



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101550908 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 31

(21) 申请号 200910133433. 3

(22) 申请日 2009. 04. 01

(30) 优先权数据

12/060, 833 2008. 04. 01 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 L·C·卡默 A·布赖克斯 H·厄英

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 陈江雄 刘华联

(51) Int. Cl.

F03D 7/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2009243295 A1, 2009. 10. 01,

EP 0083645 A4, 1983. 12. 01,

CN 1966973 A, 2007. 05. 23,

US 5907192 A, 1999. 05. 25,

JP 1702929 C, 1992. 10. 14,

审查员 王月蕾

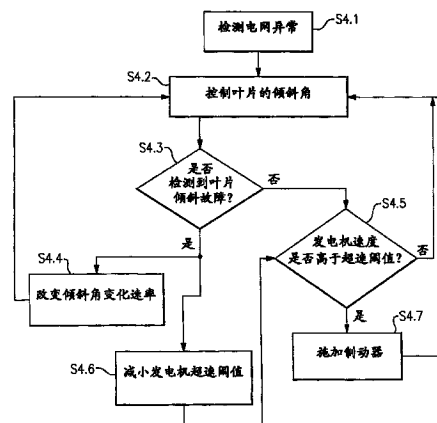
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

用于减小风力涡轮机中转子负载的系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及用于减小风力涡轮机中转子负载的系统及方法,具体而言,涉及一种用于减小包括制动器(33)和联接到转子(18)上的一个或多个转子叶片(24)的风力涡轮机(10)中的转子负载的方法及系统。在检测到反转矩损失和在至少一个转子叶片(24)中的叶片倾斜故障时,处理器(42)使发电机超速阈值减小预定量并确定制动器释放阈值。如果发电机/转子速度超过减小的发电机/转子超速阈值,则施加制动器(33)来减慢转子(18)。此外,施加制动器(33)来减慢转子(18),直到发电机/转子速度低于制动器释放阈值。转子叶片(24)的倾斜角变化速率可随叶片(24)响应所检测到的叶片倾斜故障移向顺桨而变化。



1. 一种用于对风力涡轮机制动的方法,所述风力涡轮机包括制动器和联接到转子上的至少一个转子叶片,所述方法包括步骤:

检测所述转子上的反转矩损失;

响应检测到的所述转子上的反转矩损失而控制所述至少一个转子叶片的倾斜角;

检测在所述至少一个转子叶片中的叶片倾斜故障;

响应所述叶片倾斜故障而确定减小的发电机超速阈值;

确定发电机速度是否超过所述减小的发电机超速阈值;以及

当所述发电机速度超过所述减小的发电机超速阈值时,响应所述转子上的反转矩损失和所述叶片倾斜故障而施加所述制动器来减慢所述转子。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,当转子速度高于减小的转子速度阈值时施加所述制动器。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述风力涡轮机联接到公用电网上,以及其中,所述反转矩损失包括所述公用电网中的电网异常。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述公用电网中的电网异常包括欠压状态、过压状态和频率不符状态中的至少一种。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述制动器包括液压停车制动器、机电制动器、离心制动器、涡流制动器,或磁力制动器。

6. 一种用于对风力涡轮机制动的方法,所述风力涡轮机包括联接到转子上的至少两个转子叶片,所述方法包括步骤:

检测所述转子上的反转矩损失;

响应检测到的所述转子上的反转矩损失而控制所述至少两个转子叶片的倾斜角;

检测在所述转子叶片至少之一中的叶片倾斜故障;以及

响应所述转子上的反转矩损失和在所述转子叶片至少之一中的叶片倾斜故障而改变所有运行的转子叶片的倾斜角变化速率。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,改变所有运行的转子叶片的倾斜角变化速率包括以第一速率改变所述倾斜角,且之后以不同于所述第一速率的第二速率来改变所述倾斜角。

8. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,改变所有运行的转子叶片的倾斜角变化速率包括基于所述风力涡轮机的构件的设计参数和所述风力涡轮机的构件的测量参数中的至少一项来改变所述倾斜角的变化速率。

9. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述风力涡轮机还包括制动器,且其中,所述方法还包括施加所述制动器来减慢所述转子的步骤。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述制动器包括液压停车制动器、机电制动器、离心制动器、涡流制动器,或磁力制动器。

11. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述风力涡轮机联接到公用电网上,且其中,所述反转矩损失包括所述公用电网中的电网异常。

12. 一种构造成用以联接到电网上的风力涡轮机系统,包括:

包括至少一个转子叶片的转子;

联接到所述转子上的制动器;

叶片倾斜促动器 ;以及

联接到所述叶片倾斜促动器上的处理器,其中,所述处理器构造成用以检测所述转子上的反转矩损失以及在所述至少一个转子叶片中的叶片倾斜故障,且其中,所述处理器响应所述叶片倾斜故障而确定减小的发电机超速阈值,以及确定发电机速度是否超过所述减小的发电机超速阈值,以及

其中,当所述发电机速度超过所述减小的发电机超速阈值时,所述处理器响应所述转子上的反转矩损失和所述叶片倾斜故障而施加所述制动器来减慢所述转子。

13. 根据权利要求 12 所述的风力涡轮机系统,其特征在于,所述制动器在转子速度高于减小的转子速度阈值时施加。

14. 根据权利要求 12 所述的风力涡轮机系统,其特征在于,所述风力涡轮机包括至少两个转子叶片,以及其中,所述处理器响应检测到的所述叶片倾斜故障而改变所有运行的叶片的倾斜角变化速率。

15. 根据权利要求 14 所述的风力涡轮机系统,其特征在于,所述处理器构造成以第一速率来改变所有运行的叶片的倾斜角变化速率,且之后以不同于所述第一速率的第二速率来改变所述倾斜角。

16. 根据权利要求 12 所述的风力涡轮机系统,其特征在于,所述制动器包括液压停车制动器、机电制动器、离心制动器、涡流制动器,或磁力制动器。

17. 一种构造成用以联接到电网上的风力涡轮机系统,包括:

包括至少两个转子叶片的转子;

叶片倾斜促动器 ;以及

联接到所述叶片倾斜促动器上的处理器,其中,所述处理器构造成用以检测所述转子上的反转矩损失以及在所述至少两个转子叶片之一中的叶片倾斜故障,

其中,所述处理器响应所述转子上的反转矩损失和在所述至少两个转子叶片之一中的叶片倾斜故障而改变所有运行的叶片的倾斜角变化速率。

18. 根据权利要求 17 所述的风力涡轮机系统,其特征在于,所述处理器构造成以第一速率来改变所有运行的叶片的倾斜角变化速率,且之后以不同于所述第一速率的第二速率来改变所述倾斜角。

19. 根据权利要求 17 所述的风力涡轮机系统,其特征在于,所述风力涡轮机系统还包括联接到所述转子上的制动器。

20. 根据权利要求 19 所述的风力涡轮机系统,其特征在于,所述制动器当发电机速度高于减小的发电机超速阈值时施加。

21. 根据权利要求 19 所述的风力涡轮机系统,其特征在于,所述制动器当转子速度高于减小的转子速度阈值时施加。

22. 根据权利要求 19 所述的风力涡轮机系统,其特征在于,所述制动器包括液压停车制动器、机电制动器、离心制动器、涡流制动器,或磁力制动器。

## 用于减小风力涡轮机中转子负载的系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明大体上涉及风力涡轮机,且更具体地涉及一种用于在检测到叶片倾斜故障和反转矩损失(如电网异常)时有效降低风力涡轮机中的转子负载的方法及装置。

### 背景技术

[0002] 近年来,风力涡轮机作为一种对环境安全且相对便宜的替代能源,受到了日益增加的关注。随着对其关注的增长,人们已做出了相当大的努力来研制可靠且高效的风力涡轮机。

[0003] 通常,风力涡轮机包括具有多个叶片的转子。转子安装在外壳或机舱内,该外壳或机舱位于桁架式塔架或管状塔架的顶部。公用级风力涡轮机(即,设计成用来将电力提供到公用电网上的风力涡轮机)可具有大型转子(例如,直径为八十米或更大)。这些转子上的叶片将风能转换成驱动一个或多个发电机的转动转矩或转动动力,发电机通过齿轮箱可旋转地联接到转子上。齿轮箱可用来逐步提升用于发电机的涡轮转子固有的低转速,以有效地将机械能转换成输入到公用电网中的电能。有些涡轮机采用直接联接到转子上的发电机而并未使用齿轮箱。

[0004] 诸如电池的备用电源,设置在转子叶片调整系统中,并在电网出现故障时直接应用于叶片调整驱动器,从而保证一直有动力供给叶片调整驱动器。如果触发了通常要求受辅助驱动的叶片倾斜的紧急停机,则所有叶片就开始以同样快的倾斜速率朝向顺桨倾斜。

[0005] 至少一些公知的风力涡轮机可包括众多制动系统,以满足安全要求。例如,至少一些公知的风力涡轮机包括盘式制动器,以有助于克服全风力转矩而使风力涡轮机转子停机;以及储存能量源,例如液压蓄能器、储存的弹簧能量、电容器和/或电池,以能够在动力故障期间进行制动。

[0006] 对于风力涡轮机,最严重的情况之一是发电机所提供的反转矩损失(如电网连接损失)并结合有其中的一个叶片未能朝向顺桨倾斜。倾斜故障会引起叶片不对称,而反转矩损失会引起高转子速度。这两种情况的结合会在转子中引起较大的空气动力不平衡,其可在风力涡轮机的一些构件中,特别是在塔架顶部(例如,桨毂、主轴承、主机架等),产生很高的负载。因此,就需要在检测与反转矩损失相关联的叶片倾斜故障期间最大限度地减小这些很高的负载对风力涡轮机构件的影响。

### 发明内容

[0007] 简而言之,一种用于对包括制动器和联接到转子上的至少一个转子叶片的风力涡轮机进行制动的方法,该方法包括如下步骤:检测反转矩损失;响应检测到的反转矩损失而控制至少一个转子叶片的倾斜角;检测至少一个转子叶片的叶片倾斜故障;以及施加制动器来减慢转子。

[0008] 在本发明的另一个方面,一种用于对包括联接到转子上的至少两个转子叶片的风力涡轮机进行制动的方法,该方法包括如下步骤:检测反转矩损失;响应检测到的反转矩

损失而控制至少两个转子叶片的倾斜角；检测其中至少一个转子叶片的叶片倾斜故障；以及响应在其中至少一个转子叶片中检测到的叶片倾斜故障而改变所有运行的转子叶片的倾斜角变化速率。

[0009] 在本发明的又一个方面，一种构造成用以联接到电网上的风力涡轮机系统包括：包含至少一个转子叶片的转子；联接到转子上的制动器；叶片倾斜促动器；以及联接到叶片倾斜促动器上的处理器，其中，该处理器构造成用以检测电网中的电网异常和在至少一个转子叶片中的叶片倾斜故障。

## 附图说明

[0010] 本发明的这些及其它特征、方面和优点在结合附图来理解下列详细描述时，将变得更为清楚，所有附图中相似的标号表示相似的零件，在附图中：

[0011] 图 1 为示范性风力涡轮机的示范性实施例的透视图。

[0012] 图 2 为图 1 中所示风力涡轮机的一部分的局部剖切透视图。

[0013] 图 3 为用于图 1 和图 2 中所示风力涡轮机的控制系统的示范性实施例的方框图。

[0014] 图 4 为示出用于图 1 和图 2 中所示风力涡轮机的制动方法的示范性实施例的流程图。

[0015] 图 5 为示出图 4 中所示方法的一部分的实例的曲线图。

[0016] 图 6 为在电网损失结合有一个叶片倾斜故障的情况下在风力涡轮机各个位置处的极端负载的表格，并且突出了本发明策略相比于传统（基准）策略的优势。零件清单 10 风力涡轮机 12 发电机 14 塔架 16 主体（机舱）18 转子 20 旋转轴线 22 桨毂 24 叶片 26 发电机 28 控制系统 30 偏航系统 31 偏航驱动器 32 旋转轴线 33 制动器 34 风速计 35 传感器 36 可变叶片倾斜系统 37 促动器 40 总线 42 处理器 44 RAM 46 存储装置 48 ROM 50 输入 / 输出装置 52 传感器接口

## 具体实施方式

[0017] 如文中所用，用语“叶片”旨在表示在相对于周围流体作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”旨在表示利用风能产生转动能的任何装置，且更具体而言，是将风的动能转换成机械能的装置。如文中所用，用语“风力发电机”旨在表示利用由风能所产生转动能来产生电力的任何装置，且更具体而言，是将由风的动能转换而成的机械能转换成电力的装置。如文中所用，用语“风车”旨在表示使用由风能产生的转动能的任何风力涡轮机，且更具体而言，是出于除产生电力外的预定目的（例如但不限于泵送流体和 / 或碾磨物质）而使用由风的动能转换成的机械能的风力涡轮机。

[0018] 图 1 为示范性风力涡轮机 10 的示范性实施例的透视图。图 2 为风力涡轮机 10 的一部分的局部剖切透视图。本文所述和所示的风力涡轮机 10 包括用于由风能来产生电力的风力发电机 12。然而，在一些实施例中，除了风力发电机 12 或作为其备选，风力涡轮机 10 可包括任何类型的风力涡轮机，例如但不限于风车（未示出）。此外，本文所述和所示的风力涡轮机 10 包括水平轴线式构造。然而，在一些实施例中，除了水平轴线式构造或者作为其备选，风力涡轮机 10 可包括垂直轴线式构造（未示出）。风力涡轮机 10 可联接到电网（未示出）上，以便从其上接收电力来驱动风力涡轮机 10 和 / 或其关联构件的操作，以及 /

或者以便向其供应由风力涡轮机 10 所产生的电力。尽管在图 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,可将多个风力涡轮机 10 组合到一起,有时称为“风力田”。

[0019] 在有些实施例中,风力发电机 12 安装在塔架 14 上,然而,在有些实施例中除了安装在塔架上的风力发电机 12 或作为其备选,风力涡轮机 10 包括接近地面和 / 或水面的风力发电机 (和 / 或其它类型的风力涡轮机)。塔架 14 的高度可基于本领域公知的因素和条件来选择。风力发电机 12 包括主体 16,有时称为“机舱”,以及联接到主体 16 上以便围绕旋转轴线 20 而相对于主体 16 旋转的转子 (总体上由 18 所标示)。转子 18 包括桨毂 22,以及从桨毂 22 径向向外延伸以便将风能转换成转动能的多个叶片 24 (有时称为“翼型件”)。尽管本文将转子 18 描述并显示为具有三个叶片 24,但转子 18 可具有任意数量的叶片 24。各叶片 24 均可具有任意长度 (无论本文是否描述)。例如,在有些实施例中,一个或多个转子叶片 24 大约 0.5 米长,而在有些实施例中,一个或多个转子叶片 24 大约 50 米长。叶片 24 长度的其它实例包括 10 米或更短、大约 20 米、大约 37 米,以及大约 40 米。还有的其它实例包括长度在大约 50 米至大约 100 米之间的转子叶片。

[0020] 不管图 1 中如何显示转子叶片 24,转子 18 都可具有任意形状的叶片 24,并且可具有任意类型和 / 或任意构造的叶片 24,无论本文是否描述和 / 或示出了这些形状、类型和 / 或构造。转子叶片 24 的另一类型、形状和 / 或构造的实例为具有容纳在管道 (未示出) 内的涡轮 (未示出) 的管道式转子 (未示出)。转子叶片 24 的另一类型、形状和 / 或构造的另一实例为戴瑞斯 (darrieus) 式风力涡轮机,有时称为“打蛋器”形涡轮机。转子叶片 24 的另一类型、形状和 / 或构造的又一实例为萨伏纽斯 (savonius) 式风力涡轮机。转子叶片 24 的另一类型、形状和 / 或构造的再一实例为用于泵送水的传统风车,例如但不限于具有木质闸板和 / 或织物帆布的四叶片式转子。此外,在一些实施例中,风力涡轮机 10 可以是其中的转子 18 大体逆风地面向以利用风能的风力涡轮机,以及 / 或者可以是其中的转子 18 大体顺风地面向以利用能量的风力涡轮机。当然,在任何实施例中,转子 18 都可不必精确地逆风和 / 或顺风地面向,而可大体上以相对于风向成任意角度 (其可为可变的) 地面向来利用由此的能量。

[0021] 风力发电机 12 包括联接到转子 18 上以便由转子 18 所产生的转动能来产生电力的发电机 26。发电机 26 可为任何适合类型的发电机,例如但不限于绕线式转子感应发电机。发电机由转子 18 的转动能来产生电力的一般性操作为本领域中所公知,且因此本文将不作详细描述。在一些实施例中,风力涡轮机 10 可包括联接到风力发电机 12 的一些或所有构件上以便对风力发电机 12 和 / 或其一些或所有构件 (无论本文是否描述和 / 或示出这些构件) 的操作进行控制的一个或多个控制系统 28。在示范性实施例中,控制系统 28 安装在风力发电机 12 上。然而,另外或作为备选,一个或多个控制系统 28 可远离风力发电机 12 和 / 或风力涡轮机 10 的其它构件。控制系统 28 可用于但不限于对整个系统的监测和控制,包括例如倾斜和速度调节、高速轴和偏航制动应用、偏航和泵用电动机应用和 / 或故障监测。在一些实施例中,可使用备选的分布式或集中式控制体系。

[0022] 在一些实施例中,风力发电机 12 可包括用于对转子 18 的旋转进行制动以便例如减缓转子 18 旋转、克服全风力转矩而对转子 18 进行制动和 / 或使发电机 26 减少发电的制动器 33,例如液压停车制动器、机电制动器、离心制动器、涡流制动器 (减速器),或磁力制动器。此外,在一些实施例中,风力发电机 12 可包括用于使风力发电机 12 围绕旋转轴线 32

进行旋转的偏航系统 30, 用来改变转子 18 的偏航, 且更具体而言, 是用于改变转子 18 所面向的方向, 以便例如调整转子 18 所面向的方向与风向之间的角度。在所示的实施例中, 偏航系统 30 包括偏航驱动器 31 和偏航甲板 37。偏航系统 30 可联接到控制系统 28 上, 以便由其控制。在一些实施例中, 风力发电机 12 可包括用于测量风速和 / 或风向的风速计 34。在一些实施例中, 风速计 34 可联接到控制系统 28 上, 用于向控制系统 28 发送测量值以便对其进行处理。例如以及尽管风速计 34 可联接到控制系统 28 上用于向其发送测量值以便控制风力涡轮机 10 的其它操作, 但风速计 34 可向控制系统 28 发送测量值以便使用偏航系统 30 来控制 / 或改变转子 18 的偏航。作为备选, 风速计 34 可直接联接到偏航系统 30 上以便控制和 / 或改变转子 18 的偏航。风力涡轮机 10 还可包括联接到风力田 10 的一个或多个构件 ( 无论本文是否描述或示出了这类构件 ) 和 / 或电网上一个或多个其它传感器 35, 以便测量这类构件的参数。传感器 35 可包括但不限于构造成用以测量位移、偏航、倾斜、力矩、应变、压力、扭曲、损坏、故障、转子转矩、转子转速、电网中的电网异常和 / 或供应到风力涡轮机 10 的任何构件上的动力异常。尽管示范性传感器 35 在本文中示为联接到风力涡轮机 10 的各个构件上, 例如塔架 14、叶片 24 以及桨毂 22, 但本文所示的传感器 35 并不限于各传感器显示为与其联接的构件, 也不限于在这些构件上所示出的位置。相反而言, 传感器 35 可联接到风力涡轮机 10 的任何构件和 / 或电网上位于其任何位置以便测量其任何参数, 无论本文是否描述和 / 或示出这样的构件、位置和 / 或参数。风力涡轮机 10 ( 且更具体而言为风力发电机 12 ) 的一般性操作为本领域中所公知, 且因此将不在文中作更为详细地描述。

[0023] 风力发电机 12 包括可变叶片倾斜系统 36, 以便有选择地控制 ( 包括但不限于改变 ) 转子叶片 24 的倾斜角。倾斜系统 36 可联接到控制系统 28 上以便由其控制。在所示实施例中, 桨毂 22 收容三个叶片 24, 但其它构造可采用任意数量的叶片。在一些实施例中, 叶片 24 的倾斜角由倾斜系统 36 单独地控制。倾斜系统 36 包括联接到桨毂 22 和叶片 24 上的一个或多个促动器 38, 以便通过使叶片 24 相对于桨毂 22 进行旋转来改变叶片 24 的倾斜角。促动器 38 可包括任何适合的结构、构造、布置、装置和 / 或构件, 无论本文是否对其进行了描述和 / 或示出, 例如但不限于电动机、液压缸、弹簧和 / 或伺服机构。此外, 促动器 38 可由任何适合的方式驱动, 无论本文是否对其进行了描述和 / 或示出, 例如但不限于液压流体、电力、电化学能和 / 或机械能 ( 例如但不限于弹簧力 )。另外或作为备选, 促动器 38 可由从转子 18 的旋转惯性和 / 或储存能量源 ( 未示出 ) 中所提取的能量驱动, 该储存能量源在联接到风力涡轮机 10 上的电网出现电网异常期间向风力涡轮机 10 的构件供能, 这些构件例如但不限于控制系统 28 和 / 或倾斜系统 36。例如, 公用电网中的电网异常可包括但不限于电力故障、欠压状态、过压状态和 / 或频率不符 ( out-of-frequency ) 状态。因而, 储存能量源能够在电网异常期间使叶片 24 倾斜。尽管可使用其它储存能量源, 但在一些实施例中, 储存能量源包括液压蓄能器、发电机、储存的弹簧能量、电容器和 / 或电池。储存能量源可位于风力涡轮机 10 内、风力涡轮机 10 上、邻近和 / 或远离风力涡轮机 10 的任何位置上。在一些实施例中, 储存能量源储存从转子 18 的旋转惯性中提取的能量, 在风力涡轮机 10 的转换器 ( 未示出 ) 内所储存的能量和 / 或其它辅助能量源的能量, 这些辅助能量源例如但不限于联接到风力涡轮机 20 上的辅助风力涡轮机 ( 未示出 )、太阳能电池板和 / 或水力发电设施。

[0024] 在损失电网功率的情况下,所期望的是在停机期间能够控制叶片 24 的倾斜,以帮助制动。在这种情况下,可能没有可用于操作可变叶片倾斜系统 36 的动力。因此,期望将备用能量源(未示出)设置在转子 18 中,用来向可变叶片倾斜系统 36 提供应急备用动力。电池组或其它后备能量源(未示出)可设置在桨毂 22 中,用以将后备动力提供到用于各叶片 24 的可变叶片倾斜系统 36 上。

[0025] 图 3 为控制系统 28 的示范性实施例的方框图。在一些实施例中,控制系统 28 包括总线 40 或其它通信装置,用以传达信息。一个或多个处理器 42 联接到总线 40 用以处理信息,这些信息包括来自风速计 34 和 / 或传感器 35 的信息。控制系统 28 还可包括一个或多个随机存取存储器 (RAM) 44 和 / 或其它的存储装置 46。RAM 44 和存储装置 46 联接到总线 40 上,用以存储和传输待由处理器 42 所执行的信息和指令。RAM 44 (和 / 或如果包括的话还有存储装置 46) 还可用来在处理器 42 执行指令期间存储临时变量或其它中间信息。控制系统 28 还可包括一个或多个只读存储器 (ROM) 48 和 / 或联接到总线 40 上的其它静态存储装置,用以存储并向处理器 42 提供静态(即不变的)信息和指令。输入 / 输出装置 50 可包括本领域中所公知的任何装置,用以向控制系统 28 提供输入数据,以及 / 或者提供例如但不限于偏航控制输出和 / 或倾斜控制输出的输出。通过提供可对一个或多个可电存取介质等进行存取的有线或无线远程连接,可将指令从存储装置提供给存储器,该存储装置例如但不限于磁盘、只读存储器 (ROM) 集成电路、CD-ROM 和 / 或 DVD。在一些实施例中,可使用硬接线电路来代替软件指令或与其结合。因此,执行指令序列并不限于硬件电路和软件指令的任何特定组合,无论本文是否对其进行描述和 / 或图示。控制系统 28 还可包括容许控制系统 28 与风速计 34 和 / 或传感器 35 进行通信的传感器接口 52。传感器接口 52 可为或可包括例如将模拟信号转换成可由处理器 48 使用的数字信号的一个或多个模数转换器。

[0026] 图 4 为示出用于在检测反转矩损失例如在步骤 S4.1 中的电网异常期间对风力涡轮机 10 进行制动的方法的示范性实施例的流程图。一旦存在这种情况,该方法就包括在步骤 S4.2 中例如使用控制系统 28 和 / 或倾斜系统 36 来有选择地控制一个或多个转子叶片 24 的倾斜角。例如,有选择地控制叶片 24 的倾斜角可包括但不限于选择叶片 24 的倾斜角、改变叶片 24 的倾斜角和 / 或控制叶片 24 的倾斜角变化速率。一些倾斜角和 / 或倾斜角变化可将振动应力和 / 或其它作用力引发到风力涡轮机 10 的构件(无论本文是否描述和 / 或图示了这些构件)上,从而有可能引起这些构件的损坏和 / 或故障。例如,一些倾斜角和 / 或倾斜角变化可在叶片 24 间产生倾斜角的不平衡,这可引起风力涡轮机 10 的叶片 24 和 / 或其它构件的损坏和 / 或故障。另一个实例包括在塔架 14 中由一些倾斜角和 / 或倾斜角变化所造成的弯矩,该弯矩损坏塔架 14 和 / 或致使塔架 14 失效。此外,一些倾斜角和 / 或倾斜角变化可引发负载,该负载会引起风力涡轮机 10 的构件的损坏和 / 或故障,这些构件例如但不限于叶片 24、桨毂 22、塔架 14 与风力发电机 12 之间的互连件、塔架 14 的台板(未示出)、风力涡轮机 10 的基座(未示出)、风力涡轮机 10 的齿轮箱、风力涡轮机 10 的轴承和 / 或风力涡轮机 10 的传动系。

[0027] 在一些实施例中,控制叶片 24 的倾斜角包括改变叶片 24 的倾斜角。在一些实施例中,叶片 24 的倾斜角被改变,以通过空气动力学的方式对转子 18 进行制动。更具体而言,叶片 24 从相对于风向成一定角度以使风驱动转子 18 旋转的第一位置改变到有时称为“顺



桨位置”的第二位置,该第二位置相对于风向成一定角度以使风减慢转子 18 的旋转。因此,叶片转子 24 的倾斜角从第一位置变化到第二位置有助于以空气动力学的方式来对转子 18 进行制动。尽管第一位置可包括其它倾斜角,但在一些实施例中,叶片 24 相对于风向所成的角度在大约 -5 度至大约 +5 度之间。此外,尽管第二位置可包括其它倾斜角,但在一些实施例中,叶片 24 相对于风向所成的角度在大约 85 度至大约 95 度之间。在一些实施例中并且例如,当一个或多个控制系统 28 对电网中的电网异常进行检测时,控制系统 28 可命令倾斜系统 36 改变转子叶片 24 的倾斜角,从而响应该电网异常而以空气动力学的方式对转子 18 进行制动。在电网异常的情况下,可从储存能量源中提取能量并供应到控制系统 28 和 / 或倾斜系统 36 以便其操作。

[0028] 接下来,该方法在步骤 S4.3 中确定是否已经检测到转子倾斜故障。当一个或多个叶片 24 的倾斜角控制失效时,就发生了叶片倾斜故障。这可通过倾斜系统 36 上的其中一个传感器 35 将信号发送给控制系统 28 来实现,该信号表明一个或多个叶片 24 的倾斜角当该叶片 24 从第一位置移动到第二位置(步骤 S4.2 中的顺桨位置)时保持恒定。如果检测到叶片倾斜故障,则该方法就可以一种或两种选择来继续进行。第一种选择是在步骤 S4.4 中改变转子叶片 24 的倾斜角变化速率,以进一步帮助减小或消除引发到风力涡轮机 10 的一个或多个构件中的振动应力和 / 或其它作用力。例如,在一些实施例中,叶片 24 的倾斜角变化速率随着叶片 24 在第一位置与第二位置之间移动而变化,以通过空气动力学的方式来对转子 18 进行制动。变化速率的改变(包括但不限于针对各特定变化速率的时刻)可至少部分地基于风力涡轮机 10 的一个或多个构件和 / 或电网的设计参数,以及 / 或者至少部分地基于由风速计 34 和 / 或其中的一个或多个传感器 35 所测量到的风力涡轮机 10 的一个或多个构件和 / 或电网的参数。因此,变化速率的改变(包括但不限于针对各特定变化速率的时刻)可以选择,以有助于减小或消除引发到风力涡轮机 10 的一个或多个预定构件中的振动应力和 / 或其它作用力。例如,变化速率的改变可有助于减小和 / 或消除叶片倾斜不平衡和 / 或其影响。

[0029] 图 5 为示出在步骤 S4.4 中改变叶片 24 的倾斜角变化速率的一个实例的曲线图。在图 5 的示范性实施例中,叶片 24 从第一位置朝向第二位置倾斜,以通过空气动力学的方式来对转子 18 进行制动。当叶片 24 从第一位置朝向第二位置倾斜时,倾斜角以第一速率 62 进行改变,且随后以小于第一速率 62 的第二速率 64 进行改变。更具体而言以及例如,当控制系统 28 在大约  $t_0$  时刻检测到公用电网中的电网异常时,控制系统 28 命令倾斜系统 36 将一个或多个叶片 24 的倾斜角以第一速率 62 从第一位置向第二位置移动。在预定的时段之后,或一旦转子 18 的旋转已减慢了预定量,则控制系统 28 在  $t_1$  时刻命令倾斜系统 36 以第二速率 64 移动叶片 24 的倾斜角,直到叶片 24 在  $t_2$  时刻位于第二位置。在一些实施例中,第一速率 62 有助于尽可能快地减小转子 18 的速度和 / 或转矩,而减小的第二速率 64 有助于减小或消除引发到风力涡轮机 10 的一个或多个构件中的振动应力和 / 或其它作用力。例如,第二速率 64 可有助于对塔架 14 的振动进行减震。

[0030] 返回参看图 4,如果在步骤 S4.3 中已检测到叶片倾斜故障,则第二种选择为在步骤 S4.6 中使发电机的超速阈值降低或减小预定量。例如,控制系统 28 可使发电机的超速阈值减小大约 10% 至大约 25%。作为备选,本发明的方法可使转子的速度阈值降低或减小预定量,而并非发电机的超速阈值。

[0031] 将认识到的是,该方法可执行步骤 S4.4 和步骤 S4.6 二者。也就是说,本发明的方法可既在步骤 S4.4 中改变倾斜角变化速率,也可在步骤 S4.6 中减小发电机的超速阈值。

[0032] 接下来,在步骤 S4.5 中,该方法确定发电机/转子速度是否高于减小的发电机/转子超速阈值。如果不是,则该方法回到步骤 S4.2,并且叶片 24 继续向顺桨位置倾斜。然而,如果发电机/转子速度高于减小的发电机/转子超速阈值,则在步骤 S4.7 中施加制动器 33 来进一步减慢转子 18 的旋转。该方法持续施加制动器 33,直到发电机速度低于制动器释放阈值,该释放阈值远低于减小的发电机超速阈值。例如,制动器释放阈值可为标称发电机速度的大约 33%。一旦转子 18 减慢并且发电机速度低于制动器释放阈值,则该方法就不再施加制动器 33,该方法回到步骤 S4.2,并且叶片 24 继续向顺桨位置倾斜。

[0033] 图 6 为示出来自传感器 35 各个位置的模拟负载测量值的表格,该测量值通常受益于此文献所述的策略。第一列 66 包含在电网损失结合有一个叶片倾斜故障的情况下,借助用于涡轮机停机的基准(传统)策略进行模拟期间所观察到的极端值。将所有值归一化使得基准代表 100%。第二列 68 包含作为在检测到倾斜故障后立即施加制动器 33 的结果而从传感器 35 上得到的极端负载测量值。例如,位于桨毂 22 中心处的传感器 35 测量到作为在基准策略之前施加制动器 33 的结果而得到为基准值的大约 84.6% 的极端负载。第三列 70 包含仅作为由于检测到倾斜故障而将叶片 24 的叶片倾斜变化速率从第一速率 62 变到第二速率 64 的结果而从传感器 35 上得到的极端负载测量值。例如,位于桨毂 22 中心处的传感器 35 测量到作为改变叶片倾斜变化速率的结果而得到为基准水平的大约 79.4% 的极端负载。第四列 72 包含作为施加制动器 33 并使叶片 24 的叶片倾斜变化速率从第一速率 62 变到第二速率 64 的结果而从传感器 35 上得到的极端负载测量值。例如,位于桨毂 22 中心处的传感器 35 测量到为基准水平的大约 75.3% 的极端负载,该极端负载低于因仅施加制动器 33 和仅改变叶片倾斜变化速率而得到的负载测量值。

[0034] 上文所述和/或所示的方法和系统对于风力涡轮机的制动成本低廉且有效。更具体而言,通过在对风力涡轮机转子进行制动期间改变转子叶片的倾斜角变化速率并且在检测到叶片倾斜故障时有选择地对风力涡轮机施加制动器,本文所述和/或所示的方法及系统有助于减小引发到风力涡轮机中的作用力。因此,本文所述和/或所示的方法及系统可有助于减小风力涡轮机构件的损坏和/或故障,同时又有助于对风力涡轮机转子进行有效制动。因此,本文所述和/或所示的方法及系统的技术效果可包括有助于减小或消除引发到风力涡轮机中的作用力,以有助于减小风力涡轮机构件的损坏和/或故障,同时又有助于对风力涡轮机转子进行有效制动。

[0035] 尽管本文所述和/或所示的系统及方法是针对风力涡轮机、且更具体地针对风力发电机转子的制动来进行描述和/或图示,但本文所述和/或所示的系统及方法的实现不限于风力发电机,也通常不限于风力涡轮机。相反而言,本文所述和/或所示的系统和方法适用于对具有一个或多个叶片的任何转子进行制动。

[0036] 本文详细描述和/或图示了系统和方法的示范性实施例。该系统和方法并不限于本文所述的具体实施例,而是可与本文所述的其它构件和步骤相独立地和分开地利用各系统的构件和各方法的步骤。各构件和各方法步骤还可与其它构件和/或方法步骤结合使用。

[0037] 在介绍本文所述和/或所示的组件和方法的元件/构件/等时,冠词“一”、“一

个”、“该”、“所述”，以及“至少一个”旨在表示存在元件 / 构件 / 等中的一个或多个。用语“包括”、“包含”，以及“具有”认为是包括性的，以及表示除了所列的元件 / 构件 / 等外还可存在另外的元件 / 构件 / 等。

[0038] 本书面说明使用了包括最佳方式的实例来公开本发明，并且还使本领域的任何技术人员能够制作和使用本发明。本发明可取得专利的范围由权利要求所限定，并且可包括本领域熟练的技术人员所构思出的其它实例。如果这些其它实例与权利要求中的书面语言并无不同，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区别的等同结构元件，则将意味着这样的实例属于权利要求的范围之内。

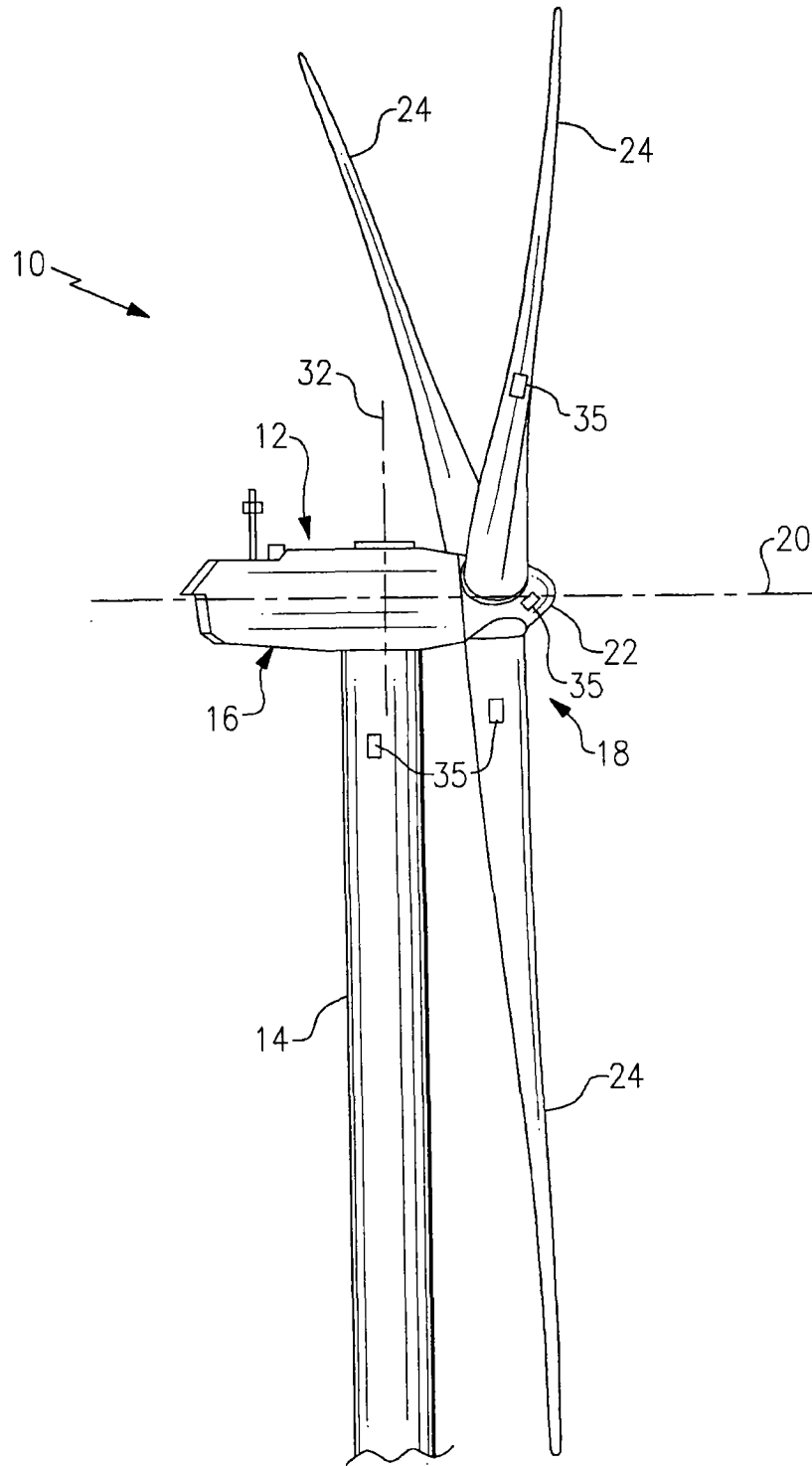


图 1

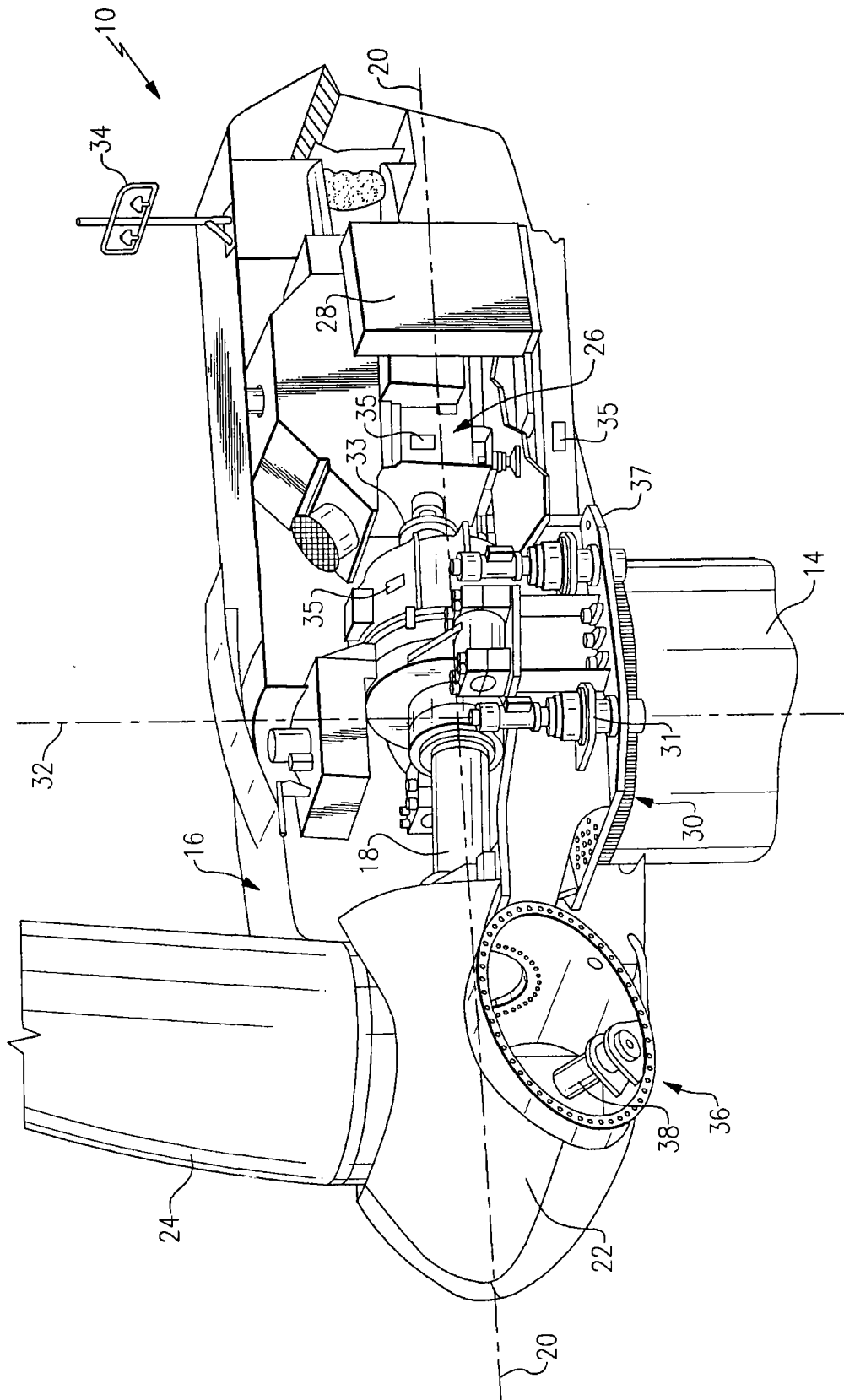


图 2

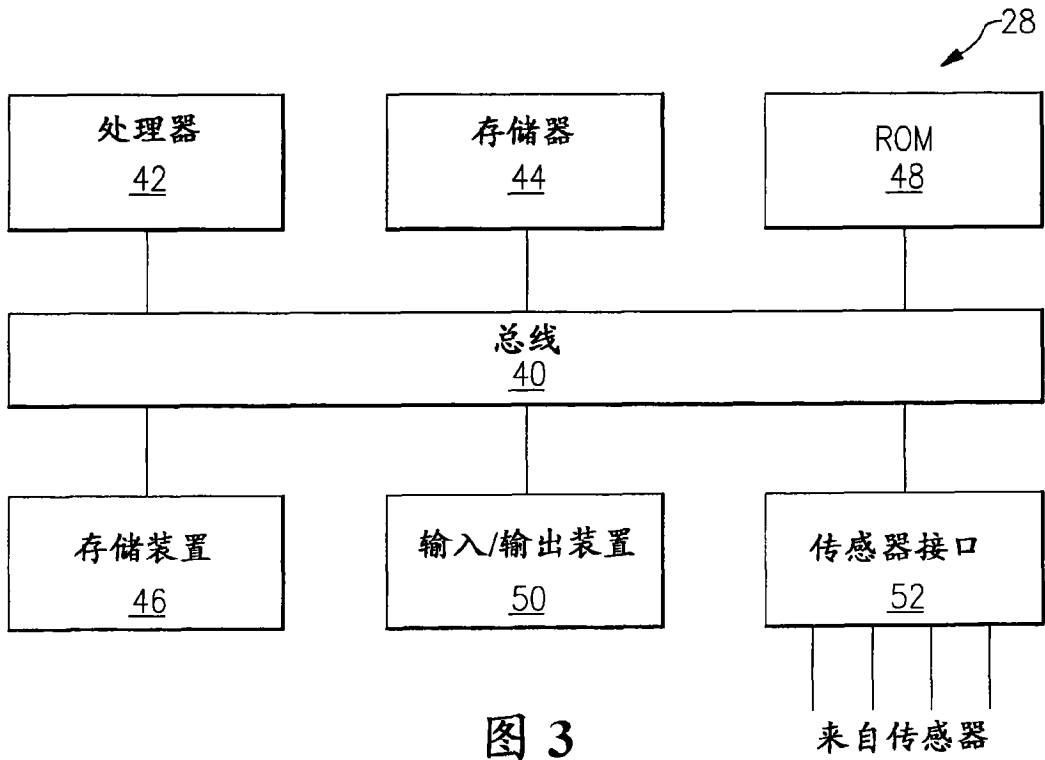


图 3

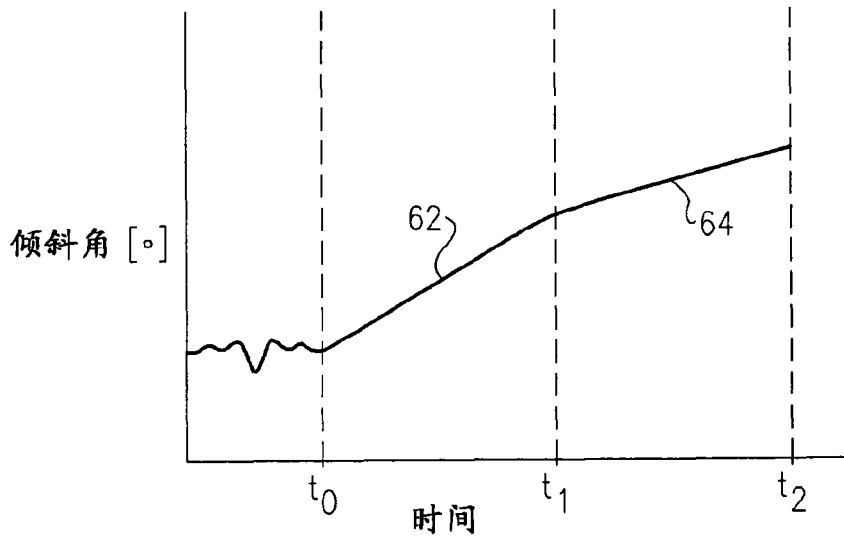


图 5

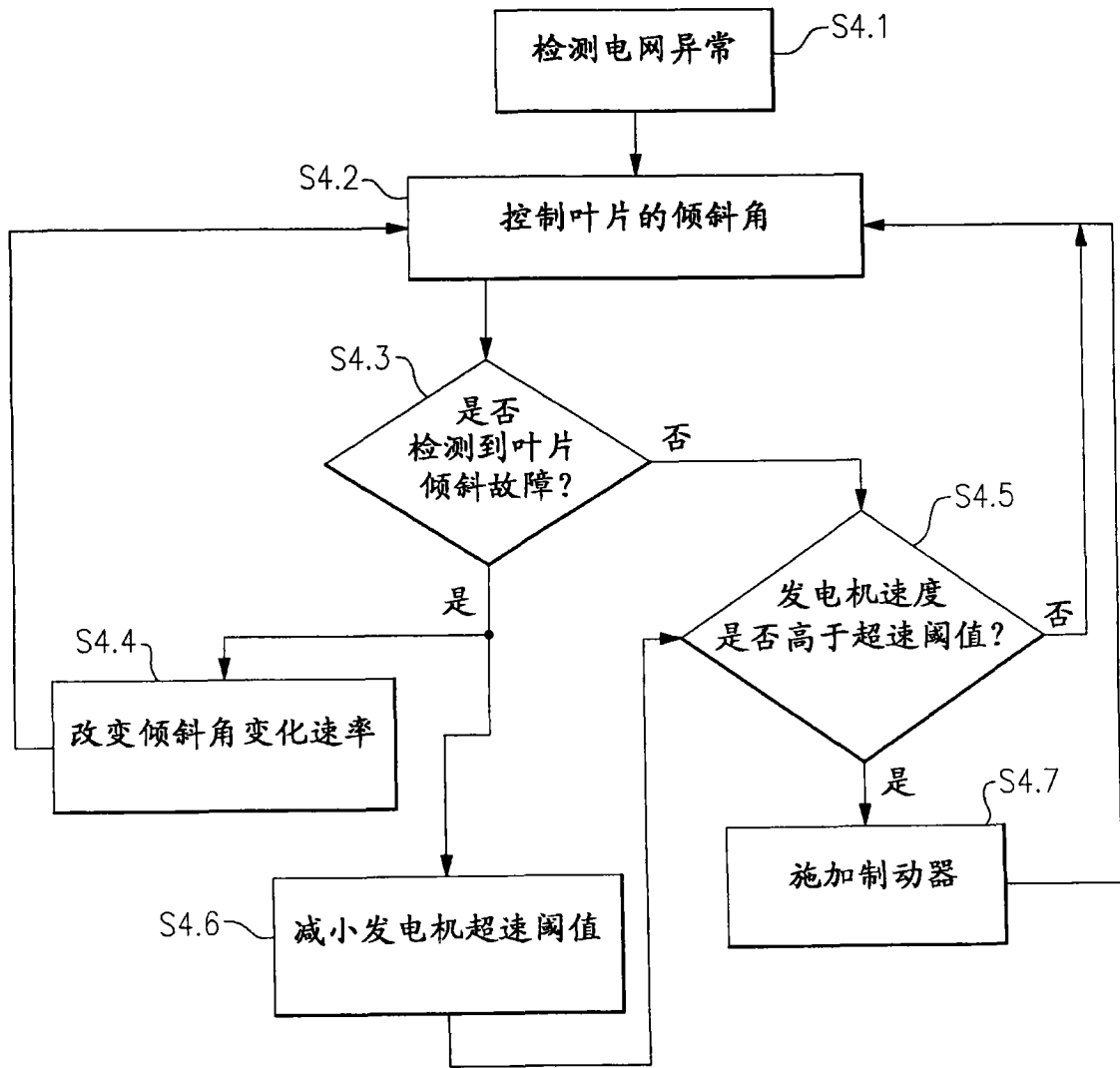


图 4

传感器	66		68		70		72	
	基准	100%	84.6%	84.9%	84.6%	87.8%	87.1%	84.6%
桨毂中心处的合力矩	100%	100%	84.6%	84.9%	84.6%	87.8%	87.1%	84.6%
毂缘处的合力	100%	100%	84.6%	84.9%	84.6%	87.8%	87.1%	84.6%
偏航轴承处的偏航力矩	100%	100%	84.6%	84.9%	84.6%	87.8%	87.1%	84.6%
偏航轴承处的点头振动	100%	100%	84.6%	84.9%	84.6%	87.8%	87.1%	84.6%
偏航轴承处的合力	100%	100%	84.6%	84.9%	84.6%	87.8%	87.1%	84.6%
塔架基座处的转矩	100%	100%	84.6%	84.9%	84.6%	87.8%	87.1%	84.6%
			75.3%	70.6%	72.4%	73.5%	73.5%	72.3%
			79.4%	78.7%	76.2%	80.8%	83.3%	76.2%
			75.3%	70.6%	72.4%	73.5%	73.5%	72.3%

图 6