



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104220945 B

(45)授权公告日 2017.09.08

(21)申请号 201280067619.3

(22)申请日 2012.12.11

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104220945 A

(43)申请公布日 2014.12.17

(30)优先权数据

61/589,158 2012.01.20 US

13/420,376 2012.03.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.07.21

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/068981 2012.12.11

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/109356 EN 2013.07.25

(73)专利权人 太阳能公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 卡尔·J·S·利诺克斯

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 陈源 顾丽波

(51)Int.Cl.

G05D 3/12(2006.01)

审查员 谭宇玲

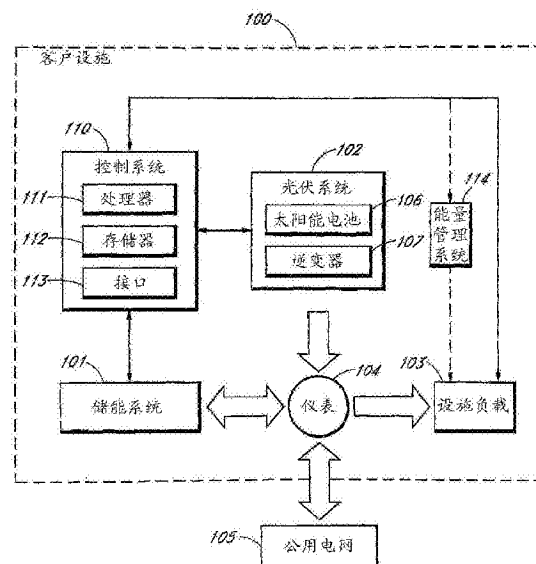
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

用于调度由光伏系统产生的电能的方法和发电系统

(57)摘要

对设施负载对于电能的需求进行监测(201)并与针对需求期的需求上限比较(202)。可针对峰期设置一个需求上限,可针对部分峰期设置另一个需求上限,并且可针对非峰期设置又一个需求上限。电能从所述储能系统的调度基于所述设施负载的所述需求与所述需求上限的比较(204)。



1. 一种调度由光伏系统产生的电能的方法,所述方法包括:
用来自光伏系统的电能对蓄电池充电;
监控设施负载的电能需求;
针对第一需求期设置第一需求上限;
在所述第一需求期内比较所述设施负载的第一电能需求与所述第一需求上限;
响应于确定所述设施负载的所述第一电能需求小于所述第一需求上限,确定所述蓄电池是否能够在长于所述第一需求期中剩余时间的持续时间内以放电极限调度电能;以及
响应于确定所述蓄电池能够在长于所述第一需求期中所述剩余时间的所述持续时间内以所述放电极限调度电能,以所述放电极限从所述蓄电池释电能。
2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
响应于确定所述设施负载的所述第一电能需求大于所述第一需求上限,基于所述第一需求上限从所述蓄电池释电能。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述蓄电池释放与所述设施负载的所述第一电能需求的水平和所述第一需求上限的水平之间的差值相等的电能。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述放电极限处于所述蓄电池的100%额定功率下。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述放电极限不处于所述蓄电池的100%额定功率下。
6. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
针对第二需求期设置第二需求上限,所述第二需求上限不同于所述第一需求上限,并且所述第二需求期紧接在所述第一需求期之后;
在所述第二需求期内比较所述设施负载的第二电能需求与所述第二需求上限。
7. 一种发电系统,包括:
储能系统;
光伏系统,其被配置成对所述储能系统充电;以及
控制系统,其被配置成控制电能从所述储能系统调度至设施负载,所述控制系统被配置成监控所述设施负载对电能的需求、在需求期内比较所述设施负载的所述需求与需求上限、并且在所述储能系统具有足够电能可供在长于需求期的剩余时间的持续时间内以放电极限释放时从所述储能系统以所述放电极限释电能。
8. 根据权利要求7所述的发电系统,其中所述储能系统包括蓄电池。
9. 根据权利要求7所述的发电系统,其中所述放电极限处于所述储能系统的100%额定功率下。
10. 根据权利要求9所述的发电系统,其中处于所述储能系统的100%额定功率下的所述放电极限是针对高峰时段的。
11. 根据权利要求9所述的发电系统,其中处于所述储能系统的100%额定功率下的所述放电极限是针对特定季节的高峰时段的。
12. 根据权利要求9所述的发电系统,其中所述放电极限未处于所述储能系统的100%额定功率下。
13. 一种调度由光伏系统产生的电能的方法,所述方法包括:

用来自光伏系统的电能对储能系统充电；

监控设施负载对电能的需求；

在第一需求期内比较所述设施负载对电能的第一需求与第一需求上限；以及

检测到所述储能系统能够在长于所述第一需求期中的剩余时间的持续时间内以第一放电极限调度电能；以及

响应于检测到所述储能系统能够在长于所述第一需求期中所述剩余时间的所述持续时间内以所述第一放电极限调度电能，以所述第一放电极限从所述储能系统释放电能。

14. 根据权利要求13所述的方法，还包括：

响应于检测到所述设施负载对电能的所述第一需求大于所述第一需求上限，基于所述第一需求上限从所述储能系统释放电能。

15. 根据权利要求14所述的方法，其中所述储能系统释放与所述设施负载对电能的所述第一需求的水平和所述第一需求上限的水平之间的差值相等的电能。

16. 根据权利要求13所述的方法，其中所述第一放电极限处于所述储能系统的100%额定功率下。

17. 根据权利要求13所述的方法，其中所述第一放电极限未处于所述储能系统的100%额定功率下。

18. 根据权利要求13所述的方法，还包括：

针对第二需求期设置第二需求上限和第二放电极限，所述第二需求期紧接在所述第一需求期之后；以及

在所述第二需求期内比较所述设施负载对电能的第二需求与所述第二需求上限。

19. 根据权利要求18所述的方法，还包括：

响应于检测到所述储能系统能够在长于所述第二需求期中剩余时间的持续时间内以所述第二放电极限调度电能，以所述第二放电极限从所述储能系统释放电能。

20. 根据权利要求13所述的方法，其中所述储能系统包括蓄电池。

用于调度由光伏系统产生的电能的方法和发电系统

[0001] 相关专利申请的交叉引用

[0002] 本专利申请要求2012年1月20日提交的美国临时专利申请No.61/589,158的权益，所述申请全文以引用的方式并入本文。

技术领域

[0003] 本文所述主题的实施例整体涉及光伏系统。更具体地讲，主题的实施例涉及从分布式能源调度电能。

背景技术

[0004] 电力供应商，也称为“电力公司”向其客户收取费用不仅基于所消耗电能的量，还基于消耗电能的时间段以及经过指定的时间间隔该能量消耗的平均功率需求水平。更具体地讲，电力公司可征收需求费用，其为对特定时间段期间的电功率需求的额外费用。虽然可利用光伏系统减少电力公司账单，但是为了确定在延长的时间段内如何最好地调度储存的电能以减少需求费用所做的工作十分有限。

发明内容

[0005] 在一个实施例中，从储能系统调度电能的方法包括监测设施负载的电能需求。针对需求期设置需求上限(demand cap)。在需求期内将设施负载的电能需求与需求上限比较。响应于确定设施负载的电能需求预期小于需求上限，确定储能系统是否可能能够在长于需求期中剩余时间的持续时间内以放电极限调度电能。响应于确定储能系统可能能够在长于需求期中剩余时间的持续时间内以放电极限调度电能，以放电极限从储能系统释电能。

[0006] 在另一个实施例中，发电系统包括储能系统、被耦接以向设施负载提供电能的光伏系统，以及被配置成控制电能从储能系统释放至设施负载的控制系统，所述控制系统被配置成监测设施负载对电能的需求，以在需求期内比较设施负载的需求与需求上限，并且基于设施负载对电能的需求与需求上限的比较以放电率从储能系统释电能。

[0007] 在另一个实施例中，从储能系统调度电能的方法包括监测设施负载对电能的需求。在第一需求期内将设施负载对电能的第一需求与第一需求上限比较。确定设施负载对电能的第一需求预期大于第一需求上限。响应于确定设施负载对电能的第一需求预期大于第一需求上限，以第一输出功率将电能从储能系统释放至设施负载。确定设施负载对电能的第一需求预期不大于第一需求上限。响应于确定设施负载对电能的第一需求预期不大于第一需求上限，以第一输入功率用电能对储能系统充电。

[0008] 本领域的普通技术人员在阅读包括附图和权利要求书的本公开全文之后，本发明的这些和其他特征对于他们而言将是显而易见的。

附图说明

[0009] 当结合以下附图考虑时，通过参见具体实施方式和权利要求书可以更完全地理解

所述主题,其中在所有附图中,类似的附图标记是指类似的元件。

[0010] 图1示出了根据本发明实施例的发电系统的示意图。

[0011] 图2示出了根据本发明实施例的从储能系统调度电能的方法的流程图。

[0012] 图3示出了根据本发明实施例的由图2的方法的操作所得的示例性曲线图。

[0013] 图4示出了根据本发明实施例的从储能系统调度电能的方法的流程图。

[0014] 图5示出了根据本发明实施例的估计净需求和基于所估计的净需求设置需求上限的方法的流程图。

[0015] 图6示出了根据本发明实施例的修改需求上限的方法的流程图。

[0016] 图7示出了根据本发明实施例的对储能系统充电和放电的方法的流程图。

[0017] 图8示出了根据本发明实施例的由图4-7的方法的操作所得的示例性曲线图。

具体实施方式

[0018] 在本发明中,提供了许多具体的详细情况,例如设备、组件和方法的例子,从而获得对本发明实施例的全面理解。然而,本领域的普通技术人员将会认识到,本发明可以在没有所述具体细节中的一者或多者的情况下实施。在其他情况下,未示出或描述熟知的细节,以避免混淆本发明的方面。

[0019] 图1示出了根据本发明实施例的发电系统的示意图。在图1的例子中,发电系统包括储能系统101、光伏系统102、设施负载103、公用电网105和控制系统110。控制系统110被配置成控制从储能系统101或其他分布式能源的电能的调度。在图1的例子中,控制系统110被部署在客户设施100中。客户设施100可为(例如)商业设施、政府设施或住宅设施。客户设施100可任选地包括被配置成控制设施负载103的设施能量管理系统(EMS) 114。

[0020] 在图1的例子中,客户设施100包括用于由太阳能辐射产生电能的光伏系统102。光伏系统102可除其他组件外还包括多个太阳能电池106和光伏逆变器107。太阳能电池106将太阳能辐射转化为电能。太阳能电池106可为商购获得的太阳能电池,诸如得自加利福尼亚州圣何塞市的SunPower™公司(SunPower™ Corporation of San Jose California)的那些太阳能电池。光伏逆变器107将由太阳能电池106产生的直流电流(DC)转换为适于由设施负载103消耗的交流电流(AC),所述设施负载103可包括电气用具、机械装置、照明装置和消耗电能的其他装置。光伏系统102可具有多个逆变器107,但为了清楚起见,图1中仅示出了一个。光伏系统102可电耦接至互连点(POI),其在图1的例子中包括电力仪表104。

[0021] 设施负载103可消耗由电力公司的公用电网105、光伏系统102和储能系统101提供的电能。控制系统110可发送控制信号至储能系统101以命令储能系统101通过向设施负载103放电来调度电能,或命令储能系统101使用来自公用电网105或光伏系统102的电能来充电。光伏系统102可任选地具有与储能系统101的直接连接。在图1的实施例中,控制系统110可直接从设施负载103接收数据以及向其发送命令。在其他实施例中,控制系统110可经由EMS 114从设施负载103接收数据以及向其发送命令。

[0022] 储能系统101可包括电能储存装置或电能产生装置。在图1的实施例中,储能系统101包括蓄电池和相关的控制模块。一般来讲,储能系统101可包括一个或多个电化学的(如蓄电池)、电的(如电容器、SMES)、机械的(如飞轮、重力、压缩空气)、热的(如冷水、蒸汽、建筑热质)和/或化学的(如天然气、氢、柴油)储能装置。此外,在其他实施例中,储能系统101

的功能可通过其他分布式能源来满足,诸如响应负载、燃料电池、微型燃气轮机、内燃机等。在这些其他实施例中,主要差别将为影响可用放电或充电功率的具体操作约束。所需的放电或充电功率还必须被转换为不同信号(如将温度调节装置更改至作为充电功率代理的较冷设定点)。

[0023] 在图1的例子中,控制系统110包括处理器111(如,微处理器或中央处理单元)、存储器112(如,随机存取存储器、数据存储装置)和接口113。控制系统110可通过由处理器111执行存储在存储器112中的相应计算机可读程序代码来执行方法的步骤。控制系统110的控制系统还可具有基于操作逻辑的硬件或软件,诸如比例-积分-微分(PID)控制器,以执行控制功能。

[0024] 接口113允许控制系统110与储能系统101、光伏系统102和设施负载103通信(如,经由EMS 114)。接口113可包括计算机网络接口、信号电缆、无线通信接口和/或用于设备通信的其他装置。控制系统110的功能可根据实施方式分布于一个或多个装置中。控制系统110的功能还可结合到储能系统101、光伏系统102或EMS 114中。

[0025] 控制系统110可被配置成控制电能从储能系统101的调度。在一个实施例中,控制系统110被配置成减少需求费用和最大化从一个时间段移至另一个时间段的电能的量。例如,控制系统110可被配置成以套利模式操作,以在需求费用最高的峰期内从储能系统101调度大多数电能。

[0026] 电力公司可基于账单期、使用时段和间隔对所消耗的电能征收不同的需求费用。“账单期”是确定开账单参数所经过的时间跨度。例如,需求费用通常基于每月一次的账单期来评估。账单期也可每年一次的。费率通常还随账单期改变。例如,夏季费率通常高于冬季费率。

[0027] “使用时段(TOU)期”为应用差别费率(需求和/或能量)的时间段。TOU期可随账单期改变。示例性的夏季峰TOU期为五月至十月工作日的中午至下午6点,节假日除外。通常存在多个均以不同费率定义的TOU期(如峰期、部分峰期、非峰期)。例如,冬季部分峰期(十一月至四月账单期)在不同的时间跨度上定义并且具有不同于夏季部分峰期的费率。一些费率结构仅对于能量而非需求在账单期内具有TOU期,或反之亦然。

[0028] “间隔”为经过其确定开账单能量或需求的最小时间增量。针对需求费用的示例性间隔为15分钟。在该例子中,账单期内具体TOU期的需求费用基于针对这些时期在给定的15分钟间隔内的最大平均需求。

[0029] 控制系统110可被配置成从储能系统101调度电能以满足特定账单期、TOU期和间隔的需求上限。需求上限可具有以电功率单位,如千瓦(kW)表示的水平。需求上限可用作基准水平,以用于与设施负载103对电能的需求进行比较。当设施负载103的需求接近需求上限时,控制系统110可被配置成从储能系统101释放足够的电能使得设施负载103的需求与需求上限处于相同水平。当设施负载103的需求小于需求上限时,控制系统110可被配置成根据储存在储能系统101中电能的量和需求期中剩余的时间,以放电极限从储能系统101释放电能直到需求期结束。例如,放电极限可处于全功率。

[0030] 在一个实施例中,控制系统110被配置成满足峰期内的目标峰需求上限。峰需求上限可基于历史负载、光伏产量以及对上述这些量的未来值的推测。峰需求上限可基于设施负载103的最大期望净需求减去储能系统101和设施100的可控负载的额定功率。设施负载

103的净需求可为针对每个15分钟间隔,设施负载103的能量需求减去光伏系统102的输出。然后操作光伏系统102和储能系统101以维持目标峰需求上限。

[0031] 如果在操作过程中,考虑到针对给定日期板上的能量有限,维持目标峰需求上限经推测将为不可行的,则可基于该推测重置峰需求上限。这将导致以较低的功率运行储能系统101更长的时间,以在临近需求期结束时(当净需求通常最高时)较少量地减少需求而非耗尽电能,并因而不影响需求费用。储能系统101还可与可控负载或需求资源进行交互,所述需求资源主要用作应急源或备份储备以增援由于在计划阶段低估对储存持续时间的需要而造成的任何系统能量不足。

[0032] 需求资源的具体功率/持续时间曲线通常设施特定地基于设备、建筑热质和舒适性要求。一般来讲,可在设施中被推迟的负载量随推迟的持续时间而减小,所以其最适合用于管理相对短期的储能不足(如,一小时或更短时间)。在任何给定的日期,如果在储能系统101中有多余能量可用,则可调度多余能量使得所有剩余的可用能量(例如在储能系统101中)以套利模式使用。这可通过如下方式实现:监测储能系统101中能量的量,并且一旦峰需求期内的时间量小于或等于储能系统101以全功率的剩余放电持续时间,就以全功率调度所述能量。对储能系统101再充电还可限制为避免增加非峰需求费用。这可通过为最大再充电需求定上限和/或对再充电计时以与低负载过夜小时数一致而实现。

[0033] 图2示出了根据本发明实施例的从储能系统101调度电能的方法200的流程图。方法200仅出于示例性目的参照图1中示出的组件进行说明。

[0034] 在图2的例子中,方法200包括监测设施负载103的净需求的控制系统110(步骤201)。在一个实施例中,净需求为设施负载103所需求的电能的量减去光伏系统102的输出。在本例中,净需求为与需求上限比较以确定储能系统101应如何运行的过程变量。和需求上限一样,净需求也可以电功率单位表示,其在这种情况下为kW。

[0035] 控制系统110比较净需求与峰需求上限(步骤202)。当净需求预期超过峰需求上限(如,基于净需求的目前趋势)时,则控制系统110命令储能系统101释放小于或等于全功率的足够功率,从而维持峰需求上限(步骤203)。即,当净需求大于峰需求上限时,储能系统101被命令调度足够电功率来填补净需求和峰需求上限之间的差值。作为具体的例子,当净需求为5000kW而峰需求上限为4000kW时,控制系统110可命令储能系统101释放与净需求水平和峰需求上限水平之间差值相等的电能,其在本具体例子中为1000kW。

[0036] 当净需求预期不高于峰需求上限时,控制系统110确定储能系统101是否能够以全功率放电经过长于需求期内剩余时间的持续时间(步骤204)。“全功率”为储能系统101当时能够放电的最大量,并且可处于储能系统101的100%额定功率。如果储能系统101具有足够的储存电能可供以全功率放电经过等于或长于需求期内剩余时间的持续时间,则控制系统110命令储能系统101以全功率放电直到需求期结束(步骤204至步骤205)。否则,控制系统110命令储能系统101继续监测设施负载103的净需求(步骤204至步骤201)。

[0037] 如可以理解的,当基于监测的净需求和储能系统101上的剩余电荷进行的推测表明不可能满足峰需求上限时,峰需求上限的水平可在方法200的操作期间动态变化。在这种情况下,峰需求上限可逐渐升高,即增大,以满足推测。方法200还可包括从需求侧资源而非储能系统101调度电能以满足峰需求上限。

[0038] 图3示出了根据本发明实施例的在典型的夏季的一天由方法200的操作所得的示

例性曲线图。在图3的例子中,垂直轴表示以kW(千瓦)计的电功率,并且水平轴表示时刻。在图3中标记出峰需求期和部分峰需求期的时刻。

[0039] 图3示出了设施负载103的总需求的曲线301、设施负载103的受控需求的曲线302、光伏系统102的输出的曲线303、储能系统101的调度的曲线304和设施负载103的净需求的曲线309。曲线304的正值表明储能系统101释放电能至设施负载103,而负值表明储能系统101被公用电网105充电。

[0040] 受控需求的曲线302为设施负载103的总需求减去光伏系统102的输出和储能系统101的输出或输入。当净需求(曲线309)上升从而超过峰需求上限时(参见308),控制系统110命令储能系统101以最高至全功率释放足够电能至设施负载103(参见305和306)以满足方法200的步骤203中的峰需求上限(参见图2)。这得到不超过峰需求上限的受控需求的曲线302。如果储能系统101具有足够的能量来以全功率释放电能经过等于或长于峰需求期内剩余时间的持续时间,则控制系统110命令储能系统101在需求期的剩余时间内以全功率释放电能(参见307),即直到峰需求期结束,如在方法200的步骤205中。

[0041] 虽然上述需求上限方法仅应用于一个季节的一个时期,即在夏季峰期期间,但是该需求上限方法也可跨不同季节的不同时期应用。通过跨不同时期优化地分配可用的调度能量,可获得相比于只是使用仅针对峰期的需求上限方法明显更好的结果。例如,可通过设置针对峰期的单独需求上限、针对部分峰期的单独需求上限和针对非峰期的单独需求上限来设置针对不同时期的需求上限。所述时期还可按季节进一步优化,例如针对夏季峰期的单独需求上限、针对冬季峰期的单独需求上限等。通过组合净需求的预测与需求上限分配,可减小由于太阳能资源和基础设施负载的变化所致的性能降低风险,得到较高的值。

[0042] 发明人进行建模研究以理解储能系统的值如何随根据其来调度所述值的净负载变化而变化,尤其是考虑到一旦安装系统,则那些参数(kW和kWh)为相对固定的。实质上,首先要确定的是,考虑到净负载基于假定为已知的情况能够提取的最大值是什么。建立此基线后,随后能够确定净负载形状和预测净负载形状中的误差二者变化的影响。在探究这些关系的过程中,发明人确定了允许从储能系统调度电能以控制任何需求期(如,不仅是夏季峰需求期)期间的需求的方法为最优的。这与之前基于研究其他更简单方法的发现相反,这些方法显示不得不添加大量的额外持续时间来以低成本/效益比率处理部分峰和非峰需求费用。本文公开的需求上限方法允许较短持续时间的储能在非夏季峰期被选择性地调度。该需求上限方法还允许非峰需求费用减少,从而得到显著的附加值。因为如果净负载低于需求上限,则该需求上限方法允许对储能系统再充电,这允许相对短的持续时间储能将负载均衡延长至这一天的较晚时间同时服务峰负载。它还允许对储能系统进行设置以实现较长的持续时间(以低于最大功率输出)来满足冬季月份的部分峰和非峰需求二者。

[0043] 具体地讲,调整针对不同时期尤其是针对部分峰期的需求上限水平,能够提供显著效益。该需求上限方法可估计每个月份的每个时期中的最大需求,然后以小于储能装置额定功率的水平设置针对每个时期的最大需求。调整这些需求上限水平只是意味着对于给定的需求期,储能系统被限制为输出小于其额定功率的100%。这有效地延长了储能系统在此时期内的可用持续时间。降低部分峰期调度水平特别有效,因为它允许所有时刻需求费用在适用情况下减少。适当地调整需求上限水平在减少净负载形状逐年变化的负面影响方面也很有效。

[0044] 图4示出了根据本发明实施例的从储能系统调度电能的方法400的流程图。方法400可通过控制系统110从储能系统101调度电能来执行。在图4的例子中,方法400包括步骤410、420和430。这些步骤中的每一个都参照图5、6和7来进一步说明。图4-7的方法仅出于示例性目的参照图1中示出的组件进行说明。

[0045] 在图4的例子中,方法400包括估计净需求和基于所估计的净需求设置需求上限的步骤(步骤410)。该步骤可基于近期历史数据在计划阶段离线进行并且在系统操作期间周期性地。监测设施负载103的净需求,并且基于设施负载103的实际净需求实时(即,在发电系统的操作期间)修改需求上限(步骤420)。在一个实施例中,设施负载103的净需求为设施负载103所需求的电能的量减去光伏系统102的输出。基于对设施负载103的净需求与需求上限的比较对储能系统101进行充电和放电(步骤430)。针对每个需求期间隔执行步骤420和430。

[0046] 图5示出了根据本发明实施例的估计净需求和基于所估计的净需求设置需求上限的方法的流程图。图5的方法是方法400的步骤410的具体实施例(参见图4)。图5的方法基于近期历史数据在计划阶段离线进行并且在系统操作期间周期性地。

[0047] 在图5的例子中,估计每个账单期的每个TOU期中的最大需求(步骤411)。作为具体的例子,需求费用可基于峰期需求费用、部分峰期需求费用和所有时刻需求费用在每月一次的账单期开账单。该月的每个TOU期(如,峰期、部分峰期、非峰期或所有时刻)的最大需求费用可基于历史条件和天气预测和/或需求进行估计。估计下个月的每个TOU期的最大需求费用可在当月结束时进行。

[0048] 在图5的例子中,估计在账单期内每个TOU期中的最优需求降低(步骤412)。经优化的需求降低将每个需求期中最大的需求降低设置为小于或等于储能系统101的额定功率的100%的百分比。经优化的需求降低可基于使用历史数据的经济优化。经优化的需求降低可针对整年设置,或可基于前一个月,或另一个所关注的时间段。

[0049] 针对每个时期的最优需求上限可基于所估计的在每个账单期的每个TOU期中的最大需求和所估计的在账单期内每个TOU期中的最优需求降低来计算(步骤413)。例如,最优需求上限可为所估计的最大需求减去最优需求降低。最优需求上限随后在发电系统的操作期间用作需求上限,如在图7的方法中。最优需求上限可在发电系统的操作期间进行动态调节,如参照图6所说明。

[0050] 图6示出了根据本发明实施例的修改需求上限的方法的流程图。图6的方法是方法400的步骤420的具体实施例(参见图4)。针对每个需求期间隔实时(即在发电系统的正常操作期间)执行图6的方法。图6的方法有利地允许动态调节需求上限以适应变化的负载条件。

[0051] 在图6的例子中,监测设施负载103的净需求直到间隔结束(步骤421)。将设施负载103的净需求的平均值与之前计算(参见图5的步骤413)的需求上限比较(步骤422)。如果设施负载103的净需求的平均值大于或等于所估计的最大需求,则控制系统110将所估计的最大需求重置至与紧邻的上一个间隔的实际净需求相同的水平(步骤422至步骤423)并且通过从新的所估计的最大需求减去最优需求降低重新计算需求上限。否则,如果设施负载103的净需求的平均值小于所估计的最大需求,则控制系统110只是继续监测设施负载103的净需求直到间隔结束(步骤422至步骤421)。

[0052] 图7示出了根据本发明实施例的对储能系统充电和放电的方法的流程图。图7的方

法是方法400的步骤430的具体实施例(参见图4)。针对每个需求期间隔实时(即在发电系统的正常操作期间)执行图7的方法连同图6的方法。

[0053] 在图7的例子中,控制系统110读取当前间隔的需求上限并且监测设施负载103的净需求直到当前间隔结束(步骤431)。当前间隔的需求上限可例如在计划阶段或在操作期间周期性地离线计算后(参见图5的步骤413)或如参照图6所述进行实时调节后(参见图6的步骤423),存储在寄存器中、表中或作为变量。控制系统110可基于当前时间和日期选择当前间隔的需求上限。然后控制系统110比较设施负载103的净需求与需求上限(步骤432)。

[0054] 当设施负载103的净需求预期大于需求上限(如,基于净需求的当前趋势)时,控制系统110查看放电锁定是否到位(步骤432至步骤433)。储能系统101的充电或放电可基于一个或多个标准(诸如TOU期、储能系统101的充电状态、需求期中剩余的时间等)根据实施方式来禁止。当放电锁定到位时,即放电被禁止时,控制系统110不执行储能系统101的放电。相反地,控制系统110只是继续监测设施负载103的净需求(步骤433至步骤431)。否则,当放电锁定没有到位时,控制系统110将储能系统101设置为放电模式(步骤433至步骤434)。控制系统110确定由储能系统101放电的输出功率(步骤435)。在一个实施例中,控制系统110基于至少以下条件确定由储能系统101放电的输出功率:

[0055] a) 命令的功率=设施负载103的净需求减去需求上限

[0056] b) 功率极限(最优需求降低)

[0057] c) 能量极限(储能系统101的可用充电状态在间隔结束时等于0%所处于的功率)

[0058] 储能系统101的可用充电状态(SOUC)是储能系统101中剩余的可用电能基于所需的循环范围深度的百分比。控制系统110还可使用其他因数或方法确定由储能系统101释放的输出功率,而不会减损本发明的优点。

[0059] 控制系统110命令储能系统101以输出功率放电(步骤436),并且继续监测设施负载103的净需求(步骤436至步骤431)。

[0060] 当设施负载103的净需求预期不大于需求上限时,控制系统110查看充电锁定是否到位(步骤432至步骤437)。当充电锁定到位,即充电被禁止时,控制系统110不执行储能系统101的充电而只是继续监测设施负载103的净需求(步骤437至步骤431)。否则,当充电锁定没有到位时,控制系统110将储能系统101设置为充电模式(步骤437至步骤438)。控制系统110确定对储能系统101进行充电的输入功率(步骤439)。在一个实施例中,控制系统110基于至少以下条件确定对储能系统101进行充电的输入功率:

[0061] a) 命令的功率=需求上限减去设施负载103的净需求

[0062] b) 功率极限(储能系统铭牌充电功率101,以kW计)

[0063] c) 能量极限(储能系统101的SOUC在间隔结束时等于100%所处于的功率)

[0064] 控制系统110还可使用其他因数或方法确定对储能系统101充电的输入功率,而不会减损本发明的优点。

[0065] 控制系统110命令储能系统101以输入功率充电(步骤440)。在一个实施例中,储能系统101使用来自公用电网105的电能充电。然后控制系统110继续监测设施负载103的净需求(步骤440至步骤431)。

[0066] 图8示出了根据本发明实施例的由图4-7的方法的操作所得的示例性曲线图。在图

8的例子中,垂直轴表示以kW计的电功率,并且水平轴表示时刻。在图8中标记出峰需求期和部分峰需求期的时刻。非峰需求期在峰需求期和部分峰需求期之外的时刻出现。

[0067] 图8示出了设施负载103的总需求的曲线351、设施负载103的受控需求的曲线352、光伏系统102的输出的曲线353、储能系统101的充电和放电的曲线354和设施负载103的净需求的曲线379。受控需求的曲线352为设施负载103的总需求减去光伏系统102和储能系统101的输出。当净需求(曲线379)在峰需求期内上升从而超过峰需求上限时(参见365),控制系统110命令储能系统101释放足够电功率以满足峰需求上限(参见371和372),如在图4的步骤430中,以及如在图7的步骤438-440中进一步详述。这得到不超过峰需求上限的受控需求的曲线352。

[0068] 相似地,当净需求(曲线379)在部分峰需求期内上升从而超过部分峰需求上限时(参见367),控制系统110命令储能系统101释放足够电功率以满足部分峰需求上限(参见373),如在方法400的步骤430中,以及如在图7的步骤438-440中进一步详述。在部分峰需求期内的某一时刻,平均净需求大于所估计的最大部分峰需求。作为响应,控制系统110动态地将所估计的最大部分峰需求增大至较高水平,如在图4的步骤420中,以及如在图6的步骤421-423中进一步详述,从而得到经调节的部分峰需求上限(参见366)。

[0069] 在图8的例子中,曲线354的负值表明储能系统101正在充电,并且正值表明储能系统101正在放电。储能系统101的充电在净需求小于需求上限时发生(参见375-377),如在图4的步骤430中,以及如在图7的步骤434-436中进一步详述。

[0070] 在图8的例子中,净需求从16:00时刻起超过夏季峰需求上限并且储能系统101放电以维持该需求水平(曲线354的正值)。17:00时刻标记峰需求期结束和部分峰需求期的开始,所以需求上限水平重置为部分峰值。需注意,该方法允许储能系统101在净需求降至需求上限以下时充电,延长可维持该需求上限水平的持续时间,有效地在下午的部分峰需求期期间平均化净需求。在18:15时刻,动态需求上限重置使得当设施需求超过之前预测水平时部分峰需求上限向上重置。非峰需求期始于20:30时刻。还可加上非峰需求上限,使得储能系统101的再充电不影响非峰期或所有时刻需求费用。在一些情况下,储能系统101还可在非峰需求期内放电,以维持非峰期或所有时刻需求上限。不同时期内每个经调整的需求上限水平参数可通过对光伏系统、储能系统和设施负载建模,并且迭代地解出最大可实现值来调节。这可定期(如每月一次)执行使得可更好地适应变化的条件。

[0071] 上述实施例涉及受持续时间限制的储能。在储能不受持续时间限制的其他实施例中,如就由设施提供的天然气作燃料的微型燃气轮机而言,可能存在其他约束,例如需要优化的燃料成本和操作成本以及维护成本,但持续时间将不会是约束。然而,如本文所述,建立预测的需求,动态地重置该需求并且确定每个需求期内的最优调度水平可直接应用于不受持续时间限制的储能。

[0072] 本发明公开了用于从储能系统调度电能的方法和设备。虽然已提供了本发明的具体实施例,但是应当理解,这些实施例是用于举例说明的目的,而不适用于限制。通过阅读本发明,许多另外的实施例对于本领域的普通技术人员而言将是显而易见的。

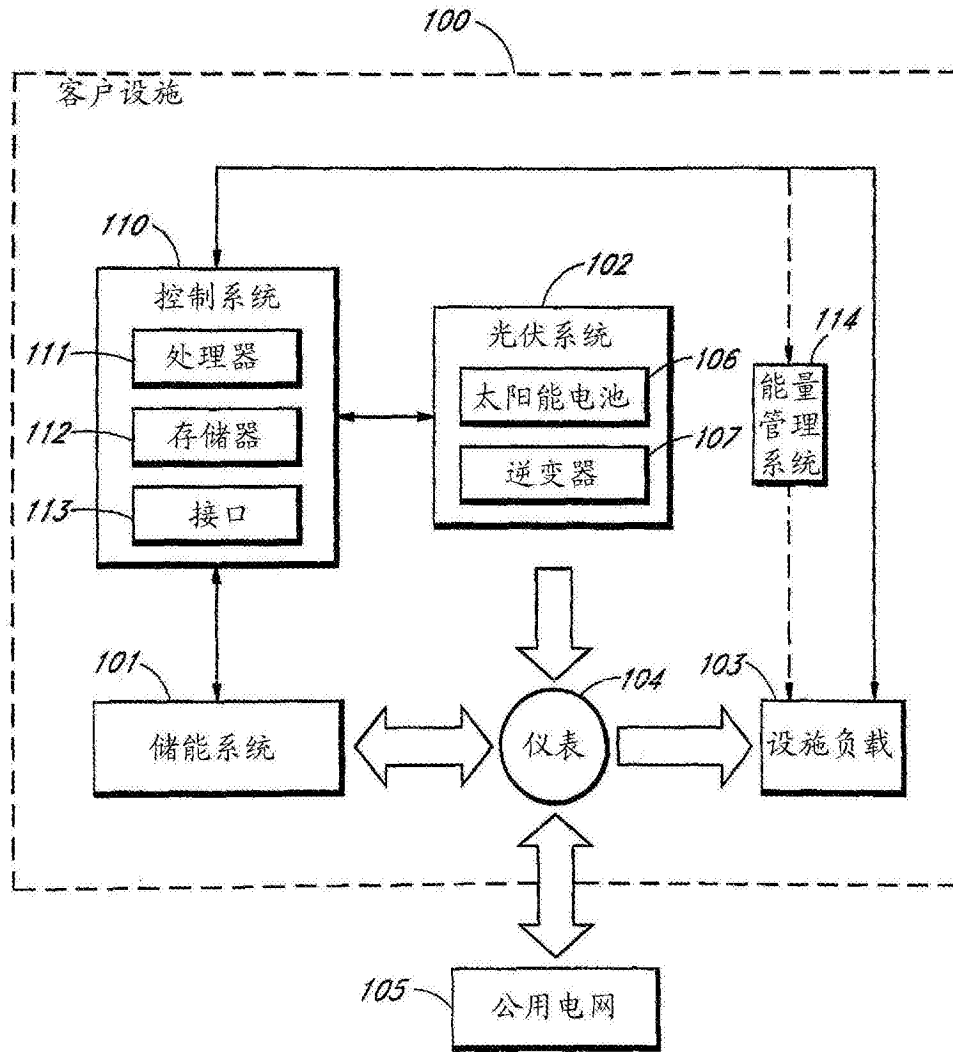


图1

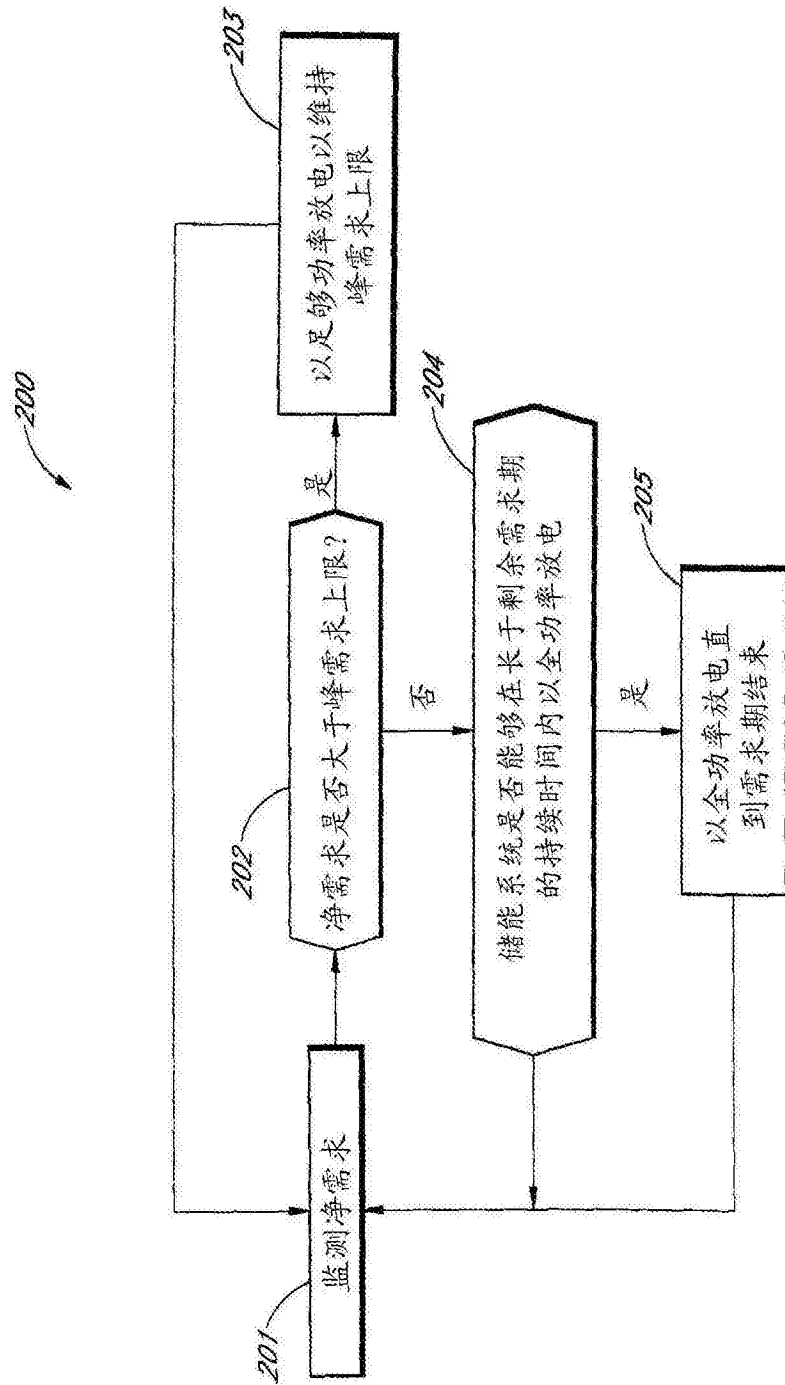


图2

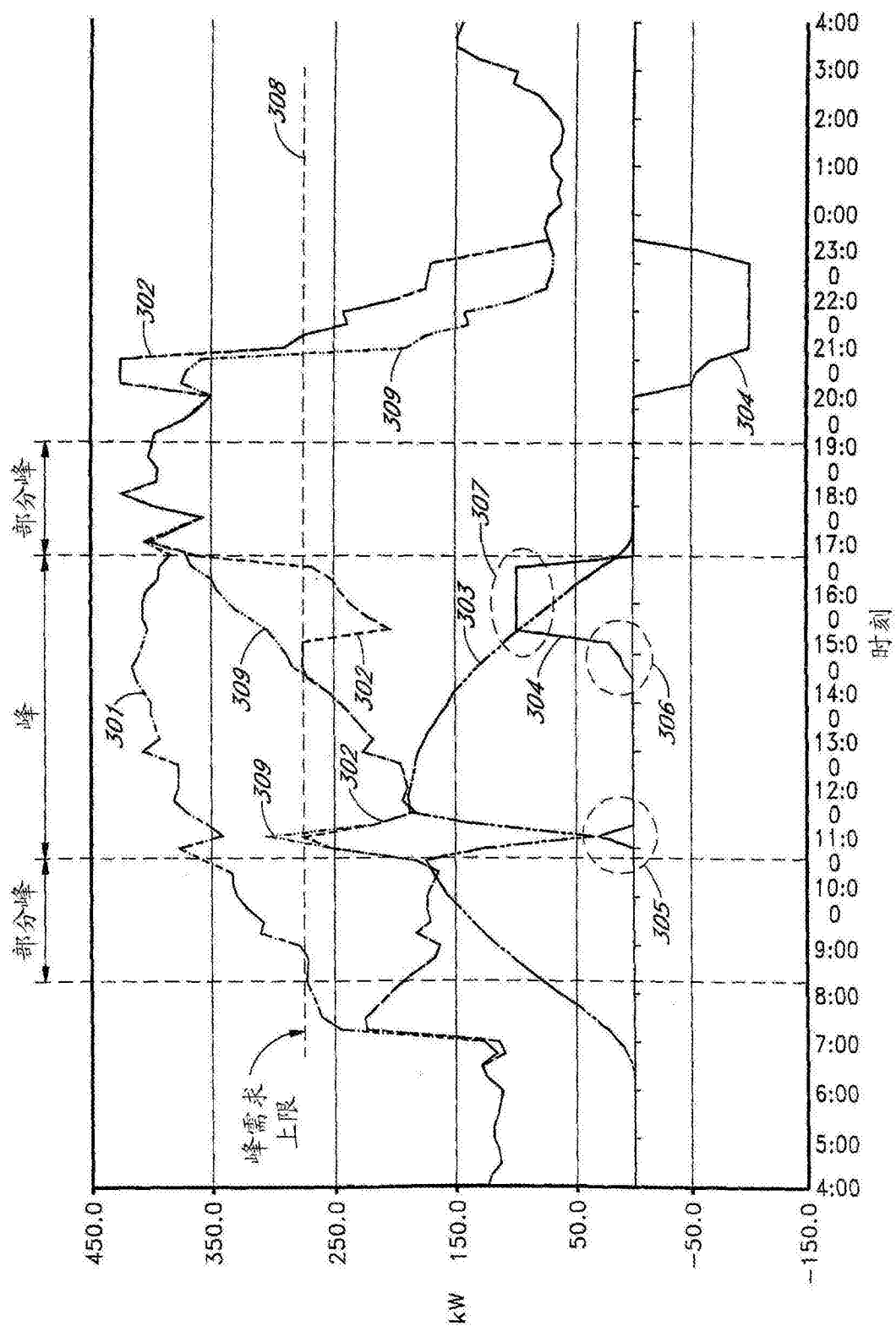


图3

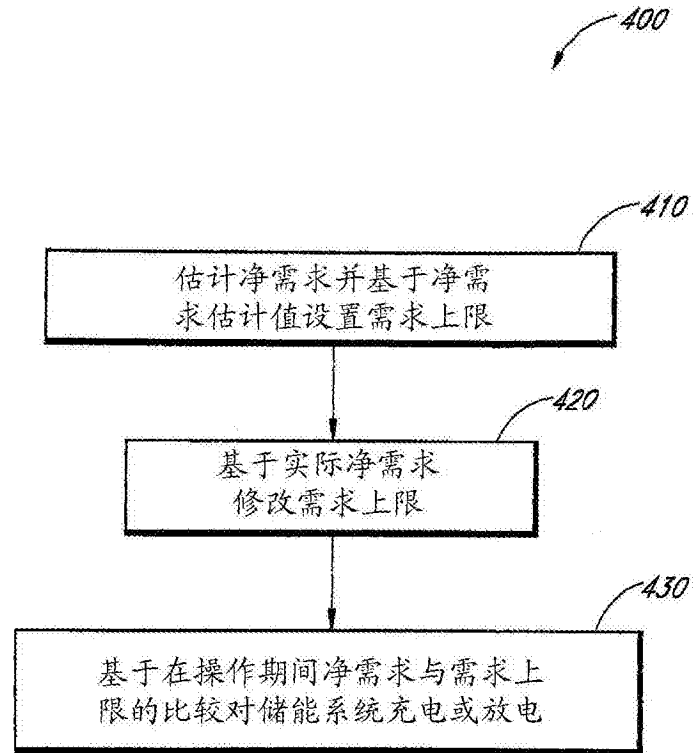


图4

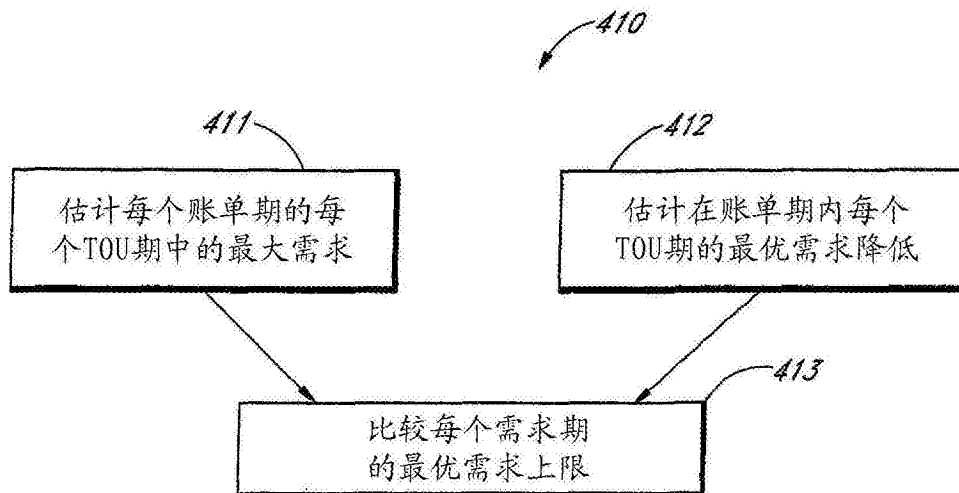


图5

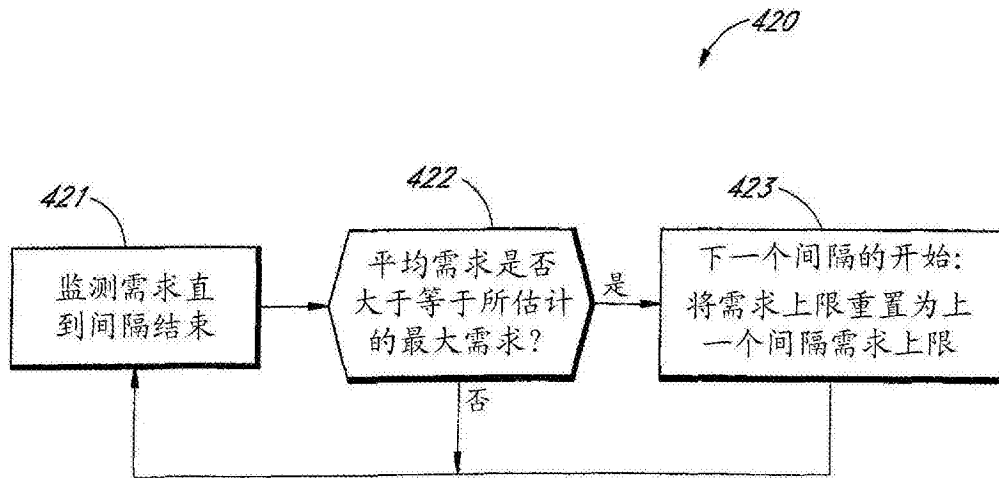


图6

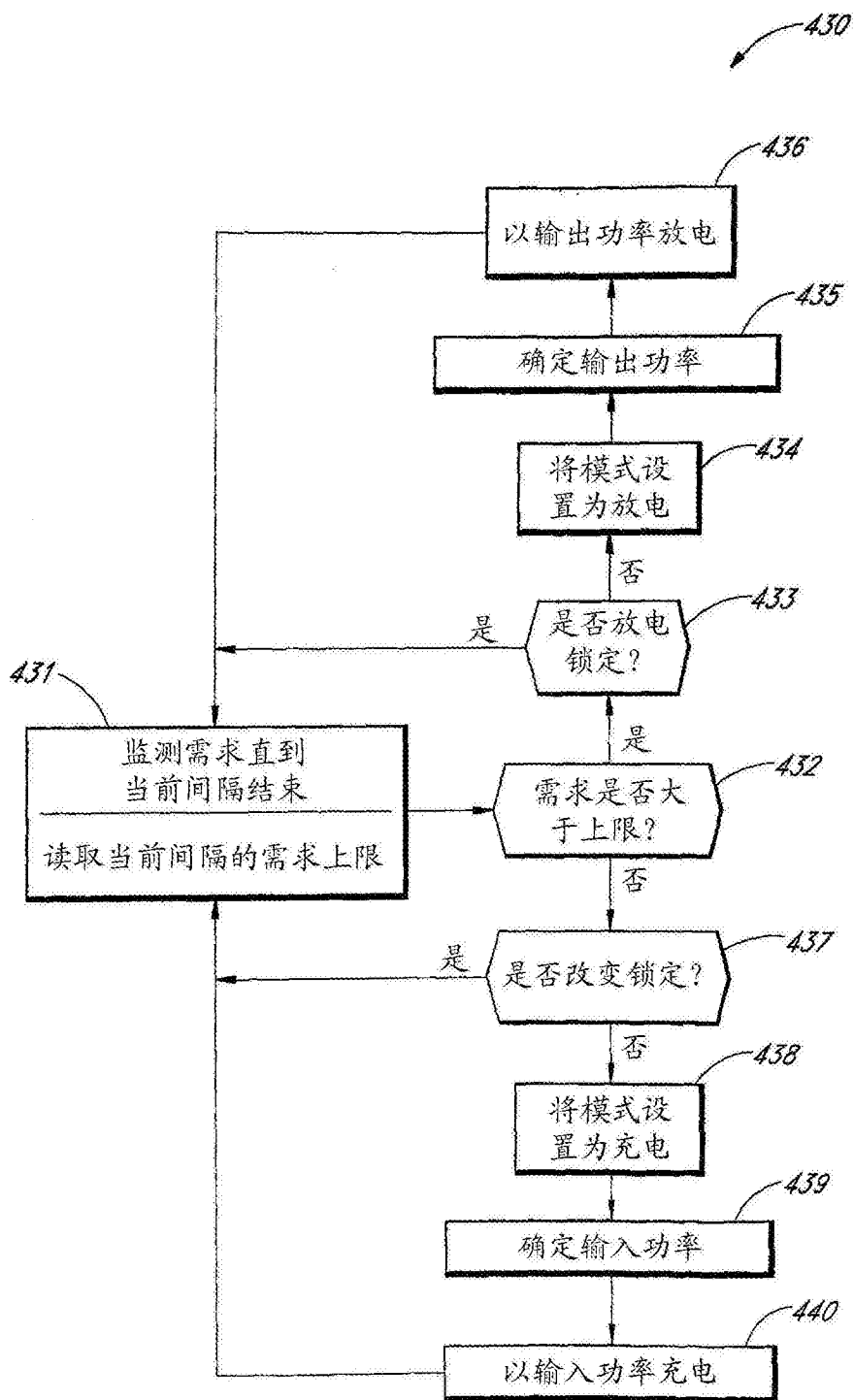


图7

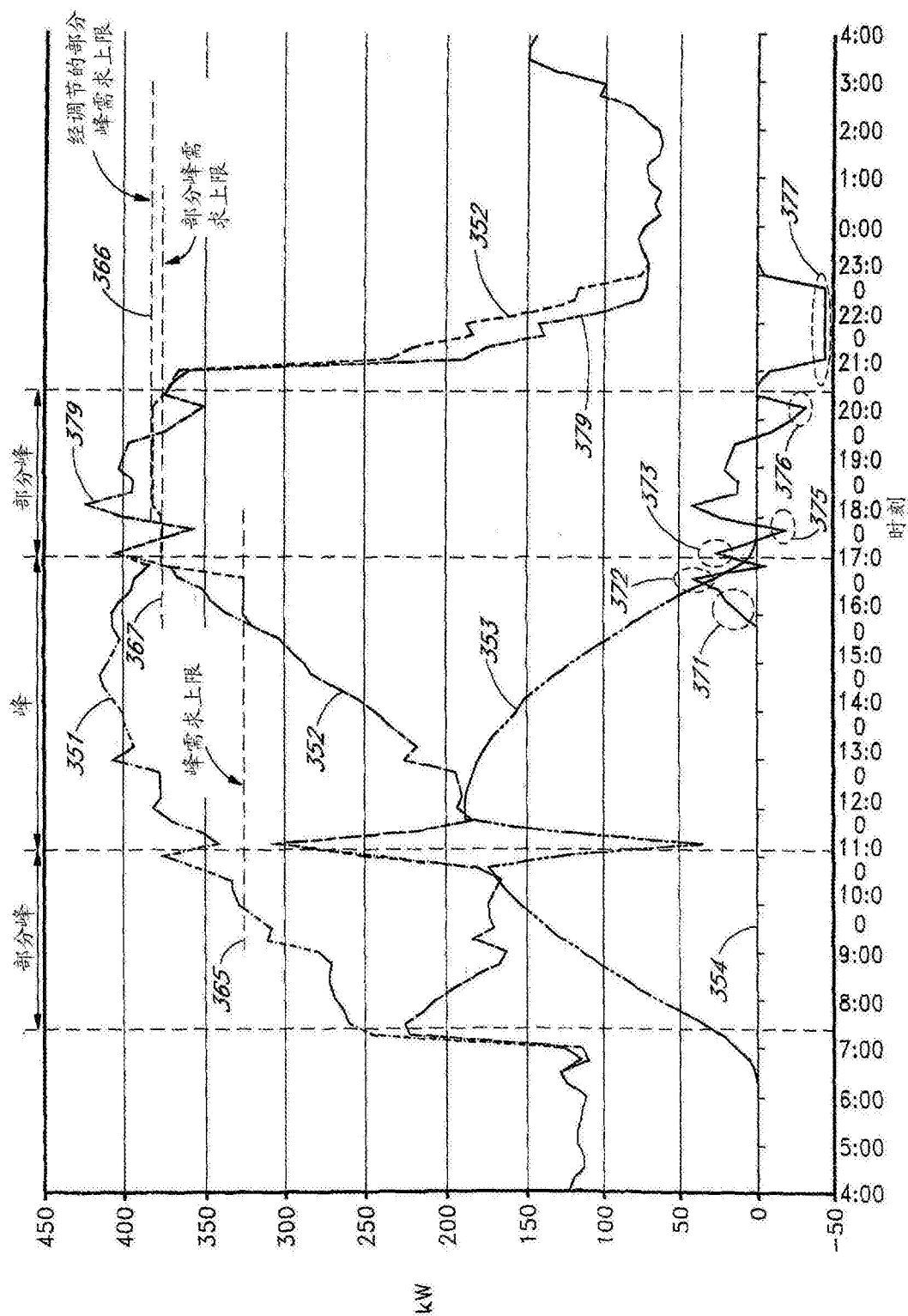


图8