



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102003339 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 12

(21) 申请号 201010272812. 3

审查员 陈翔

(22) 申请日 2010. 08. 27

(30) 优先权数据

12/550123 2009. 08. 28 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 H·肖尔特-瓦辛克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 朱铁宏 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F03D 7/04(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1035547 A, 1989. 09. 13, 全文.

US 2007/0085343 A1, 2007. 04. 19, 全文.

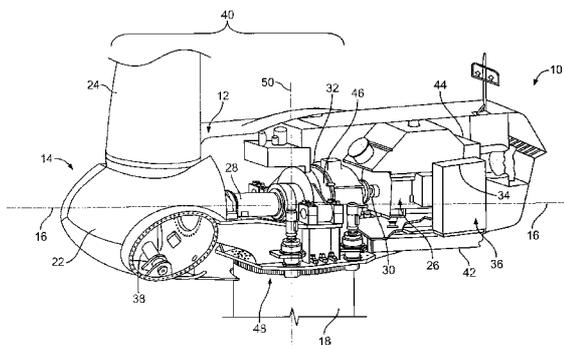
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

用于从风力涡轮机获取惯性能的方法和系统

(57) 摘要

本发明涉及用于从风力涡轮机获取惯性能的方法和系统。具体而言,提供了一种用于在削减操作期间操作风力涡轮机(10)的系统,该风力涡轮机包括发电机(26)和具有至少一个转子叶片(24)的风力涡轮机转子(14),该风力涡轮机还包括传动系(40),该传动系(40)包括联接到风力涡轮机转子上且构造成用以驱动发电机的至少一个轴(28)。该系统包括构造成用以在风力涡轮机削减操作期间将风力涡轮机转子的旋转速度增大超过最佳额定速度的控制系统(34),以及构造成用以在解除削减操作时获取存储在传动系中的惯性能的获取装置。



1. 一种用于在削减操作期间操作风力涡轮机的系统,所述风力涡轮机包括发电机和具有至少一个转子叶片的风力涡轮机转子,所述风力涡轮机还包括传动系,所述传动系包括联接到所述风力涡轮机转子上且构造成用以驱动所述发电机的至少一个轴,所述系统包括:

控制系统,其构造成用以在所述风力涡轮机的削减操作期间降低发电机上的转矩需求,将所述风力涡轮机转子的旋转速度增大超过最佳额定速度;以及

获取装置,其构造成用以在解除所述削减操作时获取存储在所述传动系中的惯性能。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述获取装置构造成用以在解除所述削减操作时增大所述发电机上的转矩需求,以有助于将存储在所述传动系中的惯性能转换成输送给电网的电功率。

3. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述获取装置包括变频器,所述变频器构造成用以控制所述发电机的激励,以便在解除所述削减操作时增大所述发电机上的转矩需求。

4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述控制系统构造成用以在所述削减操作期间将所述转子的旋转速度增大超过所述最佳额定速度,以有助于将可用的空气动力能转换成惯性能。

5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述最佳额定速度至少部分地基于最佳转矩-功率曲线。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述控制系统构造成用以容许所述转子速度增大至额定最大转子速度。

7. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述控制系统构造成用以控制所述风力涡轮机的操作,以便容许所述转子的旋转速度增大超过所述最佳额定速度。

8. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述控制系统构造成用以调整所述至少一个转子叶片的桨距和所述风力涡轮机的偏航角中的至少一个,以有助于控制所述转子的旋转速度。

9. 一种用于在风力涡轮机的削减期间操作所述风力涡轮机的方法,所述风力涡轮机包括发电机和具有至少一个转子叶片的转子,所述风力涡轮机还包括传动系,所述传动系包括联接至所述转子并构造成用以驱动所述发电机的至少一个轴,所述方法包括:

将控制系统操作性地联接至所述风力涡轮机,所述控制系统构造成用以调整风力涡轮机的操作以有助于在所述风力涡轮机的削减期间降低发电机上的转矩需求,增加所述转子的旋转速度;以及,

将获取装置操作性地联接至所述发电机,所述获取装置构造成用以在解除所述削减时获取存储在所述传动系中的惯性能。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述获取装置构造成用以在解除所述削减时增大所述发电机上的转矩需求,以有助于将存储在所述传动系中的惯性能转换成输送给电力网的电功率。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,操作性地联接所述获取装置包括将变频器操作性地联接至所述发电机,所述变频器构造成用以控制所述发电机的激励,以便在解除所述削减时增大所述发电机上的转矩需求。

12. 根据权利要求 10 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括将所述控制系统构造成用以:

检测发电;

检测电力网需求;以及,

当功率产生超过电力网需求时启动所述风力涡轮机的削减。

13. 根据权利要求 9 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括将所述控制系统构造成用以:

检测所述发电机的功率产生;以及,

当功率产生超过所存储的功率产生水平时启动所述风力涡轮机的削减。

14. 根据权利要求 9 所述的方法,其特征在于,所述控制系统还构造成用以调整风力涡轮机本体偏航角和至少一个转子叶片的桨距角中的至少一个,以有助于增大所述转子的旋转速度直至额定最大转子速度。

15. 根据权利要求 9 所述的方法,其特征在于,所述控制系统还构造成用以调整所述至少一个转子叶片的桨距角,以有助于增大所述转子的旋转速度高于预定转矩-功率曲线的最佳额定速度。

16. 一种风力涡轮机,包括:

包括至少一个转子叶片的转子;

经由至少一个转子轴操作性地联接到所述转子上的发电机;

操作性地联接到所述转子和所述发电机上的控制系统,所述控制系统构造成用以调整风力涡轮机的操作,以有助于在所述风力涡轮机的削减期间降低发电机上的转矩需求,将所述转子的旋转速度增大超过最佳额定速度;以及

操作性地联接到所述发电机和所述控制系统上的变频器,所述变频器构造成用以在解除所述削减时增大所述发电机上的转矩需求。

17. 根据权利要求 16 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述控制系统还构造成用以:

监测所述发电机的功率产生;

当监测的功率产生水平超过存储的功率削减水平时启动所述风力涡轮机的削减;以及

当所述监测的功率产生水平低于所述存储的功率削减水平时消除所述风力涡轮机的削减。

18. 根据权利要求 16 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述控制系统构造成用以调整所述至少一个转子叶片的桨距角和风力涡轮机本体的偏航角中的至少一个,以有助于在所述风力涡轮机的削减期间将所述转子的旋转速度增大至额定最大转子速度。

19. 根据权利要求 16 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述最佳额定速度与转矩-功率曲线相关联。

20. 根据权利要求 16 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述变频器构造成用以调整所述发电机的激励来增大所述发电机上的转矩需求,从而有助于增大通过所述风力涡轮机的功率输出。

## 用于从风力涡轮机获取惯性能的方法和系统

### 技术领域

[0001] 本文所公开的主题主要涉及风力涡轮机的操作,并且更具体地涉及在解除风力涡轮机削减 (curtailment) 之后从风力涡轮机获取惯性能。

### 背景技术

[0002] 风力涡轮机利用风能发电。风力涡轮机通常包括具有多个叶片的转子,这些叶片将风能转变成传动轴的旋转运动,旋转运动继而用来驱动发电机转子来发电(产生电功率)。多个风力涡轮机可组合在一起,有时称为“风电场(风力田)”。

[0003] 为了缓解与涡轮机负载、对电网的电力输送和/或一些计划情况(例如,计划的维护活动)相关的问题,可能需要减少风电场内的一些或所有涡轮机的功率输出,这也称为“风力涡轮机削减”。在风力涡轮机削减期间,由涡轮机所产生的功率水平受到控制(即,降低至削减水平)。通常,在风力涡轮机削减期间,转子叶片的桨距角经调整以减慢转子的旋转,这降低了通过风力涡轮机的功率输出。例如,在风力涡轮机削减期间,风力涡轮机可构造成用以输送由风力涡轮机所能产生的最高水平的电功率的百分之四十(40%)。在风力涡轮机削减期间,风速可使得将有可能产生由风力涡轮机所能够产生的最高水平的电功率,但出于其它原因而减少所产生的功率。换言之,有意地不俘获存在于风中的空气动力能,且因此使其浪费。

### 发明内容

[0004] 一方面,提供了一种用于在削减操作期间操作风力涡轮机的系统。该风力涡轮机包括发电机和具有至少一个转子叶片的风力涡轮机转子。风力涡轮机还包括传动系,该传动系包括联接到风力涡轮机转子上且构造成用以驱动发电机的至少一个轴。该系统包括构造成用以在风力涡轮机的削减操作期间将风力涡轮机转子的旋转速度增大超过最佳额定速度的控制系统,以及构造成用以在解除削减操作时获取存储在传动系中的惯性能的获取装置。

[0005] 另一方面,提供了一种用于在风力涡轮机的削减期间操作风力涡轮机的方法。该风力涡轮机包括发电机和具有至少一个转子叶片的转子。风力涡轮机还包括传动系,该传动系包括联接到转子上且构造成用以驱动发电机的至少一个轴。该方法包括将控制系统可操作地联接到风力涡轮机上,该控制系统构造成用以调整风力涡轮机的操作,以有助于在风力涡轮机的削减期间增大转子的旋转速度。该方法还包括将获取装置可操作地联接到发电机上,该获取装置构造成用以在解除削减时获取存储在传动系中的惯性能。

[0006] 又一方面,提供了一种风力涡轮机。该风力涡轮机包括具有至少一个转子叶片的转子,以及经由至少一个转子轴可操作地联接到转子上的发电机。该风力涡轮机还包括可操作地联接到转子和发电机上的控制系统。控制系统构造成用以调整风力涡轮机的操作,以有助于在风力涡轮机的削减期间将转子速度增大超过最佳额定速度。该风力涡轮机还包括可操作地联接到发电机和控制系统上的变频器。变频器构造成用以在解除削减时增大发

电机上的转矩需求。

#### 附图说明

- [0007] 图 1 为示例性风力涡轮机的透视图。
- [0008] 图 2 为图 1 中所示的风力涡轮机的一部分的局部剖面透视图。
- [0009] 图 3 为用于从风力涡轮机获取惯性能的示例性方法的流程图。
- [0010] 图 4 为随着时间的推移所产生的示例性转子速度和对应功率的示图。
- [0011] 图 5 为示出一定时间周期内的发电机速度变化的示图。
- [0012] 图 6 为示出也在图 5 中示出的时间周期内的发电机输出功率变化的示图。
- [0013] 图 7 为示出图 5 中所示的时间周期内的发电机输出能量水平变化的示图。
- [0014] 零件清单
- [0015] 10 风力涡轮机
- [0016] 12 本体
- [0017] 14 转子
- [0018] 16 旋转轴线
- [0019] 18 塔架
- [0020] 20 基座
- [0021] 22 桨毂
- [0022] 24 叶片
- [0023] 26 发电机
- [0024] 28 主转子轴
- [0025] 30 转子轴
- [0026] 30 高速轴
- [0027] 32 齿轮箱
- [0028] 34 控制面板
- [0029] 36 控制系统
- [0030] 38 叶片桨距驱动装置
- [0031] 40 传动系
- [0032] 42 主机架
- [0033] 44 变频器
- [0034] 46 盘式制动器
- [0035] 48 偏航系统
- [0036] 50 旋转轴线
- [0037] 60 流程图
- [0038] 70 监测风力涡轮机操作
- [0039] 72 启动风力涡轮机削减
- [0040] 74 在风力涡轮机削减期间促进转子速度增大
- [0041] 76 解除风力涡轮机削减
- [0042] 78 在解除削减时获取存储在传动系中的惯性能

- [0043] 80 示图
- [0044] 82 转子速度
- [0045] 84 产生的功率
- [0046] 90 削减水平
- [0047] 92 第一时间
- [0048] 94 时间
- [0049] 96 时间
- [0050] 98 产生的功率
- [0051] 100 阴影区域
- [0052] 102 阴影区域
- [0053] 104 时间
- [0054] 106 功率水平
- [0055] 108 功率水平
- [0056] 120 示图
- [0057] 122 发电机速度
- [0058] 124 在时间周期内
- [0059] 130 示图
- [0060] 132 发电机输出功率
- [0061] 140 示图
- [0062] 142 发电机输出能量水平
- [0063] 148 时间
- [0064] 150 时间
- [0065] 152 时间
- [0066] 154 时间

### 具体实施方式

[0067] 如文中所用,用语“叶片”旨在代表在相对于周围的流体运动时提供反作用力的任何装置。如文中所用,用语“风力涡轮机”旨在代表通过风能产生旋转能、且更具体而言是将风的动能转换成机械能的任何装置。如文中所用,用语“风力发电机”旨在代表通过风能所产生的旋转能来发电、且更具体而言是将风的动能转换来的机械能转换成电功率的任何风力涡轮机。

[0068] 本文所述的系统、方法和设备的技术效果包括以下的至少一种:(a) 将控制系统构造成用以调整风力涡轮机的操作,以有助于在风力涡轮机削减期间增大转子的转子速度;以及(b) 将获取装置构造成用以在解除削减时获取存储在风力涡轮机传动系中的惯性能。

[0069] 图1为示例性风力涡轮机10的透视图。图2为风力涡轮机10的一部分的局部剖面透视图。本文所述和所示的风力涡轮机10构造成用以利用风能来产生电功率(发电)。此外,本文所述和所示的风力涡轮机10包括水平轴线构造。然而,在一些实施例中,除水平轴线构造之外或作为水平轴线构造的替代,风力涡轮机10还可包括垂直轴线构造(未示

出)。风力涡轮机 10 可联接到电负载（未示出）上，例如但不限于电力网，用于自其接收电功率以驱动风力涡轮机 10 和 / 或相关构件的操作，以及 / 或者用于将风力涡轮机 10 所产生的电功率供送至其上。尽管图 1 和图 2 中仅示出了一个风力涡轮机 10，但在一些实施例中，多个风力涡轮机 10 可组合在一起以形成风电场。

[0070] 风力涡轮机 10 包括本体 12（有时称为“机舱”），以及联接到本体 12 上用于围绕旋转轴线 16 相对于本体 12 旋转的转子（大体上以 14 标示）。在示例性实施例中，本体 12 安装在从基座 20 延伸的塔架 18 上。然而，在一些实施例中，除安装在塔架上的本体 12 之外或作为其替代，风力涡轮机 10 包括邻近地面和 / 或水面的本体 12。塔架 18 的高度可以是使风力涡轮机 10 能起到如本文所述的作用的任何适合的高度。转子 14 包括桨毂 22，以及从桨毂 22 沿径向向外延伸用于将风能转换成旋转能的多个叶片 24（有时称为“翼型件”）。尽管转子 14 在文中描述和示为具有三个叶片 24，但转子 14 可具有任何适合数目的叶片 24。各叶片 24 均可具有容许风力涡轮机 10 起到如本文所述的作用的任何适合的长度。例如，在一些实施例中，一个或多个叶片 24 为大约二分之一米长，而在一些实施例中，一个或多个叶片 24 为大约五十米长。叶片 24 长度的其它实例包括十米或更短、大约二十米、大约三十七米以及大约四十米。还有的其它实例包括转子叶片处在大约五十米至大约一百米长之间。

[0071] 不管图 1 中所示叶片 24 怎样，转子 14 都可具有任何适合形状的叶片 24，且可具有任何类型和 / 或任何构造的叶片 24，而不论这些形状、类型和 / 或构造是否在文中描述和 / 或示出。叶片 24 的另一类型、形状和 / 或构造的一个实例为具有容纳在导管（未示出）内的涡轮（未示出）的导管转子（未示出）。叶片 24 的另一类型、形状和 / 或构造的另一实例包括在有时称为“打蛋器型”涡轮机的达利埃斯 (Darrieus) 风力涡轮机内。叶片 24 的另一类型、形状和 / 或构造的又一实例包括在萨沃纽斯 (Savonious) 风力涡轮机内。叶片 24 的另一类型、形状和 / 或构造的又一实例包括在用于抽水的常规风车内，例如但不限于具有木制闸板和 / 或织物帆的四叶片式转子。此外，在一些实施例中，风力涡轮机 10 可为具有大致面向逆风以利用风能的转子 14 的风力涡轮机，和 / 或可为具有大致面向顺风以利用能量的转子 14 的风力涡轮机。当然，在任何实施例中，转子 14 都不可能精确地面向逆风和 / 或顺风，但可能的是相对于风向大致以任一角度面向而利用其中的能量。

[0072] 现在参看图 2，风力涡轮机 10 包括联接到转子 14 上的利用由转子 14 所产生的旋转能来发电的发电机 26。发电机 26 可为任何适合类型的发电机，例如但不限于绕线转子感应发电机（如双馈感应发电机）。发电机 26 包括定子（未示出）和转子（未示出）。转子 14 包括联接到桨毂 22 上以便与其一起旋转的主转子轴 28（也称为“低速轴”）。发电机 26 联接到主转子轴 28 上，以便使主转子轴 28 的旋转驱动发电机转子旋转，且因此驱动发电机 26 操作。在示例性实施例中，发电机转子具有联接到其上且经由齿轮箱 32 联接到主转子轴 28 上的转子轴 30（也称为“高速轴”）。在其它实施例中，发电机转子直接联接到主转子轴 28 上，这有时称为“直接驱动式风力涡轮机”。

[0073] 在一些实施例中，控制面板 34 内的一个或多个处理器（图 2 中未示出）形成了用于整个系统监测和控制的控制系统 36，其中，监测和控制包括桨距和速度调节、高速轴和偏航制动应用、偏航和泵用马达应用，以及功率水平和故障的监测。在一些实施例中可使用备选的分分布式或集中式控制体系。如文中所用，用语“处理器”是指中央处理单元、微处理器、

微控制器、简化指令集电路 (RISC)、专用集成电路 (ASIC)、逻辑电路,以及能够执行本文所述的功能的任何其它电路或处理器。

[0074] 在各种实施例中,控制系统 36 将控制信号提供给可变叶片桨距驱动装置 38,用以控制由于风而驱动桨毂 22 的叶片 24 的桨距。桨毂 22 和叶片 24 共同形成风力涡轮机的转子 14。风力涡轮机 10 的传动系 40 包括连接到桨毂 22 和齿轮箱 32 上的主转子轴 28,在一些实施例中,主转子轴 28 利用双通道几何形状来驱动围在齿轮箱 32 内的高速轴 30。高速轴 30 用于驱动由主机架 42 支承的发电机 26。作为非限制性实例,另一适合类型的发电机的多极发电机,其可在直接驱动构造中以主转子轴 28 的速度操作,而不需要齿轮箱 32。

[0075] 转子 14 的转矩驱动发电机转子,从而通过转子 14 的旋转来产生可变频率的 AC 电功率。发电机 26 在发电机的转子与定子之间具有与转子 14 的转矩相反的空气间隙转矩。变频器 44 联接到发电机 26 上,用于将可变频率的 AC 转换成固定频率的 AC 以便输送给电负载(图 2 中未示出),例如但不限于联接到发电机 26 上的电力网。变频器 44 可定位在风力涡轮机 10 内或远离风力涡轮机 10 的任何位置上。例如,在示例性实施例中,变频器 44 定位在塔架 18 的基座 20 内。

[0076] 在一些实施例中,风力涡轮机 10 可包括转子速度限制器,例如但不限于盘式制动器 46。盘式制动器 46 对转子 14 的旋转进行制动,以例如减慢转子 14 的旋转、克服全风量转矩使转子 14 制动,和 / 或减少由发电机 26 所产生的电功率。此外,在一些实施例中,风力涡轮机 10 可包括偏航系统 48,其用于使本体 12 围绕旋转轴线 50 旋转以改变转子 14 的偏航,且更具体而言是改变转子 14 所面向的方向,以便例如调整转子 14 所面向的方向与风向之间的角度。

[0077] 图 3 为示出用于在风力涡轮机 10 削减期间操作风力涡轮机如风力涡轮机 10(图 2 中所示)的示例性方法的流程图 60。更具体而言,流程图 60 示出了用于例如从风力涡轮机 10 获取惯性能的示例性方法。该方法包括监测 70 风力涡轮机的操作。例如,可在风力涡轮机 10 本地和 / 或远离风力涡轮机 10 监测 70 发电和电力网需求。在一些实例中,控制系统 36(图 2 中所示)构造成用以监测 70 发电和电力网需求。该方法还可包括在削减事件发生时启动 72 风力涡轮机 10 的削减。通过启动 72 风力涡轮机 10 的削减,降低了由风力涡轮机 10 所输出的功率水平。通常,削减是通过调整转子叶片如转子叶片 24(图 2 中所示)的叶片桨距来启动 72 的。叶片桨距经调整以减小转子如转子 14(图 2 中所示)的旋转速度。通过减小转子 14 的旋转速度,降低了由风力涡轮机 10 所输出的功率。

[0078] 在示例性实施例中,启动 72 风力涡轮机 10 的削减包括降低发电机 26 上的转矩需求,而非减小转子 14 的旋转速度。更具体而言,变频器,例如变频器 44(图 2 中所示),构造成用以在启动削减时减小发电机 26 上的转矩需求。通过减小发电机 26 上的转矩需求,风力涡轮机 10 所输出的功率举例而言降低至削减水平。

[0079] 如上文所述,该方法包括在削减事件发生时启动 72 风力涡轮机 10 的削减。削减事件可包括功率产生超过电力网需求、功率产生超过存储的削减功率水平,和 / 或低功率需求时间周期。作为备选,削减可遵循削减进度表。例如,可确定的是,在用电高峰时间周期期间,电力网能够输送的由风力涡轮机 10 所产生的功率水平为风力涡轮机 10 能够产生的最大可能的功率的 80%。在非高峰时间周期期间,电力网可能仅能够输送由风力涡轮机 10 所产生的一定功率水平,该一定功率水平为风力涡轮机 10 能够产生的最大可能功率的

50%。削减有助于向电力网提供能够输送的电力网功率水平。

[0080] 在示例性实施例中,该方法还包括在风力涡轮机削减期间促进 74 转子速度增大。更具体而言,控制系统 36 构造成例如通过控制可变叶片桨距驱动装置 38(图 2 中所示)来调整一个或多个叶片 24 的桨距角。调整转子叶片 24 的桨距角有助于在风力涡轮机 10 的削减期间增大转子 14 的旋转速度。在示例性实施例中,降低了发电机 26 上的转矩需求,将风力涡轮机 10 的输出功率保持在削减水平或以下,同时容许转子 14 的旋转速度增大。如上文所述,通常在削减期间,叶片 24 进行变桨,以便风掠过叶片 24,从而最大限度地减小风对叶片 24 的影响并降低转子 14 的旋转速度。相比之下,在示例性实施例中,该方法包括调整风力涡轮机 10 的操作,以有助于在削减期间将转子 14 的旋转速度增大到高于转矩-功率曲线的最佳额定速度。在备选实施例中,控制系统 36 构造成用以通过控制偏航系统 48(图 2 中所示)来调整本体 12(图 2 中所示)的偏航角。控制系统 36 可构造成用以调整叶片 24 的桨距角和/或本体 12 的偏航角,以便转子速度可增大到高于转矩-功率曲线的最佳额定速度,但不会增大到高于预设的额定最大转子速度。预设的额定最大转子速度有助于防止或最大限度地减小因超速状态所造成的对风力涡轮机 10 的破坏。调整风力涡轮机 10 的操作有助于俘获空气中的空气动力能(例如,其将会由于削减而浪费),且将空气动力能作为惯性能存储在风力涡轮机 10 的旋转传动系 40 中。

[0081] 在示例性实施例中,该方法还包括解除 76 风力涡轮机的削减。在示例性实施例中,控制系统 36 至少部分地基于监测 70 到的功率产生和电力网需求来确定何时解除 76 削减。作为备选,控制系统 36 至少部分地基于削减进度表来确定何时解除削减。尽管描述为由控制系统 36 确定,但确定何时解除 76 削减也可由集中式风电场控制器(图 3 中未示出)或由任何其它适合的装置执行。解除 76 风力涡轮机削减包括调整风力涡轮机 10 的操作以容许风力涡轮机 10 所输出的功率增大到高于削减水平的功率水平。例如,可调整叶片桨距、偏航角和/或发电机 26 上的转矩需求。

[0082] 在示例性实施例中,该方法还包括在解除 76 削减时获取 78 存储在传动系 40 中的惯性能。在示例性实施例中,获取装置构造成用以获取 78 存储在传动系 40 中的惯性能。变频器,例如变频器 44(图 2 中所示),可构造成用以在解除 76 削减时获取 78 存储在传动系 40 中的惯性能。尽管本文描述为变频器,但获取装置可为容许风力涡轮机 10 起到如本文所述的作用的任何装置。为了获取 78 存储在传动系 40 中的惯性能,变频器 44 可构造成用以在解除风力涡轮机削减时增大发电机 26 上的转矩需求。增大发电机 26 上的转矩需求有助于将存储在风力涡轮机 10 的传动系 40 中的惯性能转换成输送给电力网的电功率。更具体而言,为了增大发电机 26 上的转矩需求,变频器 44 可构造成用以调整发电机 26 的相位以增大发电机转矩。

[0083] 图 4 为一定时间(t)内的示例性转子速度(n)82 和例如由发电机 26(图 2 中所示)所产生的对应功率(P)84 的示图 80。例如,所产生的功率 84 可按千瓦(kW)计量,转子速度 82 可按弧度/秒(rad/s)计量,而时间可按秒(s)计量。在示例性实施例中,削减水平 90 预先确定为例如由风力涡轮机 10(图 1 中所示)所能够产生的最大功率的 X%。在示例性实施例中,在第一时间 92,转子速度 82 增大到所产生的功率 84 升高到高于削减水平 90 的水平。在示例性实施例中,为了使所产生的功率 84 保持在或低于削减水平 90,减小了发电机 26 上的转矩需求。在示例性实施例中,转子速度 82 容许例如在时间 94 增大到高于削减

水平 90。例如,控制系统 36 构造成用以调整叶片 24(图 2 中所示)的桨距,以便转子速度 82 增大超过削减水平 90,但不会增大超过额定最大转子速度。通过主动地促进转子速度 82 这样增大,来自风中的空气动力作为惯性能得以俘获,该惯性能存储在风力涡轮机 10 的传动系 40(即,旋转构件)中。

[0084] 在示例性实施例中,例如当转子速度 82 由于风速减小、叶片桨距调整和 / 或偏航角调整而降低时,所产生的功率 84 在时间 96 降低至削减水平 90 以下。在示例性实施例中,在时间 96 解除削减。而且,在时间 96,指示期望有更多输出功率的信号例如提供给控制系统 36,或由其产生。信号可由控制系统 36 自动产生(例如,在所产生的功率 84 降低到削减水平 90 以下时)和 / 或可由风力涡轮机 10 的操作人员手动地提供。在示例性实施例中,控制系统 36 向获取装置,例如变频器 44(图 2 中所示),提供增大的转矩需求值。增大的转矩需求值导致变频器 44 改变发电机 26 的激励(excitation),这导致所产生的功率 84 增大至所产生的功率 98。增大转矩需求值有助于将存储在风力涡轮机 10 的旋转构件中的惯性能转换成输送给电网的电功率。图 4 中以阴影区域 100 和阴影区域 102 示出了由惯性能转换的附加电功率。例如,在时间 104,在没有俘获惯性能的情况下,所产生的功率 84 将处于功率水平 106。功率水平 106 仅通过将当前可用的风能由叶片 24 转换成旋转能而获得。相比之下,在时间 104,所产生的功率 98 为除了将当前可用的风能转换成电功率之外还通过将存储的惯性能转换成电功率而产生的功率水平 108。

[0085] 图 5 为示出在以秒计量的时间周期 124 内,以每分钟的回转数(rpm)计量的发电机速度 122 的变化的示图 120。图 6 为示出在时间周期 124 内,以千瓦(kW)计量的发电机输出功率 132 的变化的示图 130。图 7 为示出在时间周期 124 内,以千瓦秒(kWs)计量的发电机输出能量水平 142 的变化的示图 140。图 5 至图 7 示出了风力涡轮发电机如风力涡轮机 10(图 2 中所示)的发电机 26(图 2 中所示)的图示。在所示的实例中,自时间 148 到时间 150 的大致恒定的发电机速度 122 产生了大致恒定的发电机输出功率 132。在时间 148 与时间 150 之间,发电机 26 和转子 14 是平衡的。在所示的实例中,指示期望有更多输出功率 132 的信号在时间 150 例如提供给控制系统 36,或例如由控制系统 36 产生。信号可由控制系统 36 自动地产生(例如,在输出功率 132 降低至削减水平以下时,例如在时间 96(图 4 中所示)),和 / 或可由风力涡轮机 10 的操作人员手动地提供。在示例性实施例中,控制系统 36 向获取装置,例如变频器 44(图 2 中所示),提供指示变频器 44 获取存储在传动系 40 中的惯性能的信号。例如,控制系统 36 可向变频器 44 提供增大的转矩需求值。增大的转矩需求值导致变频器 44 改变发电机 26 的激励,这导致在时间 150 与时间 152 之间所示的输出功率 132 增大。变频器 44 施加到发电机 26 上的转矩大于由风施加到转子 14 上的,这导致在时间 150 之后,转子速度降低,且因此发电机速度 122 也降低。

[0086] 即使在发电机速度 122 在时间 150 后降低时,发电机输出功率 132 也会由于存储在风力涡轮机 10 传动系 40 中的惯性能的释放而增大。在时间 152,发电机输出功率 132 达到最大功率,且在存储的惯性能转换成电功率(即,输出功率 132)时开始减小。此外,在时间 154,存储在风力涡轮机 10 的传动系 40 中的惯性能耗散。在时间 154,发电机输出功率 132 仅通过叶片 24 从风中俘获的空气动力能产生。

[0087] 本文所述的是用于从风力涡轮机获取惯性能的示例性方法和系统。更具体而言,本文所述的方法和系统使得在风力涡轮机削减操作期间能够主动存储惯性能,且在解除削

减操作时将惯性能转换成电功率。本文所述的方法和系统有助于在风速下降期间,除俘获的空气动力能之外由惯性能来产生电功率。

[0088] 本文所述的方法和系统有助于风力涡轮机高效和经济地操作。该方法和系统的示例性实施例在文中详细地描述和 / 或示出。该方法和系统不限于本文所述的特定实施例,而是相反,各系统的构件以及这些方法的步骤可与本文所述的其它构件和步骤分开和独立地使用。各构件和各方法步骤也可结合其它构件和 / 或方法步骤使用。尽管本文以风力涡轮机为背景进行了描述,但本文所述的方法和系统例如但不限于还可应用于包括水电涡轮机或蒸汽涡轮机的动力设备。

[0089] 在介绍本文所述和 / 或所示的方法和系统的元件 / 构件 / 等时,用词“一”、“一个”、“该”和“所述”旨在表示存在一个或多个元件 / 构件 / 等。用语“包括”、“包含”和“具有”旨在为包含性,且意指可存在除所列元件 / 构件 / 等之外的附加元件 / 构件 / 等。

[0090] 本书面说明使用了包括最佳模式的实例来公开本发明,且还使本领域的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,以及执行任何所结合的方法。本发明可取得专利的范围由权利要求限定,并且可包括本领域的技术人员所想到的其它实例。如果这些其它的实例具有与权利要求的书面语言并无不同的结构元件,或者,如果这些其它实例包括与权利要求的书面语言无实质差异的同等结构元件,则认为这些实例处在权利要求的范围之内。

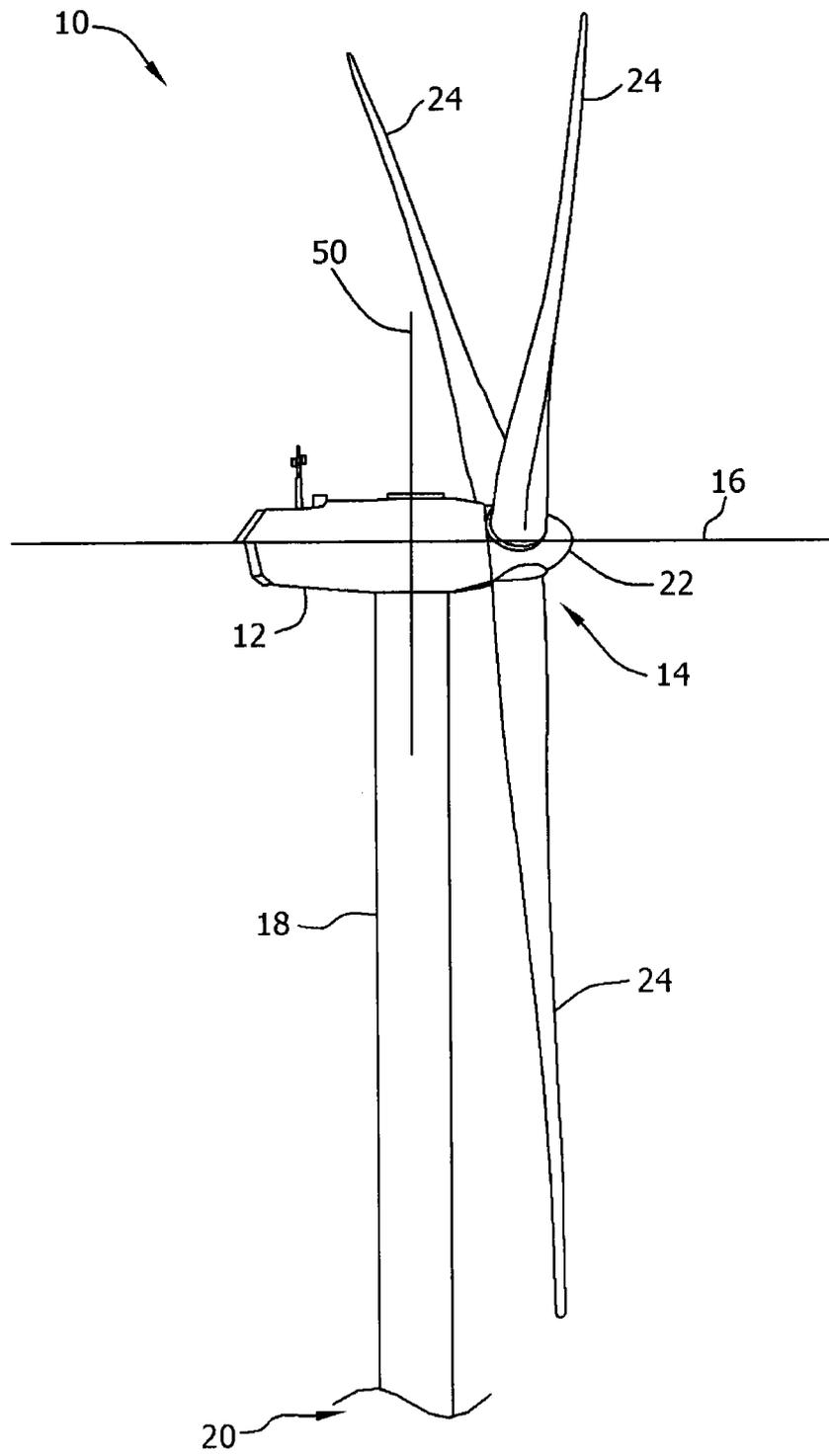


图 1

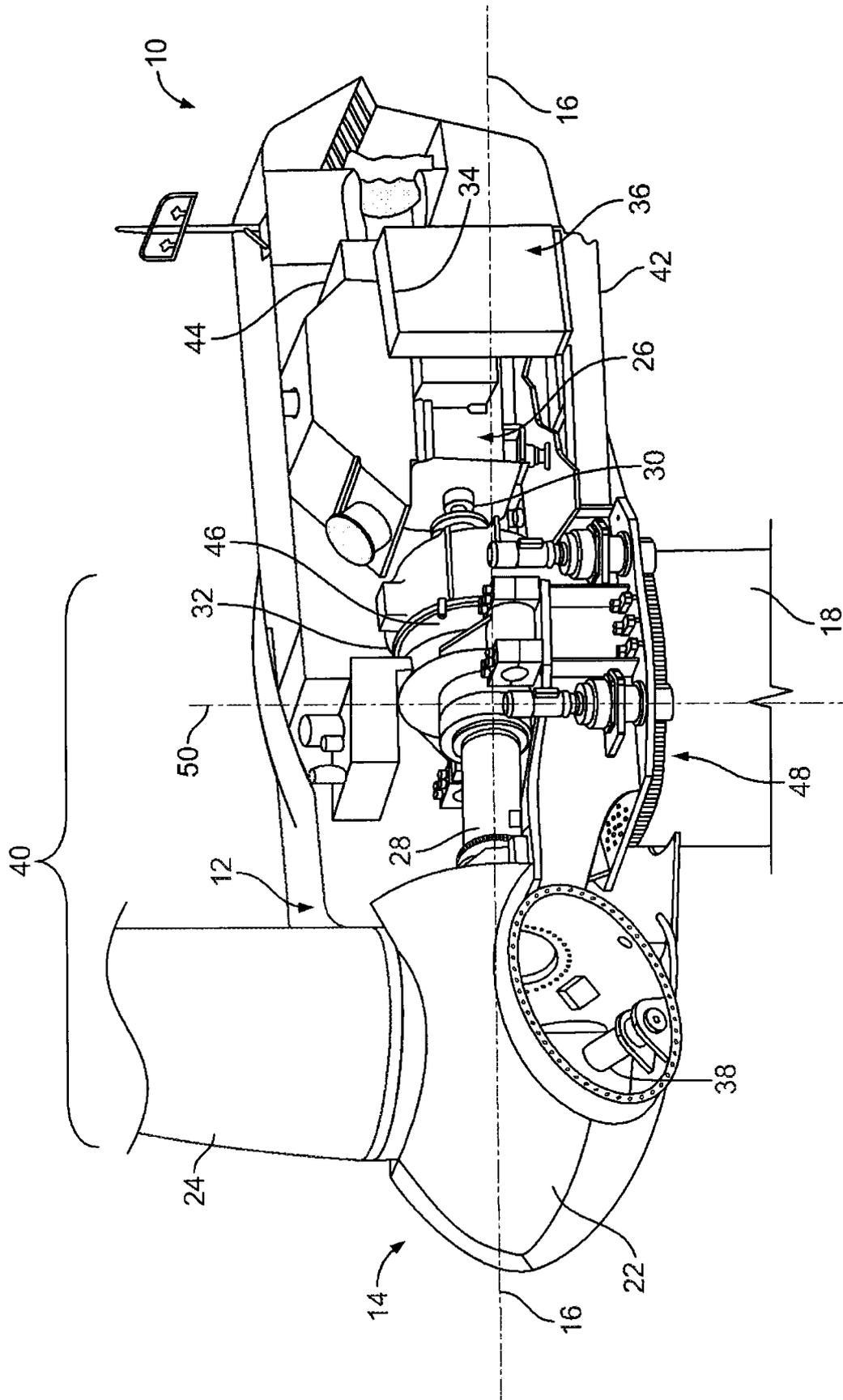


图 2

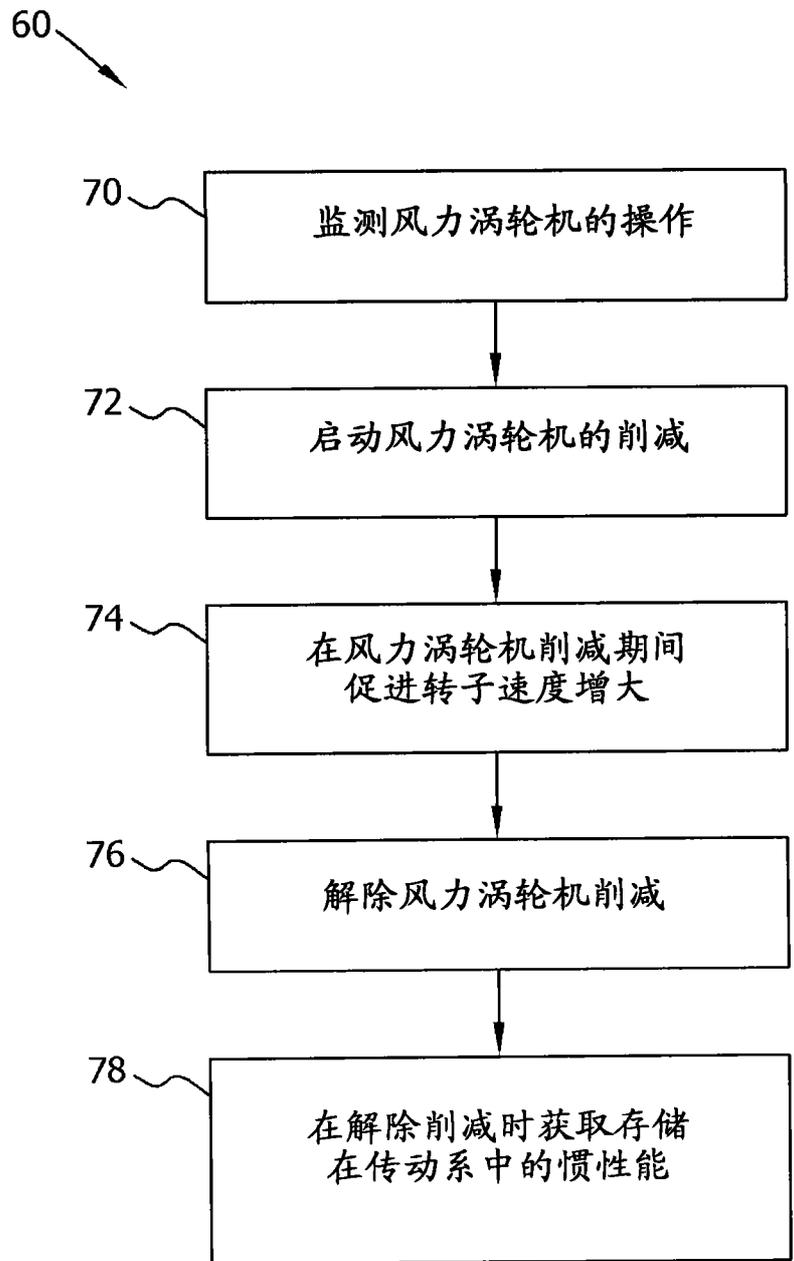


图 3

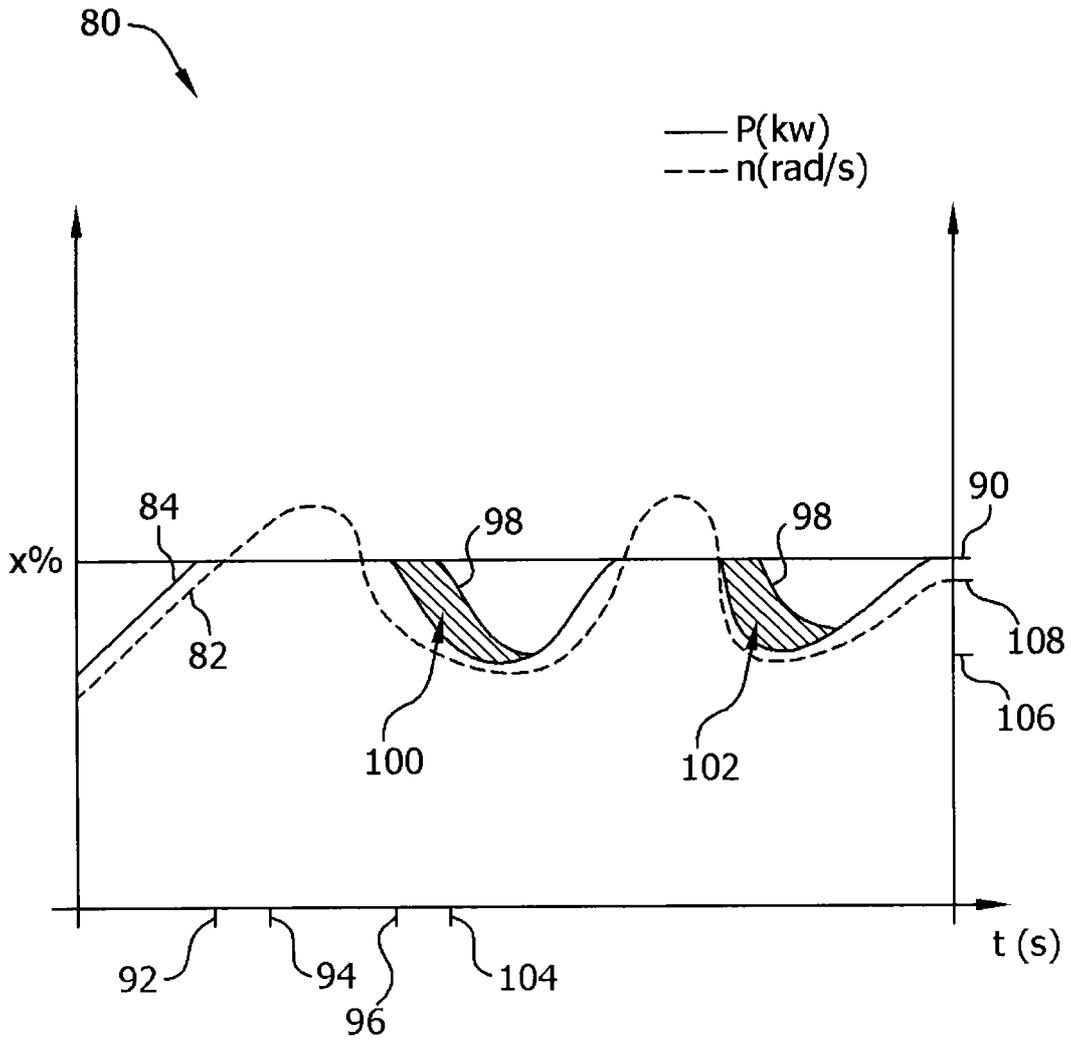


图 4

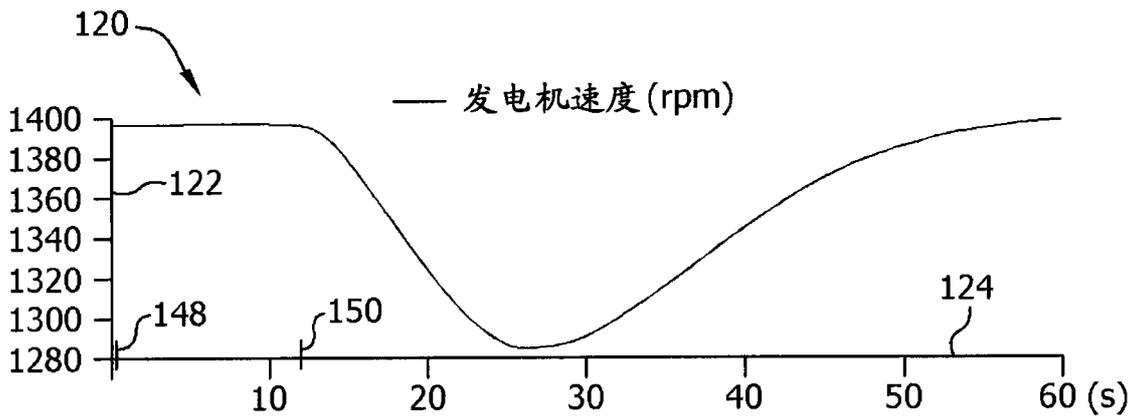


图 5

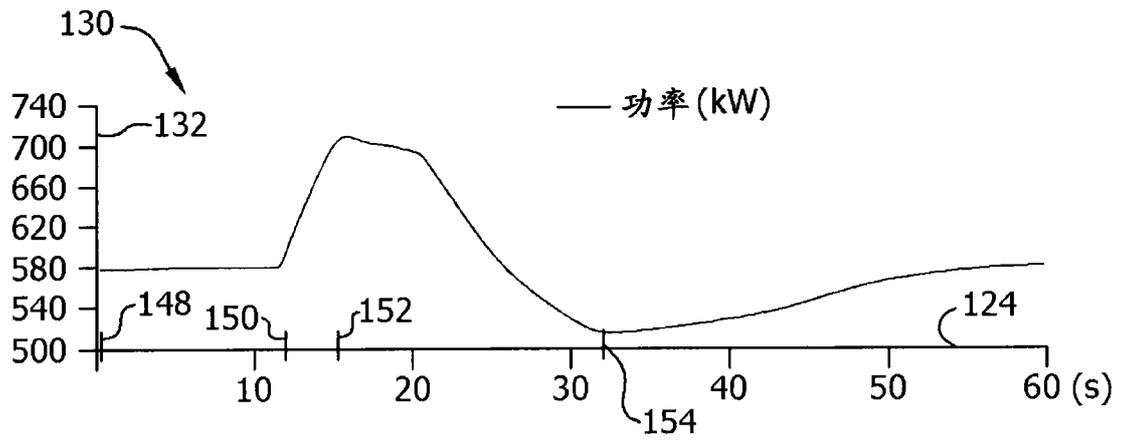


图 6

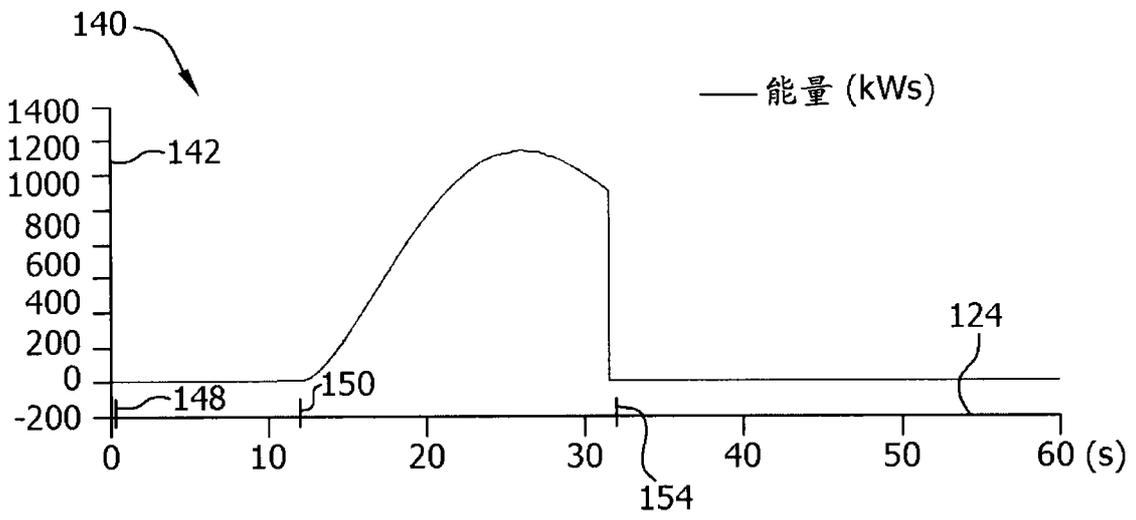


图 7