(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114576103 A
(43)申请公布日 2022.06.03

(21)申请号 202111445761.4

(22)申请日 2021.11.30

(30)优先权数据
17/106301 2020.11.30 US

(71)申请人 通用电气可再生能源西班牙有限公司
地址 西班牙巴塞隆拿

(72)发明人 K·V·R·贾迪拉朱 J·L·查康 S·W·萨瑟兰 A·K·蒂瓦里

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
专利代理师 张珺 杨忠

(51)Int.Cl.
F03D 17/00(2016.01)
F03D 80/00(2016.01)

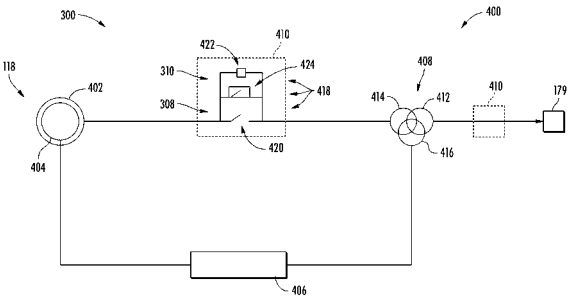
权利要求书2页 说明书16页 附图6页

(54)发明名称

用于操作发电资产的系统和方法

(57)摘要

提供了一种用于操作发电资产的系统和方法，该发电资产具有可操作地联接到电网的发电机。发电机具有转子和定子。定子经由同步开关组件可操作地联接到变压器，并最终联接到电网。同步开关组件具有并联电联接的多个开关装置。相应地，控制器检测发电资产的至少一个操作参数对第一参数阈值的接近。响应于检测到操作参数对第一参数阈值的接近，控制器独立地改变同步开关组件的多个开关装置中的第一开关装置的操作状态。多个开关装置中的各个开关装置可经由控制器独立地控制。



CN 114576103 A

1.一种用于操作具有带有转子和定子的发电机的发电资产的方法,所述定子经由同步开关组件可操作地联接到变压器,所述同步开关组件具有并联电联接的多个开关装置,所述方法包括:

经由控制器检测所述发电资产的至少一个操作参数对第一参数阈值的接近;以及

响应于检测到的接近,经由所述控制器独立地改变所述同步开关组件的多个开关装置中的第一开关装置的操作状态,其中所述多个开关装置中的各个开关装置可经由所述控制器独立地控制。

2.根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

经由所述控制器检测所述至少一个操作参数对第二参数阈值的接近;以及

经由所述控制器独立地改变所述同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

3.根据权利要求2所述的方法,其中,所述发电资产的至少一个操作参数对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的所述接近分别是对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的第一次接近,所述方法进一步包括:

经由所述控制器检测所述至少一个操作参数对所述第二参数阈值的第二次接近;以及

经由所述控制器独立地改变所述同步开关组件的第一开关装置的操作状态。

4.根据权利要求2所述的方法,其中,所述发电资产对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的所述接近分别是对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的第一次接近,所述方法进一步包括:

经由所述控制器检测至少一个操作参数对所述第二参数阈值的第二次接近;以及

经由所述控制器独立地改变所述同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

5.根据权利要求2所述的方法,进一步包括:

在所述第二开关装置的操作状态改变之后,经由所述控制器独立地改变所述第一开关装置的操作状态。

6.根据权利要求2所述的方法,进一步包括:

经由所述控制器确定针对所述多个开关装置中的各个的开关顺序,其中所述开关顺序基于轮换调度和随机化中的一个。

7.根据权利要求2所述的方法,进一步包括:

确定针对所述多个开关装置中的各个的能力额定值;以及

基于所述多个开关装置中的各个开关装置的能力额定值,经由所述控制器针对所述发电资产的给定操作参数确定针对所述多个开关装置的开关顺序。

8.根据权利要求2所述的方法,进一步包括:

经由所述控制器接收针对所述多个开关装置中的各个的使用参数,所述使用参数包括指示从安装日期起的循环计数和电流下时间中的至少一个的数据;

基于针对各个开关装置的所述使用参数,经由所述控制器确定针对所述多个开关装置的开关顺序,其中所述开关顺序配置为跨越所述多个开关装置分配使用负担以便防止所述开关装置的一部分的过度使用。

9.根据权利要求2所述的方法,进一步包括:

确定针对所述多个开关装置中的各个的能力额定值,以便确定针对所述多个开关装置的基于能力的开关顺序;

经由所述控制器接收针对所述多个开关装置中的各个的使用参数，所述使用参数包括指示从安装日期起的循环计数和电流下时间中的至少一个的数据，以便确定针对所述多个开关装置的基于使用的开关顺序；

经由所述控制器接收与针对所述多个开关装置的调度开关顺序相对应的轮换调度；

将权重因子应用于所述基于能力的开关顺序、所述基于使用的开关顺序和所述调度开关顺序中的各个；以及

基于所述基于能力的开关顺序、所述基于使用的开关顺序和所述调度开关顺序的权重，经由所述控制器确定合并的开关顺序。

10.根据权利要求1所述的方法，其中，所述多个开关装置包括接触器、断路器和混合开关元件中的至少一个。

用于操作发电资产的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开总体上涉及发电资产，并且更具体地涉及用于操作经由同步开关组件联接到电网的发电资产的系统和方法。

背景技术

[0002] 如本文所公开的，发电资产可采取多种形式并且可包括依赖于可再生和/或不可再生能源的发电资产。那些依赖可再生能源的发电资产可大体上认为是目前可用的最清洁、最环保的能源中的一个。例如，风力涡轮在这方面获得了增加的关注。现代风力涡轮通常包括塔架、发电机、变速箱、机舱和一个或多个转子叶片。机舱包括联接到变速箱和发电机的转子组件。转子组件和变速箱安装在位于机舱内的台板支承框架上。转子叶片使用已知的翼型件原理捕获风的动能。转子叶片传输旋转能形式的动能，以便转动将转子叶片联接到变速箱(或如果未使用变速箱，则直接地联接到发电机)的轴。发电机然后将机械能转换为电能，并且电能可传输到容纳在塔架内的转换器和/或变压器，并随后部署到公用电网。现代风力发电系统通常使用具有多个风力涡轮发电机的风场的形式，这些风力涡轮发电机可操作成将电力供应到向电网提供电力的传输系统。

[0003] 通常，发电资产可经由同步开关联接到电网。同步开关可用于基于发电资产和/或电网的操作参数将发电资产与电网连接或断开。相应地，同步开关必须具有足够的电容量以在发电机的操作电压下传输电力。另外，同步开关还必须具有足够的机械耐久性以在同步开关的频繁操作循环内保持操作。例如，在低风季节期间，风速变化可能非常大。这些变化可能导致发电资产与电网的频繁同步和断开，从而需要同步开关的对应频繁操作循环。在某些电压范围内，对于具有必要的电容量和机械耐久性的同步开关，可能存在有限的选择。这继而又可能需要使用过大尺寸或定制设计的同步开关，这可能会增加发电资产的成本。

[0004] 鉴于前文，本领域不断寻求用于操作经由同步开关可操作地联接到电网的发电资产的新的和改进的系统和方法。

发明内容

[0005] 本发明的方面和优点将在以下描述中阐明，或可从描述清楚，或可通过实施本发明学习到。

[0006] 一方面，本公开涉及一种用于操作具有发电机的发电资产的方法，该发电机带有转子和定子。定子可经由同步开关组件可操作地联接到变压器，并最终联接到电网。同步开关组件可具有并联电联接的多个开关装置。该方法可包括经由控制器检测发电资产的至少一个操作参数对第一参数阈值的接近。该方法还可包括响应于检测到的接近，经由控制器独立地改变同步开关组件的多个开关装置中的第一开关装置的操作状态。多个开关装置中的各个开关装置可经由控制器独立地控制。

[0007] 在实施例中，该方法还可包括经由控制器检测至少一个操作参数对第二参数阈值

的接近。另外，该方法可包括经由控制器独立地改变同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

[0008] 在另外的实施例中，发电资产对第一参数阈值和第二参数阈值的接近可分别是对第一参数阈值和第二参数阈值的第一次接近。相应地，该方法还可包括经由控制器检测发电资产对第二参数阈值的第二次接近。另外，该方法可包括经由控制器独立地改变同步开关组件的第一开关装置的操作状态。

[0009] 在另一个实施例中，发电资产对第一参数阈值和第二参数阈值的接近可分别是对第一参数阈值和第二参数阈值的第一次接近。相应地，该方法可包括经由控制器检测发电资产对第二参数阈值的第二次接近，并且独立地改变同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

[0010] 在又一个实施例中，该方法可包括在第二开关装置的操作状态改变之后经由控制器独立地改变第一开关装置的操作状态。

[0011] 在实施例中，该方法可包括经由控制器确定针对多个开关装置中的各个的开关顺序。开关顺序可基于轮换调度或随机化。

[0012] 在另外的实施例中，该方法可包括确定针对多个开关装置中的各个的能力额定值。另外，该方法可包括基于多个开关装置中的各个开关装置的能力额定值，经由控制器针对发电资产的给定参数确定针对多个开关装置的开关顺序。

[0013] 在另一个实施例中，该方法可包括经由控制器接收针对多个开关装置中的各个的使用参数。使用参数可包括指示从安装日期起的循环计数和/或电流下时间的数据。该方法还可包括基于针对各个开关装置的使用参数，经由控制器确定针对多个开关装置的开关顺序。开关顺序可配置为跨越多个开关装置分配使用负担，以便排除开关装置的一部分的过度使用。

[0014] 在又一个实施例中，该方法可包括确定针对多个开关装置中的各个的能力额定值，以便确定针对多个开关装置的基于能力的开关顺序。该方法还可包括经由控制器接收针对多个开关装置中的各个的使用参数。使用参数可包括指示从安装日期起的循环计数和/或电流下时间的数据，以便确定针对多个开关装置的基于使用的开关顺序。另外，该方法可包括经由控制器接收与针对多个开关装置的调度开关顺序相对应的轮换调度。该方法可包括将权重因子应用于基于能力的开关顺序、基于使用的开关顺序和调度开关顺序中的各个。另外，该方法可包括基于该基于能力的开关顺序、基于使用的开关顺序和调度开关顺序的权重，经由控制器确定合并的开关顺序。

[0015] 在实施例中，多个开关装置可包括接触器、断路器和/或混合开关元件。在另外的实施例中，多个开关装置可至少包括接触器和断路器。断路器可具有比接触器更高的功率额定值，并且接触器可具有比断路器更高的占空比额定值。

[0016] 在另外的实施例中，第一开关装置可具有与第二开关装置的能力额定值不同的能力额定值。

[0017] 在另一个实施例中，该方法可包括经由控制器从同步开关组件接收指示多个开关装置中的至少一个的故障的错误信号。另外，该方法可包括响应于错误信号实施控制动作。

[0018] 在又一个实施例中，实施控制动作可包括经由控制器确定由于开关装置的故障而引起的针对同步开关组件的降低功率额定值。另外，该方法可包括经由控制器使发电资产

降低额定值以便建立小于同步开关组件的降低功率额定值的发电资产的功率输出。

[0019] 在实施例中，该方法可包括经由控制器接收针对多个开关装置中的各个的使用参数和/或功率参数。使用参数可包括指示特定采样周期内的循环计数和/或电流下时间的数据。功率参数可指示通过开关装置中的各个传输的功率。该方法还可包括基于使用参数和/或功率参数，经由控制器确定针对多个开关装置中的各个的健康状态额定值。该方法还可包括确定针对多个开关装置中的各个的健康状态阈值。该方法可包括经由控制器检测针对多个开关装置中的至少一个开关装置的健康状态额定值对健康状态阈值的接近。响应于健康状态额定值对健康状态阈值的接近，该方法可包括实施控制动作。

[0020] 在另外的实施例中，该方法可包括经由控制器接收针对多个开关装置中的各个的使用参数。使用参数可包括指示循环计数和/或电流下时间的数据。该方法还可包括经由控制器将使用参数与使用间隔相关并且确定针对多个开关装置中的各个的生命周期阈值。生命周期阈值可对应于针对开关装置故障的可能性超过预定水平所处的使用水平。基于相关和生命周期阈值，该方法可包括经由控制器确定直到达到生命周期阈值的间隔数量。

[0021] 另一方面，本公开涉及一种用于操作发电资产的系统。该系统可包括发电机，该发电机包括转子和定子。该系统还可包括同步开关组件，该同步开关组件包括并联电联接的多个开关装置。同步开关组件可将定子联接到变压器，并最终联接到电网。另外，该系统可包括通信地联接到同步开关组件的控制器。控制器可包括至少一个处理器，该至少一个处理器配置成执行多个操作。多个操作可包括本文描述的任何操作和/或特征。

[0022] 本发明的这些及其它特征、方面和优点将参考以下描述和所附权利要求书变得更好理解。并入且构成本说明书的一部分的附图示出了本发明的实施例，且连同描述一直用于阐释本发明的原理。

[0023] 技术方案1．一种用于操作具有带有转子和定子的发电机的发电资产的方法，所述定子经由同步开关组件可操作地联接到变压器，所述同步开关组件具有并联电联接的多个开关装置，所述方法包括：

经由控制器检测所述发电资产的至少一个操作参数对第一参数阈值的接近；以及

响应于检测到的接近，经由所述控制器独立地改变所述同步开关组件的多个开关装置中的第一开关装置的操作状态，其中所述多个开关装置中的各个开关装置可经由所述控制器独立地控制。

[0024] 技术方案2．根据技术方案1所述的方法，进一步包括：

经由所述控制器检测所述至少一个操作参数对第二参数阈值的接近；以及

经由所述控制器独立地改变所述同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

[0025] 技术方案3．根据技术方案2所述的方法，其中，所述发电资产的至少一个操作参数对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的所述接近分别是对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的第一次接近，所述方法进一步包括：

经由所述控制器检测所述至少一个操作参数对所述第二参数阈值的第二次接近；以及

经由所述控制器独立地改变所述同步开关组件的第一开关装置的操作状态。

[0026] 技术方案4．根据技术方案2所述的方法，其中，所述发电资产对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的所述接近分别是对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的第

一次接近,所述方法进一步包括:

经由所述控制器检测至少一个操作参数对所述第二参数阈值的第二次接近;以及

经由所述控制器独立地改变所述同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

[0027] 技术方案5.根据技术方案2所述的方法,进一步包括:

在所述第二开关装置的操作状态改变之后,经由所述控制器独立地改变所述第一开关装置的操作状态。

[0028] 技术方案6.根据技术方案2所述的方法,进一步包括:

经由所述控制器确定针对所述多个开关装置中的各个的开关顺序,其中所述开关顺序基于轮换调度和随机化中的一个。

[0029] 技术方案7.根据技术方案2所述的方法,进一步包括:

确定针对所述多个开关装置中的各个的能力额定值;以及

基于所述多个开关装置中的各个开关装置的能力额定值,经由所述控制器针对所述发电资产的给定操作参数确定针对所述多个开关装置的开关顺序。

[0030] 技术方案8.根据技术方案2所述的方法,进一步包括:

经由所述控制器接收针对所述多个开关装置中的各个的使用参数,所述使用参数包括指示从安装日期起的循环计数和电流下时间中的至少一个的数据;

基于针对各个开关装置的所述使用参数,经由所述控制器确定针对所述多个开关装置的开关顺序,其中所述开关顺序配置为跨越所述多个开关装置分配使用负担以便防止所述开关装置的一部分的过度使用。

[0031] 技术方案9.根据技术方案2所述的方法,进一步包括:

确定针对所述多个开关装置中的各个的能力额定值,以便确定针对所述多个开关装置的基于能力的开关顺序;

经由所述控制器接收针对所述多个开关装置中的各个的使用参数,所述使用参数包括指示从安装日期起的循环计数和电流下时间中的至少一个的数据,以便确定针对所述多个开关装置的基于使用的开关顺序;

经由所述控制器接收与针对所述多个开关装置的调度开关顺序相对应的轮换调度;

将权重因子应用于所述基于能力的开关顺序、所述基于使用的开关顺序和所述调度开关顺序中的各个;以及

基于所述基于能力的开关顺序、所述基于使用的开关顺序和所述调度开关顺序的权重,经由所述控制器确定合并的开关顺序。

[0032] 技术方案10.根据技术方案1所述的方法,其中,所述多个开关装置包括接触器、断路器和混合开关元件中的至少一个。

[0033] 技术方案11.根据技术方案10所述的方法,其中,所述多个开关装置至少包括所述接触器和所述断路器,其中所述断路器具有比所述接触器更高的功率额定值,并且其中所述接触器具有比所述断路器更高的占空比额定值。

[0034] 技术方案12.根据技术方案2所述的方法,其中,所述第一开关装置具有与所述第二开关装置的能力额定值不同的能力额定值。

[0035] 技术方案13.根据技术方案1所述的方法,进一步包括:

经由所述控制器从所述同步开关组件接收指示所述多个开关装置中的至少一个开关装置的故障的错误信号;以及

响应于所述错误信号实施控制动作。

[0036] 技术方案14. 根据技术方案13所述的方法,其中,实施所述控制动作包括:

经由所述控制器确定由于所述至少一个开关装置的故障而引起的针对所述同步开关组件的降低功率额定值;以及

经由所述控制器使所述发电资产降低额定值以便建立小于所述同步开关组件的降低功率额定值的所述发电资产的功率输出。

[0037] 技术方案15. 根据技术方案1所述的方法,进一步包括:

经由所述控制器接收针对所述多个开关装置中的各个的使用参数和功率参数中的至少一个,其中所述使用参数包括指示特定采样周期内的循环计数和电流下时间中的至少一个的数据,并且其中所述功率参数指示通过所述开关装置中的各个传输的功率;

基于所述使用参数和所述功率参数中的至少一个,经由所述控制器确定针对所述多个开关装置中的各个的健康状态额定值;

确定针对所述多个开关装置中的各个的健康状态阈值;

经由所述控制器检测针对所述多个开关装置中的至少一个开关装置的健康状态额定值对所述健康状态阈值的接近;以及

响应于所述健康状态额定值对所述健康状态阈值的接近实施控制动作。

[0038] 技术方案16. 根据技术方案1所述的方法,进一步包括:

经由所述控制器接收针对所述多个开关装置中的各个的使用参数,其中所述使用参数包括指示循环计数和电流下时间中的至少一个的数据;

经由所述控制器将所述使用参数与使用间隔相关;

确定针对所述多个开关装置中的各个的生命周期阈值,所述生命周期阈值对应于针对开关装置故障的可能性超过预定水平所处的使用水平;以及

基于所述相关和所述生命周期阈值,经由所述控制器确定直到达到所述生命周期阈值的间隔数量。

[0039] 技术方案17. 一种用于操作发电资产的系统,所述系统包括:

包括转子和定子的发电机;

包括并联电联接的多个开关装置的同步开关组件,其中所述同步开关组件将所述定子可操作地联接到变压器;以及

通信地联接到所述同步开关组件的控制器,所述控制器包括至少一个处理器,所述至少一个处理器配置为执行多个操作,所述多个操作包括:

检测所述发电资产的至少一个操作参数对第一参数阈值的接近,以及

响应于检测到的接近,独立地改变所述同步开关组件的多个开关装置中的第一开关装置的操作状态,其中所述多个开关装置中的各个开关装置可经由所述控制器独立地控制。

[0040] 技术方案18. 根据技术方案17所述的系统,其中,所述多个操作进一步包括:

检测所述至少一个操作参数对第二参数阈值的接近;以及

独立地改变所述同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

[0041] 技术方案19．根据技术方案18所述的系统，其中，所述发电资产对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的所述接近分别是对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的第一次接近，所述多个操作进一步包括：

检测所述发电资产对所述第二参数阈值的第二次接近；以及

经由所述控制器独立地改变所述同步开关组件的第一开关装置的操作状态。

[0042] 技术方案20．根据技术方案18所述的系统，其中，所述发电资产对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的所述接近分别是对所述第一参数阈值和所述第二参数阈值的第一次接近，所述多个操作进一步包括：

检测所述发电资产对所述第二参数阈值的第二次接近；以及

独立地改变所述同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

附图说明

[0043] 在参考附图的说明书中阐明了针对本领域普通技术人员的包括其最佳模式的本发明完整且充分的公开，在附图中：

图1示出了根据本公开的配置为风力涡轮的发电资产的一个实施例的透视图；

图2示出了用于与根据本公开的风力涡轮一起使用的电系统的一个实施例的示意图；

图3示出了根据本公开的控制器的一个实施例的示意图；

图4示出了根据本公开的用于操作发电资产的系统的控制逻辑的一个实施例的示意图；

图5示出了根据本公开的图4的控制逻辑的扩展部分的一个实施例的流程图；以及

图6示出了根据本公开的图4的控制逻辑的扩展部分的一个实施例的流程图。

[0044] 本说明书和附图中的参考标号的重复使用意图表示本发明的相同或相似的特征或元件。

具体实施方式

[0045] 现在将详细参考本发明的实施例，其一个或多个示例在附图中示出。各个示例通过阐释本发明而不限制本发明的方式提供。实际上，本领域的技术人员将清楚的是，可在本发明中制作出各种改型和变型，而不会脱离本发明的范围或精神。例如，示为或描述为一个实施例的一部分的特征可结合另一个实施例使用以产生又一个实施例。因此，意图本发明覆盖归入所附权利要求书和其等同物的范围内的此类改型和变型。

[0046] 用语“联接”、“固定”、“附接到”等指的是直接联接、固定或附接，以及通过一个或多个中间构件或特征的间接联接、固定或附接，除非本文另有规定。

[0047] 大体上，本公开涉及提高发电资产的同步装置(例如同步开关)的寿命预期。当发电机设计成在一定电压范围(对于该电压范围，具有必需的电压范围和载流量的非常少开关装置可为可用的)内操作时，本文公开的系统和方法可能是特别期望的。例如，发电资产可配置有具有的定子电压在一千伏到三千伏范围内(包括端值)的发电机。在此电压范围内，可用开关装置的数量可能非常有限。相比之下，对于低于1千伏或高于5千伏的定子电压，许多开关装置可为可用的。因此，使用具有的定子电压在1-3千伏范围内的发电机可能

需要使用过大尺寸的开关装置，如设计成在大于5千伏下操作的开关装置和/或定制设计的开关装置。应当认识到，使用过大尺寸的开关装置和/或定制设计的开关装置可能会增加成本。

[0048] 为了提供配置为以所需的载流量在必需的电压范围内操作的开关装置但不需要使用过大尺寸/定制设计的开关装置，本公开包括便于使用作为同步开关组件并联布置的多个“标准/低成本”开关装置的系统和方法。然而，如本文所公开的，多个开关装置可不配置为响应于单个命令信号而作为单个单元起作用，而是可配置为响应于多个命令信号而可独立地控制。例如，当发电资产的输入(例如风速)较低并且生成的电流可由单个开关装置处理时，可仅闭合单个开关装置，而同步开关组件的其余开关装置可保持断开。如果输入增加，可闭合另外的开关装置以处理另外的电流。类似地，随着输入减少，开关装置可根据本文描述的各种控制方案独立地断开。例如，随着输入减少，各个开关装置可接收相应的命令信号，该命令信号指示所有开关装置的同时断开。

[0049] 除了独立地控制同步开关组件的开关装置之外，还可经由使用同步开关组件内的各种类型的开关装置来实现另外的好处。例如，同步开关组件可包括至少一个接触器和至少一个断路器。因而，具有高机械耐久性的接触器可与表现出比接触器更低的机械耐久性但表现出更大电容量的电路断路器结合使用。这种组合可导致电容量、机械耐久性(例如耐用性)和成本的优化。

[0050] 相应地，本公开包括便于使用同步开关组件的系统和方法，该同步开关组件包括并联联接的多个独立可控的开关装置。更确切地说，发电资产可具有发电机。发电机可包括转子和定子。定子可经由同步开关组件可操作地联接到变压器，并最终联接到电网。在这样的配置中，控制器可检测发电资产的至少一个操作参数对第一参数阈值的接近。响应于检测到操作参数对第一参数阈值的接近，控制器可独立地改变同步开关组件的多个开关装置中的第一开关装置的操作状态。另外，控制器可检测操作参数对第二参数阈值的接近。响应于检测到对第二阈值的接近，控制器可独立地改变同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

[0051] 现在参考附图，图1示出了根据本公开的发电资产100的一个实施例的透视图。如图所示，发电资产100可构造为风力涡轮114。在另外的实施例中，发电资产100可例如构造为太阳能发电资产、水力发电厂、化石燃料发电机和/或混合发电资产。

[0052] 当构造为风力涡轮114时，发电资产100可大体上包括从支承表面104延伸的塔架102、安装在塔架102上的机舱106，以及连接到机舱106的转子108。转子108可包括可旋转的毂110和至少一个转子叶片112，该转子叶片联接到毂110并从毂向外延伸。例如，在示出的实施例中，转子108包括三个转子叶片112。然而，在另外的实施例中，转子108可包括多于或少于三个转子叶片112。各个转子叶片112可围绕毂110间隔开，以便于使转子108旋转，从而使动能能够从风转换成可用的机械能，并随后转换成电能。例如，毂110可以可旋转地联接到定位于机舱106内的电系统400(图2)的发电机118(图2)以允许产生电能并将其输送到电网179(图2)。

[0053] 针对100的发电资产还可包括控制器200。当构造为风力涡轮114时，控制器200可配置为集中在机舱106内的涡轮控制器。然而，在其它实施例中，控制器200可位于发电资产100的任何其它构件内或位于发电资产外部的位置。另外，控制器200可通信地联接到发电

资产100的任何数量的构件以便控制这些构件。因此，控制器200可包括计算机或其它合适的处理单元。因此，在若干实施例中，控制器200可包括合适的计算机可读指令，其在实施时，将控制器200配置成执行各种不同的功能，如，接收、传输和/或执行风力涡轮控制信号。

[0054] 各个转子叶片112还可包括桨距控制机构，该桨距控制机构配置成使各个转子叶片112绕其变桨轴线116旋转。应当认识到，使转子叶片112绕变桨轴线变桨可能会影响由风力涡轮114产生的功率量。例如，为了降低风力涡轮114的功率，如响应于风力涡轮114的降低额定值，转子叶片112可沿顺桨(其中相对于风的迎角减小)方向变桨。

[0055] 在若干实施例中，发电资产100可包括至少一个环境传感器156，以用于监测影响发电资产100的至少一种环境条件。在实施例中，环境传感器156例如可为风向标、风速计、激光雷达传感器、温度计、气压计或任何其它合适的传感器。由环境传感器156收集的环境数据集可包括风向、风速、风切变、阵风、风转向、大气压力、压力梯度和/或温度的测量值。因此，环境数据集可限定其中发电资产100操作的条件，并且因此可便于基于主要环境条件确定发电资产100的预期性能。在至少一个实施例中，环境传感器156可在转子108的下风位置处安装到机舱106。应当认识到，环境传感器156可包括传感器网络并且可远离发电资产100定位。

[0056] 另外，发电资产100可包括一个或多个操作传感器158。操作传感器158可配置为检测发电资产100响应于环境条件的性能。操作传感器158可配置为监测与发电资产100的构件的性能和/或健康相关的多个参数。例如，操作传感器158可监测与振动、听觉信号、视觉指示、角位置、旋转速度、弯矩、功耗、发电、温度相关的参数和/或其它合适的参数。例如，操作传感器158可配置为监测多个电状况，如滑动、定子电压和电流、转子电压和电流，以及三相电力中的每相的线路侧电压和电流。相应地，在实施例中，操作传感器158可为电流表、电压表、欧姆表和/或用于监测电网179的功率和/或风力涡轮114的功率输出的任何其它合适的传感器。另外，在实施例中，操作传感器158可为模拟转速计、直流(DC)转速计、交流(AC)转速计、数字转速计、接触式转速计、非接触式转速计或时间和频率转速计。

[0057] 还应认识到，如本文使用的用语“监测”和其变型指示发电资产100的各种传感器可配置成提供监测的参数的直接测量和/或此类参数的间接测量。因此，本文描述的传感器可例如用于生成与监测的参数有关的信号，然后可由控制器200使用该信号来确定发电资产100的状况或响应。

[0058] 现在参考图2，示出了发电资产100的简化电系统400。在实施例中，电系统400可包括用于将转子108的动能转换成可接受形式的电输出到连接的电网179的各种构件。例如，在实施例中，发电机118可为具有定子402和发电机转子404的双馈感应发电机(DFIG)。发电机转子404可联接到功率转换器406，该功率转换器可操作地联接到变压器408。在实施例中，定子402可经由同步开关组件410联接到电网179。在实施例中，同步开关组件410可联接在定子402和变压器408之间。在备选实施例中，同步开关组件410可联接在变压器408与电网179之间。

[0059] 如图2中进一步所示，在实施例中，变压器408可为3绕组变压器，其包括初级绕组412、次级绕组414和辅助绕组416。初级绕组412可联接到电网179，而次级绕组414可以可操作地联接到定子402。另外，辅助绕组416可以可操作地联接到转换器406。应当认识到，变压器408可为如图所示的三绕组变压器，或备选地，可为仅具有初级绕组412和次级绕组414的

双绕组变压器;可为具有初级绕组412、次级绕组414和辅助绕组416以及另外的辅助绕组的四绕组变压器;或可具有任何其它合适数量的绕组。

[0060] 同步开关组件410可包括并联电联接的多个开关装置418。在实施例中,多个开关装置418可包括接触器420、断路器422(例如电路断路器)和/或混合开关元件424,其组合了机械装置和电子装置。应当认识到,同步开关组件410可包括并联连接的任何数量的接触器420、断路器422和/或混合开关元件424,并且可包括多个每种类型的开关装置418。

[0061] 在实施例中,多个开关装置418可包括至少一个接触器420和至少一个断路器422。在此实施例中,断路器422可具有比接触器420更大的功率额定值(例如电容量)。然而,接触器420可具有比断路器422更高的占空比额定值。换句话说,在实施例中,断路器422可配置为比接触器420传输更大的电流负载而不会跳闸或受损,但是接触器420可具有更大的机械耐久性并且配置为改变操作状态(例如断开/闭合)比断路器422的次数更多,而不会退化。

[0062] 仍然参考图2并还参考图3至图6,呈现了根据本公开的用于操作发电资产100的系统300的多个实施例的各个方面。例如,如本文所述,系统300可用于操作上述风力涡轮114。然而,应当认识到,所公开的系统300可用于具有任何合适配置的任何其它发电资产100。另外,尽管图4至图6为了说明和论述的目的描绘了以特定顺序执行的步骤,但本文描述的方法和步骤不限于任何特定顺序或布置。使用本文提供的公开的本领域技术人员将认识到,可以以各种方式省略、重新布置、组合和/或调整方法的各个步骤。

[0063] 如在图3中具体所示,示出了可包括在控制器200内的合适构件的一个实施例的示意图。例如,如图所示,控制器200可包括一个或多个处理器206和相关的存储器装置208,其配置成执行多种计算机实施的功能(例如,执行方法、步骤、计算等,以及存储如本文公开的相关数据)。另外,控制器200还可包括通信模块210以便于控制器200、发电资产100及其构件之间的通信。另外,通信模块210可包括传感器接口212(例如,一个或多个模数转换器),以允许从一个或多个传感器(如环境传感器156和/或操作传感器158)传输的信号转换成由处理器206可理解和处理的信号。应当认识到,传感器可使用任何合适的手段通信地联接到通信模块210。例如,如图3中所示,传感器经由有线连接联接到传感器接口212。然而,在其它实施例中,传感器156、158可经由无线连接来联接到传感器接口212,如通过使用本领域中已知的任何合适的无线通信协议。另外,通信模块210还可以可操作地联接到配置为实施控制动作的操作状态控制模块214。

[0064] 如本文使用的用语“处理器”不但是指本领域中称为包括在计算机中的集成电路,而且是指控制器、微控制器、微型计算机、可编程逻辑控制器(PLC)、专用集成电路,以及其它可编程电路。另外,存储器装置208可大体上包括存储器元件,包括但不限于,计算机可读介质(例如,随机存取存储器(RAM))、计算机可读非易失性介质(例如,闪速存储器)、软盘、光盘只读存储器(CD-ROM)、磁光盘(MOD)、数字多功能盘(DVD)和/或其它合适的存储器元件。这种存储器装置208大体上可配置为存储合适的计算机可读指令,当由处理器206实施时,这些指令将控制器200配置为执行各种功能,包括但不限于独立地改变如本文所述的同步开关组件410的多个开关装置418中的各个的操作状态,以及各种其它合适的计算机实施的功能。

[0065] 具体参考图4,在实施例中,系统300的控制器200可如302处所示检测发电资产100的至少一个操作参数304对第一参数阈值306的接近。响应于检测到的接近,在实施例中,控

制器200可独立地改变多个开关装置418中的第一开关装置308的操作状态。如本文所公开的，多个开关装置418中的各个开关装置可经由控制器200独立地控制。例如，在实施例中，第一开关装置308可处于断开操作状态，而第二开关装置310可处于闭合操作状态。应当认识到，只有当开关装置418处于闭合操作状态时才可建立通过开关装置418的电流。应当认识到，如本文所使用的，操作参数304对阈值的接近表示操作参数304对阈值的临近。例如，在实施例中，当操作参数304作为偏离阈值小于5%(例如小于1%)的值时，操作参数304可接近阈值。还应当认识到，操作参数304可指示发电资产100的实际操作参数值(例如发电)和/或基于影响发电资产的环境条件的潜在操作参数值(例如发电能力)。

[0066] 在实施例中，操作参数304可为功率参数。例如，操作参数304可为有功功率分量幅度、无功功率分量幅度、生成的电压和/或生成的电流的指示。在另外的实施例中，操作参数304可响应于诸如由环境传感器156监测的环境条件之类的输入来指示发电资产100的操作状态。例如，操作参数304可指示轴旋转速度、转子速度、末梢速度比和/或发电机速度。另外，在实施例中，操作参数304可指示控制器200的命令，该命令指导期望操作状态的建立。例如，操作参数304可对应于发电机速度设定点、发电机转矩设定点、转子速度设定点、桨距设定点和/或末梢速度比设定点。

[0067] 在实施例中，各个开关装置418可具有对应于机械耐久性和/或电容量的能力额定值312。在实施例中，针对各个开关装置418的能力额定值312可相同或相似。然而，在实施例中，多个开关装置418中的至少一个的能力额定值312可不同于至少一个另外开关装置418的能力额定值312。相应地，在实施例中，第一开关装置308可具有与第二开关装置310的能力额定值312不同的能力额定值312。例如，在实施例中，第一开关装置308可具有相对高的电容量和中等的机械耐久性，而第二开关装置310可具有中等的电容量和低机械耐久性。

[0068] 如314处所示，在实施例中，控制器200可检测操作参数304对第二参数阈值316的接近。在其中操作参数304跨越第二阈值316的实施例中，如316处所示，控制器200可独立地改变第二开关装置310的操作状态。如318处所示，在其中操作参数304不跨越第二参数阈值316的实施例中，第二开关装置310的操作状态可不变。

[0069] 在其中操作参数304可增加的实施例中，第二参数阈值316可具有大于第一参数阈值306的值。例如，在其中第一参数阈值306和第二参数阈值316对应于针对发电资产100的发电水平的实施例中，接近第二参数阈值316可能需要比接近第一参数阈值306所需的增加的发电水平。

[0070] 作为说明，在其中由环境传感器156监测的风速不足以支持由风力涡轮114发电并且风力涡轮114通过同步开关组件410的断开操作状态与电网179断开的实施例中，可使用系统300。从此初始状态开始，如由操作参数304所反映的，风速可增加并且支持转子108的增加的旋转速度和对应的发电水平。如本文所使用，“发电水平”可包括发电资产100的实际发电和/或基于环境条件的发电资产100的发电能力(例如潜在发电)。随着控制器200检测到发电水平(例如操作参数304)对发电阈值(例如第一参数阈值306)的接近，控制器200可将第一开关装置308的操作状态从断开操作状态独立地改变到闭合操作状态。闭合第一开关装置308可将发电机118电联接到电网179。在实施例中，只要风力涡轮114的发电保持在第一开关装置308的操作极限内，风力涡轮114就可仅经由第一开关装置308保持联接到电网179。然而，随着风速增加，发电的对应增加可导致操作参数304接近第二参数阈值316。当

控制器200在318处检测到跨越第二阈值316时，控制器200可将第二开关装置310的操作状态从断开操作状态独立地改变到闭合操作状态。在实施例中，闭合第二开关装置310可导致发电机118经由第一开关装置308和第二开关装置310两者电联接到电网179。在实施例中，风力涡轮114可经由第一开关装置308和第二开关装置310两者保持联接到电网179，直到操作参数304的变化需要另外开关装置418的闭合或第一开关装置308或第二开关装置310任一者的断开，或同时地。

[0071] 仍参考图4，在实施例中，发电资产100对第一参数阈值306和第二参数阈值316的接近可为如由框320所示的对第一参数阈值306和第二参数阈值316的第一次接近。在实施例中，如由框322所示，操作发电资产可导致操作参数304对第二操作参数316的第二次接近。例如，在其中操作参数304对第二参数阈值316的第一次接近(框320)对应于发电资产100的发电的增加的实施例中，发电的减少可导致操作参数304对第二参数阈值的第二次接近(框322)。换言之，一旦由于操作参数304的增加而已经跨越第二参数阈值316，则可能不会再次遇到第二参数阈值316，直到操作参数304的减小导致第二次接近。

[0072] 如324处所示，在实施例中，控制器200可配置为在第二次接近期间检测操作参数304对第二参数阈值316的接近(框322)。响应于检测到操作参数304对第二参数阈值316的第二次接近，控制器200可如326处所示独立地改变同步开关组件410的第一开关装置308的操作状态。此开关顺序332可认为是“先闭合，先断开”或“先进，先出”(FIFO)开关顺序。

[0073] 应当认识到，使用FIFO开关顺序可便于跨越多个开关装置418中的各个分配服务负担。例如，由于第二开关装置310可能直到第一开关装置308之后的一些时段才闭合，所以如果第二开关装置310在对第二参数阈值316的第二次接近时断开，则第一开关装置308可累积比将由第二开关装置310记录的更多的电流下时间346。然而，通过在第二次接近期间遇到第二参数阈值316时将第二开关装置310保持在闭合位置并断开第一开关装置308，电流下时间346可在多个开关装置418之间更均匀。

[0074] 在另外的实施例中，如328处所示，控制器200可响应于检测到操作参数304对第二参数阈值316的第二次接近而独立地改变同步开关组件的第二开关装置310的操作状态410。这样的开关顺序332可认为是“先闭合，后断开”或“先进，后出”(FILO)开关顺序。在此实施例中，在第一次接近(框320)期间用于闭合多个开关装置418中的各个的开关顺序可在第二次接近(框322)期间颠倒。

[0075] 应当认识到，使用FILO开关顺序可便于第一开关装置308比第二开关装置310在闭合操作状态下维持更长的持续时间。使用FILO开关顺序在其中第一开关装置308的能力保证增加的电流下时间346的实施例中可能是特别有益的。例如，第一开关装置308可具有相对高的能力额定值312。这可允许在发电资产100的大部分操作包络中使用第一开关装置308，而第二开关装置310可用于在更极端的操作条件下增强第一开关装置308。相应地，当操作条件不再需要使用第二开关装置310时，可能期望继续操作第一开关装置308。

[0076] 如330处所示，在实施例中，控制器200可在第二开关装置310的操作状态改变之后独立地改变第一开关装置308的操作状态。例如，在其中第一开关装置是接触器420并且第二开关装置是断路器422的实施例中，断路器422相对于接触器420的电流容量可允许断路器422在可能使接触器420退化的电流水平下使用。相应地，可能期望随着断路器422的闭合按顺序断开接触器420，使得电流负载由断路器422承载。在此实施例中，断路器422可保持

在闭合操作状态直到由控制器200断开以将发电机118与电网179断开。

[0077] 在实施例中，控制器200可配置为确定开关顺序332。开关顺序332可指定和排顺序，其中多个开关装置418中的各个可断开和/或闭合。例如，在实施例中，开关顺序可基于轮换调度334或随机化。在实施例中，轮换调度334可经由控制器200接收并且可对应于针对多个开关装置418的调度开关顺序338。应当认识到，调度开关顺序338和随机化开关顺序336两者可用于平衡跨越多个开关装置418的操作负担的分配。在其中多个开关装置418可包括单一类型的开关装置并因此能力额定值的实施例中，此途径可能是特别有益的。还应当认识到，调度开关顺序338的使用可为开关顺序提供一定程度的可预测性，而随机化开关顺序336的使用可对抗可能导致跨越多个开关装置418的操作负担分配不均匀的不可预测的操作模式。

[0078] 在另外的实施例中，可确定针对多个开关装置418中的各个的能力额定值312。在此实施例中，控制器200可确定针对多个开关装置418的基于能力的开关顺序340。对于给定操作参数304，基于能力的开关顺序340可基于针对多个开关装置418中的各个开关装置的能力额定值312。例如，在实施例中，操作参数304可对应于电流的指示并且能力额定值312可指示各个开关装置418的载流能力。在另外的实施例中，操作参数304可对应于诸如可由波动风条件引起的发电机118的功率输出可变性的指示。在此实施例中，能力额定值312可对应于开关装置418的机械耐久性，因为功率输出的不稳定性可能需要开关装置418的操作状态的频繁改变。

[0079] 在实施例中，控制器200可接收针对多个开关装置418中的各个的使用参数342。使用参数342可包括指示从安装日期起测量的循环计数344和/或电流下时间346的数据。在实施例中，循环计数344可对应于从开关装置418的安装起由开关装置418所经历的操作状态变化的数量。在实施例中，电流下时间346可指示其中各个开关器件418可能已经经受电流负载的时间量。相应地，控制器200可基于针对多个开关装置418中的各个开关装置的使用参数342来确定针对多个开关装置418的基于使用的开关顺序348。基于使用的开关顺序348可配置为跨越多个开关装置418分配使用负担，以便排除开关装置418的一部分的过度使用。

[0080] 在实施例中，确定开关顺序332可包括确定合并的开关顺序。为了确定合并的开关顺序，权重因子350可应用于基于能力的开关顺序340、基于使用的开关顺序348和调度开关顺序338中的各个。通过将权重因子应用于开关顺序338、340、348中的各个，如由单独的开关顺序338、340、348确定的多个开关装置418中的各个开关装置的开关顺序可根据控制器200的首要控制优先级方案而改变。改变的开关顺序然后可由控制器200合并为合并的开关顺序。

[0081] 现在参考图5，其中描绘了对应于错误响应352的系统300的控制逻辑的一部分。在实施例中，控制器200可从同步开关组件410接收错误信号354。错误信号354可指示多个开关装置418中的至少一个的故障。响应于错误信号354的接收，控制器200可实施控制动作356。在实施例中，实施控制动作356可包括确定由于开关装置418的故障而引起的针对同步开关组件410的降低功率额定值358。如360处所示，控制器200可使发电资产100降低额定值。响应于发电资产100的降低额定值，如362处所示，发电资产100的功率输出可建立在小于针对同步开关组件410的降低功率额定值358的幅度。例如，发电资产100的功率输出可建

立在不超过源于开关装置418的故障的同步开关组件410的降低电容量的幅度。

[0082] 现在参考图6，其中描绘了系统300的控制逻辑的一部分，其对应于如框364中所示的开关装置418的健康状态/生命周期的确定。在实施例中，控制器200可接收针对多个开关装置418中的各个的至少一个使用参数342和功率参数366。使用参数342可包括指示特定采样周期内的循环计数344和/或电流下时间346的数据。在实施例中，功率参数366可指示通过各个开关装置418传输的功率。

[0083] 在实施例中，控制器200可基于使用参数342和/或功率参数366确定针对多个开关装置418中的各个的健康状态额定值368。另外，在实施例中，可确定针对多个开关装置418中的各个的健康状态阈值370。在实施例中，控制器200可使用健康状态阈值370来在372处检测针对多个开关装置418中的至少一个开关装置的健康状态额定值368对健康状态阈值370的接近。在实施例中，在检测到健康状态额定值368对健康状态阈值370的接近时，控制器200可实施控制动作356。

[0084] 在实施例中，控制动作356可包括生成警报。警报的生成可便于维护事件的调度以便解决具有接近健康状态阈值370的健康状态额定值368的开关装置418。相应地，警报可包括听觉信号、视觉信号、报警、通知、系统输入和/或可向操作者标识根本原因的任何其它系统。应当认识到，如本文所述的控制动作356还可包括由控制器200的任何合适的命令或约束。例如，在实施例中，控制动作356可包括对发电资产100暂时降低额定值。另外，在实施例中，控制动作356可包括限制发电资产的至少一个构件的操作。例如，控制动作356可限制转子叶片112的变桨以便限制风力涡轮114的发电。

[0085] 仍然参考图6，在实施例中，控制器200可将使用参数342与使用间隔374相关。使用间隔374可指示累积使用参数342所需的时间量。例如，相关可指示在特定时段(例如，小时、月、年等)内可能已经实现了某个循环计数344。因此，相关可认为是针对多个开关装置418的“使用率”。

[0086] 在实施例中，可确定针对多个开关装置418中的各个的生命周期阈值376。生命周期阈值376可对应于针对开关装置故障的可能性超过预定水平所处的使用水平。例如，生命周期阈值376可等于针对多个开关装置418中的各个的设计服务寿命。因而，在实施例中，生命周期阈值376可等于标称电流下小时数，在此期间对应的开关装置418可预期继续正常运行。

[0087] 在实施例中，使用参数342与使用间隔374和生命周期阈值376的相关可由控制器200使用来确定直到可达到生命周期阈值376的预期间隔378的数量。换言之，相关和生命周期阈值376可指示针对多个开关装置418中的各个的预期剩余生命周期。在实施例中，该确定可用于调度服务活动和/或实施任何其它适当的控制动作356。

[0088] 另外，技术人员将认识到来自不同实施例的各种特征的可互换性。类似地，描述的各种方法步骤和特征，以及针对各个此类方法和特征的其它已知等同物，可由本领域的普通技术人员混合和匹配，以构造出根据本公开的原理的另外系统和技术。当然，将理解，上文所述的所有此类目的或优点不一定可根据任何特定实施例实现。因此，例如，本领域的技术人员将认识到，本文所述的系统和技术可以以一种方式体现或执行，使得实现或优化如本文教导的一个优点或优点组合，而不一定实现如本文教导或建议的其它目的或优点。

[0089] 本书面描述使用了示例来公开本发明，包括最佳模式，且还使本领域的任何技术

人员能够实施本发明，包括制作和使用任何装置或系统，以及执行任何并入的方法。本发明的专利范围由权利要求书限定，且可包括本领域的技术人员想到的其它示例。如果此类其它示例包括并非不同于权利要求书的书面语言的结构元件，或如果它们包括与权利要求书的书面语言无实质差别的等同结构元件，则此类其它示例意图在权利要求书的范围内。

[0090] 本发明的其它方面由以下条款的主题提供：

条款1．一种用于操作具有带有转子和定子的发电机的发电资产的方法，定子经由同步开关组件可操作地联接到变压器，同步开关组件具有并联电联接的多个开关装置，该方法包括：经由控制器检测发电资产的至少一个操作参数对第一参数阈值的接近；以及响应于检测到的接近，经由控制器独立地改变同步开关组件的多个开关装置中的第一开关装置的操作状态，其中多个开关装置中的各个开关装置可经由控制器独立地控制。

[0091] 条款2．条款1的方法，进一步包括：经由控制器检测至少一个操作参数对第二参数阈值的接近；以及经由控制器独立地改变同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

[0092] 条款3．任何前述条款的方法，其中发电资产的至少一个操作参数对第一参数阈值和第二参数阈值的接近分别是对第一参数阈值和第二参数阈值的第一次接近，该方法进一步包括：经由控制器检测至少一个操作参数对第二参数阈值的第二次接近；以及经由控制器独立地改变同步开关组件的第一开关装置的操作状态。

[0093] 条款4．任何前述条款的方法，其中发电资产对第一参数阈值和第二参数阈值的接近分别是对第一参数阈值和第二参数阈值的第一次接近，该方法进一步包括：经由控制器检测至少一个操作参数对第二参数阈值的第二次接近；以及经由控制器独立地改变同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

[0094] 条款5．任何前述条款的方法，进一步包括：在第二开关装置的操作状态改变之后，经由控制器独立地改变第一开关装置的操作状态。

[0095] 条款6．条款的方法，进一步包括：经由控制器确定针对多个开关装置中的各个的开关顺序，其中开关顺序基于轮换调度和随机化中的一个。

[0096] 条款7．任何前述条款的方法，进一步包括：确定针对多个开关装置中的各个的能力额定值；以及基于多个开关装置中的各个开关装置的能力额定值，经由控制器针对发电资产的给定操作参数确定针对多个开关装置的开关顺序。

[0097] 条款8．任何前述条款的方法，进一步包括：经由控制器接收针对多个开关装置中的各个的使用参数，使用参数包括指示从安装日期起的循环计数和电流下时间中的至少一个的数据；基于针对各个开关装置的使用参数，经由控制器确定针对多个开关装置的开关顺序，其中该开关顺序配置为跨越多个开关装置分配使用负担以便防止开关装置的一部分的过度使用。

[0098] 条款9．任何前述条款的方法，进一步包括：确定针对多个开关装置中的各个的能力额定值，以便确定针对多个开关装置的基于能力的开关顺序；经由控制器接收针对多个开关装置中的各个的使用参数，该使用参数包括指示从安装日期起的循环计数和电流下时间中的至少一个的数据，以便确定针对多个开关装置的基于使用的开关顺序；经由控制器接收与针对多个开关装置的调度开关顺序相对应的轮换调度；将权重因子应用于基于能力的开关顺序、基于使用的开关顺序和调度开关顺序中的各个；以及基于该基于能力的开关顺序、基于使用的开关顺序和调度开关顺序的权重，经由控制器确定合并的开关顺序。

[0099] 条款10．任何前述条款的方法，其中多个开关装置包括接触器、断路器和混合开关元件中的至少一个。

[0100] 条款11．任何前述条款的方法，其中多个开关装置至少包括接触器和断路器，其中断路器具有比接触器更高的功率额定值，并且其中接触器具有比断路器更高的占空比额定值。

[0101] 条款12．任何前述条款的方法，其中第一开关装置具有与第二开关装置的能力额定值不同的能力额定值。

[0102] 条款13．任何前述条款的方法，进一步包括：经由控制器从同步开关组件接收指示多个开关装置中的至少一个开关装置的故障的错误信号；以及响应于错误信号实施控制动作。

[0103] 条款14．任何前述条款的方法，其中实施控制动作包括：经由控制器确定由于至少一个开关装置的故障而引起的针对同步开关组件的降低功率额定值；以及经由控制器使发电资产降低额定值以便建立小于同步开关组件的降低功率额定值的发电资产功率的输出。

[0104] 条款15．任何前述条款的方法，进一步包括：经由控制器接收针对多个开关装置中的各个的使用参数和功率参数中的至少一个，其中使用参数包括指示特定采样周期内的循环计数和电流下时间中的至少一个的数据，并且其中功率参数指示通过开关装置中的各个传输的功率；基于使用参数和功率参数中的至少一个，经由控制器确定针对多个开关装置中的各个的健康状态额定值；确定针对多个开关装置中的各个的健康状态阈值；经由控制器检测针对多个开关装置中的至少一个开关装置的健康状态额定值对健康状态阈值的接近；以及响应于健康状态额定值对健康状态阈值的接近实施控制动作。

[0105] 条款16．任何前述条款的方法，进一步包括：经由控制器接收针对多个开关装置中的各个的使用参数，其中使用参数包括指示循环计数和电流下时间中的至少一个的数据；经由控制器将使用参数与使用间隔相关；确定针对多个开关装置中的各个的生命周期阈值，生命周期阈值对应于针对开关装置故障的可能性超过预定水平所处的使用水平；以及基于相关和生命周期阈值，经由控制器确定直到达到生命周期阈值的间隔数量。

[0106] 条款17．一种用于操作发电资产的系统，系统包括：包括转子和定子的发电机；包括并联电联接的多个开关装置的同步开关组件，其中同步开关组件将定子可操作地联接到变压器；以及通信地联接到至少一个传感器的控制器，控制器包括至少一个处理器，该至少一个处理器配置成执行多个操作，该多个操作包括：检测发电资产的至少一个操作参数对第一参数阈值的接近；以及响应于检测到的接近，独立地改变同步开关组件的多个开关装置中的第一开关装置的操作状态，其中多个开关装置中的各个开关装置可经由控制器独立地控制。

[0107] 条款18．任何前述条款的系统，其中多个操作进一步包括：检测至少一个操作参数对第二参数阈值的接近；以及独立地改变同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

[0108] 条款19．任何前述条款的系统，其中发电资产对第一参数阈值和第二参数阈值的接近分别是对第一参数阈值和第二参数阈值的第一次接近，该方法进一步包括：检测发电资产对第二参数阈值的第二次接近；并且经由控制器独立地改变同步开关组件的第一开关装置的操作状态。

[0109] 条款20．任何前述条款的系统，其中发电资产对第一参数阈值和第二参数阈值的接近分别是对第一参数阈值和第二参数阈值的第一次接近，该方法进一步包括：检测发电资产对第二参数阈值的第二次接近；并且独立地改变同步开关组件的第二开关装置的操作状态。

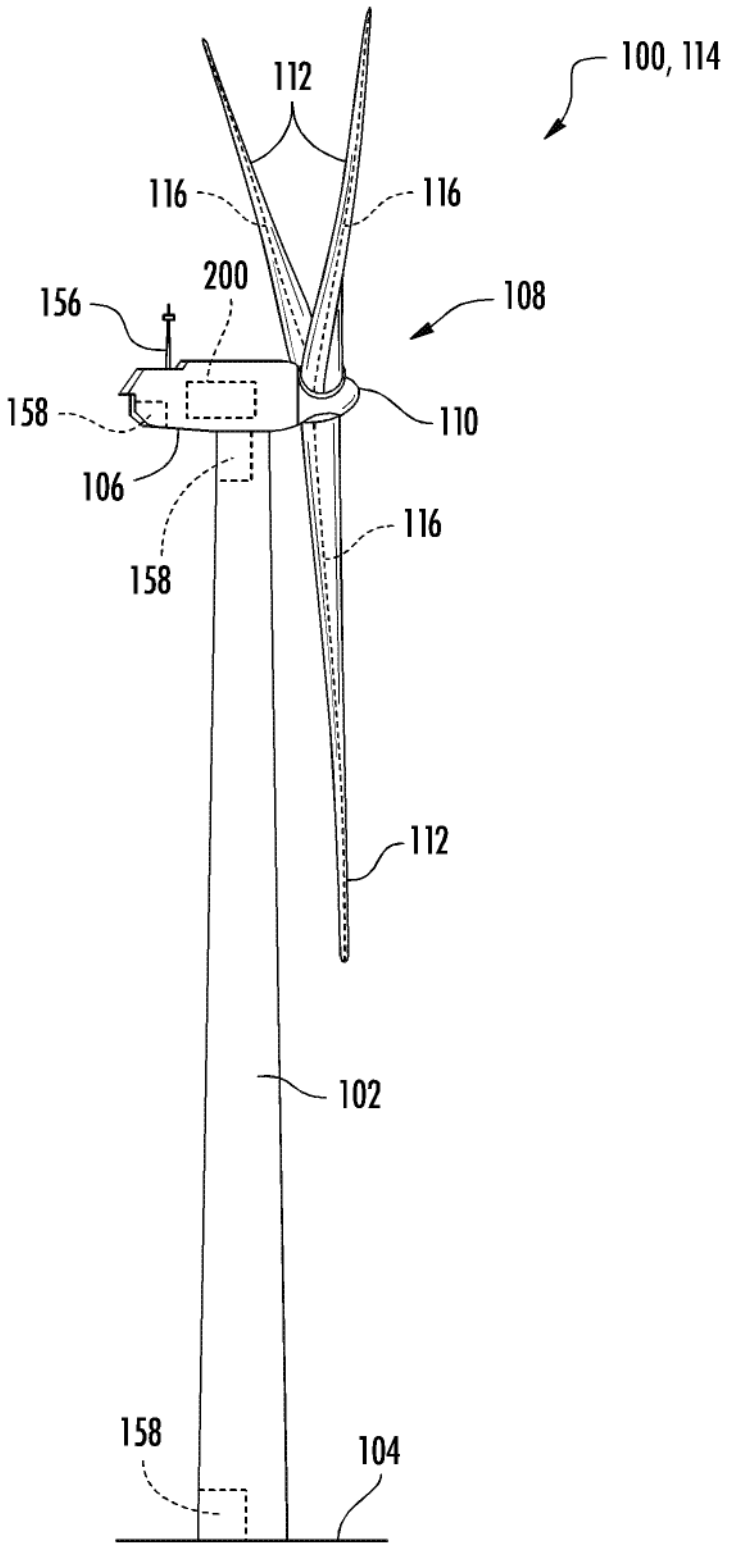

100, 114
112
116
116
200
156
108
158
110
106
116
158
112
102
158
104

图 1

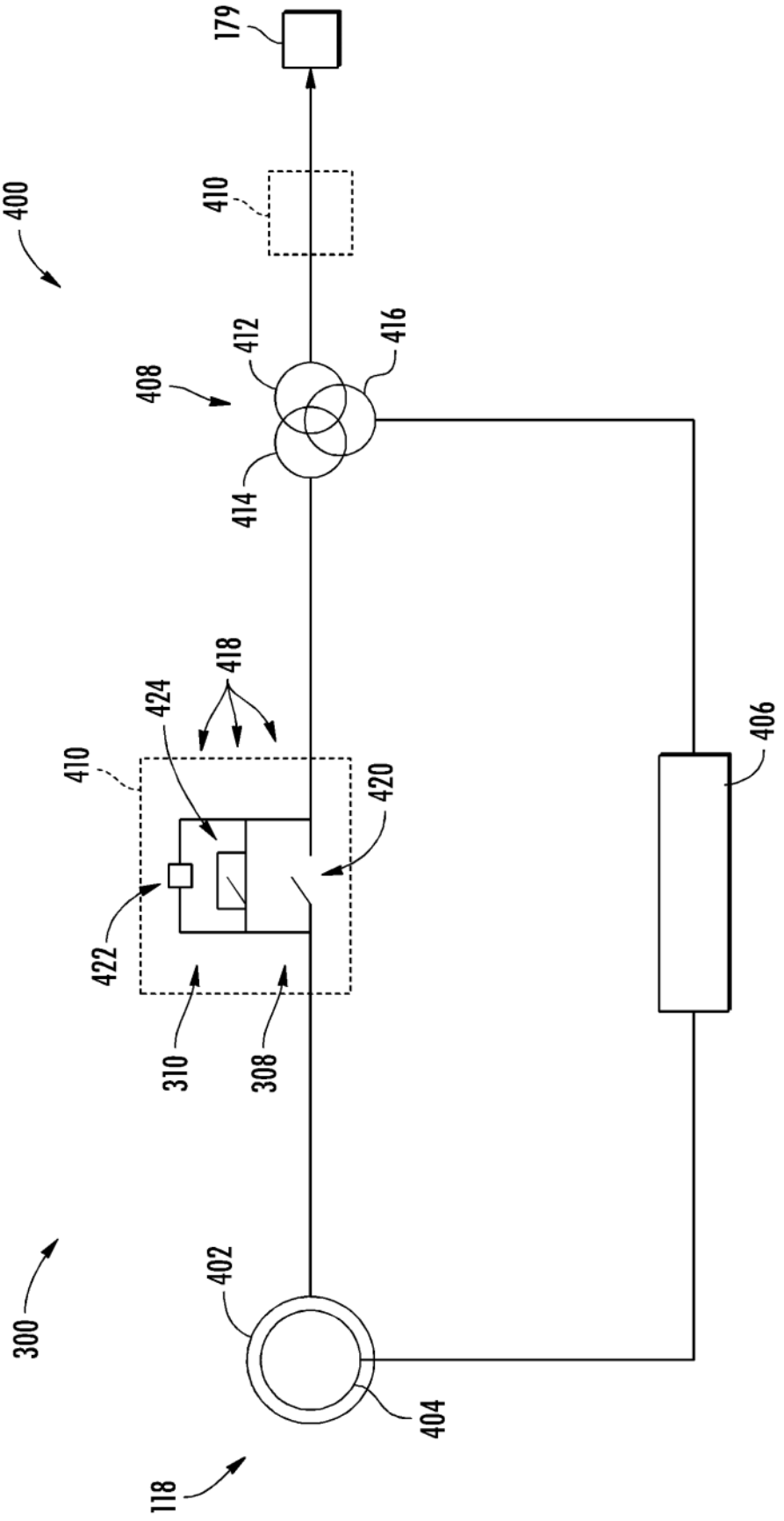

179
410
400
412
416
408
414
418
424
410
420
406
422
310
308
300
402
404
118

图 2

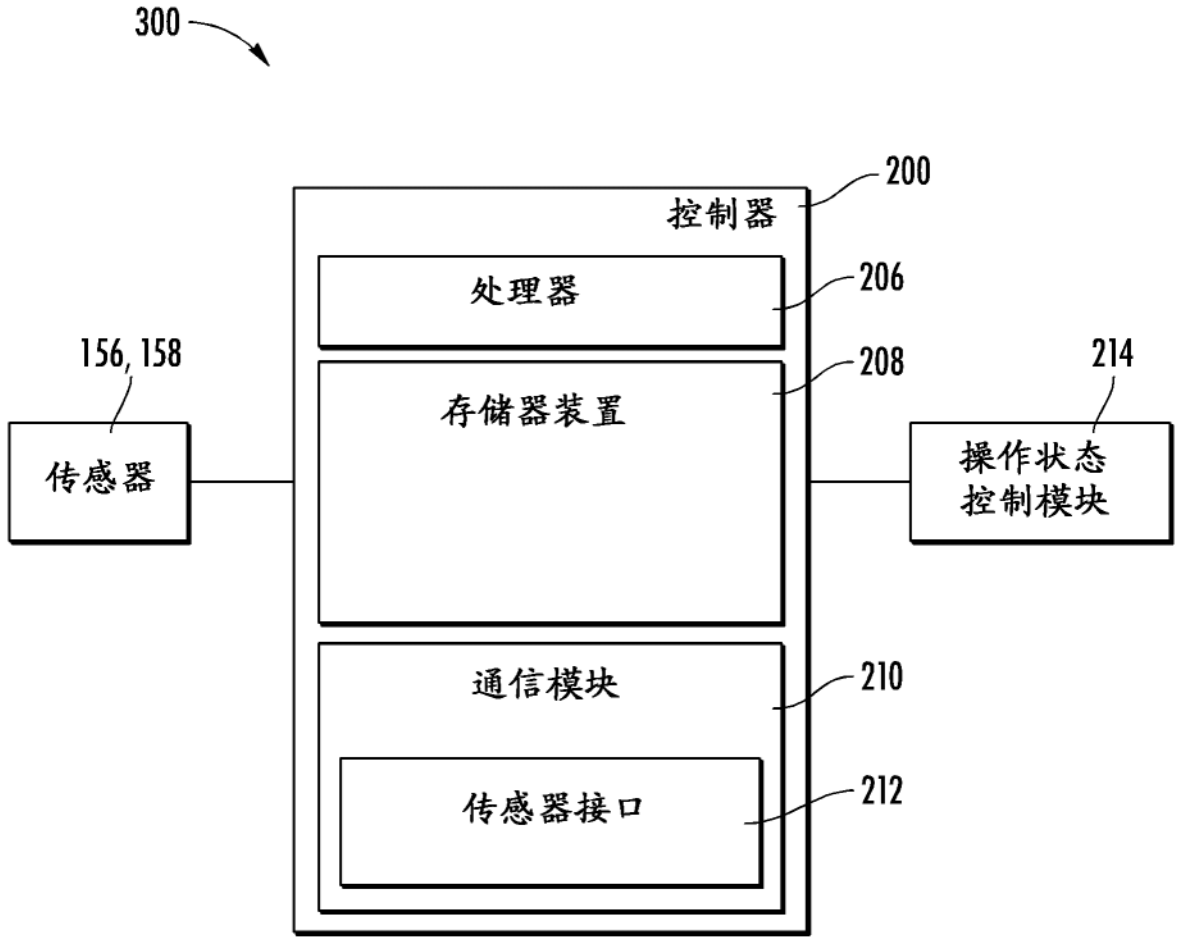

300
200
控制器
处理器
206
156, 158
208
214
存储器装置
传感器
操作状态
控制模块
通信模块
210
传感器接口
212

图 3

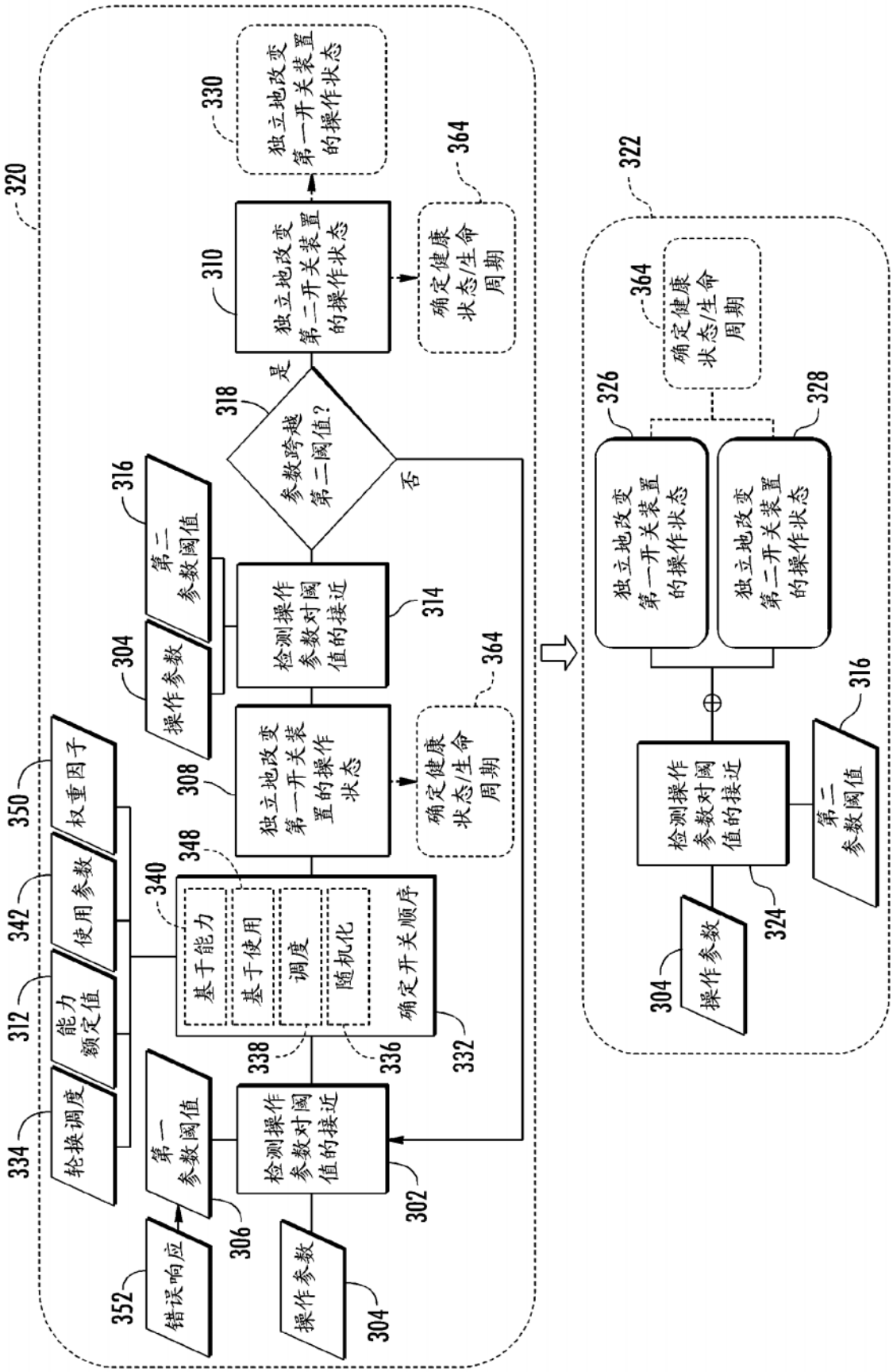

320
322
330
独立地改变第一开关装置的操作状态
364
确定健康状态/生命周期
310
独立地改变第二开关装置的操作状态
318
参数跨越第二阈值?
是
否
316
第二参数阈值
304
操作参数
检测操作参数对阈值的接近
314
独立地改变第一开关装置的操作状态
308
348
基于能力
基于使用
调度
随机化
确定开关顺序
340
332
338
336
350
权重因子
342
使用参数
312
能力额定值
334
轮换调度
第一参数阈值
306
检测操作参数对阈值的接近
302
352
错误响应
304
操作参数
326
独立地改变第一开关装置的操作状态
328
独立地改变第二开关装置的操作状态
364
确定健康状态/生命周期
检测操作参数对阈值的接近
324
316
第二参数阈值
304
操作参数

图 4

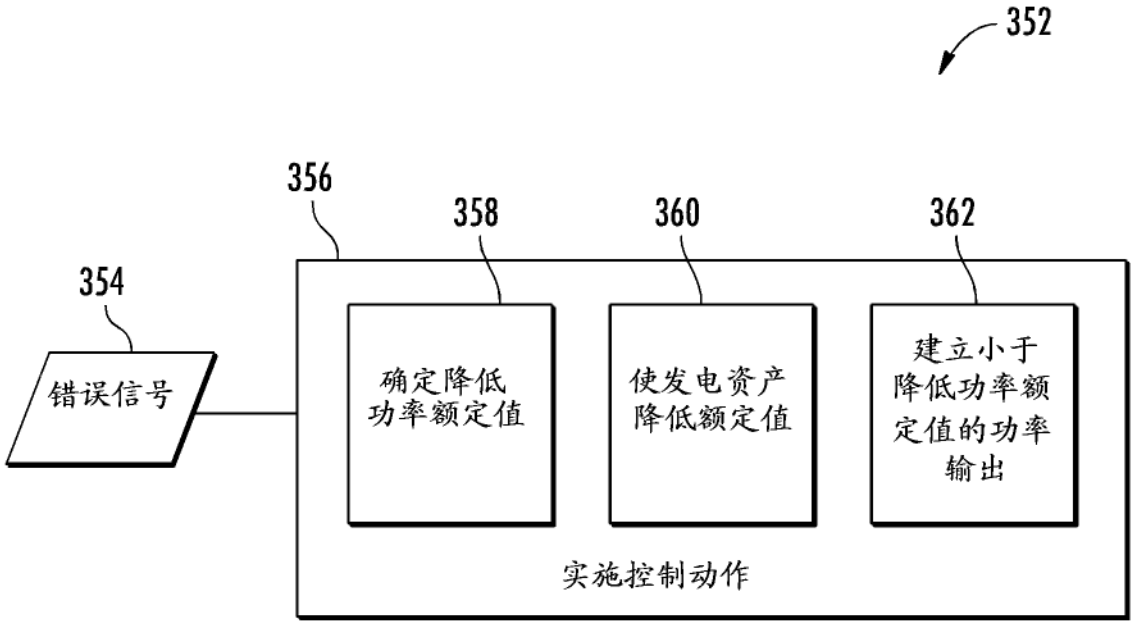

352
356
358
360
362
354
错误信号
确定降低功率额定值
使发电资产降低额定值
建立小于降低功率额定值的功率输出
实施控制动作

图 5

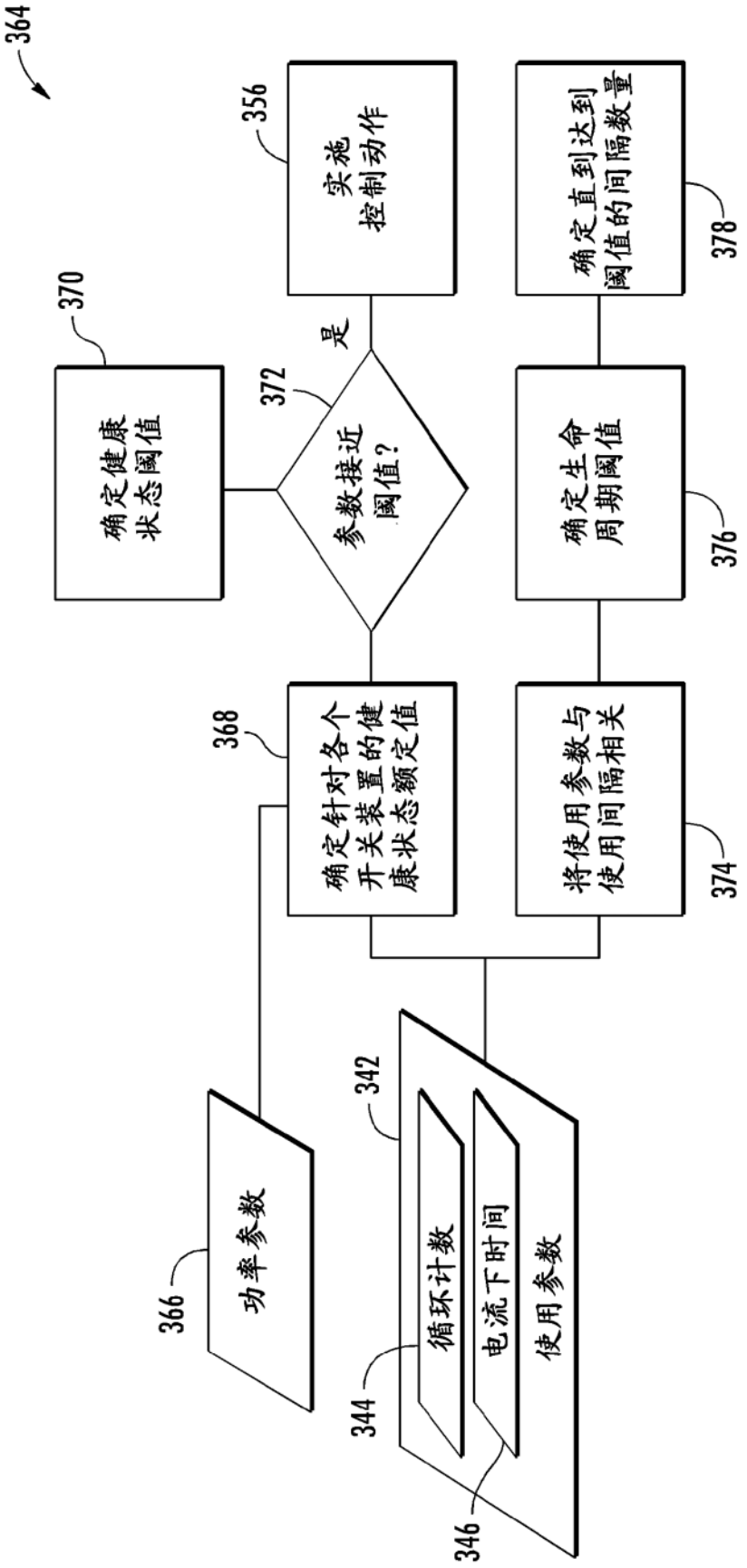

364
356
实施
控制动作
确定直到达到
阈值的间隔数量
378
370
372
是
确定健康
状态阈值
参数接近
阈值?
确定生命
周期阈值
376
368
确定针对各个
开关装置的健
康状态额定值
将使用参数与
使用间隔相关
374
342
366
功率参数
循环计数
电流下时间
使用参数
344
346

图 6