

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011902003800A1

Publication Date

20130609

Applicant

MARRACINO ALESSANDRO

Title

GIRANTE EOLICA MODULARE AD ASSE VERTICALE E GENERATORE
EOLICO COMPRENDENTE TALE GIRANTE.

Descrizione del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

GIRANTE EOLICA MODULARE AD ASSE VERTICALE E GENERATORE
EOLICO COMPRENDENTE TALE GIRANTE

CAMPO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione rientra nel campo della produzione di energia elettrica da fonte eolica. In particolare l'invenzione è relativa ad una girante eolica ad asse verticale da impiegarsi per la realizzazione di un generatore. La girante eolica secondo l'invenzione si contraddistingue per l'alta silenziosità che ne accompagna il funzionamento nonché per il suo elevato rendimento. Inoltre le parti della girante sono strutturalmente affidabili e di facile realizzazione a costi competitivi e riciclabili. La presente invenzione è altresì relativa ad un generatore eolico ad asse verticale comprendente tale girante eolica.

STATO DELLA TECNICA

Come noto nel corso degli ultimi anni si è osservato un notevole incremento della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. In questo ambito la produzione di energia elettrica da fonte eolica si sta imponendo sul mercato mondiale come la più importante dopo quella idroelettrica. Tale energia può essere considerata come il prodotto della conversione dell'energia cinetica del vento in energia elettrica. Per realizzare questa conversione sono state sviluppate macchine normalmente indicate con l'espressione "generatori eolici". Nella loro forma essenziale i generatori eolici comprendono una girante destinata ad essere movimentata dall'azione del vento e un generatore elettrico il cui albero è collegato cinematicamente alla girante per essere azionato dalla girante stessa.

E' altrettanto noto che i generatori eolici possono essere distinti in generatori ad asse verticale e in generatori asse orizzontale in funzione del tipo di girante che viene impiegata. Nei generatori ad asse orizzontale l'asse di rotazione della girante si sviluppa orizzontalmente e la girante deve essere orientata (attivamente o passivamente) perpendicolarmente alla direzione di provenienza del vento. I generatori eolici ad asse orizzontale vanno sotto il nome di "grande eolico" poiché per essere convenienti e funzionali sono utilizzati per impianti superiori ad un megawatt di potenza e in zone a forte ventosità.

Il funzionamento dei generatori eolici ad asse verticale è invece indipendente dalla direzione di provenienza del vento e per questo risulta funzionalmente più versatili.

Nell'ambito dei generatori eolici ad asse verticali, alcune soluzioni più recenti prevedono l'impiego di una girante eolica provvista di una pluralità di pale ciascuna delle quali a sua volta provvista di uno o più elementi orientabili di spinta. A seconda della posizione angolare assunta dalla relativa pala, questi elementi di spinta assumono un diverso orientamento. Più precisamente durante la fase di funzionamento attiva della pala, tali elementi tendono ad orientarsi in modo da offrire al vento la massima superficie, mentre durante la fase di funzionamento passiva essi si orientano in modo da minimizzare la superficie esposta.

Si è riscontrato che le soluzioni proposte presentano comunque alcuni limiti e inconvenienti che ne impediscono lo sviluppo e l'applicazione. Il primo di questi inconvenienti è rappresentato dalla elevata rumorosità che ne accompagna il funzionamento. Tale rumorosità è causata principalmente dalla rotazione degli elementi orientabili e dai mezzi che vengono impiegati per regolare tale rotazione.

Una soluzione al problema della rumorosità è ad esempio proposta nel documento WO 97/20142, in cui si prevede l'uso di dispositivi elettromagnetici per la guida di ogni singola pala del generatore eolico. Tale soluzione non risolve completamente il problema della rumorosità poiché il sistema di comando degli interruttori elettromagnetici introduce organi che ruotano sostenuti da molle meccaniche che emettono vibrazioni. Il sistema in WO 97/20142 è inoltre problematico dal punto di vista degli oneri di manutenzione, dal momento che vi sono impiegati comandi elettromagnetici con numerosi componenti articolati tra loro e soggetti quindi a usura. Si consideri inoltre che le giranti sono poste ad altezze considerevoli e l'alimentazione elettrica di un sistema di elettromagneti rotanti risulta quindi essere particolarmente complicata.

Un altro inconveniente riconducibile alla struttura degli elementi orientabili si individua nel basso rendimento della girante e nelle elevate dissipazioni energetiche causate dagli attriti che si sviluppano fra gli elementi e le parti della pala preposte a sostenere gli elementi stessi.

In molte soluzioni un ulteriore inconveniente si riscontra nella forma geometrica degli elementi orientabili di spinta che in molti casi appare complessa di difficile e costosa realizzazione. Inoltre tali sono funzionali solo con forte ventosità e quindi non sono idonee alla produzione di energia diffusa con ventosità media e bassa. In altre parole le soluzioni tecniche attualmente previste per giranti che operano nel "grande eolico" (superiore ad 1Mw) non possono essere impiegati in modo vantaggioso nel "micro eolico" (potenze fra 0,5 e 100 Kw) e nel "mini eolico" (potenze fra 100Kw e 1 Mw). Le soluzioni proposte attualmente per le giranti ad asse verticale non sono funzionali e convenienti in queste ultime due fasce (micro e mini eolico) tanto che il mercato non le prende neppure in considerazione.

In base a queste considerazioni compito precipuo di quanto forma oggetto della presente invenzione è quello di fornire una girante eolica che consenta di risolvere gli inconvenienti sopra citati. Nell'ambito di questo compito un primo scopo della presente invenzione è quello di fornire una girante eolica ad asse verticale il cui funzionamento non sia accompagnato da una elevata rumorosità.

Altro scopo della presente invenzione è quello di fornire una girante eolica con un alto rendimento e con limitate dissipazioni energetiche dovute ad urti e/o attriti.

Ancora un altro scopo è quello di fornire una girante con basso impatto ambientale, con una elevata capacità di conversione e con un elevato rendimento in presenza di ventosità elevate, medie e basse.

Non ultimo scopo della presente invenzione è quello di fornire una girante eolica che sia affidabile e di facile realizzazione a costi competitivi.

SOMMARIO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione è relativa ad una girante eolica ad asse verticale comprendente uno o più moduli giranti almeno uno dei quali comprendente un albero centrale girevole intorno ad un asse centrale di rotazione e una pluralità di pale solidali a detto albero centrale, ciascuna di dette pale comprende un telaio di supporto e almeno un elemento orientabile incernierato a detto telaio di supporto in modo da essere girevole rispetto a detto telaio di supporto intorno ad un rispettivo asse di rotazione sostanzialmente parallelo a detto asse centrale di rotazione, detto elemento orientabile essendo girevole tra una prima posizione chiusa, in cui detto elemento orientabile è sostanzialmente allineato a detto telaio

di supporto, e una seconda posizione aperta, in cui detto elemento orientabile è ruotato rispetto a detto telaio, in dette prima posizione chiusa e seconda posizione aperta essendo rispettivamente attivi primi mezzi di fermo magnetico e secondi mezzi di fermo magnetico per rispettivamente arrestare la rotazione di detto elemento orientabile verso detta prima posizione chiusa e verso detta seconda posizione aperta, caratterizzato dal fatto che detto elemento orientabile comprende una massa di contrappeso distanziata dal rispettivo asse di rotazione e disposta in modo da sollecitare per effetto centrifugo la rotazione di detto elemento orientabile verso detta prima posizione chiusa.

La presenza dei mezzi di fermo magnetico arresta la rotazione dell'elemento orientabile in entrambi i versi di rotazione e al contempo impedisce il contatto fra i magneti stessi. In questo modo si arresta la rotazione dell'elemento orientabile senza nessun urto e nessun rumore. La presenza della massa di contrappeso rende la rotazione di ciascun elemento orientabile, attorno al rispettivo asse di rotazione, regolare e stabile, cooperando con i mezzi di fermo magnetico in corrispondenza delle posizioni estreme di fine corsa.

Secondo un altro aspetto della presente invenzione, l'elemento orientabile è verticalmente sostenuto fra gli elementi di supporto del telaio a cornice attraverso almeno una prima sospensione magnetica comprendente una coppia di magneti di uguale polarità uno dei quali solidale all'elemento orientabile e l'altro solidale all'elemento di supporto inferiore. Preferibilmente una seconda sospensione magnetica è predisposta per sostenere l'elemento orientabile. Più precisamente tale seconda sospensione comprende una coppia di magneti di uguale polarità uno dei quali solidale all'elemento orientabile e l'altro solidale all'elemento di supporto superiore. L'impiego di sospensioni magnetiche per sostenere l'elemento orientabile consente di incrementare ulteriormente la silenziosità che accompagna il funzionamento della girante e al contempo limita le dissipazioni di energia per attrito. Infatti attraverso le sospensioni magnetiche il peso dell'elemento orientabile non influisce sugli elementi di supporto durante la rotazione.

ELENCO DELLE FIGURE

Ulteriori vantaggi risulteranno maggiormente nel corso della descrizione di una forma realizzativa preferita, ma non esclusiva di una girante secondo la presente

invenzione, illustrata a titolo esemplificativo e non limitativo negli uniti disegni in cui:

- la figura 1 è una vista prospettica relativa ad una possibile forma di realizzazione di una girante secondo la presente invenzione;
- la figura 2 è una vista prospettica relativa a componenti della girante di figura 1, includenti una pala di tale girante;
- la figura 2A è una vista in pianta dall'alto dei componenti di figura 2;
- la figura 3 è una vista frontale relativa ad un elemento orientabile della pala di figura 2;
- la figura 4 è una vista in sezione secondo la linea IV-IV di figura 3;
- la figura 5 è una vista relativa al particolare A di figura 4;
- la figura 6 è una vista relativa al particolare B di figura 4;
- la figura 7 è una vista frontale di una pala della girante di figura 1 in una prima possibile configurazione operativa;
- la figura 8 è una vista in sezione secondo la linea VIII-VIII di figura 7;
- la figura 9 è un vista relativa al particolare C in figura 8;
- la figura 10 è una vista frontale della pala di figura 7 in una seconda possibile configurazione operativa;
- la figura 11 è una vista seconda la linea XI-XI di figura 10;
- la figura 12 è una vista relativa al particolare D di figura 11;
- le figure 13 e 14 sono rispettivamente una vista in prospettiva e una vista in pianta della girante di figura 1 in una prima possibile posizione operativa;
- le figure 15 e 16 sono rispettivamente una vista in prospettiva e una vista in pianta della girante di figura 1 in una seconda possibile posizione operativa;
- le figure 17 e 18 sono rispettivamente una vista frontale e una vista in pianta della girante di figura 1 in una ulteriore possibile posizione operativa;
- le figure 19,20,21 e 22 sono ingrandimenti rispettivamente dei particolari E,F, G e H indicati in figura 18;
- la figura 23 è una vista prospettica relativa ad una ulteriore possibile forma di realizzazione di una girante secondo la presente invenzione;
- le figure 24 e 25 sono rispettivamente una vista in prospettiva e una vista in pianta della girante di figura 23 in una prima possibile posizione operativa;

- le figure 26 e 27 sono rispettivamente una vista in prospettiva e una vista in pianta della girante di figura 23 in una seconda possibile posizione operativa;
- le figure 28, 31 e 32 sono rispettive viste ingrandite di un elemento orientabile di una pala della girante secondo la presente invenzione, in rispettive posizioni corrispondenti a quelle dei particolari H, E e G;
- la figura 29 è una vista ingrandita dell'elemento orientabile delle figure 28, 31 e 32, in una posizione intermedia tra le posizioni delle figure 28 e 31;
- la figura 30 è una vista ingrandita dell'elemento orientabile delle figure 28, 31 e 32, in una posizione intermedia tra le posizioni delle figure 29 e 31.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

Con riferimento alle citate figure, la girante eolica secondo la presente invenzione può essere impiegata per la realizzazione di generatori eolici ad asse verticale. In particolare la girante può essere impiegata sia per la realizzazione di generatori eolici destinati al fabbisogno di piccole utenze (da 0,5 a 100 KW) sia per campi eolici di maggiore potenza (da 100 KW a 1 MW).

La girante secondo la presente invenzione comprende uno o più moduli giranti 1A, 1B ciascuno dei quali comprende un albero centrale 10 girevole rispetto ad un asse di rotazione centrale 100 e una pluralità di pale 11A,11B,11C,11D solidali all'albero centrale 10. Ciascuna pala 11A,11B,11C,11D comprende un telaio provvisto di almeno un primo elemento di supporto 31 (in seguito definito anche come elemento superiore 31) e un secondo elemento di supporto 32 (in seguito indicato anche come elemento inferiore 32) ambedue in materiale amagnetico.

La figura 1 è relativa ad un modulo girante 1A di una girante eolica secondo la presente invenzione. Il modulo girante 1A comprende un albero centrale 10 di forma sostanzialmente cilindrica che si sviluppa intorno ad un asse centrale di rotazione indicato con il riferimento 100. Nella soluzione illustrata il modulo girante 1A in figura 1 comprende quattro pale 11A,11B,11C,11D ciascuna delle quali solidale all'albero centrale 10. Tali pale 11A,11B,11C,11D sono tra loro sfalsate angularmente di un angolo α sostanzialmente pari a 90 gradi. Si è visto che questo numero di pale consente di ottimizzare il rendimento della girante.

Ciascuna pala 11A,11B,11C,11D comprende un telaio "a cornice" formato da un primo 31 elemento di supporto, da un secondo elemento di supporto 32 sostanzialmente parallelo al primo elemento di supporto 31, da un primo elemento di collegamento 33 sostanzialmente ortogonale a detto primo 31 e detto secondo elemento di supporto 32 e da un secondo elemento di collegamento 34 parallelo a detto primo elemento di collegamento 33. Gli elementi di supporto 31,32 sono reciprocamente distanziati lungo l'asse centrale 100.

Fra gli elementi di supporto 31,32 è incernierato almeno un elemento orientabile di spinta 20 girevole intorno ad un asse di rotazione 101 sostanzialmente parallelo all'asse centrale di rotazione 100. L'elemento orientabile di spinta 20 ruota attorno al rispettivo asse di rotazione 101 tra una prima posizione chiusa (figure 7-9), in cui l'elemento orientabile di spinta 20 è pressoché allineato con il telaio della rispettiva pala 11A,11B,11C,11D, e una seconda posizione aperta (figure 10-12), inclinata di un angolo β rispetto alla prima posizione chiusa. L'angolo β è maggiore di 90° come meglio dettagliato nel seguito.

Attraverso la disposizione sopra descritta, in funzione della posizione angolare assunta dal modulo girante 1A e in funzione della direzione V del vento, tutti gli elementi orientabili 20 di una stessa pala 11A,11B,11C,11D assumono vantaggiosamente la stessa posizione angolare rispetto al corrispondente asse di rotazione 101. Questa condizione risulta evidente dalla illustrazione della girante in figura 1.

Ciascuno degli elementi di supporto 31, 32 è costituito da una rispettiva prima porzione 31A, 32A rettilinea, adiacente all'albero 10 e orientata radialmente rispetto a questo e una seconda porzione 31B, 32B rettilinea e adiacente alla rispettiva prima porzione 31A, 32A e inclinato rispetto a questa di un angolo γ , compreso tra 8° e 15° (figura 2A). Sulla seconda porzione 31B, 32B degli elementi di supporto 31, 32, di lunghezza maggiore di quella della prima porzione 31A, 32A, sono incernierati gli elementi orientabili 20.

I due elementi di collegamento 33,34 sono sostanzialmente paralleli allo stesso asse centrale 100 di rotazione e sono distanziati in modo che il primo elemento di collegamento 33 si sviluppi in prossimità di una prima estremità degli elementi

longitudinali 31,32 e il secondo elemento si sviluppi in posizione vicinale all'albero centrale 10.

Le figure 2, 2A illustrano più in dettaglio una pala (indicata con il riferimento 11A) del modulo girante 1A di figura 1 e il relativo albero centrale 10 comprendente un corpo cilindrico. Questo ultimo comprende una o più superfici di collegamento 10B, 10C per il collegamento di una prima estremità 31A,32A degli elementi di supporto 31,32. In dettaglio l'albero centrale 10 comprende una prima coppia di superfici di collegamento 10B che emergono radialmente dal corpo cilindrico in posizione vicinale ad una estremità dell'albero stesso. Tali superfici 10B sono distanziate secondo una direzione parallela all'asse di rotazione 100 in modo tale che una prima estremità 31A del primo elemento di supporto 31 possa essere collegata all'albero centrale 10 fra le superfici stesse 10B. Tale collegamento può essere perfezionato, ad esempio, attraverso viti di collegamento o altri mezzi di collegamento funzionalmente equivalenti.

L'albero centrale 10 comprende altresì una seconda coppia di superfici di collegamento 10C che emergono radialmente dal corpo cilindrico dell'albero centrale 10 in posizione opposta rispetto alla prima coppia di superfici 10B. Analogamente a quanto previsto per il primo elemento di supporto 31, una prima estremità 32A del secondo elemento di supporto 32 si colloca fra le seconde superfici 10C di collegamento per restare collegata alle superfici stesse attraverso mezzi di collegamento preferibilmente equivalenti a quelli impiegati per il collegamento del primo elemento di supporto 31 alla prima coppia di superfici 10B. Come visibile sempre da figura 2, si osserva che il modulo girante 1A comprende una base di collegamento 10A per consentirne il collegamento ad una porzione superiore (non illustrata) di un albero di un generatore eolico. Nella soluzione illustrata, la base di collegamento 10A presenta una forma sostanzialmente corrispondente a quella della prima 10B e della seconda coppia 10C di superfici di collegamento ed è collegabile alla porzione superiore di un albero di un generatore eolico attraverso giunzioni bullonate o equivalenti tecnici. Si osserva che l'albero centrale 10 è solidale alla base di collegamento 10A in modo da ruotare insieme all'albero del generatore eolico.

Con riferimento ancora a figura 2, si osserva che il primo elemento di collegamento 33 collega una estremità della seconda porzione 31B del primo elemento di supporto 31 con una corrispondente estremità della seconda porzione 32B del secondo elemento di collegamento 32. Il secondo elemento di collegamento 34 collega invece i due elementi di supporto 31,32 in corrispondenza delle rispettive prime porzioni 31A, 32A, adiacenti alle superfici di collegamento 10B,10C del telaio. Gli elementi di supporto 31,32 possono presentare una sezione aperta, come illustrato nelle figure, o in alternativa una sezione chiusa per impedire, ad esempio, accumuli di neve durante il periodo invernale. Si osserva che la struttura a cornice al telaio appare di semplice configurazione e perciò di facile realizzazione.

La figura 3 è una vista frontale di un elemento orientabile 20A di una pala 11A del modulo girante 1A. Tale elemento comprende un corpo centrale 25 compreso fra una prima 26A e una seconda porzione di estremità 26B fra loro assialmente contrapposte. Queste ultime sono collegate rispettivamente al primo 31 e al secondo elemento di supporto 32 attraverso una prima 41 e una seconda cerniera 42 reciprocamente allineate che definiscono l'asse di rotazione 101 dell'elemento orientabile 20A. Per gli scopi della presente invenzione con l'espressione "cerniera" si vuole indicare una coppia cinematica rotoidale tale per cui l'elemento orientabile 20 possiede unicamente un grado di libertà di rotazione rispetto agli elementi di supporto 31,32.

Come visibile dalle viste in sezione nelle figure da 4 a 6, una parte terminale 27 delle porzioni di estremità 26A, 26B è configurato sostanzialmente a forcella in modo tale da alloggiare una estremità corrispondente del corpo centrale 25. Attraverso questa soluzione il corpo centrale 25 può essere fatto di un materiale diverso, ed eventualmente meno costoso, delle porzioni di estremità 26A,26B. Queste ultime devono infatti presentare maggiori caratteristiche di resistenza meccanica ed essere amagnetiche. In una forma di realizzazione alternativa a quella descritta (non illustrata) le porzioni di estremità 26A,26B potrebbero comunque essere realizzate integralmente in un corpo unico.

Con riferimento nuovamente a figura 3, il corpo centrale 25 si sviluppa fra un primo e un secondo bordo 25A, 25B longitudinali e contrapposti lungo una

direzione ortogonale all'asse di rotazione 101. Il primo e il secondo bordo 25A, 25B si sviluppano lungo una direzione longitudinale Y parallela rispetto all'asse di rotazione 101 dell'elemento 20 definito dalle cerniere 41, 42. Il primo bordo 25A è prossimo all'asse di rotazione 101, essendone minimamente distanziato, in particolare per ragioni tecnologico-costruttive. Il secondo bordo longitudinale 25B è più prossimo all'asse di rotazione 100, rispetto al primo bordo longitudinale 25A, quando l'elemento 20 è nella posizione chiusa di figura 9.

Secondo una forma di realizzazione preferita dell'invenzione, l'elemento orientabile 20 è sostenuto rispetto al secondo elemento di supporto inferiore 32 attraverso almeno una prima sospensione magnetica S1 formata da una coppia di magneti 81-82 di uguale polarità uno dei quali solidali all'elemento orientabile 20 e l'altro solidale al secondo elemento di supporto 32. I due magneti 81-82 sono disposti in modo da essere mutuamente affacciati in modo che il peso dell'elemento orientabile 20 venga sostenuto attraverso la forza di repulsione magnetica F1 che si genera fra i magneti stessi (figura 6). Ciò aumenta la durata e la silenziosità dell'accoppiamento cinematico limitando fortemente l'entità degli attriti.

Preferibilmente, una seconda sospensione magnetica S2 è interposta fra l'elemento orientabile 20 e il primo elemento di supporto 31 (elemento di supporto superiore). Più precisamente tale seconda sospensione S2 è realizzata attraverso una coppia di magneti 91-92 uno dei quali solidali all'elemento orientabile 20 e l'altro al primo elemento di supporto 31. Anche in questo caso i due magneti 91-92 sono collocati in modo da affacciarsi reciprocamente per generare una forza di repulsione magnetica F2 che contrasta quella F1 generata fra i magneti 81-82 che formano la prima sospensione. Attraverso l'impiego di due sospensioni magnetiche S1,S2 l'elemento orientabile 20 resta vantaggiosamente sospeso fra i due elementi di sostegno 31,32 pur restando vincolati agli stessi per effetto delle cerniere 41,42.

Le viste in sezione nelle figure 5 e 6 consentono di osservare una possibile forma di realizzazione della prima cerniera 41 e della seconda cerniera 42 e di ciascuna sospensione magnetica. Ciascuna delle due cerniere 41, 42 comprende un corpo 41B,42B collegato al relativo elemento di supporto 31,32 e un rispettivo perno di

rotazione 41C,42C. Il perno 41C della prima cerniera 41 è reso solidale mediante avvitamento alla porzione d'estremità 26B dell'elemento orientabile 20A. Una porzione del perno 41C è inserita in una cavità cilindrica 41D, prevista nel corpo 41B, dove può ruotare. Il perno di rotazione 42C della seconda cerniera 42 è reso solidale mediante avvitamento al corpo 42B della seconda cerniera 42. Una porzione del perno 42C è inserita nella cavità 42D, prevista nella porzione d'estremità 26A dell'elemento orientabile 20A, dove può ruotare. La verticalità dei perni 41C,42C è garantita dalla presenza di opportuni cuscinetti assiali 47, rispettivamente previsti tra il perno 41C e il corpo 41B e tra il perno 42C e la porzione di estremità 26A. I cuscinetti radiali 47 vincolano i perni 41C, 42C impedendo l'oscillazione radiale degli stessi.

Le due sospensioni magnetiche S1,S2 realizzano una pseudo-levitazione in linea con quanto previsto dal teorema di Earnshaw.

Nella soluzione illustrata nelle figure 5 e 6 i magneti 81-82, 91-92 che formano ciascuna sospensione magnetica S1,S2 presentano una configurazione toroidale con il diametro interno maggiore del diametro del perno di rotazione e sono collocati intorno al relativo perno di rotazione 41C,42C della relativa cerniera 41,42 affacciandosi reciprocamente. In particolare un primo magnete 82, 91 è rispettivamente solidale alla porzione di estremità 26B, 26A dell'elemento orientabile 20A, mentre un secondo magnete 81, 92 è solidale al corpo 41B, 42B della relativa cerniera 41, 42. Le cerniere 41,42, i corpi 41B-41B e i perni di rotazione 41C-42C sono di materiale amagnetico.

Si osserva che tutte le soluzioni tecniche appena sopra descritte relativamente all'elemento orientabile 20A illustrato nelle figure da 3 a 6 sono valide anche per gli altri elementi orientabili 20 della stessa pala 11A e più in generale per tutti gli elementi delle altre pale 11B,11C,11D.

Con riferimento alle figure da 7 a 12, il corpo centrale 25 di ciascun elemento 20 comprende un'aletta 71, avente una prima superficie anteriore 71A, estesa tra i bordi longitudinali 25A, 25B, suscettibile di essere investita in modo prevalente dal vento durante una "fase attiva di funzionamento". Con questa espressione si vuole indicare la fase in cui il vento spinge effettivamente la pala 11A nel verso di rotazione scelto per la girante e nella quale la pala stessa deve offrire la massima

superficie esposta. L'aletta comprende inoltre una seconda superficie posteriore 71B, anch'essa estesa estesa tra i bordi longitudinali 25A, 25B e contrapposta rispetto alla prima superficie anteriore 71A, suscettibile di essere investita dal vento solo per una porzione ridotta della fase attiva di funzionamento, come meglio dettagliato nel seguito. Ciascuna aletta 71 è costituita una prima e una seconda porzione planare 72, 73, rispettivamente comprendenti bordi longitudinali 25A, 25B. Le porzioni planari 72, 73 sono tra loro adiacenti e inclinate l'una rispetto all'altra, nella vista in sezione delle figure 8-9 e 11-12, di un angolo δ , tipicamente compreso tra 20° e 30° . Su ciascuna delle porzioni di estremità 26A, 26B, dalla parte della superficie posteriore 71B è previsto un inserto sporgente 74 di forma prismatica, avente uno spigolo centrale 75, parallelo all'asse di rotazione 101, e due facce 76A, 76B piane tra loro adiacenti e separate dallo spigolo centrale 75. Le due facce 76A, 76B sono inclinate dallo spigolo centrale 75 verso i bordi longitudinali 25A, 25B, rispettivamente. Su ciascuno degli elementi di supporto 31, 32, in corrispondenza di ciascun elemento orientabile 20, sono previste rispettive sedi 77 di accoglimento per gli inserti sporgenti 74, ciascuna sede 77 comprendendo due rispettive facce piane 77A, 77B, rispettivamente affacciate alle facce 76A, 76B piane dell'inserto 74, ma distanziate da queste, quando l'elemento orientabile 20 è nella prima posizione angolare chiusa. In tale posizione è previsto che rimanga uno spazio, seppur minimo tra ciascun inserto orientabile 20 e la rispettiva sede 77. Le porzioni di estremità 26A, 26B sono provviste di due rispettive estremità 28A, 28B, sporgenti ortogonalmente rispetto al primo bordo longitudinale 25A e tra loro collegate mediante un cilindro 30 metallico, parallelo all'asse di rotazione 101, avente massa M e funzione di contrappeso per il rispettivo elemento orientabile 20. Il cilindro metallico 30 è disposta in modo da sollecitare la rotazione del rispettivo elemento orientabile 20 verso detta prima posizione chiusa, per l'effetto centrifugo generato sulla massa M del cilindro metallico 30 dalla rotazione della rispettiva pala 11a,11B,11C,11D attorno all'asse centrale di rotazione 100.

Le figure da 7 a 9 illustrano gli elementi orientabili 20 di una pala 11A nella prima posizione angolare chiusa per la quale le rispettive prime porzioni planari 72 delle alette 71 degli elementi orientabili 20 risultano sostanzialmente allineati agli

elementi di supporto 31,32. Durante la rotazione del modulo girante 1A, gli elementi orientabili 20 assumono la prima posizione angolare chiusa durante la "fase attiva di funzionamento".

Le figure da 10 a 12 illustrano invece gli elementi orientabili 20 in una posizione angolare prestabilita in corrispondenza tali elementi sono inclinati rispetto agli elementi di supporto 31,32. Di seguito unicamente per scopi descrittivi verrà considerato come primo verso di rotazione W1 quello per cui gli elementi orientabili 20 si muovono dalla posizione angolare in figura 10 alla posizione angolare in figura 7, mentre verrà considerato come secondo verso di rotazione W2 quello per cui gli elementi orientabili 20 si muovono dalla posizione angolare in figura 7 a quella illustrata in figura 10.

Secondo una forma di realizzazione preferita dell'invenzione, visibile nelle figure da 7 a 12, la rotazione di ciascun elemento orientabile 20 in entrambi i versi di rotazione W1,W2 è regolata da mezzi di fermo magnetici. Più precisamente la rotazione in un primo verso W1, dalla posizione angolare aperta alla posizione angolare chiusa, è arrestata attraverso primi mezzi di fermo comprendenti due coppie di magneti 51,51B e 53,53B, mentre la rotazione nel secondo verso W2, dalla posizione angolare chiusa alla posizione angolare aperta, è arrestata attraverso secondi mezzi di fermo comprendenti una ulteriore coppia di magneti 52,52B. Per ciascuna coppia, un primo 51,52,53 magnete è solidale all'elemento orientabile 20, mentre un secondo magnete 51B,52B,53B è solidale al telaio di sostegno. I magneti 51, 51B sono rispettivamente posti sulle facce 76A, 77A dell'inserito 74 e della rispettiva sede 77 ed, essendo di polarità opposta, tendono ad attrarsi. I magneti 53, 53B sono rispettivamente posti sulle facce 76B, 77B dell'inserito 74 e della rispettiva sede 77 ed, essendo di uguale polarità, tendono a respingersi. Per la conformazione dell'inserito 74, la coppia di magneti 51, 51B è più vicina al rispettivo asse di rotazione 101 della coppia di magneti 53,53B. I magneti 52, 52B sono rispettivamente posti sulle porzioni di estremità 26A, 26B, dalla parte della prima faccia anteriore 71A dell'aletta 71, in corrispondenza della prima porzione planare 72, e sugli elementi di supporto 31, 32, tra loro angolarmente distanziati di un angolo pari a β . Essendo di uguale polarità, i magneti 52, 52B tendono a respingersi.

Per ciascuna coppia di magneti, i relativi magneti sono collocati ad una stessa altezza rispetto ad un piano di riferimento R1 che in figura 7 corrisponde al piano di appoggio definito dal secondo elemento di supporto 32 del telaio.

I primi e i secondo mezzi di fermo sono previsti in corrispondenza di entrambi gli elementi di supporto 31, 32, così da rendere più affidabile l'arresto della rotazione garantendo al contempo una ulteriore silenziosità di funzionamento.

Per ciascuna coppia di magneti dei secondi mezzi di fermo, un magnete 52B, è collocato sul corrispondente elemento di supporto 31,32 in un piano inclinato rispetto alla seconda porzione 31B, 32B degli elementi di supporto 31,32 di un angolo β (indicato in figura 11) prestabilito che stabilisce in sostanza la seconda posizione angolare aperta (figura 12) raggiungibile dall'elemento orientabile 20 rispetto alla prima posizione angolare chiusa (figura 9). Anche in questo caso per ciascuna coppia i due magneti sono collocati ad una stessa altezza rispetto al piano di riferimento R1 sopra considerato. Con riferimento alla sezione in dettaglio di figura 12, si osserva che la rotazione dell'elemento orientabile 20 nel secondo verso W2 porta il magnete 52 solidale all'elemento orientabile 20 in avvicinamento all'altro magnete 52B fintanto che la forza di repulsione che si genera fra i magneti stessi arresta tale rotazione.

Come sopra indicato, l'ampiezza dell'angolo β stabilisce in sostanza la massima posizione angolare che può essere raggiunta dall'elemento orientabile 20 nel secondo verso di rotazione W2 ovvero nel passaggio dalla condizione illustrata in figura 7 a quella illustrata in figura 10. È opportuno, per la massimizzazione del rendimento, che l'angolo β sia maggiore di 90° . Si è visto che ottimi risultati in termini di efficacia di funzionamento e di rendimento del modulo girante 1A si ottengono quanto l'angolo β è scelto in un intervallo compreso fra 110 e 130 gradi. Viene di seguito descritto il funzionamento del modulo girante secondo la presente invenzione facendo riferimento inizialmente alle figure da 13 a 16. In particolare le figure 13 e 15 mostrano il modulo girante 1A in due possibili posizioni operative valutate rispetto ad possibile direzione V del vento. Le figure 14 e 16 sono viste in pianta corrispondenti alle posizioni nelle figure 13 e 15 nel quale oltre alla direzione V del vento è indicata una direzione V1 ortogonale alla direzione V. Le due direzioni V e V1 dividono lo spazio in quattro quadranti indicati rispettivamente

con i riferimenti I, II, III e IV. Supponendo un verso orario (indicato con il riferimento O) di rotazione del modulo 1A, quando una pala 11A,11B,11C,11D viene a trovarsi nei quadranti I e II il vento esercita su di essa una azione positiva che tende a far ruotare la girante nel verso O stabilito. In tale circostanze la pala attraversa una fase di funzionamento attivo. Al contrario quando la stessa pala attraversa i quadranti III e IV essa viene a trovarsi in una fase di funzionamento passivo in quanto l'azione del vento su di essa tende a "frenare" la rotazione della girante.

Nella condizione illustrata nelle figure 13 e 14, una prima pala 11A e una seconda pala 11B attraversano la loro fase attiva di funzionamento nella quale gli elementi orientabili 20 assumono la prima posizione angolare chiusa. La terza pala 11C e la quarta pala 11D attraversano invece una fase passiva di funzionamento nella quale gli elementi orientabili 20 non sono allineati con i relativi elementi di supporto 31,32 allo scopo di diminuire la superficie esposta al vento.

Nella condizione illustrata nelle figure 15 e 16, la prima pala 11A attraversa ancora una fase di funzionamento attiva, mentre la seconda pala 11B attraversa una fase di funzionamento passiva (III quadrante). Si osserva che nel passaggio fra la condizione in figura 14 e quella in figura 16 gli elementi orientabili 20 della seconda pala 11B si sono portati dalla prima alla seconda posizione angolare attraverso una rotazione in senso orario (W2) indipendente da quella del modulo girante 1A.

Le figure 17 e 18 sono ulteriori viste relative al modulo girante in una configurazione operativa sostanzialmente equivalente a quella illustrata nelle figure 15 e 16. In particolare la vista in sezione di figura 18 mostra in sezione gli elementi orientabili 20 di ciascuna delle quattro pale 11A,11B,11C,11D del modulo girante 1A. Le viste in dettaglio nelle figure da 19 a 22 consentono invece di osservare più in dettaglio l'azione dei primi e dei secondi mezzi di fermo impiegati per regolare la posizione degli elementi orientabili 20.

Le figure da 28 a 32 sono viste ingrandite che mostrano la rotazione attorno all'asse di rotazione 101 di un elemento orientabile 20, mentre la rispettiva pala 11A,11B,11C,11D ruota attorno all'asse centrale 100. Le posizioni delle figure 28, 31 e 32 rispettivamente corrispondono a quelle delle figure 22, 19 e 21.

Durante la rotazione della girante 1A attorno all'asse centrale 100, sugli elementi orientabili 20 agiscono forze con intensità e direzioni variabili in funzione della posizione degli elementi orientabili. Non tutte queste forze sono positive ai fini del funzionamento e del rendimento della girante. Le considerazioni svolte di seguito analizzano tali forze nei punti chiave e descrivono gli accorgimenti adottati per eliminarne gli effetti negativi.

Nella posizione a 270° (figure 22 e 28), intermedia tra i quadranti III e IV, elementi orientabili 20 sono nella seconda posizione angolare aperta (fase passiva), offrendo la minima resistenza alla spinta del vento F_v , in modo da non frenare le pale che nello stesso momento vengono a trovarsi nella fase attiva (primo e secondo quadrante I, II). Su ogni elemento 20 agisce la spinta del vento F_v una forza centrifuga F_{cm} dovuta alla massa m di ogni elemento orientabile 20 e alla velocità V_r di rotazione della girante 1A secondo la nota relazione:

$$F_{cm} = 1/2 * m * V_r^2$$

La forza centrifuga F_{cm} è diretta verso l'esterno della girante ed è applicata al baricentro G di ogni elemento orientabile 20. La forza F_{cm} determina un momento centrifugo M_{cm} , pari al prodotto tra la forza centrifuga F_{cm} e la distanza b del baricentro G dell'elemento orientabile 20 dall'asse di rotazione 101, secondo la relazione:

$$M_{cm} = F_{cm} * b.$$

La distanza b varia in funzione della posizione che l'elemento orientabile 20 assume rispetto al piano radiale comprendente l'asse di rotazione 101 e l'asse di rotazione centrale 100. Il momento M_{cm} tende a mantenere l'elemento orientabile 20 nella posizione aperta, contrastando la rotazione verso la posizione chiusa (fase chiusa). Il momento M_{cm} è di notevole entità poiché varia con il quadrato della velocità V_r della girante 1A e deve pertanto essere opportunamente bilanciato. Tale funzione è svolta dalla massa M di contrappeso associata all'asta cilindrica 30. La massa M determina una forza centrifuga F_{cM} di bilanciamento, diretta verso l'esterno della girante 1° e applicata sull'asse dell'asta cilindrica 20. La forza centrifuga F_{cM} di bilanciamento è anch'essa funzione del quadrato della velocità V_r della girante 1°:

$$F_{cM} = 1/2 * M * V_r^2$$

La forza F_{cM} determina anch'essa un momento M_{cM} , pari al prodotto tra la forza centrifuga F_{cM} di bilanciamento e la distanza a dell'asta cilindrica 30 dall'asse di rotazione 101, secondo la relazione:

$$M_{cM} = F_{cM} \cdot a.$$

Per ottenere il bilanciamento è sufficiente dimensionare opportunamente la massa M e/o la distanza a , in modo da soddisfare la relazione:

$$M_{cm} = M_{cM},$$

ovvero:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot V_r^2 \cdot b = \frac{1}{2} \cdot M \cdot V_r^2 \cdot a,$$

che semplificando il contributo della velocità della girante, uguale in entrambi i membri della precedente relazione, permette di ottenere la seguente relazione semplificata di bilanciamento:

$$m \cdot b = M \cdot a.$$

L'entità della massa M di bilanciamento da applicare e la sua distanza a dall'asse di rotazione 101 dipendono quindi dal peso m dell'elemento orientabile 20 e dalla distanza b del baricentro G dall'asse di rotazione 101.

Nel quarto quadrante IV (figura 29), l'elemento orientabile 20 tende a chiudersi per effetto della spinta del vento F_v sulla superficie anteriore 71A dell'aletta 71.

In prossimità della posizione a 0° (figura 30) i primi mezzi di fermo 51,51B e 53,53B impediscono che l'elemento orientabile 20 vada a urtare in fase di chiusura contro la struttura della rispettiva pala 11A,11B, 11C,11D, eliminando i problemi di rumorosità e usura tipici dei contatti tra parti meccaniche in movimento.

I magneti 53,53B, di uguale polarità, si respingono a vicenda, contrastando la spinta del vento F_v e rallentando la rotazione dell'elemento orientabile 20 nel verso $W1$. In tale posizione la spinta F_v del vento è minima per effetto della posizione dell'elemento orientabile 20, di conseguenza la sola presenza dei magneti 53,53B farebbe allontanare l'elemento orientabile dalla posizione angolare chiusa, riportandolo verso la posizione aperta, proprio in corrispondenza della posizione in cui inizia la fase attiva. L'attrazione tra i magneti 51, 51B, di polarità opposta, ovvia a tale inconveniente. I magneti 51, 51B sono dimensionati in modo tale da contrastare l'effetto dei magneti 53, 53B che si respingono in prossimità della posizione chiusa dell'elemento orientabile 20. L'azione combinata

dei magneti 51,51B e 53,53B permette di portare l'elemento mobile 20 nella posizione angolare chiusa (figure 19 e 31) senza contatto fra le parti meccaniche in movimento.

Nella posizione a 0° (figura 31), di passaggio tra il quarto quadrante IV e il primo quadrante I, la situazione delle forze e dei momenti agenti sull'elemento orientabile 20 è la seguente:

- il momento M_{cm} è già stato precedentemente bilanciato e comunque in questa posizione è prossimo al valore nullo poiché la distanza b è prossima a zero;
- le forze magnetiche determinate dai magneti 51,51B e 53,53B sono in equilibrio;
- il momento M_{cM} , per effetto dell'angolo γ , ha un valore non nullo essendo non nulla la distanza a di applicazione della forza centrifuga F_{cM} di bilanciamento. In tale posizione il momento M_{cM} tende comunque a sollecitare l'elemento orientabile 20 verso la posizione angolare chiusa;
- anche la spinta F_v del vento esercita un momento, seppur minimo in quanto solo la seconda porzione planare 73 è offre resistenza al vento, che tende comunque a sollecitare l'elemento orientabile 20 verso la posizione angolare chiusa.

Pertanto nella posizione a 0° della figura 31, l'elemento orientabile 20 tende a rimanere nella posizione angolare chiusa in modo stabile, in particolare per l'effetto positivo svolto dalla conformazione scelta per l'aletta 71 (angolo δ) e della pala 11A, 11B, 11C, 11D (angolo γ). Tale posizione è ottimale per sfruttare la successiva "fase attiva" che da 0° a 180° , nel primo quadrante e nel secondo quadrante I,II. Nella fase attiva la spinta del vento F_v viene trasformata in energia meccanica e quindi in energia elettrica con il massimo rendimento.

Un volta raggiunta la posizione a 180° (figure 32 e 21), intermedia tra i quadranti II e III, la spinta F_v del vento agisce sulla superficie posteriore 71B dell'elemento orientabile 20 spingendolo verso la posizione angolare aperta. I magneti 52,52B dei secondi mezzi di fermo, essendo della stessa polarità, impediscono che l'elemento orientabile 20 vada a urtare in fase di apertura contro la struttura della rispettiva pala 11A,11B, 11C,11D, eliminando i problemi di rumorosità e usura tipici dei contatti tra parti meccaniche in movimento.

Essendo l'angolo β maggiore di 90° la spinta del vento F_v rimane attiva sull'elemento orientabile 20 anche in parte del terzo quadrante III, fino a una

posizione angolare P_f della pala 11A,11B,11C,11D intermedia tra la posizione a 180° e quella a 270° e tipicamente pari a $200\div 220$. Se l'angolo β fosse minore o uguale a 90° la spinta del vento F_v nel terzo quadrante III sarebbe negativa agendo in senso contrario al senso di rotazione della girante e diminuendo così il rendimento.

Le figure da 23 a 27 sono relative ad una possibile forma di realizzazione della presente invenzione secondo la quale la girante eolica comprende una pluralità di moduli giranti ciascuno secondo quanto sopra indicato. In particolare nella soluzione illustrata la girante eolica comprende due moduli giranti 1A,1B collegati in modo tale che i due alberi centrali 10,10' siano solidali e ruotino intorno allo stesso asse centrale di rotazione 100. Dal punto di vista costruttivo i due moduli giranti 1A,1B sono sostanzialmente identici. In particolare ciascuno di essi comprende lo stesso numero di pale, preferibilmente quattro, e uno stesso numero di elementi orientabili per ciascuna pala. Nella soluzione illustrata in figura 23 si osserva che la disposizione verticale dei due moduli 1A,1B fa sì che un primo modulo 1A assuma una posizione "inferiore" e il secondo modulo 1B assuma una posizione "superiore". L'albero centrale 10 del modulo inferiore 1A comprende la superficie di base 10A atta a consentirne il collegamento ad una porzione superiore dell'albero di un generatore eolico. Si osserva che vantaggiosamente gli elementi di supporto inferiori 32 delle pale del secondo modulo 1B sono fissati fra le prime superfici di collegamento 11B dell'albero centrale 10 del modulo inferiore. In altre parole le superfici di collegamento 11B, predisposte per collegare gli elementi di supporto superiori 31 delle pale 11A,11B,11C,11D del modulo inferiore 1A possono essere vantaggiosamente impiegate per collegare le estremità 32A' degli elementi di supporto 32' delle pale 11A',11B',11C',11D' del modulo girante superiore 1B.

Attraverso questa soluzione, la struttura del modulo inferiore 1A diventa vantaggiosamente integrata nella struttura di quello superiore 1B. E' chiaro che attraverso questo collegamento modulare si possono ottenere giranti con più di due moduli e quindi destinate a target operativi superiori. La struttura base del modulo girante 1A sopra descritto e mostrato nelle figure da 1 a 22 e da 28 a 32 può dunque essere vantaggiosamente replicata in verticale. Se un singolo modulo

può essere impiegato nell'ambito del "micro eolico", una girante con una pluralità di moduli equivalenti può essere vantaggiosamente impiegata nel "mini eolico". In pratica le soluzioni tecniche previste per basse potenze possono essere replicate per soddisfare le condizioni richieste per potenze più elevate. Il numero di moduli e la loro distanza dal suolo è scelto in funzione delle condizioni medie del vento nel sito scelto per l'installazione della girante, in modo tali che i moduli si trovino preferibilmente nella posizione in cui la spinta del vento è teoricamente massima.

Le figure 24 e 25 illustrano la girante eolica a due moduli 1A,1B in una prima posizione operativa rispetto alla direzione V del vento, mentre le figure 26 e 27 illustrano la medesima girante in una seconda posizione operativa. Si osserva che i due moduli 1A,1B sono sovrapposti in modo tale che ciascuna pala 11A,11B,11C,11D di uno dei due moduli (ad esempio il primo 1A) si sviluppi secondo una direzione bisettrice dell'angolo formato da due pale 11A',11B',11C',11D' dell'altro modulo (ad esempio il secondo 1B). Come evidente dalla vista in pianta di figura 25, attraverso questa disposizione la girante eolica dispone di almeno una pala ogni angolo di 45 gradi. Questa soluzione consente vantaggiosamente di aumentare il rendimento del generatore eolico in quanto i due moduli 1A,1B sono collocati, lungo l'asse centrale di rotazione 100 ad altezze verticali diverse. Pertanto le pale 11A,11B,11C,11D del primo modulo 1A, non ostacolano in nessun modo quelle 11A',11B',11C',11D' quelle dell'altro modulo 1B. Nel caso la girante eolica comprendesse tre moduli giranti sovrapposti, allora la girante eolica disporrebbe vantaggiosamente di una pala ogni angolo di 30 gradi ipotizzando una disposizione concettualmente analoga a quella in figura 25 per i due moduli 1A,1B.

Dal confronto fra le viste in pianta di figura 25 e 27 si osserva che gli elementi orientabili 20' delle pale 11A',11B',11C',11D' del modulo superiore 1B si comportano in modo del tutto analogo a quello previsto per il modulo illustrato nelle figure da 1 a 22. Considerando ad esempio la seconda pala 11B' del secondo modulo 1B si osserva che nel passaggio dal secondo II al terzo III quadrante gli elementi orientabili 20' si portano dalla posizione allineata alla seconda posizione angolare definita dai secondi mezzi di fermo. Considerando invece la quarta pala 11D' del secondo modulo (allineata con la seconda 11B') si

osserva che nel passaggio dal IV al I quadrante si verifica l'allineamento dei relativi elementi orientabili 20.

Considerando la terza pala 11C' del secondo modulo 1B si osserva come il passaggio nel passaggio dal terzo III al quarto quadrante IV gli elementi orientabili 20' della pala stessa ruotano in verso antiorario (W1) per raggiungere successivamente la posizione chiusa. Considerando infine la prima pala 11A' si osserva che nel passaggio dal primo I al secondo quadrante II gli elementi orientabili della stessa si mantengono allineati per mantenere la massima superficie esposta al vento. In base a queste considerazioni si deduce quindi che il funzionamento del secondo modulo 1B è corrispondente a quello del primo 1A sopra descritto.

Le soluzioni tecniche adottate per la girante eolica secondo l'invenzione consentono di assolvere completamente il compito e gli scopi prefissati. In particolare la girante eolica è contraddistinta da una bassa rumorosità e da un elevato rendimento. La girante secondo l'invenzione è altresì realizzata attraverso componenti facilmente assemblabili fra loro e di facile realizzazione a costi competitivi. La struttura modulare della girante consente una elevata capacità di conversione con un basso impatto ambientale. In altre parole a parità di potenza prodotta, l'ingombro della girante secondo l'invenzione risulta inferiore rispetto alle soluzioni tradizionali. Allo stesso modo a parità di ingombro, la girante secondo l'invenzione presenta un rendimento e una potenza prodotta superiore a quella delle soluzioni tradizionali in virtù di una maggiore superficie esposta offerta dalle superfici degli elementi orientabili. Si osserva inoltre che la bassa inerzia all'avviamento dovuta all'assenza di attriti, il basso costo dell'investimento necessario, l'elevato rendimento, la possibilità di incrementare la superficie esposta all'azione del vento consentono di produrre energia diffusa e distribuita con ventosità alte, medie e basse.

La girante eolica così concepita è suscettibile di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'ambito del concetto inventivo; inoltre tutti i dettagli potranno essere sostituiti da altri tecnicamente equivalenti.

In pratica, i materiali impiegati nonché le dimensioni e le forme contingenti potranno essere qualsiasi secondo le esigenze e lo stato della tecnica.

RIVENDICAZIONI

1. Girante eolica ad asse verticale comprendente almeno un primo modulo (1A) di girante includente un albero centrale (10) girevole intorno ad un asse centrale di rotazione (100) e una pluralità di pale (11) solidali a detto albero centrale (1), ciascuna di dette pale (11) comprendendo un telaio di supporto (31, 32) e almeno un elemento orientabile (20) incernierato a detto telaio di supporto in modo da essere girevole rispetto a detto telaio di supporto (31, 32) intorno ad un rispettivo asse di rotazione (101) sostanzialmente parallelo a detto asse centrale di rotazione (100), detto elemento orientabile (20) essendo girevole tra una prima posizione chiusa, in cui detto elemento orientabile (20) è sostanzialmente allineato a detto telaio (31, 32) di supporto, e una seconda posizione aperta, in cui detto elemento orientabile (20) è ruotato rispetto a detto telaio (31, 32), in dette prima posizione chiusa e seconda posizione aperta essendo rispettivamente attivi primi mezzi di fermo magnetico (51-51B, 53-53B) e secondi mezzi di fermo magnetico (52-52B) per rispettivamente arrestare la rotazione di detto elemento orientabile (20) verso detta prima posizione chiusa e verso detta seconda posizione aperta, caratterizzato dal fatto che detto elemento orientabile (20) comprende una massa (M) di contrappeso distanziata dal rispettivo asse di rotazione (101) e disposta in modo da sollecitare per effetto centrifugo la rotazione di detto elemento orientabile verso detta prima posizione chiusa.
2. Girante eolica secondo la rivendicazione 1, in cui la rotazione di detto elemento orientabile (20) verso detta prima posizione chiusa è arrestata mediante primi mezzi di fermo magnetico comprendenti almeno una prima coppia di magneti (51-51B) di polarità opposta e almeno una seconda coppia di magneti (53-53B) di uguale polarità, ciascuna di dette prima e seconda coppia di magneti comprendendo un primo magnete (51, 53) solidale a detto elemento orientabile (20) e un secondo magnete (51B, 53B) solidale a detto telaio di supporto (31, 32).
3. Girante eolica secondo la rivendicazione 2, in cui detta prima coppia di magneti (51-51B) è più vicina a detto asse di rotazione (101) di detto elemento orientabile (20) rispetto a detta seconda coppia di magneti (53-53B).
4. Girante eolica secondo la rivendicazione 2 o 3, in cui la rotazione di detto elemento orientabile (20) verso detta seconda posizione aperta è arrestata

mediante secondi mezzi di fermo magnetico comprendenti almeno una terza coppia di magneti (52-52B) di polarità uguale, un primo magnete (52) di detta terza coppia di magneti essendo solidale a detto elemento orientabile (20) e un secondo magnete (52B) di detta terza coppia di magneti essendo solidale a detto telaio di supporto (31, 32).

5. Girante eolica secondo la rivendicazione 4, in cui detto elemento orientabile (20) comprende un'aletta 71 estesa da un primo bordo longitudinale (25A) prossimo a detto asse di rotazione (101) a un secondo bordo longitudinale (25B), distanziato da detto asse di rotazione (101), detta aletta comprendendo una prima superficie anteriore (71A) suscettibile di essere investita in modo prevalente dal vento durante una fase attiva della rotazione della rispettiva pala attorno all'asse di rotazione centrale (100) e una seconda superficie posteriore (71B), contrapposta a detta superficie anteriore (71A), detta massa (M) di contrappeso essendo posta dalla parte opposta di detto asse di rotazione (101) rispetto a detta aletta (71).

6. Girante eolica secondo la rivendicazione 5, in cui ciascuna di dette prima e seconda coppia di magneti (51-51B, 53-53B) comprendono un rispettivo magnete (51, 53) solidale a detto elemento orientabile (20) dalla parte di detta seconda superficie posteriore (71B) e detta terza coppia di magneti (52-52B) comprende un magnete (52) solidale a detto elemento orientabile (20) dalla parte di detta prima superficie anteriore (71A).

7. Girante eolica secondo la rivendicazione 5 o 6, in cui detta aletta 71 comprende una prima porzione planare (72), prossima all'asse di rotazione (101), e una seconda porzione planare (73), distanziata all'asse di rotazione (101), dette porzioni planari (72,73) essendo tra loro inclinate di un angolo (δ) compreso tra 20° e 30° .

8. Girante eolica secondo una delle rivendicazioni pretendenti, in cui detto telaio di supporto (31, 32) comprende una prima porzione (31A, 32A), adiacente all'albero centrale (10) e orientata radialmente rispetto a questo e una seconda porzione (31B, 32B) adiacente alla rispettiva prima porzione (31A, 32A) e inclinato rispetto a rispettiva prima porzione (31A, 32A) di un angolo (γ) compreso tra 8° e 15° .

9. Girante eolica secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui dette prima posizione chiusa e seconda posizione aperta sono tra loro angolarmente

distanziate attorno al rispettivo asse di rotazione (101) di un angolo (β) compreso tra 110° e 130° .

10. Girante eolica secondo la rivendicazione 1, in cui detto almeno un elemento orientabile (20) è verticalmente sostenuto in detto telaio di supporto (31,32) attraverso almeno una prima sospensione magnetica (S1) comprendente una coppia di magneti (81,82) di uguale polarità mutuamente affacciati uno dei quali solidale all'elemento orientabile (20) e l'altro solidale al telaio di supporto (32), detta coppia di magneti (81,82) avendo una configurazione toroidale ed essendo collocati intorno ad un perno di rotazione (41C), solidale ad uno di detti elemento orientabile (20) e telaio di supporto (31, 32) e radialmente vincolato mediante un cuscinetto (47) posto sull'altro di detti elemento orientabile (20) e telaio di supporto (31, 32).

11. Girante eolica secondo la rivendicazione 10, in cui detto almeno un elemento orientabile (20) è sostenuto fra detti elementi di supporto (31,32) attraverso una prima (S1) e una seconda sospensione magnetica (S2), detta prima sospensione magnetica (S1) comprendendo una coppia di magneti (81,82) toroidali di uguale polarità mutuamente affacciati uno dei quali solidale all'elemento orientabile (20) e l'altro solidale al secondo elemento di supporto (32), detta seconda sospensione magnetica (S2) comprendendo una coppia di magneti (91,92) toroidali di uguale polarità mutuamente affacciati uno dei quali solidale all'elemento orientabile (20) e l'altro solidale al primo elemento di supporto (31), ciascuna di dette coppia di magneti (81,82; 91,92) essendo collocati intorno ad un rispettivo perno di rotazione (41C,42C), rispettivamente solidale all'elemento orientabile (20) e al telaio di supporto (31, 32) e radialmente vincolato mediante un cuscinetto (47) posto sul telaio di supporto (31, 32) e sull'elemento orientabile (20).

12. Girante eolica caratterizzata dal fatto di comprendere una pluralità di moduli giranti (1A,1B) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 11, detti moduli giranti (1A,1B) essendo operativamente collegati in modo tale che i rispettivi alberi centrali (10,10') siano collegati solidalmente per ruotare intorno ad uno stesso asse centrale di rotazione (100).

(PAV/sf-Pd)

CLAIMS

1. A vertical axis wind impeller comprising at least a first impeller module (1A) including a central shaft (10) rotating about a central axis of rotation (100) and a plurality of blades (11) integral with said central shaft (1), each of said blades (11) comprising a supporting frame (31, 32) and at least one rotatable element (20) hinged to said supporting frame so as to be rotatable with respect to said supporting frame (31, 32) about a respective axis of rotation (101) substantially parallel to said central axis of rotation (100), said rotating element (20) being rotatable between a first closed position, in which said rotating element (20) is substantially aligned to said supporting frame (31, 32), and a second open position, in which said rotating element (20) is rotated with respect to said frame (31, 32), first magnetic stop means (51-51B, 53-53B) and second magnetic stop means (52-52B) being active in said first closed position and second open position, respectively, for stopping the rotation of said rotating element (20) toward said first closed position and toward said open position, respectively, characterized in that said rotating element (20) comprises a counterweight mass (M) spaced apart from the respective axis of rotation (101) and arranged so as to induce, by centrifugal effect, the rotation of said rotating element toward said first closed position.
2. A wind impeller according to claim 1, wherein the rotation of said rotating element (20) toward said first closed position is stopped by means of first magnetic stop means comprising at least a first pair of magnets (51-51B) of opposite polarity and at least a second pair of magnets (53-53B) of the same polarity, each of said first and second pairs of magnets comprising a first magnet (51, 53) integral with said rotating element (20) and a second magnet (51B, 53B) integral with said supporting frame (31, 32).
3. A wind impeller according to claim 2, wherein said first pair of magnets (51-51B) is closer to said axis of rotation (101) of said rotating element (20) with respect to said second pair of magnets (53-53B).
4. A wind impeller according to claim 2 or 3, wherein the rotation of said rotating element (20) toward said second open position is stopped by means of second magnetic stop means comprising at least a third pair of magnets (52-52B) of the

same polarity, a first magnet (52) of said third pair of magnets being integral with said rotating element (20) and a second magnet (52B) of said third pair of magnets being integral with said supporting frame (31, 32).

5. A wind impeller according to claim 4, wherein said rotating element (20) comprises a fin 71 extending from a first longitudinal edge (25A) close to said axis of rotation (101) to a second longitudinal edge (25B), spaced apart from said axis of rotation (101), said fin comprising a first front surface (71A) susceptible to being hit by the wind in a prevalent manner during an active phase of rotation of the respective blade about the central axis of rotation (100) and a second rear surface (71B), opposed to said front surface (71A), said counterweight mass (M) being placed on the opposite side of said axis of rotation (101) with respect to said fin (71).

6. A wind impeller according to claim 5, wherein each of said first and second pairs of magnets (51-51B, 53-53B) comprise a respective magnet (51, 53) integral with said rotating element (20) on the side of said second rear surface (71B) and said third pair of magnets (52-52B) comprises a magnet (52) integral with said rotating element (20) on the side of said first front surface (71A).

7. A wind impeller according to claim 5 or 6, wherein said fin 71 comprises a first planar portion (72), close to the axis of rotation (101), and a second planar portion (73), spaced apart from the axis of rotation (101), said planar portions (72,73) being inclined to each other at an angle (δ) between 20° and 30° .

8. A wind impeller according to one of the preceding claims, wherein said supporting frame (31, 32) comprises a first portion (31A, 32A), adjacent to the central shaft (10) and radially oriented with respect thereto and a second portion (31B, 32B) adjacent to the respective first portion (31A, 32A) and inclined with respect to the respective first portion (31A, 32A) at an angle (γ) of between 8° and 15° .

9. A wind impeller according to one of the preceding claims, wherein said first closed position and second open position are angularly spaced apart from each other about the respective axis of rotation (101) at an angle (β) between 110° and 130° .

10. A wind impeller according to claim 1, wherein said at least one rotating

element (20) is vertically supported in said supporting frame (31,32) by means of at least a first magnetic suspension (S1) comprising a pair of reciprocally facing magnets (81,82) of the same polarity, one of which is integral with the rotating element (20) and the other is integral with the supporting frame (32), said pair of magnets (81,82) having a toroidal configuration and being arranged about a rotation pivot (41C), integral with one of the rotating element (20) and of the supporting frame (31,32) and radially constrained by means of a bearing (47) placed on the other of said rotating element (20) and supporting frame (31,32).

11. A wind impeller according to claim 10, wherein said at least one rotating element (20) is supported between said supporting elements (31,32) by means of a first (S1) and a second magnetic suspension (S2), said first magnetic suspension (S1) comprising a pair of reciprocally facing toroidal magnets (81,82) of the same polarity, one of which is integral with the rotating element (20) and the other is integral with the second supporting element (32), said second magnetic suspension (S2) comprising a pair of reciprocally facing toroidal magnets (91,92) of the same polarity, one of which is integral with the rotating element (20) and the other is integral with the first supporting element (31), each of said pairs of magnets (81,82; 91,92) being arranged about a respective rotation pivot (41C,42C), integral with the rotating element (20) and with the supporting frame (31, 32), respectively, and radially constrained by means of a bearing (47) placed on the supporting frame (31, 32) and the rotating element (20), respectively.

12. A wind impeller characterized in that it comprises a plurality of impeller modules (1A,1B) according to any one of the claims from 1 to 11, said impeller modules (1A,1B) being operatively connected so that the respective central shafts (10,10') are integrally connected in order to rotate about a same central axis of rotation (100).

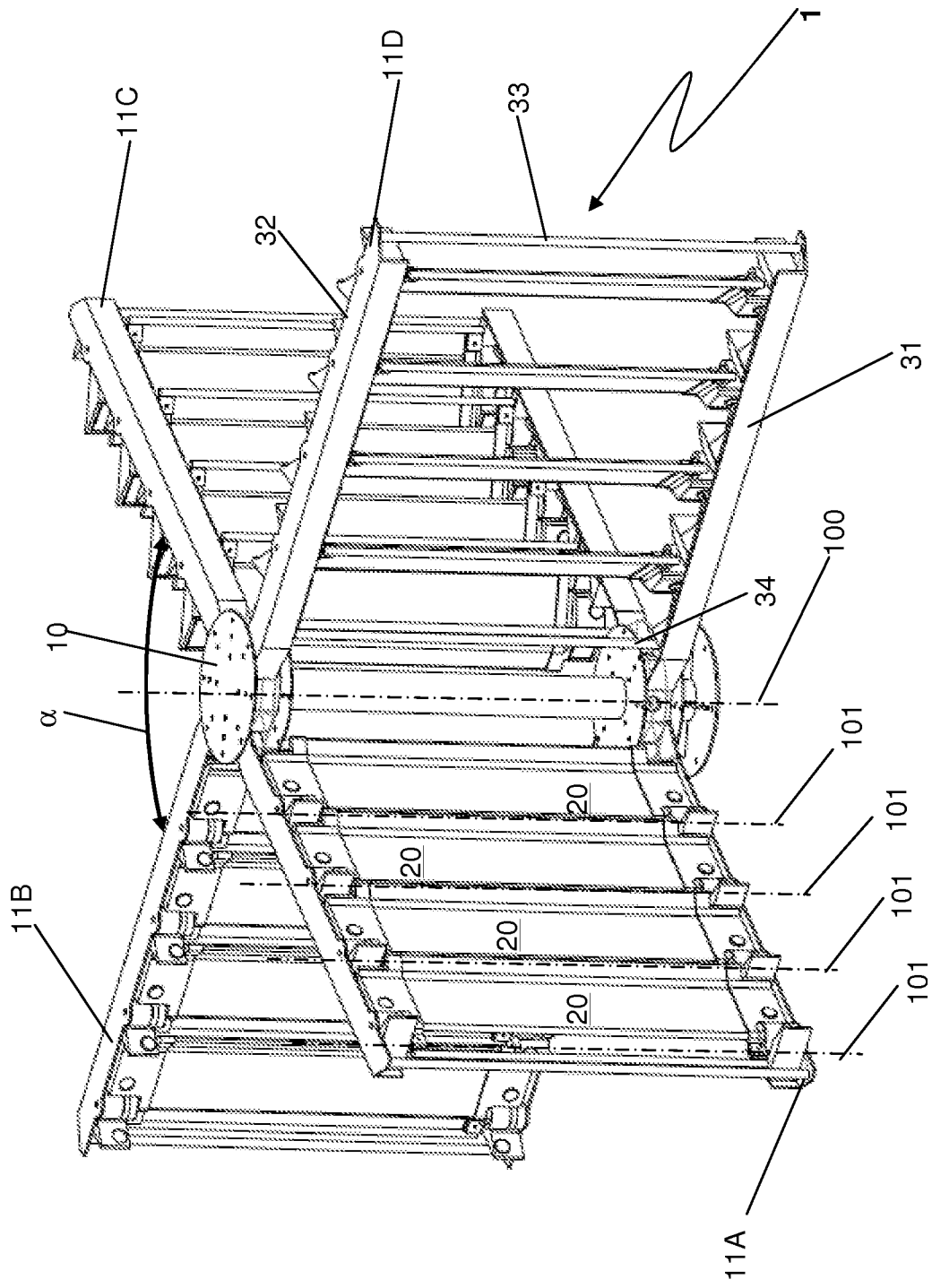


Fig. 1

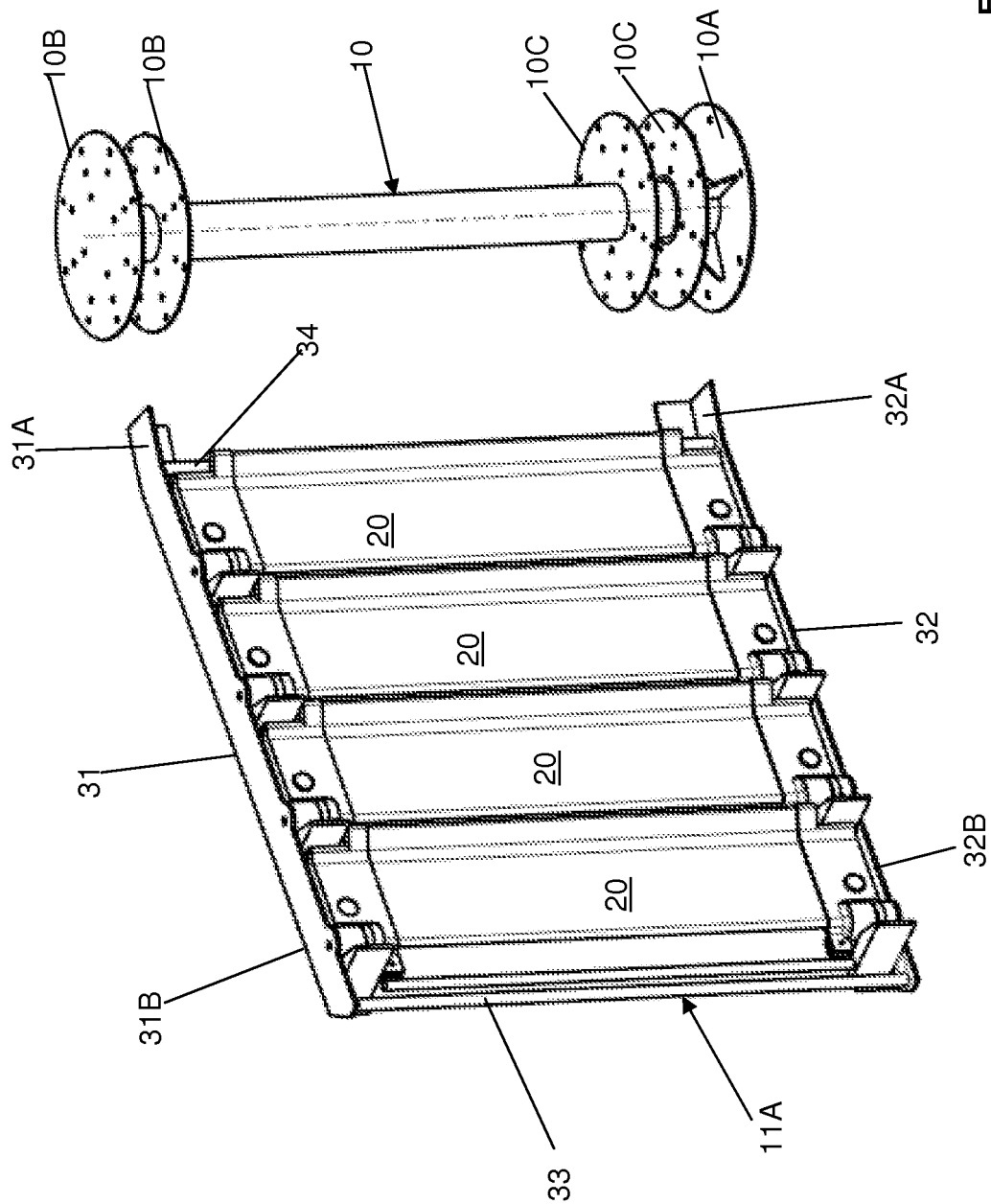


Fig. 2

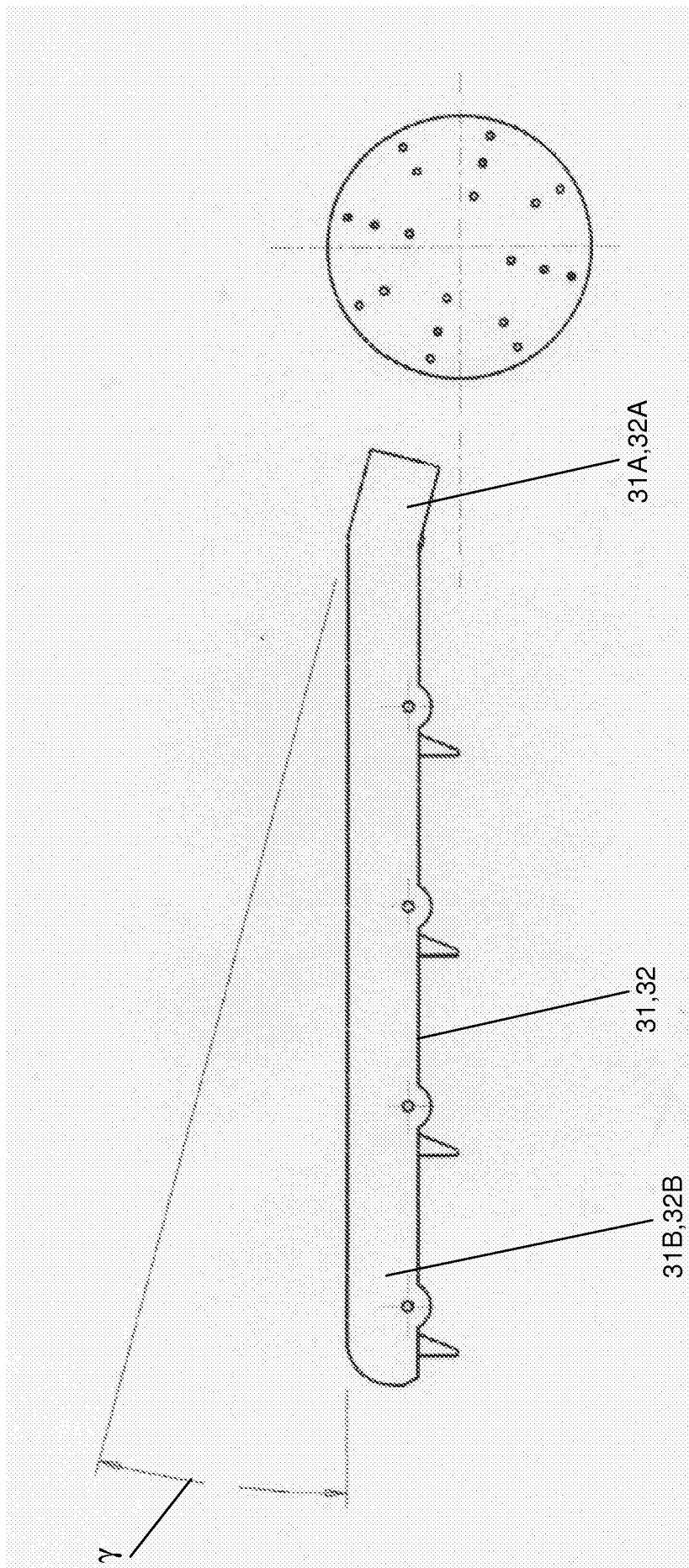


Fig. 2a

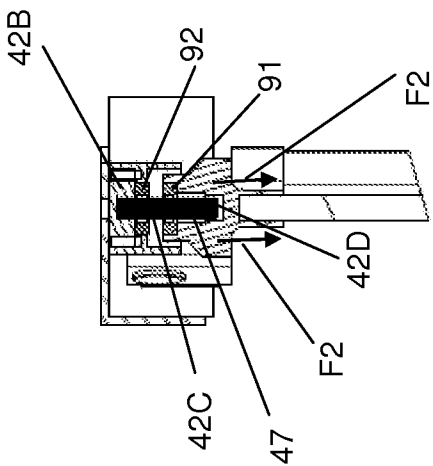


Fig. 5

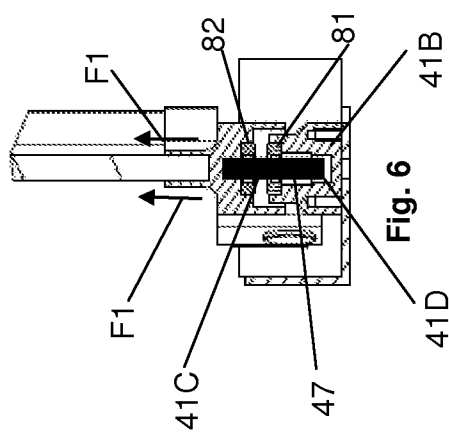


Fig. 6

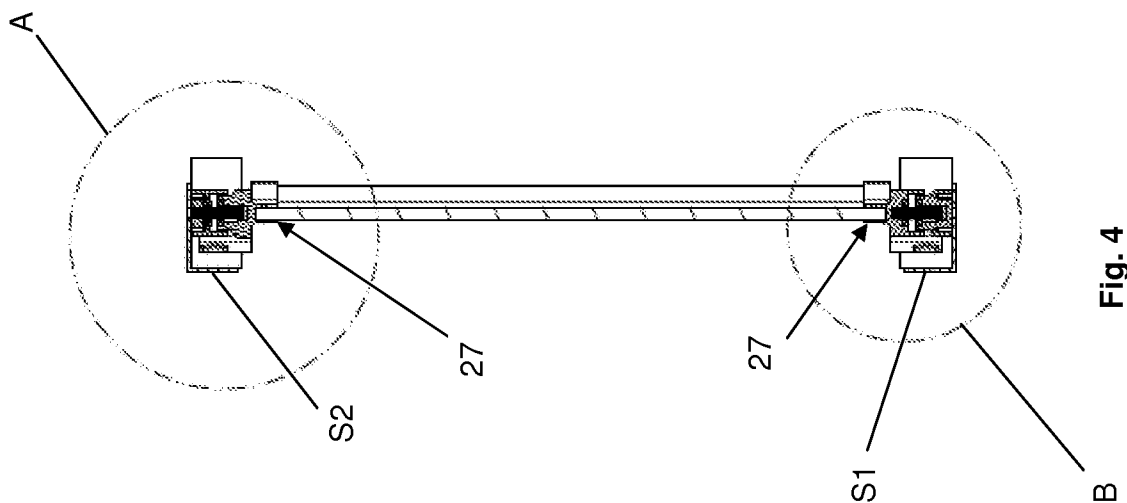


Fig. 4

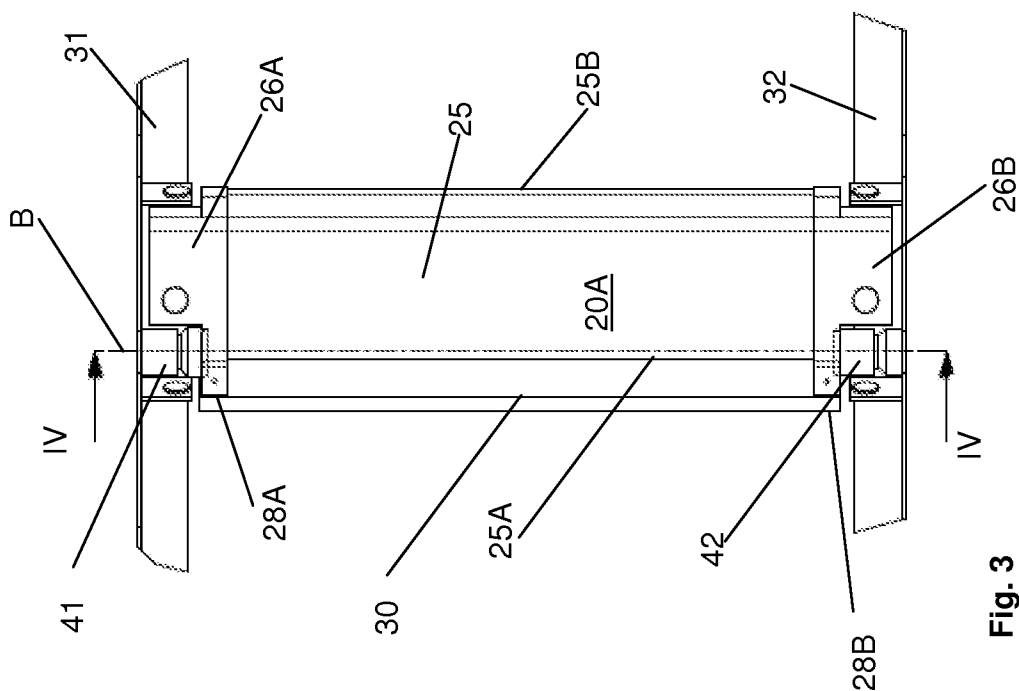
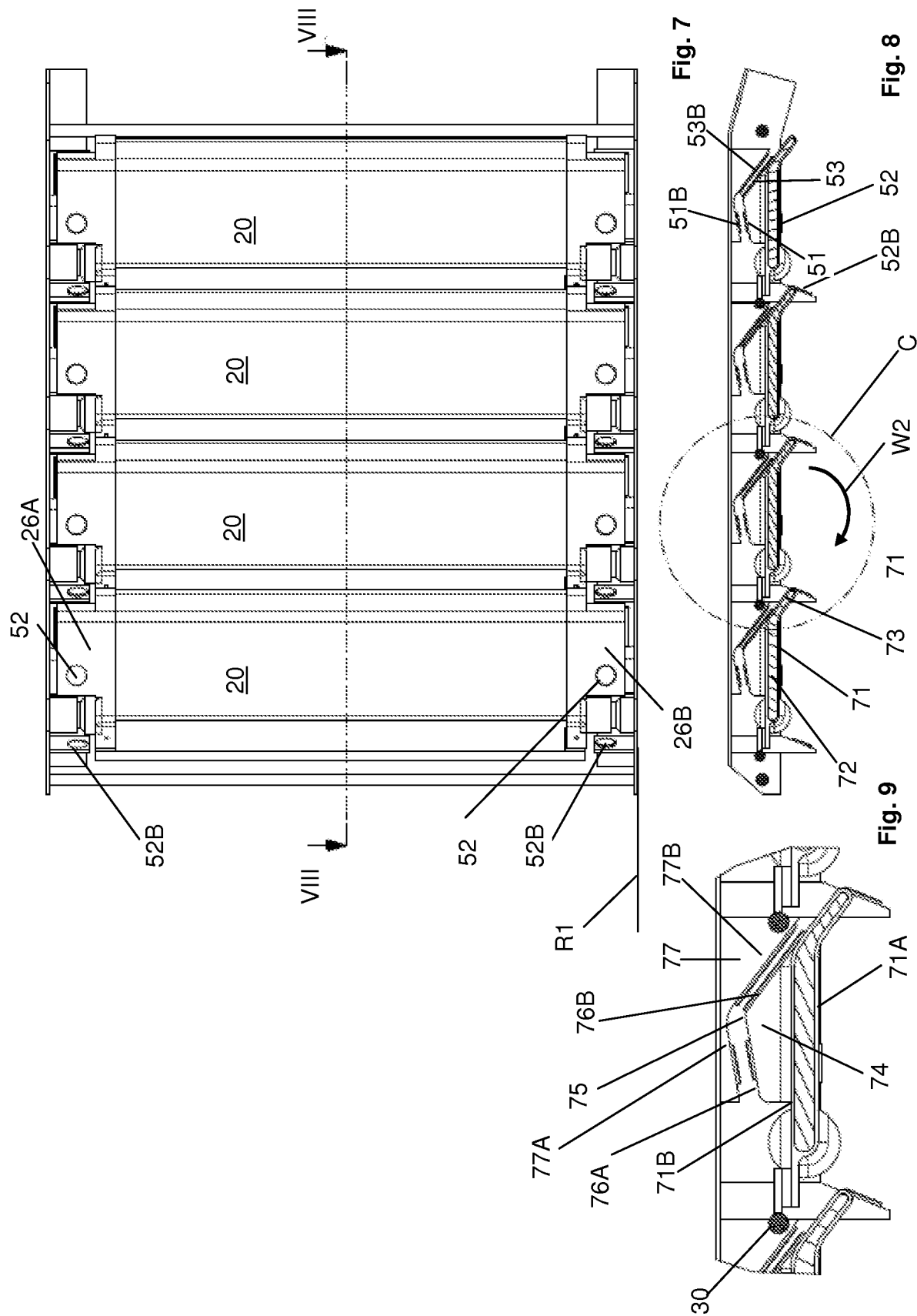


Fig. 3



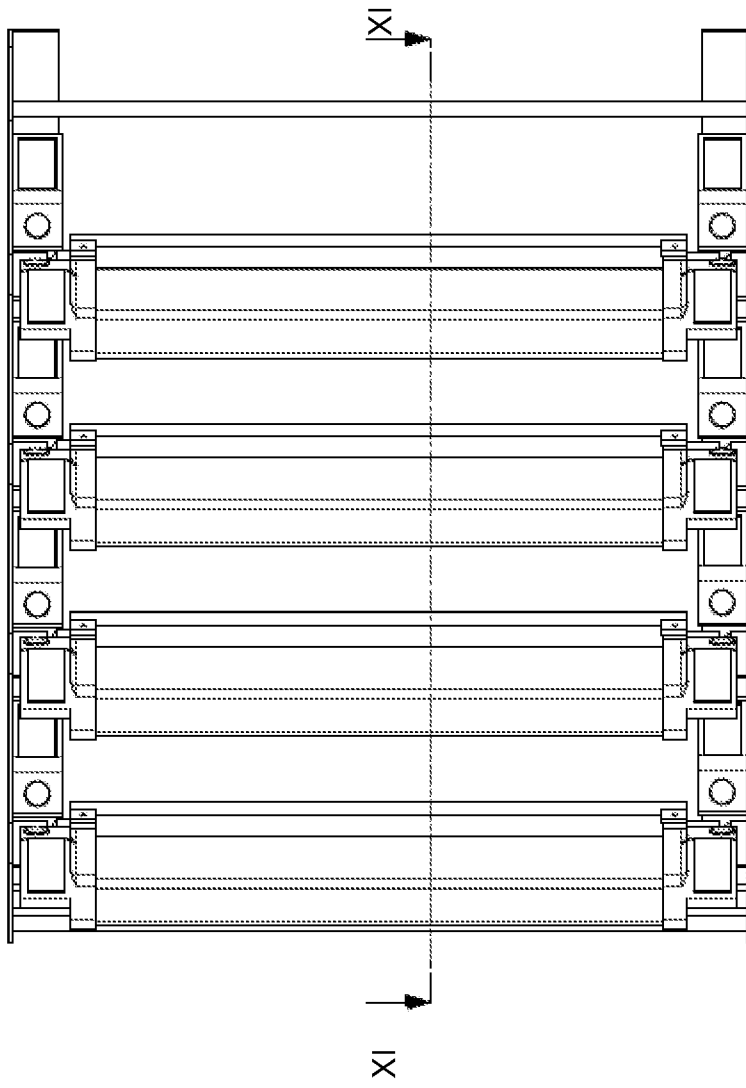


Fig. 10

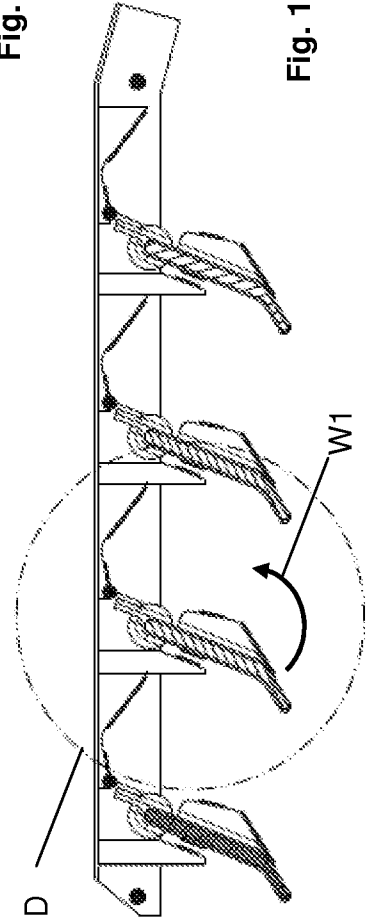


Fig. 11

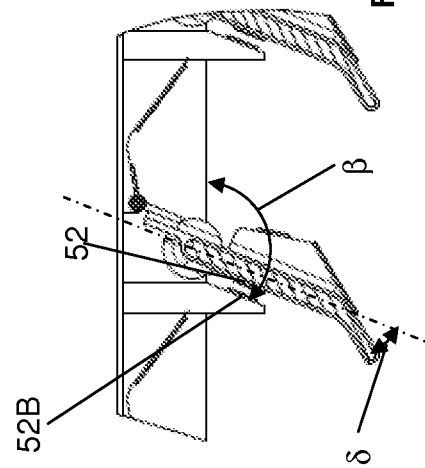


Fig. 12

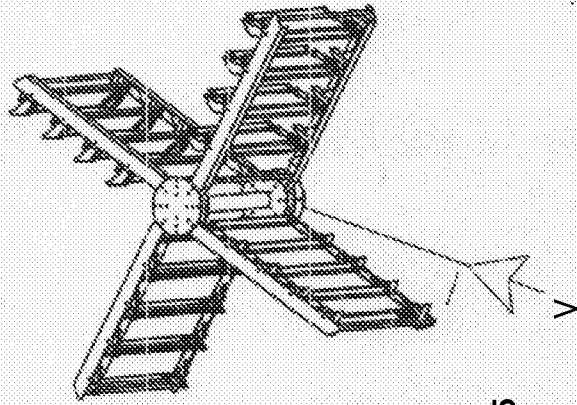


Fig. 15

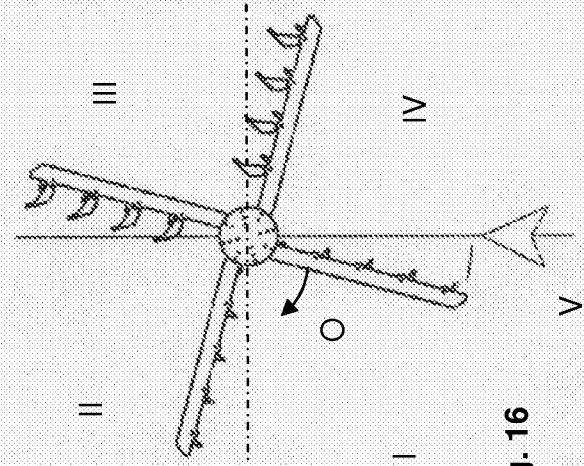


Fig. 16

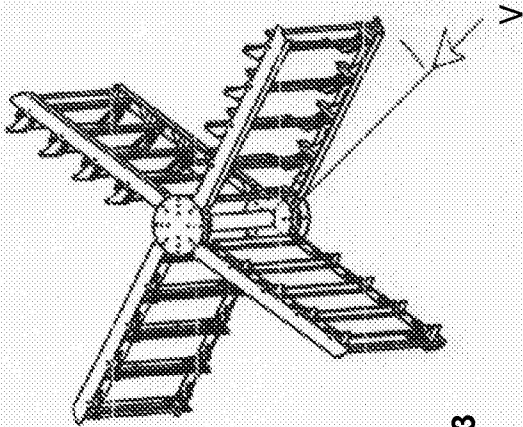


Fig. 13

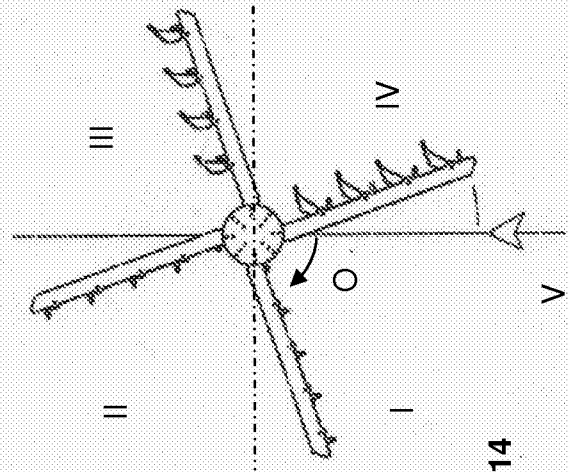


Fig. 14

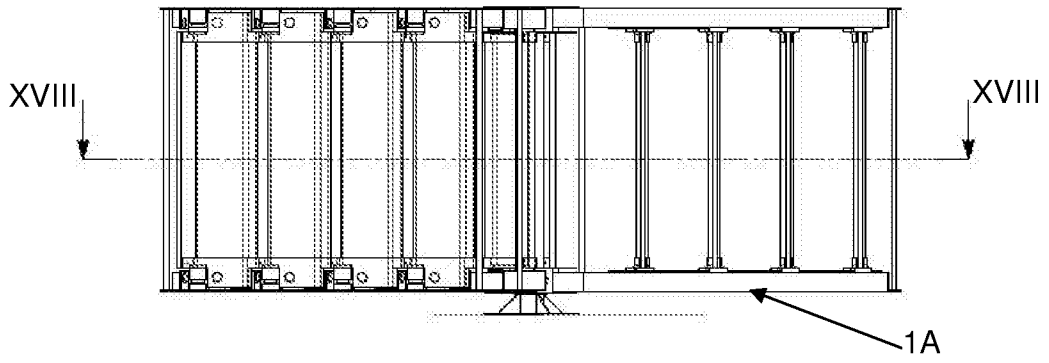


Fig. 17

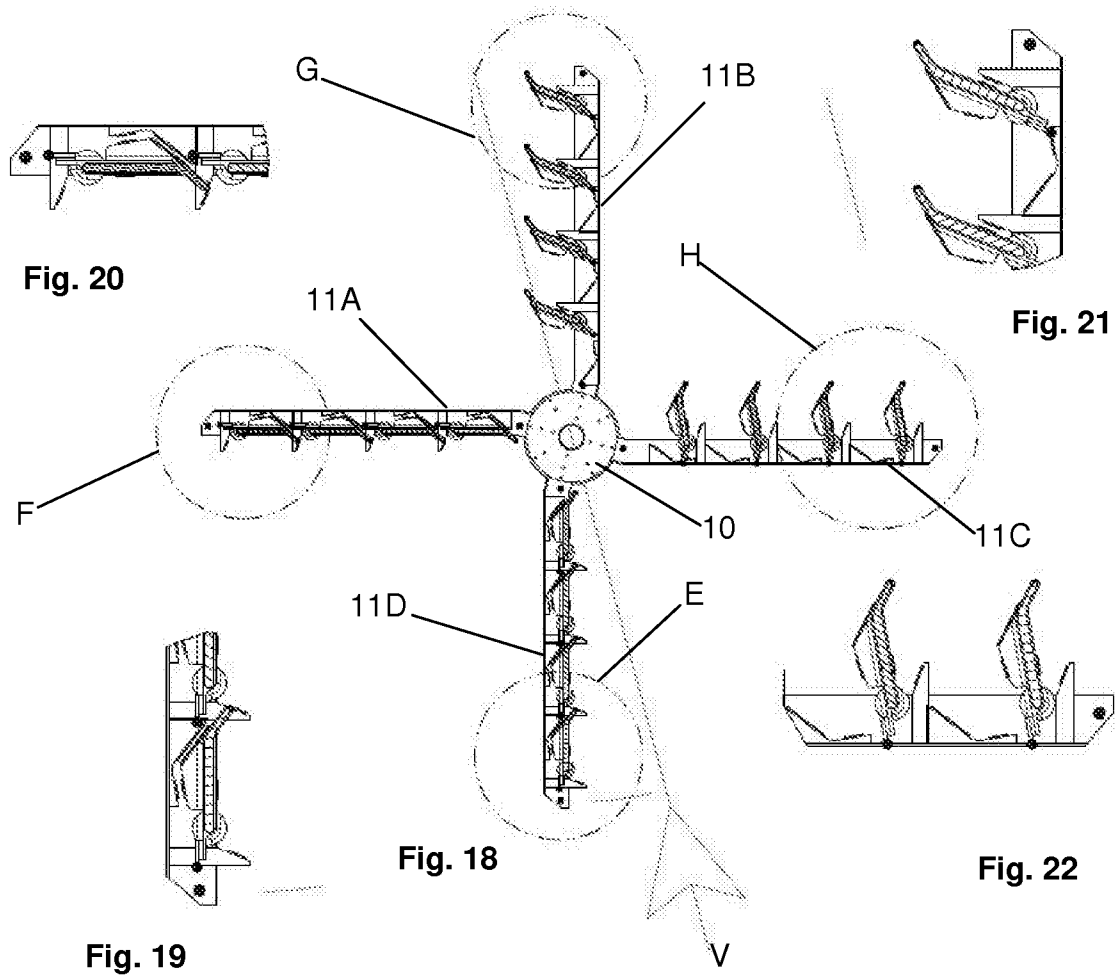


Fig. 20

Fig. 21

Fig. 18

Fig. 22

Fig. 19

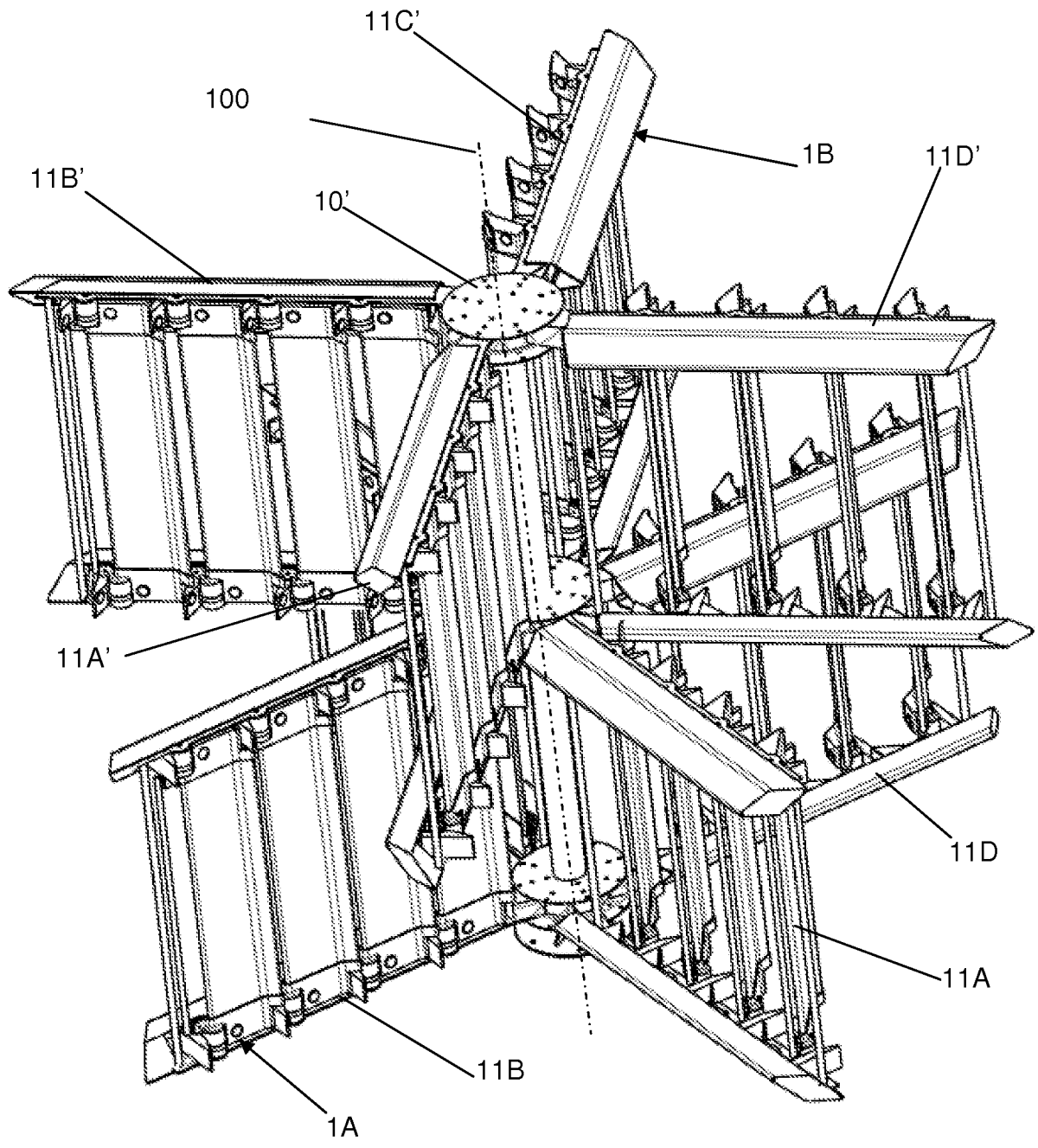


Fig. 23

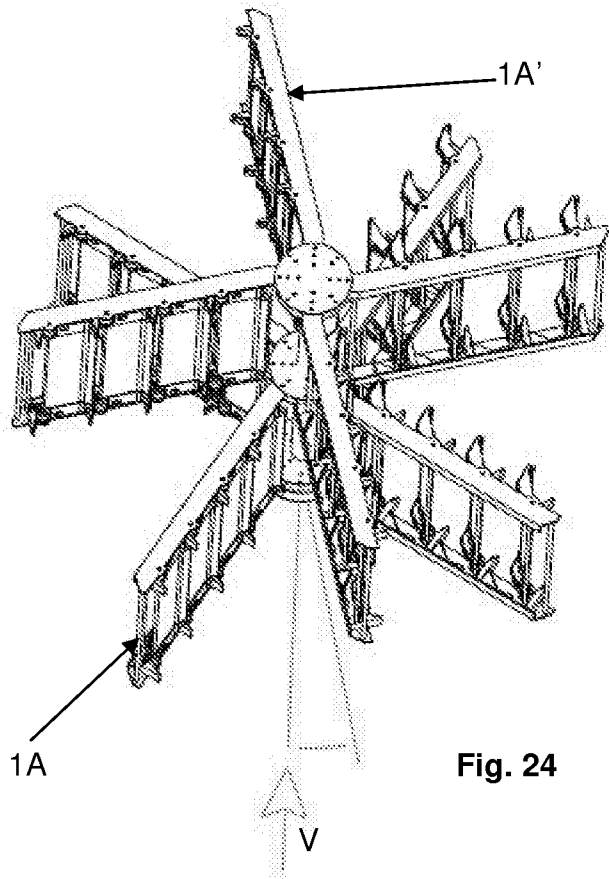


Fig. 24

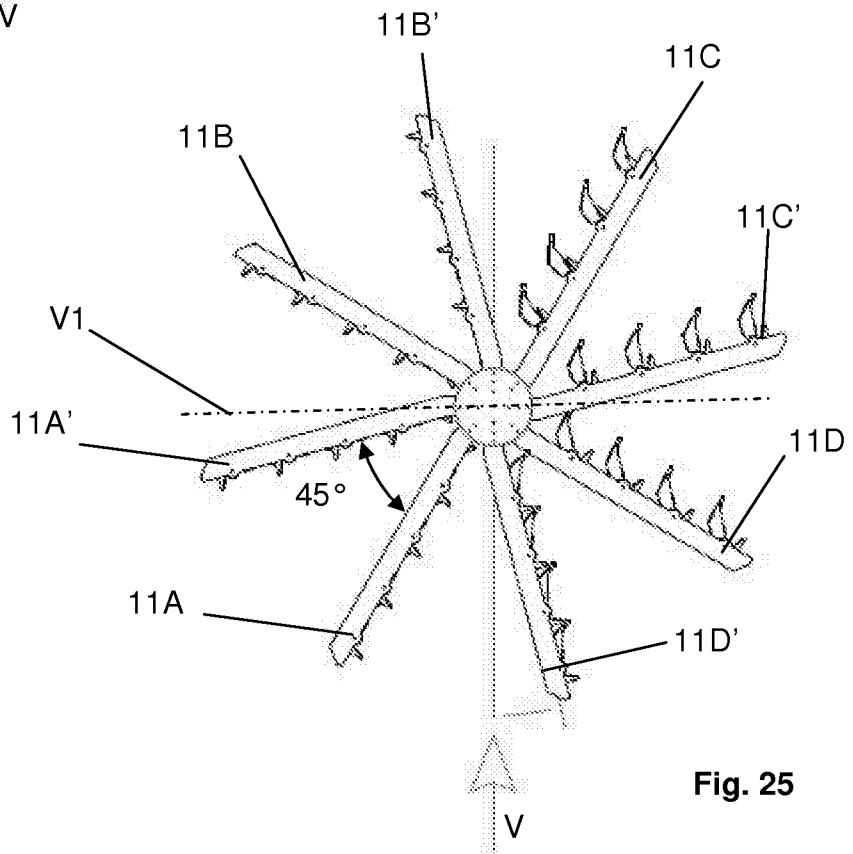


Fig. 25

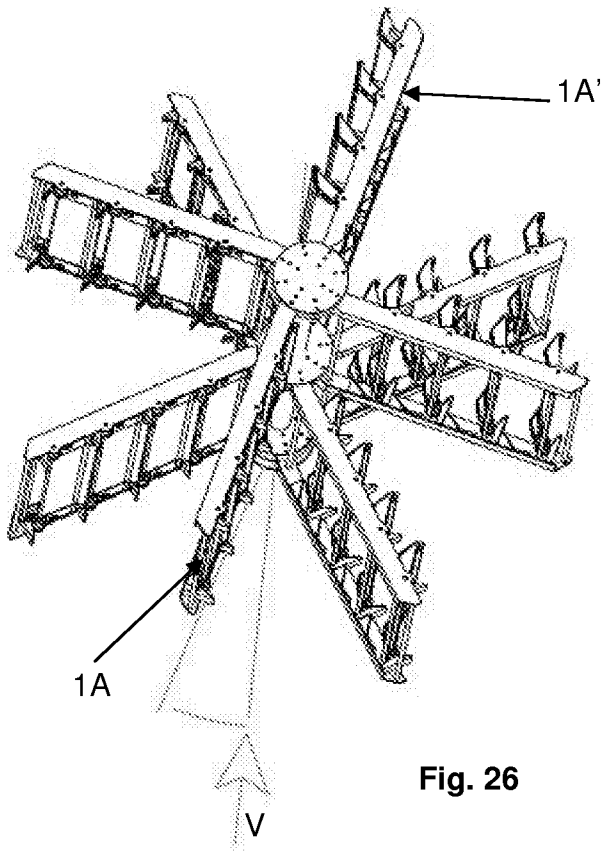


Fig. 26

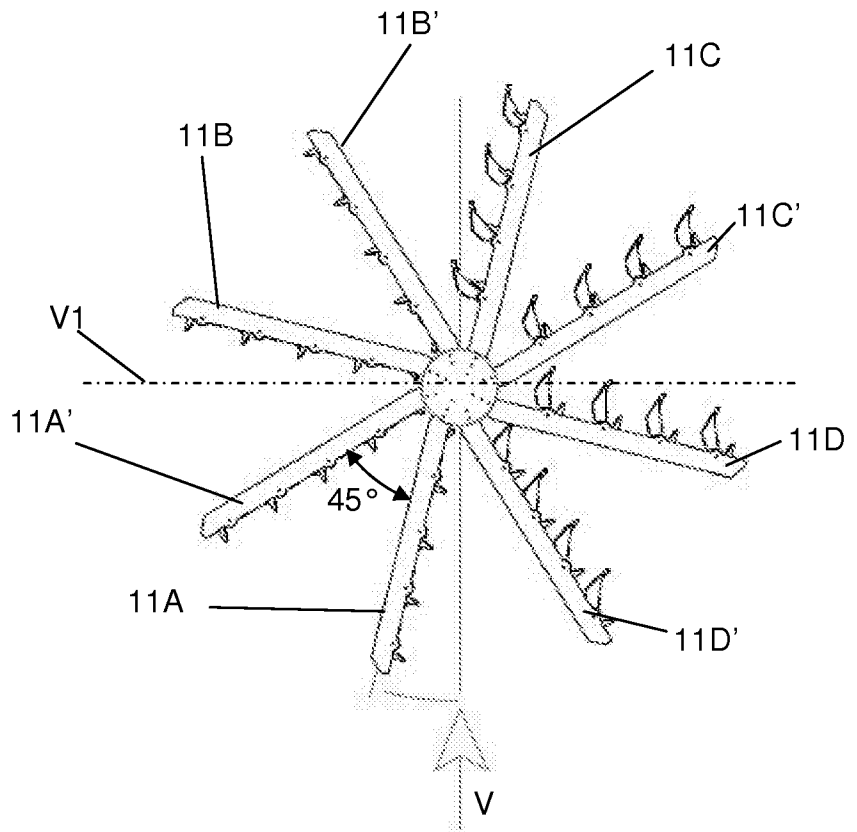


Fig. 27

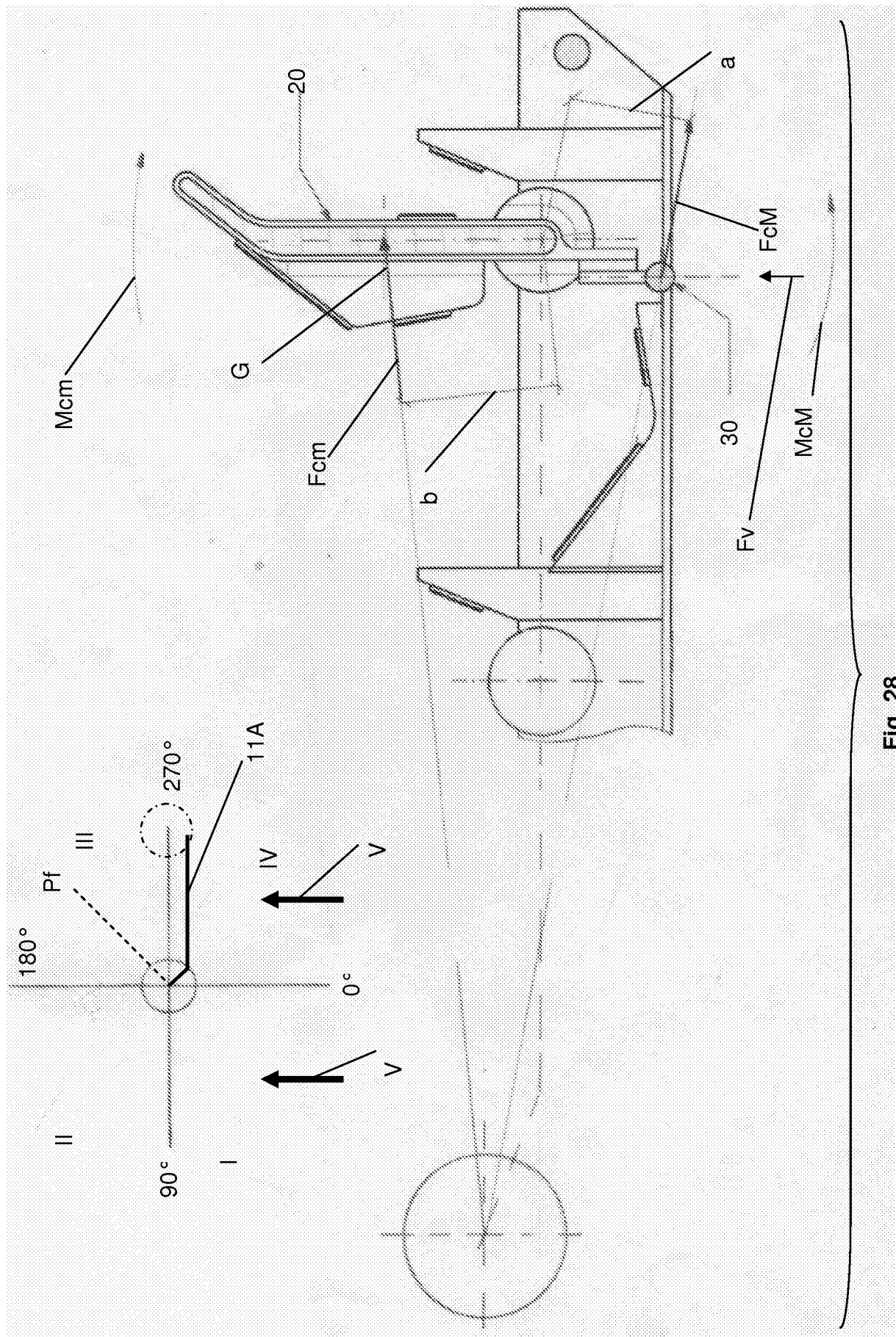


Fig. 28

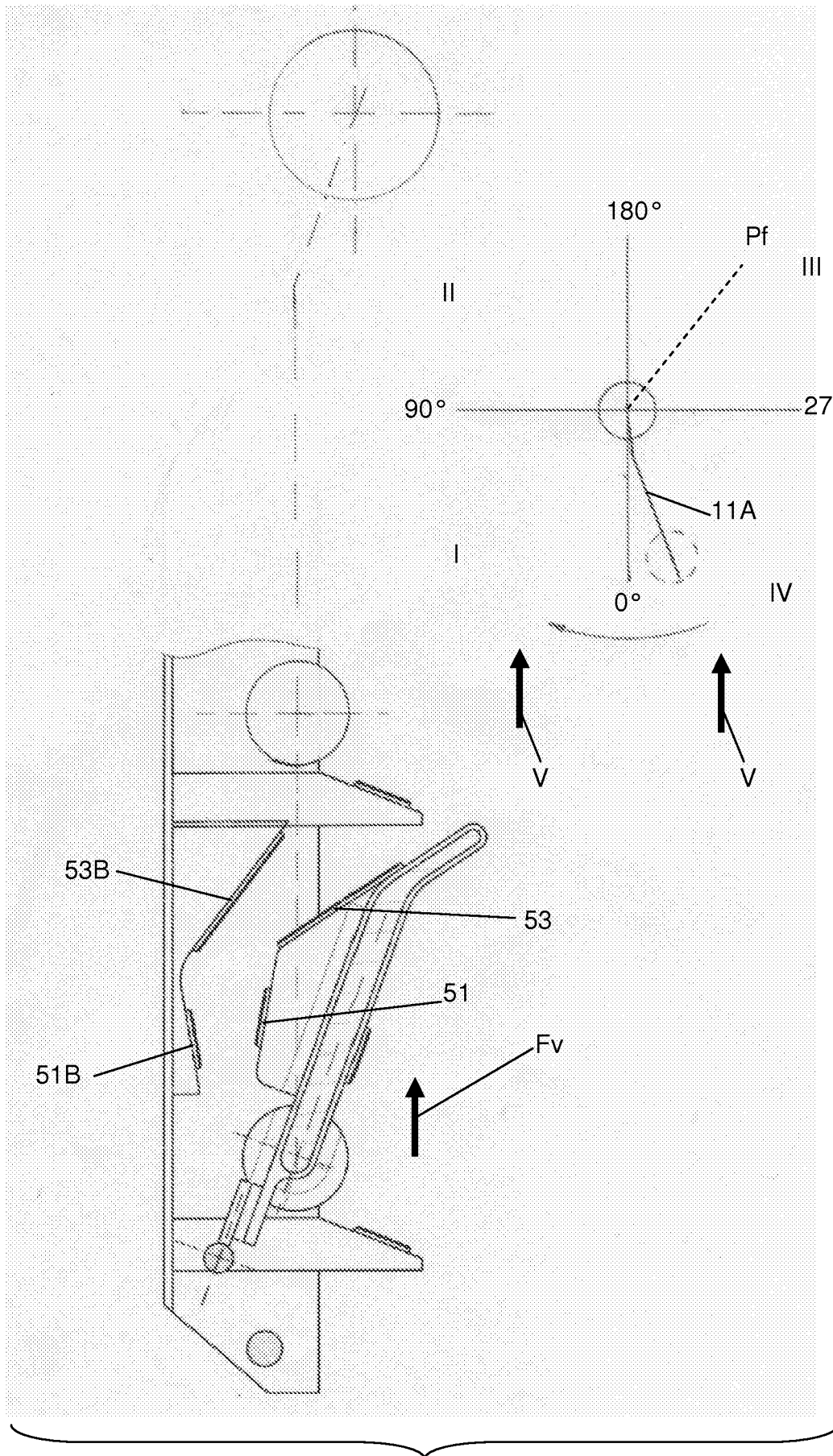


Fig. 29

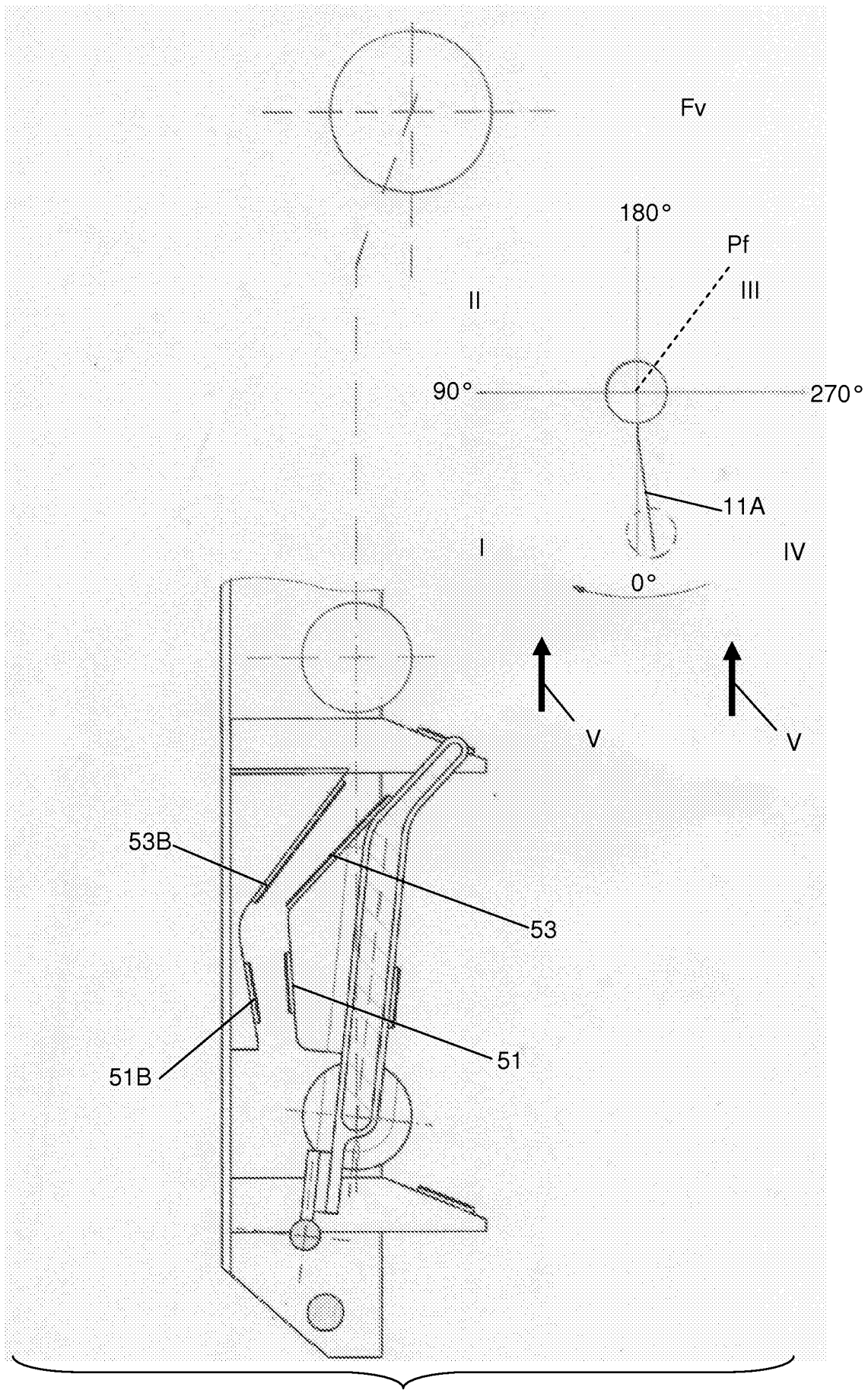


Fig. 30

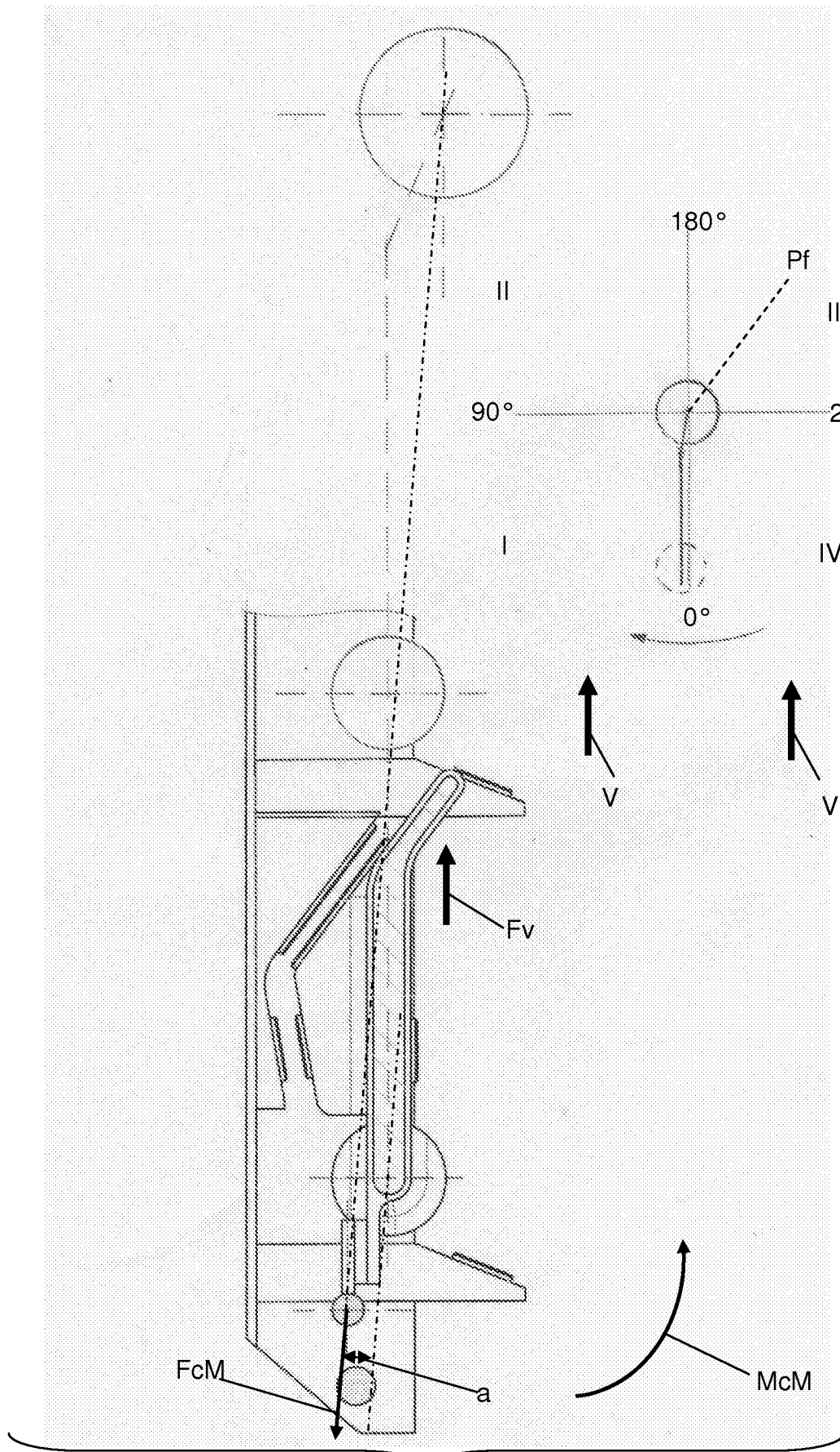


Fig. 31

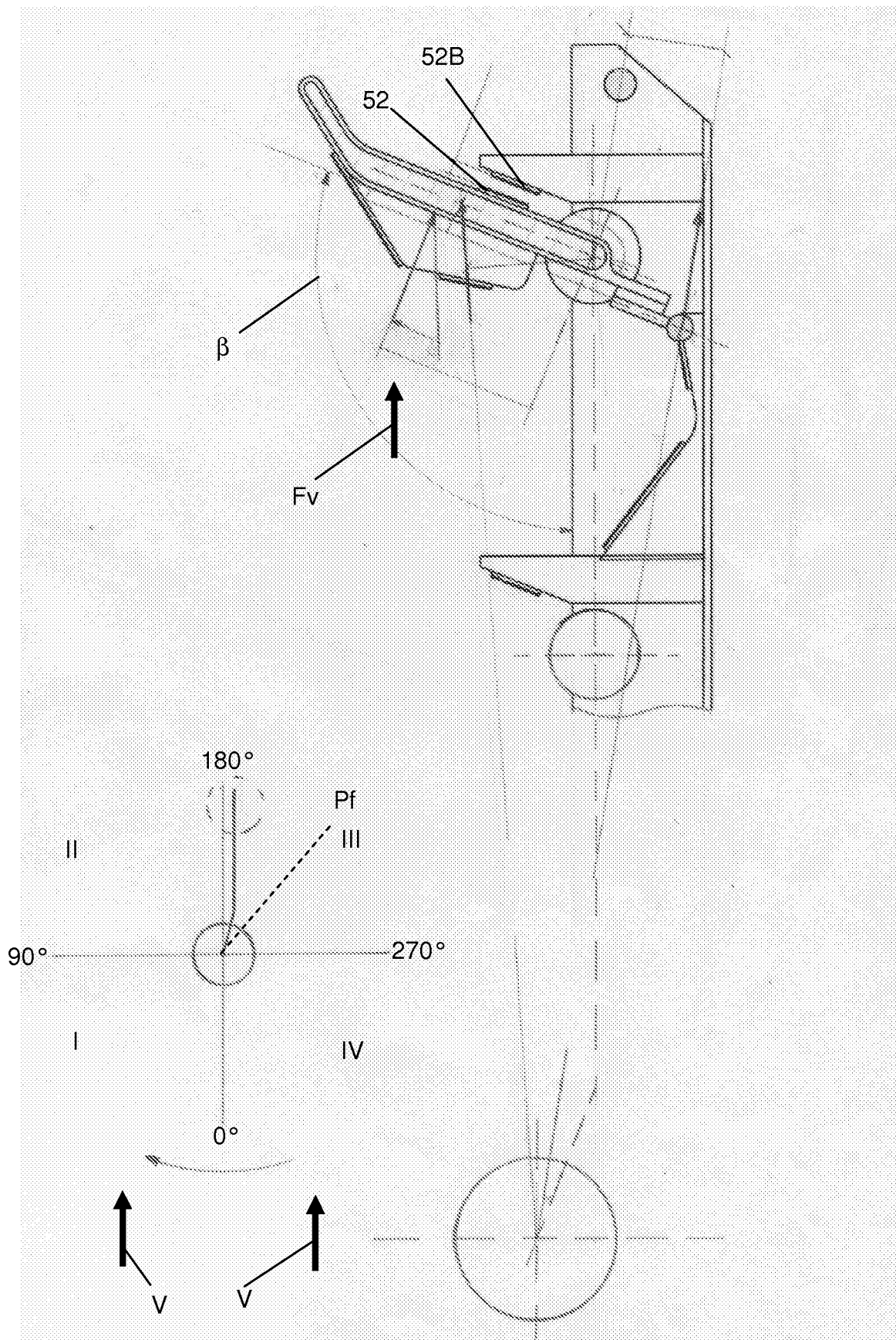


Fig. 32