



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102619685 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201210055321. 2

WO 2010069323 A2, 2010. 06. 24,

(22) 申请日 2012. 01. 31

US 2007216166 A1, 2007. 09. 20,

(30) 优先权数据

US 2010135789 A1, 2010. 06. 03,

P201100090 2011. 01. 31 ES

EP 1460266 A2, 2004. 09. 22,

审查员 张倩

(73) 专利权人 歌美飒创新技术公司

地址 西班牙纳瓦拉省

(72) 发明人 奥克塔维奥·埃尔南德斯·马斯卡雷利

何塞·玛丽亚·洛佩斯·鲁维奥

(74) 专利代理机构 北京金信知识产权代理有限公司 11225

代理人 黄威 王智

(51) Int. Cl.

F03D 7/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 4193005 A, 1980. 03. 11,

WO 2007138138 A1, 2007. 12. 06,

EP 2251543 A1, 2010. 11. 17,

WO 2010069323 A2, 2010. 06. 24,

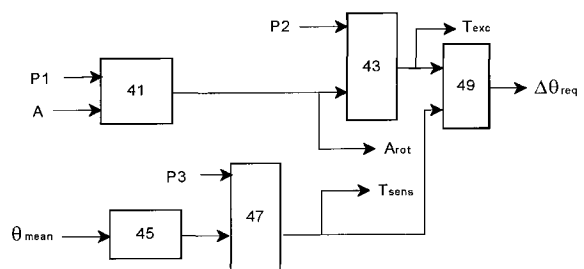
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

改进的风力涡轮机控制方法及系统

(57) 摘要

一种改进的风力涡轮机控制方法和系统。本发明涉及一种操作具有螺距控制装置和转矩控制装置的可变速风力涡轮机的方法,该方法包括将附加的步骤,该附加的步骤用于在阵风的情况下、在避免阵风施加的空气动力转矩超过预定的极限值所需要的数量上向螺距控制装置提供螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 。本发明还涉及一种包括控制系统的风力涡轮机,所述控制系统被设置成用于在阵风的情况下实施附加的调节。



1. 一种操作具有螺距控制装置和转矩控制装置的可变速风力涡轮机的方法,其特征
在于,所述方法包括附加的步骤,该附加的步骤用于在阵风的情况下、在避免阵风施加的
空气动力转矩超过预定的极限值所需要的数量上向螺距控制装置提供螺距角度参考值增量
 $\Delta \theta_{ref}$,所述螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 被确定为至少由阵风造成的空气动力转矩过量值
 T_{exc} 和相对于螺距角度的转矩灵敏度 T_{sens} 的函数,而且当符合预定条件的阵风发生时所述
附加的步骤被激活,当所述阵风结束时所述附加的步骤被终止。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 基于一个
开关值被提供到所述螺距控制装置 / 从所述螺距控制装置移除,所述开关值基于至少发电
机加速度 A 和发电机转速 Ω 来表征阵风的出现 / 没有出现。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 也被确定由阵
风造成的预期的发电机转速增量 $\Delta \Omega$ 和发电机转速 Ω 到预定阈值的接近度的函数。

改进的风力涡轮机控制方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种改进的风力涡轮机控制方法和系统,特别地涉及一种用于限制由阵风引起的超速的改进的风力涡轮机控制方法和系统。

背景技术

[0002] 阵风对风力涡轮机造成的损害在本领域中是公知的。如果风速在很小的时间间隔内增加,则发电机转速可能会超过其允许的极限值,因为 WT 控制器不能够产生足够快的反应,且这将对发电机和其它的风力涡轮机组件造成潜在的危害。

[0003] 在极端运行的阵风的情况下,极端运行的阵风还在主要的结构组件例如叶片根部和塔基上产生了极端负载,典型的解决方案是关闭风力涡轮机。出于这方面的考虑,W02004/077068 描述了使用激光雷达装置来在风力变化到达涡轮机塔之前探测阵风,这样可以使用螺距控制装置对叶片进行周期变距(feathered)。

[0004] 一种已知的处理阵风的方法是使用发电机转矩控制装置来避免超速问题。然而这种技术具有在一些风力涡轮机组件中引发巨大负载的风险。

[0005] 另一种方法在例如 US7342323 中被揭示,其基于在风力涡轮发电机前的所需距离处感应风速,并使用所述的“预知”的风速信息来控制风力涡轮机的叶片的螺距。然而该技术的复杂性和缺少坚固性引发了可靠性问题。

[0006] 与本申请具有相同申请人的 W02007/138138 揭示了一种极端运行的阵风的处理方案,其保持风力涡轮机运行,并且当极端运行的阵风被探测到时通过设置最小的螺距率值来使造成螺距角度的突然加大的弯曲矩最小化。

[0007] 本发明着力于寻求这些缺陷的解决方案。

发明内容

[0008] 本发明的一个目的在于提供一种可靠的、用于限制由阵风造成的超速的风力涡轮机控制方法和系统。

[0009] 本发明的另一个目的在于提供一种可靠的、用于限制由阵风造成的超速的风力涡轮机控制方法和系统,其可以对阵风进行快速响应而不需要提前测量风速并保持风力涡轮机继续生产。

[0010] 在一方面,这些和其它目的通过提供一种操作具有螺距控制装置和转矩控制装置的可变速风力涡轮机的方法来实现,所述方法包括将附加的步骤,该附加的步骤用于在阵风的情况下、在避免阵风施加的空气动力转矩超过预定的极限值从而增加转子转速进而增加发电机转速所需要的数量上向螺距控制装置提供螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 。

[0011] 在本发明的实施例中,所述螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 基于一个开关值被提供到所述螺距控制装置 / 从所述螺距控制装置移除,所述开关值基于至少发电机加速度 A 和发电机转速 Ω 来表征阵风的出现 / 没有出现。因此,所述方法包括分开的步骤来计算用于抵消由“可能的”阵风所引起的空气动力转矩过量值所需的螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$,

和根据发电机加速度和发电机速度的预定条件（甚至额外的使用者定义的条件）探测阵风出现 / 没有出现，因此所述计算出的螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 仅在所述开关值指示为开时应用。这就允许了一方面对阵风的快速反应而另一方面避免了某些风力扰动情况下的不必要反应。

[0012] 在本发明的实施例中，所述螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 被确定为至少由阵风造成的空气动力转矩过量值 T_{exc} （发电机加速度和总转动惯量的乘积）和相对于螺距角度的转矩灵敏度 T_{sens} （从静态模拟获得的指定的表中计算出，因为其是一个从属于（depending on）风力涡轮机的很多物理特性的变量）的函数。因此，对阵风反应的螺距调节动作不仅是阵风从属（depending）变量（发电机加速度）作出而且还基于风力涡轮机的各种物理特性作出，这样就可以获得对阵风的更易于控制的反应。

[0013] 在本发明的实施例中，所述螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 也被确定考虑由阵风造成的预期的发电机转速增量 $\Delta \Omega$ 和发电机转速 Ω 到预定阈值的接近度。因此，对于那些可以导致风力涡轮机接近其运行极限的阵风，附加的变量将被用来控制螺距调节动作的反应。

[0014] 在另一方面，上述的目的通过一种风力涡轮机来实现，所述风力涡轮机包括：塔和容纳由风力转子驱动的发电机的舱体，所述风力转子由一个转子毂和一个或多个叶片构成；至少发电机转速 Ω 和每一叶片的螺距角度 θ 的测量装置；连接到所述测量装置和至少螺距和转矩控制致动器的控制系统，所述控制系统被设置成用于根据在切断风速 V_{out} 之下的预定的风速功率曲线来实施风力涡轮机的调节；所述控制系统还被设置成用来对阵风事件实施附加的调节，在避免阵风施加的空气动力转矩超过预定的极限值所需要的数量上向螺距控制装置提供螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ ，当符合预定条件的阵风发生时所述附加的调节被激活，当所述阵风结束时所述附加的调节被终止。

[0015] 在本发明的实施例中，用于实施所述附加调节的控制系统装置包括模块，所述模块用于获得所述螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 和激活 / 不激活所述附加的调节的开关值 Sw ，所述模块具有：第一子模块，用于分别基于过滤的发电机转速 Ω 和由风力涡轮机螺距控制装置所使用的发电机转速参考值 Ω_{ref} 计算出发电机加速度 A 和发电机加速度参考值 A_{ref} ；第二子模块，用于基于至少所测量的螺距角度的平均值 θ_{mean} 和风力涡轮机惯量计算出由阵风施加的空气动力转矩的过量值 T_{exc} 和所需要的螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{req}$ 以克服所述过量值；第三子模块，用于计算出预期的发电机转速增量 $\Delta \Omega$ ，假定叶片将在最大的允许速度下调整（pitch）；第四子模块，用于基于预期的发电机超速增量 $\Delta \Omega$ 和发电机转速到阈值的接近度计算出将要应用到所需要的螺距角度增量 $\Delta \theta_{req}$ 的一个权重因数 G ；第五子模块，用于基于至少发电机转速 Ω 和发电机加速度 A 计算出所述激活 / 不激活的开关值；第六子模块，用于计算将要提供到螺距控制装置的螺距角度参考值增量 $\Delta \theta_{ref}$ 。

[0016] 这样，根据本发明的附加的调节的实施已经完成，其一方面使用了在风力涡轮机控制系统上可以获得的信号，且另一方面使用了易于获得的所述信号的从属变量（dependant variables）和有关风力涡轮机的物理特性的结构参数。这使得能够获得附加的调节的简单和坚固的实施。

[0017] 本发明的其他特征和优点将从下面的示意性的具体描述和结合相关的附图的并非出于限制目的的实施例中获得理解。

附图说明

- [0018] 图 1 是示意性的风力涡轮机的部分侧视图；
[0019] 图 2 示出了风力涡轮机的典型功率曲线；
[0020] 图 3 是示意性的根据本发明的附加的调节的方框图；
[0021] 图 4-9 是根据本发明的附加的调节的一个实施例的具体的方框图。

具体实施方式

[0022] 典型的风力涡轮机 11 包括支撑舱体 21 的塔 13, 舱体容纳用于将风力涡轮机转子的旋转能量转化为电能的发电机 19。风力涡轮机转子包括转子毂 15 和典型地, 三个叶片 17。转子毂 15 直接或者通过齿轮箱连接到风力涡轮机的发电机 19, 以将转子 15 所产生的转矩传递给发电机 19 并增加轴的转速从而获得发电机转子的适宜的转速。

[0023] 风力涡轮机的功率输出典型地由调节转子叶片的螺距角度和发电机转矩的控制系统来控制。转子旋转速度和风力涡轮机的功率输出因此可以被首先控制。

[0024] 低于切断风速 V_{out} 时, 风力涡轮机控制系统被设置成根据定义了功率与转速之间所需的函数关系的曲线来调节功率产出, 以获得理想的输出。这种类型的曲线是图 2 中的曲线 25, 其示出了功率产出 P 从一个最小的风速 V_{min} 到额定风速 V_n 不断增加, 随后在额定功率值 P_n 保持恒定, 直到切断风速 V_{out} 其下降到 0。

[0025] 为了实施所述调节, 一个控制单元从已知的测量装置接收输入数据例如风速 V 、发电机转速 Ω 、螺距角度 θ 、功率 P , 然后分别向用来改变叶片 17 的角位置的螺距致动器系统和为了功率产出改变参考值的发电机命令单元发送输出数据 θ_{ref} 、 T_{ref} 。

[0026] 根据本发明, 控制系统还被设置成用于在阵风的情况下实施附加的调节 (即当检测到阵风时调节被激活且阵风结束时调节被停止), 其在避免阵风施加的空气动力转矩超过预定的极限值所需要的数量上增加了将要提供给叶片的螺距致动器的螺距角度参考值 θ_{ref} 。

[0027] 如图 3 所示, 输入到实施所述附加的调节的控制单元 31 的基础输入是以下数据: 发电机转速 Ω 、用在螺距控制器中的过滤后的发电机转速 Ω_{fil} 、由螺距控制器产生的发电机转速参考值 Ω_{ref} 和平均螺距角度 θ_{mean} (所测量的叶片螺距角度的未经过滤的平均值)。输出的是将要提供给螺距致动器系统的螺距角度参考值的增量 $\Delta \theta_{ref}$ 和用于激活 / 不激活附加螺距角度调整的开关值 (switch) Sw 。

[0028] 所述控制单元 31 包括一模块, 该模块实施合适的算法来确定在避免阵风施加的空气动力转矩超过预定的极限值所需要的数量上的、螺距角度参考值的增量 $\Delta \theta_{ref}$ 。

[0029] 在一个优选的实施例中, 所述算法是通过图 4-9 所示的子模块来实现的。

[0030] 在图 4 所示的第一子模块中, 发电机加速度 A 作为发电机转速 Ω_{fil} 的导数 (derivative) 在模块 33 中被计算出。发电机加速度参考值 A_{ref} 也作为发电机转速参考值 Ω_{ref} 的导数在模块 35 中被计算出。

[0031] 在图 5 所示的第二子模块中, 空气动力转矩的过量值 T_{exc} 和用于限制所述过量值的、所需要的螺距角度增量 $\Delta \theta_{req}$ 被计算出。

[0032] 空气动力转矩的过量值 T_{exc} 作为转子加速度 A_{rot} 的和总转动惯量 $P2$ 的乘积被计算出 (模块 43)。转子加速度 A_{rot} 从发电机加速度 A 和动力传动倍增系数 (drive train

multiplication ratio)P1 计算出来 (模块 41)。

[0033] 用于所测量的螺距角度的平均值 θ_{mean} 的转矩灵敏度 T_{sens} 从一个参考灵敏度参数 P3 和基于 θ_{mean} 的附加因数 (模块 45) 被计算出 (模块 47), 其修正相对于螺距角度的转矩的非线性灵敏度。

[0034] 螺距角度增量的所需要的增量 $\Delta \theta_{\text{req}}$ 从空气动力转矩过量值 T_{exc} 和转矩灵敏度 T_{sens} 被导出 (模块 49)。这是, 必要的螺距增量, 以维持当前的空气动力转矩。

[0035] 在图 6 示出的第三子模块中, 由阵风造成的转子和发电机超速增量 ΔV_{rot} 、 $\Delta \Omega$ 被计算出, 假定叶片将在最大的允许速度 P4 下调整 (pitch)。所述增量从转子加速度 A_{rot} 和由最大的允许速度 P4 所施加的减速导数被计算出 (模块 53、55), 由最大的允许速度 P4 所施加的减速导数的值 (模块 51) 是正比于转矩灵敏度 T_{sens} 和最大的允许速度 P4, 反比于转子的总转动惯量 P2。

[0036] 在图 7 示出的第四子模块中, 基于由阵风造成的和由发电机转速 Ω 接近于发电机超速关闭阈值 P4 造成的、预期的发电机超速增量 $\Delta \Omega$ 计算出了螺距角度增量的所需要的增量 $\Delta \theta_{\text{req}}$ 的一个权重因数 G (模块 61、63、65)。预期的发电机超速增量 $\Delta \Omega$ 越高, 所述权重因数越大。发电机转速 Ω 越接近于发电机超速关闭阈值 P4, 所述权重因数 G 也越大。

[0037] 在图 8 示出的第五子模块中, 计算出了 (模块 75) 用于激活 / 不激活所述算法的开关值, 以限制它的执行。在这方面, 考虑了三个条件。

[0038] 第一条条件 (模块 71) 是发电机转速 Ω 高于阈值 P6, 低于激活算法的额定发电机转速值 P5。

[0039] 第二条条件 (模块 73) 是发电机加速度 A 高于在刚开始进程中 (at start-up processes) 避免激活算法的阈值 P7。发电机加速度参考值 A_{ref} 同时也被考虑。

[0040] 第三条条件是使用者定义的用于激活 / 不激活算法的参数 P8。

[0041] 最后在图 9 示出的第六子模块中, 螺距角度增量 $\Delta \theta_{\text{ref}}$ 被计算出 (模块 81), 通过对于所需要的螺距角度增量 $\Delta \theta_{\text{req}}$ 应用权重因数 G 和使用者定义的因数 P9。如果用于激活 / 不激活所述算法的开关是打开的, 那么螺距角度增量 $\Delta \theta_{\text{ref}}$ 被提供到螺距控制器 (模块 83)。

[0042] 本发明的阵风调节区别于现有技术的最主要的区别特征在于:

[0043] 其仅仅使用发电机转速 Ω 和叶片螺距角度 θ 的测量值, 发电机转速 Ω 和叶片螺距角度 θ 是风力涡轮机上可获得的可靠信号。其并不使用风力涡轮机风速计所提供的或者安置在风力涡轮机内部或外部的用于测量风力的其它装置所提供的风力测量值, 因为它们提供延迟的测量值或者这些测量值缺少稳固性。

[0044] 其考虑了风力涡轮机的物理特性, 也就是, 风力涡轮机的空气动力特性和机械特性。风力涡轮机接收到的空气动力转矩取决于转子的空气动力特性。相似地, 风力涡轮机的加速度和因此造成的超速反比于风力涡轮机惯量。

[0045] 其允许控制装置快速地对阵风作出反应并且保持风力涡轮机在安全的模式下生产能量。

[0046] 尽管本发明已经被结合优选的实施例而描述, 但是显而易见地是, 各种修正都可以在本发明的范围之内被使用, 并不认为本发明被这些实施例所限制, 但是本发明被接下来的权利要求的内容所限定。

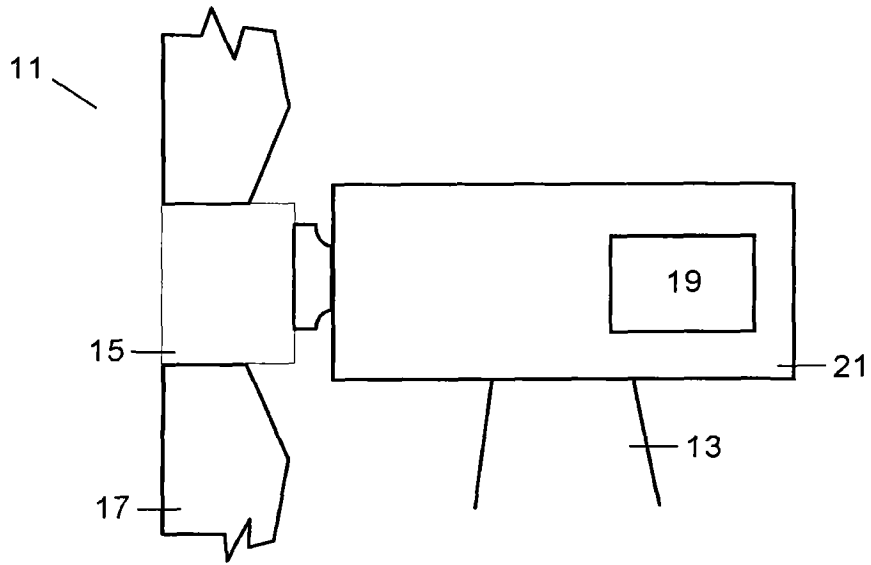


图 1

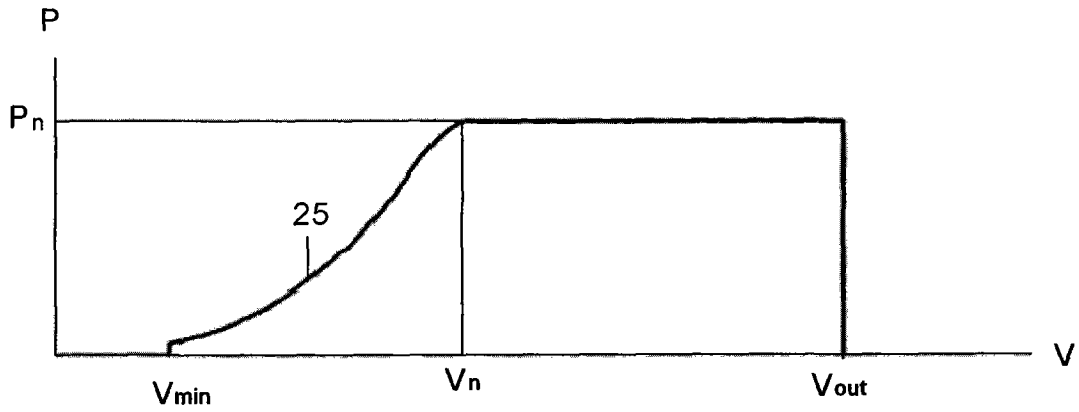


图 2

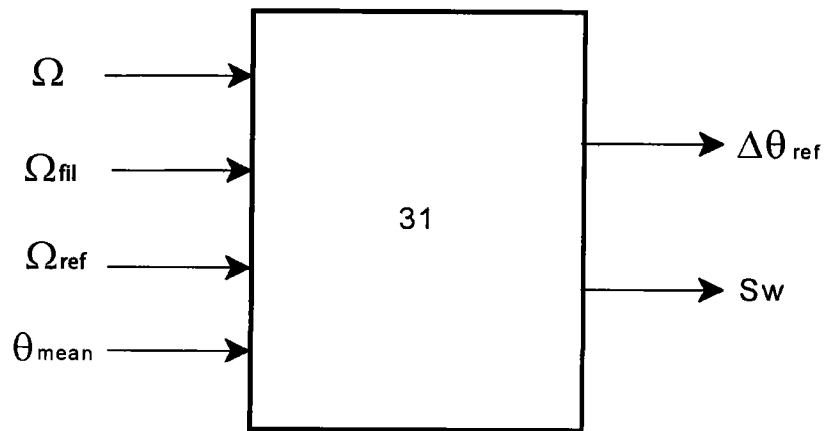


图 3

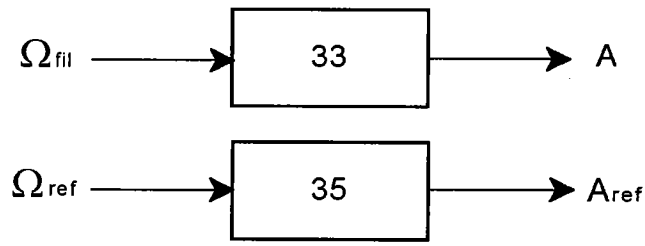


图 4

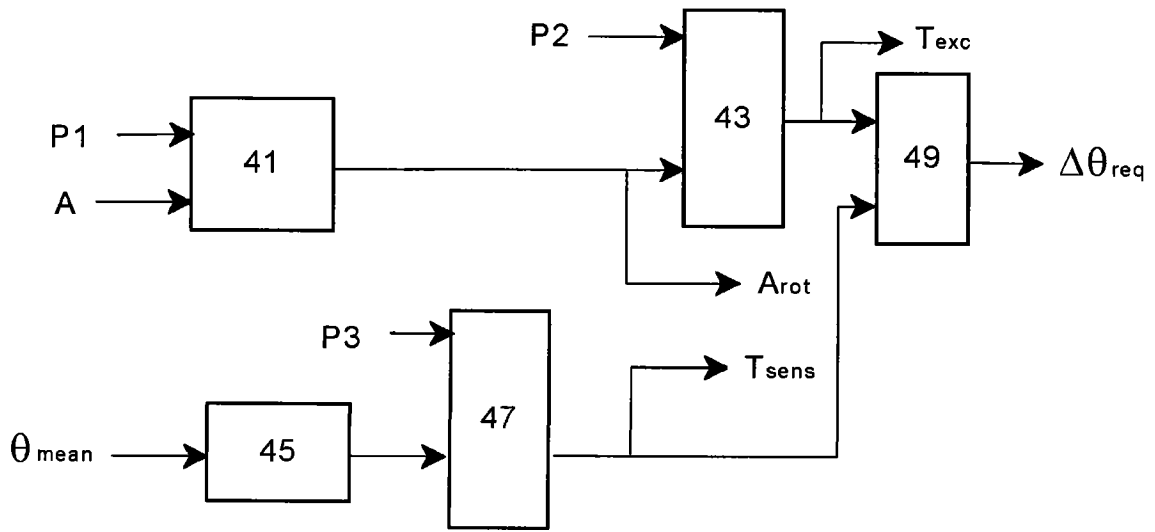


图 5

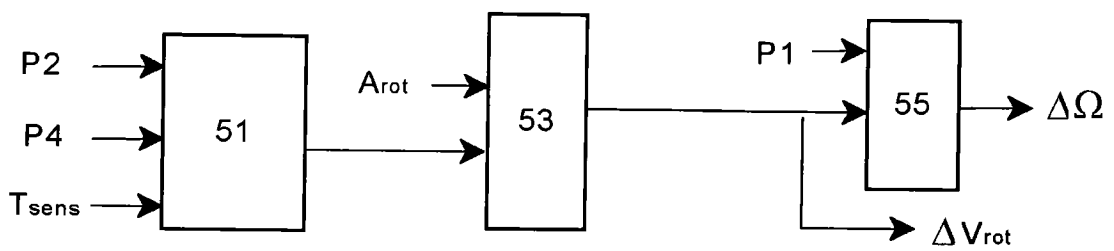


图 6

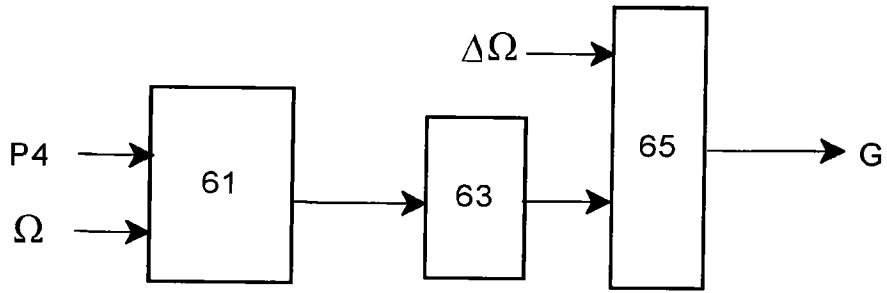


图 7

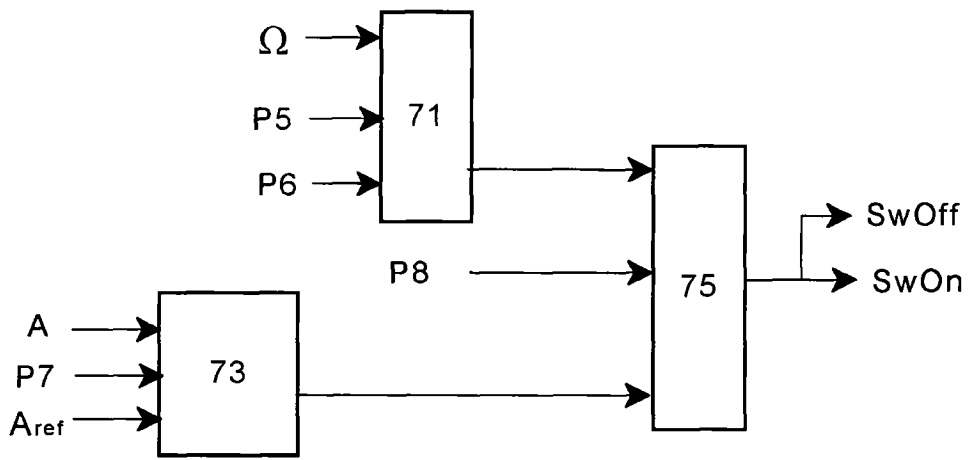


图 8

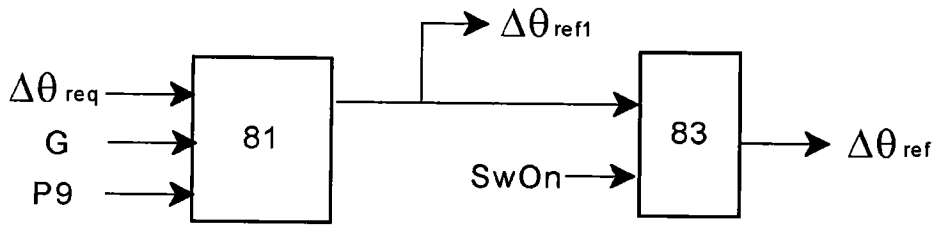


图 9