



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106762405 A

(43)申请公布日 2017. 05. 31

(21)申请号 201710022413.3

(22)申请日 2017.01.12

(71)申请人 中车株洲电力机车研究所有限公司

地址 412001 湖南省株洲市石峰区时代路
田心工业园

(72)发明人 王璇 刘红文 宋建秀 万宇宾

蒋韬 胡婵娟 卢勇 刘憾宇

(74)专利代理机构 湖南兆弘专利事务所(普通

合伙) 43008

代理人 周长清 胡君

(51)Int.Cl.

F03D 7/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种能够抑制风力发电机组超速的控制方法及装置

(57)摘要

本发明公开一种能够抑制风力发电机组超速的控制方法及装置,该方法步骤包括:实时检测发电机组运行时的输出参数,根据输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值对发电机组进行变桨控制;进行变桨控制时,实时判断发电机组的运行状态,若判断到为超速状态,启动超速抑制控制,调整当前变桨控制的控制参数,由调整后的控制参数进行变桨控制,以调整变桨控制的响应速度使得快速降低发电机组运行速度,否则保持当前变桨控制;该装置包括变桨控制单元、超速判断及抑制单元。本发明能够抑制风力发电机组发生超速,提高包括极端阵风工况下风电机组的运行可靠性,且具有实现控制简单、所需控制成本低、控制精度高以及控制实现灵活的优点。

实时检测发电机组运行时的输出参数,根据输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值进行变桨控制

进行变桨控制时,实时判断发电机组的运行状态,若判断到为超速状态,启动超速抑制控制

调整变桨控制的控制参数,由调整后的控制参数进行变桨控制,以调整变桨控制的响应速度使得快速降低发电机组运行转速

1. 一种能够抑制风力发电机组超速的控制方法,其特征在于,步骤包括:

实时检测发电机组运行时的输出参数,根据所述输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值对发电机组进行变桨控制;

所述进行变桨控制时,实时判断发电机组的运行状态,若判断到为超速状态,启动超速抑制控制,调整当前变桨控制的控制参数,由调整后的控制参数进行变桨控制,以调整变桨控制的响应速度使得快速降低发电机组运行转速;否则保持当前变桨控制。

2. 根据权利要求1所述的能够抑制风力发电机组超速的控制方法,其特征在于:所述启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小调整所述控制参数。

3. 根据权利要求2所述的能够抑制风力发电机组超速的控制方法,其特征在于:所述启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小按照线性比例或非线性比例调整所述控制参数。

4. 根据权利要求1或2或3所述的能够抑制风力发电机组超速的控制方法,其特征在于:所述变桨控制具体采用PID控制,通过所述PID控制调整桨距角以进行变桨控制。

5. 根据权利要求4所述的能够抑制风力发电机组超速的控制方法,其特征在于:所述控制参数具体为所述PID控制中 K_p 比例系数;所述启动超速抑制控制时,具体增大调整所述 K_p 比例系数。

6. 根据权利要求1或2或3所述的能够抑制风力发电机组超速的控制方法,其特征在于:所述实时检测发电机组运行时的输出参数时,还包括对检测到的输出参数进行低通滤波,得到滤波后输出参数输出步骤。

7. 一种能够抑制风力发电机组超速的控制装置,其特征在于,包括:

变桨控制单元,用于实时检测发电机组运行时的输出参数,根据所述输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值对发电机组进行变桨控制;

超速判断及抑制单元,用于进行变桨控制时,实时判断发电机组的运行状态,若判断到为超速状态,启动超速抑制控制,调整当前变桨控制的控制参数,由调整后的控制参数进行变桨控制,以调整变桨控制的响应速度使得快速降低发电机组运行转速;否则保持当前变桨控制。

8. 根据权利要求7所述的能够抑制风力发电机组超速的控制装置,其特征在于:所述超速抑制单元启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小调整所述控制参数。

9. 根据权利要求8所述的能够抑制风力发电机组超速的控制装置,其特征在于:所述超速判断及抑制单元启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小按照线性比例或非线性比例调整所述控制参数。

10. 根据权利要求7或8或9所述的能够抑制风力发电机组超速的控制装置,其特征在于:所述变桨控制单元包括PID控制器,所述PID控制器分别输入所述输出参数的实时检测值、目标控制值,经过PID控制后输出控制量调整桨距角以进行变桨控制。

11. 根据权利要求10所述的能够抑制风力发电机组超速的控制装置,其特征在于:所述超速抑制单元启动超速抑制控制时,具体增大调整所述PID控制器中 K_p 比例系数。

一种能够抑制风力发电机组超速的控制方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电技术领域,尤其涉及一种能够抑制风力发电机组超速的控制方法及装置。

背景技术

[0002] 风力发电机组中使用较为普遍的为变速恒频风力发电机组,该类型的机组均是通过变流器和变桨系统的控制,实现以下过程:1) 额定功率以下的变速区间,风力发电机组以最大能量捕获方式运行;2) 达到额定功率时,风力发电机组通过变桨控制,实现风力发电机组的恒功率、恒转速方式运行。目前风力发电机组中变桨控制通常都是通过主控系统向变桨系统发送桨距角指令,变桨系统接收到桨距角指令后,驱动变桨电机执行给定的桨距角。根据变桨系统的特性,变桨系统的数学模型可等效为“二阶系统+延时环节”,这是由于在上述变桨控制过程中变桨系统从接收到主控系统发送过来的桨距指令到执行对应的动作,中间有一个响应延时,即变桨系统响应存在滞后特性,尤其当风力发电机组的风轮直径越来越大时(惯性增大),这种滞后特性将越来越明显。

[0003] 变桨系统上述固有的滞后特性使得不利于变桨控制对转速的及时控制,当风力发电机组面临极端阵风时,尤其是大惯性风力发电机组,极易发生因风速变化太快、转速快速上升而同时变桨系统响应过慢导致超速保护停机,增大了风机的极限载荷。上述变桨控制方式当处于极端阵风工况下时,由于变桨系统的滞后特性会出现由于超速停机所导致的极限载荷增大现象,频繁的超速停机也会降低风电机组运行可靠性,不利于风机的稳健运行。

[0004] 为解决风力发电机组在极端阵风等工况时的超速问题,目前通常是在风力发电机组设计阶段,通过加强结构设计来增加极限载荷,保证风机的结构强度,但该类方式所需成本高,同时会增加风力发电机组的重量,不利于风力发电机组的轻量化设计。

[0005] 风力发电机组正朝着大功率等级、大风轮直径的方向发展,其重量和惯性越来越大,而大型风力发电机组更易在极端阵风下发生超速保护停机而引起极限载荷增大,因此亟需提供一种能够抑制风力发电机组超速的控制方法,以提高风电机组在极端阵风等工况时的运行可靠性。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题就在于:针对现有技术存在的技术问题,本发明提供一种实现控制简单、所需控制成本低、控制精度高以及控制实现灵活的能够抑制风力发电机组超速的控制方法及装置,提高包括极端阵风工况时风力发电机组的运行可靠性。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明提出的技术方案为:

[0008] 一种能够抑制风力发电机组超速的控制方法,步骤包括:

[0009] 实时检测发电机组运行时的输出参数,根据所述输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值对发电机组进行变桨控制;

[0010] 所述进行变桨控制时,实时判断发电机组的运行状态,若判断到为超速状态,启动

超速抑制控制,调整当前变桨控制的控制参数,由调整后的控制参数进行变桨控制,以调整变桨控制的响应速度使得快速降低发电机组运行转速;否则保持当前变桨控制。

[0011] 作为本发明方法的进一步改进:所述启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小调整所述控制参数。

[0012] 作为本发明方法的进一步改进:所述启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小按照线性比例或非线性比例调整所述控制参数。

[0013] 作为本发明方法的进一步改进:所述变桨控制具体采用PID控制,通过所述PID控制调整桨距角以进行变桨控制。

[0014] 作为本发明方法的进一步改进:所述控制参数具体为所述PID控制中Kp比例系数;所述启动超速抑制控制时,增大调整所述Kp比例系数。

[0015] 作为本发明方法的进一步改进:所述实时检测发电机组运行时的输出参数时,还包括对检测到的输出参数进行低通滤波,得到滤波后输出参数输出步骤。

[0016] 一种能够抑制风力发电机组超速的控制装置,包括:

[0017] 变桨控制单元,用于实时检测发电机组运行时的输出参数,根据所述输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值对发电机组进行变桨控制;

[0018] 超速判断及抑制单元,用于进行变桨控制时,实时判断发电机组的运行状态,若判断到为超速状态,启动超速抑制控制,调整当前变桨控制的控制参数,使得由调整后的控制参数进行变桨控制,以调整所述变桨控制的响应速度使得快速降低发电机组运行转速;否则保持当前变桨控制。

[0019] 作为本发明装置的进一步改进:所述超速抑制单元启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小调整所述控制参数。

[0020] 作为本发明装置的进一步改进:所述超速判断及抑制单元启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小按照线性比例或非线性比例调整所述控制参数。

[0021] 作为本发明装置的进一步改进:所述变桨控制单元包括PID控制器,所述PID控制器分别输入所述输出参数的实时检测值、目标控制值,经过PID控制后输出控制量调整桨距角以进行变桨控制。

[0022] 作为本发明装置的进一步改进:所述超速抑制单元启动超速抑制控制时,具体增大调整所述PID控制器中Kp比例系数。

[0023] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0024] 1) 本发明进行变桨控制时,实时检测发电机组的运行状态,正常状态时保持变桨控制状态;判断到处于超速状态时,则启动超速抑制控制,充分考虑变桨响应的滞后特性,通过调整变桨控制的控制参数来调整变桨控制的响应速度,使叶片往顺桨位变桨,从而快速降低发电机的实际转速,实现超速抑制,有效减少因超速导致的停机次数,降低了极限载荷,从而提高了风力发电机组在极端阵风等各种工况时的运行可靠性;

[0025] 2) 本发明控制实现方法简单,实现成本低,无需增加额外硬件成本,可适应于各种不同类型的大型风力发电机组,方法通用性强;

[0026] 3) 本发明采用PID进行变桨控制,在基于PID进行变桨控制的基础上,当风力发电机组处于超速状态时,通过调整PID控制的控制参数,可以有效调整变桨控制的响应速度,从而降低发电机组运行速度,从而兼具PID变桨控制的优势,以及能够抑制风力发电机组在

极端阵风等各种工况时的超速现象。

附图说明

[0027] 图1是本发明实施例1能够抑制风力发电机组超速的控制方法的实现流程示意图。

[0028] 图2是本发明实施例1进行变桨控制的实现原理流程示意图。

[0029] 图3是本发明实施例2进行PID变桨控制的实现原理示意图。

[0030] 图4是本发明实施例2两种调整控制参数的实现原理示意图。

具体实施方式

[0031] 以下结合说明书附图和具体优选的实施例对本发明作进一步描述,但并不因此而限制本发明的保护范围。

[0032] 实施例1:

[0033] 如图1、2所示,本实施例能够抑制风力发电机组超速的控制方法,步骤包括:

[0034] 1) 实时检测发电机组运行时的输出参数,根据输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值对发电机组进行变桨控制;

[0035] 2) 进行变桨控制时,实时判断发电机组的运行状态,若判断到为超速状态,启动超速抑制控制,调整当前变桨控制的控制参数,由调整后的控制参数进行变桨控制,以调整变桨控制的响应速度使得快速降低发电机组运行转速;否则保持当前变桨控制。

[0036] 本实施例基于输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值对发电机组进行变桨控制,进行变桨控制时,实时检测发电机组的运行状态,正常状态时,保持变桨控制状态;判断到处于超速状态时,则启动超速抑制控制,充分考虑变桨响应的滞后特性,通过调整变桨控制的控制参数来调整变桨控制的响应速度,使叶片往顺桨位变桨,从而快速降低发电机的实际转速,实现超速抑制,有效减少因超速导致的停机次数,降低了极限载荷,从而提高了风力发电机组在极端阵风等各种工况时的运行可靠性。

[0037] 如图2所示,本实施例具体通过实时检测发电机组的转速值判断发电机组的运行状态,若实时转速值小于预设超速抑制阈值,保持当前正常变桨控制;若实时转速值大于预设超速抑制阈值,判定处于超速运行状态,表明当前正常的变桨控制已无法将转速控制在超速抑制阈值范围内,启动超速抑制控制,调整变桨控制的控制参数,发送调整后控制参数所对应的桨距角指令给发电机组,控制变桨执行机构执行对应变桨操作,使得发电机组转速降为正常状态。进一步优选的,本实施例当发电机组的实时转速值大于超速抑制阈值且小于超速保护值时,判定为超速运行状态,其中超速抑制阈值的取值设定为比超速保护值低,可取为超速保护值的指定比例大小(本实施例具体取95%),超速抑制阈值具体可按实际需求设定。转速对应的控制目标值具体可取为额定转速。

[0038] 本实施例启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小调整控制参数,由发电机组的输出参数与预设超速抑制阈值之间的偏离程度,确定变桨控制的控制参数的调整量,其中偏离程度越高时,对应变桨控制的控制参数调整量越大,以提高变桨系统响应速度。输出参数具体为发电机组的转速等,实时检测发电机组运行时的转速值,若检测到的实时转速值超过预设超速抑制阈值,则判定为超速状态,由实时转速值与预设超速抑制阈值之间的差值大小确定变桨控制的控制参数的调整量,实时转速值与预设超速抑制阈

值之间的差值增加时,相应的增加控制参数的调整量。

[0039] 本实施例启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小按照线性比例或非线性比例调整控制参数。控制参数的调整方式具体可根据实际需求进行设定,可以按照线性关系式如:调整量比例= $a * \text{SpedError} + b$ 进行线性比例调整,其中SpedError为超速保护值与预设超速抑制阈值之间的差值, a 、 b 为调整系数,则实时转速值与预设超速抑制阈值之间的差值增大时,相应的控制参数的调整量线性增大;也可以按照指数关系或多项式关系比例进行非线性调整,则实时转速值与预设超速抑制阈值之间的差值增大时,相应的控制参数的调整量按照指数或多项式比例等非线性增大。进一步优选的,可以预先将调整量比例与实时转速值之间的对应关系存储为对应关系表,启动超速抑制控制时,通过检测到的实时转速值查询对应关系表,即可快速的获取对应的调整量比例。

[0040] 本实施例中,实时检测发电机组运行时的输出参数时,还包括对检测到的输出参数进行低通滤波,得到滤波后输出参数输出步骤,保证所检测到的输出参数的可靠性。本实

施例具体采用的低通滤波器的传递函数为: $\frac{1}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$,其中 ξ 为阻尼比, ω_n 为无阻尼自然频率。

[0041] 当风电机组运行时,首先利用发电机编码器测量发电机组的转速信号,测量得到的转速信号经过低通滤波后转速值与控制目标值的差值作为变桨控制器的输入信号;变桨控制器将滤波后的发电机转速值与超速抑制阈值进行比较,若发电机组转速小于超速抑制阈值,保持正常的变桨控制;若发电机转速大于超速抑制阈值且小于超速保护值,启动超速抑制变桨控制,在保证系统稳定的情况下,根据发电机组的实时转速值线性或者非线性增大变桨控制器的控制参数,以提高变桨系统的响应速度,使叶片往顺桨位变桨,快速降低发电机的实际转速,实现超速抑制。

[0042] 本实施例具体在主控系统加载变桨控制单元、超速判断及抑制单元的程序模块,变桨控制单元具有实时检测发电机组运行时的输出参数,根据输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值对发电机组进行变桨控制的功能;超速判断及抑制单元具有进行变桨控制时,实时判断发电机组的运行状态,若判断到为超速状态,启动超速抑制控制,调整当前变桨控制的控制参数功能,通过调用变桨控制单元、超速判断及抑制单元即可实现上述能够抑制风力发电机组超速的控制,实现控制简单,无需增加额外硬件成本。

[0043] 本实施例还提供能够抑制风力发电机组超速的控制装置,包括:

[0044] 变桨控制单元,用于实时检测发电机组运行时的输出参数,根据输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值对发电机组进行变桨控制;

[0045] 超速抑制单元,用于进行变桨控制时,实时判断发电机组的运行状态,若判断到为超速状态,启动超速抑制控制,调整变桨控制的控制参数,由调整后的控制参数进行变桨控制,以调整变桨控制的响应速度使得快速降低发电机组运行转速。

[0046] 本实施例中,超速抑制单元启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小调整控制参数。

[0047] 本实施例中,超速判断及抑制单元启动超速抑制控制时,具体根据发电机组的输出参数的大小按照线性比例或非线性比例调整控制参数。

[0048] 实施例2:

[0049] 如图3所示,本实施例具体采用PID控制进行变桨控制,通过PID控制调整桨距角以对发电机组进行变桨控制,实现能够抑制风力发电机组超速的控制方法的详细步骤包括:

[0050] 1) 实时检测发电机组运行时的输出参数,根据输出参数的实时检测值与目标控制值之间的差值采用PID控制进行变桨控制;

[0051] 2) 进行变桨控制时,实时判断发电机组的运行状态,若判断到为超速状态,调整PID控制的控制参数,由调整后的控制参数进行变桨控制,以调整变桨控制的响应速度使得快速降低发电机组运行转速。

[0052] 本实施例采用PID进行变桨控制时,具体由主控系统实时检测发电机组的转速,与转速目标控制值进行比较,得到转速误差值并作为变桨PID控制的输入,经PID控制器之后得到桨距角指令,主控系统将该指令发送给变桨系统,变桨系统接到指令后,驱动变桨电机执行到给定的桨距角。

[0053] 基于PID控制进行变桨控制,能够有效控制发电机组转速跟随目标控制值变化,易于实现且控制精度高,但是仅能满足风力发电机组在正常运行工况下控制需求,当处于极端阵风工况下时,由于变桨系统的滞后特性仍然会出现超速停机导致极限载荷增大现象。本实施例在基于PID进行变桨控制的基础上,当风力发电机组处于超速状态时,通过调整PID控制的控制参数,可以有效调整变桨控制的响应速度,从而降低发电机组运行速度,从而兼具PID变桨控制的优势,以及能够抑制风力发电机组在极端阵风等各种工况时的超速现象。

[0054] 本实施例中,控制参数具体为PID控制中 K_p 比例系数,启动超速抑制控制时,具体增大调整 K_p 比例系数,使得可以提高风电机组的响应速度,从而快速降低发电机组运行转速,实现快速抑制发电机组超速。

[0055] 本实施例超速状态时,发电机组的实时转速值大于超速抑制阈值且小于超速保护值,如图4所示, K_p 比例系数具体可根据发电机组的实时转速值按照线性比例增大调整,如(a)所示; K_p 比例系数也可以根据发电机组的实时转速值按照非线性比例增大调整,如(b)所示。

[0056] 如图3所示,本实施例利用发电机编码器测量发电机组的转速信号,测量得到的转速信号经过低通滤波后与转速参考点(控制目标值)作差得到转速偏差,并作为变桨PID控制器的输入,作为变桨PID控制器的输入信号;变桨PID控制器将滤波后的发电机转速值与超速抑制阈值进行比较,若发电机组转速小于超速抑制阈值,保持正常的变桨控制;若发电机转速大于超速抑制阈值且小于超速保护值,启动超速抑制变桨控制,在保证系统稳定的情况下,根据发电机组的实时转速值线性或者非线性增大 K_p 比例系数,以提高变桨系统的响应速度,使叶片往顺桨位变桨,快速降低发电机的实际转速,实现超速抑制。

[0057] 本实施例还提供能够抑制风力发电机组超速的控制装置,基于上述实施例1能够抑制风力发电机组超速的控制装置,本实施例变桨控制单元进一步具体包括PID控制器,PID控制器分别输入输出参数的实时检测值、目标控制值,经过PID控制后输出控制量调整桨距角以进行变桨控制。

[0058] 本实施例中,超速抑制单元判断到为超速状态时,具体增大调整PID控制器中 K_p 比例系数。

[0059] 本发明中风力发电机组可以是变速恒频等各种大型风力发电机组。

[0060] 上述只是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何形式上的限制。虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明。因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰,均应落在本发明技术方案保护的范围内。

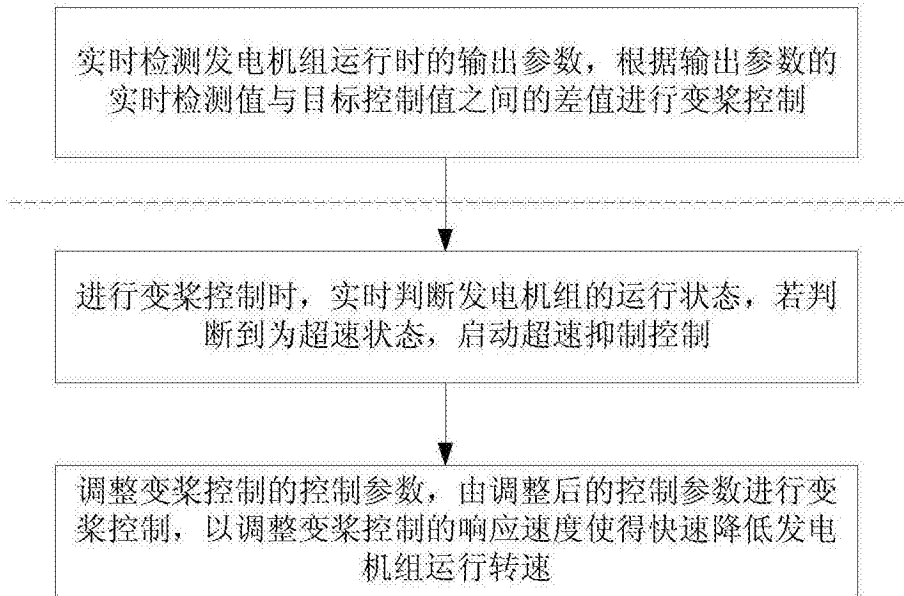


图1

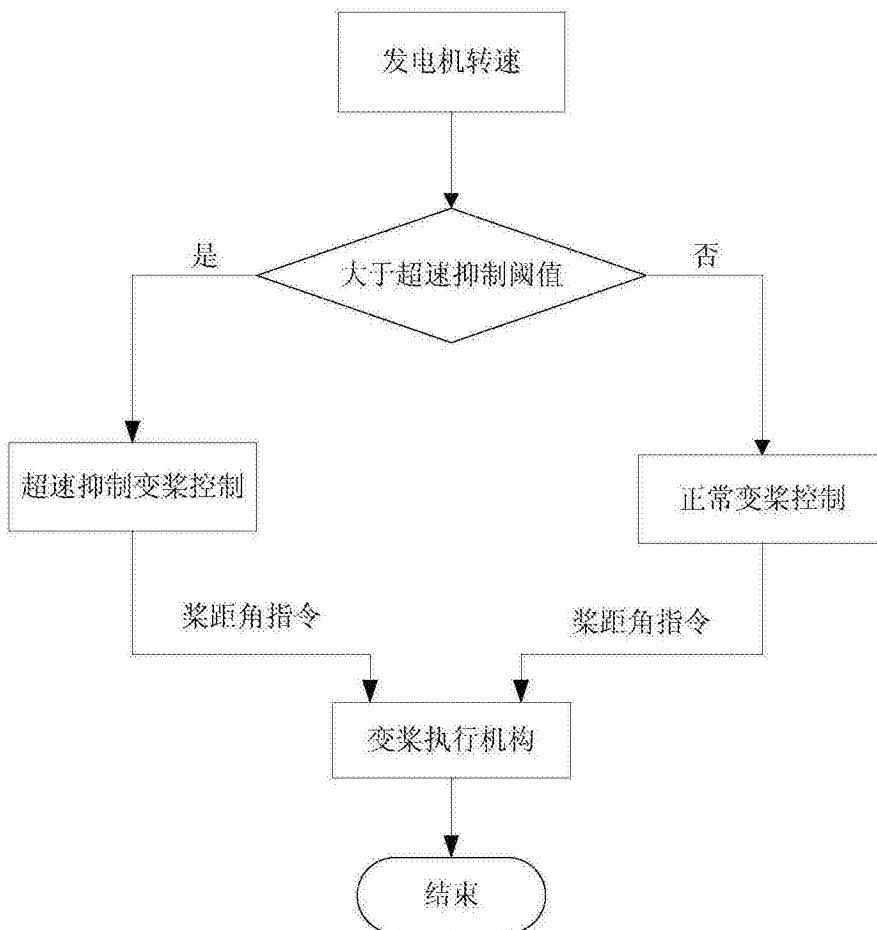


图2

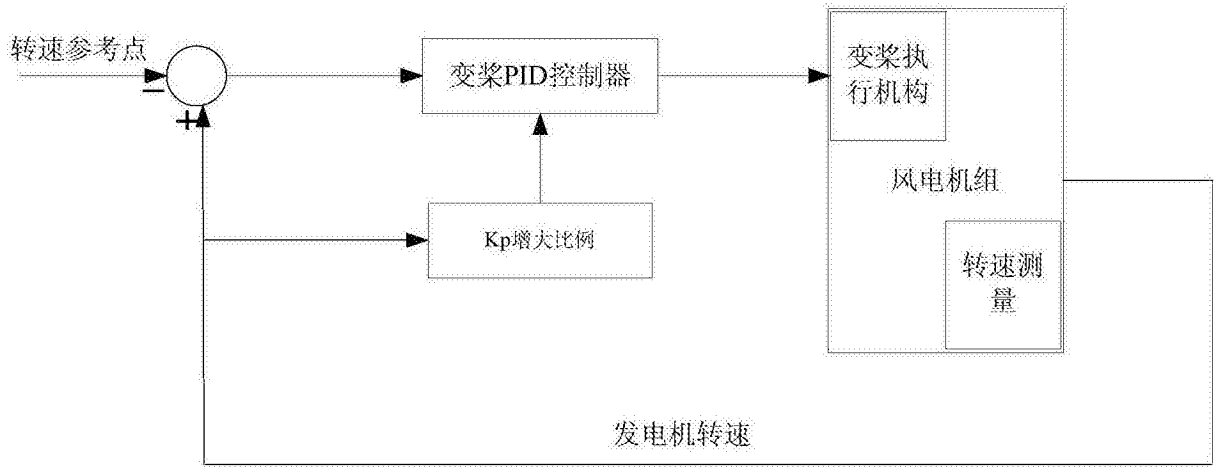


图3

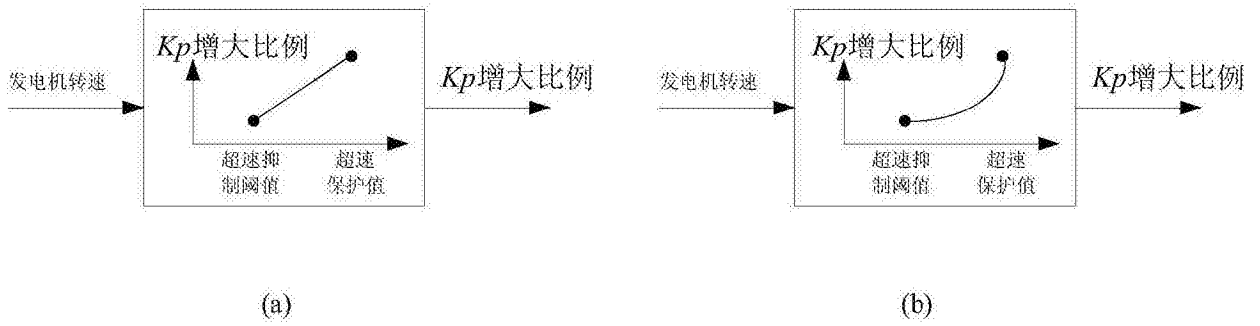


图4