



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202991352 U

(45) 授权公告日 2013. 06. 12

(21) 申请号 201220609240. 8

(22) 申请日 2012. 11. 16

(73) 专利权人 张宝贵

地址 116023 辽宁省大连市高新园区凌涛园
6 号楼 3 单元 502

(72) 发明人 张宝贵

(51) Int. Cl.

F03D 9/00 (2006. 01)

F03D 3/06 (2006. 01)

F03D 7/06 (2006. 01)

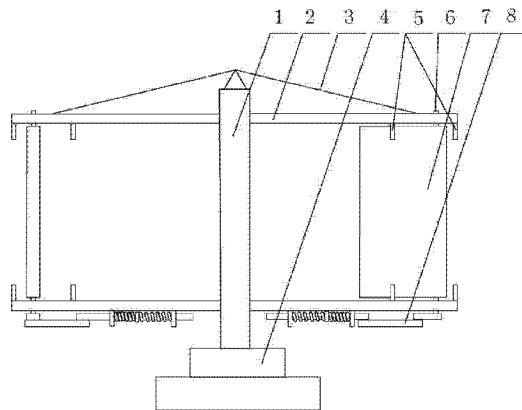
权利要求书1页 说明书5页 附图8页

(54) 实用新型名称

叶片自动调控的升阻结合型垂直轴风力发电机

(57) 摘要

一种叶片自动调控的升阻结合型垂直轴风力发电机。安装在基础底座上的垂直主轴，其底座内部分连接发电机，底座上部分等夹角安装两组以上的旋臂；带转轴的翼形叶片安装在旋臂外端；弹力曲柄连杆机构安装在旋臂上，曲柄与叶片转轴连接；叶片限位器分别安装在旋臂的内侧和外端。以上各部分构成了一个根据不同风力情况，自动对翼形叶片工作状态进行实时调节控制的风能转换装置：使处于顺风区的叶片被限位器阻挡并保持在与旋臂同一平面的位置，利用叶片风阻做功；处于逆风区的叶片被弹力曲柄连杆机构控制在特定攻角状态，利用叶片升力做功。并能将风力发电机由叶尖速比 $\lambda < 1$ 时的升力阻力混合工作状态，自动转变为叶尖速比 $\lambda \geq 1$ 时的全升力工作状态。



1. 一种叶片状态自动调控的垂直轴风力发电机,它包括基础底座、垂直主轴、旋臂、带转轴的翼形叶片、叶片限位器和弹力曲柄连杆机构等,其特征是安装在基础底座上的垂直主轴,底座内部分通过变速器连接发电机,底座上部分等夹角安装两组以上的旋臂,带转轴的翼形叶片安装在旋臂外端,叶片限位器分别安装在旋臂的内侧和外端,弹力曲柄连杆机构通过线性轴承安装在旋臂上,曲柄与叶片转轴连接。

2. 根据权利要求1所述的垂直轴风力发电机,其特征在于所述带转轴的翼形叶片为对称翼形,转轴靠近叶片前缘且与垂直主轴平行,叶片重心位于转轴上,叶片相对于其连接的旋臂可做水平旋转。

3. 根据权利要求1所述的垂直轴风力发电机,其特征在于所述叶片限位器为分别安装在旋臂内侧和外端的叶片阻挡装置,将叶片限制在叶片弦线与旋臂夹角 $0^\circ \leq \delta \leq 180^\circ$ 的范围。

4. 根据权利要求3所述的垂直轴风力发电机,其特征在于所述叶片限位器将额定风速内处于顺风区的叶片阻挡并保持在 $\delta = 0^\circ$ 或 $\delta = 180^\circ$ 状态。

5. 根据权利要求3所述的垂直轴风力发电机,其特征在于所述叶片限位器在出现超额定风速时,处于顺风区的叶片突破其限制,卸载叶片上的过载风阻,达到保护风力机的目的。

6. 根据权利要求1所述的垂直轴风力发电机,其特征在于所述弹力曲柄连杆机构由曲柄、连杆、导杆、线性轴承、弹性件和弹性件定位环等组成,通过线性轴承安装在旋臂上,导杆与旋臂平行且处于同一垂直平面内,曲柄一端与翼形叶片的转轴连接,曲柄与叶片弦线平行。

7. 根据权利要求6所述的垂直轴风力发电机,其特征在于所述弹力曲柄连杆机构的曲柄(叶片弦线)与旋臂的夹角 $\delta = 90^\circ$ 时,通过定位环将弹性件作用在导杆上的轴向弹力调整为0,使 $\delta = 0^\circ$ 、 $\delta = 90^\circ$ 和 $\delta = 180^\circ$ 时,弹力曲柄连杆机构加载到叶片转轴的转矩为0。

8. 根据权利要求6所述的垂直轴风力发电机,其特征在于所述弹力曲柄连杆机构的曲柄(叶片弦线)与旋臂的夹角 $0^\circ < \delta < 90^\circ$ 时,导杆上的内侧弹性件被压缩,弹力曲柄连杆机构加载到叶片转轴上顺时针转矩 $M_{顺}$,将处于上逆风区的叶片控制在具有较大升阻比的 $-\alpha$ 攻角状态。

9. 根据权利要求6所述的垂直轴风力发电机,其特征在于所述弹力曲柄连杆机构的曲柄(叶片弦线)与旋臂的夹角 $90^\circ < \delta < 180^\circ$ 时,导杆上的外侧弹性件被压缩,弹力曲柄连杆机构加载到叶片转轴上逆时针转矩 $M_{逆}$,将处于下逆风区的叶片控制在具有较大升阻比的 α 攻角状态。

叶片自动调控的升阻结合型垂直轴风力发电机

所属技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种风力发电装置,尤指叶片工作状态自动调节控制的升阻结合型垂直轴风力发电机。

背景技术

[0002] 目前的风力发电机主要分为水平轴和垂直轴两种类型。

[0003] 水平轴风力发电机出现较早,技术成熟,得到了广泛应用。相较大型水平轴风力发电机技术要求高,制造、运输、安装和维护难度大等形成的高成本,垂直轴风力发电机具有结构简单、稳定性好、维护方便、适用范围广、成本低等特点,分为阻力型和升力型。阻力型风力发电机主要是利用气流通过叶片产生的阻力作为驱动力,启动力矩大,尖速比低,风能利用率低。升力型风力发电机主要是利用气流通过叶片产生的升力作为驱动力,启动力矩小,尖速比高,风能利用率高。

[0004] 由于垂直轴风力发电机旋转过程中,通过其叶片气流的大小和方向是不断变化的,固定叶片风力发电机的叶片不能始终运行在产生驱动力的特定攻角状态,运行至某些位置还会产生阻力矩,制约了风能利用率的提高。对此,人们设计了各种活动叶片的随动调控装置,以期将不同风场条件、运行在不同圆周位置的叶片,实时调节控制在具有较大驱动力的特定攻角状态,达到提高风能利用率的目的。

[0005] 相似专利以中国专利申请号 200610023892.2、名称为“垂直轴风力发电机叶片攻角调节装置”的发明专利最具代表性:叶片转轴齿轮与齿条连接,在一定强度的风力作用下,齿条一端的滚子沿静止的凸轮轮廓线运动,带动齿条作往复运动。在圆周上的不同位置,使叶片与风向的夹角保持在各个设定范围;当风向发生变化后,由电机带动凹槽凸轮转动相应的角度,使风向与凹槽凸轮的相对方位保持不变,保证风向变化后的叶片与风向夹角仍然能保持在各个设定值范围。此方法虽然一定程度上优化了叶片的工作状态,但其存在明显不足:一是需要测风对风装置,摒弃了垂直轴风力发电机无方向性的优点。二是凸轮机构具有传动效率低、低速性、结构复杂等缺点,难以应用在高尖速比、大型化的风力发电机上。三是只能在某一固定风速、固定风力机转速的情况下,才能保持叶片的最佳工作状态,难以适应复杂的风场环境。而采用测风仪、中央处理器、集电环、编码器和伺服电机等有功调控装置的中国申请专利号 200610027384.1、名称为“垂直轴风力发电机叶片转角自动控制系统”的发明专利所采用的叶片自动控制系统,虽能及时对风场的变化做出反应,但结构过于复杂,而且在风力机的运行过程中,必须通过伺服电机对叶片状态进行不间断有功调控,成本高,能耗大。

发明内容

[0006] 针对现有垂直轴风力发电机存在的不足,本实用新型提供了一种叶片状态自动调控的升阻结合型垂直轴风力发电机,使处于顺风区的叶片被限位器阻挡并保持在与旋臂同一平面的位置,利用叶片风阻做功。处于逆风区的叶片,被弹力曲柄连杆机构的控制转矩实

时地控制在具有较大升阻比的特定攻角状态,利用叶片升力做功。并能将风力发电机由叶尖速比 $\lambda < 1$ 时的升力阻力混合工作状态,自动转变为叶尖速比 $\lambda \geq 1$ 时的全升力工作状态。该实用新型结构简单、无方向性、制造成本低廉,实现了垂直轴风力发电机叶片状态的无功自动调控,具有启动风速低、风能利用率高、环境适应能力强和输出功率稳定等特点。

[0007] 技术方案

[0008] 本实用新型主要包括基础底座、垂直主轴、旋臂、带转轴的翼形叶片、叶片限位器和弹力曲柄连杆机构等部件。其中弹力曲柄连杆机构由曲柄、连杆、导杆、弹性件、弹性件定位环和线性轴承等组成。

[0009] 图 1、图 2 中,安装在基础底座(4)上的垂直主轴(1),其底座内部分通过变速器连接发电机或其它动力装置,底座上部分等夹角安装两组以上的旋臂(2);翼形叶片(7)通过转轴(6)安装在旋臂(2)外端,转轴(6)靠近翼形叶片(7)前缘且与垂直主轴(1)平行,重心位于转轴(6)上;弹力曲柄连杆机构(8)通过线性轴承(12)安装在旋臂(2)上,导杆(11)与旋臂(2)平行且位于同一垂直平面,曲柄(9)与转轴(6)连接且与翼形叶片弦线平行;叶片限位器(5)分别安装在上下旋臂(2)的内侧和外端。

[0010] 为便于说明本实用新型所采用的技术方案,特做如下定义:

[0011] V :通过叶片的相对气流。

[0012] V_1 :风速。

[0013] V_2 :叶片线速度产生的相对气流。

[0014] α :叶片弦线(曲柄)与 V 夹角。

[0015] β :旋臂与 V 夹角。

[0016] δ :旋臂与叶片弦线(曲柄)夹角。

[0017] 通过叶片的相对气流 V 的切向速度与叶片线速度方向一致的区域为顺风区,方向相反的区域为逆风区。再通过风力机的垂直主轴 O 做一条风速 V_2 的垂线,进一步把顺风区和逆风区划分为上、下顺风区和上、下逆风区。

[0018] 本实用新型分为三种工作状态:① $V_2=0$ 的启动状态;② $0 < V_2 < V_1$ 的顺风区和逆风区混合运行状态;③ $V_2 \geq V_1$ 的全逆风区运行状态。以顺时针方向旋转的垂直轴风力发电机为例,三种状态下通过不同圆周位置叶片的相对气流 V 分别见图 3、图 4 和图 5。

[0019] 图 3 中,顺风区为圆弧 ABC ,上顺风区为圆弧 AB ,下顺风区为圆弧 BC 。逆风区为圆弧 CDA ,下逆风区为圆弧 CD ,上逆风区为圆弧 DA 。

[0020] 图 4 中,顺风区为圆弧 A_1BC_1 ,上顺风区为圆弧 A_1B ,下顺风区为圆弧 BC_1 。逆风区为圆弧 C_1CDA_1 ,下逆风区为圆弧 C_1CD ,上逆风区为圆弧 DAA_1 。

[0021] 图 5 中,叶片运行于全逆风区,下逆风区为圆弧 BCD ,上逆风区为圆弧 DAB 。

[0022] 由上述三种工作状态下通过叶片的相对气流分析可知:虽然风速一定的情况下,随着风力发电机转速的增加,叶片圆周运行的顺风区逐渐缩小,逆风区逐渐扩大,直至进入全逆风区,但旋臂与通过叶片相对气流 V 的夹角 β 符合下列条件:

[0023] 顺风区: $360^\circ > \beta > 180^\circ$

[0024] 上顺风区: $360^\circ > \beta > 270^\circ$

[0025] 下顺风区: $270^\circ > \beta > 180^\circ$

[0026] 逆风区: $180^\circ > \beta > 0^\circ$

[0027] 下逆风区： $180^\circ > \beta > 90^\circ$

[0028] 上逆风区： $90^\circ > \beta > 0^\circ$

[0029] $\beta = 0^\circ$ ($\beta = 360^\circ$) 的位置为逆、顺风区转换点。

[0030] $\beta = 270^\circ$ 的位置为上、下顺风区转换点。

[0031] $\beta = 180^\circ$ 的位置为顺、逆风区转换点。

[0032] $\beta = 90^\circ$ 的位置为下、上逆风区的转换点。

[0033] 安装在旋臂上的叶片限位器,将叶片限制在 $0^\circ \leq \delta \leq 180^\circ$ 范围。

[0034] 将旋臂与曲柄(叶片弦线)的夹角 $\delta = 90^\circ$ 时,弹力曲柄连杆机构导杆上弹性件的轴向弹力 F_k 调整为 0,则 $\delta = 0^\circ$ 、 $\delta = 90^\circ$ 和 $\delta = 180^\circ$ 时,弹力 F_k 通过曲柄在叶片转轴上形成的转矩为 0; $90^\circ > \delta > 0^\circ$ 时,导杆上的内侧弹性件被压缩,弹力 F_k 通过曲柄在叶片转轴上形成顺时针转矩 $M_{顺}$; $180^\circ > \delta > 90^\circ$ 时,导杆上的外侧弹性件被压缩,弹力 F_k 通过曲柄在叶片转轴上形成逆时针转矩 $M_{逆}$ 。见图 6。

[0035] 弹力曲柄连杆机构对叶片转轴的控制转矩 $M_{逆}$ 和 $M_{顺}$,可通过风洞或其它相关实验设定,使其满足下述条件:1. 小于失速状态的叶片阻力和升力在叶片转轴形成的转矩,使达到额定风速时的叶片旋转至临界攻角之内。2. 使额定风速内下、上逆风区的叶片攻角 α 和 $-\alpha$ 被控制在临界攻角内的较大升阻比状态。

[0036] 根据空气动力学原理,当一定速度的相对气流 V 通过带转轴的对称翼形叶片时产生的升力和阻力,形成推动叶片绕其转轴向 $\beta - \delta = \alpha = 0^\circ$ 方向旋转的转矩。

[0037] 处于顺风区($360^\circ > \beta > 180^\circ$)被限制在 $0^\circ \leq \delta \leq 180^\circ$ 范围的叶片,处于失速状态。当其旋转至 $\delta = 0^\circ$ 或 $\delta = 180^\circ$ 时,被叶片限位器阻挡并保持在在 $\delta = 0^\circ$ 或 $\delta = 180^\circ$ 的位置,叶片风阻通过旋臂形成推动风力机旋转的顺时针转矩;当通过叶片的相对气流超过一定值,即出现超过风力发电机的额定风速时,叶片将会突破限位器的阻挡卸载过载风阻,实现风力发电机的自动保护。

[0038] 处于下逆风区($180^\circ > \beta > 90^\circ$)的叶片,向 $\beta - \delta = \alpha = 0^\circ$ 的方向旋转至临界攻角之内时, $180^\circ > \delta > 90^\circ$,弹力曲柄连杆机构加载到叶片转轴上的转矩 $M_{逆}$,将叶片控制在 $\beta - \delta = \alpha > 0^\circ$ 状态;处于上逆风区($90^\circ > \beta > 0^\circ$)的叶片,向 $\beta - \delta = \alpha = 0^\circ$ 的方向旋转至临界攻角之内时, $90^\circ > \delta > 0^\circ$,弹力曲柄连杆机构加载到叶片转轴上的转矩 $M_{顺}$,将叶片控制在 $\beta - \delta = -\alpha < 0^\circ$ 状态。下、上逆风区内处于攻角 α 和 $-\alpha$ 状态的翼形叶片,其升力 F_1 和 F_2 的切向分力,均通过旋臂形成了推动风力机旋转的顺时针转矩。见图 7。

[0039] 正常工作的该实用新型,运行于逆风区的叶片被弹力曲柄连杆机构的转矩 $M_{逆}$ 或 $M_{顺}$ 控制在攻角 α 或 $-\alpha$ 的较大升阻比状态,具有较大的升力,阻力很小,升力 F_1 在叶片转轴形成的转矩 $M_{F1} \approx M_{逆}$,升力 F_2 在叶片转轴形成的转矩 $M_{F2} \approx M_{顺}$ (见图 6、图 7)。 $M_{逆}$ 和 $M_{顺}$ 设定后,当风速发生变化,即通过叶片的相对气流速度发生变化时,受 $M_{逆}$ 或 $M_{顺}$ 控制的叶片攻角 α 或 $-\alpha$ 随之变化,升力 F_1 或 F_2 基本保持不变。而正常工作状态下的垂直轴风力发电机具有一定转速,叶片大部或全部行程处于逆风区,风力发电机的主要或全部驱动力由叶片的升力产生,从而保证了复杂风场环境下风力发电机功率的稳定输出。

[0040] 有益效果

[0041] 1. 实现了垂直轴风力发电机叶片工作状态的无功自动调控。

[0042] 2. 实现了垂直轴风力发电机的低风速启动和高效率运行。

- [0043] 3. 无方向性、环境适应能力强、功率输出稳定。
 [0044] 4. 结构简单、可靠性高、制造成本低廉、易于推广普及。

附图说明

- [0045] 下面结合附图和实施例对本实用新型做进一步说明。
 [0046] 图 1 是本实用新型结构示意图。
 [0047] 图 2 是弹力曲柄连杆机构结构示意图。
 [0048] 图 3 是本实用新型启动状态时通过叶片的相对气流分析图。
 [0049] 图 4 是本实用新型顺、逆风区混合运行状态时通过叶片的相对气流分析图。
 [0050] 图 5 是本实用新型全逆风区运行状态时通过叶片的相对气流分析图。
 [0051] 图 6 是弹力曲柄连杆机构控制力矩示意图。
 [0052] 图 7 是本实用新型上、下逆风区叶片升力分析图。
 [0053] 图 8 是本实用新型叶片不同圆周位置工作状态示意图。
 [0054] 图中：1. 垂直主轴, 2. 旋臂, 3. 旋臂吊索, 4. 底座, 5. 限位器, 6. 叶片转轴, 7. 对称翼形叶片, 8. 弹力曲柄连杆机构, 9. 曲柄, 10. 连杆, 11. 导杆, 12. 线性轴承, 13. 弹性件, 14. 定位环。

具体实施方式

- [0055] 本实用新型分为启动、升力阻力混合运行和全升力运行三种工作状态。
 [0056] 实施例 1：启动状态
 [0057] 零风速下静止状态的本实用新型，叶片处于 $\delta=0^\circ$ 、 $\delta=90^\circ$ 或 $\delta=180^\circ$ 的状态之一。当一定速度的风吹来时，图 3 中，位于顺风区（圆弧 ABC）的叶片均处于失速状态。若 $\delta=0^\circ$ 或 $\delta=180^\circ$ ，将被限位器阻挡并保持在 $\delta=0^\circ$ 或 $\delta=180^\circ$ 状态；若 $\delta=90^\circ$ ，处于上顺风区（圆弧 AB）的叶片，将逆时针旋转并被限位器阻挡在 $\delta=0^\circ$ 状态，处于下顺风区（圆弧 BC）的叶片，将顺时针旋转并被限位器阻挡在 $\delta=180^\circ$ 状态。 $\delta=0^\circ$ 或 $\delta=180^\circ$ 状态的叶片，利用风阻做功，具有较大的启动力矩。处于下逆风区（圆弧 CD）的叶片顺时针旋转至临界攻角内，并被弹力曲柄连杆机构加载到叶片转轴上的转矩 $M_{\text{逆}}$ 控制在 $\beta - \delta = \alpha$ 状态，利用升力 F_1 做功。处于上逆风区（圆弧 DA）的叶片逆时针旋转至临界攻角内，并被弹力曲柄连杆机构加载到叶片转轴上的转矩 $M_{\text{顺}}$ 控制在 $\beta - \delta = -\alpha$ 状态，利用升力 F_2 做功。
 [0058] 三个或三个以上叶片的该实用新型启动时，至少有一个叶片处于顺风区，具有阻力型风力发电机的大启动力矩。而处于逆风区的叶片产生的升力，也为风力发电机地启动提供了动力。因而本实用新型较之阻力型风力发电机的启动力矩更大，启动风速更低。
 [0059] 实施例 2：升力、阻力混合运行状态
 [0060] 启动后的本实用新型，当 $0 < V_2 < V_1$ ，即叶尖速比 $\lambda < 1$ 时，处于顺风区和逆风区混合运行状态，见图 4。叶片运行与启动状态时一样，仍分为上、下顺风区和下、上逆风区，工作原理相同。图 8 为叶片运行在不同圆周位置的工作状态：叶片由逆风区经过 $\beta=0^\circ$ 的逆、顺风区转换点 A_1 进入顺风区（圆弧 A_1BC_1 ）后，被限位器阻挡在 $\delta=0^\circ$ 状态，叶片风阻做功；叶片由顺风区经过 $\beta=180^\circ$ 的顺、逆风区转换点 C_1 进入下逆风区（圆弧 C_1CD ）后，在升力和阻力作用下，绕其转轴顺时针反转至临界攻角内，被弹力曲柄连杆机构的控制转矩 $M_{\text{逆}}$ 动

态控制在 $\beta - \delta = \alpha$ 状态,叶片升力做功;叶片运行至 $\beta = 90^\circ$ 的下、上逆风区转换点 D 时, $\beta = \delta = 90^\circ$, $\beta - \delta = \alpha = 0^\circ$,叶片不产生升力;进入上逆风区(圆弧 DAA_1)的叶片,被弹力曲柄连杆机构加载到叶片转轴的控制转矩 $M_{顺}$ 动态控制在 $\beta - \delta = -\alpha$ 状态,叶片升力做功。

[0061] 实施例 3:全升力运行状态

[0062] 随着风力发电机转速的增加,当 $V_2 \geq V_1$,即叶尖速比 $\lambda \geq 1$ 时,本实用新型进入全升力运行状态。图 5 中,叶片的每一圆周运行分为上逆风区(圆弧 DAB)和下逆风区(圆弧 BCD),除上、下逆风区转换点 B 和下、上逆风区转换点 D 的叶片攻角 $\alpha = 0$ 不产生升力外,上、下逆风区的叶片分别被弹力曲柄连杆机构的控制转矩 $M_{顺}$ 和 $M_{逆}$ 动态控制在具有较大升阻比的 $-\alpha$ 和 α 状态,叶片升力 F_1 和 F_2 做功。

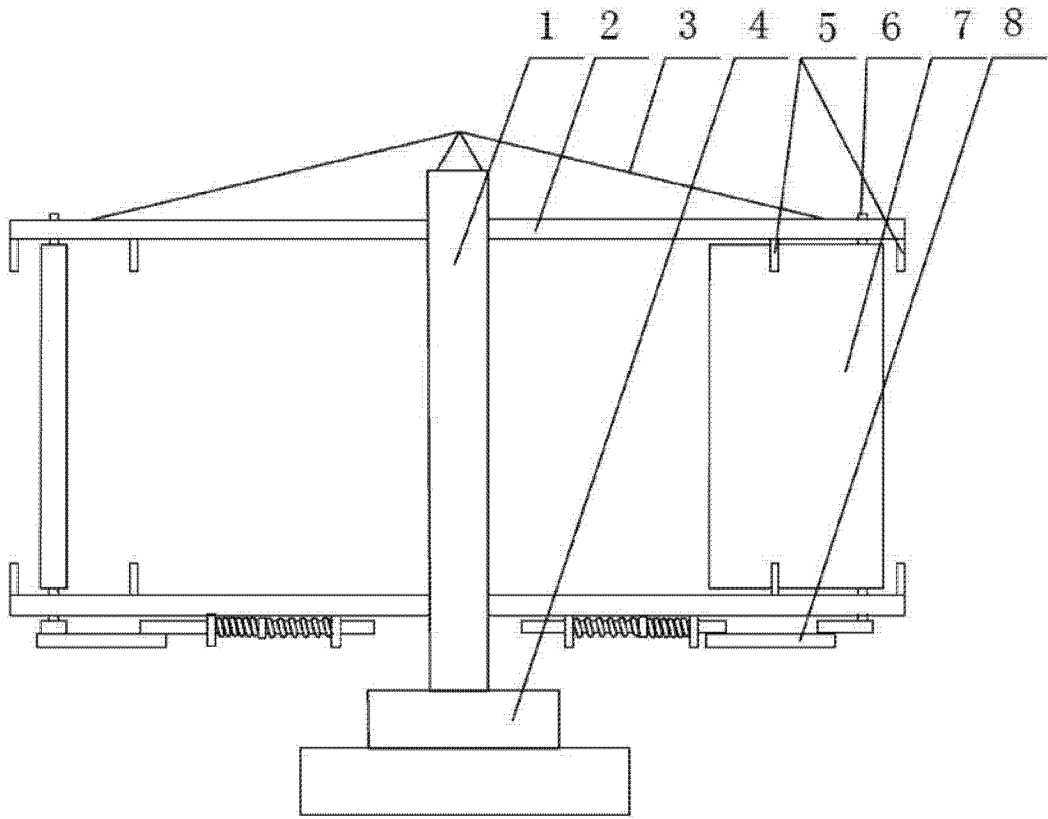


图 1

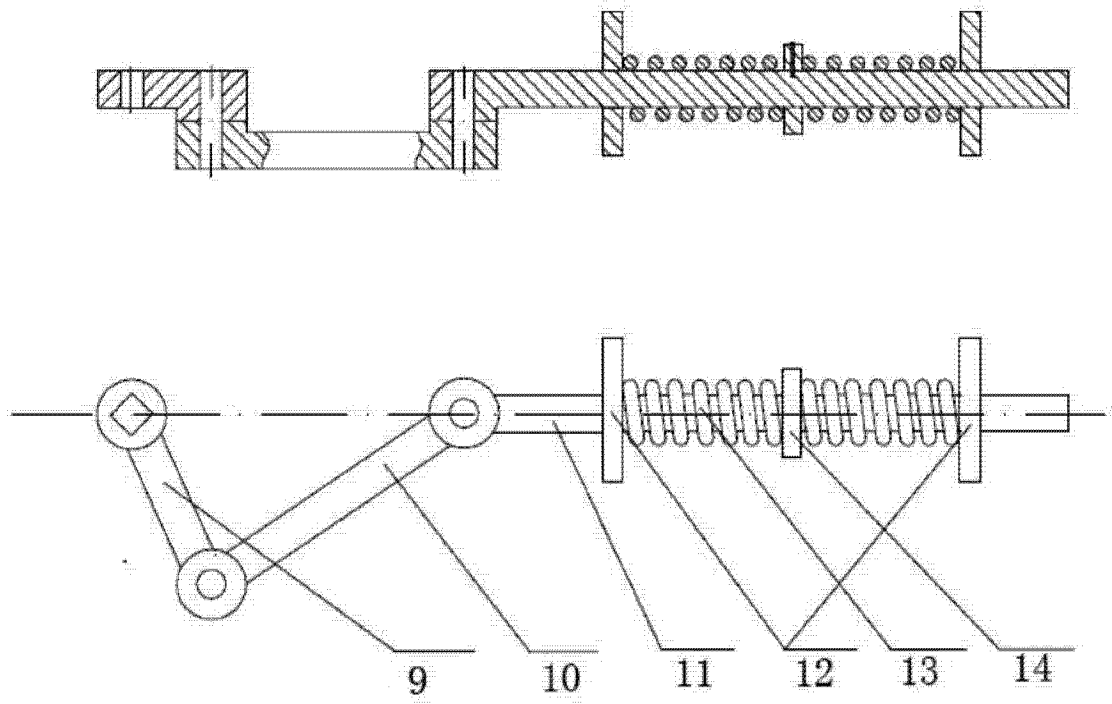


图 2

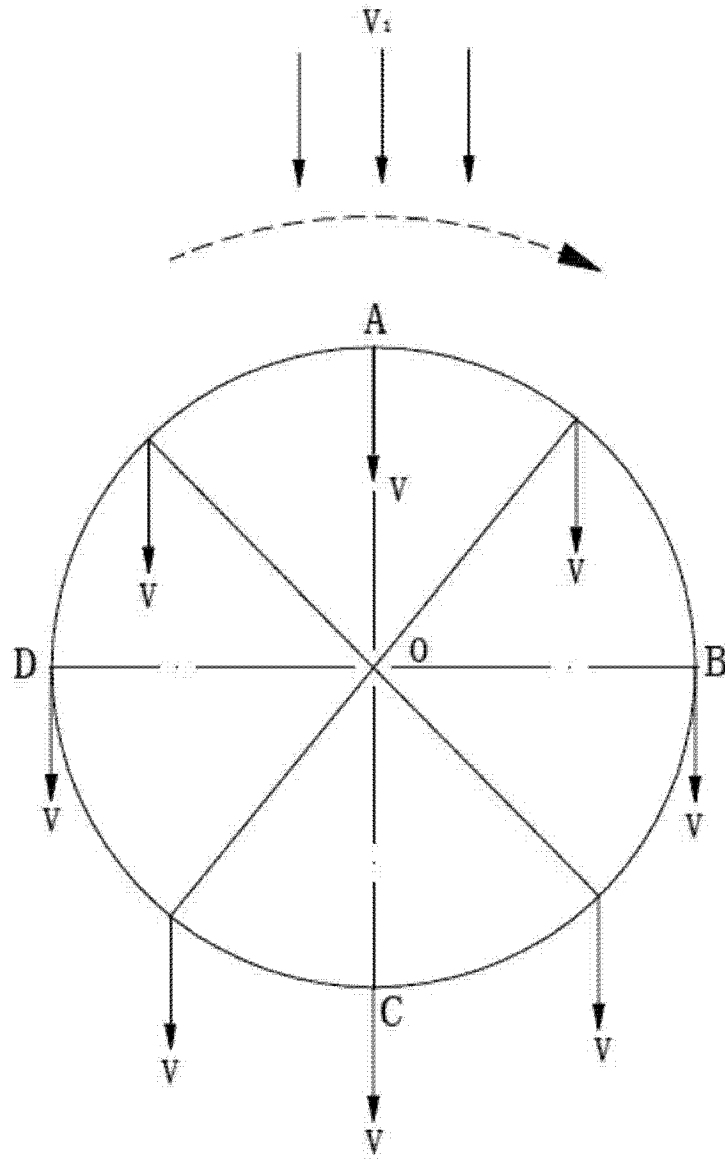


图 3

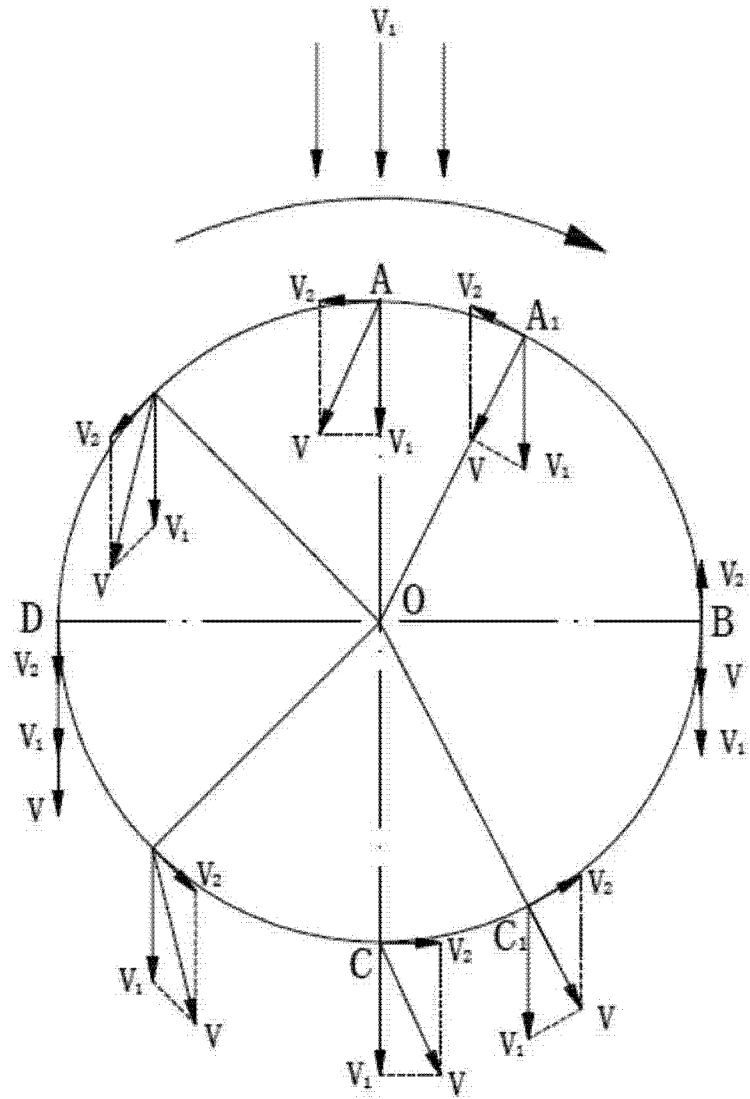


图 4

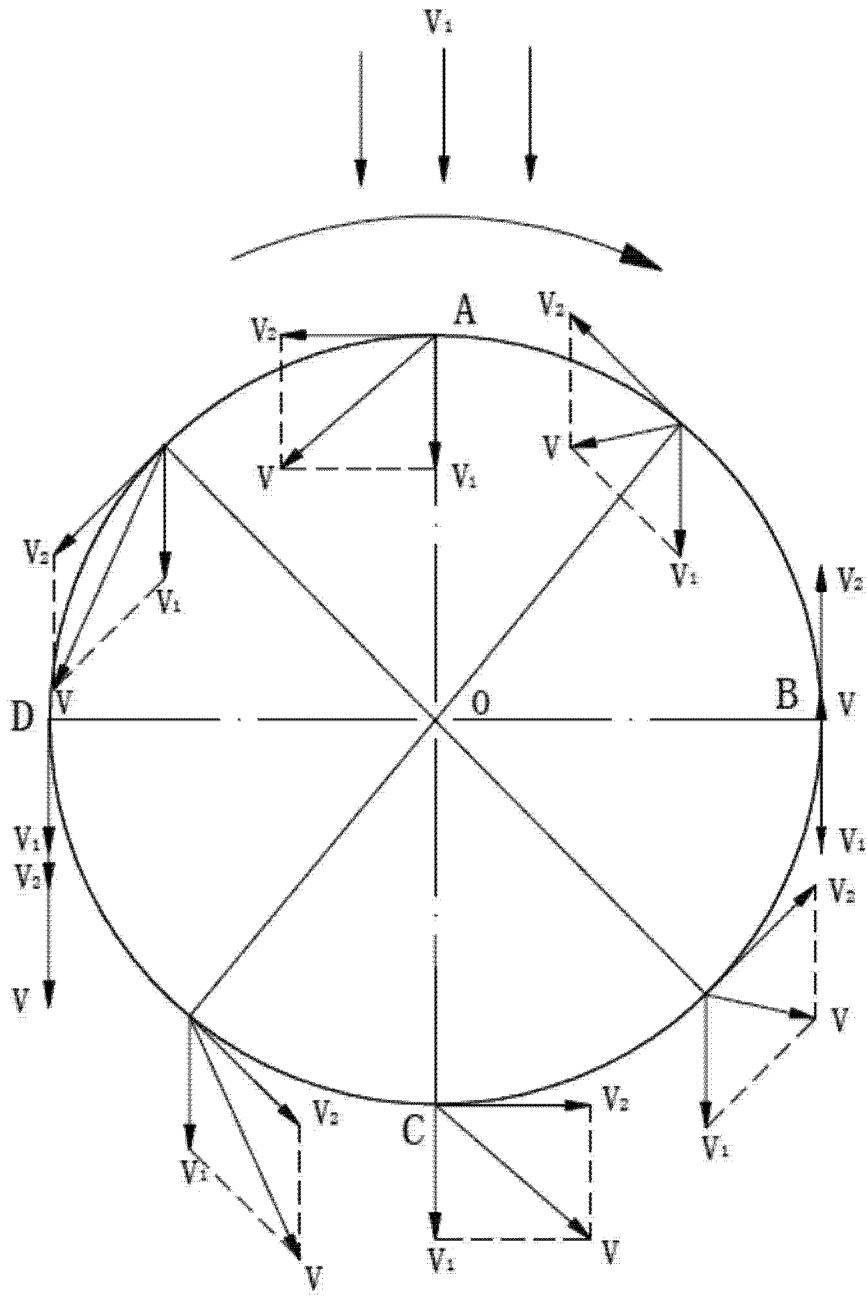


图 5

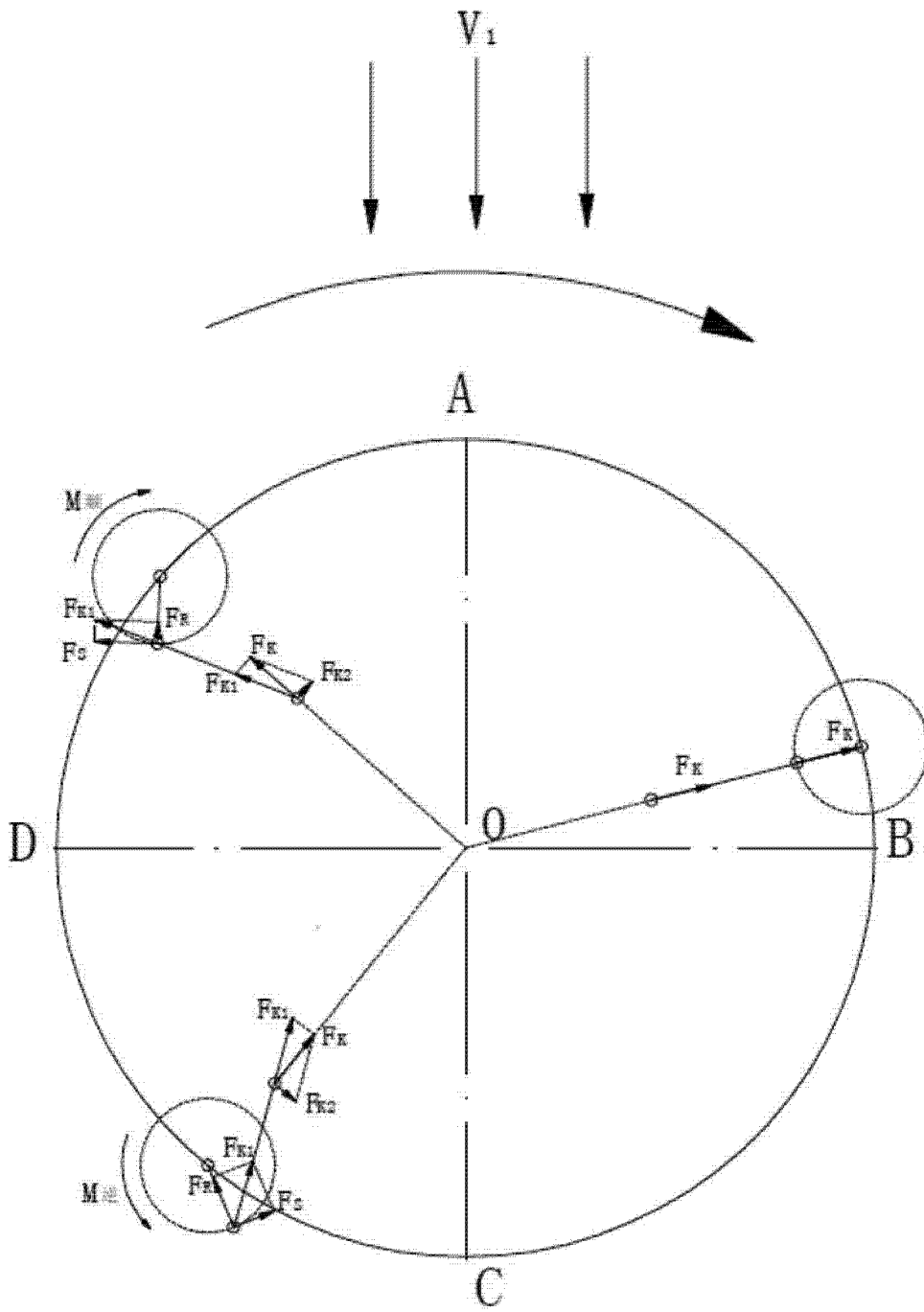


图 6

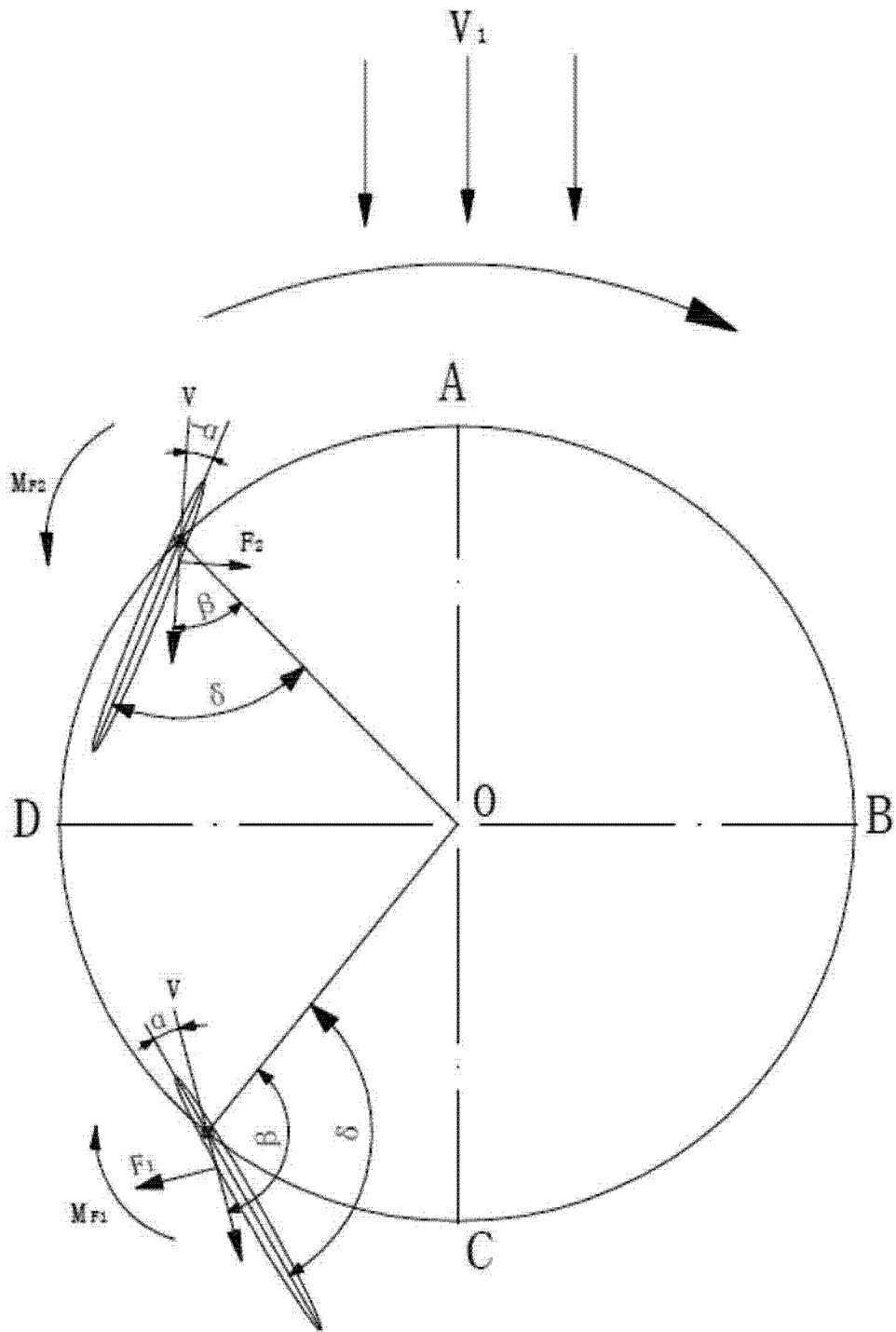


图 7

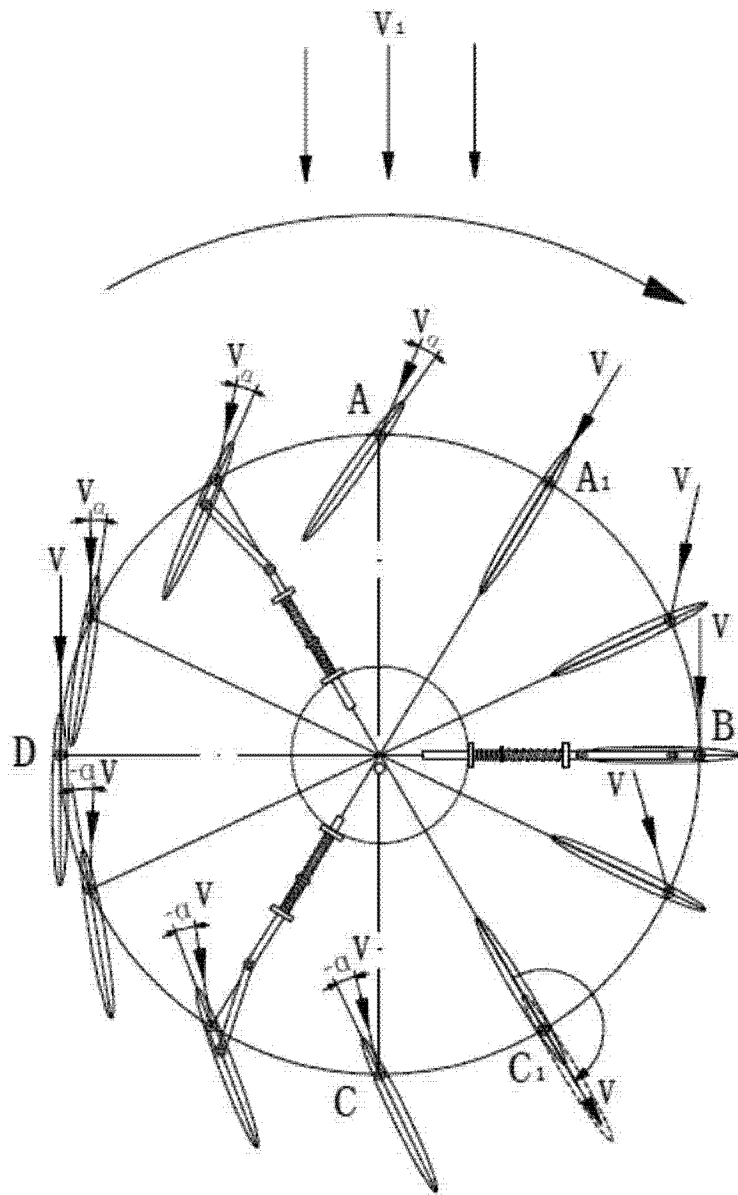


图 8