



(10)授权公告号 CN 106922162 B

(45)授权公告日 2019.04.23

(21)申请号 201580052303.0

(22)申请日 2015.09.03

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106922162 A

(43)申请公布日 2017.07.04

(30)优先权数据

PA201470597 2014.09.29 DK

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.03.27

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/DK2015/050259 2015.09.03

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/050249 EN 2016.04.07

(73)专利权人 维斯塔斯风力系统有限公司

地址 丹麦奥尔胡斯

(72)发明人 M·A·克亚尔

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 吕俊刚 李艳芳

(51)Int.Cl.

F03D 7/04(2006.01)

F03D 9/25(2016.01)

F03D 7/02(2006.01)

F03D 17/00(2016.01)

审查员 张人天

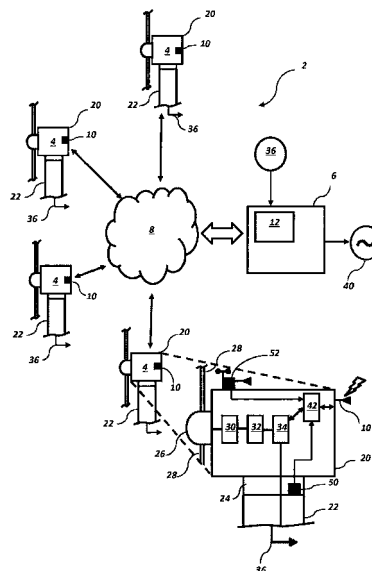
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

#### (54)发明名称

验证传感器的方法、风场、控制器以及控制机舱偏航系统的方法

#### (57)摘要

验证传感器的方法、风场、控制器以及控制机舱偏航系统的方法。本发明涉及用于验证安装在风力涡轮机上的机舱偏航位置传感器并且用于采取复位动作以控制机舱偏航位置的技术。本发明涉及一种方法，该方法执行包括以下的步骤：确定与第一风力涡轮机相关的第一绝对风向信号；确定与多个其它风力涡轮机相关的第二绝对风向信号；将两个风向信号进行比较；并且如果第一信号超过第二信号的预定误差范围，则发出机舱偏航位置传感器故障信号。本发明的益处是能够在不直接测量或检查的情况下检测不准确机舱偏航传感器。



1. 一种验证与第一风力涡轮机相关的机舱偏航位置传感器的方法, 所述第一风力涡轮机在包括多个其它风力涡轮机的风场中, 所述方法包括:

确定与所述第一风力涡轮机相关的第一绝对风向信号;

确定与所述多个其它风力涡轮机相关的第二绝对风向信号;

将所述第一绝对风向信号与所述第二绝对风向信号进行比较; 以及

如果所述第一绝对风向信号超过所述第二绝对风向信号的预定误差范围, 则发出机舱偏航位置传感器故障信号。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述第二绝对风向信号表示针对所述多个其它风力涡轮机的绝对风向的平均值。

3. 根据权利要求2所述的方法, 其中, 所述第二绝对风向信号表示加权平均值。

4. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 响应于所述故障信号的发出, 使用所述第二绝对风向信号确定与所述第一风力涡轮机相关的估计的机舱偏航位置信号。

5. 根据权利要求4所述的方法, 其中, 所述估计的机舱偏航位置信号通过从所述第二绝对风向信号减去与所述第一风力涡轮机相关的相对风向信号来确定。

6. 根据权利要求4所述的方法, 其中, 所述估计的机舱偏航位置信号由所述第一风力涡轮机本地的控制器使用以控制所述机舱的所述偏航位置。

7. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述第一绝对风向信号由所述第一风力涡轮机处的本地控制器确定。

8. 根据权利要求7所述的方法, 其中, 所述第一绝对风向信号通过组合机舱位置信号和相对风向信号来确定。

9. 根据权利要求7所述的方法, 其中, 所述第一绝对风向信号和所述第二绝对风向信号的比较由所述本地控制器执行。

10. 根据权利要求7至9中的任一项所述的方法, 其中, 所述第二绝对风向信号由风场控制器确定并且被发送到所述本地控制器。

11. 根据权利要求7至9中的任一项所述的方法, 其中, 所述第二绝对风向信号由所述本地控制器确定。

12. 根据权利要求2至6中的任一项所述的方法, 其中, 所述第一绝对风向信号由风场控制器确定。

13. 根据权利要求12所述的方法, 其中, 所述第二绝对风向信号由所述风场控制器确定, 并且其中, 所述第一绝对风向信号和所述第二绝对风向信号的比较由所述风场控制器执行, 由此所述故障信号由所述风场控制器产生并且被发送到本地控制器。

14. 一种包括第一风力涡轮机和多个其它风力涡轮机的风场, 所述风场包括控制器, 所述控制器被配置为:

确定与所述第一风力涡轮机相关的第一绝对风向信号;

确定与所述多个其它风力涡轮机相关的第二绝对风向信号;

将所述第一绝对风向信号与所述第二绝对风向信号进行比较; 以及

如果所述第一绝对风向信号超过所述第二绝对风向信号的预定误差范围, 则发出机舱偏航位置传感器故障信号。

15. 一种用于风力涡轮机或风场的控制器, 所述控制器被配置为:

确定与第一风力涡轮机相关的第一绝对风向信号；  
确定与多个其它风力涡轮机相关的第二绝对风向信号；  
将所述第一绝对风向信号与所述第二绝对风向信号进行比较；以及  
如果所述第一绝对风向信号超过所述第二绝对风向信号的预定误差范围，则发出机舱偏航位置传感器故障信号。

16. 根据权利要求15所述的控制器，其中，在确定所述第二绝对风向信号时，所述控制器被配置为从远离所述控制器的第二控制器接收所述第二绝对风向信号。

17. 一种控制风力涡轮机的机舱偏航系统的方法，所述风力涡轮机在具有多个风力涡轮机的风场内，所述方法包括：

确定与所述风力涡轮机相关的相对风向信号，  
确定与所述风场中的所述多个风力涡轮机相关的绝对风向信号，  
基于所述绝对风向信号和所述相对风向信号确定估计的机舱偏航位置信号，以及使用所述估计的机舱偏航位置信号控制所述机舱偏航系统。

18. 根据权利要求17所述的方法，其中，所述绝对风向信号表示针对多个其它风力涡轮机的绝对风向的平均值。

19. 根据权利要求18所述的方法，其中，所述绝对风向信号表示加权平均值。

20. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法，其中，所述绝对风向信号的确定由风场控制器执行。

21. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法，其中，所述绝对风向信号的确定由与所述风力涡轮机相关的本地控制器执行。

22. 根据权利要求21所述的方法，其中，所述估计的机舱偏航位置信号的确定在所述本地控制器处执行。

23. 根据权利要求20所述的方法，其中，所述估计的机舱偏航位置信号的确定在所述风场控制器处执行并且被发送到与所述风力涡轮机相关的本地控制器。

24. 根据权利要求20所述的方法，其中，所述绝对风向信号被发送到所述风力涡轮机本地的控制器，并且其中，所述估计的机舱偏航位置信号的确定在本地控制器处执行。

25. 一种包括第一风力涡轮机和多个其它风力涡轮机的风场，其中，每个风力涡轮机包括机舱偏航系统，所述风场包括控制器，所述控制器被配置为：

确定与所述第一风力涡轮机相关的相对风向信号，  
确定与所述风场中的多个风力涡轮机相关的绝对风向信号，  
基于所述绝对风向信号和所述相对风向信号确定估计的机舱偏航位置信号，以及使用所述估计的机舱偏航位置信号控制所述机舱偏航系统。

26. 一种用于风力涡轮机或风场的控制器，所述控制器包括针对所述风力涡轮机的偏航控制系统，所述控制器被配置为：

确定与所述风力涡轮机相关的相对风向信号，  
确定与所述风场中的多个风力涡轮机相关的绝对风向信号，  
基于所述绝对风向信号和所述相对风向信号确定估计的机舱偏航位置信号，以及使用所述估计的机舱偏航位置信号控制机舱偏航系统。

## 验证传感器的方法、风场、控制器以及控制机舱偏航系统的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于验证安装在风力涡轮机上的机舱偏航 (yaw) 位置传感器并且用于采取复位动作以控制机舱偏航位置的技术。

### 背景技术

[0002] 市场上存在各种类型的风力涡轮机。当然,水平轴风力涡轮机或“HAWT”大概是最常见的,并且包括在垂直塔架顶部上的机舱。机舱支承具有绕水平轴转动的一组叶片的转子。

[0003] 由于性能原因,转子与风向对准是很重要的。在一些HAWT设计中,转子被设计为面向风进行操作,并且在其它情况下,转子被设计为面向“顺风”方向进行操作。

[0004] 在这些配置中,风力涡轮机包括机舱偏航控制系统,机舱偏航控制系统可围绕塔架轴线使机舱偏航。偏航控制系统使用例如来自机舱安装的风速计和方向传感器的风向信息,来确定风强度和其相对于机舱的偏航位置的方向。然后,偏航控制系统能够使机舱偏航以使其面向风,从而能够使风力涡轮机从风提取的电力最大化。

[0005] 在执行机舱的偏航控制中,偏航控制系统必须被提供有关于机舱的准确位置信息。如果没有准确信息,则会存在偏航控制系统无法将机舱与风向对准的风险,这可能会导致发电效率降低。另外,与相对于机舱的方向相比,风力涡轮机能够确定绝对风向现在是很重要的,这是因为该参数可以用于特定控制策略,诸如例如唤醒减少技术。绝对风向通常通过将相对风向相加到机舱偏航位置来确定。

[0006] 在典型偏航控制系统中,机舱位置从监测塔架安装偏航齿圈的运动的传感器得出,偏航齿圈通过一个或多个电机驱动偏航小齿轮旋转。通常,光或磁编码器传感器可用于此目的。也可以测量偏航驱动小齿轮之一的旋转运动。

[0007] 偏航测量系统中的误差在特定情况下可累积为显著偏航误差,这会造成严重的影响,特别是对风力涡轮机的绝对风向值的确定。从以上论述中应当想到,将期望至少检测偏航传感器何时提供不准确数据,使得可以采取合适动作。还期望减少不准确数据的出现,以使在风场中的给定风力涡轮机总是具有其可用的绝对风向的可接受准确测量,从而可以实现控制目标。

[0008] 正是在这种背景下构思了本发明。

### 发明内容

[0009] 第一方面,本发明提供一种验证与第一风力涡轮机相关的机舱偏航位置传感器的方法,第一风力涡轮机在包括多个其它风力涡轮机的风场中,该方法包括:

[0010] 确定与第一风力涡轮机相关的第一绝对风向信号;

[0011] 确定与多个其它风力涡轮机相关的第二绝对风向信号;

[0012] 将第一绝对风向信号与第二风向信号进行比较;以及

[0013] 如果第一绝对风向信号超过第二风向信号的预定误差范围,则发出机舱偏航位置传感器故障信号。

[0014] 需要注意的是,当被应用至风场中的风力涡轮机时,术语“多个”不应该被理解是指风场中的所有其它风力涡轮机。

[0015] 本发明的益处是,其能够在不直接测量或检查的情况下检测不准确机舱偏航传感器。相反,贯穿风场从风力涡轮机收集的数据被用于拾取测量异常。由于不准确机舱偏航传感器可以被及时地发现,这使得能够迅速采取补救动作,从而改进精确绝对风向数据的可用性。这将改进风场的潜在风向报告功能的准确性。

[0016] 本发明也可以表示为并且从而还包括包括第一风力涡轮机和多个其它风力涡轮机的风场,该风场包括被配置为执行上述步骤的控制器。将想到,具有该功能的控制器可以位于风力涡轮机内或是风场控制站中,或者另选地,控制器功能可以分布在风场的一个或更多个组件(诸如两个或更多个风力涡轮机、或中央控制器和风力涡轮机)之间,它们被耦接在一起从而可以共享数据。

[0017] 本发明的第一方面允许验证来自机舱偏航位置传感器的数据。一旦传感器被确定为不准确,则一种选择是关闭涡轮机,直到故障得以解决为止。然而,本发明还提供了一种技术,该技术基于从风场中的其它风力涡轮机接收的数据获得针对给定风力涡轮机的替代机舱偏航位置数据,使得替代机舱偏航位置数据可用来替换由偏航位置传感器测量的偏航位置数据。为此,在第二方面,本发明提供了一种控制风力涡轮机的机舱偏航系统的方法,该风力涡轮机在具有多个风力涡轮机的风场中,该方法包括:

[0018] 确定与风力涡轮机相关的相对风向信号,

[0019] 确定与风场中的多个风力涡轮机相关的绝对风向信号,

[0020] 基于绝对风向信号和相对风向信号确定所估计的机舱偏航位置信号,以及

[0021] 使用所估计的机舱偏航位置信号控制机舱偏航系统。

[0022] 本发明也可表示为并且从而还包括包括第一风力涡轮机和多个其它风力涡轮机的风场,该风场包括被配置为执行上述步骤的控制器。

[0023] 本发明的优选和/或可选特征在从属权利要求中限定。

## 附图说明

[0024] 图1是风场的示意图;

[0025] 图2是可操作以识别故障机舱偏航位置传感器的系统的示意图;

[0026] 图3是可操作以估计机舱偏航位置的系统的示意图;

[0027] 图4是图2的另选系统的示意图;

[0028] 图5是图3的另选系统的示意图;

[0029] 图6是图2的另一另选系统的示意图;以及

[0030] 图7是图3的另一另选系统的示意图。

## 具体实施方式

[0031] 参照图1,风场2包括中央控制站6和多个风力涡轮机4。风力涡轮机4通过数据通信网络8与中央控制站6进行通信。

[0032] 数据通信网络8在每个风力涡轮机4处的各个通信节点10与位于中央控制站6的风场控制器12之间提供连通。在所示实施方式中,数据通信网络8是无线局域网络(LAN),诸如使用IEEE 802.11标准之一的以太网网络。然而,有线网络也是可以接受的。数据通信网络8的具体形式不是本发明的中心,所以在这里不再进行详细描述。然而,这样的网络的配置被认为在本领域技术人员或团队的能力内,并且在风场设计和安装领域中是通常已知的。

[0033] 因此数据通信网络8服务以连接风力涡轮机4和风场控制器12,使得控制器12可以执行对每个风力涡轮机4的监控功能以实现电力供应目标,并且将风场作为一个整体执行性能监控和诊断。这样的系统通常被称为SCADA(监控和数据采集)系统,并且在本领域是已知的。

[0034] 在这一点上,需要注意的是,虽然图1示出包括四个风力涡轮机4的风场2,但是这只是为了简单起见,实际上,在风场中将存在更多风力涡轮机。目前,已知风场包括超过100个风力涡轮机。

[0035] 图1中的插图以放大形式示出风力涡轮机4中的一个,以展现一些其内部组件。为了便于论述,其它风力涡轮机可以被假设具有基本相同的配置。

[0036] 总之,并且通常来说,风力涡轮机4包括安装在塔架22顶部上的机舱20。机舱20被安装在塔架上,使得机舱可以通过机舱偏航控制系统24绕塔架22的主(垂直)轴线旋转。

[0037] 风力涡轮机4为水平轴风力涡轮机(HAWT),并且同样地,机舱20支承携带一组叶片28的水平定向轮毂26。轮毂26通过主轴承(未示出)被支承在机舱20上,并且被配置为驱动变速箱30,并且依次驱动发电机32。发电机32将AC电压和电流输出到电力转换器34,电力转换器34然后通过为电缆36形式的电网侧连接输出电网电压。电网侧连接36针对每个风力涡轮机4在图1中示出并且被配置为输送至中央控制站6,中央控制站6依次提供将受控电力输入提供到电网40的设施。

[0038] 机舱20还容纳控制器42,控制器42对于风力涡轮机4是本地的并且负责进行所有本地命令和控制任务,诸如控制电力输出,控制转子速度,控制叶片节距,与中央控制站6通信,等等。虽然在图1中未示出,但是将理解,本地控制器42可以通过控制区域网络总线(CAN总线)而不是通过与每个组件的直接连接执行这些功能。还将理解,机舱20和在机舱中设置的组件在图1中的示出被简化以用于论述,并且实际上机舱20包括许多其它系统组件。

[0039] 在本发明中,本地控制器42与偏航控制系统24通信,以控制机舱的偏航位置,并且以此方式,本地控制器42能够采取必要动作以使机舱20偏航,使得机舱面向风以优化电力产生。为此目的,本地控制器42被配置为从机舱偏航位置传感器50接收输入信号,并且从风传感器52接收相对风向信号51。如所解释的,以此方式,本地控制器42能够计算风力涡轮机4附近的在定位机舱时有用的绝对风向,并且实现其它控制目标。风传感器52可以为用于检测本地风相对于风力涡轮机的机舱的方向的任何合适传感器。如所示,风传感器52是组合的风速计和风向标单元,但是超声波风传感器在本领域中也是已知的。

[0040] 如将解释的,本地控制器42还设置有验证机舱偏航位置传感器50的操作并且如果其检测到其输出信号提供不准确数据则采取适当动作的设施。虽然在此的一个选择是如果传感器50被确定出现故障,则将简单地使风力涡轮机处于安全模式,但是在本发明中,本地控制器42装配有基于从其它风力涡轮机接收的数据估计其机舱偏航位置的功能。如将解释的,该功能可以提供在本地控制器42处,或者另选地,该功能可以分布在本地控制器42和中

央控制站6处的风场控制器12之间。

[0041] 在图2和图3的功能框图中示出一个示例,其中,风场控制器12的功能由标记为“FC”的系统边界来表示,而本地控制器42的功能由标记为“LC”的系统边界来表示。因此,应当想到,在该实施方式中,功能被分离或分布在本地控制器42和风场控制器12之间。

[0042] 图2示出了诊断功能,诊断功能负责通过检测其提供的数据中的误差来验证机舱偏航位置传感器50的操作。

[0043] 总之,本地控制器42被配置为将在风力涡轮机4处本地测量的绝对风向与从风场2中的至少两个其它风力涡轮机得到的“平均”风向进行比较。基于该比较的结果,控制器42能够根据比较信号相差大于预定量推断出机舱偏航位置传感器正在输出不准确数据。

[0044] 更详细地,本地控制器42包括负责偏航控制系统24的总体操作的控制模块54、以及诊断模块56,诊断模块56负责监测来自机舱偏航位置传感器50和风传感器52的信号,并且当检测到来自偏航位置传感器50的信号被认为故障时发出报告信号。

[0045] 因此,控制模块54从偏航位置传感器50和风传感器52接收相应信号,并且基于这些信号,实现所存储的控制算法以经由控制输出信号58控制机舱20的偏航位置。控制算法的精确详情不是本发明的重点,因此在这里将不详细描述。

[0046] 诊断模块56可操作以与控制模块54并肩运行以确定机舱偏航位置传感器50正在输出不准确数据。如上所述,诊断模块56被配置为将在风力涡轮机4处本地测量的绝对风向与从风场2中的至少两个其它风力涡轮机得到的“平均”风向进行比较。因此,诊断模块54在加法模块60处将来自机舱偏航位置传感器50与风传感器52的信号进行组合。

[0047] 加法模块60的输出是表示风力涡轮机4本地的绝对风向的信号63,也就是说,测量相对于地面的风向,该信号63随后被输入到比较模块62。比较模块62还从风场控制器12接收信号65。从风场控制器12输出的信号65表示针对风场2中的两个或更多个其它风力涡轮机4的绝对风向的平均值,现在将进行解释。

[0048] 在所示的实施方式中,风场控制器12接收来自风场中的其它风力涡轮机4的多个绝对风向信号,如多个输入箭头“64”指示的,并且在求平均模块66处计算平均值。以此方式,来自其它风力涡轮机4的绝对风向信号被求平均以获取本地区域中的实际盛行风向的估计值。虽然可以实现所有接收信号64的简单求平均,但是为了改进求平均计算的准确度,求平均模块66可以被配置为根据从其接收信号64的相关风力涡轮机的接近度给信号64分配权重。例如,来自附近风力涡轮机的信号64可以比来自更远的涡轮机的信号给予更高的权重,这是因为绝对风向对于附近风力涡轮机比对于较远的风力涡轮机可能更类似。此外,设想,可以对信号64执行一定程度的预处理以去除“异常值”,即,从其它信号偏离多于预定阈值的那些信号。

[0049] 在这点上,应当注意的是,将来自所有其它风力涡轮机的绝对风向数据输入到求平均模块66不是必要的。作为代替,仅一些风力涡轮机可以被选择,这可能是那些特定位置处的风向较少改变。在基本程度,虽然风场中的两个或更多个其它风力涡轮机被用于得到绝对风向的平均值,但是实际上,有助于对平均绝对风向值的更多风力涡轮机将增加其准确度。

[0050] 返回到本地控制器42,比较模块62将i)从加法模块60和ii)从风场控制器12接收的绝对风向值进行比较,并且确定来自加法模块60的绝对风向信号(也就是说“第一绝对风

向信号63”)是否在从风场控制器60接收的绝对风向信号(即“第二绝对风向信号65”)的预定误差范围内。

[0051] 响应于确定第一绝对风向信号超过第二绝对风向信号的预定误差范围或在第二绝对风向信号的预定误差范围“之外”,比较模块62发出故障检测信号,该故障检测信号在图2中被识别为“70”。判断第一绝对风向信号何时在第二绝对风向信号的误差范围之外是在精确地检测故障之间的平衡,同时避免不必要地触发故障检测。设想,如果将误差范围限定为第二绝对风向 $\pm 20$ 度,则可接受结果将被实现。也就是说,如果第一绝对风向信号大于第二绝对风向信号多于20度,或小于第二绝对风向信号多于20度,则故障将被触发,即,误差范围可以被认为是关于第二绝对风向信号的值的40度“摆动”。

[0052] 优选地,设想,如果误差范围约为关于第二绝对风向信号的30度“摆动”,即 $\pm 15$ 度,则将实现更准确的故障诊断。然而,目前设想,最优选的是将误差范围限定为 $\pm 10$ 度。应当想到,较窄误差范围是可能的。

[0053] 应当想到,上述计算基于如下前提:风场中的所有风向对于所有风力涡轮机来说基本是相同的。因此,如果所考虑的风力涡轮机4的机舱偏航位置传感器50正确地操作,则通过组合通过风传感器测量的相对风向和通过偏航位置传感器测量的机舱偏航位置计算的该风力涡轮机特定的绝对风向信号应该与风场中的剩余涡轮机的平均绝对风向大致相同。

[0054] 在触发故障检测信号70时可以采取各种动作。一种选择是本地控制器42经由故障报告模块72向作为整个SCADA系统的一部分的风场控制器12发送故障报告信号74。然后,故障将由维修人员在适当时间进行记录以进行调查。

[0055] 为了避免不必要地触发故障检测,计算模块62可以被配置为仅在已经检测到预置数量的故障信号之后发出故障检测信号70。例如,在识别出故障信号时,计算模块可以被配置为在10秒时间段之后发出故障检测信号70。在可以作为先前描述动作的替代或补充的另一种动作中,风力涡轮机控制器42可以被配置为将机舱偏航至复位位置,这将触发机舱偏航位置传感器50的重置。

[0056] 在进一步替代或补充动作中,本地控制器42可以被配置为使用从风场控制器12接收的信息来估计机舱偏航位置以替换由偏航位置传感器50测量的机舱偏航位置。结果,风力涡轮机4能够基于所估计的偏航位置继续操作。该处理如图3所示,其再次示出了风场控制器“FC”和本地控制器“LC”的系统边界。该处理应当被认为能够与以上参照图2描述的检测处理并肩运行,并且可以被触发以在发出故障检测信号70之后操作预定时间段,例如在该事件之后一分钟。

[0057] 在图3中,本地控制器42包括可操作以确定所估计的机舱偏航位置的估计模块80。同样地,估计模块80接收来自在本地控制器42处的加法模块60的相对风向信号63,并且接收来自在风场控制器12处的求平均模块66的第二绝对风向信号65。估计模块80包括减法模块82,减法模块82从绝对风向信号65中减去相对风向信号51并且向控制模块54输出所估计的机舱偏航位置信号84。因此,应当想到,控制模块54能够使用所估计的机舱偏航位置信号84替换由偏航位置传感器50确定的机舱偏航位置。

[0058] 一个显著益处是,风力涡轮机4可以基于所估计的机舱偏航位置操作,所估计的机舱偏航位置基于从风场2中的其它风力涡轮机收集到的信息。在没有该设施的情况下,风力



涡轮机将需要处于安全模式并被关闭,这将消除其对风场2的所生成电力输出的贡献。因此,本发明改进了各个风力涡轮机的操作效率,也改进整个风场的效率。

[0059] 以上论述说明了由本发明提供的功能被分布在本地控制器42和风场控制器12之间,并且图2和图3的实施方式示出了如何实现这种分布式功能的一种形式。

[0060] 现在将参照图4和图5描述另选方案。在该实施方式中,为了简单起见,相同附图标记将用于指代图2和图3中的相同或相似组件/模块。

[0061] 图4示出了检测机舱偏航位置传感器50的故障信号的功能,并且同样地,应当与图2相比较。在该实施方式中,需要注意的是,通过系统边界“FC”表示的风场控制器12执行确定风力涡轮机4的机舱偏航位置传感器50正在输出故障数据并且发出故障检测信号70的角色。

[0062] 为此,风场控制器12包括求平均模块66、加法模块60和计算模块62。在先前实施方式中,加法模块60在风里涡轮机4处例如通过通信网络8从本地控制器42接收来自机舱偏航位置传感器50和风传感器52的信号,并且将这些信号组合为绝对风向信号63。计算模块62然后将信号63与从求平均模块66接收的平均绝对风向信号65进行比较。如前所述,当计算模块62确定第一绝对风向信号63在第二绝对风向信号65的预定误差范围之外时,发出故障检测信号70。

[0063] 故障检测信号70被输入到控制模块54中,控制模块54被配置为采取如上关于图2和图3论述的适当动作。

[0064] 从图4应当想到,检测来自机舱偏航位置传感器50的故障数据输出的处理比图2的实施方式更多集中于,风场控制器12执行大部分的处理,而本地控制器42仅对故障检测信号70的发出作出反应。

[0065] 现在将参考图5说明用于计算所估计的机舱偏航位置的类似集中处理。这里需要注意的是,估计模块80在风场控制器FC的系统边界内。同样地,估计模块80处的减法模块82基于i)从风力涡轮机4的风传感器52接收的相对风向信号51和ii)从求平均模块66接收的平均风向信号65计算并且输出所估计的机舱偏航位置信号84。所估计的机舱偏航位置信号84然后直接被输入到本地控制器42的控制系统54,该控制系统54然后能够忽略机舱偏航位置的其内部计算值。

[0066] 从某种意义上,图2和图3以及图4和图5示出了用于实现本发明的功能的两种截然不同的方法:图2和图3的实施方式采用部分集中/部分本地化方法,其中,所必须的计算分布在中央控制站6处的风场控制器12和风力涡轮机4处的本地控制器42之间;而图4和图5的实施方式采用完全集中化方法,其中,风场控制器12i) 执行诊断处理以检测来自风力涡轮机(图4)的不准确机舱偏航位置数据并且向所论述的风力涡轮机的本地控制器简单地发送故障检测信号,ii) 执行必要计算以估计机舱偏航位置并且向风力涡轮机4发送该数据。集中化方法的好处在于所必须的计算硬件可以非常容易地向上缩放(scaled upward),以适于更高处理要求,而且由于单个计算单元负责监测针对风场中的所有风力涡轮机的机舱位置传感器性能,其还允许更容易与操作者交互以用于警报/报警监视。

[0067] 现在将参照图6和图7说明还有的另一方式,其中,图6示出了用于确定风力涡轮机4的机舱偏航位置传感器50正在输出不准确数据的本地化诊断处理,并且其中,图7示出了用于基于从风场中的其它风力涡轮机收集的数据确定机舱偏航位置的估计值的估计处理。

再次,相同附图标记将被用于指代先前实施方式中的相同或相似组件/模块。

[0068] 首先参照图6,本地控制器42结合诊断模块56的功能,并且包括求平均模块66、加法模块60和计算模块62。

[0069] 求平均模块66从风场2中的其它风力涡轮机4接收绝对风向信号64。注意,在该实施方式中,各个信号64由路由模块90产生,路由模块90将经由通信网络8从其它涡轮机4接收的串行数据流92转换为准备由求平均模块66处理的多个绝对风向信号64。因此,来自所有相关风力涡轮机的所有相关信息被收集并且被呈现给求平均模块66以用于处理。

[0070] 与先前实施方式相同,求平均模块66将多个输入信号64转换为表示平均绝对风向值的单个信号65。然后,该信号65与由加法模块60基于由机舱偏航位置传感器50和风传感器52接收的输入信号产生的本地绝对风向信号63一起被输入到计算模块62。

[0071] 然后计算模块62将第一绝对风向信号63与第二(平均)绝对风向信号65进行比较以确定两个信号是否处于预定误差范围内。如前所述,在计算模块62确定第一绝对风向信号63在第二绝对风向信号65的预定误差范围之外的情况下,发出故障检测信号70。故障报告模块72将通过故障检测信号70被触发以向作为SCADA误差报告系统的一部分的风场控制器12发送故障报告,并且向控制模块54反馈应该采取修复动作。

[0072] 如在先前实施方式中那样,这里的一种方法是简单地关闭风力涡轮机。然而,图7示出了计算所估计的机舱偏航位置的替代选择。然而,与先前实施方式相比,将注意,估计模块80包括减法模块82,但是还包括求平均模块66。以此方式,估计模块80处理经由路由模块90从风场2中的其它风力涡轮机4接收的所有绝对风向信号64并且向减法模块82输出单个平均绝对风向信号65。然后,减法模块82基于i)从风力涡轮机4的风传感器52接收的相对风向信号51和ii)从求平均模块66接收的平均风向信号65计算并且输出所估计的机舱偏航位置信号84。然后,所估计的机舱偏航位置信号84被直接输入本地控制器42的控制模块54,该控制模块54然后能够忽略机舱偏航位置的其内部计算值。

[0073] 虽然在以上论述中已详细描述了各种实施方式,但是本领域技术人员应当明白,可以在不脱离由权利要求限定的本发明的范围内进行各种修改。

[0074] 在该描述中,应当想到,多种模块和功能组件不限于在特定处理环境中具体实现,并且仅是以容易理解的方式表示该功能的有用方式。因此,本领域技术人员应当明白,每个模块/组件都不必须与软件实现视点分离。同样,功能模块/组件可以在软件或硬件中实现。

[0075] 也可理解,如果在此没有明确说明,则本地控制器和风场控制器包括合适处理器、易失性存储器和非易失性存储器、I/O接口等来实现所描述的功能。实现功能所要求的具体硬件和配置不是本发明的一部分,并且被认为在本领域技术人员或团队的能力之内。

[0076] 在上面的描述中,分别说明了图2和图3示出诊断处理和估计处理的“部分-集中化”实现,图4和图5示出那些处理的“完全集中化”另选实现,并且图6和图7示出那些处理的“本地化”实现。然而,应当想到,在本发明的范围内,设想诊断处理和估计处理可以被实现为不同方法。例如,诊断处理可以被实现为部分集中化(即,图2),并且估计处理可以被实现为完全集中化。

[0077] 在该论述中,已经描述了一个特定风力涡轮机控制器的功能。然而,应当想到,在实践中,相同功能将在风场中的一些或全部其它风力涡轮机中提供,无论局部地在特定风力涡轮机的本地控制器处,还是集中地在风场控制器处。

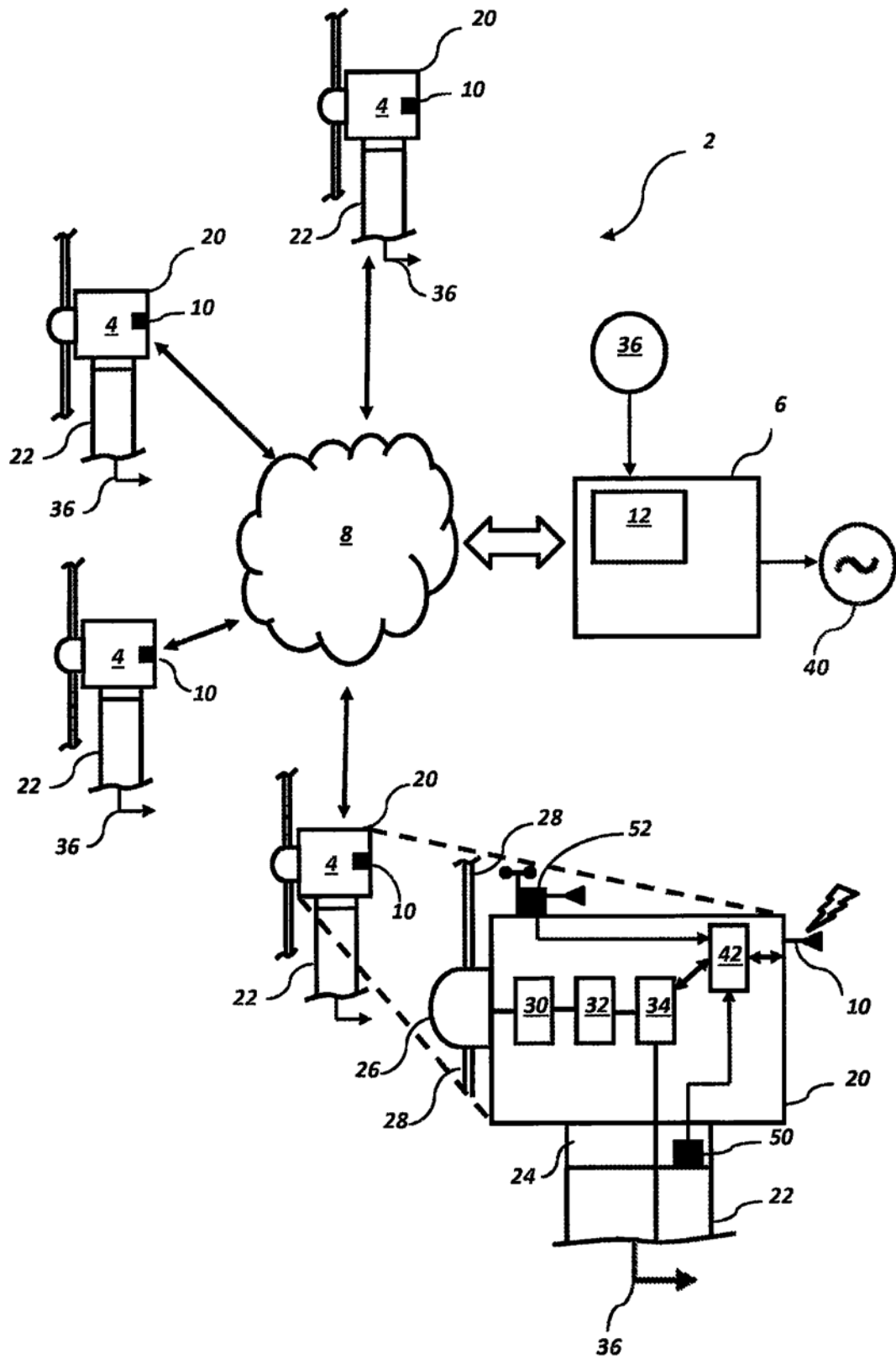


图1

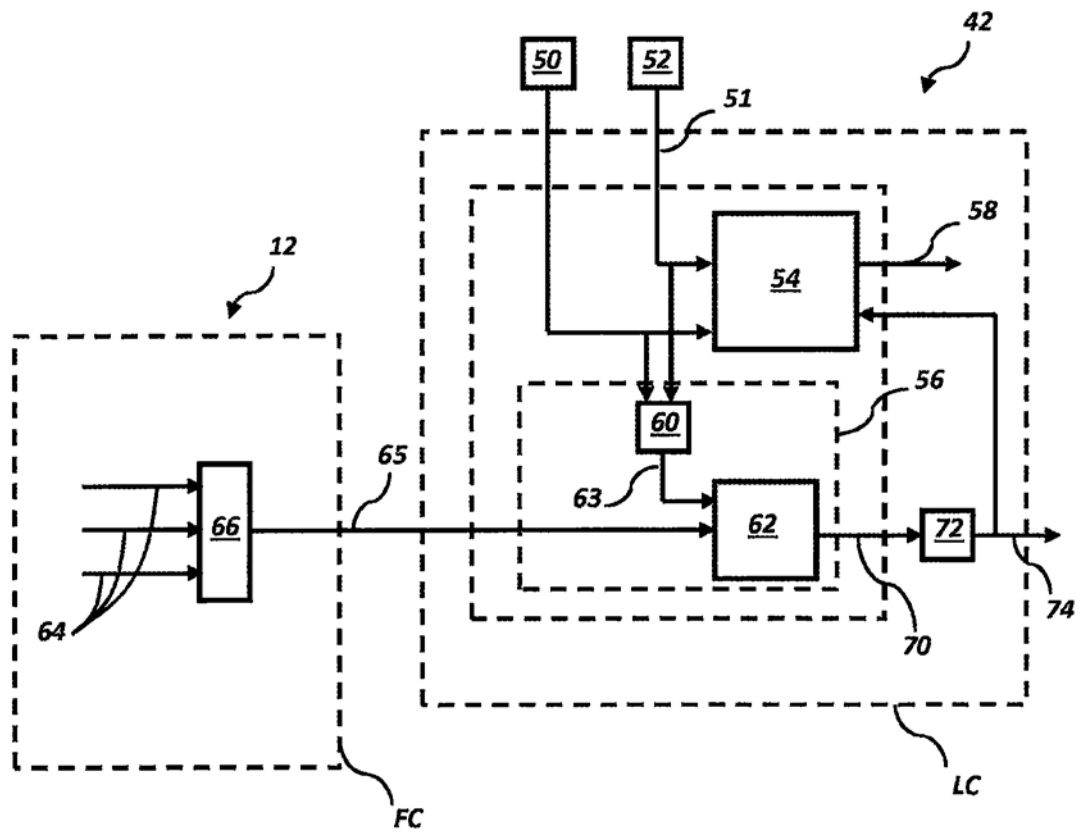


图2

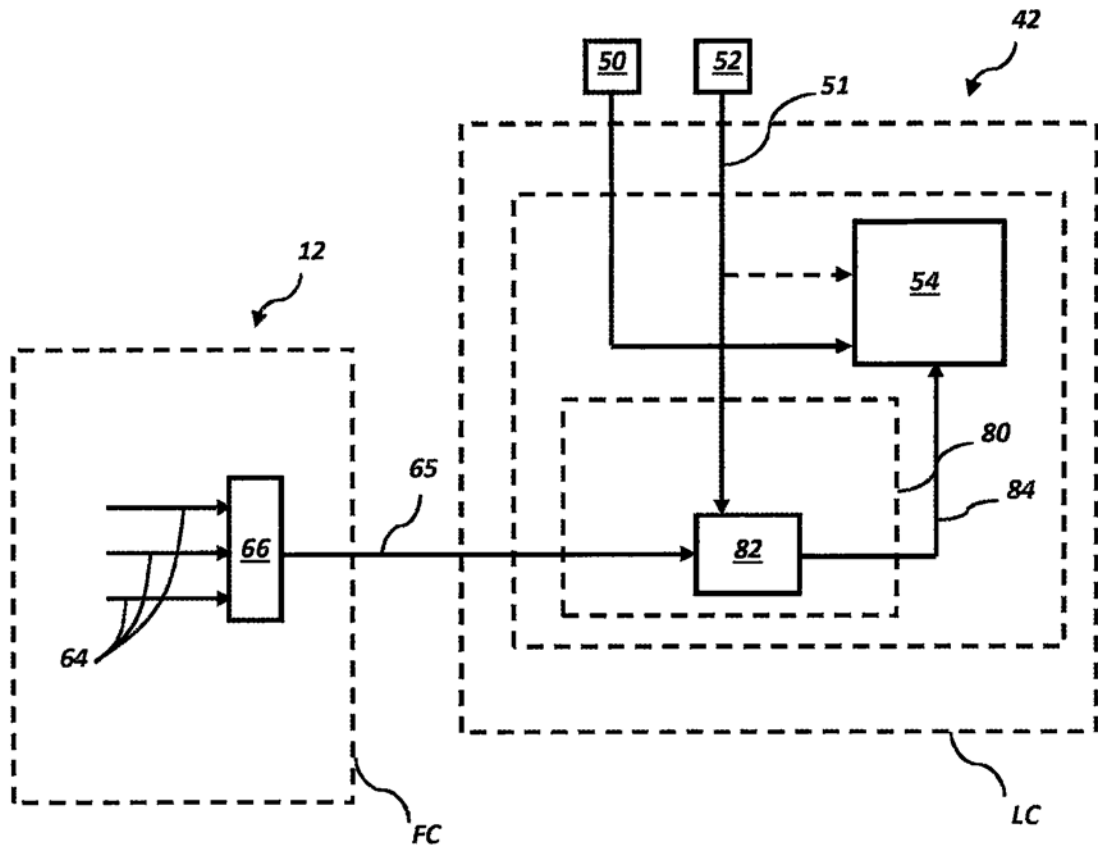


图3

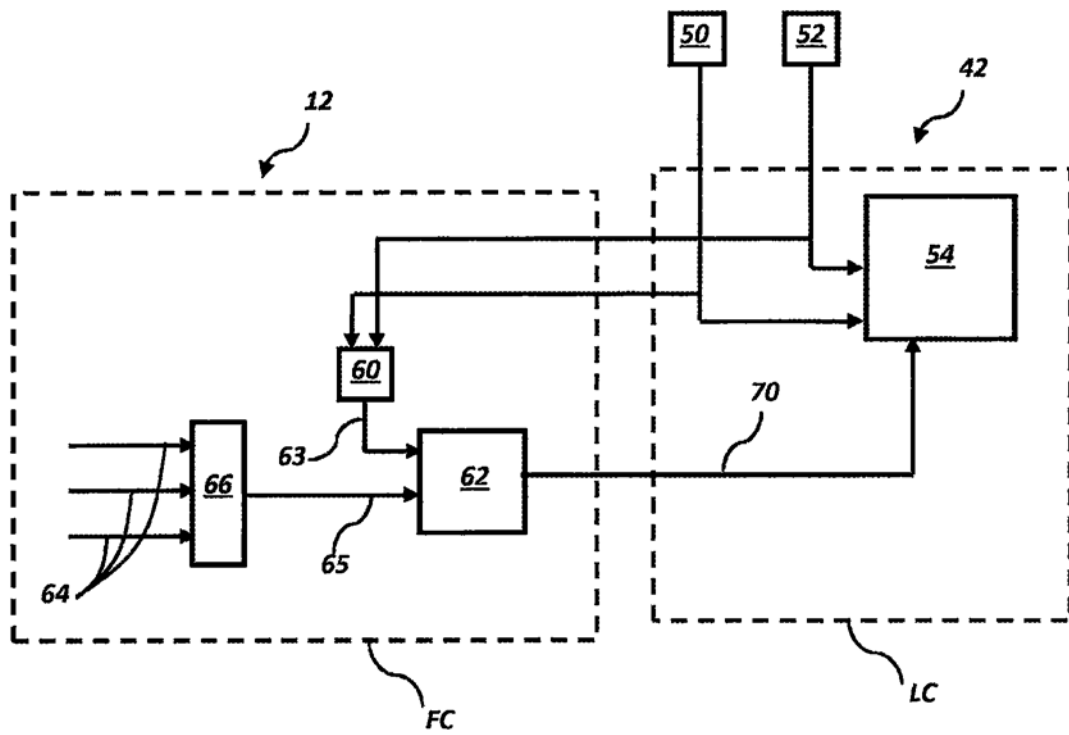


图4

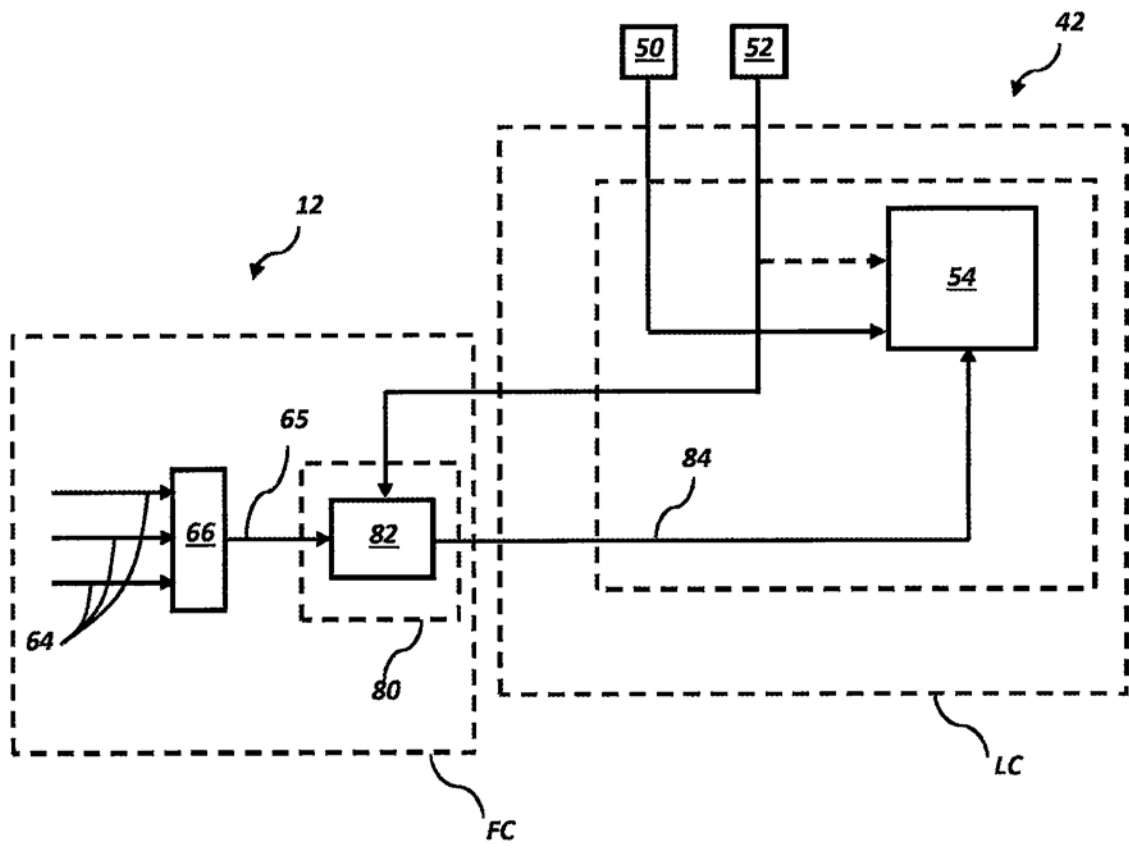


图5

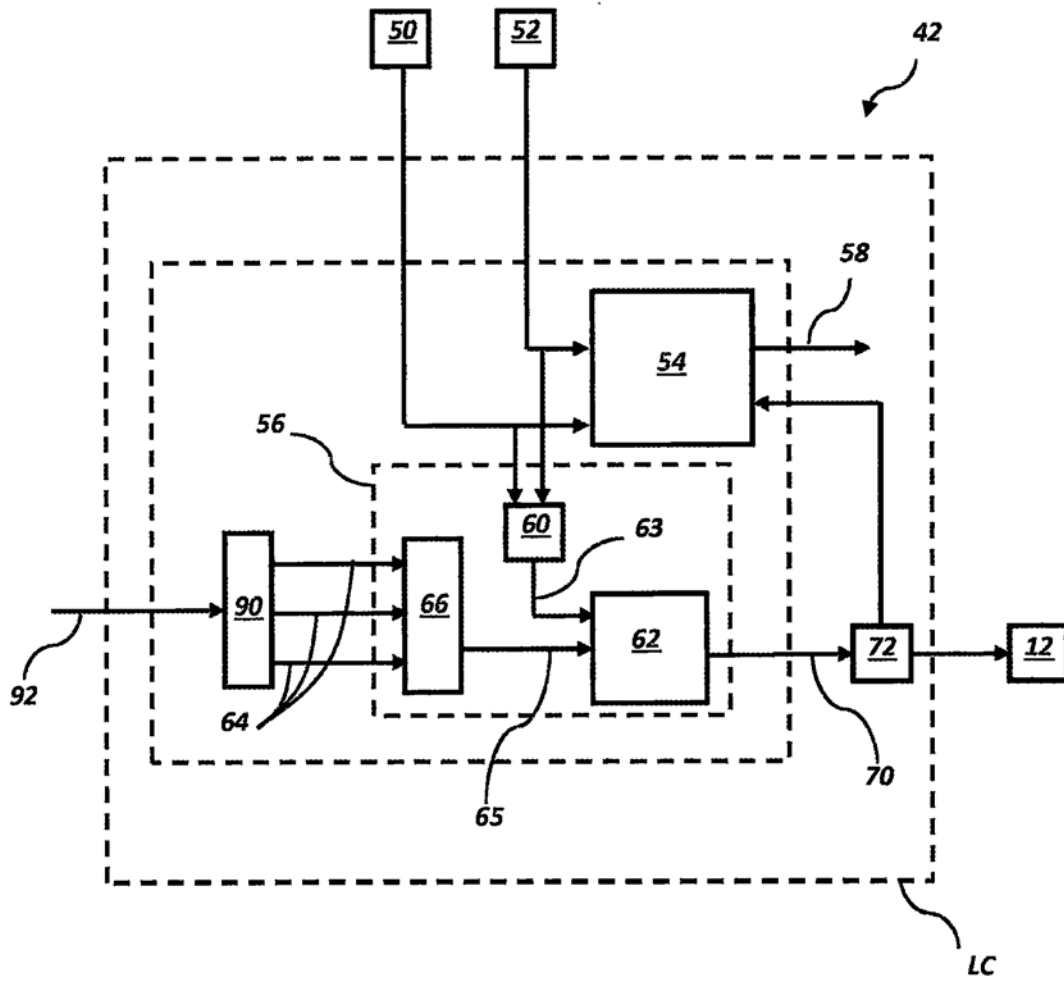


图6

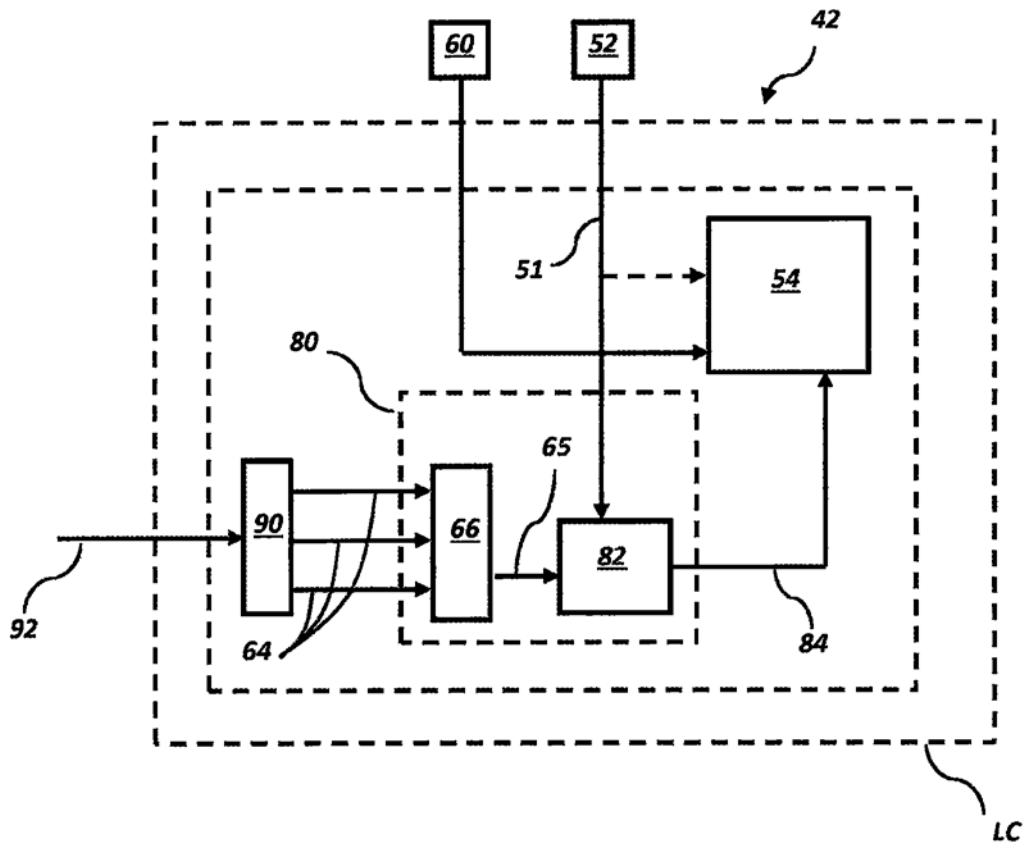


图7