



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102012902097742
Data Deposito	31/10/2012
Data Pubblicazione	01/05/2014

Classifiche IPC

Titolo

TURBINA EOLICA O IDRAULICA CON ASSE PERPENDICOLARE ALLA CORRENTE DOTATA DI PALE MOBILI ADATTABILI INDIVIDUALMENTE.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

“ TURBINA EOLICA O IDRAULICA CON ASSE PERPENDICOLARE ALLA CORRENTE DOTATA DI PALE MOBILI ADATTABILI INDIVIDUALMENTE ”

Inventore : Pavel Miodushevsky

di Brindisi-ITALIA

richiedente: International Innovation Technologies S.r.l.

72100 Brindisi-ITALIA , via A.Artom,1

-@-@-@

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un sistema per la conversione di energia da fonte rinnovabile, ed in particolare l'energia di un flusso eolico, in energia elettrica. Per lo sfruttamento delle fonti di energia cosiddette rinnovabili, sono note turbine eoliche ed idrauliche di vario tipo.

In letteratura tecnico-scientifica (1,2) sono stati descritti nuovi metodi e sistemi per il miglioramento dell'efficienza della turbina con asse verticale. Nell'articolo (1) è stata descritta una turbina con controllo individuale di pale mobili. Lo svantaggio di questo sistema è che i servomeccanismi sono installati sul mozzo, nei pressi dell'asse di rotazione della turbina ed ogni servomeccanismo trasferisce il movimento di controllo alla pala tramite una lunga barra. Tale configurazione limita in maniera significativa gli angoli e le velocità di funzionamento. Nell'articolo (1) non è stata indicata la posizione dell'asse di rotazione della pala, che è molto importante per il funzionamento del sistema; inoltre non stato analizzato il carico dinamico sulla pala e le caratteristiche necessarie al servomeccanismo per garantire il funzionamento del sistema.

Nel brevetto (2) è stata descritta una turbina con asse verticale, che ha un sistema di controllo individuale per gli angoli d'incidenza di ogni pala e per gli angoli di ogni flap. Questo brevetto però, fornisce una descrizione dettagliata solo per il generatore elettrico e per il convertitore elettrico a matrice. Nel brevetto (2) il posizionamento dei servomeccanismi è stato indicato in modo sbagliato. Secondo il disegno (2) la posizione dell'asse del servomeccanismo per il controllo dell'angolo d'incidenza della pala è posizionato sul bordo d'entrata del profilo della pala. Con questa configurazione il momento torcente del servomeccanismo risulterà verosimilmente non realizzabile. Nel brevetto (2) il metodo ed il sistema di controllo non includono un importante parametro: la velocità angolare di rotazione della turbina. L'angolo d'incidenza della pala dipende non linearmente dall'angolo di rotazione, dalla velocità del vento e dalla velocità di rotazione. Il metodo di ottimizzazione del controllo dichiarato nel brevetto (2) non è basato su una procedura scientifica provata, e potrebbe non fornire la convergenza del metodo. Nel brevetto (2) per l'ottimizzazione degli angoli d'incidenza della pala si propone di usare coefficienti di portanza e resistenza aerodinamica determinati dai dati misurati durante il funzionamento della turbina. Questa proposta non è realizzabile perché le ben note procedure di aerodinamica sperimentale

per la determinazione dei coefficienti sopraindicati richiedono l'effettuazione di misurazioni, che non è possibile effettuare nella fase di funzionamento del sistema sopraindicato.

Dall'analisi della letteratura (1,2) ne consegue che la turbina presa in considerazione richiede miglioramenti significativi della struttura, del metodo e dei dispositivi di controllo.

La presente invenzione propone la soluzione completa ai problemi sopraindicati secondo le rivendicazioni 1-5. La presente invenzione fornisce alcuni vantaggi rilevanti. Uno dei vantaggi principali è che l'invenzione consente di aumentare l'efficienza della conversione delle sopracitate energie alternative in energia elettrica, come verrà illustrato in dettaglio più avanti. Altri vantaggi, le caratteristiche e la modalità di impiego della presente invenzione risulteranno evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di alcune sue forme di realizzazione, presentate a scopo esemplificativo e non limitativo. Verrà fatto riferimento alle figure dei disegni allegati:

- la Figura 1 mostra una vista laterale di una prima forma di realizzazione del sistema;
- la Figura 2 mostra una vista in pianta di una seconda forma di realizzazione del sistema;
- la Figura 3 mostra uno schema del sistema di controllo;
- la Figura 4 mostra una vista in pianta della pala con il flap;
- la Figura 5 mostra una sezione della pala con il flap e il relativo servomeccanismo;
- la Figura 6 mostra uno schema dei vettori di velocità risultante, portanza e resistenza aerodinamica della pala nel primo quadrante per $\kappa=1$;
- la Figura 7 mostra la relazione tra angolo d'incidenza α e l'angolo γ formato tra la corda della pala e la direzione tangenziale τ ;
- la Figura 8 mostra uno schema dei vettori di velocità risultante, portanza e resistenza aerodinamica della pala nel secondo quadrante per $\kappa=0,5$ e $\kappa=1$;
- la Figura 9 mostra uno schema dei vettori di velocità risultante, portanza e resistenza aerodinamica della pala nel secondo quadrante per $\kappa=1,5$ e $\kappa=2$;
- la Figura 10 mostra uno schema dei vettori di velocità risultante, portanza e resistenza aerodinamica della pala nel terzo quadrante;
- la Figura 11 mostra uno schema dei vettori di velocità risultante, portanza e resistenza aerodinamica della pala nel quarto quadrante;

Con riferimento alle Figure da 1 a 5, il sistema per la conversione di energia eolica o idraulica in energia elettrica secondo l'invenzione comprende: pale mobili (1), che hanno centro di rotazione coincidente con il baricentro della sezione, dove ogni pala (1) è dotata di flap (2) con servomeccanismo (3), che è installato all'interno della pala (1); ogni pala (1) è collegata con il servomeccanismo (4), che è fissato ad un primo disco rotante (5); dall'altra parte la pala (1) è collegata attraverso una cerniera con un secondo disco rotante (6); i dischi (5) e (6) sono collegati tra loro con barre rigide (7); i piani dei dischi (5,6) sono paralleli alle linee di corrente; i dischi (5,6) sono installati attraverso cuscinetti (9) e (10) ad un asse rigido fisso (8), che è perpendicolare alle linee di corrente; il rotore del generatore elettrico (12) è collegato col mozzo del primo disco rotante (5), lo statore del generatore elettrico (12) è collegato con l'asse fisso (8); l'asse (8) attraverso il pezzo (13) è fissato alla colonna (14); la parte rotante dell'encoder (18) è collegata al

primo disco rotante (5), la parte fissa dell'encoder è collegata con il pezzo (13); sull'asse (8) è installata la banderuola (16), sul braccio della quale è fissato l'anemometro (15); il sensore (17) per la rilevazione della direzione del vento attraverso la rotazione della banderuola (16) è installato sull'asse (8); il wattmetro (30) è collegato elettricamente con l'uscita del generatore (12).

Con riferimento alle Figure da 6 a 11 consideriamo la cinematica e la dinamica del sistema sopra descritto. La distanza dal centro di rotazione della turbina O al centro di rotazione C della pala è R . Supponiamo che la turbina ruoti in senso orario. Il punto C si muoverà su una traiettoria circolare, C_0 sarà il punto iniziale del primo quadrante del moto del punto C (si veda Fig. 6). L'angolo di rotazione della turbina è φ . La velocità angolare è $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$. La velocità circonferenziale è uguale a ωR . La velocità del vento è U_∞ . Il vettore della velocità risultante V è uguale alla somma del vettore di velocità del vento e del vettore di velocità circonferenziale. Il vettore V è inclinato di un angolo ψ rispetto alla direzione del vento.

Nel primo quadrante:

$$\psi = \arctg \frac{\kappa \sin \varphi}{1 + \kappa \cos \varphi}, \quad (1)$$

$$\text{dove } \kappa = \frac{\omega R}{U_\infty}; \quad (2)$$

Per tutti i quadranti consideriamo $\kappa=0,5; 1,0; 1,5; 2,0$.

$$V^2 = U_\infty^2 (1 + \kappa^2 + 2\kappa \cos \varphi); \quad (3)$$

La portanza aerodinamica L può essere calcolata con la formula seguente:

$$L = C_L \rho \frac{V^2}{2} S, \quad (4)$$

dove C_L è il coefficiente di portanza aerodinamica della pala, S è l'area della pala.

$S = bc$, dove b è la lunghezza e c è la corda della pala.

$$C_L = C_L^\alpha + \Delta C_L; \quad (5)$$

dove α è angolo di incidenza effettivo.

$$C_L^\alpha = \frac{2\pi}{1 + \frac{2}{\lambda}}; \quad (6)$$

$$\lambda = \frac{b}{c}; \quad (7)$$

$$\text{Per flap con una corda pari al 35 \% della corda della pala } \Delta C_L = 4,16\delta, \quad (8)$$

Il vettore di portanza L è perpendicolare al vettore V . L'angolo β tra il vettore L e il raggio OC nel primo quadrante deve essere calcolato con la formula seguente:

$$\beta = \varphi - \psi \quad (9)$$

Questa formula è valida per tutti i valori di κ da 0,5 a 2 nel primo quadrante.

L'angolo γ tra la corda della pala e la linea tangenziale τ , perpendicolare al raggio OC (Fig. 7) deve essere calcolato con la formula :

$$\gamma = \alpha - \beta \quad (10)$$

Il momento delle forze aerodinamiche nel primo quadrante è uguale a:

$$M = LR(\sin\beta - \frac{1}{K_a} \cos\beta) , \quad (11)$$

dove $K_a = \frac{L}{D}$, D è la resistenza aerodinamica della pala.

La potenza prodotta dalle forze aerodinamiche è uguale a:

$$W = M\omega = \kappa M \frac{U_\infty}{R} \quad (12)$$

Il valor medio della potenza prodotta in un quadrante è uguale a:

$$W_m = \kappa \frac{2U_\infty}{\pi R} \int_0^{\frac{\pi}{2}} M d\varphi \quad (13)$$

Nel primo quadrante:

$$W_m = \kappa U_\infty^3 \frac{C_L \rho S}{\pi} [(1 + \kappa^2)F_1 + 2\kappa F_2], \quad (14)$$

$$\text{dove } F_1 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[\sin\beta - \frac{1}{K_a} \cos\beta \right] d\varphi ; \quad (15)$$

$$F_2 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[\sin\beta - \frac{1}{K_a} \cos\beta \right] \cos\varphi d\varphi \quad (16)$$

$$W = \frac{\pi W_m}{U_\infty^3 C_L \rho S} F_3 , \quad (17)$$

$$\text{dove } F_3 = \kappa [(1 + \kappa^2)F_1 + 2\kappa F_2] \quad (18)$$

Nel secondo quadrante :

$$\text{per } \kappa=0,5 \text{ e } \kappa=1,0 : \arctg\psi = \frac{\kappa \cos\varphi}{1 - \kappa \sin\varphi} \quad (19)$$

$$\beta = 90^\circ + \varphi - \psi \quad (20)$$

Per $\kappa=0,5$ e $0 \leq \varphi \leq 30^\circ$ è valida la formula (11),

$$\text{per } 90^\circ \geq \varphi > 30^\circ : M = LR(\sin\beta + \frac{1}{K_a} \cos\beta) , \quad (21)$$

per $\kappa=1,0$ e $0 \leq \varphi \leq 75^\circ$ è valida la formula (11),

$$\text{per } 90^\circ \geq \varphi > 75^\circ : M = LR(\sin\beta + \frac{1}{K_a} \cos\beta) , \quad (22)$$

$$\text{per } \kappa=1,5 \text{ e } 0 \leq \varphi \leq 41,8^\circ: \arctg\psi = \frac{\kappa \cos\varphi}{1-\kappa \sin\varphi}, \beta = 90^\circ + \varphi - \psi; \quad (23)$$

$$\text{per } 41,8^\circ < \varphi \leq 90^\circ: \arctg\psi = \frac{\kappa \cos\varphi}{\kappa \sin\varphi - 1}, \beta = \varphi + \psi - 90^\circ; \quad (24)$$

$$\text{per } \kappa=2,0 \text{ e } 0 \leq \varphi \leq 30^\circ: \arctg\psi = \frac{\kappa \cos\varphi}{1-\kappa \sin\varphi}, \beta = 90^\circ + \varphi - \psi; \quad (25)$$

$$\text{per } 30^\circ < \varphi \leq 90^\circ: \arctg\psi = \frac{\kappa \cos\varphi}{\kappa \sin\varphi - 1}, \beta = \varphi + \psi - 90^\circ; \quad (26)$$

La formula (11) è valida per $\kappa=1,5$ e $\kappa=2,0$.

Per tutti i valori di κ nel secondo quadrante:

$$V^2 = U_\infty^2 (1 + \kappa^2 - 2\kappa \sin\varphi) \quad (27)$$

$$F_3 = \kappa[(1 + \kappa^2)F_1 - 2\kappa F_2] \quad (28)$$

$$\text{dove } F_1 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[\sin\beta - \frac{1}{\kappa_a} \cos\beta \right] d\varphi \text{ e} \quad (29)$$

$$F_2 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[\sin\beta - \frac{1}{\kappa_a} \cos\beta \right] \sin\varphi d\varphi \text{ per tutti i valori dell'angolo } \varphi \text{ esclusi:} \quad (30)$$

$$\kappa=0,5: 90^\circ \geq \varphi > 30^\circ$$

$$\kappa=1,0: 90^\circ \geq \varphi > 75^\circ;$$

$$\text{per questi valori di } \varphi \text{ e } \kappa: F_1 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[\sin\beta + \frac{1}{\kappa_a} \cos\beta \right] d\varphi \text{ e} \quad (31)$$

$$F_2 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[\sin\beta + \frac{1}{\kappa_a} \cos\beta \right] \sin\varphi d\varphi \quad (32)$$

Nel terzo quadrante:

$$\text{Per } \kappa=0,5 \text{ e } \kappa=1,0: \arctg\psi = \frac{\kappa \sin\varphi}{1-\kappa \cos\varphi} \quad (33)$$

$$\text{Per } \kappa=1,5 \text{ e } 0 \leq \varphi \leq 48,2^\circ: \arctg\psi = \frac{\kappa \sin\varphi}{1-\kappa \cos\varphi} \quad (34)$$

$$\text{Per } \kappa=1,5 \text{ e } 48,2^\circ < \varphi \leq 90^\circ: \arctg\psi = \frac{\kappa \sin\varphi}{\kappa \cos\varphi - 1} \quad (35)$$

$$\text{Per } \kappa=2,0 \text{ e } 0 \leq \varphi \leq 60^\circ: \arctg\psi = \frac{\kappa \sin\varphi}{1-\kappa \cos\varphi} \quad (36)$$

$$\text{Per } \kappa=2,0 \text{ e } 60^\circ < \varphi \leq 90^\circ: \arctg\psi = \frac{\kappa \sin\varphi}{\kappa \cos\varphi - 1} \quad (37)$$

$$\text{Per } \kappa=0,5 \text{ e } 0 \leq \varphi \leq 60^\circ \quad \beta = \varphi + \psi \quad (38)$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Per } \kappa=0,5 \quad \text{e } 60^\circ < \varphi \leq 90^\circ & \beta = 180^\circ - \varphi\varphi - \psi \\
 (39) \quad &\text{Per } \kappa=1,0 \quad \text{e } 0^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ & \beta = 180^\circ - \varphi\varphi - \psi \\
 (40) \quad &\text{Per } \kappa=1,5 \quad \text{e } 0 \leq \varphi < 30^\circ & \beta = \varphi\varphi + \psi \\
 (41) \quad &\text{Per } \kappa=1,5 \quad \text{e } 30^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ & \beta = 180^\circ - \varphi\varphi - \psi \\
 (42) \quad & &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Per } \kappa=2,0 \quad \text{e } 0 \leq \varphi < 40^\circ & \beta = \varphi\varphi + \psi \\
 (43) \quad & &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Per } \kappa=2,0 \quad \text{e } 40^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ & \beta = 180^\circ - \varphi\varphi - \psi \\
 (44) \quad & &
 \end{aligned}$$

$$\text{Per tutti i valori di } \kappa: V^2 = U_\infty^2 (1 + \kappa^2 - 2\kappa \cos\varphi) \quad (45)$$

Le formule (11), (15) e (16) sono valide per il terzo quadrante.

$$F_3 = \kappa[(1 + \kappa^2)F_1 - 2\kappa F_2] \quad (46)$$

Nel quarto quadrante:

$$\text{Per tutti i valori di } \kappa: \arctg\psi = \frac{\kappa \cos\varphi}{1 + \kappa \sin\varphi} \quad (47)$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Per tutti i valori di } \kappa: \beta = 90^\circ - \varphi\varphi - \psi; \\
 (48) \quad &
 \end{aligned}$$

$$V^2 = U_\infty^2 (1 + \kappa^2 + 2\kappa \sin\varphi) \quad (49)$$

$$F_3 = \kappa[(1 + \kappa^2)F_1 + 2\kappa F_2] \quad (50)$$

Le formule (11), (15) e (16) sono valide per il quarto quadrante.

Risultati dell'analisi numerica

Per ben noti profili simmetrici NACA, il massimo angolo effettivo di incidenza è 11° (vedi (3)). Supponiamo che il massimo angolo del flap sia 20° , la lunghezza della pala $b=1\text{m}$, la corda della pala $c=0,2\text{m}$; $\lambda=5$. Per questi dati $C_L=2,375$; $S=0,2\text{m}^2$. La variazione dell'angolo $\gamma(\varphi)$ per tutti i valori di κ è presentato nelle tabelle 1,2,3,4 :

Tabella No.1 $\kappa=0,5$

Primo quadrante

$\varphi,^\circ$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\gamma,^\circ$	11	4,3	-2,33	-9	-15,9	-22,8	-29,9	-37	-44,7	-52,3

Secondo quadrante

$\varphi,^\circ$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
------------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

$\gamma,^\circ$ -52,3 -60,7 -69,5 -79 -89,5 -101,5 -115 -131 -149 -169

Terzo quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ -169 -198,5 -218 -234 -247,5 -259,5 -270 -279,7 -288,5 -297

Quarto quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ -297 -304 -314 -319,5 -325,5 -333 -340 -347 -353,5 -360

Al termine del quarto quadrante il servomeccanismo deve girare di $+360^\circ$ in senso orario per poter funzionare nel ciclo successivo.

Tabella No.2, $\kappa=1$

Primo quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ 11 6 1 -4 -9 -14 -19 -24 -29 -34

Secondo quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ -34 -39 -44 -49 -54 -59 -64 -69 -74 -79

Terzo quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ -79 -84 -89 -94 -99 -104 -109 -114 -119 -124

Quarto quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ -124 -129 -134 -139 -144 -149 -154 -159 -164 -169

Al termine del quarto quadrante il servomeccanismo deve girare di $+360^\circ$ in senso orario per poter funzionare nel ciclo successivo.

Tabella No.3, $\kappa=1,5$

Primo quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ 11 7 3 -1 -4 -8,5 -12,4 -16 -20 -23

Secondo quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ -23 -26 -29 -31 -31,7 -31 -36 -29 -17 2

Terzo quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ 2 -7 -20 -27 -30,8 -27,2 -30 -28 -25 -22,5

Quarto quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ -22,5 -19,5 -16 -12,5 -9 -5 -1 3 7 11

Tabella No.4, $\kappa=2,0$

Primo quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ 11 7,6 4,4 1,1 -2 -5 -8 -11 -23,5 -25,5

Secondo quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ -25,5 -27,5 -29 -29,5 -29 -27 -23,5 -19,5 -11,5 -1,5

Terzo quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ -1,5 1 -7 -13 -17 -18,5 -19 -18,7 -17 -15

Quarto quadrante

$\varphi,^\circ$ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

$\gamma,^\circ$ -15 -13 -11 -8 -5 -2 1 5 8 11

Supponiamo che l'efficienza di conversione dell'energia meccanica in energia elettrica attraverso il generatore, incluse le perdite per attrito sia $\eta = 0,85$. La potenza che può

produrre la turbina con quattro pale, può essere calcolata come somma delle potenze prodotte nei quadranti da 1 a 4:

$$W = \eta U_{\infty}^3 \frac{C_L \rho S}{\pi} \sum_{i=1}^4 F_3(i, \kappa) = 0,016 U_{\infty}^3 \sum_{i=1}^4 F_3(i, \kappa) \quad (51)$$

Il momento medio delle forze aerodinamiche può essere calcolato con la formula:

$$M_m = U_{\infty}^2 \frac{\rho C_L S}{\pi} \sum_{i=1}^4 F_1(i, \kappa) \quad (52)$$

Nella tabella No.5 sono presentati i risultati dell'analisi per $\sum_{i=1}^4 F_3(i, \kappa)$ e $\sum_{i=1}^4 F_1(i, \kappa)$.

Tabella No.5

κ	0,5	1,0	1,5	2,0
$\sum_{i=1}^4 F_3(i, \kappa)$	1,878	4,352	7,989	12,166
$\sum_{i=1}^4 F_1(i, \kappa)$	3,756	4,352	5,326	6,083

Per una velocità di riferimento (standard) di 12m/sec , i dati della potenza che può produrre la turbina per diversi valori di κ , sono presentati nella tabella No.6.

Tabella No.6

κ	0,5	1,0	1,5	2,0
W, kW	0.52	1,2	2,2	3,36

Calcoliamo la velocità del vento, per i diversi valori di κ :

$$M_m = \frac{W}{\omega} = \frac{WR}{\kappa U_{\infty}} \quad (53)$$

Dalla (52) e (53) segue:

$$U_{\infty} = \sqrt[3]{\frac{\pi W}{\kappa \rho C_L S \sum_{i=1}^4 F_1(i, \kappa)}} \quad (54)$$

Nella tabella No.7 sono presentati i dati della velocità del vento necessaria per produrre una potenza $W=1\text{kW}$.

Tabella No.7

κ	0,5	1,0	1,5	2,0
$U_{\infty}, \text{m/sec}$	15	11,3	9,22	8
$\omega R, \text{m/sec}$	7,5	11,3	13,83	16

RPM($R=0,5m$)	143	216	264	306
-----------------	-----	-----	-----	-----

Il sistema secondo la presente invenzione è molto più compatto e più efficiente rispetto alle migliori turbine eoliche presenti sul mercato mondiale. Per esempio, un sistema Excel con potenza di 1kW, prodotta da Bergey Wind Power (4), ha un diametro della turbina pari a 2,5m. L'area spazzata ("Swept area") di questa turbina è 5 volte più grande rispetto al sistema secondo la presente invenzione.

Una seconda forma di realizzazione del sistema in analisi può essere quella di un sistema in grado di convertire l'energia di una corrente d'acqua, utilizzabile in barca a vela per l'alimentazione dei dispositivi elettronici di navigazione e dei dispositivi elettrici ausiliari. Supponiamo che questa turbina idraulica abbia 4 pale, e ogni pala abbia dimensioni $b=0,5m$, $c=0,1m$. Questa turbina idraulica sarebbe in grado di produrre 2,65 kW per una velocità della barca pari a 18 km orari.

Conclusioni

Il sistema secondo la presente invenzione ha significativi vantaggi se confrontato con le turbine eoliche esistenti. Il sistema può essere realizzato in forma eolica o idraulica.

Letteratura

1. In Seong Hwang et al.

Efficiency improvement of a new vertical axis turbine by the individual active control of blade motion.

2006 SPIE. 6173..316H

2. U.S. Patent No: 8,193,657

Vertical axis wind turbine using individual blade pitch and camber control integrated with matrix converter

Inventors: Paluszek, Michael A., Bhatta, Pradeep.

Assignee: Princeton Satellite Systems.

3. W.A. Timmer

Two dimensional low-Reynolds number wind tunnel results for airfoil NACA 0018

Wind Engineering, Volume 32, No.6, 2008, pp 525-537.

4. www.allsmallwindturbines.com/midden.htm

RIVENDICAZIONI

1. Sistema per la conversione di energia eolica o idraulica in energia elettrica, comprendente:
pale mobili (1), che hanno centro di rotazione coincidente con il baricentro della sezione, dove ogni pala (1) è dotata di flap (2) con servomeccanismo (3), che è installato all'interno della pala (1); ogni pala (1) è collegata con il servomeccanismo (4), che è fissato ad un primo disco rotante (5); dall'altra parte la pala (1) è collegata attraverso una cerniera con un secondo disco rotante (6); i dischi (5) e (6) sono collegati tra loro con barre rigide (7); i piani dei dischi (5,6) sono paralleli alle linee di corrente; i dischi (5,6) sono installati attraverso cuscinetti (9) e (10) ad un asse rigido fisso (8), che è perpendicolare alle linee di corrente; il rotore del generatore elettrico (12) è collegato col mozzo del primo disco rotante (5), lo statore del generatore elettrico (12) è collegato con l'asse fisso (8); l'asse (8) attraverso il pezzo (13) è fissato alla colonna (14); la parte rotante dell'encoder (18) è collegata al primo disco rotante (5), la parte fissa dell'encoder è collegata con il pezzo (13); sull'asse (8) è installata la banderuola (16), sul braccio della quale è fissato l'anemometro (15); il sensore (17) per la rilevazione della direzione del vento attraverso la rotazione della banderuola (16), è installato sull'asse (8); il wattmetro (30) è collegato elettricamente con l'uscita del generatore (12).

2. Sistema secondo la rivendicazione precedente, dove i sensori (15),(17),(18),(30) sono collegati attraverso cavi al computer P, che è installato al di fuori della parte rotante del sistema; i servomeccanismi (4) di ogni pala e i servomeccanismi (3) di ogni flap sono collegati con un ricevitore di radiocomandi Rx, che è installato su uno dei dischi rotanti (5 o 6); il computer P è collegato con il ricevitore Rx attraverso un trasmettitore radio Tx, che è installato al di fuori della parte rotante del sistema.

3. Metodo di controllo del sistema secondo le rivendicazioni precedenti, in cui:
 - a) l'angolo d'incidenza effettivo tra corda della pala e vettore della velocità risultante deve essere costante per ogni pala in qualsiasi posizione della pala durante il ciclo di funzionamento indipendentemente dalla velocità del vento e indipendentemente dalla velocità di rotazione della turbina;
 - b) in tempo reale il processore P prende i dati dai sensori (15),(17),(18): velocità del vento U_{∞} , angolo direzionale del vento, angolo φ di rotazione della turbina rispetto all'asse fisso (8);
- il processore calcola $\frac{d\varphi}{dt} = \omega$, $\kappa = \frac{\omega R}{U_{\infty}}$, per ogni angolo φ il processore calcola inoltre l'angolo ψ d'inclinazione del vettore V della velocità risultante rispetto alla direzione del vento, dopodiché calcola l'angolo γ formato tra la corda della pala e la direzione tangenziale τ ; questa procedura si ripete per ogni pala;
 - c) in tempo reale il processore P prende i dati dal wattmetro (30), calcola la potenza media W per almeno 10 cicli e memorizza questo valore;

d) in tempo reale per ogni angolo φ il processore P invia dei comandi ai servomeccanismi (4) per incrementare il valore degli angoli γ di un valore $\Delta\gamma$, che deve essere uguale per ogni φ e per ogni pala, dopodiché si ripete la procedura indicata nel punto c); se la potenza W è aumentata, si ripete la procedura di incremento di γ e la procedura di cui al punto c); se la potenza W è diminuita, il processore P invia dei comandi ai servomeccanismi per diminuire γ di un valore $\Delta\gamma$ tornando ai valori di γ precedenti; il processore P memorizza tutti i dati per utilizzarli in condizioni analoghe.

4. Sistema secondo le rivendicazioni precedenti, in cui ogni flap ha angolo costante δ di inclinazione rispetto alla corda della pala; il processore P invia un comando al servomeccanismo (3) del flap per cambiare il segno dell'angolo δ nel momento in cui cambia il segno dell'angolo effettivo di incidenza della pala.

5. Metodo di controllo del sistema secondo le rivendicazioni precedenti, in cui in tempo reale il processore P invia dei comandi ai servomeccanismi (3) per incrementare gli angoli δ di un valore $\Delta\delta$, che deve essere uguale per ogni φ e per ogni pala; dopodiché in tempo reale il processore P prende i dati dal wattmetro (30), calcola la potenza media W per almeno 10 cicli e memorizza questo valore; se la potenza W è aumentata, si ripete la procedura di incremento di δ e la procedura di misurazione della potenza W ; se la potenza W è diminuita, il processore P invia dei comandi ai servomeccanismi per diminuire δ di un valore $\Delta\delta$ tornando ai valori di δ precedenti; il processore P memorizza tutti i dati per utilizzarli in condizioni analoghe.

6. Il gruppo di sistemi secondo le rivendicazioni precedenti, comprendente almeno due sistemi controrotanti (A) e (B) installati sui due bracci (20) di una struttura fissata attraverso il cuscinetto (23) alla colonna (20); la struttura sopraindicata è dotata di timone aerodinamico (24), il cui piano di appartenenza è perpendicolare al piano che contiene gli assi dei bracci (20); tali assi coincidono con le rette passanti per i centri di rotazione dei due sistemi sopraindicati.

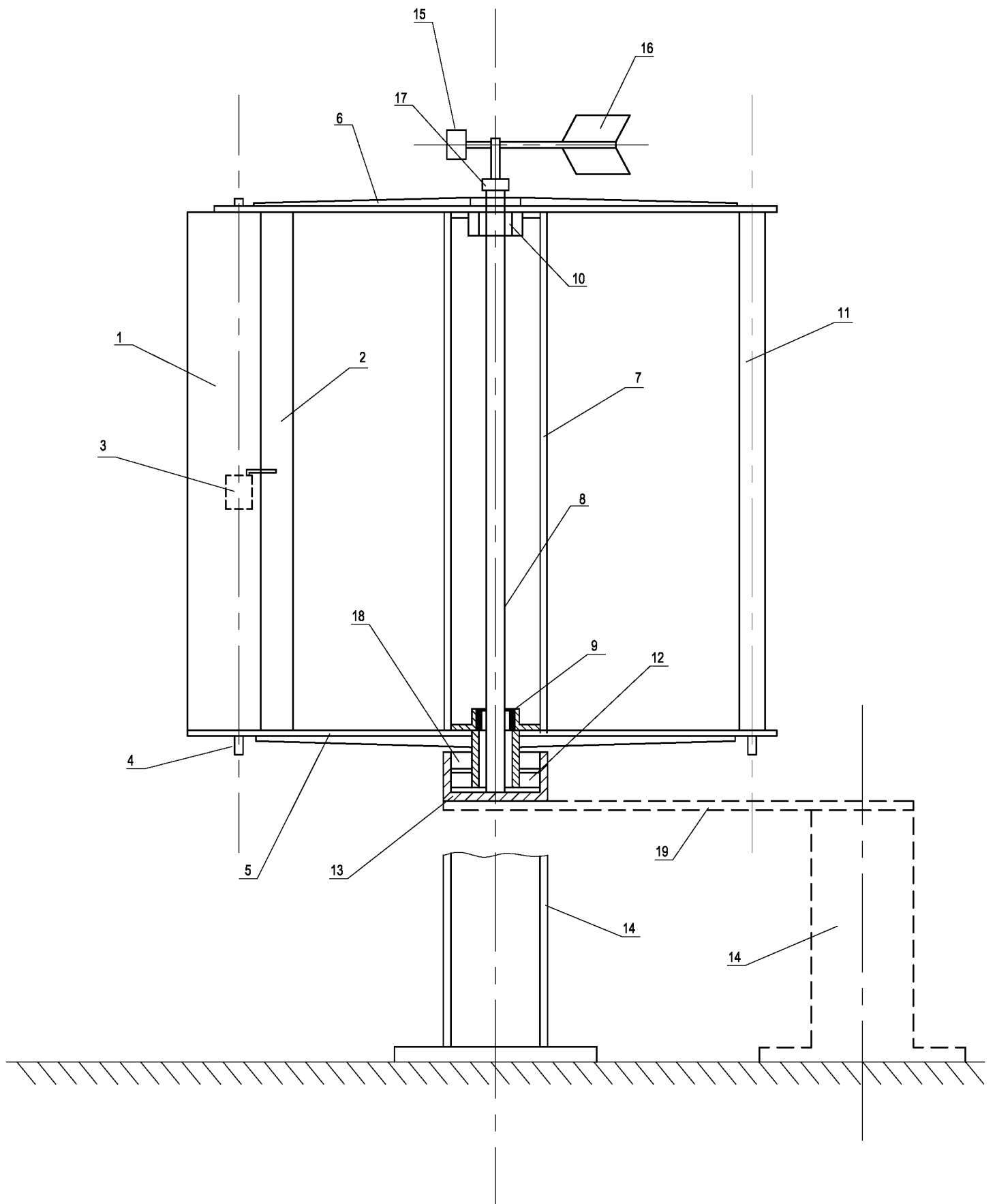


Fig. 1

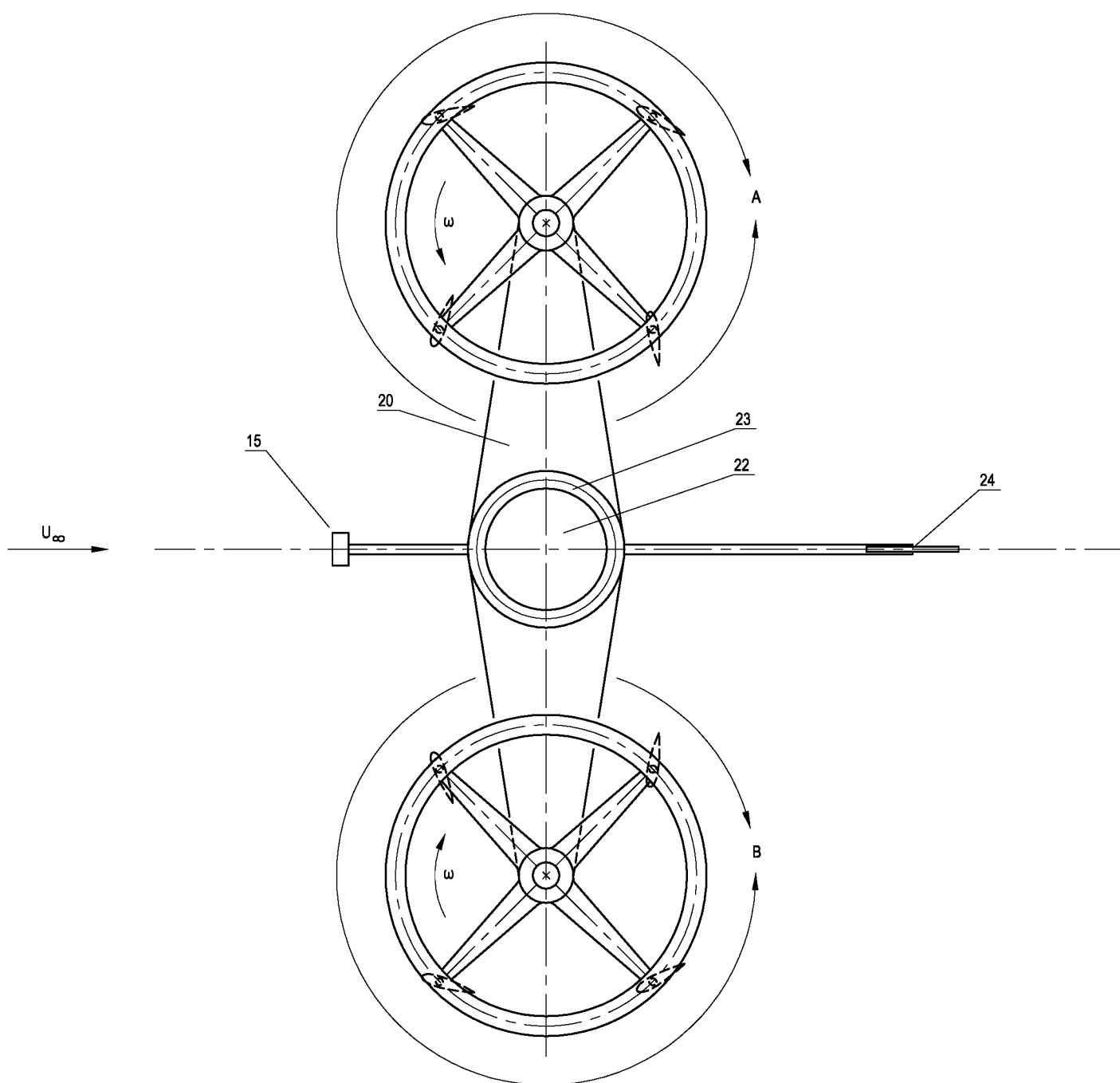


Fig. 2

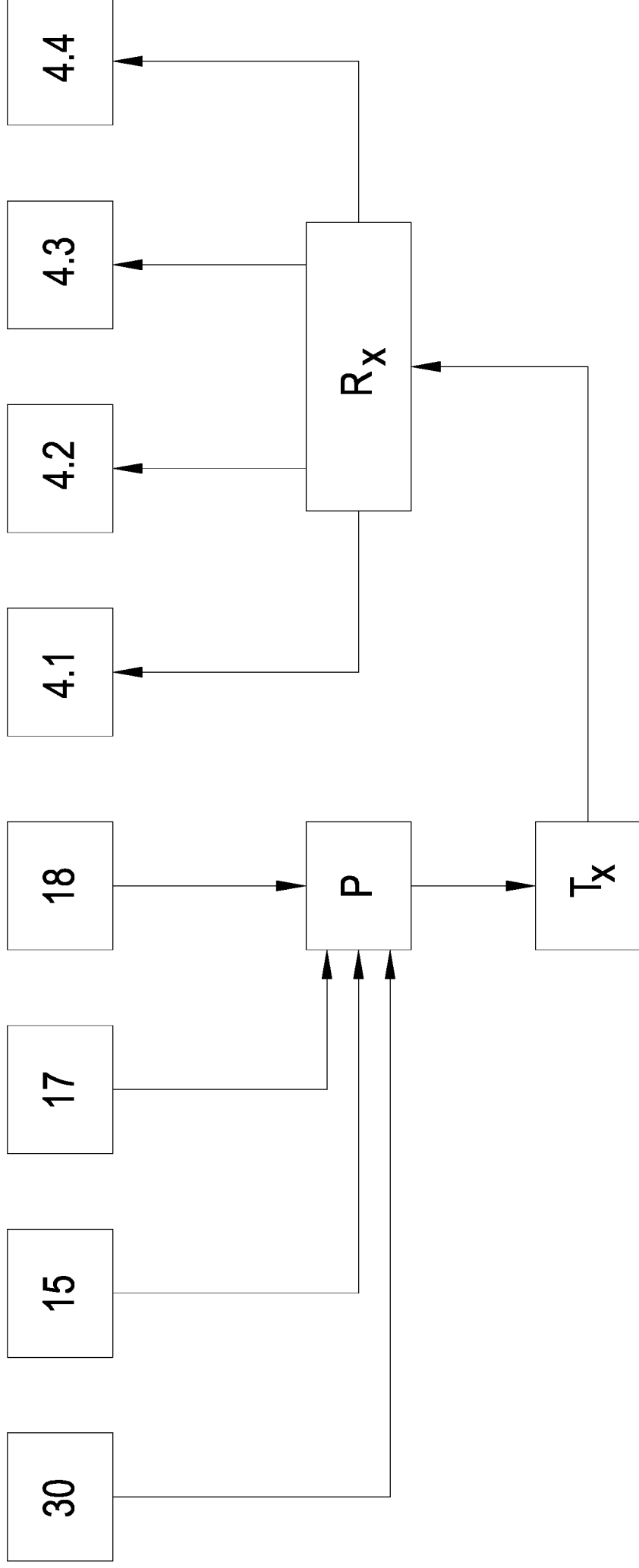


Fig. 3

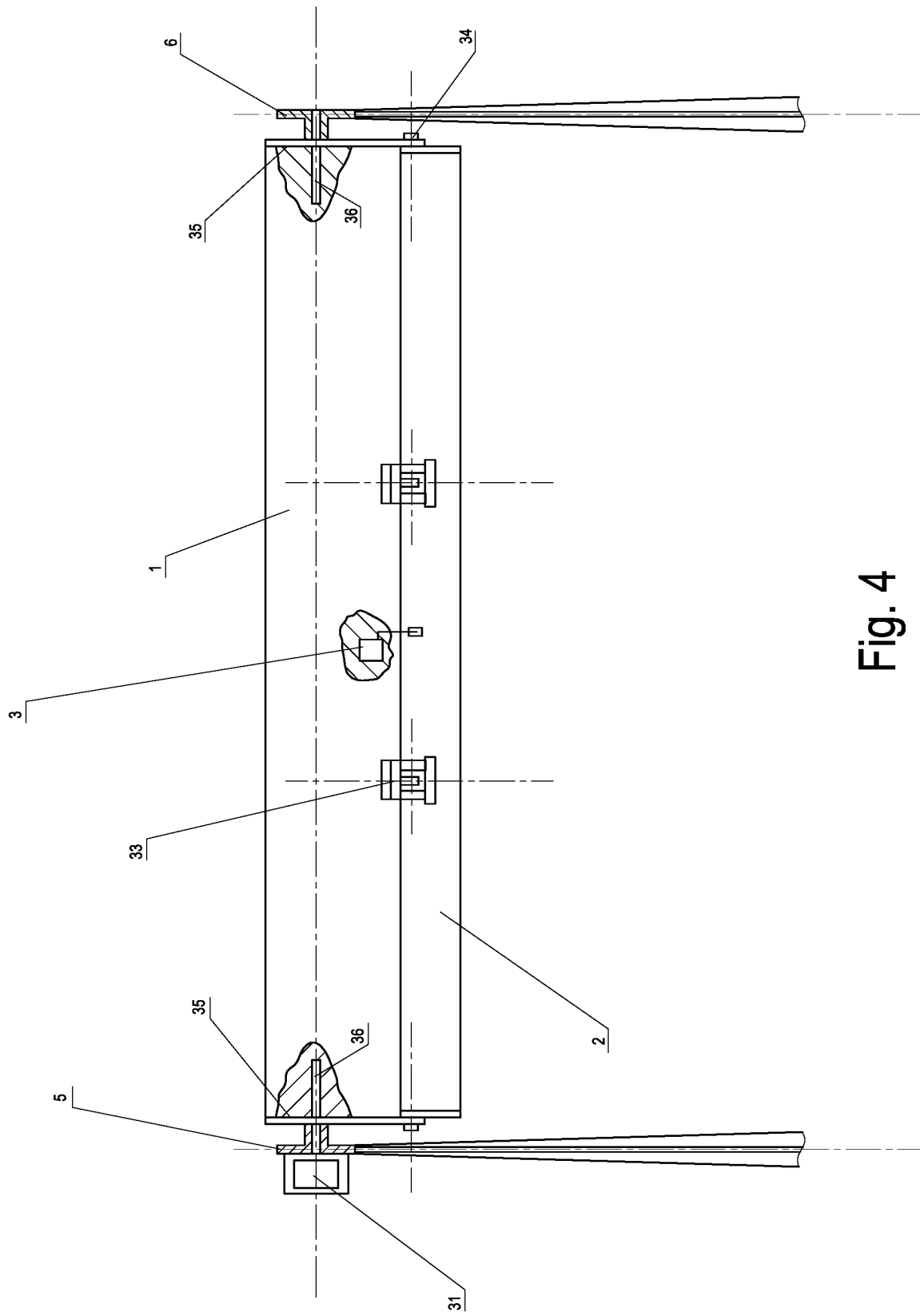


Fig. 4

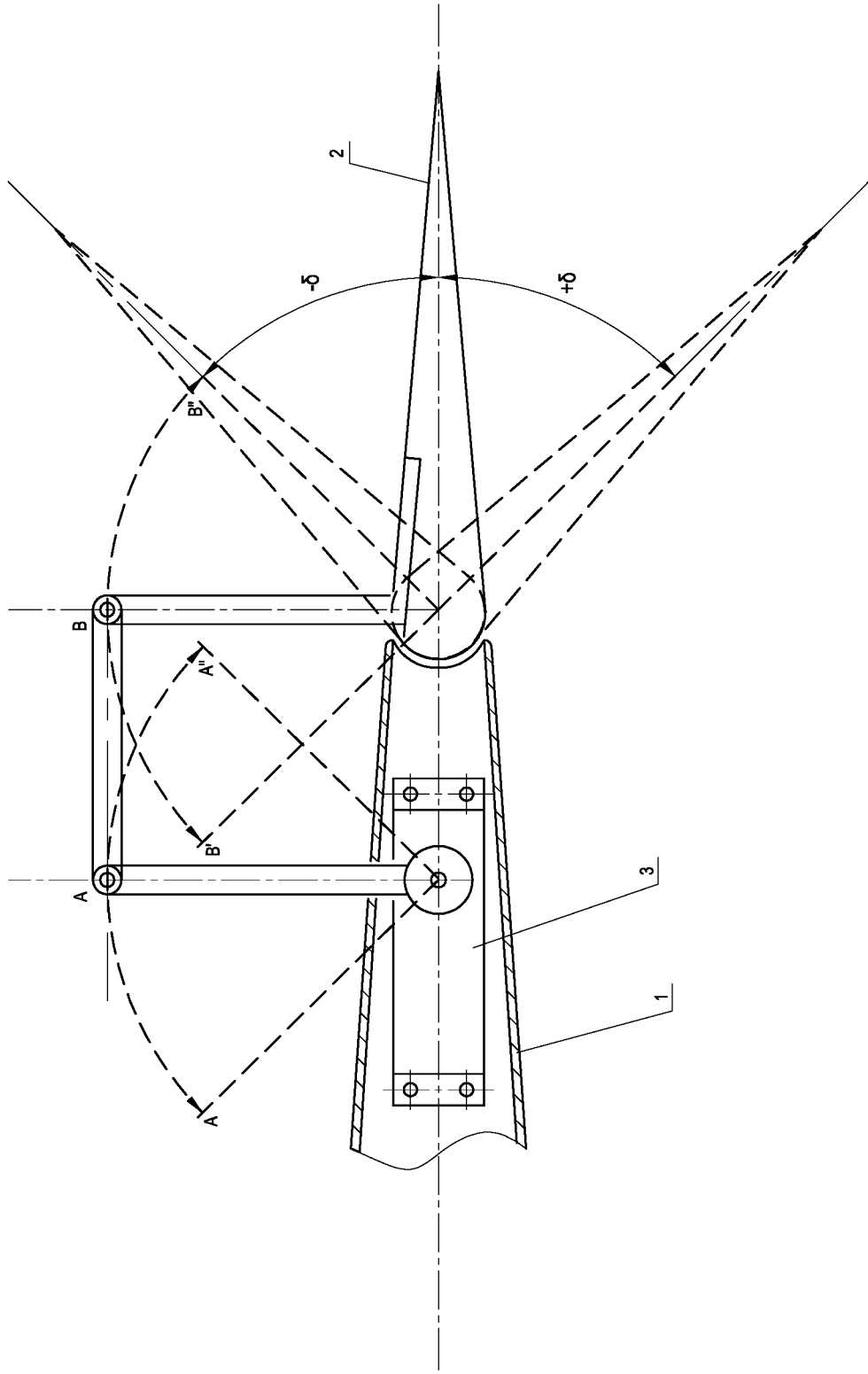


Fig. 5

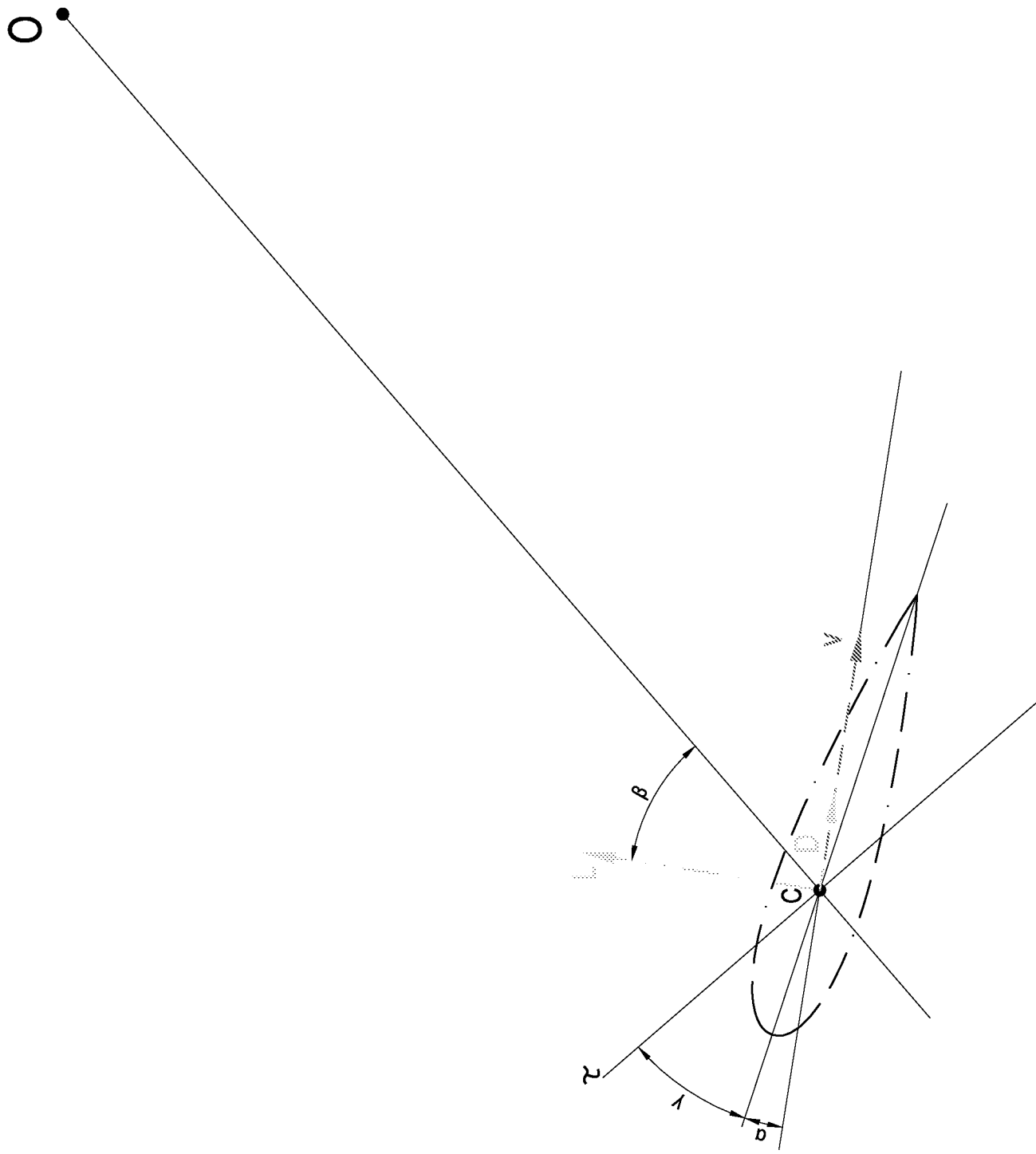


Fig. 7

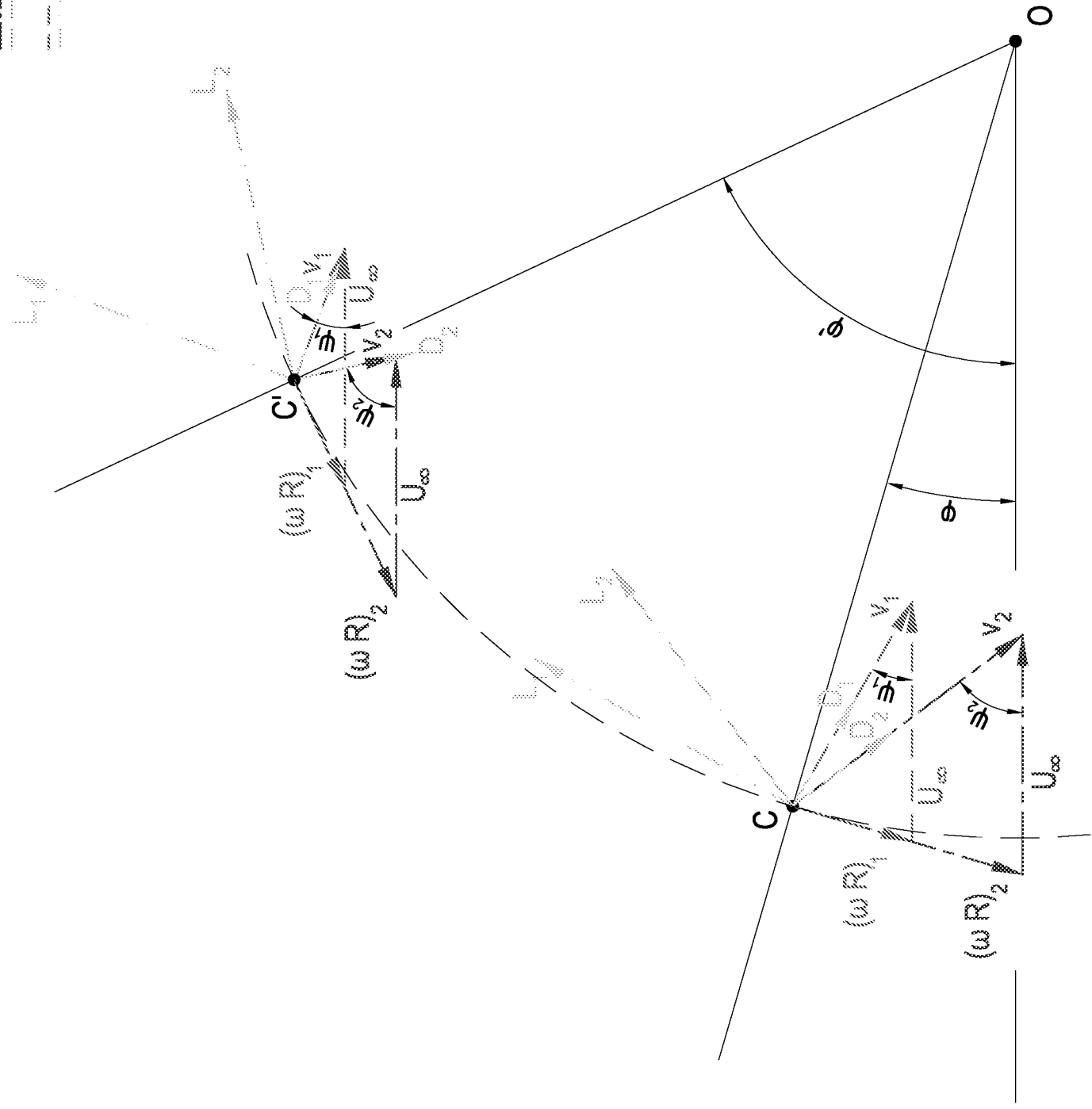


Fig. 8

$\chi = 2$
 $\chi = 1,5$

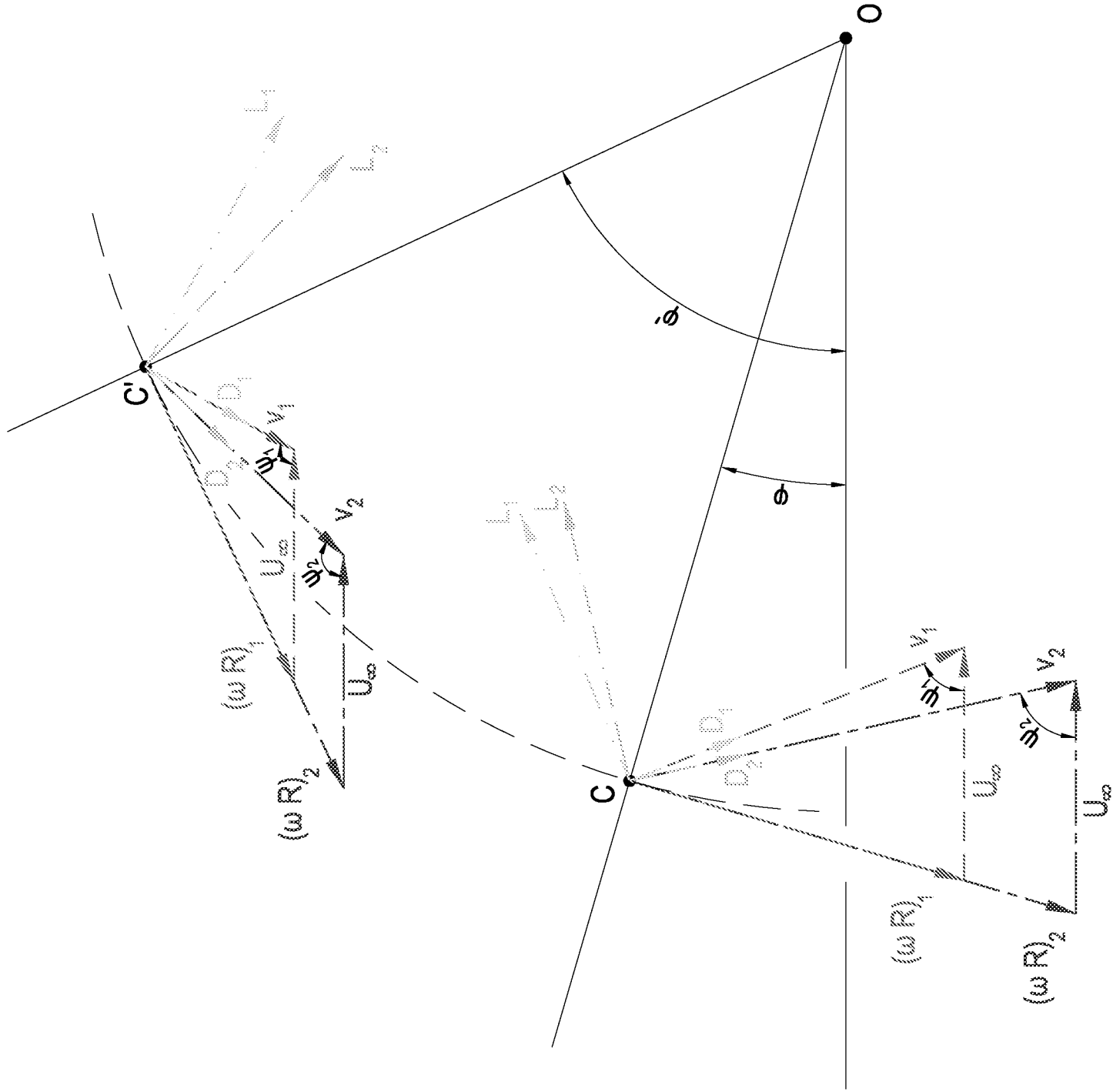


Fig. 9

$\chi = 1; 2$
 $\chi = 0,5; 1,5$

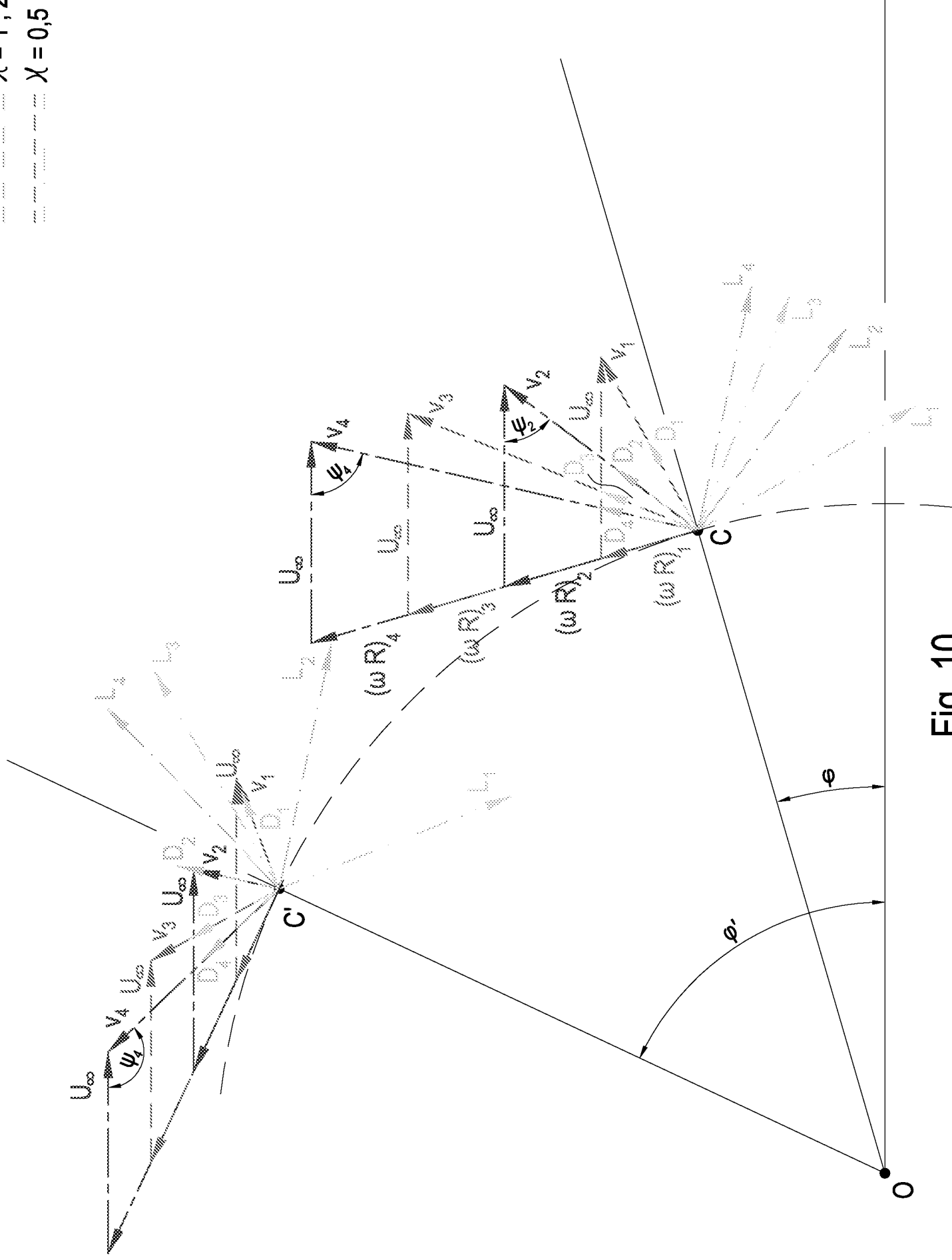


Fig. 10


 $\chi = 1; 2$


 $\chi = 0,5; 1,5$

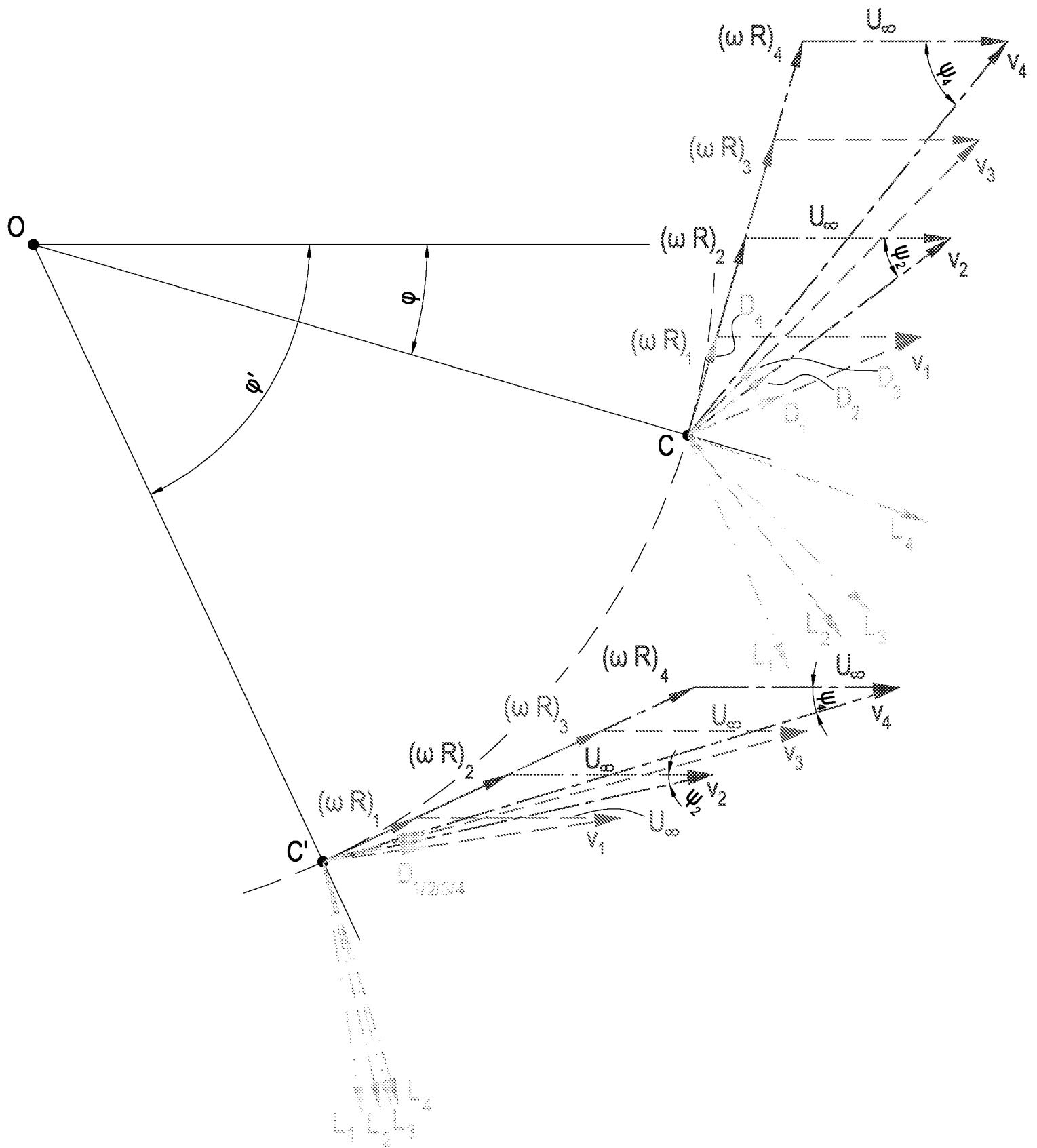


Fig. 11