



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105402087 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 16

(21) 申请号 201510959190. 4

(22) 申请日 2015. 12. 18

(71) 申请人 中国大唐集团科学技术研究院有限公司

地址 102206 北京市昌平区北农路 2 号华北电力大学 D 座 13 层

(72) 发明人 余真鹏 陈新 周雪梅 宋强

(74) 专利代理机构 苏州市中南伟业知识产权代理事务所(普通合伙) 32257

代理人 李广

(51) Int. Cl.

F03D 7/04(2006. 01)

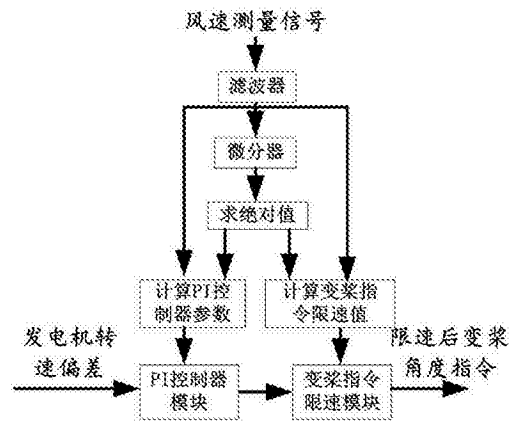
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

风电机组变桨距切换控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种风电机组变桨距切换控制方法,包括风速测量信号数据的处理、风速变化率的绝对值计算和自适应控制参数计算,首先是收集风速测量信号,并对其进行滤波,计算滤波后的风速测量信号的变化率及其绝对值,再计算 PI 控制器的比例参数和积分时间参数,以及变桨指令限速模块中的限速值。本发明能够增强变桨控制系统的调整能力,有效防止风电机组因为在额定风速附近发电机超速导致风电机组停机,并且无需提前变桨,不会造成风电机组在额定风速以下发电功率损失,使得风电机组在额定风速附近的发电功率得到保障。



1. 一种风电机组变桨距切换控制方法,其特征在于,包括风速测量信号数据的处理、风速变化率的绝对值计算和自适应控制参数计算,具体由以下步骤组成:

(1) 收集风速测量信号,标记为 $V(t)$, t 表示当前时刻;对收集得到风速测量信号 $V(t)$ 进行滤波,得到滤波后的风速测量信号,标记为 $V_f(t)$;

(2) 根据步骤(1)得到的滤波后的风速测量信号 $V_f(t)$,计算滤波后的风速测量信号的变化率,标记为 V_d ,计算公式如公式(1)所示:

$$V_d = \frac{V_f(t) - V_f(t-1)}{T_s} \quad \text{公式(1)}$$

其中 $V_f(t-1)$ 是上一时刻的滤波后的风速测量信号, T_s 是采样时间;

(3) 计算步骤(2)得到的滤波后的风速测量信号的变化率的绝对值,即 $|V_d|$;

(4) 根据 $|V_d|$ 和步骤(1)得到的滤波后的风速测量信号 $V_f(t)$ 计算PI控制器参数 K_c 和 T_i , K_c 和 T_i 分别是PI控制器的比例参数和积分时间参数,这两个参数的计算方法为:

(4.1) 确定PI控制器的 K_c 和 T_i 在非阵风风况下的默认值,标记为 K_{c0} 和 T_{i0} ;

(4.2) 确定风速变化率的绝对值的阈值,标记为 V_{d0} ,如果 $|V_d|$ 大于 V_{d0} ,则认定当前的风况为阵风,否则认定当前的风况为非阵风;

(4.3) 确定额定风速附近的具体风速范围 (V_1, V_2) ,

(4.4) 如果 $V(t) < V_1$ 或者 $V(t) > V_2$ 或者 $|V_d| < V_{d0}$,则 $K_c = K_{c0}$, $T_i = T_{i0}$;

$$\text{否则 } K_c = \frac{|V_d|}{V_{d0}} K_{c0}, \quad T_i = \frac{|V_d|}{V_{d0}} T_{i0};$$

(5) 根据步骤(4)得到的 $|V_d|$ 和步骤(1)中确定的风速范围 (V_1, V_2) 以及步骤(1)中收集得到的风速测量信号 $V(t)$ 计算变桨指令限速模块中的限速值,假定限速值标记为Pitch_rate_lim,则Pitch_rate_lim计算方法为:

(5.1) 确定变桨指令限速模块中的限速值在非阵风风况下的默认值,标记为Pitch_rate_lim0;

(5.2) 如果 $V(t) < V_1$ 或者 $V(t) > V_2$ 或者 $|V_d| < V_{d0}$,则
Pitch_rate_lim = Pitch_rate_lim0;

$$\text{否则, } \text{Pitch_rate_lim} = \frac{|V_d|}{V_{d0}} \text{Pitch_rate_lim0}.$$

2. 根据权利要求1所述的风电机组变桨距切换控制方法,其特征在于,步骤(1)中滤波

采用一个高阶模型: $\frac{1}{(\tau_f s + 1)^N}$ 其中, τ_f 是滤波时间常数, N 是滤波阶次, s 是复频域的拉

普拉斯变换因子。

3. 根据权利要求1所述的风电机组变桨距切换控制方法,其特征在于,风速范围 (V_1, V_2) 取为发电机组额定风速的70%~120%。

风电机组变桨距切换控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及风电机组的自动控制技术领域,具体是一种风电机组变桨距切换控制方法。

背景技术

[0002] 风力发电机组绝大多数都具有变桨控制系统,变桨控制系统的任务是将发电机转速实际值维持在发电机转速目标值附近。目前许多风电场变桨距控制系统的调节能力不足,在额定风速附近遇到阵风时经常造成发电机转速实际值频繁超出发电机转速允许的最大值,进而被迫停机。为了克服发电机超速的问题,一种已有的办法是提前变桨,即在实际风速尚未到达额定风速时就开始启动变桨距控制,虽然能够避免发电机超速,但同时会导致在额定风速以下时损失较大的发电功率。

[0003] 变桨距控制系统的工作原理如图 1 所示,变桨距控制器是变桨距控制系统的核心,它包含变桨 PI 控制器模块和变桨指令限速模块两个模块。变桨 PI 控制器模块根据发电机转速目标值与发电机转速实际值的偏差,计算出变桨角度指令,变桨角度指令经过变桨指令限速模块限速后,输送到变桨距执行机构,变桨距执行机构通过调节桨叶角度来调整叶片对风能的吸收率,进而调整发电机转速的实际值,使得发电机转速的实际值尽量维持在发电机转速目标值附近。

发明内容

[0004] 本发明为解决上述风电机组发电机超速的问题,提供一种风电机组变桨距切换控制方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种风电机组变桨距切换控制方法,包括风速测量信号数据的处理、风速变化率的绝对值计算和自适应控制参数计算,具体由以下步骤组成:

[0007] (1) 收集风速测量信号,标记为 $V(t)$, t 表示当前时刻;对收集得到风速测量信号 $V(t)$ 进行滤波,得到滤波后的风速测量信号,标记为 $V_f(t)$;

[0008] (2) 根据步骤 (1) 得到的滤波后的风速测量信号 $V_f(t)$,计算滤波后的风速测量信号的变化率,标记为 V_d ,计算公式如公式 (1) 所示:

$$[0009] \quad V_d = \frac{V_f(t) - V_f(t-1)}{T_s} \quad \text{公式 (1)}$$

[0010] 其中 $V_f(t-1)$ 是上一时刻的滤波后的风速测量信号, T_s 是采样时间;

[0011] (3) 计算步骤 (2) 得到的滤波后的风速测量信号的变化率的绝对值,即 $|V_d|$;

[0012] (4) 根据 $|V_d|$ 和步骤 (1) 得到的滤波后的风速测量信号 $V_f(t)$ 计算 PI 控制器参数 K_c 和 T_i , K_c 和 T_i 分别是 PI 控制器的比例参数和积分时间参数,这两个参数的计算方法为:

[0013] (4.1) 确定 PI 控制器的 K_c 和 T_i 在非阵风风况下的默认值,标记为 K_{c0} 和 T_{i0} ;

[0014] (4.2) 确定风速变化率的绝对值的阈值,标记为 V_{d0} ,如果 $|V_d|$ 大于 V_{d0} ,则认定当前

的风况为阵风,否则认定当前的风况为非阵风;

[0015] (4.3) 确定额定风速附近的具体风速范围 (V_1, V_2) ,

[0016] (4.4) 如果 $V(t) < V_1$ 或者 $V(t) > V_2$ 或者 $|V_d| < V_{d0}$, 则 $K_c = K_{c0}$, $T_i = T_{i0}$;

[0017] 否则 $K_c = \frac{|V_d|}{V_{d0}} K_{c0}$, $T_i = \frac{|V_d|}{V_{d0}} T_{i0}$,

[0018] 如此,PI 控制器的两个参数随风速变化率的变化而自适应调整,如果遇到阵风的情况,PI 控制器的调整能力随着风速变化率的增大而加强;

[0019] (5) 根据步骤 (4) 得到的 $|V_d|$ 和步骤 (1) 中确定的风速范围 (V_1, V_2) 以及步骤 (1) 中收集得到的风速测量信号 $V(t)$ 计算变桨指令限速模块中的限速值,假定限速值标记为 $Pitch_rate_lim$, 则 $Pitch_rate_lim$ 计算方法为:

[0020] (5.1) 确定变桨指令限速模块中的限速值在非阵风风况下的默认值,标记为 $Pitch_rate_lim0$;

[0021] (5.2) 如果 $V(t) < V_1$ 或者 $V(t) > V_2$ 或者 $|V_d| < V_{d0}$, 则

[0022] $Pitch_rate_lim = Pitch_rate_lim0$;

[0023] 否则, $Pitch_rate_lim = \frac{|V_d|}{V_{d0}} Pitch_rate_lim0$.

[0024] 如此,变桨指令限速模块中的限速值随风速变化率的变化而自适应调整,如果遇到阵风的情况,变桨指令限速模块中的限速值随着风速变化率的增大而增大。

[0025] 将步骤 (4) 和步骤 (5) 中计算得到的 PI 控制器的两个参数,以及变桨指令限速模块中的限速值分别传送至变桨控制系统的 PI 控制器和变桨指令限速模块。

[0026] 作为本发明进一步的方案:步骤 (1) 中滤波采用一个高阶模型: $\frac{1}{(\tau_f s + 1)^N}$, 其

中, τ_f 是滤波时间常数, N 是滤波阶次, s 是复频域的拉普拉斯变换因子。

[0027] 作为本发明进一步的方案:风速范围 (V_1, V_2) 取为发电机组额定风速的 70% - 120%。

[0028] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0029] 本发明能够完全实现自动化,将风速测量信号数据自动收集,然后使用本发明提出的自适应控制方法,自动判断风电机组是否处于额定风速附近的阵风风况,进一步根据风速变化率的变化自适应调整变桨控制系统的 PI 控制器参数和变桨指令限速模块中的限速值。本发明能够增强变桨控制系统的调整能力,有效防止风电机组因为在额定风速附近发电机超速导致风电机组停机,并且无需提前变桨,不会造成风电机组在额定风速以下发电功率损失。

附图说明

[0030] 图 1 为变桨控制系统工作原理图;

[0031] 图 2 为风电机组变桨系统的自适应控制方法流程图。

具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明实施例,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0033] 实施例 1

[0034] 请参阅图 2,本发明实施例中,一种风电机组变桨距切换控制方法,包括风速测量信号数据的处理、风速变化率的绝对值计算和自适应控制参数计算三部分。

[0035] 风速测量信号数据的处理包括:首先,在线收集风速测量信号;其次,经过滤波器 $1/(\tau_f s+1)^N$ 后得到滤波后的风速测量信号。

[0036] 风速变化率的绝对值计算包括:首先,经过微分器计算滤波后的风速测量信号的变化率;其次,计算滤波后的风速测量信号的变化率的绝对值。

[0037] 自适应控制参数计算,是根据滤波后的风速测量信号、滤波后的风速测量信号的变化率的绝对值计算 PI 控制器的参数和变桨指令限速模块中的限速值。具体实施方式如下:首先,确定 PI 控制器的两个参数在非阵风风况下的默认值;其次,确定风速变化率的绝对值的阈值;再次,确定额定风速附近的具体风速范围;最后,自适应调整 PI 控制器的参数和变桨指令限速模块中的限速值。

[0038] 下面是一个具体的试验例,风电机组的满发功率是 1.5MW,额定风速是 10m/s。具体步骤如下:

[0039] (1) 在线收集风速测量信号的数据,共收集了 1 个小时数据,采样时间 1 分钟;

[0040] (2) 计算得到了滤波后的风速测量信号是 11m/s,滤波后的风速测量信号的变化率是 -3m/s^2 ;

[0041] (3) 计算得到滤波后的风速测量信号的变化率的绝对值是 3m/s^2 ;

[0042] (4) 确定 PI 控制器的 K_c 和 T_i 在非阵风风况下分别取 1.2 和 0.08,确定风速变化率的绝对值的阈值为 2m/s^2 ,确定额定风速附近的具体风速范围是 (7, 12)m/s;

[0043] (5) 由于滤波后的风速测量信号的变化率的绝对值 3m/s^2 大于阈值 2m/s^2 ,且滤波后的风速测量信号 11m/s 处于区间 (7, 12)m/s 之内,因此计算得到当前 PI 控制器的参数分

别是 $K_c = \frac{3}{2} \times 1.2 = 1.8$, $T_i = \frac{3}{2} \times 0.08 = 0.12$;

[0044] (6) 确定变桨指令限速模块中的限速值在非阵风风况下的默认值是 6deg/s,由于滤波后的风速测量信号的变化率的绝对值 3m/s^2 大于阈值 2m/s^2 ,且滤波后的风速测量信号 11m/s 处于区间 (7, 12)m/s 之内,因此计算得到当前变桨指令限速模块中的限速值是

$Pitch_rate_lim = \frac{3}{2} \times 6 = 9\text{deg/m}$

[0045] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。

[0046] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

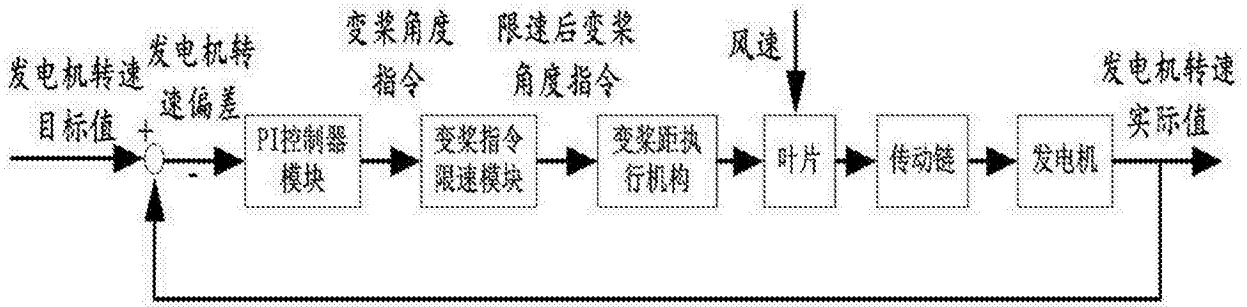


图 1

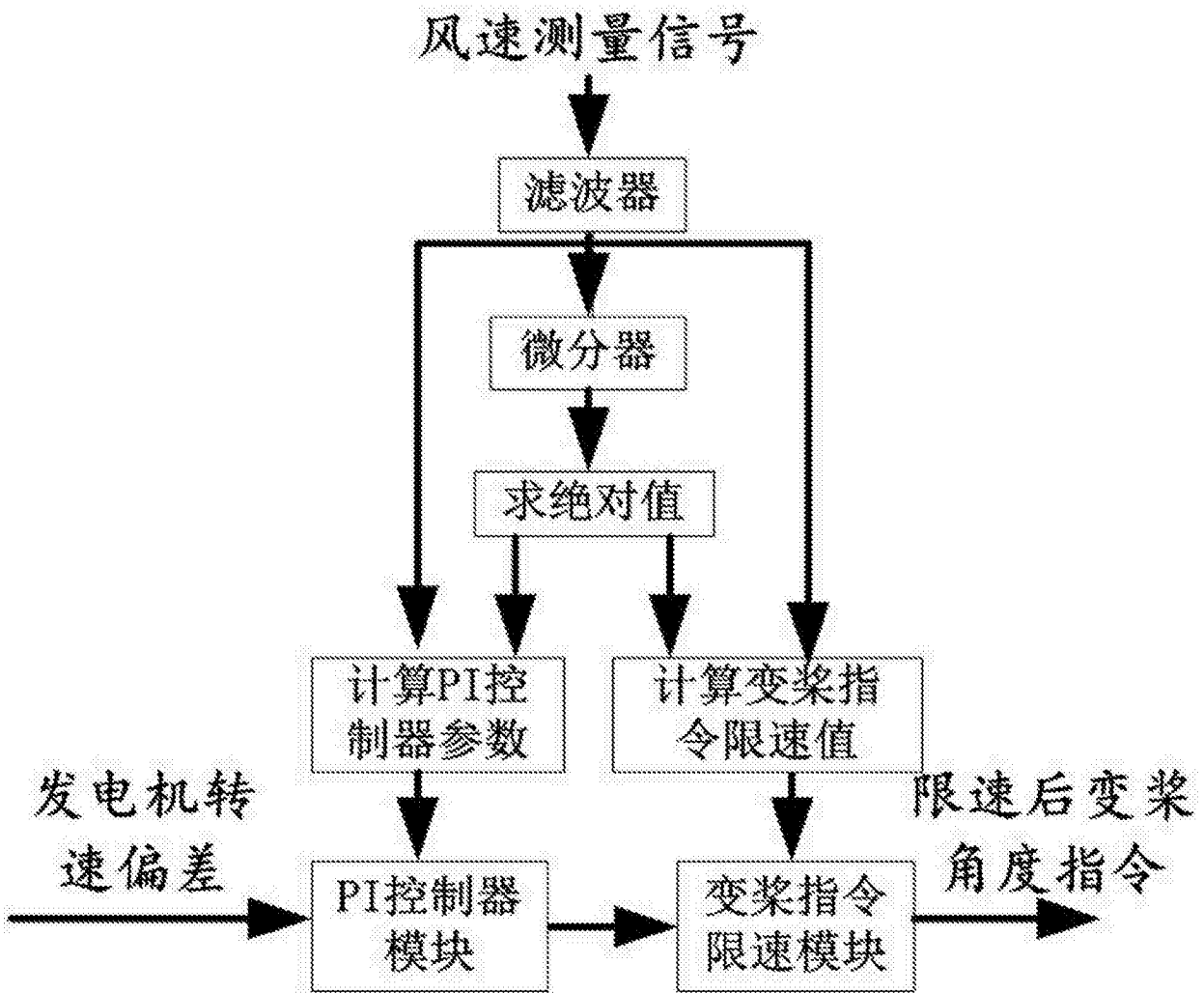


图 2