

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880008697.X

[51] Int. Cl.

F03D 7/00 (2006.01)

H02P 5/74 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

H02P 9/00 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

H02J 3/46 (2006.01)

[43] 公开日 2010年3月31日

[11] 公开号 CN 101688517A

[51] Int. Cl. (续)

H02J 3/38 (2006.01)

H02P 5/74 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

H02P 5/747 (2006.01)

H02P 1/00 (2006.01)

[22] 申请日 2008.1.17

[21] 申请号 200880008697.X

[30] 优先权

[32] 2007. 1. 17 [33] US [31] 60/885,369

[32] 2008. 1. 16 [33] US [31] 61/021,556

[86] 国际申请 PCT/CA2008/000082 2008. 1. 17

[87] 国际公布 WO2008/086608 英 2008. 7. 24

[85] 进入国家阶段日期 2009. 9. 17

[71] 申请人 新世界一代股份有限公司

地址 加拿大安大略

[72] 发明人 P·H·F·梅斯沃克 N·拿耶夫

N·J·尼科尔森 G·佩斯特卡

J·L·简特兹 B·A·卡梅隆

C·W·哈里斯 J·P·贝蒂

M·魁科恩斯特德特 P·陈

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 张兰英 黄珏

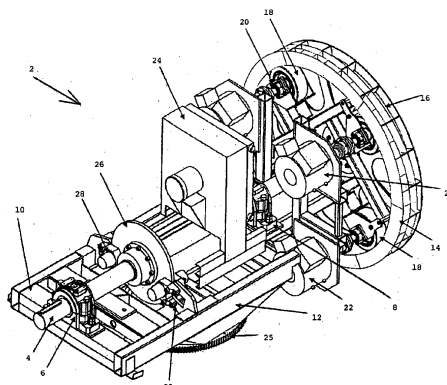
权利要求书6页 说明书20页 附图8页
按照条约第19条的修改7页

[54] 发明名称

多发生器风轮机及操作方法

[57] 摘要

一种风轮机及其运行方法使用多个发生器和控制装置以基于各种参数控制风轮机的运行。各发生器小于风轮机的总功率容量，且控制装置基于转子速度增加更多的发生器或去除发生器。风轮机运行时，控制装置加载和卸载连续转动的发生器。



1. 一种风轮机，包括安装在转子上的多个叶片，所述转子具有可转动轴，所述可转动轴具有从其向外延伸的驱动轮，当所述叶片响应于风速转动时所述驱动轮随着所述轴和所述转子转动，所述转子具有宽的速度范围，多个轮与所述驱动轮连续可转动地接触，所述各轮连接成驱动多个发生器以产生能量，所述风轮机具有用于控制所述叶片速度的各种装置，包括选自螺距、偏转和制动器构成的组中的至少两个，控制装置连接成基于所述叶片的速度在零个所述发生器至所有所述发生器之间控制产生能量的发生器的数量，同时控制所述螺距、偏转和制动器中的至少两个并监测与所述叶片的所述速度相关的参数。

2. 如权利要求 1 所述的风轮机，其特征在于，所述控制装置连接成通过打开或关闭每个发生器来控制产生能量的发生器的数量，所述控制装置连接成监测若干参数，包括风速、风向、偏转位置、螺距位置、叶片速度、转子速度和时间。

3. 如权利要求 2 所述的风轮机，其特征在于，所述驱动轮具有围绕其周界的轨道，且所述各轮与所述轨道接触。

4. 如权利要求 3 所述的风轮机，其特征在于，所述轨道基本上平行于所述轴的表面延伸。

5. 如权利要求 2 所述的风轮机，其特征在于，所述控制装置连接成当转子速度在运行范围内相应地增加和减小到各个数量的产生能量的发生器相应的预定水平以上和以下时增加和去除产生能量的发生器。

6. 如权利要求 3 所述的风轮机，其特征在于，所述控制装置连接成使所述多个发生器中的一个发生器在所述转子以最小平均转子速度转动时产生能量，且所述多个发生器中的若干发生器在所述转子以最大转子速度转动时产生能量。

7. 如权利要求 5 所述的风轮机，其特征在于，所述控制装置编程并连接成当所述平均转子转速超出所述运行范围预定时间时关闭所述风轮机。

8. 如权利要求 5 所述的风轮机，其特征在于，确定所述平均转子速度至少一分钟的时间，且所述控制装置连接成只要所述平均转子速度超出所述运行

范围就关闭所述风轮机。

9. 如权利要求 1 所述的风轮机，其特征在于，所述风轮机具有最优梢速比，所述控制装置连接和编程成对于从每秒 5 米至每秒 25 米范围的风速基本上以所述最优梢速比运行所述风轮机。

10. 如权利要求 5 所述的风轮机，其特征在于，至少有四个发生器，所述四个发生器连接成使所述控制装置能够单独地打开和关闭所述发生器，并基于平均转子速度以产生能量的模式运行任何数量的发生器。

11. 如权利要求 10 所述的风轮机，其特征在于，所述发生器发电。

12. 如权利要求 1 所述的风轮机，其特征在于，每个发生器的尺寸明显小于所述风轮机的最大输出，所述多个发生器的总尺寸能够应付所述风轮机的最大功率输出。

13. 如权利要求 1 所述的风轮机，其特征在于，所述控制装置是可编程逻辑控制装置。

14. 如权利要求 1 所述的风轮机，其特征在于，所述控制装置是可在探测到所监测的参数变化的数秒内调节螺距、偏转和制动器中至少一个的功率电子控制装置。

15. 如权利要求 1 所述的风轮机，其特征在于，所述控制装置是电子控制装置。

16. 如权利要求 1 所述的风轮机，其特征在于，所述控制装置是功率电子系统，所述系统能够进行以下功能中的至少一种：

17. (a) 管理发生器扭矩和速度；

(b) 控制每个发生器的负载并管理所述风轮机的驱动系统上的发生器反向扭矩；

(c) 将由所述发生器产生的可变频率电力转换成与电网电力同步的 60Hz 交流电；

(d) 控制由所述各发生器提供的无功功率；

(e) 控制来自每个发生器的输出；

(f) 控制来自任何数量的发生器合计的输出。

18. 如权利要求 1 所述的风轮机，其特征在于，所述功率电子系统包括整

流器、直流链路和逆变器，所述整流器连接成将由所述各发生器产生的可变交流电压转换成直流电压，所述直流链路连接成向所述逆变器提供稳定的直流电压，所述逆变器产生频率可与电网或馈送到独立总线同步的三相电压或电流。

19. 如权利要求 17 所述的风轮机，其特征在于，所述电流是 60Hz 交流电和 50Hz 交流电中的一者。

20. 如权利要求 1 所述的风轮机，其特征在于，设有数据采集系统，所述数据采集系统用于获取和记录所述风轮机以及风和天气情况的运行参数。

21. 一种风轮机，包括安装在转子上的多个叶片，所述转子具有可转动轴，所述可转动轴具有从其向外延伸的驱动轮，当所述叶片转动时所述驱动轮随着所述轴和所述转子转动，所述转子具有基于风速的宽的速度范围，多个轮与所述驱动轮连续可转动地接触，所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电，所述风轮机不具有齿轮箱并以可变速度运行以从所述发生器产生可与电网同步的电力。

22. 一种运行风轮机的方法，所述风轮机包括安装在毂上以形成转子的多个叶片，所述转子安装在其上具有驱动轮的轴上，多个轮与所述驱动轮可转动地接触，所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电，所述风轮机具有用于控制所述转子的速度的各种装置，包括选自螺距控制器、偏转控制器和制动器构成的组中的至少两个，控制装置连接成基于所述转子的速度控制发电的发生器的数量，所述方法包括对所述控制装置编程以监测风速、风向、转子速度、偏转方向、制动器和螺距之一、发生器的数量、当前发电的发生器的数量、转子轴的扭矩，所述方法包括开始启动，当在预定最小时段内平均风速在运行范围内时所述控制装置松开所述转子以进行加速，当所述转子达到所要求的最小速度时，所述控制装置对第一发生器上施加负载，当所述转子轴的扭矩乘以发生器的总数除以启用发生器的数量大于用于分阶段引入添加的发生器的预定最小扭矩时，所述控制装置分阶段引入添加的发生器，而当所述转子轴的扭矩乘以发生器的总数除以启用发生器的数量小于用于分阶段停用一个发生器所需要的预定最小扭矩时，所述控制装置分阶段停用一个发生器，所述控制装置根据所述转子轴的扭矩和发电的发生器的数量根据需要分阶段引入和停用各发生器，当所述转子轴的所述扭矩低于运行一个发生器的预定最小值时，所述控制

装置分阶段停用最后的启用发生器并停止所述转子和各发生器，以及，当预定时间内的平均风速大于最大预定风速时，所述控制装置停止所述转子并分阶段停用所有的发生器，当所述风速在所述运行范围内增加时所述控制装置对添加的发生器上施加负载，且当所述风速在所述运行范围内减小时从添加的发生器去除所述负载，所述控制装置在从运行一个发生器所需要的最小转子速度至运行所有发生器所需要的最大转子速度的宽范围内运行所述风轮机以产生能量。

23. 一种运行风轮机的方法，所述风轮机包括安装在毂上以形成转子的多个叶片，所述转子安装在轴上，所述轴上具有驱动轮，多个轮与所述驱动轮可转动地接触，所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电，所述风轮机具有用于控制所述转子的速度的各种装置，所述方法包括：将所述控制装置连接成监测与风速、风向和所述驱动轮的速度相关的若干参数，将所述控制装置连接成响应于所述参数中一个或多个的变化来调节偏转度、螺距、制动器、以及发电的发生器的数量中的一个或多个，将所述控制装置编程以调节偏转、螺距、制动器中的任何两个，以控制所述驱动轮的速度，并在所述驱动轮的所述速度分别增加或减少足够量时增加和减少发电的发生器的数量，从而以保证所述增加或减少。

24. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于，还包括以下步骤：将所述控制装置连接和编程成：当所述轴要求的扭矩乘以发生器的总数的乘积除以当前发电的发生器的数量大于预定扭矩设定点值的 95% 时，使一个添加的发生器发电，且当所述轴要求的扭矩乘以发生器的总数除以发电的发生器的数量小于所述预定扭矩设定点值的 90% 时，从所述各发电的发生器中去除一个发生器。

25. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于，包括运行所述风轮机以临时将动能储存在所述转动的叶片内的步骤。

26. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于，所述控制装置是功率电子系统，所述方法包括运行具有可变速发生器的所述风轮机还向电网传送同步电力的步骤。

27. 如权利要求 20 所述的方法，其特征在于，包括以下步骤：基于风况控制所述偏转和螺距以增加所述转子的速度，从而以可能的最高速率运行所述风轮机，以在所述风轮机的运行范围内产生尽可能多的电力。

28. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于，所述方法包括在宽范围内以变速运行所述风轮机，所述发生器产生变频交流电流，使用功率电子系统将所述交流电流以基本上恒定的频率连接到最终产品交流电流，将所述最终产品交流电流馈送到电网。

29. 如权利要求 1、2 和 3 中的任一项所述的风轮机，其特征在于，所述盘的直径显著比所述叶片的直径小。

30. 一种运行风轮机的方法，所述风轮机包括安装在毂上以形成转子的多个叶片，所述转子安装在轴上，所述轴上具有驱动轮，多个轮与所述驱动轮可转动地接触，所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电，所述风轮机具有用于控制所述转子的速度的各种装置，所述各发生器连接到电源以像电动机那样运行所述各发生器，所述方法包括：

(a) 将所述控制装置连接成监测与风速、风向、所述驱动轮的速度有关的若干参数，将所述控制装置连接成响应于所述参数中一个或多个的变化来调节偏转、螺距、制动器、发生器扭矩需求以及产生能量的发生器的数量中的一个或多个；

(b) 将所述控制装置编程成确定所述风速何时足以转动所述叶片，但不足以克服启动转动所述叶片所需要的力，然后所述控制装置向所述发生器供电并使发生器像电动机那样运行，从而启动转动所述叶片，直到所述风轮机达到运行速度范围为止。

31. 如权利要求 30 所述的方法，其特征在于，包括当所述风轮机达到运行速度范围时，关闭所述电动机并使用所述发生器作为发生器来从所述风轮机的所述转动产生电的步骤。

32. 如权利要求 31 中所述的运行风轮机的方法，其特征在于，包括将所述控制装置编程成使用所述发生器作为具有高达 150% 扭矩需求的电制动器，以停止所述风轮机并在所述风轮机停止时终止所述扭矩需求。

33. 如权利要求 30 中所述的运行风轮机的方法，其特征在于，包括将所述控制装置编程成能够以高于额定的负载使用所述发生器以克服短时间内扭矩需求为所述额定负载的至少 120% 的阵风。

34. 如权利要求 33 中所述的运行风轮机的方法，其特征在于，包括将所

述控制装置编程成在高速阵风期间以短时段内高达所述额定负载 150%的扭矩需求运行所述发生器。

35. 一种运行风轮机的方法，所述风轮机包括安装在毂上以形成转子的多个叶片，所述转子安装在轴上，所述轴上具有驱动轮，多个轮与所述驱动轮可转动地接触，所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电，所述发生器能够以高达 150%的扭矩需求运行，所述风轮机具有用于控制所述转子速度的各种装置，所述风轮机具有控制装置以监测与风速、风向和所述驱动轮的速度有关的若干参数，所述方法包括将所述控制装置编程成使用所述各发生器作为具有高达 150%扭矩需求的电制动器，以停止所述风轮机并在所述风轮机停止后中断所述扭矩需求。

36. 一种运行风轮机的方法，所述风轮机包括安装在毂上以形成转子的多个叶片，所述转子安装在轴上，所述轴上具有驱动轮，多个轮与所述驱动轮可转动地接触，所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电，所述发生器能够以高于额定的负载运行，所述风轮机具有用于控制所述转子速度的各种装置，所述风轮机具有控制装置以监测与风速、风向和所述驱动轮的速度有关的若干参数，所述方法包括将所述控制装置编程成以高于额定的负载的扭矩需求使用所述各发生器以克服否则会使所述转子的速度高于最大运行速度的阵风。

37. 如权利要求 36 所述的方法，其特征在于，包括将所述控制装置编程成以高达 120%的扭矩需求的高于额定的负载运行所述发生器。

38. 如权利要求 36 所述的方法，其特征在于，包括将所述控制装置编程成以高达 150%的扭矩需求的高于额定的负载运行所述发生器。

多发生器风轮机及操作方法

发明背景

技术领域

本发明涉及一种风轮机及其操作方法，其中风轮机具有可变速转子和多个发生器，由控制装置控制该风轮机以在较高速度时增加更多的发生器并在较低速度时关闭发生器。

现有技术的描述

已知有尽管通过变速箱改变风速，但转子速度仍保持基本上恒定的风轮机。但是，变速箱价格昂贵且已知会过早失效，由此致使在更换或修理变速箱时风轮机停机。几种现有的风轮机具有叶片上的制动系统，从而尽管风况变化都可保持叶片的速度基本上恒定。但是，制动系统通常会磨损并需要更换。此外，由于要消耗能量来运行制动系统以保持速度恒定，所以制动系统可能是运行风轮机的低效方式。还已知将偏转控制器和螺距控制器用在风轮机上辅助以基本上恒定的速度来运行风轮机。以基本上恒定速度运行现有涡轮的目的是能够在风轮机的输出处产生其频率使输出电力能够传输到电网的交流电流。

发明内容

本发明的目的是提供一种风轮机驱动系统，该系统管理通过该机构传输的扭矩，使得不会达到高于设计水平的扭矩和高于设计水平的扭矩变化率。本发明的另一目的是提供一种风轮机，其具有可变速转子和多个发生器，具有控制装置以响应于通过监测与风轮机相关的各种参数来确定的风速和风向的变化启用和停用各发生器。本发明的又一目的是控制风轮机的螺距和偏转以及多个发生器，多个发生器能够产生宽范围的电力，具有能够通过当扭矩超过预定值时使部件之间滑动以避免扭矩峰值的摩擦联接机械驱动部件。本发明的又一目的是在极端天气条件下通过使用制动系统控制风轮机的速度来关闭风轮机。

一种风轮机包括安装在转子上的多个叶片，转子具有可转动轴，可转动轴具有从其向外延伸的驱动轮。当叶片转动时，驱动轮随着轴和转子转动，转子具有宽的速度范围。多个轮与驱动轮连续可转动接触，各轮连接成驱动多个发电机以产生能量。风轮机具有用于控制叶片速度的各种装置，包括选自螺距、偏转和制动器构成的组中的至少两个。控制装置连接成基于叶片的速度在零个发电机至所有发电机之间控制产生能量的发电机的数量，同时控制螺距、偏转和制动器中的至少两个并监测与叶片速度相关的参数。

一种风轮机包括安装在转子上的多个叶片，转子具有可转动轴，可转动轴具有从其向外延伸的驱动轮。当叶片转动时，驱动轮随着轴和转子转动，转子具有宽的速度范围。多个轮与驱动轮连续可转动接触。各轮连接成驱动多个发电机以产生电。风轮机不具有变速箱且变速运行以从各发电机产生可与电网同步的电力。

一种运行风轮机的方法使用安装到毂上以形成转子的多个叶片。转子安装在轴上，轴上具有驱动轮。多个轮与驱动轮可转动接触，各轮连接成驱动多个发电机以产生电。风轮机具有用于控制转子速度的各种装置，包括选自螺距控制器、偏转控制器和制动器构成的组中的至少两个。控制装置连接成基于转子的速度控制发电的发电机的数量。该方法包括将控制装置编程成监测风速、风向、转子速度、偏转方向、制动器和螺距之一、发电机的数量、当前发电的发电机的数量和转子轴的扭矩。开始启动，当在预定最短时段内的平均风速在运行范围内时控制装置松开转子以进行加速。当转子达到所要求的最小速度时，控制装置对第一发电机施加负载，当转子轴的扭矩乘以发电机的总数除以启用发电机的数量大于用于分阶段引入添加的发电机的预定最小扭矩时，控制装置分阶段引入不同的发电机。当转子轴的扭矩乘以发电机的总数除以启用发电机的数量小于用于分阶段停用一个发电机所需要的预定最小扭矩时，控制装置分阶段停用一个发电机。控制装置根据转子轴的扭矩和发电的发电机的数量根据需要分阶段引入和停用各发电机。当转子轴的扭矩在运行一个发电机的预定最小值以下时，控制装置分阶段停用最后的启用发电机并停止转子和各发电机。当预定时间内平均风速大于最大预定风速时，控制装置停止转子并分阶段停用所有发电机，当风速增加到运行范围内时，控制装置对添加的发电机施加

负载，且在风速减小到运行范围内时从添加的发生器去除负载。控制装置在从需要运行一个发生器所需的最小转子速度至运行所有发生器所需的最大转子速度的宽范围内运行轮机以产生能量。

一种运行风轮机方法，其中风轮机具有安装到毂上以形成转子的多个叶片。转子安装在轴上，轴上具有驱动轮。多个轮与驱动轮可转动接触。各轮连接成驱动多个发生器以产生电，风轮机具有控制转子速度的各种装置。该方法包括将控制装置连接成监测与风速和风向以及驱动轮的速度相关的若干参数，将控制装置连接成响应于一个或多个参数的变化调节偏转、螺距、制动器以及发电的发生器的数量中的一个或多个，将控制装置编程成调节偏转、螺距以及制动器中的任何两个以控制驱动轮的速度，并在驱动轮的速度分别增加和减小时增加和减小发电的发生器的数量。

提供一种运行风轮机方法，其中风轮机包括安装到毂上以形成转子的多个叶片。转子安装在轴上，轴上具有驱动轮。多个轮与驱动轮可转动接触，各轮连接成驱动多个发生器以产生电。风轮机具有用于控制转子速度的各种装置，各发生器连接到电源以使各发生器像电动机那样运行。该方法包括将控制装置连接成监测与风速、风向以及驱动轮的速度相关的若干参数，将控制装置连接成响应于一个或多个参数的变化调节偏转、螺距、制动器、发生器扭矩需求以及发电的发生器的数量中的一个或多个，将控制装置编程成确定何时风速足以转动叶片，但不足以克服启动叶片转动所需要的力。然后该控制装置向各发生器供电并使各发生器像电动机那样运行以启动转动叶片，直到风轮机达到运行速度范围为止。

提供一种运行风轮机方法，其中风轮机包括安装到毂上以形成转子的多个叶片。转子安装在轴上，轴上具有驱动轮。多个轮与驱动轮可转动接触，各轮连接成驱动多个发生器以产生电，各发生器能够以高达 150% 的扭矩需求运行。风轮机具有用于控制转子速度的各种装置，风轮机具有控制装置以监测与风速、风向以及驱动轮的速度相关的若干参数。该方法包括将控制装置编程成使用各发生器作为具有高达 150% 扭矩需求的电制动器，以停止风轮机并在风轮机停止后中断扭矩需求。

提供一种运行风轮机方法，其中风轮机包括安装到毂上以形成转子的多个

叶片。转子安装在轴上，轴上具有驱动轮。多个轮与驱动轮可转动接触，各轮连接成驱动多个发生器以产生电。风轮机具有用于控制转子速度的各种装置，风轮机具有控制装置以监测与风速、风向以及驱动轮的速度相关的若干参数。该方法包括将控制装置编程成以高于额定的负载的扭矩需求使用各发生器以克服否则会将转子速度增加到最大运行速度以上的阵风。

附图说明

图 1 是从前面看时风轮机的驱动系统的一部分的局部立体图；

图 2 是从后面看时风轮机的驱动系统的一部分的局部立体图；

图 3 是风轮机驱动系统的示意性侧视图；

图 4 是摩擦驱动轮的立体图；

图 5 是示出与驱动轮接触的可转动轮胎的摩擦驱动轮的侧视图；

图 6 是轮胎承载件的立体图；

图 7 是将风能转换成交流电的功率电子系统的示意性框图；以及

图 8 是施密特联接器的立体图。

具体实施方式

在图 1 和 2 中，风轮机（图 1 和 2 中未示出）的驱动系统 2 具有可转动地安装在轴承 6、8 内的轴 4。轴承 6、8 安装在主框架 12 的底板 10 内。轴 4 具有从其向外延伸的驱动轮 14，驱动轮 14 随着轴 4 转动。驱动轮 14 具有围绕其周界延伸的轨道 16，轨道 16 较佳地具有平行于所述轴的纵向轴线的内表面。有可转动地安装成与所述轨道持续接触的多个轮 18，所述多个轮随着所述轨道转动而转动。较佳的是，各轮与所述轨道摩擦接触。各轮 18 各具有连接到发生器 22 的机械驱动器 20。较佳地有多个发生器 22，且更佳地对每个轮 18 有一个发生器 22。在图 1 和 2 中，有四个轮 18、四个驱动机构 20 和四个发生器 22，图 1 中仅示出其中三个。较佳的是，发生器是电发生器，且每个发生器具有开/关切换器，该切换器由控制装置控制以使每个发生器发电或防止每个发生器独立于其它发生器发电。由于各轮 18 与轨道 16 连续接触。所以各轮 18 和用于各轮 18 的驱动机构 20 随着轨道 16 转动而转动。四个驱动机构中的每一

个都包括万向接头 21（见图 2）。各发生器也会随着轨道转动而转动，但开/关切换器使每个发生器能够根据要求加载或卸载。轮、驱动机构和发生器的数量可变化成多于或少于图 1 和 2 中所示的数量。驱动轮 14 的直径显著小于所述叶片的直径。

较佳的是，发生器是永磁水冷却发生器，具有连接的用以冷却发生器的发生器热交换器 24。在主框架 12 下方，设有偏转轴承 25。尽管轨道 16 是较佳的，但各轮可定向成与驱动轮 14 的其它部分接触，并可去除轨道 16。

制动盘 26 从轴 4 向外延伸。制动盘 26 在两制动钳 28 之间延伸，主框架 12 的每侧上设有一个制动钳。制动钳 28 和制动盘 26 形成连接到控制装置（图 1 和 2 中未示出）的制动系统。各发生器，且具体地是每个发生器的开/关切换器也连接到控制装置（图 1 中未示出）。驱动系统 2 安装在具有基板 31 的机舱 29（仅示出其一部分）内。

在图 3 中，示出本发明的风轮机和驱动系统的另一实施例的示意图。风轮机 30 具有安装到可转动轴 4 上的叶片，可转动轴 4 安装在轴承 6、8 内。较佳的是，轴承 6 是推力轴承。风轮机 30 安装在塔架 34 上，塔架具有支承机舱机构 36 的偏转轴承 25。塔架支承在安装在地面 40 内的基座 38 内。制动盘 26 通过制动钳（图 3 中未示出）减速。驱动轮 14 具有从其周界向外延伸的轨道 16。图 3 中仅示出四个轮 18、机械驱动器 20 和发生器 22 中的一个。较佳的是，驱动机构包括施密特联接器。当由各轮驱动的各轴与发生器的各轴错开时，施密特联接器使各轮仍能够驱动发生器。轮胎承载件 44 上的螺旋弹簧 42 确保当轨道 16 随着驱动轮 14 转动时，轮 18 与轨道 16 保持接触。每个发生器 22 通过电缆 46 连接到功率电子系统 48，功率电子系统 48 包括监测各种参数并控制该系统的一个或多个控制装置。可使用万向接头或 CV（恒速）轴来代替施密特联接器。施密特联接器由轮的输出轴和发生器的输入轴上的两个 x 表示。

在图 4 中，示出驱动轮 14 和轨道 16 的立体图。在图 5 中，示出驱动轮 14 的侧视图，该驱动轮 14 具有与轨道 16 接触的四个轮 18。各轮 18 可转动地安装在轮承载件 44 内。图 6 是轮承载件 44 的立体图。轮承载件通过弹簧底座（图 6 中未示出）沿所示定向向下转动以保持轮 18 与轨道（图 6 中未示出）稳固接触。

图 7 是其中风转动转子, 转子又转动轴 4 的系统的功率电子系统部分的示意性框图。轴 4 间接地驱动永磁三相发生器, 该发生器向受控整流器发送电力输出。受控整流器控制直流线路电压, 且来自整流器的输出被传输到受控逆变器。如果输出要连接到电网, 则受控逆变器控制输出电压、频率和功率。根据需要, 来自受控逆变器的输出是所需要的 60 赫兹三相电压或 50 赫兹三相电压。

在图 8 中, 示出施密特联接器 50 的立体图, 该联接具有通过枢转连杆 54 连接的三个盘 52, 在一端具有输入轴 56 且在相反端具有输出轴 58。施密特联接器是常规的并在输入轴与输出轴错开时和两轴彼此对准时使输入轴能够驱动输出轴。对于本发明, 各轮上较佳地具有轮胎, 且各轮胎由于使用而磨损。因此, 输入轴从轮到施密特联接器的对准会随着时间变化。对于对准的变化, 施密特联接器会自动进行调整以驱动所连接的输出轴, 从而驱动发生器。还有将轮的输出轴联接到发生器的输出轴以调节对准变化的其它装置。使用可调节加载机构来安装各轮, 从而使用弹簧、气动装置和/或液压装置来对轨道施加压力。

每个风轮机设计成具有最佳梢速比, 且控制装置较佳地连接并编程成对于范围从每秒 3 米至每秒 25 米的风速, 更佳地以从每秒 4 米至每秒 25 米的风速, 基本上以最佳梢速比运行风轮机。梢速比等于叶片的梢速除以风速。尽管各发生器可以是不发电的类型, 但电发生器是较佳的。

风轮机驱动系统管理通过该机构传输的扭矩, 使得不会达到高于设计水平的扭矩和高于设计水平的扭矩变化率。可使用多个特征来实现扭矩管理。这些特征包括以下特征:

可变速转子和发生器运行使风能能够存储在转动部件内。对于现代风轮机, 转动叶片代表主转动惯量。通过使来自阵风能量能够暂时储存在转动叶片的动能中, 可降低由机械驱动系统经历的扭矩变化。为相对时间的平均风速设置上限, 超过该上限则风轮机停机。但是, 对于可变速机器, 通过这种方法的能量储存可以是几乎瞬时的。

风轮机叶片的螺距控制能够优化叶片的螺距角以适应风速变化, 从而在该速度下收集最优动力。螺距控制还能够降低风速增加时转子的动力容量。螺距控制是相对快速的。但是, 阵风可能发生得比螺距控制的响应更快。在阵风间

隔期间，当风速变化较快而螺距控制不能保持同步时，也可使用其它控制方法管理扭矩来保持设计水平。惯性能量储存足以使不匹配期间来自阵风的所有过量动力储存在惯量内。

功率电子系统（PE）使该系统能够进行变速运行，且还对电网传送同步的电能（根据位置可选地为 60Hz 或 50Hz）。PE 还使各发电机能够与具有其它发电机的电网同步。此外，PE 通过控制发电机上的负载（和反向扭矩）来控制机械驱动系统上的扭矩。PE 控制非常快速，且例如可在几个循环内（对于 60Hz，16ms/循环）作出反应。PE 控制方法识别风轮机的当前状态（其惯量、螺距设定以及风速）并控制电力的产生，从而有助于控制风轮机内的扭矩。

多个小型发电机能够相对高效地产生宽范围的电力。例如，具有六个发电机的 1.5MW 风轮机，每个发电机具有 250KW 容量，并可在低风量时以 250KW 的功率水平运行，用单个发电机全额定功率运行，这也是其最佳效率点。当风速增加时，其它发电机开始运行，在较宽风速范围内保持总的高发电效率。当平均风速增加时使其它发电机上线运行有助于管理机械驱动系统所承受的平均扭矩。当风速降低时，响应于相对时间的平均风速停掉一个或多个发电机使其不发电，从而使最少数量的发电机较佳地发电。

各轮与轨道接触地转动的摩擦联接驱动系统使得当扭矩超过预定水平时，能够通过摩擦部件之间的滑动来避免扭矩峰值。机械动力通过各轮在轨道上滑动时滑动期间的摩擦生热而耗散。这表示效率损失，但也表示安全限度。不受以上控制方法管理的阵风驱动扭矩通过发生滑动时摩擦生热而耗散。该安全系统是瞬时的，但只在发生大扭矩过载时才会运行。由于与摩擦部件的磨损相关的能量耗散和效率损失，该摩擦安全特征不用作常规控制特征。此外，该特征使发生设备的每个单元能够独立运行（独立的加载路径）；因此发生设备的一个单元（例如，一个发电机）可失效而不会影响发生设备的其它单元的有效性。

驱动系统较佳地为包含摩擦机械动力传动部件以提供所要求的最终扭矩限制的简单机械驱动系统；较佳地多个永磁发电机允许相对低速、变速运行，并能够以高发电机效率运行（其它类型的电发电机，例如感应发电机、或由摩擦机械动力传动或通过小型变速箱直接驱动的双馈送发电机）；功率电子系统处理产生的可变交流电并管理风轮驱动系统扭矩。

如图 1 所示，该系统较佳地具有以下系统和部件：

- 风轮驱动器
 - 主轴和轴承
 - 摩擦驱动机械部件
 - 驱动轮
 - 轮胎
 - 轮胎承载件
 - 轮胎加载机构
 - 轮胎至发生器连杆
 - 主制动器（包括制动器液压控制系统）
- 发生器和发生器冷却系统
- 功率电子系统
- 控制系统
- 数据获取系统
- WT 系统的平衡：
 - 转子（如果适用，包括梢制动器和螺距系统）
 - 偏转系统（包括偏转轴承、制动器、电动机和控制器）
 - 机舱（包括基板、挺杆起重机、进入平台和封壳）
 - 塔架和基座
 - 电气系统（包括电动机控制中心、UPS、主断路器以及到电网的连接）

可对风轮机进行各种变型。例如，摩擦驱动轮可位于转子和摩擦驱动器（例如，各轮）紧接着的后面且电发生器位于机舱的内部，如图 2 所示。该布置会减少所需要的轴承的数量，且制动系统将安装在主轴的后端上。

可增加或减少摩擦驱动器的数量以符合所要求的额定功率和电发生器的规格。

主轴和轴承为转子提供支承并将扭矩从转子传送到机械驱动系统的其余部分。主轴还提供从主制动盘和制动钳到诸如转子和驱动轮的转动部件的扭矩路径。

主制动器设置成停止并固定转子和驱动系统。制动系统较佳地位于低速轴

4 上，从而降低对发电部件的制动效果。该制动系统也可安装在发电部件的高速轴上，但这会在制动期间使各发电部件经受扭矩漂移。

主制动器应当在任何非运行的风况下（例如，在一模型中运行的风速为 4 至 25m/s，在另一模型中为 2m/s 至 50m/s，以及在又一模型中为 3 至 25m/s）和在任何发生器失效的情况下在几秒内使转子停止。在任何类型的紧急情况下，将启动制动系统以使风轮机安全停止。可设置几个紧急停机按钮以使操作者/维修人员能够在紧急情况下或对风轮机进行维修时安全地使风轮机停止。

该设计利用用于主制动器的液压释放、弹簧致动系统。但也可使用其它类型的致动系统，例如液压、气动、机械或电气制动器。选择该方法以提供所要求的制动并使主制动系统对风轮机启动电源的要求最小。主制动器的液压系统包括泵和蓄压器以保持系统压力并确保在风轮机待机时系统受压。该制动器将弹簧加载以补偿（close on）控制电力的损失或液压的损失。液压系统中电磁阀的致动会使液压能够松开制动器。将设置单独的控制阀。通过控制控制阀位置，该系统液压可变且因此该制动器压力（以及制动器耗散的能量）可变。该制动系统可用作控制提供给发电部件的能量的装置。

制动盘位于主轴上。从维护方面看，较佳的是将制动盘放置在驱动轮外部，使得其可方便地拆除以进行维护。如上所述，制动系统也可位于高速轴上。制动钳和液压致动系统将由机舱基板支承。

摩擦驱动器使用由风轮机的主轴直接驱动的驱动轮或轨路。因此该驱动轮以与风轮机转子相同的速度转动。该驱动轮可设计成具有不同的布置，使轮胎在轨道的内侧和外侧上运行或在轨道的外侧上运行。此外，能够将驱动轮设计成各轮胎垂直于其运行且不要求平行于轴 4 的纵向轴线的轨道。驱动轮由碳钢、不锈钢或任何适当的工程材料制成。驱动轮可设计成制造成金属部分的焊件，铸件或者形成为具有纤维加固复合材料。各轮胎跨骑在驱动轮上。驱动轮和轮胎组合的尺寸设置成实现转速增加，需要该转速增加来将风轮机到转子的速度增加到电发生器的速度。尽管各轮较佳地为轮胎，但也可使用其它轮设计，包括具有链轮的轮，链轮配装在轨道内适当开口内。当使用具有链轮的轮时，不会发生滑动，而在某些情况下的滑动是较佳的。

各轮胎用于将动力从驱动轮传输到发生器。也可使用像金属轮那样的利用

摩擦的其它装置来将动力从驱动轮传输到发生器。在驱动轮与“轮胎”之间是摩擦联接。使用轮胎来提供多个轮式电动运输装置内的摩擦驱动联接。

各轮胎将在极端扭矩负载(超过轮胎标称负载乘以轮胎与驱动轮之间的摩擦系数的扭矩负载)下打滑。打滑是不正常状态。除非是对于极端过载情况,否则预期不发生滑。通过控制发生器负载,打滑事件之后可以恢复滚动。在打滑期间,预期会有一些轮胎磨损,但预期不会有轮胎失效。各轮胎较佳地为实心轮胎(即没有空气)。

各轮胎固定在“轮胎承载件”内,轮胎承载件保持轮胎定心并对轮胎轴提供支承。该承载件会固定轮胎轮轴、其轴承(其中一个轴承必须是推力轴承以将轴保持在位)、以及弹簧套。(见图5)。

如果需要,轮胎承载件可设计成支承一个以上轮胎以传输更大的扭矩。轮胎承载件将铰接成从接触点向上转动并将由使负载反作用于机舱基板的结构支承。或者,可采用C形夹形式的轮胎承载件,该C形夹将驱动轮夹在两轮胎之间,一个轮胎在内部轨道上滚动而一个轮胎在外部轨道上滚动。

如果轮胎失效,则缩回和行进限制连杆会限制轮的行进,并使轮能够缩回以进行维护。轮胎承载件会考虑到轮胎磨损、由于季节温度变化产生的热生长以及驱动轮的制造公差,允许进行足够的行进以使轮胎与驱动轮保持接触。

各轮胎与驱动轮配合并一直被加载。功率电子系统用于通过控制开/关切换器来加载和卸载发生器,使各轮胎一直与驱动轮配合。如果仅在需要向相应的电发生器提供动力时将轮胎配合,则可消除轮胎与驱动轮初始接触期间可能发生的轮胎的打滑。

轮胎加载机构确保在正常操作期间所遇见的情况范围期间在轮胎上保持足够的负载。

较佳地考虑热膨胀、轮胎磨损、驱动轮脱开、以及驱动轮挠曲对有效轮胎负载的影响。此外,如上所述,加载机构必须考虑到使用中易于遇见的摩擦系数范围来提供足够的余量。加载机构的设计使得不需要进行加载机构的频率调节。

各发生器较佳地由各轮胎轴以轮胎转速直接驱动。(能够在轮胎轴与发生器轴之间使用小型变速箱来将速度增加到发生器所要求的速度,但不允使用小

型发生器)。然而, 尽管将发生器锚固到机舱基板, 但轮轴和轮胎必须相对于驱动轮中心可自由径向行进。(轮胎必须可自由径向行进以保持所要求的与驱动轮的接触力, 同时考虑驱动轮脱开、热膨胀、轮胎磨损等)。

例如, 围绕主轴布置的四个(4)永磁(PM)流体冷却发生器(也可使用像永磁空气冷却发电机、感应发电机以及双馈送感应电动机的其它类型电发生器。此外, 根据风轮机所要求的额定电功率, 所使用的发生器数量可以多于或少于该实例的特定数量), 其由摩擦驱动器的轮胎直接驱动。流体冷却永磁发生器是较佳的, 因为它们比空气冷却永磁发生器体积小且成本低。

只要风轮机情况在预定运行范围内时, 由于摩擦驱动轮胎持续配合, 各发生器就会持续转动。但是, 各发生器并不持续加载。而是, 功率电子系统会与根据可用风动力一致地加载发生器, 并从而管理驱动系统上的扭矩。当加载各发生器时, 驱动轮将经受恒定的径向负载和变化的扭矩。

多个小型发生器在宽运行范围(包括偶尔的发生器停用状态)上提供相对高的效率。大型发生器在宽运行范围上具有良好的效率, 但它们的尺寸使得操纵全功率风轮机时它们呈现单个失效点。使用多个小型发生器通过将任何单次失效的结果降低到单个发生器所代表的全功率的那一部分而提供运行可靠性。风力农场通过使用大量的风轮机来实现应对设备失效的这种保护。该驱动系统通过在一个机舱内包含多个发生器来实现冗余。对于设计范围内的所有风速, 多个小型发生器较佳地控制成仅在全功率时或接近全功率下运行。这意味着, 各发生器将在其最大效率点或接近其最大效率点时运行。

流体冷却发生器需要冷却器子系统来消除和消散由于发生器效率低下产生的功率损失。

冷却器子系统是具有单个回路的组合系统, 而不是对每个发生器有单独的冷却系统。机舱盖(未示出)提供必要的通风来支持用于冷却系统的热耗散。对于较低的设计温度, 使用丙二醇和水冷却剂流体来防止冷冻。

流体冷却系统需要热交换器来去除由发生器的效率低下产生的热量, 需要泵来使流体运动, 并需要简单控制器和互锁装置来确保适当运行。如果使用空气冷却 PM 发生器、感应发生器或双馈送发生器, 则可免除使用冷却系统。机舱盖必须设计成提供必要的通风来消散由于发生器效率低下产生的功率损失。

功率电子系统用于提供以下功能：

-管理发生器扭矩和速度；发生器负载的控制使得能够管理驱动系统上的发生器反向扭矩，

-将由发生器产生的可变频率电力转换成与电网电力同步的 60Hz 交流电，以及

-控制由发生器提供的无功功率。

-提供功率电子系统以独立控制每个发生器的输出，或一起控制任何数量的发生器。

功率电子系统（PE）由若干分开的元件构成（见图 5）：整流器、直流链路以及逆变器。整流器将由发生器产生的可变交流电压转换成直流电压（即直流链路电压）。直流链路向逆变器提供稳定的直流电压。该逆变器产生与电网同步或馈送到独立总线的 60Hz、3 ϕ 电压（或电流）。

控制系统包括安装在机舱内的 PLC I/O 面板和 DAS 面板、安装在塔架的基底内的驱动控制面板以及位置控制建筑物内的可视化计算机。PLC I/O 面板将包含控制风轮机所需要的所有 I/O 以及用于定速电动机的电动机启动器。驱动面板会包含主 VAC 进入电力和新耐麦克斯（Sinamics）驱动调节。远程安装标准桌面 PC，以通过到 PLC 和数据采集计算机的无线以太网链路来控制/监测控制系统的运行。较佳的是，将启动 HMI（人机界面）计算机上的远程桌面功能以使授权人员能够通过英特计算机、便携式 PC 或智能电话机或其它电子访问装置来进行完全远程访问。较佳的是，硬接线的防火墙会限制用有效虚拟个人网络（VPN）登录来登录到网络的人访问以太网。

PM 发生器扭矩和速度-由 PM 发生器产生的电压频率与发生器速度成正比。发生器速度取决于风轮机功率和发生器上的电负载。在稳定状态，从摩擦驱动器提供给发生器的扭矩等于由发生器提供的反向扭矩（即，可用于驱动风轮机的功率等于由发生器从系统提取的功率）。但是，在风或负载过渡期间，这些扭矩会不平衡且风轮机转速会变化。

例如，如果风轮机以 50% 的负载运行且风速增加，则风轮机和发生器速度将开始增加。由于有更多的风力可用，所以 PE 将作出反应以对电网提供更多的电能且风轮机速度将稳定。通过控制 PE 使系统平衡的速率，PE 系统可管

理风轮机驱动系统所经受的扭矩漂移。

频率、电压以及无功功率控制-由 PM 发生器产生的电压取决于发生器速度和电负载。因此，在风或负载过渡期间，发生器输出电压大小也将变化。为了考虑变化的发生器电压和频率，受控的整流器用于将变化的交流电压转换成稳定直流电压（即直流链路）。直流链路向受控的逆变器提供电压。

该逆变器向电网或独立的电力系统提供受控的 60Hz 三相电压。用于 PE 的总体控制方案将取决于单元是否在向电网（即，无限大容量母线）或本地、独立（或孤立的）电力系统提供电能。当与电网并联时，PE 可控制提供给电网的实际和无功功率。提供到电网的实际电力将决定发生器产生的电负载（即扭矩）。

当风轮机在独立的电力系统（即风轮机是向系统提供电力的唯一发生器）上运行时，PE 控制器必须保持总线电压和频率，同时遵循系统上的负载所要求的功率。因为 PE 不能直接控制负载需要的电力，所以需要其它控制元件。风轮机机械控制器还可用于控制从风提取的动力（控制螺距、偏转或主制动器）。其它负载控制器也可能是必要的或理想的。例如，如果突然起阵风或电气系统负载突然变化（例如显著的电负载跳闸），则可能需要具有电阻性负载存储体来“转储”过多的电能。同样，如果电气系统负载增加到超过可用风力，则可能需要负载泄放控制。

以下提供主要 PE 硬件的设计。

整流器-整流器包括再生反馈有源前端（AFE），其为自换向、有源受控线逆变器，该逆变器确保尤其高的线路供电质量。

有源前端是专有特征，其尤其为风轮机提供显著的优点。AFE 产生几乎没有任何谐波的线路友好正弦电流。这通过将智能切换特征与一体式清洁电力过滤器组合来实现。此外，AFE 切换原理使线路供电电压波动能够被主动补偿，并产生高的控制动态性能。

AFE 允许产生感生无功功率，使得功率因数可受到线路侧逆变器的影响。当由于 AFE 的自换向运行模式而发电时，不会发生逆变器换向故障。

直流链路-全数字电压直流链路驱动逆变器以高精度度运行，可靠且高效。逆变器-该逆变器单元额定用于 45 至 10,000KW，460、575 或 690VAC 运

行，装备有低损失功率 IGBT（绝缘栅双极性晶体管）和微处理器控制的向量调节器。逆变器会提供发生器控制和保护功能。（发生器可设有用于 RPM 反馈和热测量以及过载保护的编码器和热传感器）。

风轮机设有以下控制子系统：

- 正常运行控制器（启动、运行和停机），
- 安全系统（例如：紧急停机、用于维护访问的系统互锁器），
- 偏转控制器，以及
- 螺距控制器。

控制系统较佳地用具有足够容量的不间断电源（UPS）供电以支持用于独立应用的风轮机的启动。UPS 还将保护控制系统免受电力质量变化产生的破坏。

该控制系统较佳地包括监测和记录所选择系统参数的功能。但是，由数据采集系统（DAS）操纵系统参数监测的交替。

启动顺序-风轮机设计成在连接的电网上或独立的电力系统内运行。启动顺序设计成一种顺序可适应两种应用。

当风速较佳地在 4m/s 至 25m/s 时，使风轮机能够如下地启动：

- 启用偏转控制系统并松开转子上的制动
- 启用螺距机构以将叶片转动到对应于风速的动力位置。
- 等到转子速度大于风轮机的最小运行速度时，然后开始发电
- 根据测得的风速，1 至 n 个发生器将以调节的扭矩控制方案联机（n 可以是任何数量的发生器，例如 1.5MW WT 可使用六个发生器，每个发生器额定功率为 250KW）。在每个阶段将使用最少使用的未联机的发生器以确保各发生器随着时间的过去被均匀地使用。唯一的例外是，联机的第二发生器总是与第一发生器径向相对。

- AFE 开始以调节的频率和电压再向交流电力系统发电。
- 如果使用水冷却发电机，则在发电开始后 10 秒启动冷却剂泵。
- 较佳的是，风速的运行范围基于预定时间段内的平均风速。

正常运行控制器-在正常运行期间，当来自风轮机的可用动能变化时，所有的发生器都联机/脱机。在阵风期间，各发生器从最小速度运行到最大速度（将

根据转子尺寸和设计确定最小和最大速度），允许有某些超速。可调节扭矩使得橡胶轮（轮胎）不在驱动轮上滑动。在突然和极度阵风期间，各轮可能会滑动，但这仅是调节对各发生器所施加的扭矩的备用方法。诸如液压泵、发生器冷却系统泵以及冷却风机的辅助系统通过风轮机的运行根据要求开始工作。

停机顺序-在正常运行期间，当十分钟内平均风速大于 25m/s 或小于 4m/s 时，则风轮机停机。螺距机构会将各叶片转动到从风收集的能量降低到最小的位置。施加制动且 AFE 停止发电。在正常停止期间主驱动接触器保持关闭。在停机顺序开始时，冷却剂系统、液压泵和偏转电动机也停止。

发生器控制器-如上所述，功率电子系统控制发生器负载和速度。在过渡期间该系统管理驱动系统上的扭矩并使发生器负载与可变风力匹配。在正常停机期间主驱动接触器保持关闭，但在紧急停机或在发生电网连接故障时打开。

在设计中可提供以下安全致动以确保机器故障、过大的风或其它运行条件的情况下的安全运行和停机：

- 主制动器的手动配合
- 离心致动的空气动力学转子叶稍制动器
- 偏转制动器
- 在残存风速期间偏转出风向
- 螺距系统致动，以降低或消除从风的动力提取
- 在以下任何一种情况下主制动器自动配合：
 - 交流电力的损失
 - 转子超速
 - 主电网（或负载存储体）跳闸
 - 过度振动
 - 风速在正常运行范围以上（十分钟平均值）
 - 认为是效率低下的偏转控制（偏转错配超过极限）
 - 重置偏转转动（偏转卷起内部电缆且它们需要展开）
 - 低冷却剂（发生器冷却剂液位）
 - 低液压流体（用于液压松开制动器）

主制动控制器的各安全方面如下。需要主制动器的远程手动应用。应当能

够从控制工位，在基部从塔架内部，以及在塔架顶部的出口门处施加该制动。如果不在维修技工在机舱处或机舱附近工作之前施加制动，则需要某些规定来确保技工能感觉安全。主制动器的自动致动将通过以上指出的几种非正常情况中的任何一种下触发。

偏转驱动机构用于将机舱转入风中。偏转驱动通过偏转驱动器的交流齿轮电动机的高齿轮速比用作偏转制动器，或可使用独立的偏转制动系统来提供必要的制动力以保持风轮机机舱方向朝向风中。

较佳地测量并跟踪机舱的定向和风向。在十分钟风向移动平均值上，它们之间的不匹配控制在 10° 以内。（每 5 秒进行采样）。

为了防止内部电缆卷绕，使机舱能够从中间位置向两个方向转动 1080° （3 整圈）。如果风持续改向并发生卷绕，则风轮机将停机且偏转系统会沿展开方向接近匹配位置且最终位置应当在中间位置的 $\pm 180^\circ$ 内。仅在这时风轮机才可重新工作。

在该模式的风轮机中，“偏转维护位置端口”和“右舷”限制切换器用于将机舱定向以进行维护。选择这些模式时，偏转电动机会沿展开方向运动，直到实现所要求的限制切换为止。一旦塔架内的维护门打开，则偏转控制器就会完全失效。

闭环控制装置（基于软件的）用于自动调节风轮机的运行状态，以保持其在预定运行曲线上，这将包括：

- 控制叶片螺距以适应自由流风速，提供最优螺距角以传送最佳功率。
- 控制叶片螺距以在风速大于额定风速时将风轮机的功率输出调节到额定水平。
- 控制叶片螺距以在风轮机的启动或停机期间遵从预定速度坡度。
- 使用电子电路控制发生器的加载，提供递升和递减的方法，通过发生器的电加载和卸载而使产生的电能适应可变风速。

数据采集数据采集系统将读取和记录风轮机控制系统和驱动器运行参数。在状态变化时持续采样和记录数据。

该系统应当使操作者能够选择仪器采样和记录数据的频率。一般而言，以一秒间隔记录数据（估计每天的数据输入为 50MB 或每年 20GB）。此外，该

系统能够以高得多的频率记录所选择的参数。

数据传送-数据采集系统具有高速数据传输能力（宽带或无线 DSL）以将数据传输到工程团队。该数据程序本地存储数据并每天传输数据。制定规则以在发生数据链路故障时存储所有数据而不传输。

此外，数据程序应当能够几乎实时地监测关键参数。

数据和监测-设置基本的工程工具（例如电子数据表或其它数据显示）以用于监测风轮机和解释运行期间由 DAS 提供的的数据。

电源-DAS 由不间断电源供电，该电源具有足够的容量以在风轮机跳闸之后能够保存数据。UPS 保护控制系统免受电力质量变化产生的破坏。

以下提供较佳地设置在风轮机内并较佳地用控制系统或 DAS 监测的仪器列表。

-天气

-风速

-风向

-相对湿度

-环境温度

-大气压

-降水量

-风轮机

-螺距角

-偏转角（相对于中间偏转位置）（ ± 3 整圈）

-转子速度

-轮胎速度（nx）

-轮胎负载（负载单元）（nx）

-轮胎温度（nx）

-主制动器松开压力

-驱动轮振动

-发生器轴振动（nx）

-转子振动

- 偏转制动位置
- 塔架振动（地震型传感器）
- 机舱内部温度
- 电力
 - 各个发生器温度（nx）
 - 各个发生器电压（nx）
 - 各个发生器电流（nx）
 - 功率电子系统电压输出（nx）
 - PE 无功功率因数或电流（nx）
 - PE 频率（nx）
 - PE 中间电压（直流）（nx）
 - 功率
 - VAR-变量？
 - 电网
- 冷却剂
 - 流量
 - 液位
 - 温度
 - 压力
- 制动液压
 - 压力
 - 液位
 - 温度

其中“n”是特定部件的数量：

在机舱内设有能够升高、下降并移动机舱内最重的现场可更换部件的起重机。PM 发生器或驱动轮轨道是鉴定为最重的部件。提升范围是从地面到机舱内的部件位置。垂直提升量与塔架基部上方毂高度相似。

可手动或电动操作起重机。没有诸如便携发生器或本地电网的外部电源就不能进行电动操作，这是因为当风轮机不运行时没有可用的通用现场电源（且

当风轮机运行时不能使用起重机)。

塔架提供风轮机的升高和支承。还提供用于各种控制器功率电子系统、DAS 以及电气系统的遮蔽件和安装件。塔架基部处的内径足以进行 PE、控制面板、DAS 以及塔架内电动机控制中心的安装。

基座是加固混凝土、表土受力结构。对所有非致命风速其反作用于传送到风轮机的力和力矩。

当风速不足以克服转动叶片所需要的初始惯量时，可向发生器供电，且控制装置可编程成使发生器像电动机那样运行，以在低风状态启动风轮机。在低风状态中，其中风速不足以超过启动叶片转动所需要的力，但在转动启动后通过机械装置足以保持叶片转动，通过用电启动转动是有益的。在转动启动且转子（和叶片）以正常运行范围内的速度转动之后，控制装置就切断供给到发生器以使发生器像电动机那样运行的电，且发生器可再次用作由保持叶片转动的风能供能的发生器，并通过发生器发电。如果在通过使发生器像电动机那样使用而启动转动之后，风不足以保持风轮机运行，则在由控制装置切断到发生器的电时风轮机就停转。例如，两兆瓦的风轮机能够在每秒四米的风速下不进入电动机模式就自启动，这样的风速提供足够来自风的能量以克服启动叶片转动所需要的初始惯量。如果风速是每秒三米且风速不足以启动叶片的转动，但如果叶片转动则足以保持转动，则当使用作为电动机运行的发生器来启动叶片的转动时，每秒三米的风速将足以在切断到发生器的供电之后保持叶片转动，且只要风速持续该速度或大于该速度，叶片就继续转动并通过发生器发电。该方法使风轮机能够发电的风速比其它方式能够发电的风速低。

各发生器可用作电中断器，该中断器具有高达 150% 的设计成用于发生器的扭矩需求。该控制装置可编程成停止发生器转动，这又将停止转子转动。该扭矩需求仅需运用数秒即可停止风轮机。当转子速度为零时，该控制装置将去除该扭矩需求。在主中断器失效的情况下，该电子中断器为风轮机增加另一安全特征。例如，对于两兆瓦的风轮机，电发生器额定功率为两兆瓦，且各叶片设计成传送两兆瓦的功率。通过在短时期内对各发生器施加 150% 的扭矩需求，风轮机的中断容量增加到三兆瓦，这足以使风轮机停止转动。

在另一实施例中，各发生器可设计成高于其额定负载运行以适应发生的超

出风轮机的正常运行范围的阵风。例如，各发生器可设计成承受额定负载以上120%的扭矩需求，从而控制转子速度和避免暂时高于风轮机的正常速度范围的风速引起的超速。该控制装置可编程成在转子速度超过预设值或转子速度的加速坡速率超过预设值时，允许来自电发生器的120%的扭矩需求。该扭矩需求仅施加数秒，且控制装置会跟踪转子速度。如果驱动电动机的任何轮胎滑动，则由控制装置将扭矩需求降低一半。例如，两兆瓦的风轮机装备有对应于风自由流速调节叶片角的螺距机构，控制从风提取的功率的量。会没有警告地发生阵风，且风速增加得比螺距系统能反应的速度快。两兆瓦的风轮机能够短时期内运行高达2.4兆瓦（120%的扭矩需求）以克服阵风，由此允许螺距机构有反应时间。在又一实施例中，电发生器设计成短时期内以150%的扭矩需求来运行以适应阵风。

图3是示意图。实际风轮机的各叶片具有穿过各叶片的末端的周界，其直径比轨道的直径大得多。

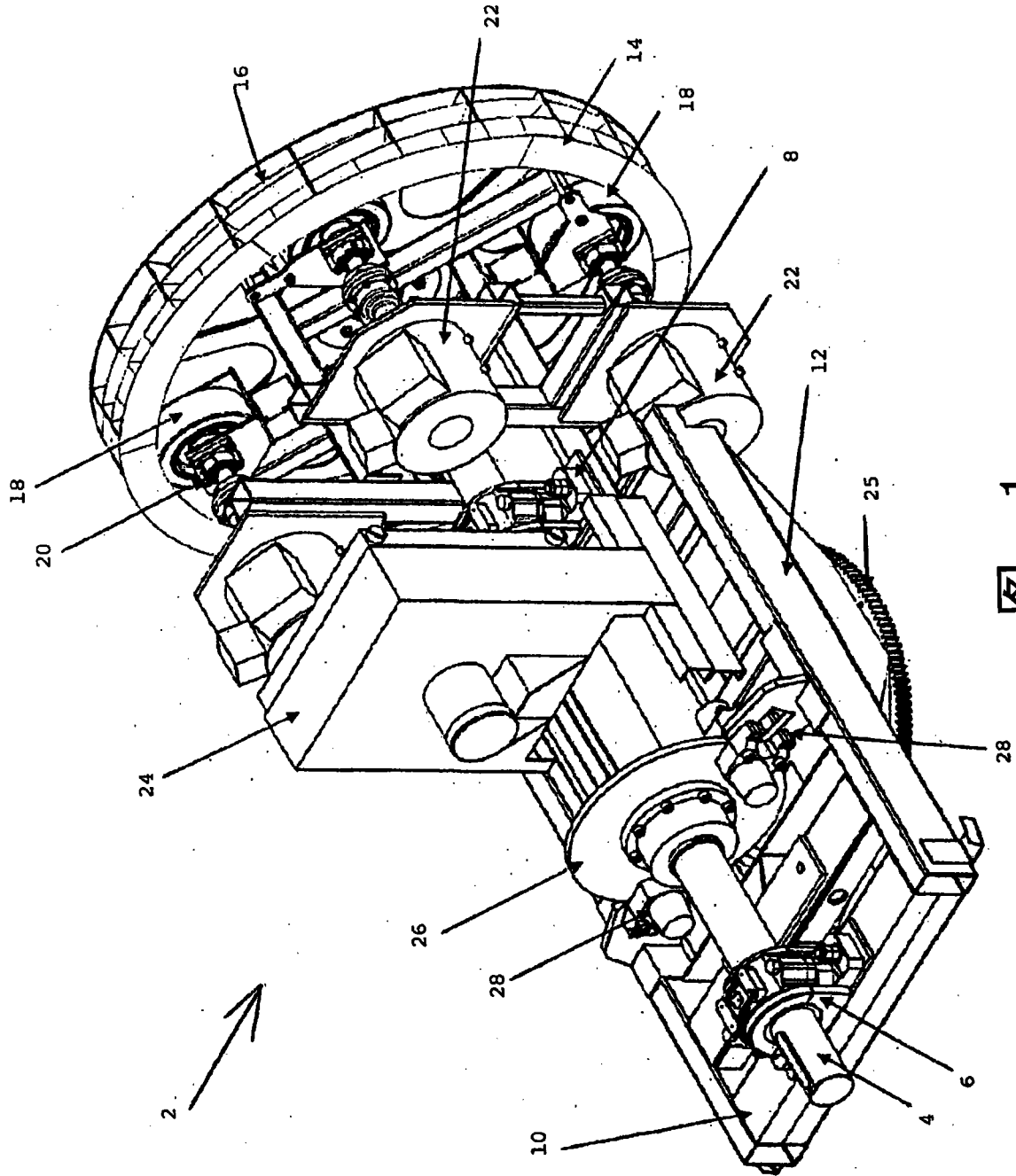


图 1

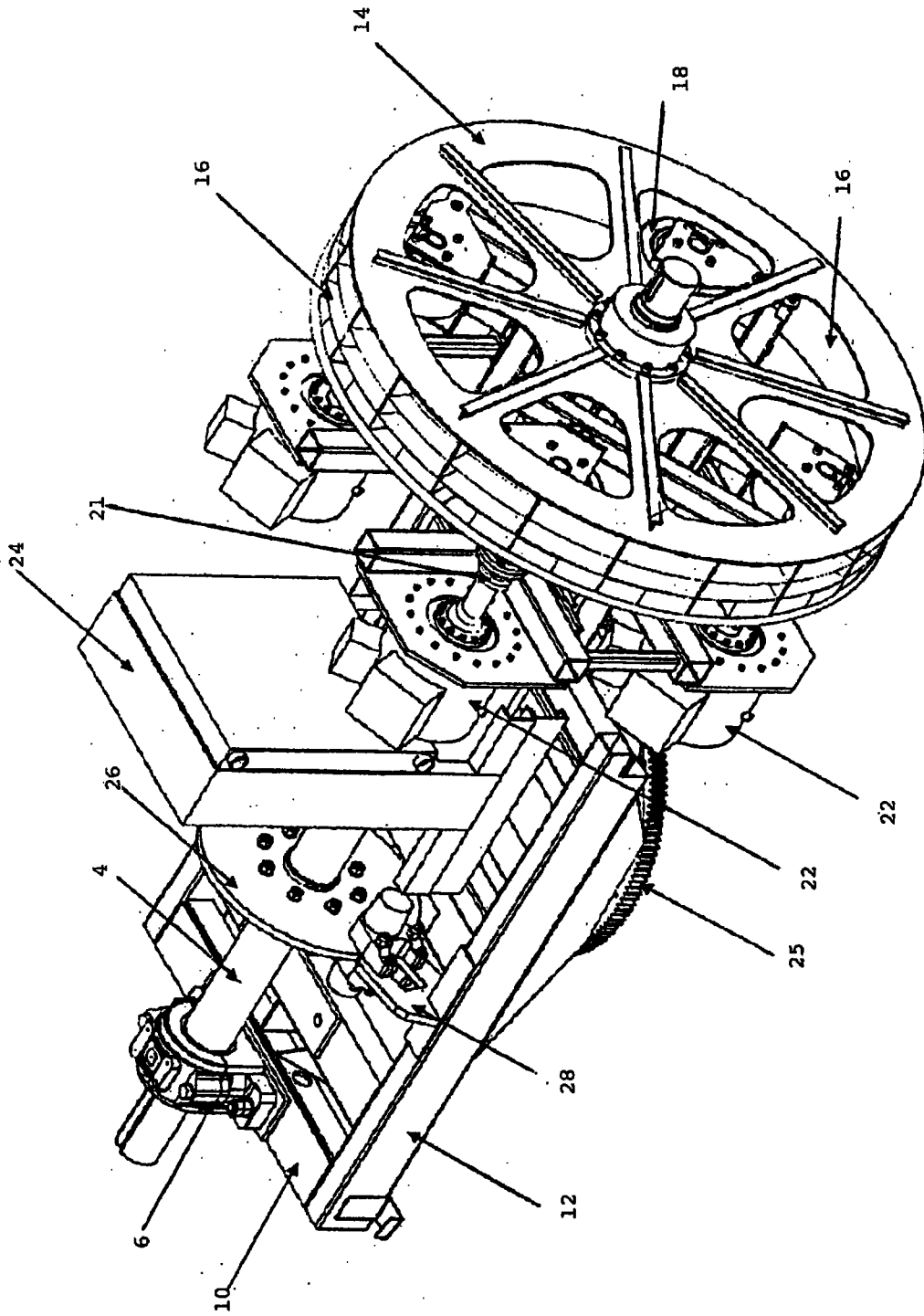


图 2

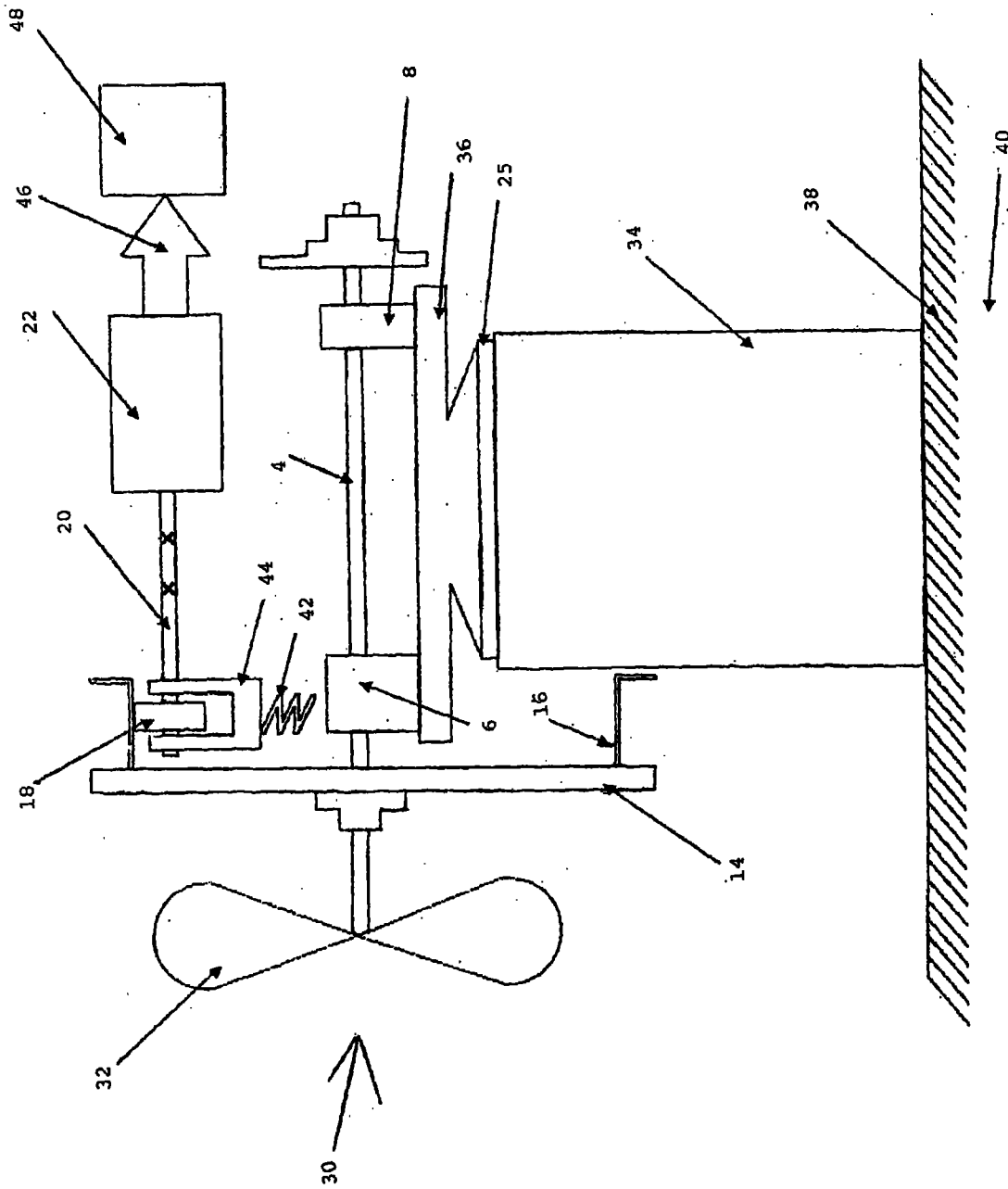


图 3

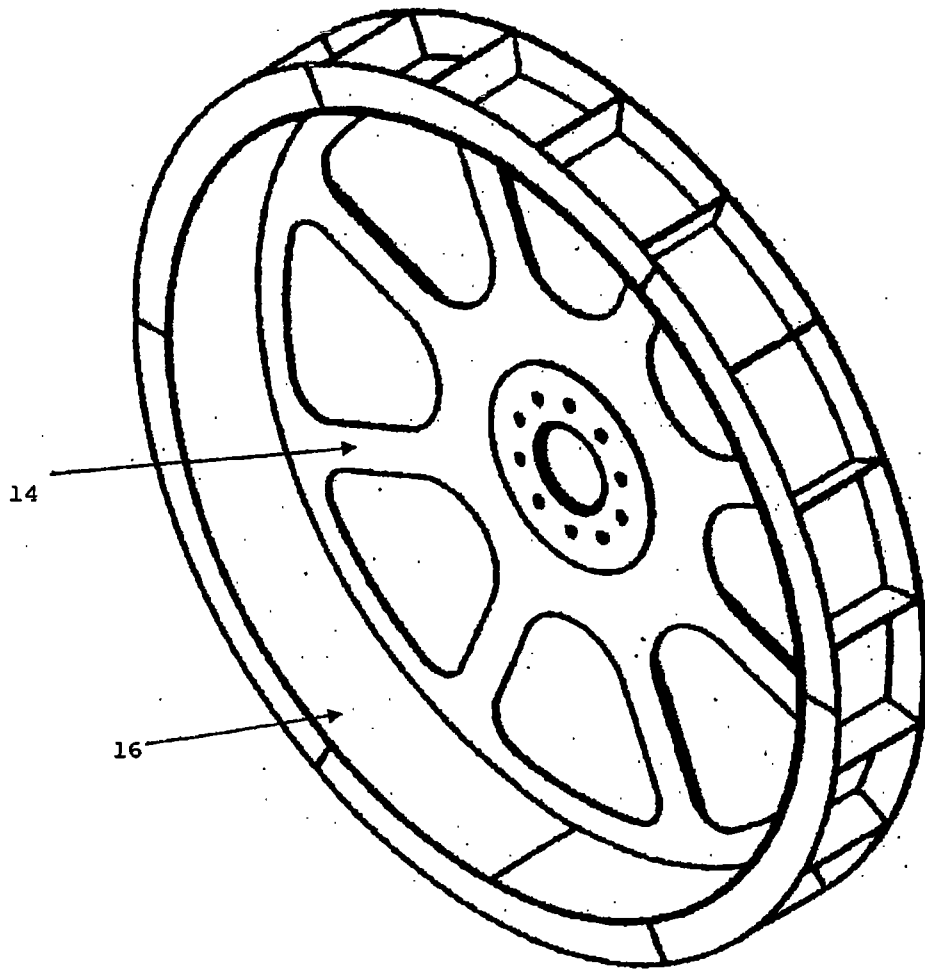


图 4

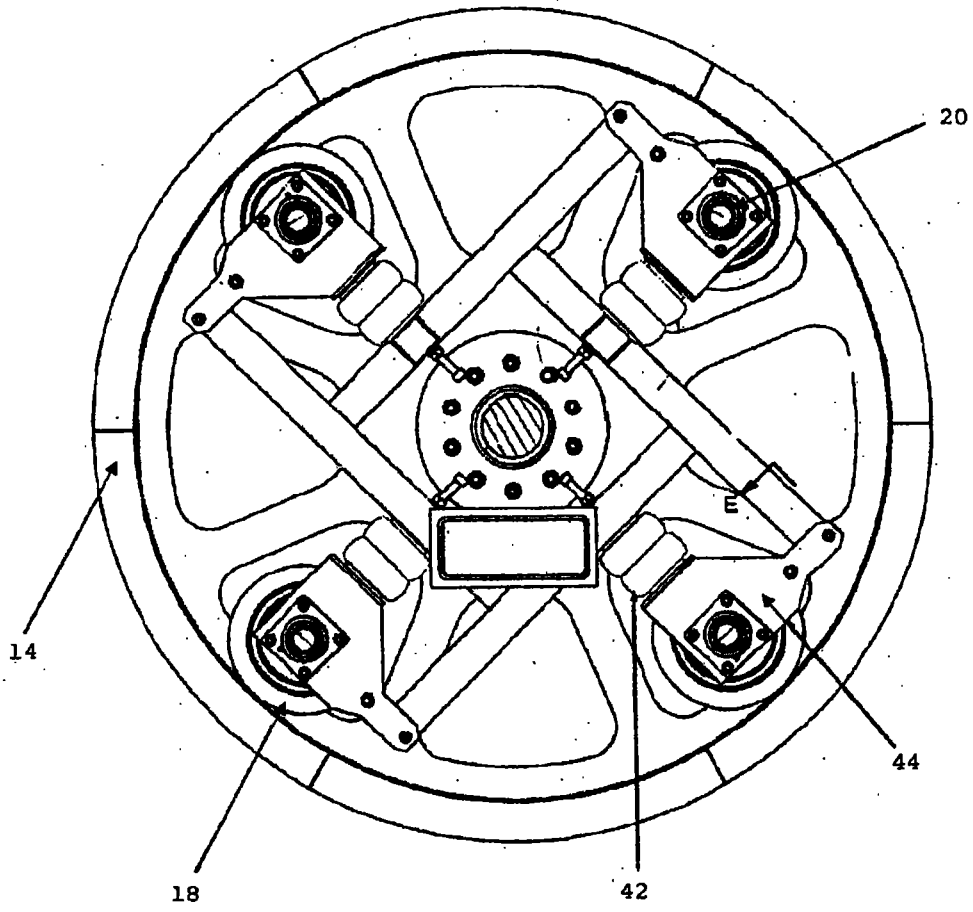


图 5

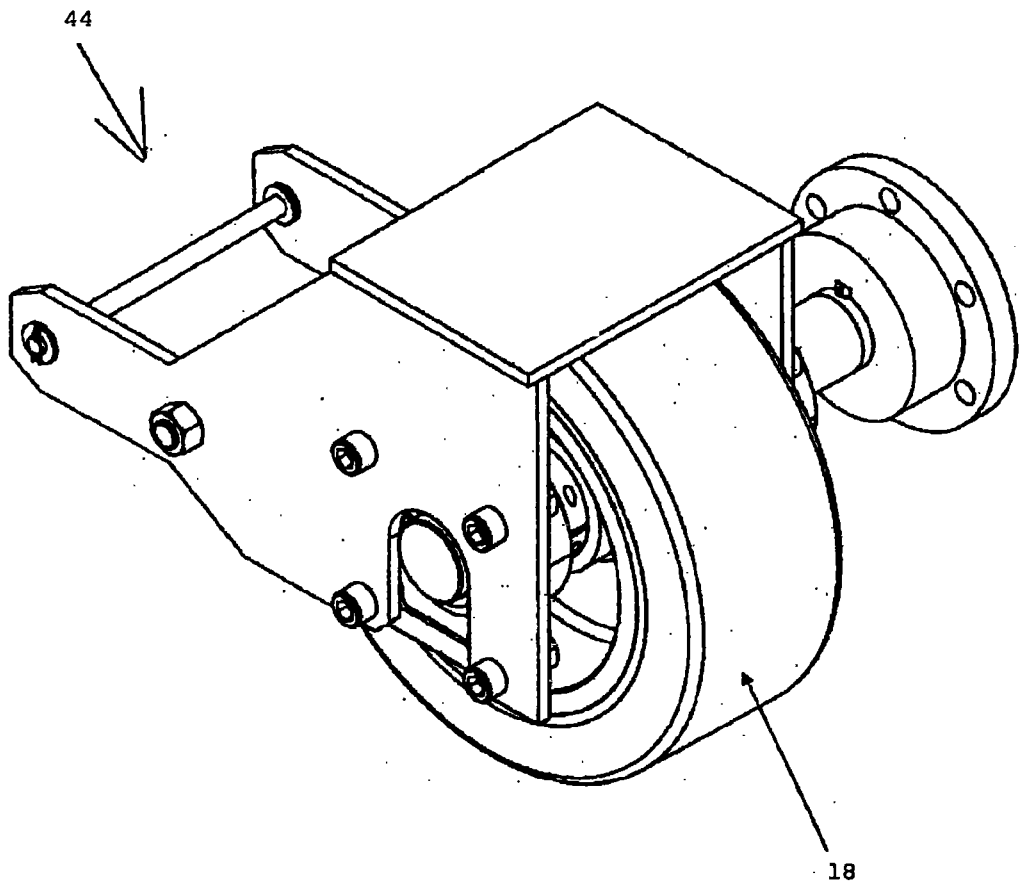


图 6

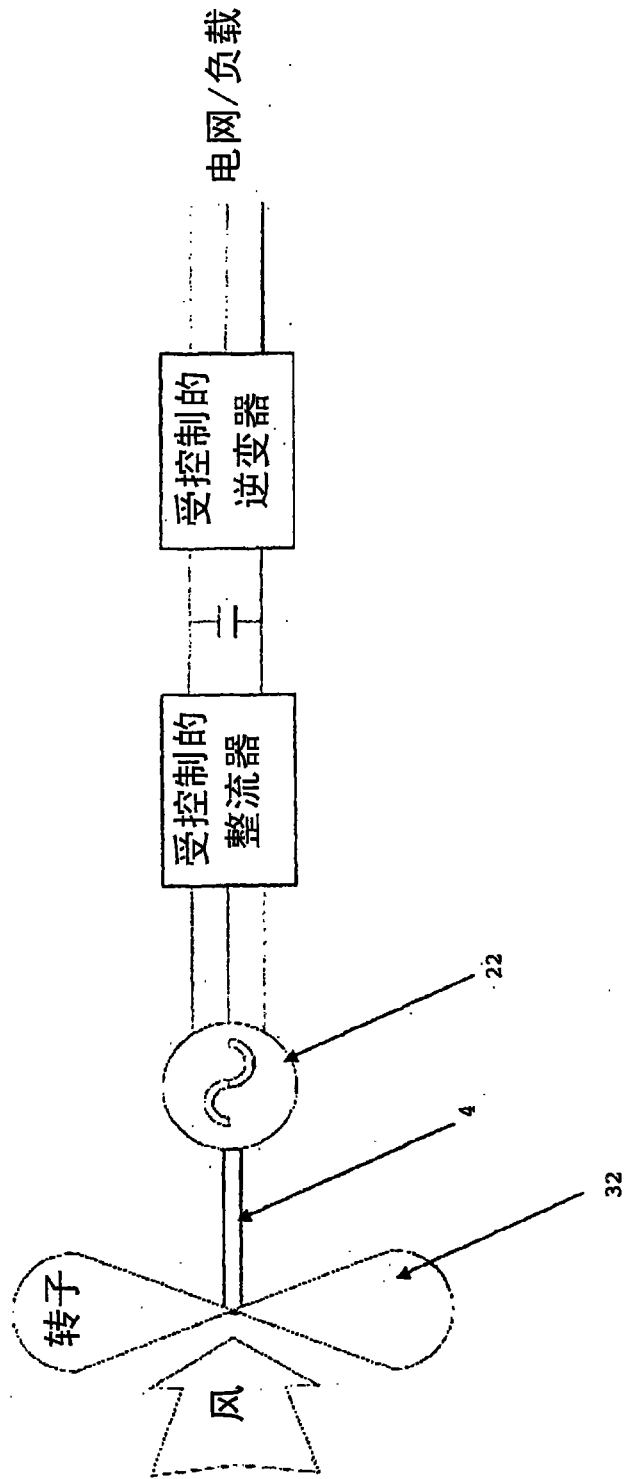


图 7

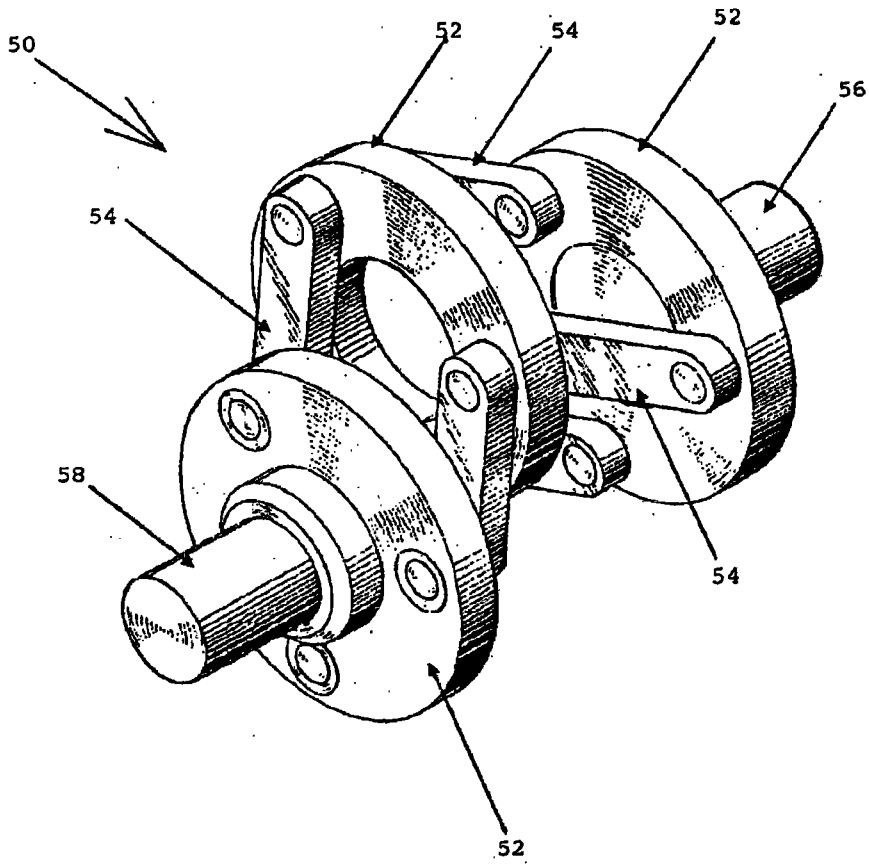


图 8

1. 一种风轮机, 包括安装在转子上的多个叶片, 所述转子具有可转动轴, 所述可转动轴具有从其向外延伸的驱动轮, 当所述叶片响应于风速转动时所述驱动轮随着所述轴和所述转子转动, 所述转子具有宽的速度范围, 多个轮与所述驱动轮连续可转动地接触, 所述各轮连接成驱动多个发生器以产生能量, 所述风轮机具有用于控制所述叶片速度的各种装置, 包括选自螺距、偏转和制动器构成的组中的至少两个, 控制装置连接成基于所述叶片的速度在零个所述发生器至所有所述发生器之间控制产生能量的发生器的数量, 同时控制所述螺距、偏转和制动器中的至少两个并监测与所述叶片的所述速度相关的参数, 所述控制装置编程成根据所述可转动轴的扭矩增加或去除一定数量的产生能量的发生器。

2. 如权利要求 1 所述的风轮机, 其特征在于, 所述控制装置连接成通过打开或关闭每个发生器来控制产生能量的发生器的数量, 所述控制装置连接成监测若干参数, 包括风速、风向、偏转位置、螺距位置、叶片速度、转子速度和时间。

3. 如权利要求 2 所述的风轮机, 其特征在于, 所述驱动轮具有围绕其周界的轨道, 且所述各轮与所述轨道接触。

4. 如权利要求 3 所述的风轮机, 其特征在于, 所述轨道基本上平行于所述轴的表面延伸。

5. 如权利要求 2 所述的风轮机, 其特征在于, 所述控制装置连接成当转子速度在运行范围内相应地增加和减小到各个数量的产生能量的发生器相应的预定水平以上和以下时增加和去除产生能量的发生器。

6. 如权利要求 3 所述的风轮机, 其特征在于, 所述控制装置连接成使所述多个发生器中的一个发生器在所述转子以最小平均转子速度转动时产生能量, 且所述多个发生器中的若干发生器在所述转子以最大转子速度转动时产生能量。

7. 如权利要求 5 所述的风轮机, 其特征在于, 所述控制装置编程并连接成当所述平均转子转速超出所述运行范围预定时间时关闭所述风轮机。

8. 如权利要求 5 所述的风轮机, 其特征在于, 确定所述平均转子速度至少一分钟的时间, 且所述控制装置连接成只要所述平均转子速度超出所述运行范围就关闭所述风轮机。

9. 如权利要求 1 所述的风轮机, 其特征在于, 所述风轮机具有最优梢速比, 所述控制装置连接和编程成对于从每秒 5 米至每秒 25 米范围的风速基本上以所述最优梢速比运行所述风轮机。

10. 如权利要求 5 所述的风轮机, 其特征在于, 至少有四个发生器, 所述四个发生器连接成使所述控制装置能够单独地打开和关闭所述发生器, 并基于平均转子速度以产生能量的模式运行任何数量的发生器。

11. 如权利要求 10 所述的风轮机, 其特征在于, 所述发生器发电。

12. 如权利要求 1 所述的风轮机, 其特征在于, 每个发生器的尺寸明显小于所述风轮机的最大输出, 所述多个发生器的总尺寸能够应付所述风轮机的最大功率输出。

13. 如权利要求 1 所述的风轮机, 其特征在于, 所述控制装置是可编程逻辑控制装置。

14. 如权利要求 1 所述的风轮机, 其特征在于, 所述控制装置是可在探测到所监测的参数变化的数秒内调节螺距、偏转和制动器中至少一个的功率电子控制装置。

15. 如权利要求 1 所述的风轮机, 其特征在于, 所述控制装置是电子控制装置。

16. 如权利要求 1 所述的风轮机, 其特征在于, 所述控制装置是功率电子系统, 所述系统能够进行以下功能中的至少一种:

(a) 管理发生器扭矩和速度;

(b) 控制每个发生器的负载并管理所述风轮机的驱动系统上的发生器反向扭矩;

(c) 将由所述发生器产生的可变频率电力转换成与电网电力同步的 60Hz 交流电;

(d) 控制由所述各发生器提供的无功功率;

(e) 控制来自每个发生器的输出;

(f) 控制来自任何数量的发生器合计的输出。

17. 如权利要求 1 所述的风轮机, 其特征在于, 所述控制装置是功率电子系统, 所述系统能够进行以下功能:

(a) 管理发生器扭矩和速度;

(b) 控制每个发生器的负载并管理所述风轮机的驱动系统上的发生器反向扭矩;

(c) 将由所述发生器产生的可变频率电力转换成与电网电力同步的 60Hz 交流电;

(d) 控制由所述各发生器提供的无功功率;

(e) 控制来自每个发生器的输出;

(f) 控制来自任何数量的发生器合计的输出。

18. 如权利要求 14 所述的风轮机, 其特征在于, 所述功率电子控制装置包括整流器、直流链路和逆变器, 所述整流器连接成将由所述各发生器产生的可变交流电压转换成直流电压, 所述直流链路连接成向所述逆变器提供稳定的直流电压, 所述逆变器产生频率可与电网或馈送到独立总线同步的三相电压或电流。

19. 如权利要求 18 所述的风轮机, 其特征在于, 所述电流是 60Hz 交流电和 50Hz 交流电中的一者。

20. 如权利要求 1 所述的风轮机, 其特征在于, 设有数据采集系统, 所述数据采集系统用于获取和记录所述风轮机以及风和天气情况的运行参数。

21. 一种风轮机, 包括安装在转子上的多个叶片, 所述转子具有可转动轴, 所述可转动轴具有从其向外延伸的驱动轮, 当所述叶片转动时所述驱动轮随着所述轴和所述转子转动, 所述转子具有基于风速的宽的速度范围, 多个轮与所述驱动轮连续可转动地接触, 所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电, 所述风轮机不具有齿轮箱并以可变速度运行以从所述发生器产生可与电网同步的电力, 所述控制装置编程成根据所述可转动轴的扭矩增加或去除一定数量的发电的发电机。

22. 一种运行风轮机的方法, 所述风轮机包括安装在毂上以形成转子的多个叶片, 所述转子安装在其上具有驱动轮的轴上, 多个轮与所述驱动轮可转动

地接触,所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电,所述风轮机具有用于控制所述转子的速度的各种装置,包括选自螺距控制器、偏转控制器和制动器构成的组中的至少两个,控制装置连接成基于所述转子的速度控制发电的发生器的数量,所述方法包括对所述控制装置编程以监测风速、风向、转子速度、偏转方向、制动器和螺距之一、发生器的数量、当前发电的发生器的数量、转子轴的扭矩,所述方法包括开始启动,当在预定最小时段内平均风速在运行范围内时所述控制装置松开所述转子以进行加速,当所述转子达到所要求的最小速度时,所述控制装置对第一发生器上施加负载,当所述转子轴的扭矩乘以发生器的总数除以启用发生器的数量大于用于分阶段引入添加的发生器的预定最小扭矩时,所述控制装置分阶段引入添加的发生器,而当所述转子轴的扭矩乘以发生器的总数除以启用发生器的数量小于用于分阶段停用一个发生器所需要的预定最小扭矩时,所述控制装置分阶段停用一个发生器,所述控制装置根据所述转子轴的扭矩和发电的发生器的数量根据需要分阶段引入和停用各发生器,当所述转子轴的所述扭矩低于运行一个发生器的预定最小值时,所述控制装置分阶段停用最后的启用发生器,并停止所述转子和各发生器,以及,当预定时间内的平均风速大于最大预定风速时,所述控制装置停止所述转子并分阶段停用所有发生器,当所述风速在所述运行范围内增加时所述控制装置对添加的发生器上施加负载,且当所述风速在所述运行范围内减小时从添加的发生器去除所述负载,所述控制装置在从运行一个发生器所需要的最小转子速度至运行所有发生器所需要的最大转子速度的宽范围内运行所述风轮机以产生能量。

23. 一种运行风轮机的方法,所述风轮机包括安装在毂上以形成转子的多个叶片,所述转子安装在轴上,所述轴上具有驱动轮,多个轮与所述驱动轮可转动地接触,所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电,所述风轮机具有用于控制所述转子的速度的各种装置,所述方法包括:将所述控制装置连接成监测与风速、风向和所述驱动轮的速度相关的若干参数,将所述控制装置编程以响应于所述参数中一个或多个的变化来调节偏转、螺距、制动器中的一个或多个,并调节发电的发生器的数量,将所述控制装置编程以调节偏转、螺距、制动器中的任何两个,以控制所述驱动轮的速度,并将所述控制装置编程在所述驱动

轮的所述速度分别增加或减少足够量时增加和减少发电的发生器的数量,从而以保证所述增加或减少。

24. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,还包括以下步骤:将所述控制装置连接和编程成:当所述轴要求的扭矩乘以发生器的总数的乘积除以当前发电的发生器的数量大于预定扭矩设定点值的 95%时,使一个添加的发生器发电,且当所述轴要求的扭矩乘以发生器的总数除以发电的发生器的数量小于所述预定扭矩设定点值的 90%时,从所述各发电的发生器中去除一个发生器。

25. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,包括运行所述风轮机以临时将动能储存在所述转动的叶片内的步骤。

26. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,所述控制装置是功率电子系统,所述方法包括运行具有可变速发生器的所述风轮机还向电网传送同步电力的步骤。

27. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,包括以下步骤:基于风况控制所述偏转和螺距以增加所述转子的速度,从而以可能的最高速率运行所述风轮机,以在所述风轮机的运行范围内产生尽可能多的电力。

28. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,所述方法包括在宽范围内以变速运行所述风轮机,所述发生器产生变频交流电流,使用功率电子系统将所述交流电流以基本上恒定的频率连接到最终产品交流电流,将所述最终产品交流电流馈送到电网。

29. 如权利要求 1、2 和 3 中的任一项所述的风轮机,其特征在于,所述盘的直径显著比所述叶片的直径小。

30. 一种运行风轮机的方法,所述风轮机包括安装在毂上以形成转子的多个叶片,所述转子安装在轴上,所述轴上具有驱动轮,多个轮与所述驱动轮可转动地接触,所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电,所述风轮机具有用于控制所述转子的速度的各种装置,所述各发生器连接到电源以像电动机那样运行所述各发生器,所述方法包括:

(a) 将所述控制装置连接成监测与风速、风向、所述驱动轮的速度有关的若干参数,将所述控制装置连接成响应于所述参数中一个或多个的变化来调节偏转、螺距、制动器、发生器扭矩需求中的一个或多个,并调节产生能量的

发生器的数量;

(b) 将所述控制装置编程成确定所述风速何时足以转动所述叶片, 但不足以克服启动转动所述叶片所需要的力, 然后所述控制装置向所述发生器供电并使发生器像电动机那样运行, 从而启动转动所述叶片, 直到所述风轮机达到速度的运行范围为止。

31. 如权利要求 30 所述的方法, 其特征在于, 包括当所述风轮机达到速度的运行范围时, 关闭所述电动机并使用所述发生器作为发生器来从所述风轮机的所述转动产生电的步骤。

32. 如权利要求 31 中所述的运行风轮机的方法, 其特征在于, 包括将所述控制装置编程成使用所述发生器作为具有高达 150% 扭矩需求的电制动器, 以停止所述风轮机并在所述风轮机停止时终止所述扭矩需求。

33. 如权利要求 30 中所述的运行风轮机的方法, 其特征在于, 包括将所述控制装置编程成能够以高于额定的负载使用所述发生器以克服短时间内扭矩需求为所述额定负载的至少 120% 的阵风。

34. 如权利要求 33 中所述的运行风轮机的方法, 其特征在于, 包括将所述控制装置编程成在高速阵风期间以短时段内高达所述额定负载 150% 的扭矩需求运行所述发生器。

35. 一种运行风轮机的方法, 所述风轮机包括安装在毂上以形成转子的多个叶片, 所述转子安装在轴上, 所述轴上具有驱动轮, 多个轮与所述驱动轮可转动地接触, 所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电, 所述发生器能够以高达 150% 的扭矩需求运行, 所述风轮机具有用于控制所述转子速度的各种装置, 所述风轮机具有控制装置以监测与风速、风向和所述驱动轮的速度有关的若干参数, 所述方法包括将所述控制装置编程成使用所述各发生器作为具有高达 150% 扭矩需求的电制动器, 以停止所述风轮机并在所述风轮机停止时中断所述扭矩需求。

36. 一种运行风轮机的方法, 所述风轮机包括安装在毂上以形成转子的多个叶片, 所述转子安装在轴上, 所述轴上具有驱动轮, 多个轮与所述驱动轮可转动地接触, 所述各轮连接成驱动多个发生器以产生电, 所述发生器能够以高于额定的负载运行, 所述风轮机具有用于控制所述转子速度的各种装置, 所述

风轮机具有控制装置以监测与风速、风向和所述驱动轮的速度有关的若干参数，所述方法包括将所述控制装置编程成以高于额定的负载的扭矩需求使用所述各发生器以克服否则会使所述转子的速度高于最大运行速度的阵风。

37. 如权利要求 36 所述的方法，其特征在于，包括将所述控制装置编程成以高达 120% 的扭矩需求的高于额定的负载运行所述发生器。

38. 如权利要求 36 所述的方法，其特征在于，包括将所述控制装置编程成以高达 150% 的扭矩需求的高于额定的负载运行所述发生器。