



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108333491 B

(45) 授权公告日 2022.05.27

(21) 申请号 201810025083.8

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

(22) 申请日 2018.01.11

专利代理人 于小宁

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108333491 A

(51) Int.CI.

G01R 31/14 (2006.01)

(43) 申请公布日 2018.07.27

G01R 31/12 (2006.01)

(30) 优先权数据

H02S 50/10 (2014.01)

15/407,881 2017.01.17 US

(56) 对比文件

15/819,903 2017.11.21 US

CN 103875144 A, 2014.06.18

(73) 专利权人 太阳能安吉科技有限公司

CN 103548226 A, 2014.01.29

地址 以色列荷兹利亚

CN 104488155 A, 2015.04.01

(72) 发明人 伊兰·约瑟考维奇 G·塞拉

CN 102565635 A, 2012.07.11

M·盖兹特 Y·戈林

CN 103280768 A, 2013.09.04

大卫·布拉金斯基

CN 104253585 A, 2014.12.31

L·汉德尔斯曼 M·阿德斯特

CN 105553422 A, 2016.05.04

亚基尔·洛温斯腾

CN 106093721 A, 2016.11.09

察希·格罗文斯基

EP 2581941 A2, 2013.04.17

纳达夫·贝尔科维奇 罗恩·纽曼

US 2015381111 A1, 2015.12.31

A·菲谢尔夫

审查员 黄怡琪

权利要求书2页 说明书30页 附图23页

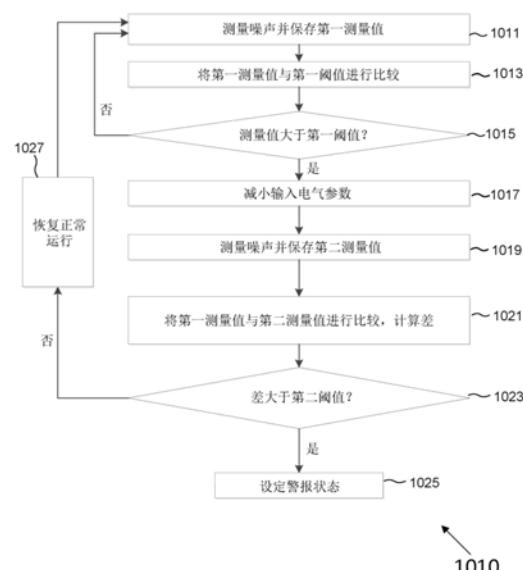
## (54) 发明名称

发电系统中的电弧检测及预防

## (57) 摘要

用于在系统中进行电弧检测的方法，所述系统包括一个或多个光伏发电器、一个或多个光伏功率装置，以及可连接至光伏发电器和/或光伏功率装置的系统功率装置和/或负载。所述方法可测量输送至负载或系统功率装置的电压、电流和/或功率，且所述方法可测量光伏系统内的电压噪声或电流噪声。所述方法可以周期性地和/或响应于检测到噪声而减小例如电流或电压等电气参数以便熄灭电弧。所述方法可以将一个或多个测量值与一个或多个阈值进行比较以检测电弧，并且一旦比较指示电弧存在或存在过，则可设定警报状态。

CN 108333491 B



1.一种在光伏系统中执行的方法,包括:

由功率装置汲取来自光伏发电器的输入功率,其中所述输入功率在第一电压电平和第一电流电平下;

在所述功率装置的输出处提供输出功率;

将所述输入功率的电压和电流减小到熄灭电弧的电平,同时保持所述输出功率中的至少一些;

等待预定时间段;以及

响应于经过所述预定时间段而增大所述输入功率的电压和电流。

2.根据权利要求1所述的方法,其中所述功率装置为光伏逆变器,所述光伏逆变器从多个光伏发电器汲取所述输入功率。

3.根据权利要求1所述的方法,其中所述功率装置为直流电到直流电功率转换器。

4.根据权利要求1所述的方法,其中所述功率装置为汲取来自多个光伏发电器的所述输入功率的系统功率装置。

5.根据权利要求1到4中任一项所述的方法,其中增大所述输入功率的电压和电流包括:将所述输入功率的所述电流增大到基本上等于所述第一电流电平,以及将所述输入功率的所述电压增大到基本上等于所述第一电压电平。

6.根据权利要求1到4中任一项所述的方法,其中所述输入功率的电压和电流的减小包括使用位于所述功率装置和所述光伏发电器之间的至少一个功率转换器将所述输入功率的所述电流减小到第二电流电平,其中所述第二电流电平允许熄灭所述电弧。

7.根据权利要求1到4中任一项所述的方法,其中所述输入功率的电压的减小是通过功率转换器进行的。

8.根据权利要求1到4中任一项所述的方法,进一步包括:响应于在所述电压的所述增大之后经过第二预定时间段而重复所述电压和所述电流的所述减小、所述预定时间段的所述等待和所述电压和所述电流的所述增大。

9.根据权利要求1到4中任一项所述的方法,进一步包括:

在所述电压和所述电流的所述减小之前:

测量包含所述功率装置和所述光伏发电器的电气系统中的电噪声以获得第一测量值;以及

比较所述第一测量值与第一阈值;

以及

在所述电压和所述电流的所述减小之后:

测量所述电气系统中的电噪声以获得第二测量值;以及

比较所述第二测量值与第二阈值。

10.一种在电气系统中执行的方法,包括:

测量所述电气系统中的电噪声以获得第一测量值;

比较所述第一测量值与第一阈值;

响应于确定所述第一测量值大于所述第一阈值,减小所述电气系统的电压和/或电流,同时保持输出功率中的至少一些,并等待预定时间段以基于减小的电压和/或电流允许可能的电弧熄灭;

在所述电压和所述电流的所述减小之后,测量所述电气系统中的电噪声以获得第二测量值;以及

基于所述第二测量值而确定是否设定警报状况。

11.根据权利要求10所述的方法,其中是否设定所述警报状况的所述确定进一步包括确定所述第一测量值与所述第二测量值之间的差不大于第二阈值,其中所述方法进一步包括在确定所述第一测量值与所述第二测量值之间的差不大于第二阈值后,增大所述电气系统的电压。

12.根据权利要求10所述的方法,其中是否设定所述警报状况的所述确定进一步包括确定所述第一测量值与所述第二测量值之间的差大于第二阈值,其中所述方法进一步包括设定所述警报状况。

13.根据权利要求12所述的方法,其中所述确定所述第一测量值与所述第二测量值之间的所述差大于所述第二阈值指示电弧熄灭。

14.一种功率装置,包括:

一个或多个控制器,配置成致使所述功率装置:

汲取来自光伏发电机的输入功率,其中所述输入功率在第一电压电平和第一电流电平下;

在所述功率装置的输出处提供输出功率;

将所述输入功率的电压和电流减小到熄灭电弧的电平,同时保持所述输出功率中的至少一些;

等待预定时间段;以及

响应于经过所述预定时间段而增大所述输入功率的电压。

15.根据权利要求14所述的功率装置,其中所述功率装置为光伏逆变器,所述光伏逆变器经由功率转换器从所述光伏发电机汲取所述输入功率。

16.根据权利要求14所述的功率装置,其中所述功率装置为直流电到直流电功率转换器。

17.根据权利要求14所述的功率装置,其中所述功率装置为汲取来自多个光伏发电机的所述输入功率的系统功率装置。

18.根据权利要求14到17中任一项所述的功率装置,其中,为了增大所述输入功率的电压和电流,所述一个或多个控制器配置成致使所述功率装置:

将所述输入功率的所述电流增大到基本上等于所述第一电流电平;以及

将所述输入功率的所述电压增大到基本上等于所述第一电压电平。

19.根据权利要求14到17中任一项所述的功率装置,其中所述输入功率的电压和电流的减小包括位于所述功率装置和所述光伏发电机之间的至少一个功率转换器将所述输入功率的所述电流减小到第二电流电平,其中所述第二电流电平允许熄灭所述电弧。

20.根据权利要求14到17中任一项所述的功率装置,其中所述输入功率的电压的减小是通过功率转换器进行的。

## 发电系统中的电弧检测及预防

### [0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请是2017年1月17日提交的美国申请15/407,881的外国公约申请,所述美国申请是2011年11月7日提交的第13/290,528号美国申请的部分接续(CIP)申请,所述美国申请要求2010年11月9日提交的英国申请GB1018872.0的优先权,所有这些申请以全文引用的方式并入本文中。第15/407,881号美国申请还是2016年8月29日提交的第15/250,068号美国申请的部分接续(CIP)申请,所述美国申请要求2016年4月5日提交的第62/318,303号美国临时专利申请和2016年5月25日提交的第62/341,147号美国临时专利申请的优先权,所有这些申请以全文引用的方式并入本文中。第15/407,881号美国申请还要求2016年9月16日提交的第62/395,461号美国临时专利申请的优先权,所述美国临时专利申请以全文引用的方式并入本文中。

### 技术领域

[0003] 本公开涉及分布式发电系统,并且具体涉及光伏发电系统中的电弧检测及预防。

### 背景技术

[0004] 分布式光伏发电系统可以被不同地配置为,例如含有一个或多个光伏面板,所述一个或多个光伏面板按照诸如在建筑物房顶的方式进行安装以接收太阳光。逆变器可以连接到光伏面板。逆变器通常将来自光伏面板的直流(DC)电力转换成交流(AC)电力。

[0005] 在开关、断路器、继电器触点、保险丝以及质量差的电缆末端中可能产生电弧作用。当电路被关闭或者在连接器中出现连接不良时,跨过连接器的触点可能形成电弧放电。电弧放电是气体的电击穿,其产生持续的等离子放电,是由于电流流动通过诸如空气的介质引起,这一介质通常是不导电的。在断开连接的开始,两个触点之间的分隔距离非常小。因此,在触点之间空气间隙上的电压产生了以伏特/毫米计非常大的电场。所述大电场导致在断开的两侧之间电弧的激起。如果电路具有足够的电流和电压来维持电弧,则电弧会对设备造成损坏,比如熔化导体、破坏绝缘件,以及起火。交流(AC)电力系统的过零可以使电弧不再被激起。直流系统可能比AC系统更易于形成电弧,这是因为在DC电力系统中不存在过零。

[0006] 电的电弧作用可能对电力分配系统和电子设备,并且尤其是光伏系统,具有有害影响,通常布置光伏系统的方式增加了电弧作用的风险。例如,由于光伏面板必须暴露于太阳下,它们通常在极端温度下运行。这种状况导致绝缘件和其他设备加速恶化,这可能导致导线暴露。此类系统还暴露于环境条件下,比如雨、雪,以及高湿度。此外,典型的住宅和/或工业光伏应用通常利用若干串联连接的面板来产生高电压。带有高电压的导体暴露在湿/潮湿条件下,形成了其中电弧作用可能性会增大的环境。

[0007] 电弧作用的这个问题提高了系统维护成本并降低了光伏面板的使用寿命,这是由于需要更频繁地维修和/或替换光伏面板和其他相关设备。光伏系统中的电弧作用还增大了起火的风险,从而增加了具有光伏系统的设施的运行和/或保险成本。光伏系统中电弧作

用的有效影响是将提高光电系统相比于诸如天然气、石油或煤炭的非可再生能源变得有成本竞争力的门槛。

## 发明内容

[0008] 如本文最新描述的,提供了系统和方法以解决光伏系统中的电弧作用问题,从而降低了整体成本并延长了此类系统的使用寿命。因此,本文所述的实施例在住宅和工业应用中部署了与非可再生能源替代方案相比更有竞争力的光伏系统。

[0009] 提供了用于光伏面板系统中电弧检测的方法,所述光伏面板系统可以包括利用诸如电力线(例如,DC电力线)的一个或多个机构可以连接到光伏面板的负载。一个示范性方法可以测量输送到负载的功率和由光伏面板产生的功率。这些测量值可以利用适当的技术进行分析。适当的技术的一个示例包括比较以产生,例如差分功率测量结果。可以利用,例如一个或多个静态和/或动态阈值对差分功率测量结果进行进一步分析。例如,在对信号进行积分或平滑处理时的瞬间或一段时间,当差分功率测量结果偏离一个或多个阈值时,分析可以触发警报状况。可以将测量值(例如,第二测量值)、静态和/或动态阈值、和/或功率测量值中的一个或多个转换成合适的格式和/或调制方案并传送到远程位置。在一个示范性方法中,可以调制前述项中的一个或多个(例如,第二测量值)并传送(例如,通过DC电力线)到远程位置。

[0010] 根据其他方面,用于系统中电弧检测的装置可以包括光伏面板以及利用例如电力线(例如,DC电力线)可以连接到光伏面板的负载。在所述方面,所述装置可以被不同地配置为包括:适合于测量由一个或多个光伏面板产生的功率的一个或多个电子模块,和/或适合于测量输送到例如负载的功率的分布式和/或中央式控制器。可以不同地配置多个方面以包括一个或多个机构,其用来以瞬时和/或积分的方式动态和/或静态地分析与光伏面板相关的功率和/或输送到负载的功率。所述分析可以被不同地配置为包括,例如瞬时和/或积分信号的动态和/或静态比较。合适的比较可以或可以不包括一个或多个阈值。分析可以采集历史数据并确定相比于所述历史数据的变化。此外,分析可以包括基于先前测试数据的预定阈值。基于动态和/或静态比较,可以操作一个或多个机构以检测当一个或多个光伏面板的功率输出大于输给负载的功率时的电弧作用。

[0011] 根据其他方面,用于电弧检测的一种方法可以在系统中执行,所述系统具有例如光伏串和利用例如DC电力线可以连接到光伏串的负载。用于电弧检测测量的方法可以被不同地配置为,例如量化和负载的噪声电压和/或光伏串中的一个或多个光伏面板的噪声电压相关联的值。可以利用合适的技术对与各种测量的噪声电压相关联的量进行分析。在一种技术中,可以在各种噪声电压之间做出动态和/或静态比较(例如,负载的噪声电压和/或光伏串中的一个或多个(例如,全部)光伏面板的噪声电压相比较),产生诸如差分噪声电压值的定量值。随后可以静态地和/或动态地对差分噪声电压值进行分析。在一个实施例中,可以将差分噪声电压值和一个或多个阈值静态地和/或动态地进行比较,瞬时地比较和/或随时间积分后比较。在利用阈值的情况下,当前述值中的一个或多个大于阈值时可以触发警报状况。例如,一旦差分噪声电压结果大于阈值,则可以设定警报状况;一旦设定警报状况,则可以断开光伏串。以上讨论的各种参数可以在本地进行分析和/或传送到远程位置。在一个实施例中,可以调制值的一个或多个并在DC电力线上传输。一旦光伏面板的一个或

多个或全部的功率或者光伏串的功率大于输送到负载的功率，则根据之前定义的静态和/或动态标准设定警报状况。

[0012] 根据其他方面，用于电弧检测的方法中的一个可以包括用于测量输送到负载的功率和/或光伏串所产生的功率的软件和/或电路。

[0013] 对光伏串的功率的测量可以不同地进行配置。在一个示例中，测量涉及发送测量每个光伏面板的功率输出的指令。随后可以传送和接收每个光伏面板的功率值。每个光伏面板的功率值可以相加，由此得到第二测量结果。随后可以调制将第二测量结果并在 DC 电力线上传送。

[0014] 可以根据预定值改变负载阻抗。在所述示例中，随后可以再次测量光伏串的功率，由此产生光伏串功率的第三测量结果。在这之后测量负载的功率，由此产生负载功率的测量结果。可以将各个测量值进行比较，由此产生另一个差分功率结果。各个差分功率结果可以由此产生总差分功率结果。在所述示例中，一旦总差分功率结果大于阈值，则可以设定警报状况。一旦设定了警报状况，则在示例中可以断开光伏串。可以调制第三测量结果并在 DC 电力线上传送。

[0015] 在所述示例中，对光伏串功率的测量可以涉及发送测量每个光伏面板的功率的一个或多个指令。随后可以传送和接收每个光伏面板的功率值。每个光伏面板的功率值可以相加，由此得到第三测量结果。随后可以调制第三测量结果并在 DC 电力线上传送。

[0016] 在另一个示例中，可以将测量串中功率的指令发送到连接到串的面板中的一个的主模块。实施例还可以包括分别连接到串的其他面板的从属模块，它们可以接受指令来测量功率。随后可以将功率测量结果从从属模块传送到主模块。功率测量结果随后可以由主模块接收，由主模块累加以产生串功率结果，在所述示例中所述结果可以传送到中央和/或分布式控制器。

[0017] 在本文所公开的一些实施例中，多个光伏功率装置可以被配置为以同步方式测量电压，这可以提供更高准确性的加和电压测量值。在一些实施例中，电压测量值和相关联电压测量值的传输两者可以被同步（例如，时间同步等）。可以在串联或并联的光伏串中的光伏电器（例如，光伏面板、电池、子串等）的输入和/或输出端子处得到电压测量值。根据一些方面，可以响应于传输错误和/或作为冗余特征重新传送电压测量值，这可以防止传输错误或可以解决其他问题。

[0018] 在一些实施例中，光伏电力装置可以以多个输出电压端子为特征。在一些实施例中，光伏发电器和光伏功率装置可以耦合在一起和/或被布置为提供多个较低阻抗电压回路。在一些实施例中，将光伏串设计为具有较低阻抗电压回路具有某些优点。这些优点可以包括提高电压传感器检测可能指示电弧作用状况的高频率电压分量的能力。根据一些方面，较低阻抗电压回路还可以提供一种确定电弧作用状况的位置的方式。

## 附图说明

[0019] 本文中的公开内容参考附图，其中：

[0020] 图1a示出了显示为正在发生串联电弧作用的电路的示例。

[0021] 图1b示出了图1a的电路，显示为正在发生并联或分路电弧作用的示例。

[0022] 图2示出了包括电弧检测特征的发电系统。

- [0023] 图3示出了用于检测串联和/或并联电弧的方法。
- [0024] 图4示出了用于检测串联和/或并联电弧的方法。
- [0025] 图5a示出了发电电路。
- [0026] 图5b示出了用于将负载功率与串功率进行比较的方法。
- [0027] 图5c示出了用于测量串的功率的方法。
- [0028] 图5d示出了用于串联电弧检测的方法。
- [0029] 图6a示出了检测电弧的方法。
- [0030] 图6b示出了用于测量输出电压的方法。
- [0031] 图6c示出了示例数据包。
- [0032] 图6d示出了用于检测电弧的方法。
- [0033] 图6e示出了用于估计光伏系统中的电压的方法。
- [0034] 图6f示出了用于检测电弧的方法。
- [0035] 图7a示出了包括电弧检测特征的发电系统。
- [0036] 图7b示出了用于检测电弧的方法。
- [0037] 图8a示出了光伏功率装置。
- [0038] 图8b示出了包括电弧检测特征的发电系统。
- [0039] 图8c示出了包括电弧检测特征的发电系统。
- [0040] 图8d示出了用于检测电弧的方法。
- [0041] 图9示出了光伏系统配置。
- [0042] 图10a示出了用于熄灭电弧的方法。
- [0043] 图10b示出了用于检测和熄灭电弧的方法。
- [0044] 图11a示出了执行图10b的方法的第一实例结果。
- [0045] 图11b示出了执行图10b的方法的第二实例结果。

## 具体实施方式

[0046] 现在将详细参考实施例，其示例在附图中示出，其中自始至终相同的参考数字指代相同的元件。以下将通过参考附图描述实施例来解释本公开。

[0047] 参考图1a，其显示了根据背景技术的电路10a中的串联电弧作用106。在图1a中，直流(DC)电源102在电力线104a和104b之间提供电力。电力线104b显示为处于接地电势。负载100将电力线104b连接到电力线104a。串联电弧作用可能出现在电路10a的任何部分中，例如在电力线104a、104b中或者在负载100或电源102内部。图中显示了电力线104a中在点C和点A之间断开连接或连接不良，这导致了串联电弧作用的实例106。通常，如果可以检测到串联电弧106，则位于电源102或负载100处的断路器(未示出)可以被切断以防止连续的串联电弧作用106。

[0048] 参考图1b，其显示了根据背景技术的电路10b中的并联或分路电弧作用108。在电路10b中，直流(DC)电源102在电力线104a和104b之间提供电力。负载100连接电力线104a和104b。并联电弧作用可能出现在电路10b的许多部分中，示例可以包括在电源102的正极和电源102的接地/底架之间的电弧作用，如果电源电缆104a/b是双芯电缆，电弧作用可能出现在两个芯之间，或者在负载100的正极端子104a和接地104b之间。并联电弧作用108可能

如图所示出现在电力线104b点D处和电力线104a上高电势点C处之间。

[0049] 电弧噪声近似于白噪声,这意味着功率谱密度在整个频谱上是几乎相等的。此外,电弧噪声信号的幅度具有非常接近高斯概率密度的函数。等式Eq. 1中给出了均方根 (RMS) 电弧噪声电压信号 ( $V_N$ ) ,如下所示:

$$[0050] \quad V_N = \sqrt{4KTBR} \quad \text{Eq. 1,}$$

[0051] 其中:

[0052] K=玻尔兹曼常数= $1.38 \times 10^{-23}$ 焦耳/开尔文;

[0053] T=温度,以开尔文为单位;

[0054] B=带宽,以赫兹 (Hz) 为单位,在所述带宽上对噪声电压 ( $V_N$ ) 进行测量;以及

[0055] R=电阻/电路/负载的阻抗(欧姆)。

[0056] 现在参考图2,其示出了根据实施例的、包括电弧检测特征的发电系统201。光伏面板200优选地连接到模块202的输入。多个面板200和多个模块202可以连接在一起以形成串联串。所述串联串可以通过将模块202的输出串联连接来形成。多个串联串可以在负载250两端并联连接。负载250可以是,例如直流 (DC) 到交流 (AC) 逆变器或DC到DC转换器。电子模块202可以被包含以测量面板200所产生的电压和/或电流。模块202可以能够指示面板200的功率输出。控制器204可以附接到负载250。控制器 204可以经由在将负载250连接到串联串的DC电力线上的电力线通信和/或通过无线连接可操作地附接到模块202。控制器204可以被配置为通过传感器206测量负载250所接收的功率。每个面板200具有底架,其可以连接到地面。串联电弧作用106的实例可能出现在两个面板200之间。并联电弧作用108的实例可以显示为在面板200的正极端子和面板200的接地之间。

[0057] 现在参考图3,其示出了用于检测串联和/或并联电弧作用的方法301。中央控制器204可以被配置为测量一个或多个参数,比如负载250所接收到的功率(步骤300)。模块202可以被不同地配置为,比如测量一个或多个面板200的功率(步骤302)。模块 202可以被不同地配置。在一个实施例中,其通过无线或电力线通信将表示所测量的一个或多个面板200的功率的数据传送到控制器204。控制器204计算面板200处产生的功率与负载250处接收的功率之间的差(步骤304)。在所述示例中,如果在步骤304中计算的差显示为,根据预定义的标准,面板200处产生的功率可能大于负载250处接收的功率(步骤306),那么可以设定潜在电弧作用的警报状况(步骤308)。否则,在所述示例中,电弧检测继续步骤300。

[0058] 现在参考图4,其示出了用于检测串联和/或并联电弧作用的示意性方法401。在根据所述示例的方法中,中央控制器204测量(步骤400) 负载250的均方根 (RMS) 噪声电压。模块202随后可以测量(步骤402)一个或多个面板200的均方根 (RMS) 噪声电压。模块202可以被配置为通过无线或电力线通信将表示面板200的均方根 (RMS) 噪声电压的数据传送到控制器204。

[0059] 一个或多个控制器可以被配置为,通过例如计算面板200处测量的噪声电压和负载 250处测量的噪声电压之间的差,将面板200处的噪声电压和负载250处的噪声电压进行比较(步骤404)。在所述示例中,如果在步骤404中计算的差显示为,根据一个或多个预定义的标准,面板200处测量的噪声电压可能大于负载250处测量的噪声电压(步骤406),那么可以设定潜在电弧作用的警报状况(步骤408)。

[0060] 另外对于所述示例,比较(步骤404)还可以涉及比较先前在不同时间(例如,紧接

发电系统201安装之后的时间)存储在控制器204的存储器中的面板200和/或负载 250的 RMS 噪声电压电平。在所述示例中,先前存储的面板200和负载250两者的RMS 噪声电压电平以查找表形式存储在控制器204的存储器中。查找表具有例如在一天的不同时间、一周的某天或一年的某个时间的面板200和负载250两者的RMS噪声电压电平,其可以与当前测量的面板200和负载250两者的RMS噪声电压电平进行比较。

[0061] 在所述示范性示例中,如果测量的负载250均方根(RMS)噪声电压数据与测量的面板200均方根(RMS)噪声电压数据的比较可能大于RMS噪声电压差的特定阈值(步骤406),则可以设定潜在电弧作用的警报状况(步骤408),否则电弧检测继续步骤400。

[0062] 现在参考图5a,其示出了根据本公开的实施例的发电电路501a。发电电路501a中,面板200的输出连接到模块202的输入。面板200的输出可以被配置为向模块202提供 DC 功率输入( $P_{IN}$ )。模块202可以包括直流(DC到DC)切换功率转换器,比如,降压电路、升压电路、降压-升压电路、可配置的降压或升压电路、具有可配置旁路以禁用降压或升压阶段的级联降压和升压电路,或者任何其他DC-DC转换器电路。模块202 的输出电压可以标记为 $V_i$ 。

[0063] 模块202和模块202a的输出可以串联连接以形成串联串520。两个串520可以显示为并联连接。在一个串520中,显示了在串520中可能正在串联产生电弧电压( $V_A$ )的情况。负载250可以是DC到AC逆变器。控制器204可以附接到负载250。控制器204 任选地通过电流传感器206测量负载250两端的电压( $V_T$ )以及负载250的电流。电流传感器206可以附接到控制器204并耦合到负载250的电力线连接。

[0064] 取决于在面板200上的太阳辐射,在第一种情况下,一些模块202可以运行以转换输入上的功率,提供模块202固定的输出电压( $V_i$ )和输出功率,所述输出功率可能取决于串520中流过的电流。在串520中流过的电流可能与面板200的辐照度水平有关,例如,辐照度越大,则串520中电流越大,且模块202的输出功率越大。

[0065] 在第二种情况下,模块202可以运行以将输入上的功率转换为在输出上的相同功率,例如,如果在模块202的输入上是200瓦特,那么模块202努力使输出上也具有200瓦特的功率。然而,由于模块202在串520中可以串联连接,根据基尔霍夫定律,在串520 中的流过的电流可以是相同的。在串520中流过的电流相同意味着模块的输出电压( $V_i$ ) 应当改变,以便确保在模块202的输出上的功率可以与模块202的输入上的功率相同。因此,在所述示例中,随着串520电流增大,模块202的输出电压( $V_i$ )减小,或者随着串520电流减小,模块202的输出电压( $V_i$ )增大到最大值。当模块202的输出电压 ( $V_i$ ) 增大到最大值时,第二种情况可能类似于第一种情况,因为输出电压( $V_i$ )现在可以被有效地固定。

[0066] 在串520中的模块202可以具有主/从关系,模块202a中的一个被配置为主模块而其他模块202被配置为从属模块。

[0067] 由于在所述示例中电流在整个串520中可以相同,主模块可以被配置为测量串520的电流。模块202任选地测量它们的输出电压 $V_i$ ,以便可以确定总的串功率。在所述示例中,从属模块202的输出电压可以被测量并通过有线通信或通过电力线通信进行传送,比如传送到主单元202a,以便从模块202a到控制器204的单次遥测可以足够传送串的输出功率。在串520中的主模块202a可以被不同地配置为,比如与其他从属模块202 进行通信以用于控制从属模块202。在所述示例中,主模块202a可以被配置为从控制器 204接收“保持活跃”信号,其可以被传达到从属模块202。从控制器204发送的、通过无线通信或通过电力线通信传

送的可选“保持活跃”信号可以存在或不存在。存在“保持活跃”信号可以使模块202连续运行和/或通过主模块202a连续运行。不存在“保持活跃”信号可以使模块202停止运行和/或通过主模块202a停止运行(即,电流停止流过串520)。可以使用各自具有对应于每个串520的不同频率的多个“保持活跃”信号,使得可以使特定串520停止产生电力,其中可能存在电弧作用的情况,而其他串520继续产生电力。

[0068] 现在还参考图5b,其示出了用于将负载功率与串功率进行比较的方法503。在步骤500中,可以测量一个或多个串520的功率。在步骤502中,可以利用中央控制器204 和传感器206测量负载250功率。在步骤504中可以比较测量的负载功率和测量的串功率。步骤500、502和504可以由等式Eq.2(假定是一个串520)以数学表示,在所述示例中,参考图5a,如下所示:

$$V_T I_L = \sum P_{IN} - V_A [I_L] I_L + \sum V_i I_L \quad Eq.2,$$

[0070] 其中:

[0071]  $V_A [I_L]$ =作为电流 $I_L$ 函数的电弧电压;

[0072]  $V_T I_L$ =负载250的功率;

[0073]  $\sum P_{IN}$ =当模块202可以运行,使得模块的输出电压( $V_i$ )改变以便确保在模块202的输出上的功率可以与模块202的输入上的功率( $P_{IN}$ )相同时,模块202的功率输出;以及

[0074]  $\sum V_i I_L$ =具有固定电压输出( $V_i$ )的模块202的功率输出,和/或当串520电流减小到足以使模块202的输出电压( $V_i$ )增大到最大输出电压电平值时,(具有可变输出电压 $V_i$ )模块202的功率输出。在所有情况下,最大输出电压电平值( $V_i$ )和固定电压输出( $V_i$ )可以被预先配置为在发电电路501a中相同。

[0075] 通过从输送到负载250的功率( $V_T \times I_L$ )减去串520功率的和( $\sum P_{IN} + \sum V_i I_L$ )得到差,可以实现串520的串功率和输送到负载250的功率( $V_T \times I_L$ )之间的比较。如果差可能小于预定义的阈值(步骤506),则继续对串520(步骤500)和负载250(步骤502)可用的功率进行测量。在决定框506中,如果所述差可能大于先前定义的阈值,则可以设定警报状况并且可能正在出现串联电弧状况。串联电弧作用的情况通常导致“保持活跃”信号从控制器204到模块202的传输中断,这使得模块202关闭。模块202关闭可以是停止串520中串联电弧作用的优选方式。

[0076] 现在参考图5c,其更详细地示出了测量串520的功率的方法步骤500(图5b中所示)。中央控制器204可以通过电力线通信向主模块202a发送指令(步骤550)。主模块202a可以测量串520电流以及在主模块202a的输出上的电压和/或在主模块202a的输入上的电压和电流,以分别给出模块202a的输出功率和输入功率。主模块可以命令(步骤552)串520中的从属模块202测量输出电压和串520电流和/或模块202的输入电压和电流,以分别给出模块202的输出功率和输入功率。从属模块202可以接着被配置为将步骤552中测量的输入功率和输出功率传送(步骤554)到主模块202a。主模块202a 接收(步骤556)在步骤554中传送的功率测量值。主模块202a接着根据等式Eq2将接收的功率测量值和主模块202a完成的功率测量值一起累加(步骤558)。根据等式Eq2,  $\sum P_{IN}$ =当模块202可以运行,使得模块的输出电压( $V_i$ )改变以便确保在模块202的输出上的功率可以与模块202的输入上的功率( $P_{IN}$ )相同时,模块202的功率输出; $\sum V_i I_L$ =具有固定电压输出( $V_i$ )的模块202的功率输出,和/或当串520电流减小到足以使得模块202的输出电压( $V_i$ )增大到最大输出电压电平值时,

(具有可变输出电压 $V_i$ 的) 模块202的功率输出。在所有情况下,最大输出电压电平值( $V_i$ )和固定电压输出( $V_i$ )可以被预先配置为在发电电路501a中相同。在步骤558中累加的功率测量值随后可以由主模块202a传送到中央控制器204(步骤560)。

[0077] 现在参考图5d,其示出了用于串联电弧检测的方法505。第一差分功率结果508出现在电路501a中,负载电流 $I_L$ 现在标记为电流 $I_1$ ,负载250两端的电压为 $V_T$ (如图5a 中所示)。第一差分功率结果508可以参考图5a和等式Eq.3(下文)产生,作为执行方法503(图5b 中所示)的结果。等式Eq.3如下:

$$V_T I_1 = \sum P_{IN} - V_A [I_1] I_1 + \sum V_i I_1 \quad Eq.3,$$

[0079] 其中:

[0080]  $V_A [I_1]$ =作为电流 $I_1$ 函数的电弧电压;

[0081]  $V_T I_1$ =负载250的功率;

[0082]  $\sum P_{IN}$ =当模块202可以运行,使得模块的输出电压( $V_i$ )改变以便确保在模块202的输出上的功率可以与模块202的输入上的功率( $P_{IN}$ )相同时,模块202的功率输出;以及

[0083]  $\sum V_i I_L$ =具有固定电压输出( $V_i$ )的模块202的功率输出,和/或当串520电流减小到足以使模块202的输出电压( $V_i$ )增大到最大输出电压电平值时,(具有可变输出电压 $V_i$ 的)模块202的功率输出。在所有情况下,最大输出电压电平值( $V_i$ )和固定电压输出( $V_i$ )可以被预先配置为在发电电路501a中相同。

[0084] 负载250的阻抗可以在中央控制器204的控制下任选地进行调节(步骤510)。通常,如果负载250是逆变器,控制器204通过改变逆变器的控制参数来调节负载250的输入阻抗。由于欧姆定律,负载250的输入阻抗的改变使负载250的输入两端的电压改变。如图所示,由于负载250的输入阻抗被调节,电路501a中负载250两端的电压( $V_T$ )可以因此改变 $\Delta V$ 的量。负载250两端的电压现在可以是 $V_T + \Delta V$ ,且负载250电流( $I_L$ )现在可以是 $I_2$ 。

[0085] 以在步骤510中得到的调节后的负载250输入阻抗为基础,再次执行方法503(图5c中所示),作为结果,现在可以产生第二差分功率结果522。第二差分功率结果522 可以由等式Eq.4以数学表示,如下所示:

$$(V_T + \Delta V) I_2 = \sum P_{IN} - V_A [I_2] I_2 + \sum V_i I_2 \quad Eq.4,$$

[0087] 其中:

[0088]  $V_A [I_2]$ =作为电流 $I_2$ 函数的电弧电压;

[0089]  $(V_T + \Delta V) I_2$ =输送到负载250的功率;

[0090]  $\sum P_{IN}$ =当模块202可以运行,使得模块的输出电压( $V_i$ )改变以便确保在模块202的输出上的功率可以与模块202的输入上的功率( $P_{IN}$ )相同时,模块202的功率输出;以及

[0091]  $\sum V_i I_L$ =具有固定电压输出( $V_i$ )的模块202的功率输出,和/或当串520电流减小到足以使模块202的输出电压( $V_i$ )增大到最大输出电压电平值时,(具有可变输出电压 $V_i$ 的)模块202的功率输出。在所有情况下,最大输出电压电平值( $V_i$ )和固定电压输出( $V_i$ )可以被预先配置为在发电电路501a中相同。

[0092] 第一差分功率结果508可以与第二差分功率结果522进行比较(步骤524),例如,利用控制器204,从第二差分功率结果522减去第一差分功率结果508得到差。所述差可以由等式Eq.5表达,其可以作为从等式Eq.4减去等式Eq.3的结果,如下所示:

$$V_T I_1 - (V_T + \Delta V) I_2 = V_A [I_2] I_2 - V_A [I_1] I_1 + \sum V_i (I_1 - I_2) \quad Eq.5$$

[0094] 由此可以消去电路501a的每个模块202加和的输出功率( $P_{IN}$ )。

[0095] 等式Eq.5可以由控制器204通过对等式Eq.5执行模运算符函数来重新排列,得到如等式Eq.6中所示的电弧系数 $\alpha$ 。

$$[0096] \frac{V_T I_1 - (V_T + \Delta V) I_2}{(I_1 - I_2)} = \alpha + \sum V_i \quad Eq. 6$$

[0097] 其中电弧系数 $\alpha$ 在Eq.7中示出。

$$[0098] \alpha = \frac{V_A [I_2] I_2 - V_A [I_1] I_1}{(I_1 - I_2)} \quad Eq. 7$$

[0099] 控制器204,例如,可以被配置为根据以上公式和测量值计算系数 $\alpha$ 。在等式7中示出的电弧系数 $\alpha$ 的非零值促使设定警报状况(步骤528),否则可产生另一个第一差分功率结果508(步骤503)。串联电弧作用的情况通常导致控制器204去除“保持活跃”的信号,而促使模块202关闭。模块202关闭可以是停止串520中串联电弧作用的优选方式。

[0100] 现在参考图6a,其示出了检测电弧的流程(例如方法)601。在一个或多个实施例中,图6a中示出的方法601和/或其一个或多个步骤可以由一个或多个计算装置执行,比如控制器计算装置,其可以和图2的控制器204相类似或相同。例如,计算装置(例如,控制器等)可以是和/或包括模拟电路、微处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)和/或现场可编程门阵列(FPGA)。控制器可以与和模块202相类似或相同的一个或多个模块进行通信并且可以使用一种或多种通信方法,比如电力线通信(PLC)、无线通信(例如,蜂窝通信、WiFi™、ZigBee™、Bluetooth™或替代协议)和/或声通信。在一些实施例中,方法601的一个或多个方面或步骤可以由主模块控制器执行,例如可以是主模块(例如,模块202a)的一部分的控制器。

[0101] 为了示意性非限制性目的,方法601将被描述为由控制器204执行,控制器204可以与模块202进行通信(例如,与包括通信和/或控制装置的模块202进行通信),如图2中所示,并用图2进行描述。对于功率模块、控制器以及其他装置的不同布置,可以类似地使用方法601。根据一些实施例,控制器204可以包括在诸如功率模块(例如,功率模块202)、汇流箱、光伏逆变器等的装置中和/或与其进行通信。根据一些装置,控制器204可以连接到和/或无线耦合到功率模块和/或其他PV装置。根据一些装置,控制器204可以是远程服务器,其被配置为对PV电力系统进行远程控制。图6a的任何公开的步骤(和/或本文中的相关描述)可以被省略、以除了所引述之外的方式执行、重复和/或组合。

[0102] 方法601可以在步骤602处开始,其中计算装置(例如,控制器204)可以(例如,通过本文公开的一种或多种通信方法)命令多个串连接的模块(例如,模块202)测量一个或多个电气参数。这些电气参数可以是基于模块的参数(例如,模块输出电压 $V_i$ )。在一些实施例中,指令可以指示模块可以开始测量输出电压的时间或时间戳,和/或可以指示模块可以在一事件之后开始测量输出电压的时间间隔,比如在从控制器204接收到指令之后。

[0103] 在一些实施例中,电气参数的测量值的获得可以被同步,这可以用于利于测量的参数的求和。例如,控制器204可以发送指令以同步电压测量值,所述电压测量值可以用于通过将一个或多个单独的时间同步的电压测量值求和来确定总串电压。

[0104] 在另一个示例中,在步骤602处发送的指令可以包括让(例如,模块的串联串中的)

模块瞬间对输出电压 $V_i$ 进行采样或在模块接收到指令之后即刻对输出电压进行采样。根据一些方面,在步骤602处发送的指令可以在堪比光速的速度(即, $3 \cdot 10^8 \text{m/sec}$ )或在某其他速度下传送。作为示意性的数值示例,如果在控制器204和模块202之间的通信在约三分之一的光速下(例如,约 $10^8 \text{m/sec}$ )发生,且在多个串连接的模块202中的任意两个模块202之间的最大通信路径距离为100m,则每对相应模块202接收到指令的相应时间点相差可能不大于约 $\frac{100}{10^8} = 1\mu\text{s}$ 。如果多个串耦合的模块202中的每一个在接收到指令时立即测量电压,则多个测量值可以被认为是基本上同时的(即,对应于为了使测量值的和准确代表单个时间点上总的串电压而足够接近的时间点)。

[0105] 在一些实施例中,在步骤602处发送的指令可以包括用于将诸如由模块202获得的电压测量值的测量值的传送同步的信息。例如,指令可以命令图5a的一个或多个模块202在接收到指令之后1秒测量输出电压,可以命令第一模块(例如,202a)在测量到输出电压之后1秒(或者根据可以包含在模块中的时钟,相应数目的时钟周期)传送测量的输出电压,可以命令第二模块202在测量到输出电压之后两秒传送测量的输出电压,诸如此类。以此方式,多个模块202的每一个可以在基本上相同的时间测量模块输出电压,但是可以相对于另一模块202在不同的时间传送测量值,这可以降低同时传送的可能性和可能丢失数据(例如,丢弃数据包)的可能性。

[0106] 在一些实施例中,在步骤602处发送的指令可以不命令模块202同步测量值传送,但是可以命令一个或多个模块202在传送测量值之前等待随机的一段时间。如果宽时间窗被允许用于传送,则重叠传送的可能性可以较低。作为示意性数值示例,每个模块202能够在100毫秒内传送测量值。如果四十个模块202在5分钟的时间窗期间传送测量值,且每个模块202在5分钟时间窗期间的随机时间广播测量值,则按照 $\prod_{i=0}^{39} \left(1 - i \cdot \frac{100ms}{5 \cdot 60s}\right) = 0.77$ 的概率,不会有两个测量值传送重叠且可以接收每个传送。根据一些方面,可以通过Eq.8估计、确定或计算无两个传送重叠的概率,Eq.8如下所示:

$$[0107] p_{no\_overlap} = \prod_{i=0}^{N-1} \left(1 - i \cdot \frac{transmission\_time}{window\_size}\right) \quad Eq.8,$$

[0108] 其中N表示传送模块202的数量,并且可以选择传送时间以及窗的大小来获得非重叠传送的期望概率, $N * transmission\_time \leq window\_size$ 。根据一些方面,优选的配置可以包括: $transmission\_time \ll window\_size$ 。

[0109] 应当理解的是,关于方法601所公开的测量值同步的元件可以类似地应用于本文所公开的其他方法。例如,图5c中所示的方法500的一个或多个步骤可以使用关于图6a所述的测量值和/或传送同步。

[0110] 在一些实施例中,可以不实施步骤602,并且模块202的串中的每个模块202可以在没有从控制器204接收指令的情况下独立地测量输出电压测量值。例如,每个模块202可以每隔若干分钟(例如,每分钟,每五分钟,或每十五分钟等)测量输出电压。

[0111] 在一些实施例中,每个模块202可以测量直流(DC)输出电压和/或交流(AC)输出电压。例如,每个模块202可以包括输出DC输出电压(或诸如电流的其他参数)的DC到DC转换器,并且每个模块202可以测量所述输出DC电压。根据一些实施例,每个模块202可以包括输

出AC输出电压的DC到AC转换器(例如,逆变器、微型逆变器等),并且每个模块202可以测量所述输出电压(或诸如电流的其他参数)。

[0112] 在步骤603处,控制器204可以从多个模块202中的一个或多个接收测量值(例如,输出电压测量值)。在一些实施例中,每个模块202可以和测量值一起传送标签(例如,唯一代码、ID代码等)。根据一些方面,控制器204可以将每个唯一标签与标签的列表(例如,保存在非瞬时性计算机可读存储器中的列表,所述存储器可以耦合到控制器和/或包含在控制器中)进行比较以确定是否已经从特定模块接收到了电压测量值。根据一些方面,可以在步骤602之前获得标签的列表(即,未在图6a中明确指出的方法步骤)。例如,所述步骤可以包括识别多个模块中的一个或多个模块并存储与每个模块相关联的唯一标签。

[0113] 任选地,如果一个或多个测量值可能未由控制器204正确地接收到,则控制器204可以命令一个或多个模块202重新传送测量值。例如,如果没有从第一模块202和第二模块202中接收测量值,在一些实施例中,控制器204可以命令全部或一些模块202重新传送测量值,和/或在一些实施例中,控制器204可以请求仅从第一模块202和/或第二模块202重新传送。

[0114] 在另一个实施例中,一个或多个模块202最初(例如,响应于步骤602)可以传送模块输出电压测量值两次,这可以提供冗余度和防止测量值丢失(例如,归因于重叠传送时间)。例如,关于以上等式8,如果每个测量值被传送两次,如果发生了测量值丢失,由单个模块202传送的两个测量值同时丢失的概率非常小,从而增大了控制器204从每个模块202接收到至少一个测量值的概率。

[0115] 在步骤604处,控制器204可以确定与在步骤602处接收到的测量值相关联的一个或多个时间戳是否指示大约相同的时间。例如,控制器204可以评估与一个或多个接收到的电压测量值相关联的时间戳,以确定在步骤603处接收到的测量值指示可能获得相应测量值的大约相同的时间。例如,如果两个时间戳指示时间上的差异很小或可以忽略不计(例如,数毫秒),则控制器204可以确定测量值可能在大约相同的时间获得。在另一个示例中,如果两个时间戳指示时间上的差异较大或者不可忽略(例如,数秒,数十秒或数分钟,或更大),则控制器204可以确定测量值在不同的时间(即,不是在大约相同的时间)获得。如果所有的测量值或所有感兴趣的测量值被确定为在相同时间或大约相同时间获得,则控制器204可以前进到步骤605,其将在以下更详细地讨论。如果所有的测量值或所有感兴趣的测量值被确定为没有在相同时间或大约相同时间获得,则控制器204可以前进到步骤610和/或返回到步骤602。

[0116] 在一些实施例中,在返回到步骤602之前,控制器204可以执行步骤610。在步骤610处,可以利用一个或多个替代的电弧检测步骤和/或方法。例如,在步骤610处,可能已经从多个模块202接收并且可能已经被确定为在不同时间测量的一个或多个电压测量值,可以由控制器204用来确定或估计每个模块在特定时间的对应电压(例如,根据以下更详细描述的图6e的方法650)。根据一些方面,控制器204可以前进到步骤605 并且可以使用在步骤610中确定的电压值。根据一些方面,在步骤610处,控制器204 可以将接收到的电压测量值与先前测量的电压测量值进行比较,并且可以基于显示出指示电弧作用状况的趋势(例如,测量的电压随时间升高或降低)的一个或多个模块电压,确定可能存在电弧作用状况。

[0117] 在步骤605处,执行方法601的控制器204可以计算在步骤603处接收的一个或多个

输出电压测量值的和,其可以针对电压表示为 $\Sigma Vi$ ,但是可以针对诸如电流、功率等的其他参数表示为另一种符号。根据一些方面, $\Sigma Vi$ 可以指示在包括多个串联连接的模块202的串(例如520)两端的电压(例如,总电压)或者可以指示在串的一部分两端的电压。

[0118] 在步骤606处,控制器204(或其他装置或实体)可以将 $\Sigma Vi$ 与基准参数(例如,电压、电流、功率等)进行比较。例如,基准可以是单个基准电压或多个基准电压。在一些实施例中,基准可以是先前执行方法601获得的电压的和 $\Sigma Vi$ (例如,在步骤608处保存的值,所述步骤将在以下更详细地讨论)。在一些实施例中,基准可以是随时间测量的一系列电压(例如,通过先前执行方法601获得的 $\Sigma Vi$ 的十个值)。在一些实施例中,基准可以是在发电电路(例如,501a)中和/或在发电系统(例如,201)中的一个不同位置处测量的电压。在一个示例中,基准可以是在图5a的负载250的输入处测量的电压。

[0119] 在步骤607处,控制器204可以确定在步骤606处执行的比较是否指示了电弧作用状况。例如,在一些实施例中,控制器204可以将 $\Sigma Vi$ 与在负载250的输入处测量的基准电压相比较,其可以表示为 $V_{250}$ ,并且如果 $V_{diff} = \Sigma Vi - V_{250} > V_{thresh}$ ,可以确定可能存在电弧作用状况,其中 $V_{thresh}$ 可以选定为可以指示电弧作用状况的最小差异电压。在一些实施例中, $V_{thresh}$ 可以是约1伏特。在一些实施例中, $V_{thresh}$ 可以小于或大于约1伏特。返回参考图2,在串联电弧106的情况下,在串联电弧106两端的电压降(其可以称作 $Varc$ )可以在低电压开始(例如,数十或数百毫伏),并且随着时间过去, $Varc$ 可能增大,比如到若干伏特(例如,比如到10伏特、100伏特,或者甚至更高)。根据一些方面, $Varc$ 可以不由模块202测量,但是 $Varc$ 可以由 $V_{250}$ (即,在负载250的输出处测量的电压)反映。例如,对于串联电弧106的 $Varc$ 可以不包含在由模块202获得的电压测量值中,但是在负载250的输入处获得的电压测量值可以包括对应于 $Varc$ 的部分。通过选定适当的 $V_{thresh}$ ,可以在危险状况出现之前检测到串联电弧106。

[0120] 在一些实施例中,可以根据历史数据选定 $V_{thresh}$ 。例如,可以根据在一种或多种电弧作用状况下在发电系统中测量的差分电压选定 $V_{thresh}$ 。在一些实施例中,可以将 $\Sigma Vi$ 与先前测量的电压和/或差分电压进行比较。例如,执行方法601十次,每三分钟一次,可以生成十个不同的 $\Sigma Vi$ 结果和十个差分电压结果 $V_{diff}$ 。如果这十个 $V_{diff}$ 结果(例如, $V_{diff1}, V_{diff2}, \dots, V_{diff10}$ )指示了趋势(例如,差分电压在一段时间上升高)且新获得的 $V_{diff11}$ 结果继续了所述趋势,则控制器204可以确定可能存在电弧作用状况。

[0121] 如果控制器204在步骤607处确定了可能不存在电弧作用状况,则控制器204可以返回到步骤602,并且在一段时间之后,重新开始方法601。在一些实施例中,控制器204可以从步骤607前进到步骤608并将计算的值 $\Sigma Vi$ 和 $V_{diff}$ 保存到存储器中以在将来使用,并且随后从步骤608返回到步骤602。在一些实施例中,在步骤608处,控制器204可以保存附加的数据,比如从模块(例如,模块202)接收到的单独的测量值,以用于将来参考和分析。根据实施例,在步骤608处保存的测量值可以在方法650的步骤653-654处使用,如图6e中所示。

[0122] 如果控制器204在步骤607处确定了可能存在电弧作用状况,则控制器204可以前进到步骤609并设定警报状况。设定警报状况可能导致产生各种安全协议。

[0123] 例如,执行方法601的控制器204(或其他装置)可以耦合到有线和/或无线网络/因特网/内联网,和/或任意数目的终端用户装置,比如计算机、智能电话、平板电脑和/或其他装置,比如可以位于诸如网络操作中心和/或发电监控中心的一个位置处的服务器。这

些装置可以用来生成警告以警告危险的状况和/或采取行动来削弱或关闭发电电路 501a 的某些部分。例如,这些警告可以是听觉的和/或视觉的。根据一些方面,这些警告可以是蜂鸣声、音调、光、汽笛声、LED或高流明LED。这些警告可以位于处所中或者在处所中启动,比如在住宅、大楼、车辆、飞行器、太阳能农场中,在屋顶上,在发电电路501a中等。在一个示例中,警告可以集中(比如在服务器中)和/或分布到终端用户装置(例如,计算机、智能电话和/或平板电脑)。这些警告可以显示在耦合、附接和/或嵌入到发电电路501a的各个部件(比如,隔离开关、开关、PV电池/阵列、逆变器、微型逆变器、优化器、残留电流装置、仪表、断路器、干线和/或接线盒等)内的显示器上。警告可以不同地耦合到用户或安装者的蜂窝电话和/或其他装置(例如,个人装置、计算装置等)以使用户意识到电路处于危险状况和/或当用户可能正在接近处于危险状况的电路或在其附近时警告用户。警告可以耦合到或者以其他方式与GPS坐标相关联,和/或响应于接近危险状况的位置中移动的装置(例如,智能电话、平板电脑等)而生成。由模块202发送的测量值和/或加和的测量值 $\Sigma V_i$ 可以在本地进行分析和/或发送到另一装置用于进一步分析、存储和回顾。

[0124] 在一些实施例中,步骤609可以包括响应于电弧作用状况关闭发电系统的电力生产。根据一些方面,如果在步骤607处,控制器204确定了可能存在电弧作用状况,则控制器204可以重复方法601的一个或多个步骤,这可以降低“错误警报”的风险和/或降低由于一个或多个不准确或不可靠测量值或由于测量噪声而关闭发电系统的频率。根据一些方面,控制器204可以重复方法601的一个或多个步骤多于一次。根据一些方面,方法601 的步骤的执行和/或重复可以按照快速接续的方式进行(例如,相隔一秒、相隔数秒等),或者可以相隔更长时间(例如,相隔若干分钟、相隔若干小时等)。在一些实施例中,仅当方法601的两次或更多次的执行指示了电弧作用状况时,可以设定警报状况。根据一些方面,方法601可以在任意时间和/或在任意步骤之后结束。

[0125] 在一些实施例中,方法601可以由耦合到多个PV串的控制器204执行。控制器204可以关于每个PV串执行方法601(例如,如果十个PV串耦合到控制器204,则控制器 204可以每5分钟执行方法601十次,方法601的每次执行应用于不同的串)。在其中控制器204耦合到多个PV串的一些实施例中,步骤609可以进一步包括指示耦合到控制器204的那个串触发了警报状况(即,哪个串可能经历了电弧作用状况)。

[0126] 现在参考图6b,其示出了根据一个实施例的方法。方法611可以由控制器或其他计算装置执行,例如被配置为控制一模块的装置(例如,光伏功率装置,比如DC-DC转换器、DC-AC微型逆变器,隔离开关、监测装置以及类似的装置)。例如,计算装置(例如,控制器等)可以是和/或包括模拟电路、微处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)和/或现场可编程门阵列(FPGA)。控制器可以控制与模块202相类似或相同的一个或多个模块,并且可以使用一种或多种通信方法,比如电力线通信 (PLC)、无线通信(例如,蜂窝通信、WiFi<sup>TM</sup>、ZigBee<sup>TM</sup>、Bluetooth<sup>TM</sup>或替代协议)和/ 或声通信。

[0127] 为了示意性非限制性目的,方法601将被描述为由图8a的控制器804执行(其可以与控制器204相类似或相同并且将在以下更详细地进行讨论),其可以是与图2的模块202相类似或相同的功率模块802的特征。执行方法611的控制器804可以与执行方法601的第二控制器204进行通信,例如利用电力线通信 (PLC)、无线通信或声通信进行通信。例如,方法611可以由包含在功率模块中的控制器执行,并且方法601可以由包括在与功率模块电连通的

PV逆变器中的控制器执行。控制器804可以测量控制用于测量和模块相关联的,诸如输入和/或输出电压、电流、功率、太阳辐照度和/或温度的电气参数的一个或多个传感器,例如图8a的传感器/传感器接口805,其可以与传感器 206相类似或相同并且将在以下更详细地讨论。如果传感器/传感器接口805包括电压传感器,则所述电压传感器可以并联地放置以检测例如图8a的模块802的输入或输出处的电压。

[0128] 在步骤612处,控制器804可以接收(例如,来源于执行方法601的步骤602的第二控制器204的)指令,以测量相关联模块(例如,图2的模块202)的参数(例如,输入和/或输出电压、电流、功率、太阳辐照度和/或温度)。

[0129] 在步骤613处,控制器(例如控制器804)可以命令相关的传感器测量模块(例如,模块202)的输出电压,并且所述电压测量值可以保存到存储器中(例如图8a的存储器装置809,以下将对其进行更详细的讨论)。在一些实施例中,控制器804可以(例如,在步骤612处或其他时间)接收可能指示用于执行步骤613的一个或多个方面的某个时间的指令。例如,在步骤612处接收到的指令可以命令控制器804测量在一时间(例如,在1:00:00pm)的输出电压,或者可以命令控制器测量在预定的一段时间之后的输出电压(例如,在接收到指令后3秒)。

[0130] 在步骤614处,控制器804可以在控制器804命令通信装置806在步骤615处传送电压测量值之前确定一段时间。在一些实施例中,在步骤612处(或其他时间)接收到的指令可以指示应当执行步骤615的时间,这可以降低多个控制器同时传送的概率。例如,在步骤612处接收到的指令可以指示,可以在1:00:01pm(即,测量后一秒)传送所述输出电压。在一些实施例中,控制器804可以选定在传送之前等待的一段时间(例如,随机的或伪随机的一段时间等)。例如,控制器804可以(例如,根据均匀分布)选定,在传送所述电压测量值之前等待在1秒和十五分钟之间的、随机的一段时间。

[0131] 在步骤615处,电压测量值被传送到相关联的控制器(例如,执行方法601的控制器204)。在一些实施例中,电压测量值可以和附加的信息,例如和控制器相关联的标识(ID)标签和/或指示何时获得电压测量值的时间/时间戳(或其他描述)的时间戳,一起传送。在一些实施例中,在步骤615处,电压测量值可以被传送多于一次,这可以增大测量值将被正在接收的第二控制器接收至少一次的概率。

[0132] 在步骤616处,控制器804可以接收重新传送电压测量值的指令,例如,如果通信已经丢失和/或未被另一部件接收到,比如由于传送错误引起,则控制器804可以重新传送电压测量值。如果接收到此类指令,则控制器804可以循环返回到步骤615并重新传送。如果没有接收到此类指令,则控制器804可以返回到步骤612并等待接收附加的指令以测量输出电压。根据一些方面,方法611可以在任意时间和/或在任意步骤之后结束。

[0133] 现在参考图6c,其示出了根据一个或多个所公开方面的数据包630。数据包630可以包括一个或多个元素,比如发送者ID标签632、时间戳633以及一个或多个测量值 634。发送者ID标签632可以指示发送数据包630的相关控制器或模块的标识(例如,唯一ID)。测量值634可以包括由模块(例如202或802)处的传感器获得的一个或多个测量值,例如在模块(例如,模块202)处或附近测量的电压、电流、功率、温度和/或辐照度。时间戳633可以指示获得和/或测量到测量值634的时间。如果在不同的时间得到了若干测量值,则可以针对相应测量值包含若干时间戳633。在一些实施例中(例如,在其中所述包可能由并不是被打算

作为最终接收者的装置接收到的情况下),所述包可以包括对应于被打算作为或后续接收者的目标ID标签635。在一些实施例中,所述包可以包括关于包内容的元数据的报头631,并且可以包括可以提供增强的数据完整性的循环冗余校验(CRC)部分636。

[0134] 根据一些方面,数据包630可以在方法611的步骤615处发送和/或可以在图6a的步骤603处接收。数据包630的时间戳633可以在步骤604处(例如由控制器204)读取和/或处理,以验证所述数据包630和一个或多个其他数据包大约同时接收。根据一些方面,数据包630可以包括可以在步骤605处(例如由控制器204)用来计算由多个模块(例如202)测量的电压(或其他参数)的和的测量值634。

[0135] 现在参考图6d,其示出了根据一个或多个所公开方面的、用于电弧检测的方法。根据一些方面,方法601的步骤610可以包括方法640的一个或多个步骤。方法640可以由控制器(例如,控制器204)用于通过利用一个或多个参数测量值(例如,电压测量值)来检测或确定电弧作用状况,所述一个或多个参数测量值可能并不是在大约相同的时间测量和/或获得。例如,一个测量值可能是在第一时间获得而第二测量值可能是在第二时间获得。

[0136] 在步骤641处,执行方法640的控制器(例如204)可以评估对应于一组参数测量值634(例如,电压测量值、电流测量值等)的相应测量值634的一组时间戳633。例如,控制器可以读取多个时间戳633并确定时间戳633可能并不是大约相同(例如,时间戳633可能指示相差数秒、数十秒、数分钟或数小时的多个时间点)。

[0137] 在步骤642处,控制器204可以选定参考时间戳 $ts$ 。在一些实施例中,参考时间戳可以是一组时间戳633(例如,最早的时间戳、最晚的时间戳、中间的时间戳或中值时间戳等)中的一个。在一些实施例中,参考时间戳 $ts$ 可能并不对应于一组时间戳633中的一个(例如,可以是所述组时间戳中两个或多个时间戳的平均数或者可以是时间戳范围内的随机时间)。

[0138] 在步骤643处,控制器204可以确定对应于在参考时间戳 $ts$ 处测量的电压的多个电压估计值、计算值或近似值。例如,如果在步骤641处控制器204评估了对应于电压 $V_1[t_1]$ , $V_2[t_3]$ , $V_3[t_3]$ 和 $V_4[t_4]$ (例如,在四个不同的模块202处测量的电压)的时间戳 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 和 $t_4$ ,则在步骤643处,控制器204可以确定电压 $\tilde{V}_1[ts]$ , $\tilde{V}_2[ts]$ , $\tilde{V}_3[ts]$ 和 $\tilde{V}_4[ts]$ (即,在时间戳 $ts$ 在四个模块202处的电压)。根据一些方面,控制器可以通过插值、回归分析等确定这些电压估计值。以下将关于图6e更详细讨论步骤643的各个方面。

[0139] 在步骤644处,执行方法640的控制器(例如204)可以计算在步骤643处估计或确定的输出电压测量值的和,其可以表示为 $\sum Vi$ 。 $\sum Vi$ 可以指示串(例如520)或包括多个串联连接的模块202的串520的一部分的两端的总电压。

[0140] 步骤645、646和647可以分别与方法601的步骤606、607和609相类似或相同,但是可以替代地使用在步骤644中确定的值。步骤648可以与方法601的步骤608相类似或相同,但是可以替代地使用在步骤644中确定的值。根据一些方面,方法640可以在任意时间和/或在任意步骤之后结束。

[0141] 现在参考图6e,其示出了根据实施例的用于在特定时间戳估计参数(例如电压)的方法。方法650可以用来估计或确定在参考时间戳的电压降,例如,如图6d中所示的方法640的步骤643那样。在步骤651处,待估计的全部电压(例如, $V_1[ts]$ , $V_2[ts]$ 等)可以由控制器204初始化到“未估计”状态或“未粗略估计”状态。例如,控制器204可以识别出可以由控制

器204在确定电弧状况时使用的一个或多个电压。

[0142] 在步骤652处,控制器204可以选择未估计的电压 $V_i$ (例如, $V_1$ )用于估计。

[0143] 估计可以包括,例如,直接计算、概率计算、查找和/或(例如,经由有线或无线通信)接收已估计或确定的值。

[0144] 在步骤653处,控制器204可以加载先前测量或获得(例如,在过去执行方法601的过程中在方法601的步骤608处测量的) $V_i$ 的测量值。例如,控制器可以加载k个 $V_i$ 的先前测量值,其中k是正整数。在其中 $V_i$ 可能缓慢和/或按照基本上可预测的方式改变的系统中,参数k可以较小,例如,k可以是1、2或3。根据一些方面,为了注释的便利,在第j个先前的电压测量值和参考时间戳ts之间经过的时间段可以被称为 $\Delta t_j$ ,其中j是小于或等于k的正整数。

[0145] 在步骤654处,控制器204可以确定近似的电压 $V_i[ts]$ ,近似值表示为 $\tilde{V}_i[ts]$ 。根据一些方面,控制器204可以使用在步骤653处加载的先前的电压测量值作为对适当的估计算法的输入。

[0146] 在一些实施例中,电压 $V_i$ 可能随着时间缓慢地改变,并且在参考时间戳估计的电压可以是 $\tilde{V}_i[ts] = V_i[ts - \Delta t_1]$ ,即k=1,并且在参考时间戳的电压可以被确定为和上个测量值相同。在另一个实施例中,在参考时间戳估计的电压可以通过将先前的电压测量值拟合到线性曲线来进行计算,例如使用公式:

$$[0147] \quad \tilde{V}_i[ts] = V_i[ts - \Delta t_1] + \frac{V_i[ts - \Delta t_1] - V_i[\Delta t_1 - \Delta t_2]}{\Delta t_1 - \Delta t_2} \cdot (ts - \Delta t_1)$$

[0148] 即,其中k=2。在其中 $V_i$ 可能快速地或按照更复杂的方式改变的实施例中,k可以大于2,并且可以使用更高阶的多项式、诸如指数函数或对数函数的复杂函数或统计模型来估计 $\tilde{V}_i[ts]$ 。可以根据估计 $\tilde{V}_i[ts]$ 过程中的统计误差选择阈值(例如,在方法601、607的步骤或步骤646处用来确定电压的和与基准电压之间的差异是否指示电弧作用状况的阈值)。例如,如果可以高精度地估计 $\tilde{V}_i[ts]$ ,则可以使用较小的阈值(即,即使在电压的和与基准电压之间的较小差异可以触发指示电弧作用的警报状况)。根据一些方面,可以使用更大的阈值。根据一些方面,可以将电压 $V_i$ 标记为“确定的”、“估计的”或“近似的”。

[0149] 在步骤655处,控制器204可以确定是否已经估计了一个或多个(或全部)电压 $V_i$ 。如果已经估计了全部电压(或者感兴趣的电压),则控制器204可以前进到步骤656并提供所述估计的电压 $V_i$ 用于进一步分析(例如,由控制器和/或计算装置在方法640的步骤644处使用)。如果确定了一个或多个电压(即,感兴趣的一个或多个电压)可能没有进行估计,则方法650可以循环返回到步骤652。方法650可以在任意时间和/或在任意步骤之后结束。

[0150] 现在参考图6f,其示出了根据一个或多个所公开方面的、用于检测电弧作用状况的方法660。装置(例如,控制器204或某个其他装置)可以或可以不执行作为不同的方法的一部分(例如,作为方法601的步骤610)的方法660的一个或多个步骤。根据一些方面,执行方法660的控制器(例如204)可以通过检测测量的(例如,当前测量的、先前测量的等)参数(例如,电压、电流、功率和/或温度)测量值中的失控趋势来检测潜在的电弧作用状况。为了示意性目的,可以使用电压测量值来说明方法660的一个方面。

[0151] 在步骤661处,控制器204可以接收(例如,从存储器部件加载和/或通过通信从另

一装置接收) k (1、2、3等) 个测量的电压测量值(例如,在模块202的输入处或输出处,或者在负载250处测量的)。

[0152] 在步骤662处,控制器204可以尝试检测电压测量值中的趋势。例如,控制器204 可以确定电压测量值是否显示出随时间增大或减小或者基本上保持相同。根据一些方面,可以利用线性回归、非线性回归等检测其他趋势。在一个示例中,在电弧(例如,电弧106)两端的电压降可能始终随时间增长(例如,由于导体的熔化,这可能增大了电弧作用气隙并由此增大了电弧作用电压),这可能导致(例如,在模块202处)测量的电压随时间增大。可以随时间观察到的电弧作用电压的改变,可以根据一个或多个参数而不同,包括但不限于,流动通过电弧可能出现的导体的电流、导体材料、温度以及其他运行和环境参数。执行方法660的控制器(例如204)可以根据这些参数中的一个或多个进行校准,这可以是公知的或者可以根据执行方法660的部件、装置或系统的位置确定(例如,用实验估计)。

[0153] 根据实施例,在电弧两端的电压降可以通过Eq. 9,如下所示:

$$[0154] \quad \text{Eq. 9} \quad V_{arc} = (V_c + d \cdot V_d) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{I_0}{I}}\right)$$

[0155] 其中, $V_{arc}$ 可以是全电弧电压, $V_c$ 可以是在电弧作用接触点处的电压, $d$ 可以是电弧气隙尺寸, $V_d$ 可以是将气隙两端的电压降与气隙d尺寸相关的参数, $I$ 可以是流动通过电弧的电流,以及 $I_0$ 可以是参数(例如,可以取决于导体材料的参数)。根据一些方面, $I$ 可以由模块202测量并由此可以获知,并且d可能随时间增长(例如,由于导体熔化),这可能导致测量的电压的改变,可以指示电弧作用状况。

[0156] 作为示意性数值示例,系统可以具有 $V_c = 15[V]$ , $V_d = 5 \left[ \frac{V}{mm} \right]$ , $I_0 = 1A$ , $I = 15A$ 。

电弧气隙尺寸可能以0.1mm/sec的速度增长,电弧电压可能以约1V每3分钟的速度增长,其可能导致在模块202的输出处测量的电压以50mV每3分钟的速度增长(例如,在其中模块202的输出阻抗包括由电弧“可见”的总回路阻抗的约5%的情况下),或者可能导致在模块202的输入处测量的电压以约500mV每3分钟的速度增长(例如,在其中电弧在模块202的输出处且模块202的输入阻抗为由电弧“可见”的总回路阻抗的约50%的情况下)。

[0157] 应当理解的是,在以上数值示例中提供的示意性数值仅仅是用来表明对应于一个实施例中可行场景的可能数值。在替代系统和实施例中所述数值可以不同,并且以上使用的示意性数值并不以任何方式进行限制。

[0158] 在步骤663处,控制器204可以确定在步骤661处加载的电压测量值是否指示了趋势,以及如果测量值指示了趋势,所述趋势是否受控。受控趋势的示例可以是启动状况,例如,在一天的开始,其中一个或多个模块202可能主动地增大输出电压以向负载250 提供增大的功率。受控趋势的另一个示例可以是由模块202执行最大功率点跟踪(MPPT) 所引起的模块202输入处的电压降低。由于受控趋势可能发生在正常系统运行期间,如果检测到受控趋势(例如,通过将趋势与由控制装置发出的命令或与模块202和/或负载 250中的操作改变相关联),控制器204可以前进到步骤664,其可以与方法601的步骤 608相类似或相同,并且可以保存测量值。如果在步骤663处检测到未受控的趋势,则所述趋势可能指示了电弧作用状况(例如,未受控的电弧作用状况),并且控制器204 可以前进到步骤665,其可以和方法601的步骤609相类似或相同,并且可以设定警报状况。根据一些方面,方法660可以在任

意时间和/或在任意步骤之后结束。

[0159] 现在参考图7a,其示出了根据示意性实施例的光伏(PV)发电系统701。PV发电系统701可以包括多个PV发电机。在图7a中所示的示意性实施例中,每个PV发电机可以包括PV面板700,其可以与面板200相类似或相同。在一些实施例中,PV发电机可以包括单独的PV电池、PV电池的子串、一个或多个PV面板和/或PV阵列。在一些实施例中,PV发电机可以由一个或多个电池、电容器、超级电容器、燃料电池、风力涡轮机或其他电力生成或存储源替代或补充。

[0160] 每个PV发电机(在图7a的情况下为每个面板700)可以耦合到功率模块702(例如702a、702b、702c等等,共同称为“模块702”)。根据一些方面,功率模块702可以与模块202相类似或相同。每个模块702可以包括输入端子和输出端子,它们可以耦合到面板700。每个模块702可以被配置为在输入端子处接收来自面板700的输入功率,并且可以被配置为在输出端子处提供输出功率。多个模块702所提供的功率可以在电力母线和接地母线之间组合。在图7a的示意性实施例中,每个模块702的输出端子并联耦合在电力母线和接地母线之间。每个模块可以对相关联的面板700应用最大功率点跟踪(MPPT),这可以用于从面板提取增大的功率(例如,在最大功率处或其附近)。

[0161] 负载750可以耦合在电力母线和接地母线之间,并且可以接收由面板700所生成的电力。在一些实施例中,负载750可以包括DC/AC逆变器。在一些实施例中,负载750可以包括DC或AC汇流箱、一个或多个安全装置(例如,一个或多个保险丝、残留电流装置、继电器、隔离开关)。在一些实施例中,负载750可以包括监测装置,例如,被配置为测量参数(例如电压、电流、功率、温度和/或辐照度)的一个或多个传感器以及用于发射和/或接收消息、命令和/或数据的通信装置(例如,有线或无线的)。控制器704可以耦合到负载750。在一些实施例中,控制器704可以是集成在DC/AC逆变器中的控制器,并且可以利用模拟电路、微处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)和/或现场可编程门阵列(FPGA)实施。控制器704可以利用诸如电力线通信(PLC)、无线通信(例如,蜂窝通信、WiFi<sup>TM</sup>、ZigBee<sup>TM</sup>、Bluetooth<sup>TM</sup>或替代的协议)和/或声通信的通信方法与模块702进行通信。根据一些方面,控制器704可以和控制器204相同或相类似。

[0162] 图7a示出了电弧706可能发生在模块702c的输出端子和电力母线之间的场景。将电力母线和接地母线之间的电压表示为V<sub>pg</sub>,模块702可以测量约V<sub>pg</sub>的输出电压,由于存在输出端子每个模块702可以耦合在接地母线和电力母线之间。由于在电弧706两端存在电压降,模块702c可以测量出与V<sub>pg</sub>不同的输出电压。根据本文所公开的方法,每个模块702可以常规地测量每个模块702相应输出端子两端的输出电压,并且测量的输出电压的比较可以指示出电弧作用状况。在图7a的示意性示例中,每个模块702(不包括模块702c)可以测量出约300V的输出电压,并且由于在电弧706两端存在10V的电压降,模块702c可以测量出约310V的电压降。

[0163] 在一些实施例中,一个或多个模块702可以测量电压噪声,并且由每个模块702获得的电压噪声测量值可以(例如由控制器704)进行比较。在一些实施中,由模块702c获得的电压噪声测量值可以作为电弧706的指示。例如,如果由模块702c测量的电压谱包括了具有在其他电压测量值中未发现的量值的显著的高频分量,则本文所公开的一个或多个方法或步骤可以确定所述测量值可能指示出在模块702c处或其附近存在电弧作用状况。

[0164] 现在参考图7b,其示出了根据一个实施例的、用于检测电弧的方法711。在一些实施例中,方法711可以由与图7b的控制器704相类似或相同的控制器执行。在一些实施例中,方法711可以由以模块702为特征的主控制器执行。为了示意性目的,方法711 将被描述为由控制器704执行。步骤712-714可以分别与方法601的步骤602-604相类似或相同。在步骤715处,执行方法711的控制器(例如704)可以将在步骤714处接收到的电压测量值互相进行比较。在步骤715处,控制器704可以确定从模块接收的测量值是否不同(例如,一电压测量值与其他测量值相差大于50mV、500mV或大于1V,或者一电压噪声测量值与其他电压噪声测量值相差数十毫伏)。根据一些方面,电压差可以与一些阈值进行比较,所述阈值可以由控制器或一些其他装置设定。根据一些方面,所述阈值可以是电压测量值之间的实质差。根据一些方面,所述阈值可以是电压的比。例如,如果电压差是较低电压测量值的两倍大(对应于二的阈值比),或者是较低电压测量值的十倍大(对应于十的阈值比),或者如果电压差等于较低电压测量值(对应于一的阈值比),可以认为电压差大于阈值。如果在步骤716处确定电弧作用状况不太可能存在,则方法可以前进到步骤718,其中控制器704可以将在步骤714处接收的测量值保存到存储器。执行方法711的控制器704可以返回到步骤712,比如在已经过去一段时间之后(例如,五分钟),以重新执行方法711。在一些实施例中,当过去的测量值可能未被用于参考时,方法可以直接从步骤716返回到步骤712。

[0165] 如果在步骤716处确定了可能存在电弧作用状况(例如,当一电压测量值实质上与其他电压测量值不同时),方法可以前进到步骤717,其可以类似于方法601的步骤609,且可以设定警报状况。在一些实施例中,控制器可以重复方法711,并且当附加的重复指示电弧作用状况时仅前进到步骤717(例如,降低了“错误警报”的风险)。

[0166] 在一些实施例中,在步骤718处记录的测量值可以在未来执行方法711期间用于参考。例如,第一模块702可能始终提供与其他模块的输出电压不同的输出电压测量值(例如,归因于有故障的传感器或者归因于有损耗的元件,比如损坏的导线)。步骤715和 716可以被校正以产生恒定的或可预测的测量差,并且如果测量差随时间连续改变,则步骤716可以和触发步骤717相适应。

[0167] 现在参考图8a,其示出了根据一个或多个方面的电路811,比如可以在光伏功率装置802中找到的电路。光伏功率装置802可以用作,类似于或者是图2和图5a的模块 202和/或图7a的模块702。在一些实施例中,电路811可以包括功率转换器801。功率转换器801可以包括直流到直流(DC/DC)转换器,比如电荷泵、降压、升压、降压/ 升压、降压+升压、丘克(Cuk)、反激式和/或正激式转换器。在一些实施例中,功率转换器801可以包括直流到交流(DC/AC)转换器(也被称为逆变器),比如微型逆变器。在一些实施例中,电路811可以包括最大功率点跟踪(MPPT) 电路803,其被配置为从功率装置耦合的电源(例如,太阳电池板、太阳能电池等)提取增大的功率(例如,在最大功率处或其附近)。在一些实施例中,功率转换器801可以包括MPPT功能。电路 811可以进一步包括控制器804,控制器804可以是模拟电路、微处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC) 和/或现场可编程门阵列(FPGA)。控制器804可以与图2的控制器204相类似或者相同,并且可以和用于控制图2的模块202的控制装置相类似或者相同。

[0168] 仍然参考图8a,控制器804可以通过公共总线810控制电路811的其他元件和/或与它们进行通信。在一些实施例中,电路811可以包括电路和/或传感器/传感器接口805,其被

配置为直接测量参数或从所连接的、被配置为测量在电源上、在电源处或在电源附近的参数的传感器和/或传感器接口805接收测量的参数。这些参数可以包括电源输出的电压和/或电流和/或电源输出的功率,诸如此类。在一些实施例中,电源可以是PV模块,并且传感器或传感器接口805可以测量或可以接收模块所接收到的辐射和/或在模块上、在模块处或在模块附近的温度的测量值。在一些实施例中,电路和/或传感器/传感器接口805可以被配置为直接测量参数或从所连接的、被配置为测量在PV功率装置802上或附近的参数的传感器和/或传感器接口805接收测量的参数。这些参数可以包括PV功率装置802输出的电压和/或电流和/或PV功率装置802输出的功率。

[0169] 仍然参考图8a,在一些实施例中,电路811可以包括通信装置806,其被配置为传送和/或接收来自其他装置的数据和/或命令。通信装置806可以利用电力线通信(PLC)技术、声通信技术或无线技术(比如,ZigBee<sup>TM</sup>、Wi-Fi<sup>TM</sup>、Bluetooth<sup>TM</sup>、蜂窝通信或其他无线方法)进行通信。在一些实施例中,电路811可以包括存储器装置809,以用于记录由传感器(多个)/传感器接口805得到的测量值,用来存储代码、操作协议或其他运行信息。存储器装置809可以是闪存、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、随机访问存储器(RAM)、固态装置(SSD)或其他类型的适当的存储装置。

[0170] 仍然参考图8a,在一些实施例中,电路811可以包括安全装置807(例如,保险丝、断路器和残留电流检测器)。安全装置807可以是无源或有源的。例如,安全装置807可以包括一个或多个无源保险丝,其被安置在电路811内并被设计为当某电力流经它时熔化、断开电路811的一部分以避免损坏。在一些实施例中,安全装置807可以包括有源隔离开关,其被配置为接收来自控制器(例如,控制器804或外部控制器)的命令以断开电路811的多个部分,或者被配置为响应于传感器测量的测量值(例如,由传感器/传感器接口805测量的测量值)断开电路811的多个部分。在一些实施例中,电路811可以包括辅助功率单元808,其被配置为从耦合到电路811的电源接收功率,并输出适合运行其他电路部件(例如,控制器804、通信装置806等)的功率。在电路811的各种部件之间的通信、电偶和以及/或数据共享可以在公共总线810上执行。

[0171] 根据一些实施例,控制器804可以被配置为执行图6b的方法611。根据一些实施例,传感器/传感器接口805可以被配置成在方法611的步骤613处测量PV功率装置802的输出电压。根据一些实施例,通信装置806可以被配置为,通过传送并接受来自耦合的通信装置的消息并向控制器804中继转发所接收到的指令,来执行方法611的步骤612、615和/或616。在一些实施例中,通信装置806可以被配置为执行图5c的方法500的步骤554。在一些实施例中,控制器804可以被配置为起“主控制器”的作用并执行图6a的方法601、图7b的处理程序711,以及图5c的方法500的步骤552、556、558和560(与通信装置806一起)。

[0172] 电路811可以包括图8a中描绘的部件的一部分。例如,在一些实施例中,PV功率装置802可以是监测和/或安全装置,其可能不包括功率转换和/或MPPT功能(即,电路811可能不包括功率转换器801和/或MPPT电路803)。在一些实施例中,PV功率装置802可以包括功率转换和/或MPPT功能,但可能不包括一个或多个通信特征(即,电路811可能不包括通信装置806)。例如,控制器804可以被配置为响应于检测到电弧作用状况(例如,在没有接收到来自其他功率装置的通信的情况下),将电路811从PV串断开。

[0173] 在一些实施例中,PV功率装置802和/或电路811的一个或多个部件可以集成到光

伏发电器中。例如,电路811可以集成到光伏发电机接线盒中。作为另一个示例,电路 811的元件(例如,功率转换器801、控制器804和/或安全装置807)可以嵌入到PV面板或其他功率装置内。

[0174] 现在参考图8b,其示出了根据实施例的光伏发电系统的一部分。在图8b中描绘的示意性实施例中,多个PV功率装置802(例如,802a、802b……802n)可以耦合到多个PV发电机800(例如,800a、800b……800n)以形成光伏串820。根据一些方面,所得到的光伏串820的一个末端可以耦合到电力(例如直流)母线,而串820的另一个末端可以耦合到接地母线。在一些实施例中,电力母线和接地母线可以输入系统功率装置850的。在一些实施例中,系统功率装置850可以包括DC/AC逆变器并且可以向电网、家庭或其他目的地输出交流(AC)电力。在一些实施例中,系统功率装置850可以包括汇流箱、DC连接线、变压器和/或安全断开电路。例如,系统功率装置850可以包括DC 汇流箱,其用于从和820相类似或相同的多个PV串接收DC电力并将合并的DC电力输出。在一些实施例中,系统功率装置850可以耦合到多个并联连接的PV串,并且可以包括耦合到每个PV串用于过流保护的保险丝,和/或一个或多个用于断开一个或多个 PV串的隔离开关。在一些实施例中,系统功率装置850可以包括快速关闭电路,其被配置为响应于潜在的不安全状况(例如,检测到电弧或孤岛状况)快速降低朝向系统功率装置850的输入电压。在一些实施例中,系统功率装置850可以和图2的负载250和 /或图7a的负载750相类似或相同。

[0175] 在一些实施例中光伏(PV) 功率装置802a可以包括利用降压+升压DC/DC转换器的变化的功率转换器801a。功率变换器801a可以包括电路,电路具有两个输入端子,用Vin和common表示,以及两个输出端子,其输出相同的电压Vout。输入电压与公共端子有关。电路可以包括耦合在公共端子和Vin端子之间的输入电容器Cin,耦合在公共端子和Vout端子之间的输出电容器。电路可以包括用于参考的第一中心点和第二中心点。电路可以包括多个开关(例如,MOSFET晶体管)Q1、Q2、Q3和Q4,Q1连接在Vin和第一中心点之间,Q2连接在公共端子和第一中心点之间。Q3可以连接在 Vout端子和第二中心点之间,Q4可以连接在公共端子和第二中心点之间。所述电路可以进一步包括耦合在两个中心点之间的电感器L。

[0176] 在PV功率装置802a中的降压+升压DC/DC转换器的操作可以不同地进行配置。例如,如果需要输出电压低于输入电压,则Q3可以是静态打开,Q4可以是静态关闭,且同时Q1和Q2以彼此互补的方式被PWM切换,电路暂时相当于降压转换器,输入电压被降低。如果需要输出电压高于输入电压,则Q1可以是静态打开,Q2可以是静态关闭,且同时Q3和Q4以彼此互补的方式被PWM切换,输入电压被升高。交错切换开关Q1 和Q2,电路可以将输入电压Vin转换为输出电压Vout。如果电流是由Vin和common 端子输入到电路,电容器Cin和Cout两端的电压降分别是大约恒定的电压Vin和Vout,则输入到电路的电流在电感器L处合并以形成电感器电流,其等于在Vin和common 端子处输入的电流的和。电感器电流可以由一对输出端子Vout输出。在一些实施例中,可以利用多于两个Vout端子来将输出电流分为多于两个部分。在一些实施例中,可以包括单个输出端子,并且在需要时,系统设计者可以在外部(即,在PV功率装置电路外面)将输入端子分开。

[0177] 在替代性实施例中,功率转换器801a可以被修改或配置(例如,通过去除开关Q3和Q4并将Vout端子直接连接到第二中心点)成常规降压转换器,或者可以被修改或配置(例如,通过去除开关Q1和Q2并将Vin端子直接连接到第一中心点)成常规升压转换器。

[0178] 按照类似于PV串820的方式布置PV串可以提供若干益处。例如,通过将串电流引导通过两个电流路径,每个电流路径携载全部串电流的一部分,可以降低与布置串820 相关的布电成本(例如,由于和PV发电机800一起提供的导体可以用来携载全部串电流的一部分)。作为第二个示例,通过直接将第一PV功率装置(例如,802a)的输出耦合到第二功率装置(例如,802b)的公共端子,使得PV发电机(例如800b)耦合在所述第一和第二PV功率装置之间,所述第一和第二PV功率装置可以被配置为执行点对点电力线通信(PTPPLC) 和/或可以(例如,通过检测沿第一和第二PV功率装置之间的传导路径流动的电流的量级和波形)确定所述第一和第二功率装置可能彼此相邻,潜在地辅助了PV发电系统的定位和映射。本文所公开的附加的优点包括,通过利用PV 串820的布置提供的降低阻抗的电压回路,提高了电弧检测和定位能力。

[0179] PV功率装置802a的第一Vout端子可以耦合到在连接点1(以CP1表示) 处的PV 发电机800b的负输出。PV功率装置802a的第二Vout端子可以耦合到在连接点3(以 CP3表示) 处的PV功率装置802b的公共端子。PV发电机800b的正输出可以耦合到在连接点2(以CP2表示) 处的PV功率装置802b的Vin端子。

[0180] 在PV串820的接地母线端,PV发电机800a可以耦合到在连接点4(以CP4表示) 处的接地母线。在PV串820的电力母线端,PV功率装置800n可以耦合到在连接点5 (以CP5表示) 处的接地母线。为了标注的便利,未被连接到接地母线或电力母线的连接点(例如,连接点CP1、CP2和CP3) 将被称为“中间连接点”或MCP,而被连接到接地母线或电力母线的连接点(例如,连接点CP4和CP5) 将被称为“端连接点”或ECP。

[0181] 尽管电弧作用可能发生在光伏系统中的任意位置附近,连接点可能尤其易受因错误连接风险和/或脏污或湿气进入引起的电弧作用的影响。通过布置和PV串820类似的PV 串,安置在PV功率装置802中的传感器(例如,图8a的传感器(多个)/传感器接口 805)可以通过监测PV功率装置802的两个端子两端的电压来检测电弧作用状况,所述电压是降低的电压回路的一部分。

[0182] 现在参考图8c,其示出了根据示意性实施例的光伏发电系统的一部分。PV串820、PV发电机800、PV功率装置802以及系统功率装置850可以和图8b的对应元件相同。第一电压回路881可以包括在系统功率装置850的输入处的电压(以V850表示)、PV 发电机800的端子处连接点(例如,CP4、CP1、CP2) 两端的多个电压、PV发电机800 两端的多个电压(以V800表示),以及PV功率装置802两端的多个电压(即,在PV 功率装置802的Vout端子和Vin端子之间的电压)。根据基尔霍夫电压定律(KVL),第一电压回路881可以根据等式10,如下所示:

Eq. 10:

$$[0183] V_{dc} + \underbrace{\sum_{i=1}^N V_{800,i}}_{\alpha} + \underbrace{\sum_{i=1}^N (V_{out,802i} - V_{in,802i})}_{\beta} + \underbrace{\sum_{CP \in MCP} V_{CP}}_{\gamma} + V_{CP4} + V_{CP5} = 0$$

[0184] 其中 $\alpha$ 表示PV发电机800的加和电压, $\beta$ 表示PV功率装置802的加和Vin到Vout 电压,以及 $\gamma$  表示MCP两端,即在PV发电机800和PV功率装置802之间的连接点(例如,CP1、CP2) 两端的加和电压。电压V850可以被监测(例如,被测量),并且PV 功率装置的输入和输出电压(即, $V_{out,802}$  和 $V_{in,802i}$ )可以类似地被监测。在正常(即,非电弧作用)运行状况下,连接点电

压可以是大约零且是电压  $V_{850}$ ,  $V_{out,802}$  和  $V_{in,802i}$  在低频下可以改变或者完全不变(即,DC 电压)。在电弧作用状况下,电弧可能向第一电压回路881的分量注入高频电压分量(例如,如果在CP2处存在电弧,则电压  $V_{cp2}$  可能包括高频分量)。为了在第一电压回路881两端保持总的零电压(即,不违背等式10), Eq.10中出现的剩余电压(例如,一个或多个PV功率装置802 和/或系统功率装置850 两端的电压)可以包括负的高频分量,即所述高频电压分量具有和电弧两端的高频电压分量相比是相反的极性。负的高频电压分量可以由耦合到PV功率装置802、PV发电机 800 和/或系统功率装置850 的传感器检测。例如,耦合到系统功率装置850的输入的电压传感器可以测量  $V_{850}$ , 并且可以被配置为响应于  $V_{850}$  电压测量值包括可能指示电弧作用状况的10mV以上幅度的高频分量(例如,1kHz以上),而发起警报或采取矫正动作。

[0185] 在一些实施例中,耦合到光伏功率装置802和/或系统功率装置850的电压传感器可以具有双重目的。例如,图8a的通信装置806可以是被配置为执行频移键控(FSK)的电力线通信(PLC)装置,并且可以包括被配置为测量高频电压分量的电压传感器。在高频的某些信息波段上测量的电压分量可以被解码以得到信息,且在高频的噪声波段上测量的电压分量可以被确定为电弧作用状况的指示。例如,在55kHz到65kHz之间的第一频带、在75kHz到80kHz之间的第二频带以及在85kHz-91kHz之间的第三频带可以全部被监测以得到信息信号。在100kHz到120kHz之间的第四频带可以被监测以获得指示电弧作用状况的电压噪声

[0186] 在一些实施例中,某些频带可以与可能并不指示电弧作用状况的电压噪声相关联或相对应。例如,电弧检测电路(比如本文所公开的)可以耦合到DC/DC转换器或DC/AC 转换器,所述转换器可以包括可以在高频上切换(即,操作等)的一个或多个开关。开关的高频切换可能引起切换频率及其倍频上的电压噪声。例如,以19kHz切换一个或多个开关的转换器可以以19kHz、38kHz、57kHz等产生电压噪声。为了降低确定出假阳性电弧作用状况的风险,在一些实施例中,可以选择并标识用于监测电弧作用状况或可以指示电弧作用状况的频带。这么做可以回避可能含有可能并不指示电弧作用状况的电压噪声的一个或多个频率(例如,切换频率等)。

[0187] 在一些实施例中,一个选定的频率或一组选定的频率可以用于监测指示电弧作用状况的电压噪声。选定的频率或选定的多个频率可以对应于电压回路的阻抗可以被减小的频率。例如,电压回路881的总阻抗在10kHz下可能是最低的(归因于包括电压回路 881的谐振电容性和电感性元件)。在所述情况下,可以测量对应于10kHz的电压分量以用于电弧指示,或者可以测量对应于5kHz和20kHz(即,低阻抗频率的一半和两倍) 之间的频率的电压分量以用于电弧指示。在一些实施例中,可以调节回路阻抗(例如,通过连接可调节的电容性和/或电感性元件)以选定的频率谐振,从而改进对应于所述选定频率的电压分量的检测。

[0188] 在一些实施例中,可以添加附加的电压(或其他参数)感测电路并将其配置为测量高频电压分量。例如,电压感测电路(例如,电压感测电感器电路)可以串联耦合到PV 功率装置、系统功率装置和/或光伏发电器的输入或输出端子,并且可以被配置为测量在输入或输出端子处的高频电压分量。

[0189] 仍然参考图8c,第二电压回路880可以包括PV发电机(例如,800b) 两端的电压、两个MCP(例如,CP1和CP2) 两端的电压、在两个PV功率装置(例如,802a和802b) 之间的连接点两端的电压,以及在PV功率装置的两个端子之间的电压(例如,PV功率装置802b的  $V_{in}$  到

common电压)。在PV串820中可以存在和电压回路880类似的多个电压回路;可以关于PV串820中的每个PV发电器定义类似的电压回路。基尔霍夫电压定律(KVL)等式可以表示电压回路880,根据等式11,如下所示:

$$[0190] \quad V_{800} + (V_{\text{common}, 802} - V_{in, 802}) + V_{CP1} + V_{CP2} - V_{CP3} = 0$$

[0191] 在正常运行状况下(即,没有电弧),电压Vcp1、Vcp2和Vcp3可以约零,并且等式11可以简化为等式12,如下所示:

$$[0192] \quad \begin{aligned} V_{800} + (V_{\text{common}, 802} - V_{in, 802}) &= 0 \Rightarrow \\ V_{800} &= V_{in, 802} - V_{\text{common}, 802} \end{aligned}$$

[0193] 电压 $V_{in, 802} - V_{\text{common}, 802}$ 可以由电压传感器连续地监测,所述电压传感器可以安置在PV功率装置802a处、在其附近或在其内部。在电压回路880内的一个连接点处有电弧的情况下,在PV功率装置802(例如,802b)的输入处可以测量到高频电压分量,并且作为响应,可以发起警报。在一些实施例中,可以检测安置在PV功率装置802的输入或输出端子处的通信装置两端的电压。在正常运行状况下,传感器可以在可能对应于信息信号频率的一个或多个频率下检测和/或解码电压分量。根据一些方面,传感器可以在可能不对应于信息信号频率的一个或多个频率下检测和/或解码电压分量,其可以指示电弧作用状况。

[0194] 根据本文所公开的实施例可以实现的优点可以是第二电压回路880的标准化回路阻抗。根据一些方面,电压传感器可以安置在PV功率装置802的一个或多个端子处、附近或之间,并且可以被配置为检测高频电压分量,所述高频电压分量可以实质上大于(即,具有更高的量值)在包括更高回路阻抗的较大回路内测量的高频电压分量。高频电压分量增大的量值可以利于电弧作用状况的早期检测,并且可以实现更快的响应和提高安全性。

[0195] 另外的优点可以包括对电弧的快速定位。例如,如果在CP1处出现电弧,在PV功率装置802b(其可以是电压回路880的一部分)处可以检测到第一高量值的高频电压分量,而通过另外的PV功率装置(例如,PV功率装置802a、802n,其可以是电压回路881的一部分)检测到第二减小的量值。将测量到的高频电压分量的量值进行比较可以指示PV功率装置可能已经测量到较大高频电压分量的,这可以指示电弧可能已经出现在PV功率装置802b处或者非常靠近它。

[0196] 串820的布置的另一个优点可以是针对一个或多个或全部连接点提供了标准化阻抗回路。在一些常规电力系统中,与PV功率装置相关的相当数量的连接点可能并不是标准化阻抗电压回路的一部分,这潜在地增加了电弧作用状况的检测时间。在依照串820的布置中,连接点的一部分或全部(例如,除了连接点CP5之外)可以是至少一个标准化阻抗电压回路的一部分,这可以减少检测在任何给定连接点处的电弧的时间,并且可以提供用于确定电弧作用状况的位置的方法。

[0197] 根据一些方面,如果在除了连接点之外的位置处出现电弧(例如,在电力母线、接地母线处或在安置在光伏串820中的导体处等),电弧可能注入高频电压分量,这可能影响第一电压回路881内和/或第二电压回路880内位置处获得的电压测量值。取决于电弧的位置,可以测量到增大量值的高频电压分量。例如,如果电弧出现在安置在CP1 和光伏发电器800b之间的导体处,则增大的高频电压量值可以由光伏功率装置802b测量到。作为另一个示例,如果电弧出现在CP4处,则增大的高频电压量值可以由光伏功率装置802a测量到。高

频电压量值可以包括基本上在电网频率以上的频率下的电压量值,例如,200Hz、1kHz、5kHz、20kHz、100kHz或更高。作为另一个示例,如果电弧出现在接地母线处、在电力母线处或者在CP4处,则增大的高频电压量值可能无法由任何PV功率装置测量到。

[0198] 现在参考图8d,其示出了根据一些方面用于检测电弧的方法840。方法840可以由耦合到PV功率装置(例如,图8a的控制器804,耦合到PV功率装置802)的一个或多个装置(例如,控制器704等)和/或耦合到系统功率装置(例如,图8c的系统功率装置850)的控制器来执行。

[0199] 在步骤841处,可以在对包括控制器的功率装置的输入处测量电压。例如,可以在输入端子之间或者与PV功率装置的输入或输出端子串联测量电压。

[0200] 在步骤842处,控制器可以确定在步骤841处获得的电压测量值是否包括可能在阈值以上的高频分量。所述阈值可以对应于很可能对应于“正常”或典型(例如非电弧作用)系统运行的电压电平以上的电压电平。所述阈值可以是,作为示意性数值示例,10mV 或 100mV或某些其他值。作为另一个示例,所述阈值可以在另一频带上或在耦合电路中的另一点处测量的电压。例如,可以以多个高频测量一组电压测量值,将阈值设定为电压测量值中最大的两个之间的电压差。作为另一个示例,所述阈值可以是电压差的比。例如,如果在第一高频的电压电平是在第二高频的电压电平量值的两倍(对应于二的阈值比),或者是在第二高频的电压电平量值的十万倍(对应于十万的阈值比),则可以认为电压差大于阈值。作为另一个示例,可以针对低频电压设定阈值。例如,可以测量 DC电压,并且用于高频电压分量的阈值可以被设定为,例如DC电压值的2%。

[0201] 如果没有检测到在阈值以上的此类电压分量,则控制器可以返回到步骤841,并且在经过一段时间之后(例如,数秒或数分钟),重新开始方法840或可以返回到上一步。

[0202] 如果,在步骤842处,检测到了在阈值以上的高频电压分量,则控制器840可以前进到步骤843,并确定所述电压分量是否位于可能用于通信的频带上。在其中信息可能未被调制为高频电压信号的实施例中,方法840可以从步骤842直接前进到步骤845。

[0203] 如果,在步骤843处,控制器确定了高频电压分量对应于经调制的信息(例如包括参数测量值、指令或其他信息的电力线通信消息),则控制器可以前进到步骤844。在步骤844处,控制器可以将电压测量值解码以确定包含在电压测量值中的任何信息。方法 840随后可以返回到步骤841。

[0204] 如果,在步骤843处,控制器确定了高频电压分量可能并不对应于经调制的信息(例如,控制器确定了高频电压分量可能对应于噪声),则方法840可以前进到步骤845,并且控制器可以设定警报状况。步骤845可以与图4的步骤408、图5d的步骤528、图6a 的步骤609 和/或图7b的步骤717相类似或相同。

[0205] 在示意性实施例中,步骤845可以包括确定电弧的位置并将定位信息传送到有线和 /或无线网络(多个)/因特网/内联网,和/或任意数目的端用户装置,比如计算机、智能电话、平板电脑和/或其他装置,比如可以位于网络操作中心和/或发电监控中心的服务器。确定电弧位置可以包括:比较由串中多个PV功率装置测量的电压测量值,以及确定电弧很可能存在于测量到比其他PV功率装置测量到的分量更大的高频电压分量的 PV功率装置附近。

[0206] 在一些实施例中,方法840可以由耦合到本地PV功率装置(例如,图7a的模块 702)

的控制器装置执行，并且可以包括确定电弧的位置，可以包括将测量的高频电压分量与阈值进行比较。控制器可以被配置为如果测量的高频电压分量在阈值以上，则确定电弧邻近本地PV功率装置。在一些实施例中，若干PV功率装置控制器可以同时或依次执行方法840，其中每个方法840执行的汇总结果可以由主控制器考量，所述主控制器被配置为如果多于一个PV功率装置控制器确定了可能存在电弧作用状况，则设定警报状况。

[0207] 现在参考图9，其示出了根据示意性实施例的光伏(PV)系统。PV系统901可以包括多个PV串920，每个PV串920耦合到串装置910，多个串装置910在接地母线和电力母线之间串联或并联耦合。PV串920中的每一个可以包括多个串联连接的PV发电机900，PV发电机900可以与图2的PV面板200、图7a的PV面板700和/或图8b的PV发电机800相类似或相同。PV发电机900可以包括一个或多个光伏电池、模块、子串、面板或瓦板。在一些实施例中，PV发电机900可以由直流(DC)电池或替代的直流或交流(AC)电源替换。

[0208] 安全装置902可以耦合在PV串920中的不同位置处。例如，在一些实施例中(例如，图9中所示的实施例)，安全装置902可以安置在每对PV发电机900之间。在一些实施例中，安全装置902可以安置在多于一个串联连接的PV发电机900的组之间。

[0209] 在一些实施例中，安全装置902可以包括用于测量电气或热参数(例如电流、电压、功率、温度、辐照度等)的传感器/传感器接口。在一些实施例中，安全装置902可以包括用于在存在潜在安全状况的情况下断开PV发电机900的开关和/或用于控制所述开关的控制/驱动器电路。在一些实施例中，安全装置902可以包括电弧检测电路，其被配置为监测电气参数(例如，电流、电压、功率)并分析所述电气参数以确定是否存在电弧放电状况。在一些实施例中，安全装置902可以包括用于传送和/或接收测量值和/或消息的有线或无线通信装置。

[0210] 串装置910可以和图2的模块202、图7a的功率模块702和/或图8a的功率模块802相类似，串装置910可以包括一个或多个通信装置806、存储器装置809、功率转换器801、辅助电力单元808、传感器/传感器接口(多个)805、控制器804、MPPT电路803以及安全装置807。

[0211] 在一些实施例中，多个串装置910可以并联耦合在接地母线和电力母线之间，如图9中所示。在一些实施例中，多个串装置910可以串联耦合在接地母线和电力母线之间。在一些实施例中，多个串装置910可以以串联-并联布置耦合在接地母线和电力母线之间。在一些实施例中，多个串装置910可以由具有多个用于多个PV串的多个输入的单个外壳容纳。

[0212] 安全规则可以限定在接地母线和PV系统901的任何其他电压点之间的最大可允许电压，这既是在正常运行状况期间，也是在潜在的不安全状况期间(例如，起火、电网断供、孤岛状况、电弧作用等等)。类似地，安全规则可以限定在PV系统901中任意两个电压点之间的最大可允许电压。在一些场景中，PV系统901中的不安全状况可能需要断开或短路PV串920中的一个或多个PV发电机900或一个或多个串装置910。

[0213] 在一些实施例中，串装置910可以通过限制PV串920两端的电压或在电力母线与接地母线之间的电压来响应潜在的不安全系统状况。例如，串装置910可以包括逆变器，其被配置成在潜在的不安全系统状况下调节每个PV串920两端约60V的电压。

[0214] 在一些实施例中，电力母线和接地母线可以联接到和/或输入系统功率装置950。在一些实施例中，系统功率装置950可以包括DC/AC逆变器并且可以向负载、电网、家庭或其

他装置或目的地输出交流(AC)电力。在一些实施例中,系统功率装置950可以包括汇流箱、变压器和/或安全断开电路。例如,系统功率装置950可以包括用于从多个PV串920接收DC电力并将合并的DC电力输出的DC汇流箱。在一些实施例中,系统功率装置950可以包括耦合到串装置910的保险丝以用于过流保护,和/或可以包括用于断开一个或多个串装置910的一个或多个隔离开关。

[0215] 在一些实施例中,系统功率装置950可以包括或可以耦合到控制装置和/或通信装置,其用于控制一个或多个安全装置902和/或一个或多个串装置910或者与其进行通信。例如,系统功率装置950可以包括控制装置,比如微处理器、数字信号处理器(DSP) 和/或现场可编程门阵列(FPGA),其被配置为控制串装置910的操作。在一些实施例中,系统功率装置950可以包括多个交互的控制装置。系统功率装置950可以包括通信装置(例如,电力线通信电路、无线收发器等),其被配置为与包含在安全装置902和/或串装置910中或者与它们耦合的链接通信装置进行通信。在一些实施例中,系统功率装置950 可以包括控制装置和通信装置两者,其中控制装置可以被配置为确定安全装置902和/ 或串装置910的期望操作模式,通信装置可以被配置为传送操作命令和/或接收来自包含在安全装置902和/或串装置910中或者与它们耦合的通信装置的报告。

[0216] 系统功率装置950可以耦合到和/或连接到任意数目的其他装置和/或系统,比如PV系统100和/或701. 例如,系统功率装置950可以耦合到一个或多个分立的和/或互连的装置,比如隔离开关、PV电池/阵列/面板、逆变器、微型逆变器、PV功率装置、安全装置、仪表、断路器、交流电源、接线盒、照相机等。在一些实施例中,系统功率装置 950可以耦合到和/或连接到网络/内联网/因特网、计算装置、智能电话装置、平板装置、照相机、可以包括数据库和/或工作站的一个或多个服务器。系统功率装置950可以被配置为用于控制PV系统901内部件的操作和/或用于控制与耦合到PV系统901的其他元件的交互。

[0217] 在一些实施例中,系统功率装置950可以通过限制(例如,降低到较低电压,降低到零电压等)电力母线和接地母线之间的电压来响应潜在的不安全系统状况。

[0218] 在一些实施例中,电力母线和接地母线可以进一步耦合到能量存储装置,比如电池、飞轮、电容器、电感器或其他装置。

[0219] 在一些实施例中,安全装置902和/或串装置910可以被配置为检测最接近的电弧作用状况并采取争取矫正动作和/或向某不同的装置生成指示电弧作用状况的信号。例如,安全装置902可以(例如,利用类似于图8d的方法840的方法)检测PV发电机900 的某端子处可能的电弧作用状况,并且可以断开所述PV发电机900以防止或降低危险。在一些实施例中,安全装置902可以经由有线或无线通信信号向串装置910和/或系统功率装置950指示和/或报告所述可能的电弧作用状况。串装置910和/或系统功率装置950 可以被配置为降低在一个或多个PV发电机900或PV串920处的电压,或者可以被配置为断开一个或多个PV串920以防止或降低危险。在一些实施例中,安全装置902可以(例如,通过快速切换开关等)生成指示电弧作用状况且可以由串装置910检测的电压和/或电流噪声信号。

[0220] 在另一个示例中,串装置910可以(例如,利用和图8d的方法840类似的方法) 检测串装置910的输入端子或PV串920中的中间点(例如,在两个PV发电机900之间) 处的电弧作用状况。串装置910可以通过断开和/或降低PV串920两端的电压来采取矫正动作,和/或可以向系统功率装置950传送指示电弧作用状况的信号。例如,串装置910可以将指示电弧作

用状况的有线或无线通信信号发送到系统功率装置950。作为另一个示例，串装置910可以在电力母线和接地母线之间生成噪声电压和/或电流信号。所述噪声电压或电流信号可以由系统功率装置950检测并可以指示电弧作用状况。系统功率装置950可以被配置为响应指示电弧作用状况的信号，例如，通过断开一个或多个串装置910或PV串920，或者通过发送命令来降低串装置910或PV串920两端的电压或通过其的电流。

[0221] 现在参考图10a，其示出了用于熄灭电弧的流程。方法1000可以由耦合到PV功率装置的一个或多个控制装置（例如，控制器704等）（例如，图8a的耦合到PV功率装置802的控制器804）执行。另外或替代地，控制装置可耦合到系统功率装置（例如，图8c的系统功率装置850）。在步骤1001处，控制装置可致使功率装置（例如，PV功率装置和/或系统功率装置）汲取来自一个或多个PV发电机的输入功率和由所述一个或多个PV发电机产生的输出功率。在步骤1003处，控制装置可将从PV产生器汲取的功率的电气参数的量值从第一电平（例如，第一电压电平或第一电流电平）减小到第二（减小的）电平。举例来说，控制装置可致使功率装置汲取减小的电流，或可将功率装置的输入两端的电压设定成减小的电压量值。如果在执行步骤1003时电弧存在于系统中，那么到功率装置的电压、电流和/或功率输入的减小可熄灭电弧。在步骤1005处，装置可等待第一预定时间段（例如，数微秒、毫秒、几十毫秒或数百毫秒）并前进到步骤1007，在步骤1007中，增大在步骤1003处减小的输入电气参数（例如，重设成用于汲取实质（例如，最大或近似最大）输入功率的值）。

[0222] 方法1000可接着前进到步骤1009以在重复步骤1003到1007之前等待第二预定时间段，步骤1003到1007可以规则间隔重复。举例来说，基于第一预定时间段和第二预定时间段的值，执行方法1000的装置可每数百毫秒、每秒或每数秒重复减小和增大电气参数。因此，第二预定时间段可显著长于（例如，长100到10000倍或更大）第一预定时间段。以此方式，在由暂时和/或临时状况产生电弧的情况下，所述电弧可在的时间跨度内熄灭而不需要人工干预来关闭系统和/或在电弧熄灭之后重启系统。

[0223] 在步骤1003处熄灭电弧的情况下，可恢复在步骤1007处的正常系统运行而不重复电弧作用状况。一些电弧可由例如潮湿、温度或其它状况等临时和/或暂时状况产生，所述状况可通过单个电弧熄灭来解决而不需要完全的系统关闭和人工干预。

[0224] 现在参考图10b，其示出根据所公开的方面的流程。方法1010可以由耦合到PV功率装置的一个或多个控制装置（例如，控制器704等）（例如，图8a的耦合到PV功率装置802的控制器804）执行。另外或替代地，控制装置可耦合到系统功率装置（例如，图8c的系统功率装置850）。在步骤1011处，控制装置可测量功率的电气参数的噪声（例如，在功率装置输入处测得的电压的高频分量或测得的流动到功率装置输入的电流的高频分量）。测得的电噪声可保存（例如，保存到存储器装置）为第一测量值。在步骤1013处，控制装置可将第一测量值与第一阈值进行比较。在步骤1015处，如果控制装置确定第一测量值不超过第一阈值，那么控制装置可将比较的结果解译为指示无电弧作用，且在合适的时间段（例如，数十或数百毫秒）之后，控制装置可返回到步骤1011。

[0225] 在步骤1015处，如果控制装置确定第一测量值超过第一阈值，那么控制装置可将结果解译为指示可能的电弧作用，且前进到步骤1017以操作功率装置从而减小到功率装置的功率输入。举例来说，控制装置可操作功率装置以减小功率装置输入两端的电压和/或流动到功率装置输入的电流。在步骤1017处，控制装置可等待预定时间段（例如，以允许电气

参数稳定在减小的水平和/或允许电弧熄灭)。在步骤1019处,控制装置可再次测量功率的电气参数的噪声(例如,在功率装置输入处测得的电压的高频分量或测得的流动到功率装置输入的电流的高频分量)并将测量值保存为第二测量值。在步骤1021 处,控制装置可将第二测量值与第一测量值进行比较并例如通过从第一测量值减去第二测量值来计算差。在步骤1023处,控制装置可将差与第二阈值进行比较。如果差超过第二阈值,那么控制装置可确定在减小电气参数之前电弧可存在于电气系统中,且可因此在步骤1025(例如,类似或相 同于图8d的步骤845的警报状况)处设定警报状况。

[0226] 如果差不超过第二阈值,那么控制装置可确定不存在电弧作用(例如,噪声可归因于来自另一源而非电弧的干扰)。因此,在合适的时间段(例如,数毫秒,或数十或数百毫秒)之后,控制装置可恢复在步骤1027处的功率装置的正常系统运行(通过增大在步骤1017处减小的电气参数的值)并返回到步骤1011。

[0227] 根据本公开的各方面,在步骤1023处,控制装置可直接将第二测量值与第二阈值进行比较,而非将差与第二阈值进行比较。类似地,执行方法1010的控制装置可被配置成使得在第一测量值小于第一阈值的情况下,控制装置可从步骤1015前进到步骤 1017,和/或执行方法1010的控制装置可被配置成使得在第二测量值或差小于第二阈值的情况下(例如在通过从第二测量值减去第一测量值来计算在步骤1021处计算出的差的情况下),控制装置可从步骤1023前进到步骤1025。

[0228] 如果在执行方法1010之前和/或期间电弧存在于包括功率装置的系统中,那么在步骤1017处减小电气参数(例如,电压、电流、功率)可熄灭电弧。如果电弧由于在步骤1017处的减小而熄灭,那么控制装置可在步骤1023处确定差大于第二阈值。在熄灭电弧之后,一些安全规则可能要求在返回到正常运行之前手动检查电气系统。因此,即使电弧熄灭了,控制装置也可以在步骤1025处设定警报状况。一些安全规则可以允许系统在电弧熄灭之前自动地恢复正常运行。因此,控制装置还可以被配置成致使功率装置在步骤1027处恢复正常运行而不在电弧熄灭之后设定警报状况。另外,在方法1010 的实施方案中使用的一些参数(例如,第一阈值,或用以测量第一测量值的噪声的参数) 可以可在步骤1015处产生潜在的错误警报的方式来校准,其中步骤1019到1023向电弧存在的确定提供附加的验证层。

[0229] 由方法1010示出的双阶段方法可为检测电弧提供准确且稳固的方式同时降低错误警报的风险。举例来说,可通过临时干扰或有故障的样本来获得高量值噪声测量值,且可通过实施步骤1017到1023来降低将高量值噪声测量值错误地解译为指示电弧的风险。另外,方法1010可在设定警报状况(在步骤1025处)之前熄灭电弧(例如,在步骤1017处),根据一些潜在的安全规则,这可通过允许系统返回到正常运行而无人工干预来减少系统停机时间。

[0230] 现在参考图11a,其示出执行根据本文中的公开内容的一个或多个示意性方面的 方法1010的第一实例结果。图11a示出显示随时间在实施方法1010的光伏安装中测得的示意性电流1101和噪声1102的曲线1100。电流1101可以是由系统功率装置(例如,图9的系统功率装置950)输出的AC电流、输入到系统功率装置的DC电流、由PV功率装置(例如,图7a的 PV功率装置702)输出的DC电流或输入到PV功率装置的DC 电流的量值。噪声1102可以是通过对高频电流或电压分量进行取样和计算来获得的噪声信号。噪声1102可参照使用分贝(dB)单位。曲线1100的x轴是以毫秒为单位的时间轴线。

[0231] 在此实例中,直到时间t1为止,表示在曲线1100中的系统可在正常运行状况下运行,其中电流1101具有约12[A]的值,且噪声1102样品为大约3到7[dB]。举例来说,如果用于执行方法1010的控制装置实施成使得第一阈值为20[dB],那么运行功率装置或系统功率装置(且执行方法1010)的控制装置可在步骤1011到1015之间循环。在时间t1处,电弧可突然显现在系统中,从而导致噪声1102增大到大约40[dB]。在下一次装置到达方法1010的步骤1015时,在时间t2处,装置前进到步骤1017,且根据此示意性实例,将电流1101从时间t2处的约12[A]减小到时间t3处的约1[A]。电流1101 的减小示出为噪声1102从约40[dB]减小到约0dB。在步骤1019处,第二测量值将为约 0dB,且在步骤1021处计算出的差将为约40[dB]。在步骤1023处(有时在时间t3之后),差可确定为大于第二阈值(出于示范性目的,其可以为20[dB]),且装置可确定电弧熄灭。曲线1100示出在方法1010的步骤1017处熄灭电弧作用状况的实例。一些安全规则可能要求以下情形:在熄灭电弧作用状况(例如,在步骤1017处)的情况下,必须升高警报状况(例如,控制装置可前进到步骤1025),和/或可能需要人工干预(例如,维护工人以物理方式检查系统以核查有故障的组件并重设手动开关)来使系统恢复正常运行。因此,如图11a处所示出,系统可继续以功率降低模式运行,直到检查系统并使其恢复到正常模式(例如,使用手动开关)的稍后时间段(未示出)为止。

[0232] 现在参考图11b,其说明执行根据本文中的公开内容的一个或多个示意性方面的方法1010的第二实例结果。图11b示出显示随时间在实施方法1010的光伏安装中测得的示意性电流1104和噪声1105的曲线1103。在图11b的实例中,在时间t2处减少电流 1104将噪声1105从约40[dB]减小到约30[dB]。10[dB]的减小可指示噪声1105不是归因于电弧(例如,噪声1105可由例如来自附近电子装置的电磁干扰等外部因素导致)。在图10b的方法1010的步骤1021处计算出的差可以为约10[dB],所述差可小于第二阈值(出于示范性目的,其可以为20[dB])。在时间t3处(或随后的一些点处),执行方法1010 的控制装置可确定(在步骤1023处)电弧作用状况不存在,且可在步骤1027处恢复功率装置的正常运行(通过增大在步骤1017处减小的电气参数的值,如在曲线1103中的时间t4处所示出)并返回到步骤1011。

[0233] 本文所使用的定冠词“一个(a)”、“一个(an)”,比如“一个电弧电压和/或电弧电流”、“一个负载”具有“一个或多个”的含义,也就是“一个或多个电弧电压和/或电弧电流”或“一个或多个负载”。

[0234] 尽管本公开包含有限数目的示例,但可以理解的是,可以做出基于本公开的许多改变、修改以及其他应用。例如,关于方法601所公开的测量同步的元件可以类似地应用于本文所公开的其他方法和方面。例如,图5c中所示的方法500的步骤552-554可以类似利用关于图6a所述类似的测量和/或传输同步。作为另一个示例,方法840可以由单个控制器(例如,图8a的控制器804)或者由互相协调作用的若干控制器来执行。作为另一个示例,本文所公开的多个方面可以与其他公开的方面结合。例如,关于方法601 描述的步骤610可以添加到方法711,使得如果方法711的步骤714确定所有的测量值并不是在大约相同的时间测量的,则执行方法711的控制器前进到类似于步骤610的步骤。

[0235] PV发电器和PV面板已经被用于示范性说明本文所公开的发电系统中的电源。本文所公开的设备及方法可以在包括电池、电容器、超级电容器、燃料电池、风力涡轮机、水力发电机或者除了PV发电器和/或PV面板之外或者作为它们的替代的其他电源的发电系统中实施。

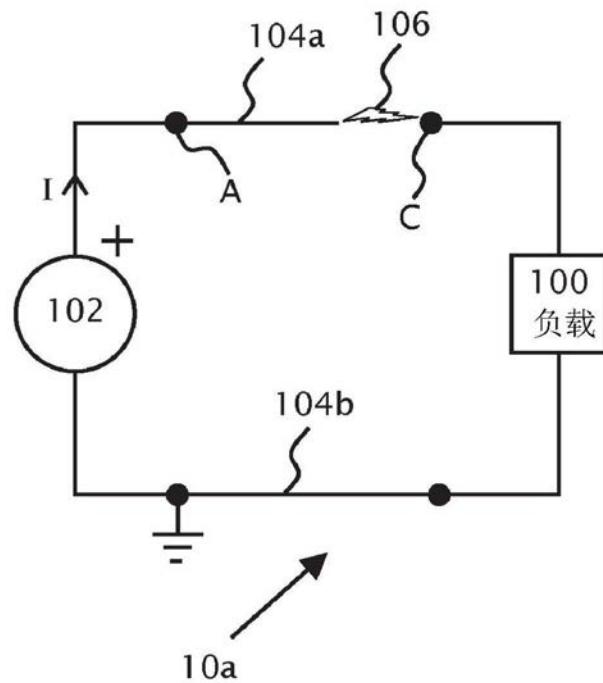


图1a

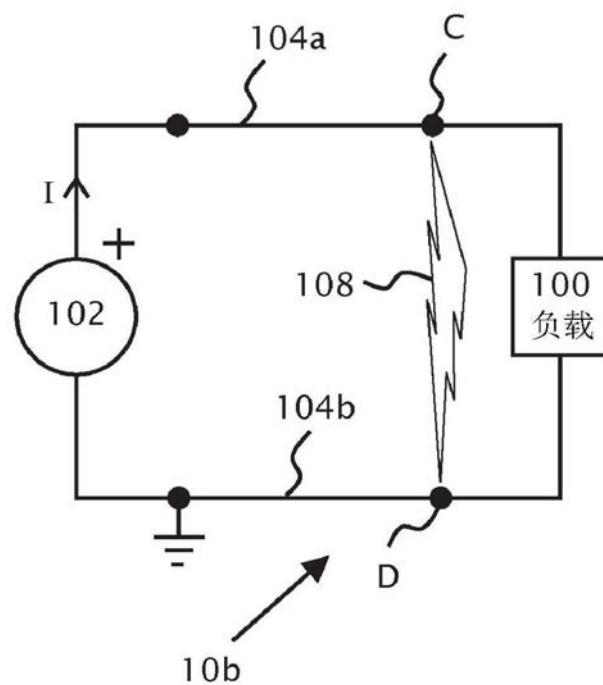


图1b

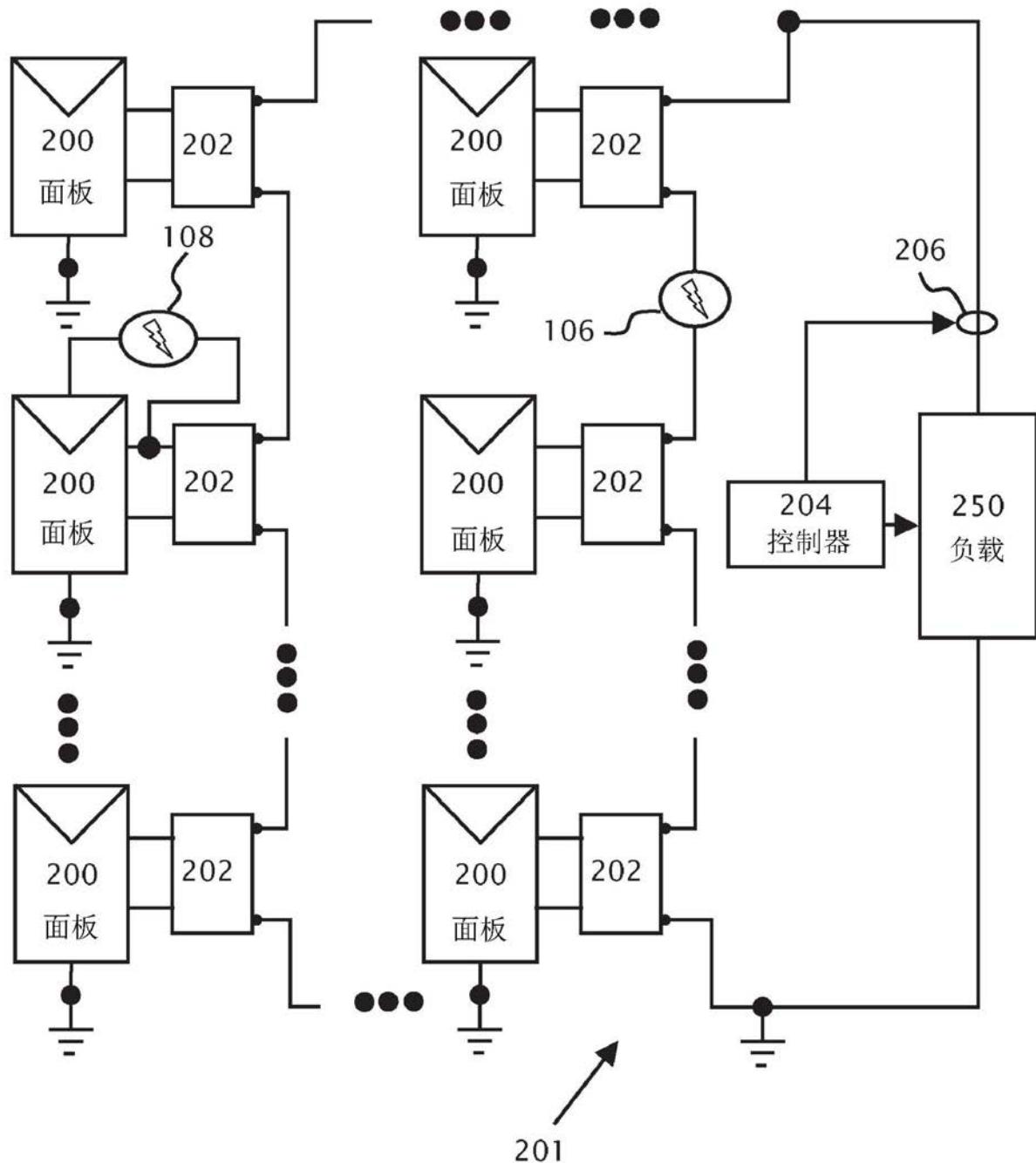


图2

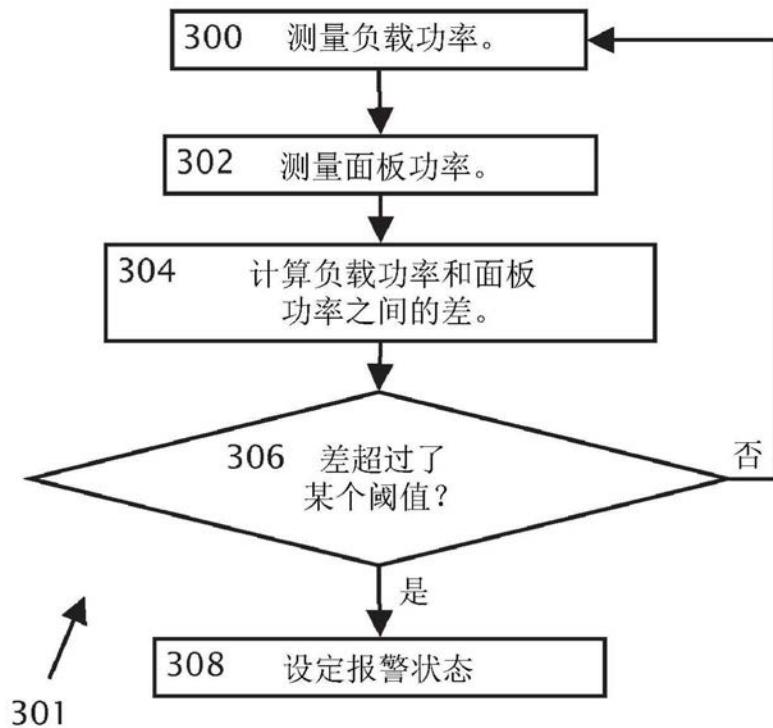


图3

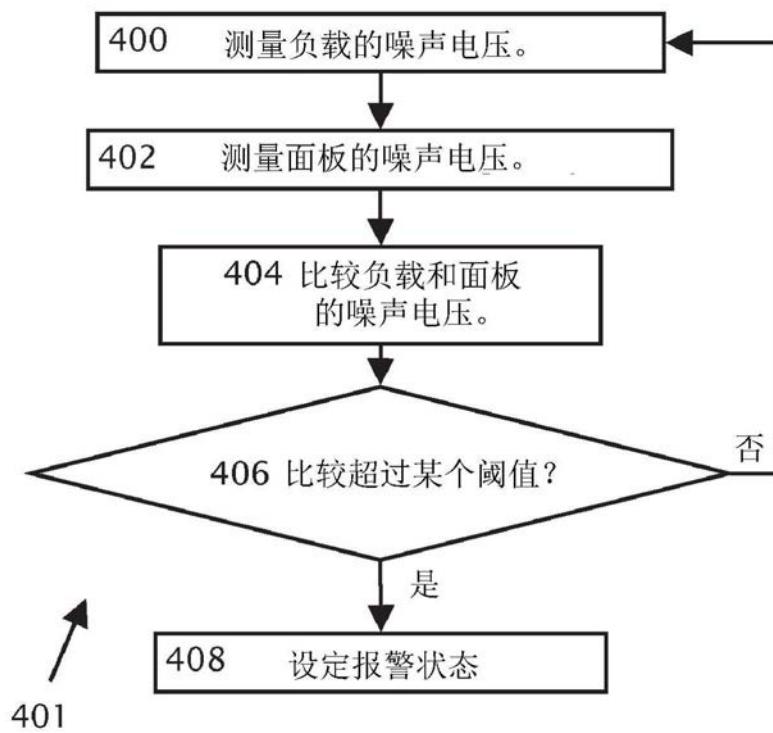


图4

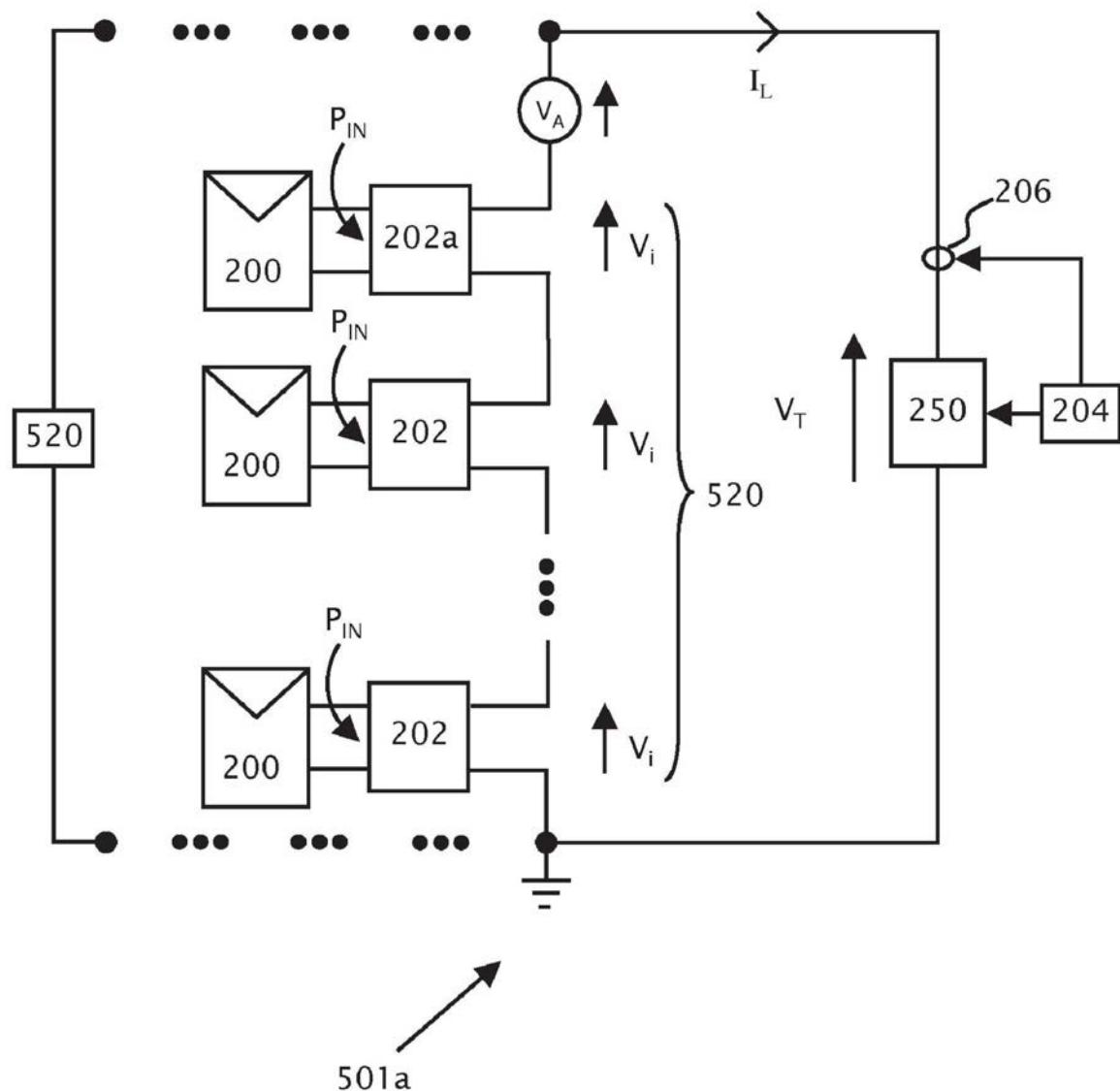


图5a

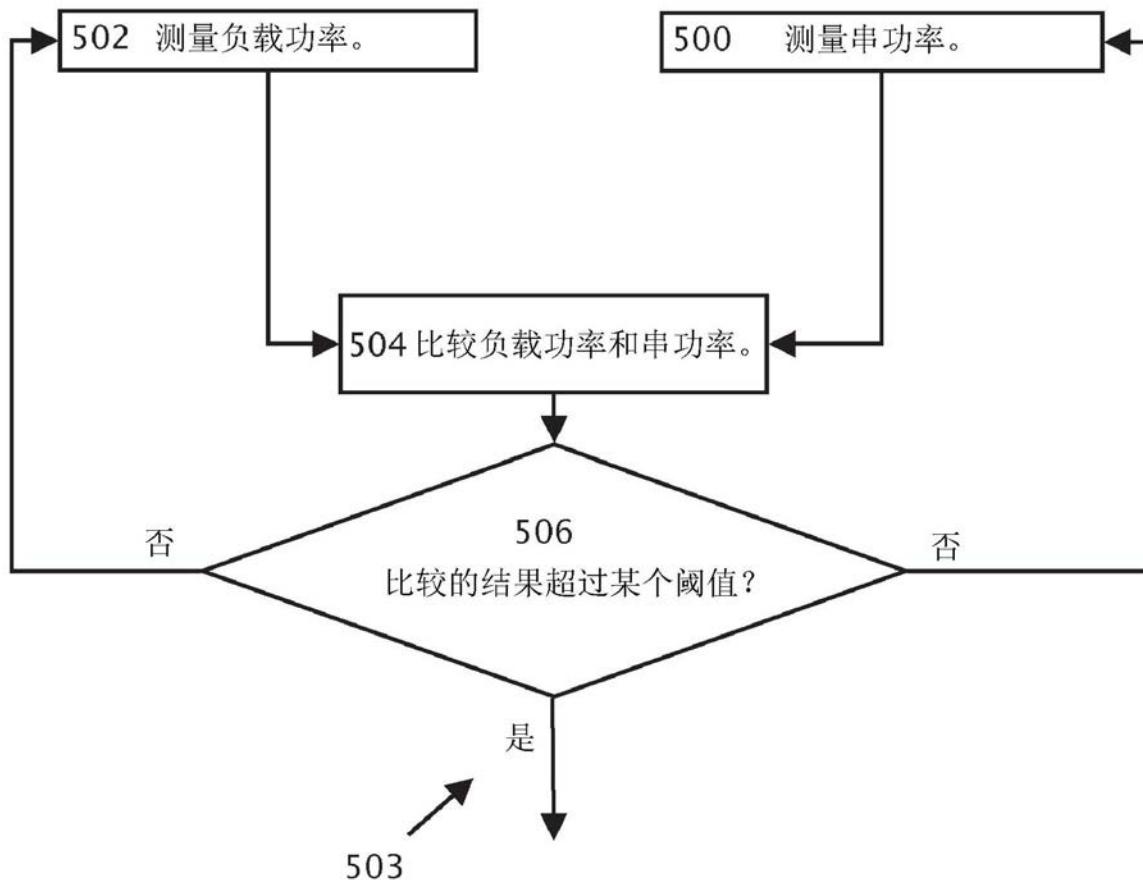


图5b

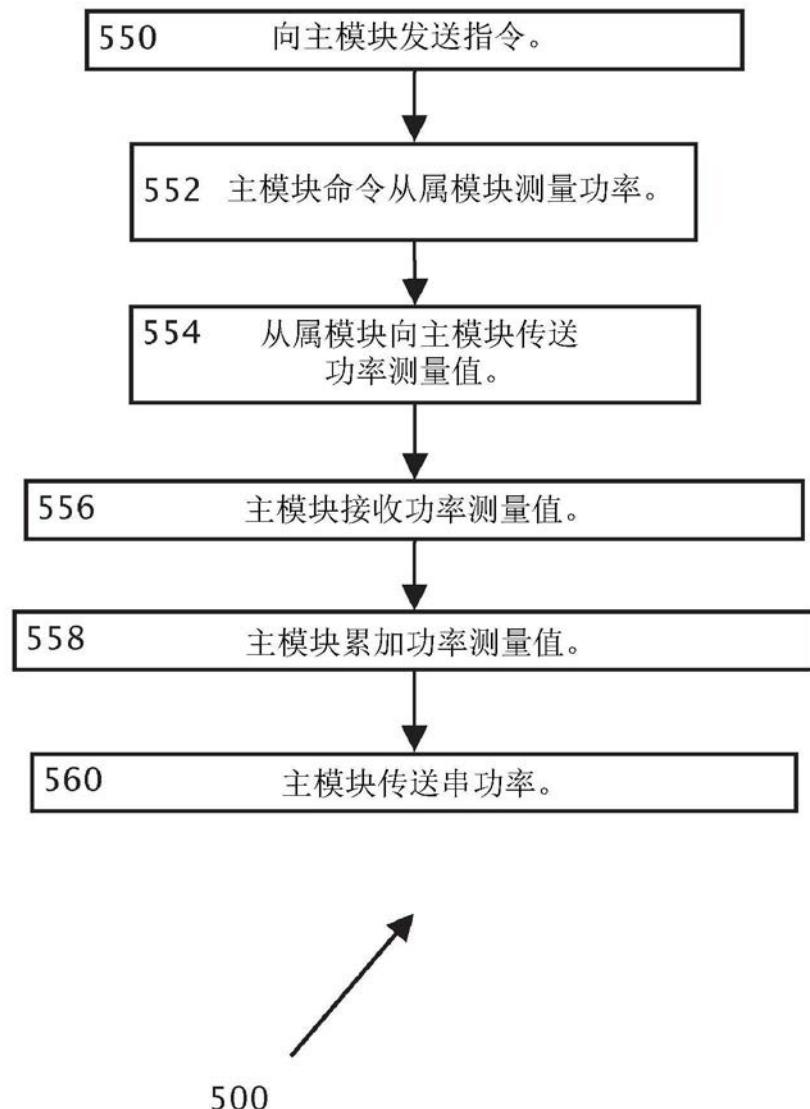


图5c

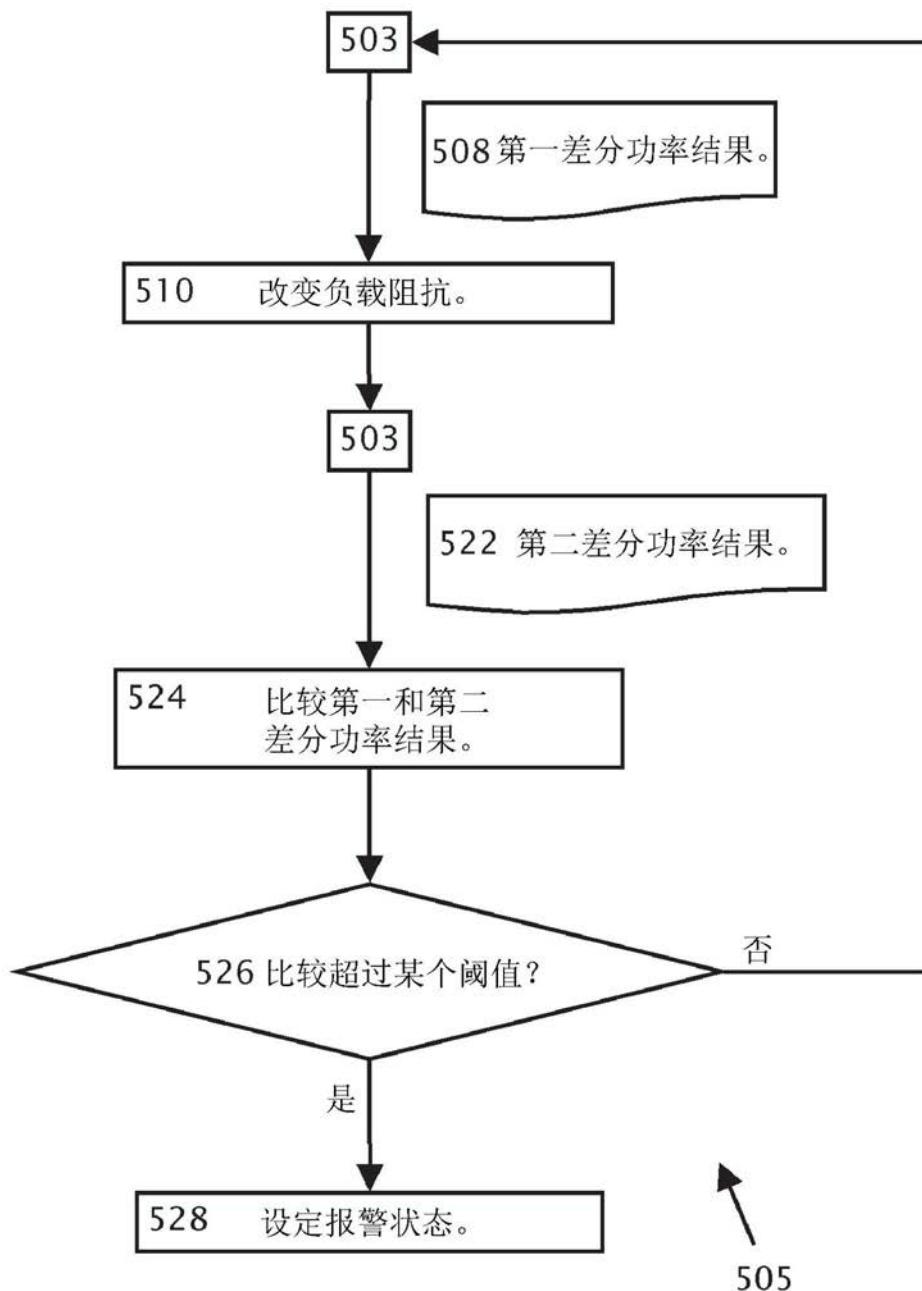


图5d

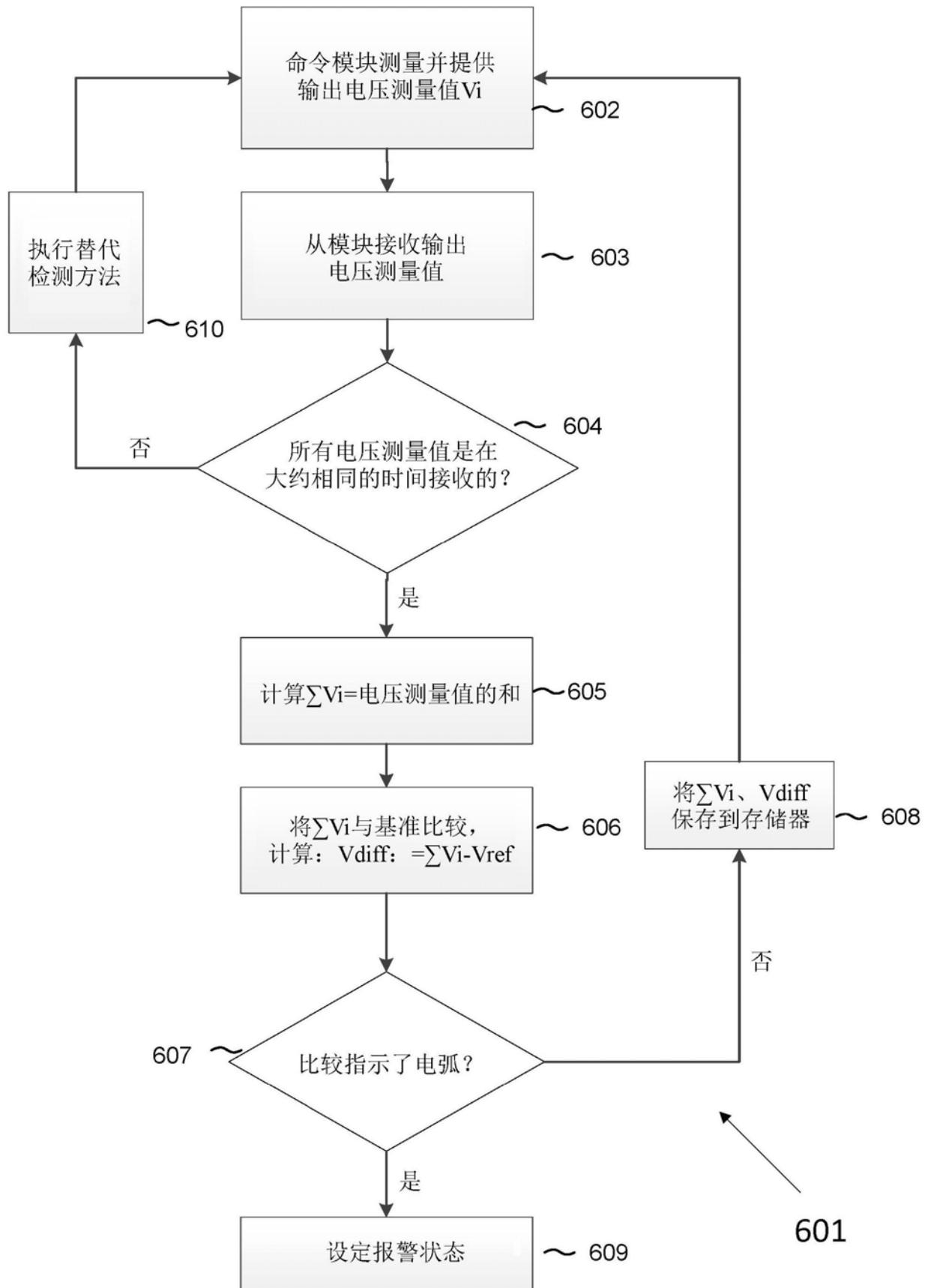


图6a

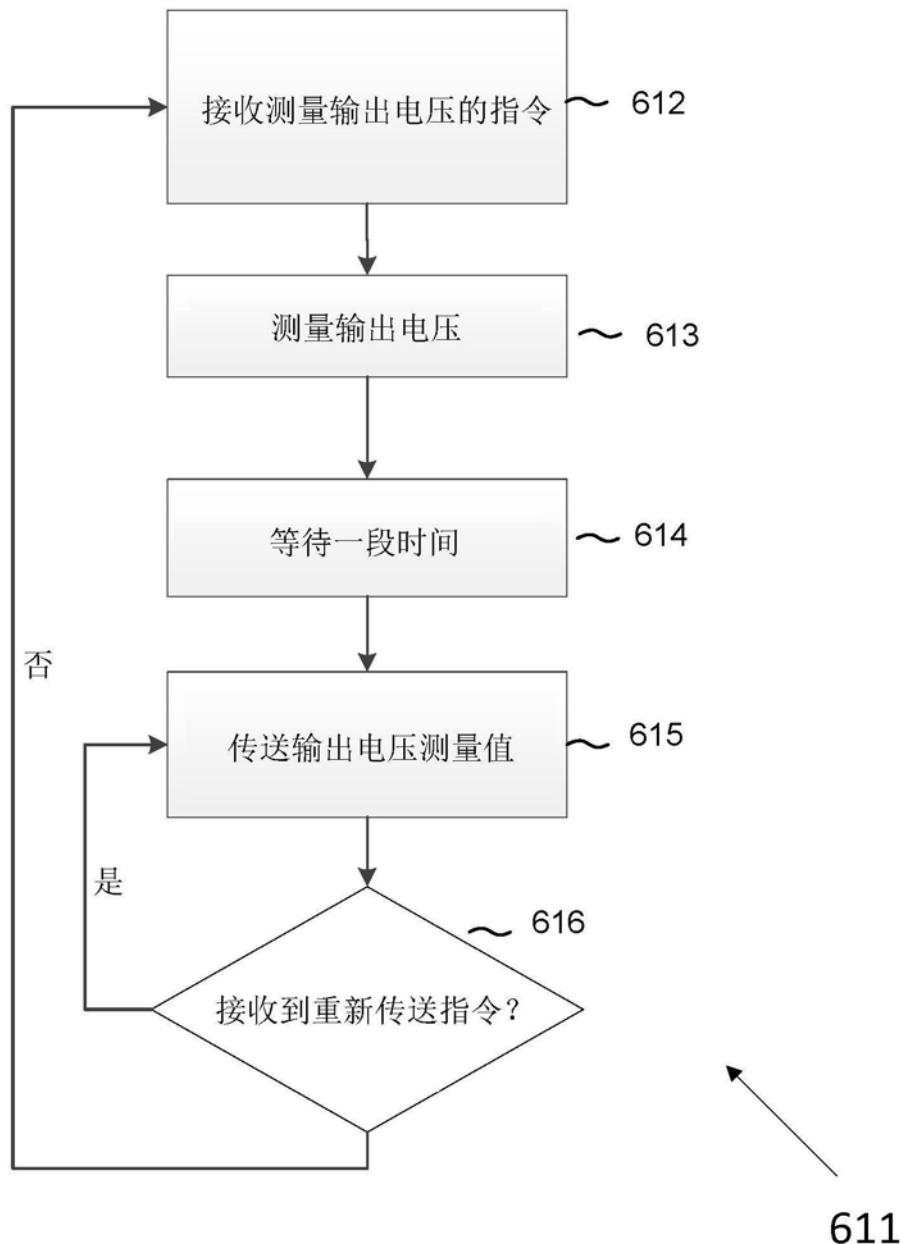


图6b

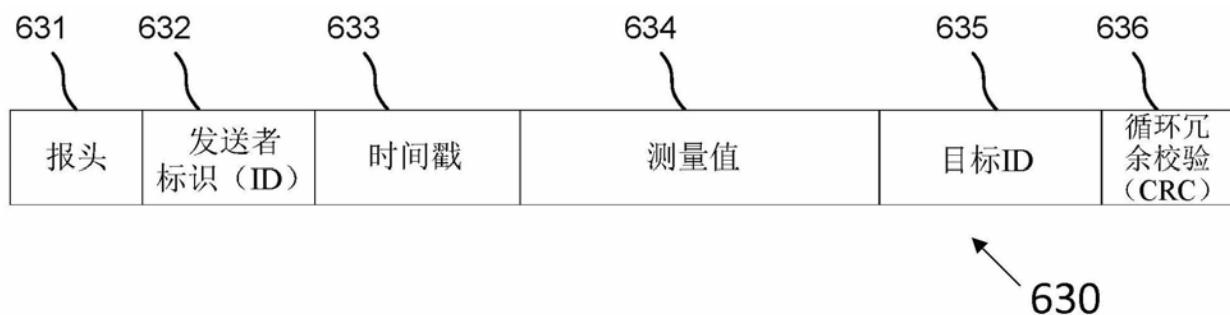


图6c

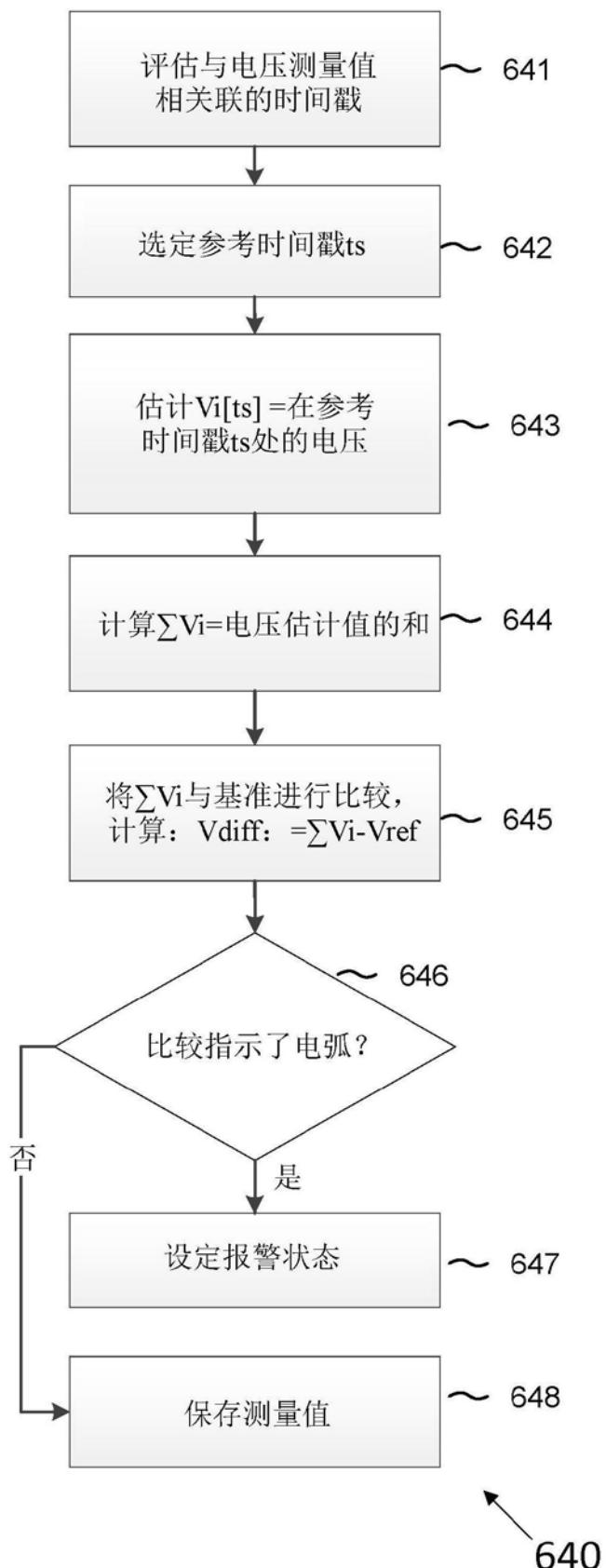


图6d

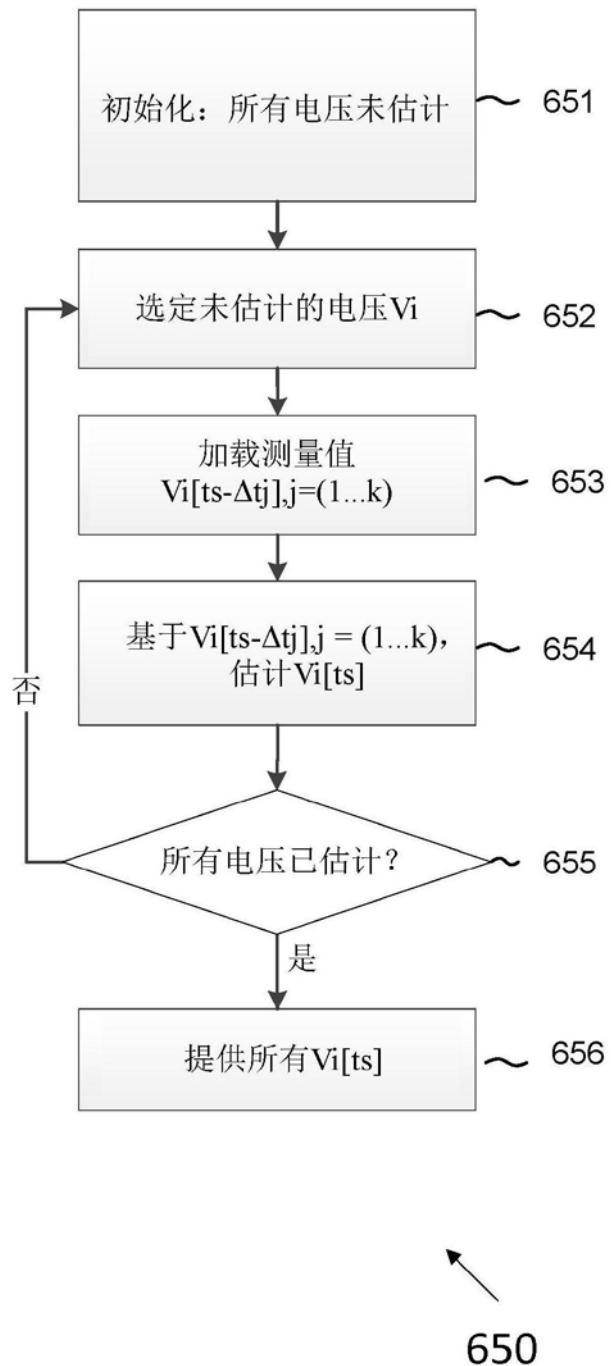


图6e

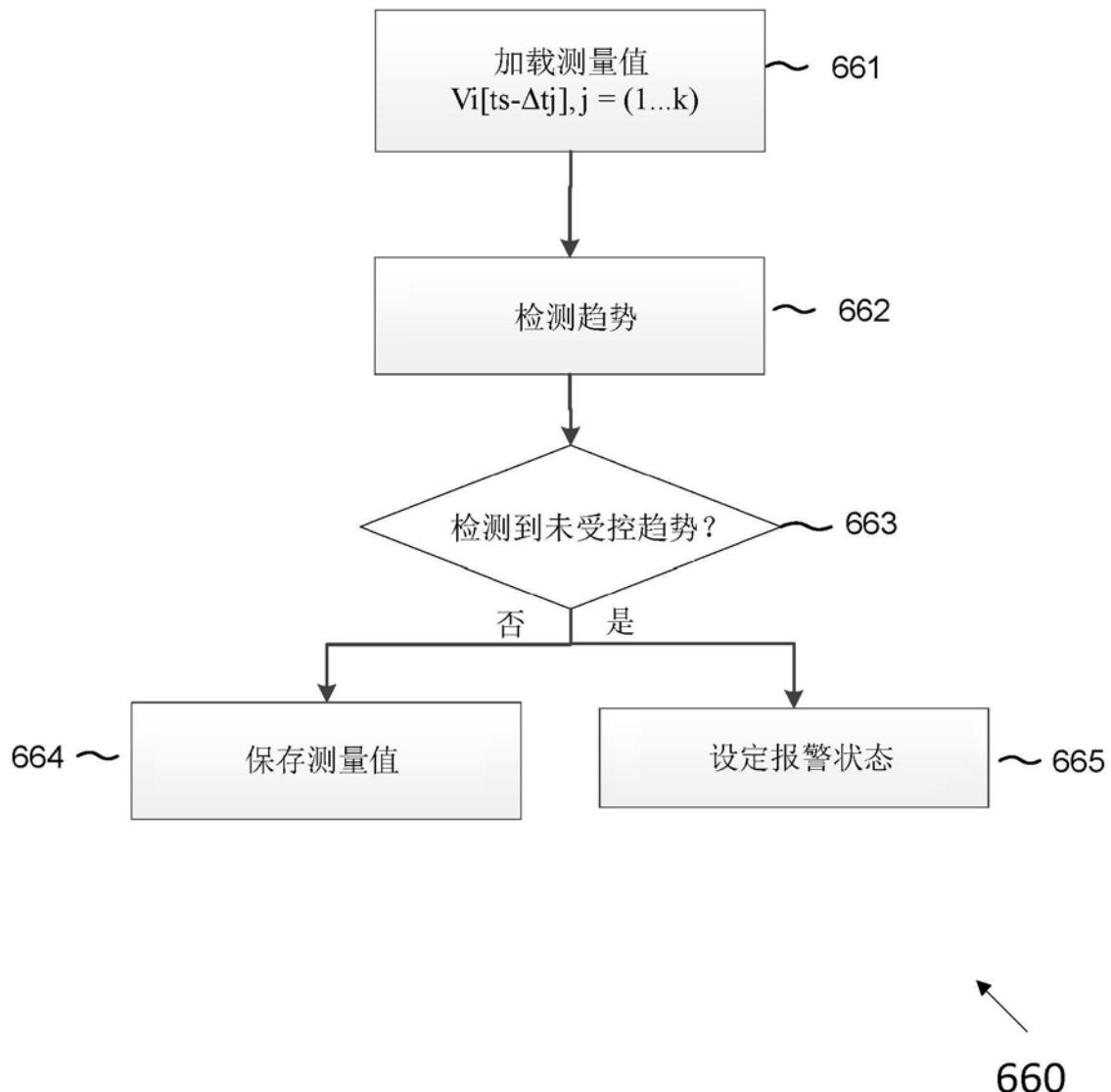


图6f

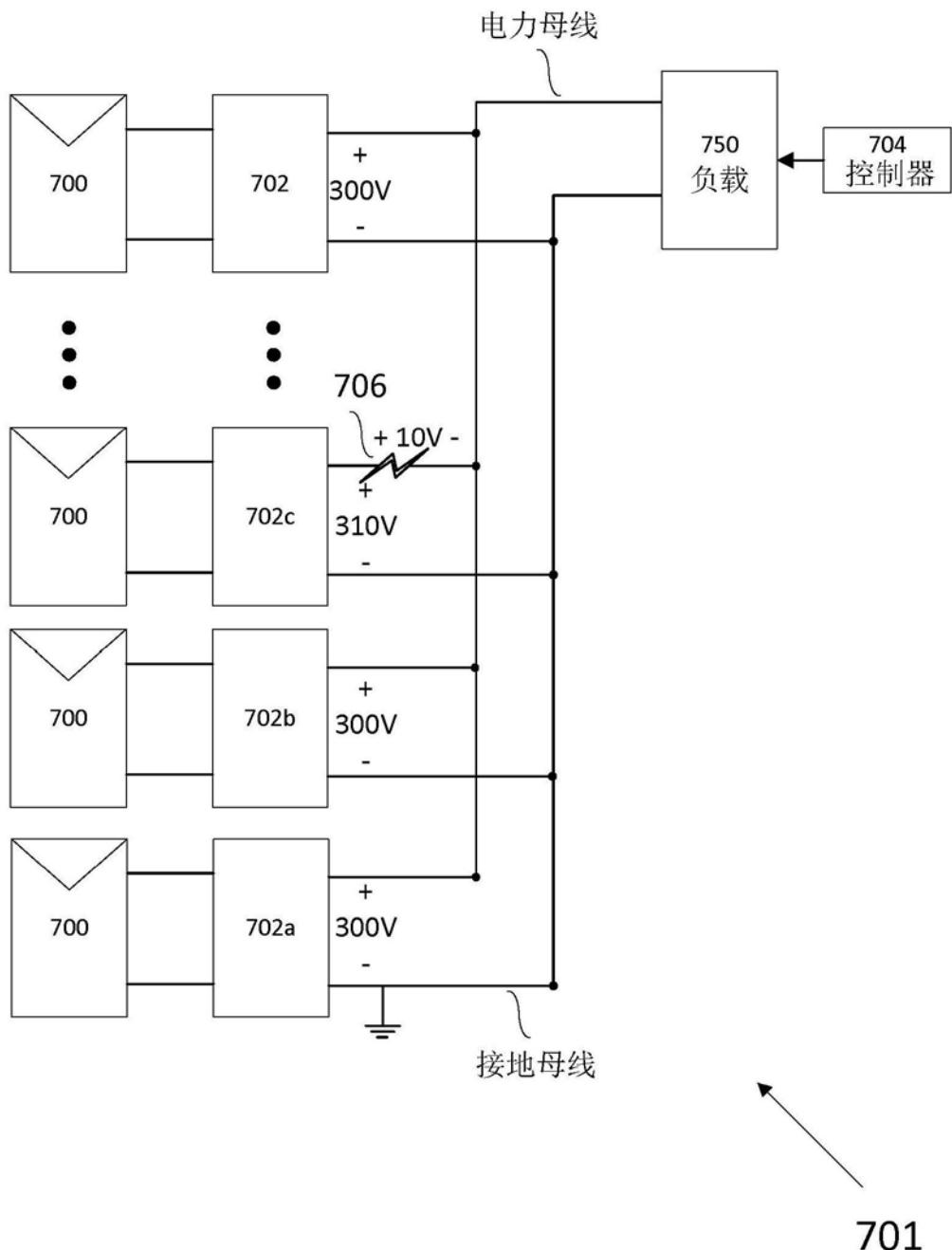


图7a

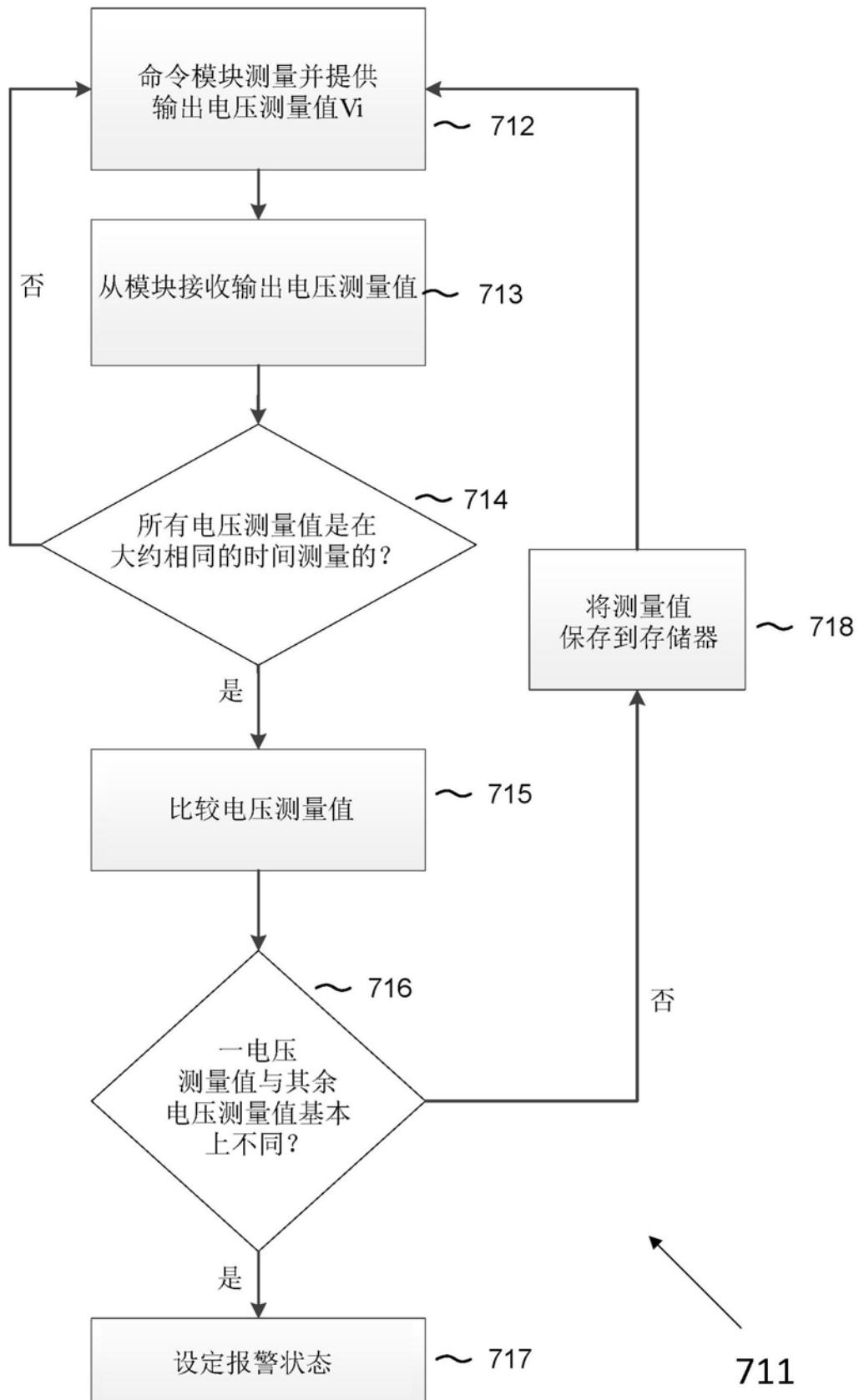


图7b

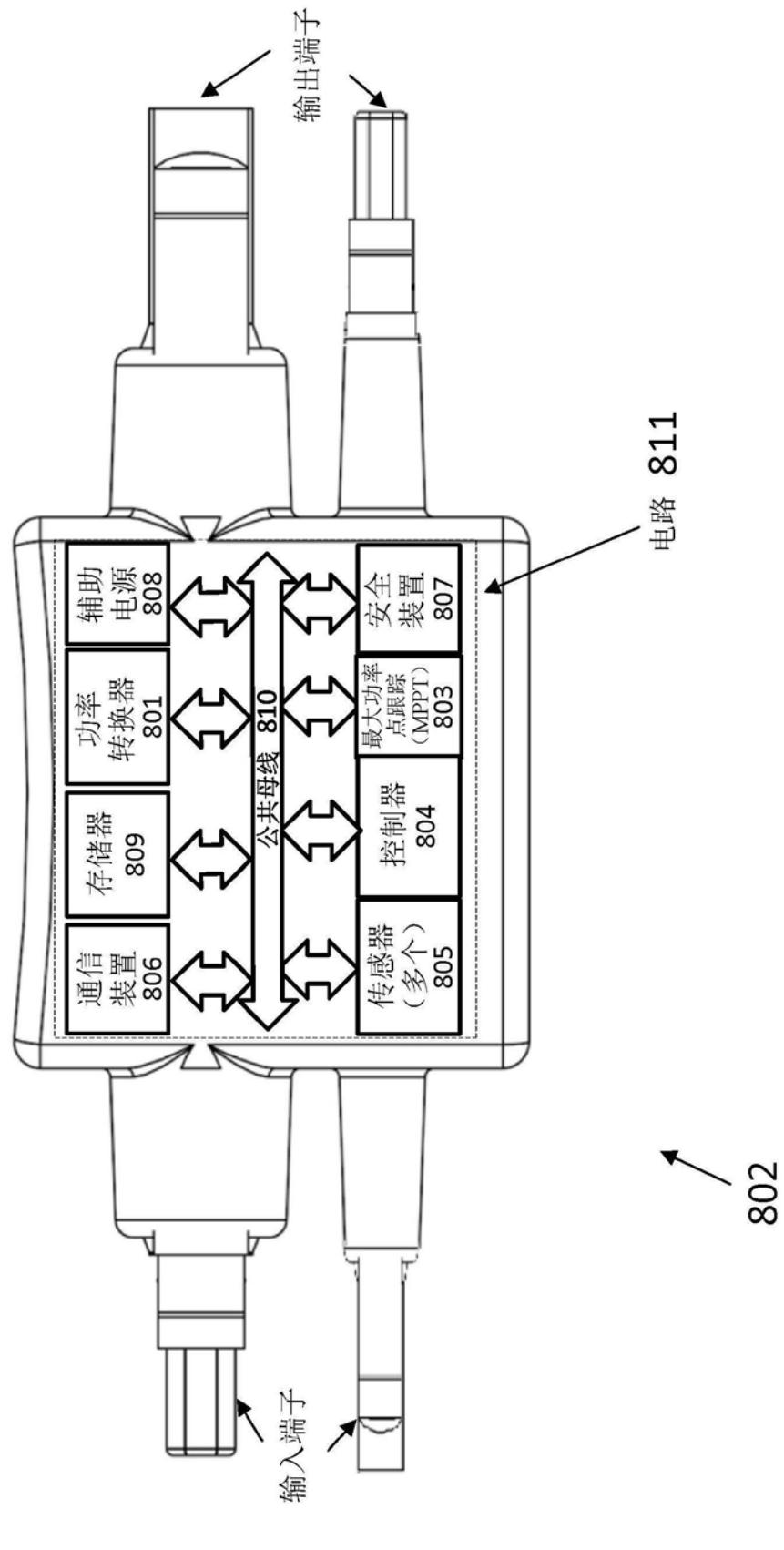


图8a

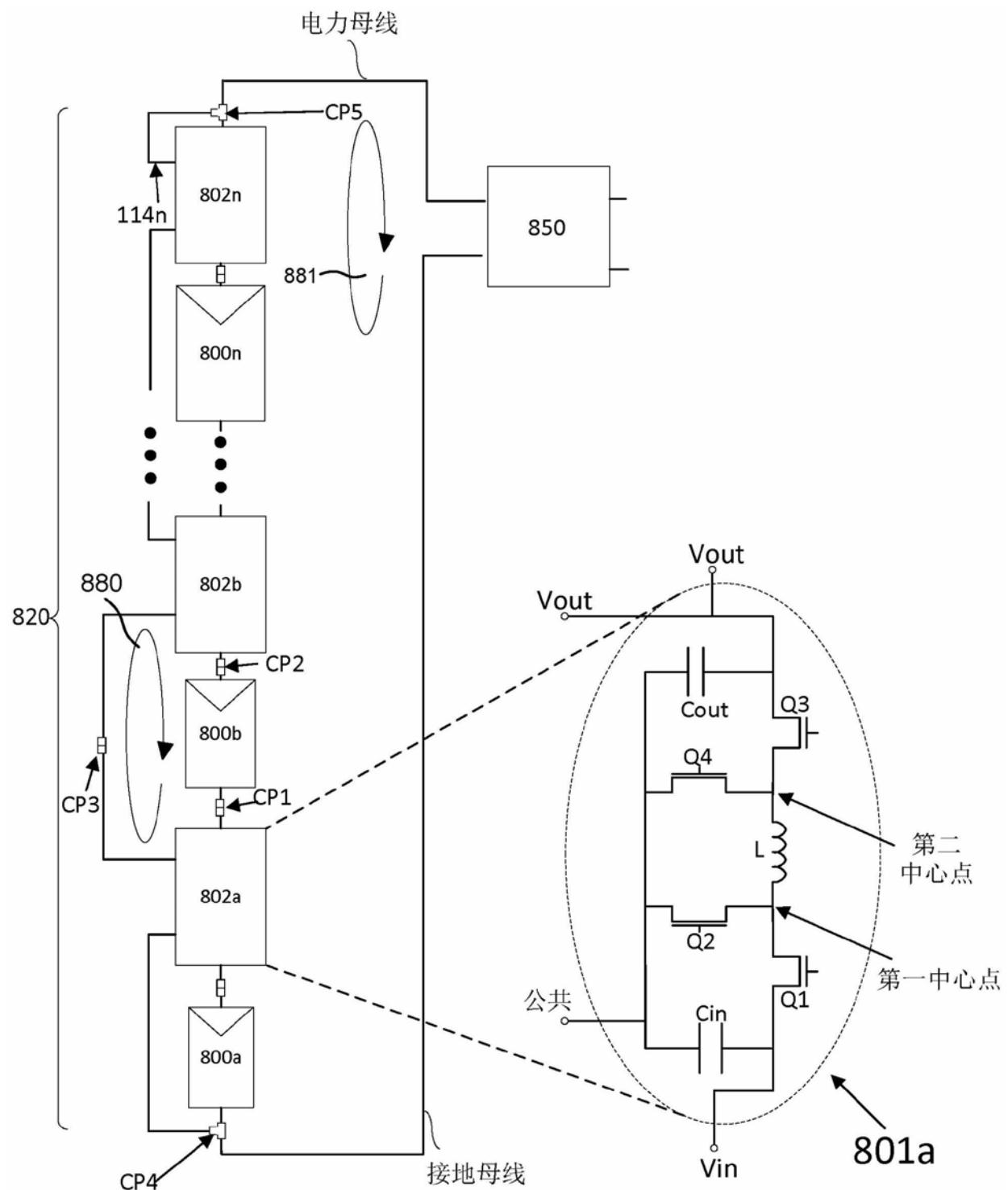


图8b

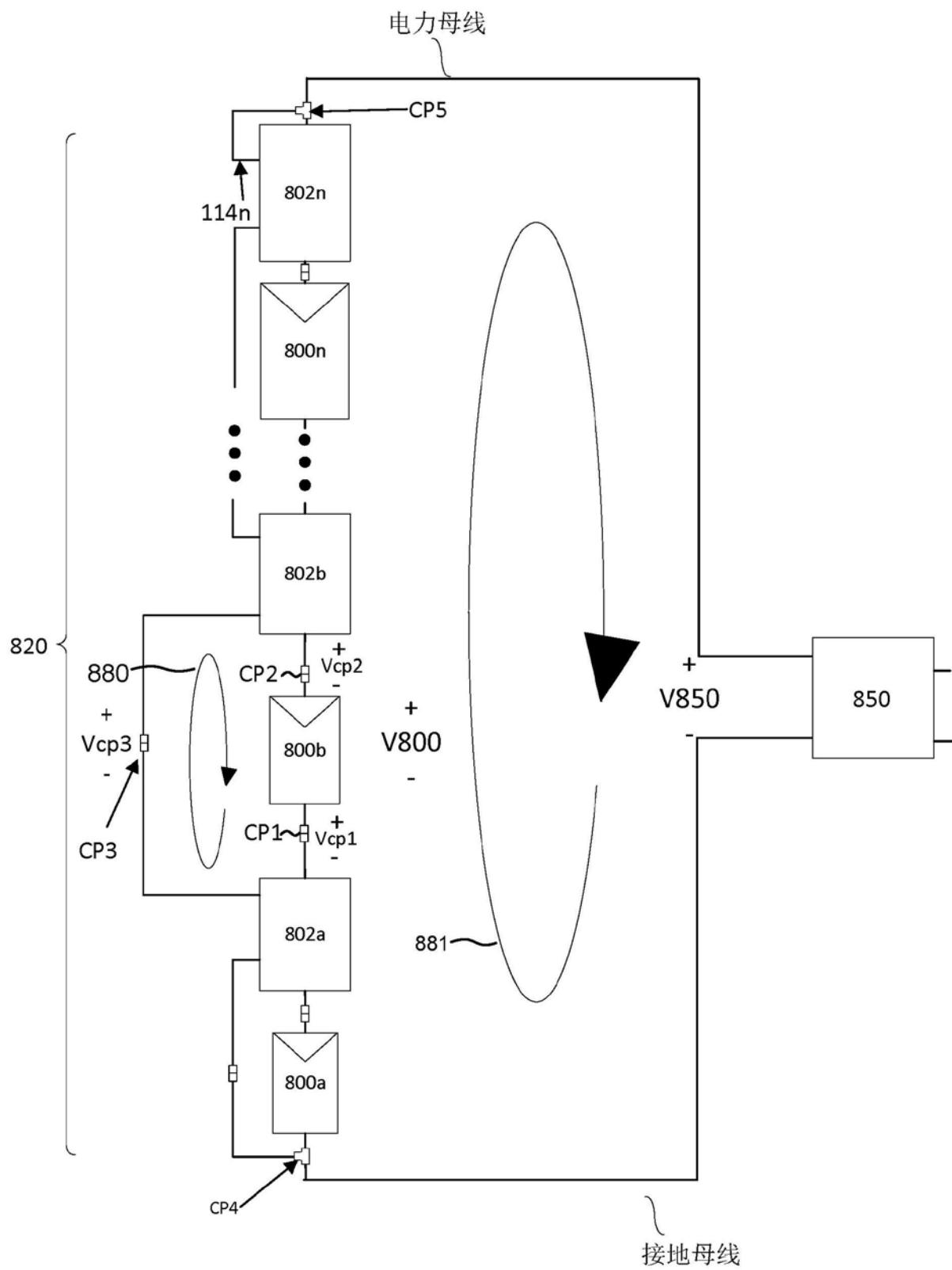


图8c

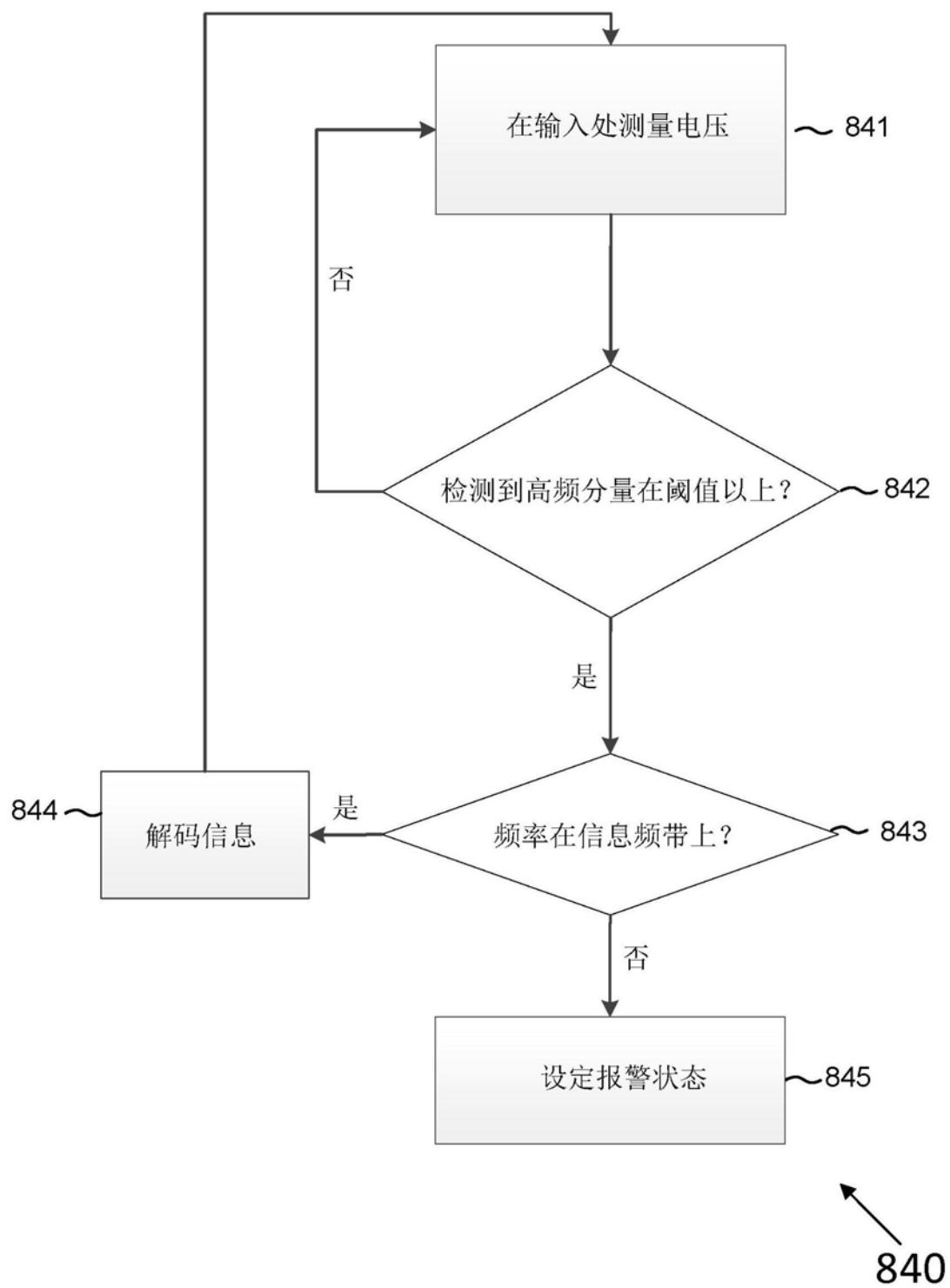


图8d

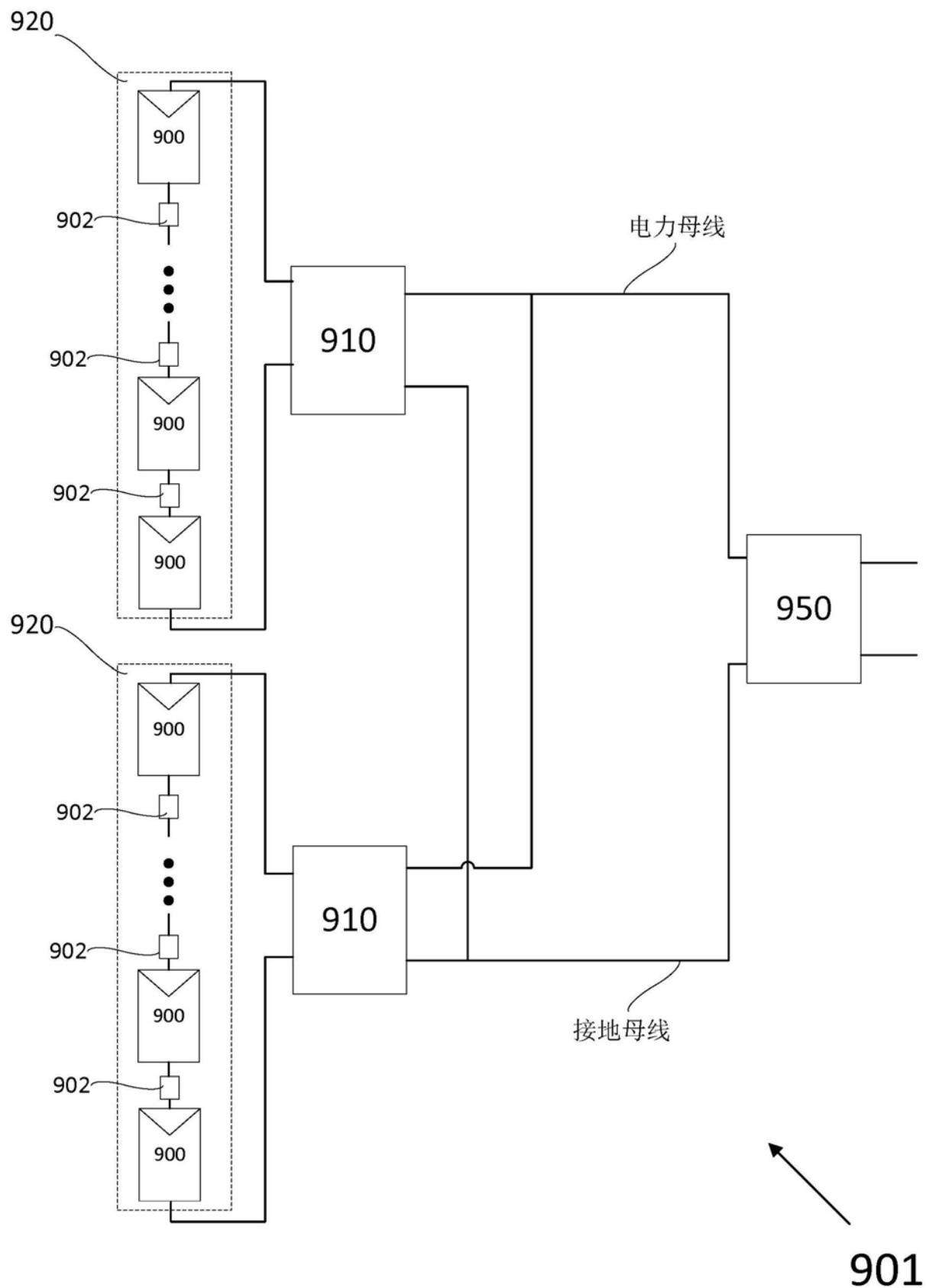


图9

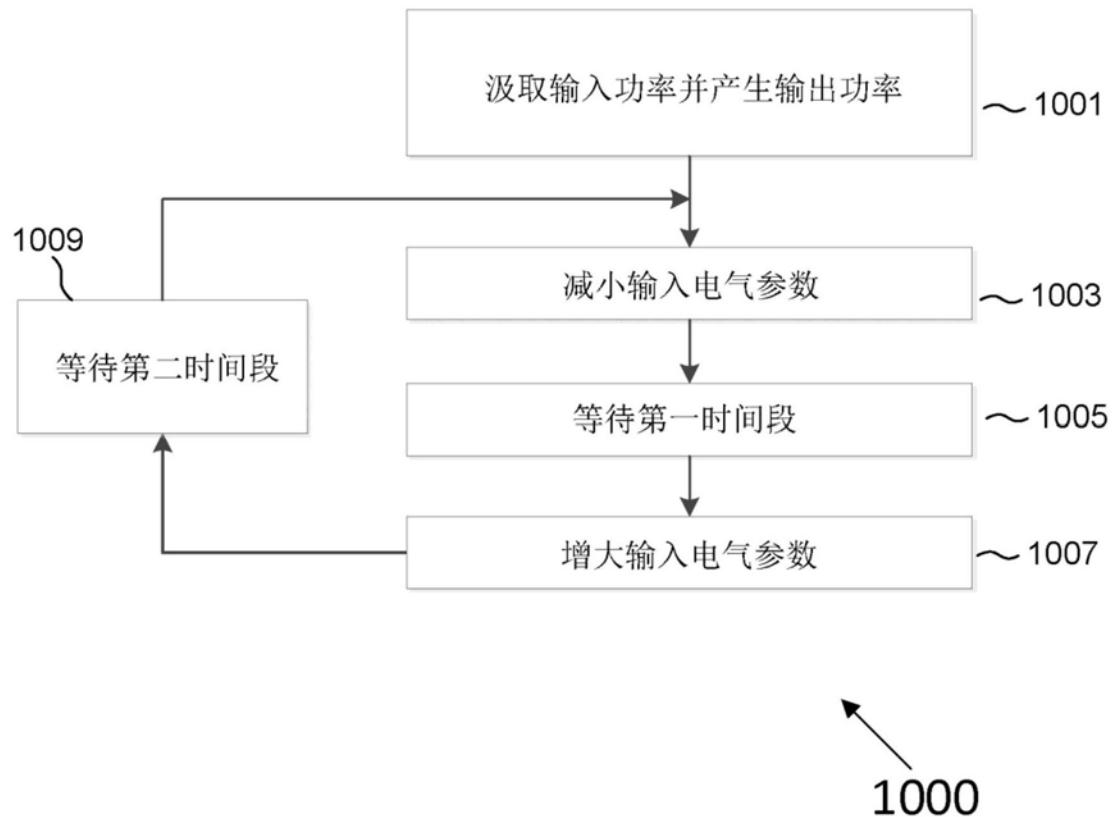


图10a

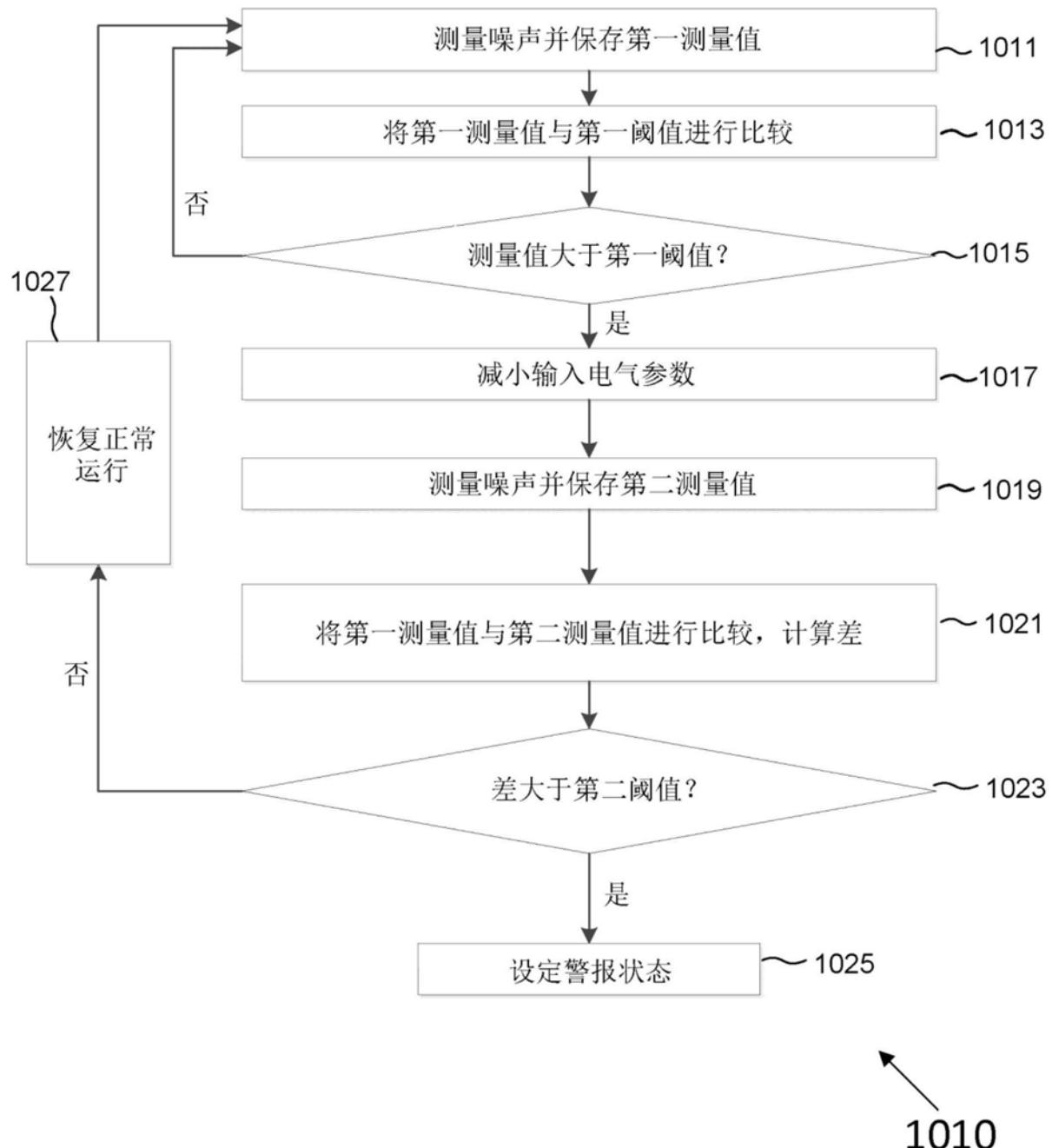
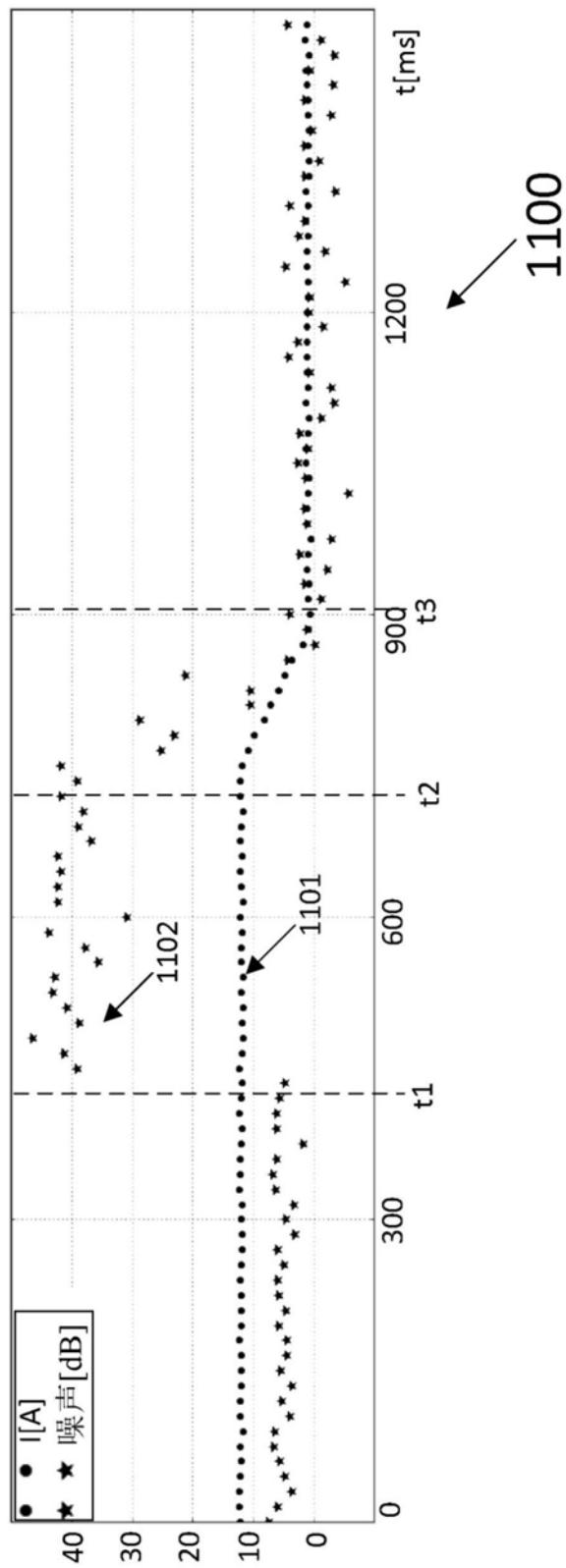


图10b



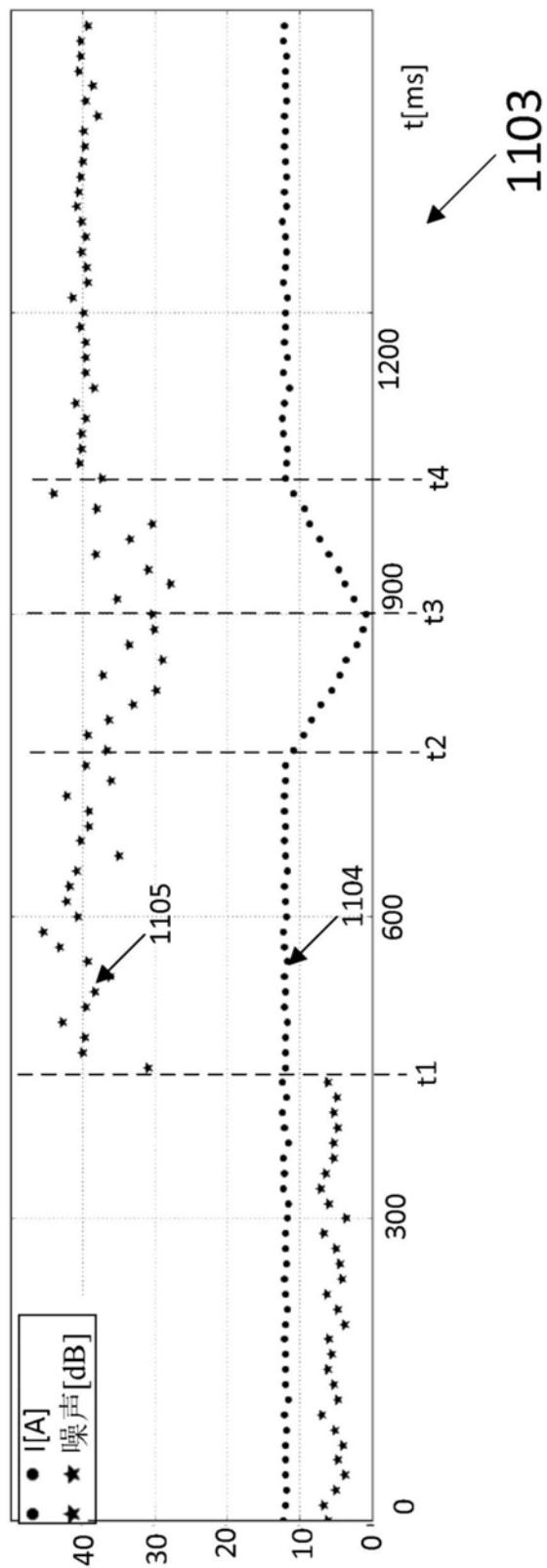


图11b