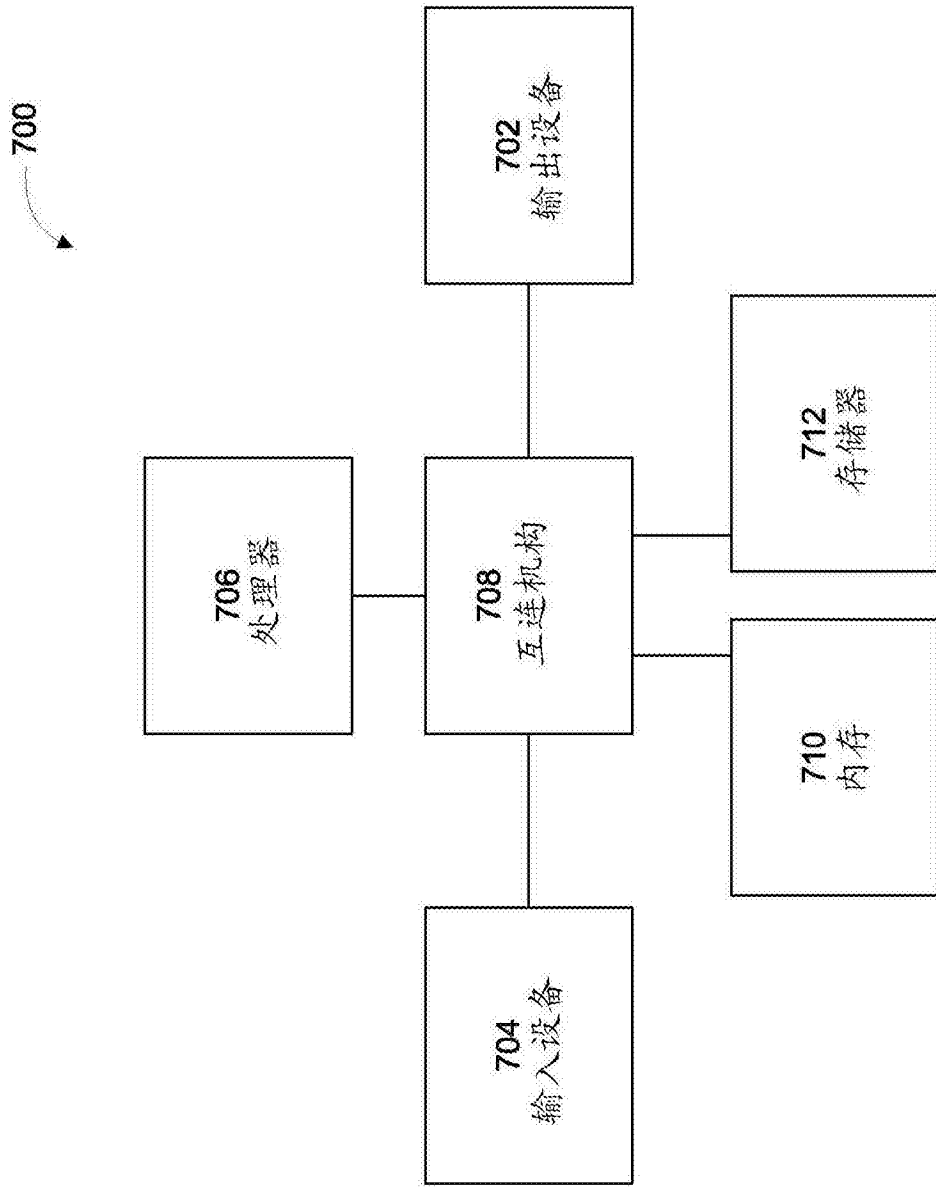


图7