

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901987518A1

Publication Date

20130414

Applicant

ENEL GREEN POWER S.P.A.

Title

GENERATORE EOLICO CON SISTEMA DI CONTROLLO ATTIVO DEL PASSO
DI PALA

**"Generatore eolico con sistema di controllo attivo del
passo di pala"**

Titolare: ENEL GREEN POWER SPA

5

DESCRIZIONE

[0001] La presente descrizione si riferisce al settore tecnico delle produzione di energia elettrica e riguarda in particolare un generatore eolico.

10 **[0002]** Le fonti di energia rinnovabile sono sempre più diffusamente impiegate per la produzione di energia elettrica. Nell'ambito delle energie rinnovabili, desta attualmente un particolare interesse la conversione dell'energia eolica in energia elettrica. Tale
15 conversione avviene per mezzo di opportune macchine elettromeccaniche, denominate generatori eolici, in grado di trasformare l'energia cinetica del vento in energia elettrica pronta per essere immessa su una rete elettrica. Si possono distinguere generatori eolici di
20 due tipologie differenti, in particolare generatori eolici ad asse verticale e generatori eolici ad asse orizzontale.

[0003] I generatori eolici ad asse orizzontale, attualmente più diffusi di quelli ad asse verticale,
25 generalmente comprendono una struttura verticale di

supporto, una navicella orientabile girevolmente incernierata alla sommità della struttura verticale di supporto, un rotore eolico comprendente un gruppo di pale fissate ad un mozzo di fissaggio, un albero rotante
5 collegato al mozzo di fissaggio ed un alternatore elettrico ospitato all'interno della navicella ed adatto a convertire l'energia meccanica rotazionale dell'albero in energia elettrica. Il rotore eolico per effetto del vento intercettato dal gruppo di pale è tale da ruotare
10 attorno ad un asse generalmente orizzontale, o lievemente inclinato rispetto ad un asse esattamente orizzontale, per mettere in rotazione l'albero rotante.

[0004] Nella produzione di energia elettrica sono generalmente previste per i generatori eolici ad asse
15 orizzontale due soglie di funzionamento, rispettivamente minima e massima, legate alla velocità del vento. Infatti, al di sotto di una velocità minima del vento, ad esempio se tale velocità è inferiore a 3m/s, il rotore eolico resta fermo, o viene tenuto fermo, ed in tale
20 condizione il generatore eolico non eroga energia elettrica. Inoltre, se la velocità del vento supera una soglia massima, ad esempio se è superiore a 25 m/s, per questioni di sicurezza e per evitare danneggiamenti al generatore eolico è previsto un bloccaggio forzato del
25 rotore eolico. Anche in questo caso non vi è erogazione

di energia elettrica. In funzione dunque della velocità del vento, generalmente fortemente variabile, i generatori eolici hanno, dal punto di vista della produzione di energia elettrica, un funzionamento
5 generalmente intermittente.

[0005] Nei generatori eolici noti le pale sono normalmente montate girevoli rispetto al mozzo di fissaggio per ruotare ciascuna attorno ad un rispettivo asse di pala. In particolare i generatori eolici noti
10 necessitano tipicamente di sistemi di controllo del passo di pala, vale a dire sistemi di controllo che permettono di regolare l'orientazione delle pale ruotando le pale attorno ai rispettivi assi di pala. Tali sistemi di controllo permettono da un lato di massimizzare il
15 rendimento del generatore eolico al variare della velocità e della direzione prevalente del vento, e dall'altro di evitare possibili danni ai componenti elettromeccanici del generatore eolico quando la velocità del vento è eccessivamente elevata.

20 **[0006]** A tal proposito, nel caso di generatori eolici di media taglia o di grossa taglia, quali ad esempio generatori eolici contraddistinti da una potenza nominale superiore a circa 200kW, per regolare l'orientazione delle pale è noto ad esempio impiegare sistemi di
25 controllo attivo del passo di pala in cui un attuatore

elettrico atto a determinare la rotazione della pala viene alloggiato all'interno della pala stessa e in cui l'attuatore elettrico è alimentato elettricamente tramite dei contatti striscianti operativamente interposti fra il
5 rotore eolico e la navicella. Tali sistemi di controllo del passo di pala sono tuttavia relativamente complessi ed ingombranti. Inoltre tali sistemi non sono in generale adatti ad essere impiegati in generatori eolici di piccola taglia, quali ad esempio generatori eolici
10 contraddistinti da una potenza nominale inferiore a circa 200kW o generatori eolici classificabili come generatori eolici cosiddetti mini-eolici o micro-eolici. Infatti solitamente tali generatori eolici hanno pale di dimensioni relativamente piccole che non permettono di
15 alloggiare l'attuatore elettrico direttamente nella pala.

[0007] Nel caso di generatori eolici di piccola taglia, è noto ad esempio impiegare dei sistemi di controllo passivo del passo di pala. Alcuni di tali sistemi di controllo si basano essenzialmente sull'impiego di molle
20 di torsione associate alle pale del generatore eolico, le quali si caricano elasticamente quando la velocità del vento eccede un predeterminato valore limite tale da determinare la rotazione delle pale.

[0008] Uno scopo generale della presente descrizione è
25 quello di mettere a disposizione un generatore eolico

munito di un sistema di controllo attivo del passo di pala che sia alternativo rispetto ai sistemi di controllo del passo di pala sopra discussi con riferimento alla tecnica nota.

5 **[0009]** Questo ed altri scopi vengono conseguiti mediante un generatore eolico come definito nella rivendicazioni 1 nella sua forma più generale, e nelle rivendicazioni da questa dipendenti in alcune forme di esecuzione particolari.

10 **[0010]** L'invenzione sarà meglio compresa dalla seguente descrizione dettagliata di sue forme di esecuzione, fatta a titolo esemplificativo e pertanto in nessun modo limitativo in relazione agli uniti disegni, in cui:

- la figura 1 mostra una vista in elevazione laterale di
15 una forma di realizzazione di un generatore eolico ad asse orizzontale comprendente una navicella, un rotore eolico primario ed un rotore eolico secondario;

- la figura 2 mostra una vista in elevazione laterale di una parte del generatore eolico di figura 1, in cui
20 alcuni componenti del generatore eolico sono rappresentati in sezione e in cui il rotore eolico primario è rappresentato in una configurazione differente rispetto alla configurazione di figura 1;

- la figura 3 mostra una vista prospettica in esploso
25 della parte del generatore eolico mostrata in figura 2,

- in cui sono visibili anche alcuni elementi del generatore eolico non rappresentati in figura 2; e
- la figura 4 mostra una vista prospettica di un sistema di controllo di passo di pala secondo una forma di
5 realizzazione attualmente preferita in cui il sistema di controllo di passo di pala è rappresentato in una prima configurazione operativa ed è connesso ad una coppia di organi di accoppiamento;
 - la figura 5 mostra una vista prospettica di una parte
10 del sistema di controllo di passo di pala di figura 4 nella prima configurazione operativa;
 - la figura 6 mostra una vista in elevazione laterale di un particolare del sistema di controllo di passo di pala di figura 4 nella configurazione operativa di figura 5;
 - 15 - la figura 7 mostra una vista prospettica della parte del sistema di controllo di passo di pala che è illustrata in figura 5 ma in corrispondenza di una seconda configurazione operativa del sistema di controllo di passo di pala di figura 4;
 - 20 - la figura 8 mostra una vista in elevazione laterale di un particolare del sistema di controllo di passo di pala di figura 4 nella configurazione operativa di figura 7;
 - la figura 9 mostra una vista prospettica in esploso di una parte del rotore eolico primario di figura 1;
 - 25 - la figura 10 è una vista dall'alto in sezione di una

parte del rotore eolico primario di figura 1;

- la figura 11 mostra una vista prospettica parziale di due componenti del rotore eolico di figura 1 accoppiati fra loro; e

5 - la figura 12 mostra una vista prospettica di un gruppo freno del generatore eolico di figura 1 secondo una forma di realizzazione attualmente preferita.

[0011] Nelle annesse figure elementi uguali o simili verranno indicati mediante gli stessi riferimenti
10 numerici.

[0012] Con riferimento alla figura 1, è mostrata una forma di realizzazione non limitativa di un generatore eolico ad asse orizzontale, globalmente indicato con 1.

[0013] In accordo ad una forma di realizzazione, senza
15 per questo introdurre alcuna limitazione, il generatore eolico 1 è un generatore di tipo cosiddetto mini-eolico in quanto è in grado di sviluppare una potenza elettrica inferiore a 200 kW, ad esempio pari a circa 50-60 kW.

[0014] Il generatore eolico 1 comprende una torre di
20 sostegno 200 che nell'esempio rappresentato è fissata ad una base di supporto 201 in carpenteria ed è a questa assicurata tramite una pluralità di funi 202, ad esempio in acciaio. La base di supporto 201 è ad esempio adatta ad essere interrata in modo che una sua faccia superiore
25 sia a filo con il livello del terreno.

[0015] Il generatore eolico 1 comprende inoltre una navicella 2 includente una porzione di testa 2A ed una porzione di coda 2B. La navicella 2 è fissata alla sommità della torre di sostegno 200 ed è ad esempio a
5 questa girevolmente incernierata, in modo da poter essere orientata in modo controllabile, ad esempio attraverso un servomotore 300 (fig. 3).

[0016] Con riferimento alle figure 2 e 3, in accordo ad una forma di realizzazione preferita la navicella 2
10 comprende una porzione inferiore di base 2C ed un guscio superiore 2D, ad esempio conformato come un cupolino, che è fissato alla porzione inferiore di base 2C. Fra il guscio superiore 2D e la porzione inferiore di base 2C è definito un vano di alloggiamento adatto ad ospitare
15 alcuni dei componenti meccanici, elettrici ed elettromeccanici del generatore eolico 1.

[0017] Tornando all'esempio rappresentato in figura 1, il generatore eolico 1 comprende un rotore eolico primario 3 che è montato girevole rispetto alla navicella
20 2 attorno ad un asse di rotazione primario A1. Il rotore eolico primario 3 include un mozzo di fissaggio 4 o ogiva 4 aggettante dalla porzione di testa 2A della navicella 2, ed una coppia di pale 5, 6 montate girevoli rispetto al mozzo di fissaggio ciascuna attorno ad un rispettivo
25 asse di pala A2, A3. In accordo ad una forma di

realizzazione preferita, oltre al rotore eolico primario 3 il generatore eolico 1 comprende anche un rotore eolico secondario 400. Tale rotore eolico secondario è ad esempio un rotore eolico secondario come descritto nella
5 domanda di brevetto italiana RM2011A000516 attualmente in regime di segretezza.

[0018] Con riferimento alle figure 2 e 3, il generatore eolico 1 comprende inoltre un albero primario 10 che è adatto ad essere movimentato in rotazione dal rotore
10 eolico primario 3 e che è supportato in rotazione attorno all'asse di rotazione primario A1 preferibilmente tramite un blocco cuscinetti 11 disposto nella porzione di testa 2A della navicella in prossimità del rotore 3. In accordo ad un forma di realizzazione preferita, l'albero primario
15 10 è accoppiato al mozzo di fissaggio 4 in modo tale da risultare solidale in rotazione con quest'ultimo attorno all'asse di rotazione primario A1. Come si può osservare dalle figure, l'albero 10 è convenientemente un albero cavo definente una cavità di albero primario 10A.
20 Preferibilmente la cavità 10A è una cavità cilindrica che si estende lungo l'intera estensione dell'albero primario nella direzione dell'asse di rotazione primario A1. Secondo una forma di realizzazione preferita, il generatore eolico 1 comprende una coppia di generatori
25 elettrici primari 12, 13 che sono operativamente connessi

all'albero primario 10 e che sono adatti a convertire l'energia eolica intercettata dalle pale 5, 6 in energia elettrica, ed in particolare in energia elettrica a corrente alternata. In accordo con una forma di
5 realizzazione i generatori elettrici 12, 13 comprendono ciascuno un rotore elettrico 12B, 13B ed un albero di generatore elettrico 12C, 13C che è solidale in rotazione con il rispettivo rotore elettrico 12B, 13B. Come si può osservare in figura 2, gli alberi 12C, 13C sono
10 preferibilmente disposti fra loro allineati e coassiali con l'albero primario 10. Inoltre gli alberi di generatore elettrico 12C, 13C sono preferibilmente degli alberi cavi come l'albero primario 10.

[0019] In accordo ad una forma di realizzazione, i
15 generatori elettrici primari 12, 13 sono dei generatori sincroni a magneti permanenti disposti in asse che sono ad esempio in grado di sviluppare ciascuno una potenza nominale unitaria di circa 27 kW.

[0020] Ritornando alla figura 1, il generatore eolico 1
20 comprende un quadro elettrico 350 includente un convertitore AC/DC/AC per la connessione del generatore eolico 1 ad una rete elettrica nella quale viene riversata l'energia elettrica prodotta dai generatori elettrici primari 12, 13. Da tale rete elettrica viene
25 anche eventualmente prelevata l'energia elettrica

necessaria al funzionamento del generatore eolico 1, ad esempio per l'alimentazione del quadro elettrico 350, per l'alimentazione degli attuatori compresi nel generatore eolico, ad esempio per il servomotore 300 previsto per
5 orientare in modo controllabile la navicella 2 al fine di massimizzare/ottimizzare la produzione di energia elettrica.

[0021] Il convertitore AC/DC/AC è ad esempio un convertitore statico in configurazione back to back ed è
10 tale da rendere compatibile l'energia elettrica a corrente alternata fornita dal generatore eolico primario con le caratteristiche imposte dalla rete elettrica. Nel quadro elettrico 350 può essere eventualmente ospitata l'elettronica di controllo del generatore eolico 1,
15 proposta a gestire/controllare il funzionamento dello stesso generatore eolico 1 ed eventualmente a raccogliere e trasmettere in remoto informazioni di stato del generatore eolico 1. In modo di per sé noto, il quadro elettrico 350 è operativamente connesso alla navicella 2
20 tramite cavi elettrici passanti attraverso la torre di sostegno 200.

[0022] In accordo ad una forma di realizzazione preferita il mozzo di fissaggio 4 comprende una coppia di organi di accoppiamento 26, 27 per fissare le pale 5, 6
25 al mozzo di fissaggio 4. In particolare, con riferimento

alla figura 9, gli organi di accoppiamento 26, 27 sono
adatti a cooperare con rispettive porzioni di attacco 28,
29 delle pale 5, 6 per fissare le pale 5, 6 al mozzo di
fissaggio 4. In figura 9 le pale 5, 6 sono rappresentate
5 parzialmente, ed in particolare sono visibili solamente
le rispettive porzioni di attacco 28, 29. In figura 11 è
parzialmente rappresentata la pala 6 con la rispettiva
porzione di attacco 28 accoppiata all'organo di
accoppiamento 26. Ritornando alla figura 9 si può
10 osservare che secondo una forma di realizzazione
preferita le porzioni di attacco 28, 29 comprendono
ciascuna un braccio d'attacco 28, 29 mentre gli organi di
accoppiamento 26, 27 comprendono ciascuno una forcella di
connessione 26A, 27A avente due bracci di forcella 26',
15 26'' e 27', 27''. Preferibilmente ciascuna forcella di
connessione 26A, 27A sporge all'esterno del mozzo di
fissaggio 4 ed è coniugata o contro-sagomata rispetto al
corrispondente braccio di attacco 28, 29. Con riferimento
alla figura 7, in accordo ad una forma di realizzazione
20 preferita ciascun braccio di forcella 26', 26'', 27',
27'' è munito di una coppia di fori di fissaggio 31, 32,
33, 34 (in figura 7 uno dei fori della coppia di fori 32
non è visibile). Più in particolare, i due fori di
fissaggio 31 forniti sul braccio di forcella 26'' sono
25 affacciati ed allineati ciascuno ad un corrispondente

foro fissaggio 32 fornito sul braccio di forcella 26'. Analogamente, i fori di fissaggio 33 forniti sul braccio di forcella 27'' sono affacciati ed allineati ciascuno ad un corrispondente foro di fissaggio 34 fornito sul
5 braccio di forcella 27'. Ritornando alla figura 9, ciascun braccio di attacco 28, 29 è munito di una coppia di fori di montaggio 36, 37. Con riferimento alla figura 11, per accoppiare fra loro la forcella di connessione 26A ed il braccio di attacco 28, quest'ultimo è ricevuto
10 fra i bracci di forcella 26', 26'' in modo tale che la coppia di fori di montaggio 36 è allineata alle coppie di fori di fissaggio 31 e 32. Due spine di fissaggio 39 sono inserite attraverso i fori di fissaggio 31, 32 ed i fori di montaggio 36 fra loro allineati e sono bloccate
15 tramite appositi fermi 41. In tal modo il braccio d'attacco 28 e l'organo di accoppiamento 26 sono resi solidali fra loro. Il collegamento fra l'organo di accoppiamento 27 ed il braccio di attacco 29 è effettuato in modo analogo a quello fra l'organo di accoppiamento 26
20 ed il braccio di attacco 28 tramite un'ulteriore coppia di spine che attraversano i fori 33, 34, 37 allineati fra loro ed ulteriori fermi (le ulteriori spine e gli ulteriori fermi non sono rappresentati nelle figure). Si osservi che in accordo ad una forma di realizzazione
25 conveniente, gli organi di accoppiamento 26, 27 ed i

bracci di attacco 28, 29 sono fissati fra loro in modo rimovibile. Ciò consente convenientemente di scollegare in modo relativamente semplice e rapido le pale 5, 6 dal mozzo di fissaggio, ad esempio per esigenze di
5 manutenzione o per la sostituzione delle pale. Si osservi inoltre che in accordo ad una forma di realizzazione preferita i bracci di attacco 28, 29 presentano ciascuno una porzione di estremità rastremata 28A, 29A (fig. 9) che consente sia di raccordare in modo continuo le
10 superfici esterne degli organi di accoppiamento 26, 27 con le superfici esterne dei bracci di attacco 28, 29 sia un fissaggio più stabile fra gli organi di accoppiamento 26, 27 ed i bracci di attacco 28, 29.

[0023] Con riferimento alle figure 9 e 10, in accordo ad
15 una forma di realizzazione preferita gli organi di accoppiamento 26, 27 sono connessi al mozzo di fissaggio 4 tramite due rispettivi gruppi cuscinetto 45, 46 alloggiati nel mozzo di fissaggio 4. I gruppi cuscinetto 45, 46 sono dei gruppi cuscinetto di tipo per sé noto,
20 comprendenti oltre ai cuscinetti ulteriori elementi a questi associati, quali ad esempio ghiera di fissaggio, guarnizioni, etc., e che pertanto non vengono qui ulteriormente descritti. Nello specifico, i gruppi cuscinetto 45, 46 sono tali da consentire solamente la
25 rotazione degli organi di accoppiamento 26, 27 attorno

agli assi di pala A2, A3 mentre impediscono la traslazione degli organi di accoppiamento 26, 27 nella direzione degli assi di pala A2, A3.

[0024] Facendo ora riferimento alla figura 4, il generatore eolico 1 comprende un sistema di controllo attivo di passo di pala. Una forma di realizzazione attualmente preferita di tale sistema di controllo di passo di pala è stata indicata globalmente con 50 in figura 4. Il sistema di controllo 50 permette in pratica di regolare o controllare l'orientazione delle pale 5, 6 rispetto alla direzione prevalente del vento W (figura 1) comandando la rotazione delle pale 5, 6 attorno ai rispettivi assi di pala A2, A3. In figura 4, il sistema di controllo 50 è connesso ai suddetti organi di accoppiamento 26, 27.

[0025] Sempre con riferimento alla figura 4, in accordo ad una forma di realizzazione preferita il sistema di controllo attivo di passo di pala 50 comprende un dispositivo di azionamento 51 disposto nella navicella 2, elementi di trasmissione 52 disposti nel mozzo di fissaggio 4 ed un albero di connessione 53, o albero di controllo di passo 53, che è operativamente interposto fra il dispositivo di azionamento 51 e gli elementi di trasmissione 52. Più in particolare, l'albero di controllo di passo 53 è movimentabile tramite il

dispositivo di azionamento 51 per azionare gli elementi di trasmissione 52.

[0026] In accordo ad una forma di realizzazione preferita il dispositivo di azionamento 51 comprende un
5 attuatore elettrico lineare bidirezionale 51 fissato alla navicella 2. Preferibilmente l'attuatore 51 è alimentato elettricamente tramite il quadro elettrico 350 (fig. 1) ed è comandato dalla suddetta elettronica di controllo del generatore eolico 1. In accordo ad una forma di
10 realizzazione preferita, l'attuatore 51 comprende uno stelo di attuatore 51A, preferibilmente una vite senza fine 51A, che è connesso ad una porzione di estremità 53A dell'albero di controllo di passo 53. A tale scopo, preferibilmente lo stelo di attuatore 51A reca in
15 corrispondenza una rispettiva estremità una forcella di supporto 54 atta a supportare un cuscinetto di supporto 55. Il cuscinetto di supporto 55 supporta in modo girevole la porzione di estremità 53A dell'albero di controllo di passo. Una porzione di estremità opposta 53B
20 dell'albero 53 è connessa agli elementi di trasmissione 52. In accordo ad una forma di realizzazione preferita, gli elementi di trasmissione 52 comprendono un meccanismo di trasmissione 52 ospitato in un vano di mozzo 60 (fig.9) previsto nel mozzo di fissaggio 4. In accordo ad
25 una forma di realizzazione preferita, il meccanismo di

trasmissione 52 è montato solidale in rotazione con il mozzo di fissaggio 4 attorno all'asse di rotazione primario A1.

[0027] Con riferimento alle figure 5 e 6, in accordo ad una forma di realizzazione preferita il meccanismo di trasmissione 52 comprende una coppia di bielle 61, 62 ed un organo di trasmissione 63 interposto fra le bielle 61, 62. L'organo di trasmissione 63 è fissato all'albero di controllo di passo 53 in modo da essere solidale in traslazione con quest'ultimo. Le bielle 61, 62 sono connesse rispettivamente agli organi di accoppiamento 26, 27 in modo da risultare solidali in rotazione con tali organi di accoppiamento attorno agli assi di pala A2, A3. Inoltre, le bielle 61, 62 sono collegate in modo articolato all'organo di trasmissione 63. A questo riguardo, in accordo ad una forma di realizzazione preferita l'organo di trasmissione 63 è provvisto di una coppia di asole di scorrimento 64, 65 disposte fra loro contrapposte rispetto all'albero di controllo di passo 53. Per accoppiare le bielle 61, 62 all'organo di trasmissione 63, preferibilmente ciascuna biella 61, 62 è munita di un perno di biella montato scorrevole in una rispettiva asola di scorrimento 64, 65.

[0028] In accordo ad una forma di realizzazione, la porzione di estremità 53B dell'albero di controllo di

passo è fissata all'organo di trasmissione 63 in modo tale che l'albero di controllo di passo 53 e il meccanismo di trasmissione 52 risultino solidali in rotazione fra loro attorno all'asse di rotazione primario A1.

[0029] Come si può osservare in figura 2, in accordo ad una forma di realizzazione preferita l'albero di controllo di passo 53 è esteso nella cavità 10A ed è preferibilmente coassiale con l'albero primario 10. In
10 accordo ad una forma di realizzazione preferita l'albero di controllo di passo 53 si estende anche attraverso i generatori elettrici primari 12, 13, e più preferibilmente attraverso gli alberi 12C, 13C di tali generatori, prima di connettersi all'attuatore lineare
15 51. Secondo una forma di realizzazione preferita, poiché sia il meccanismo di trasmissione 52 sia l'albero primario 10 sono solidali in rotazione con il mozzo di fissaggio 4 attorno all'asse primario A1, e poiché la porzione di estremità 53B dell'albero di controllo di
20 passo è fissata all'organo di trasmissione 63 in modo essere solidale in rotazione con quest'ultimo attorno all'asse primario A1, ne consegue che l'albero di controllo di passo 53 è solidale in rotazione con l'albero primario 10. Si osservi che secondo una forma di
25 realizzazione preferita, degli elementi di supporto

intermedi (non rappresentati nelle figure), quali ad esempio delle bronzine o altri equivalenti elementi di supporto, possono essere disposti nella cavità 10A fra l'albero di controllo di passo 53 e l'albero primario 10
5 e/o fra l'albero di controllo di passo 53 e gli alberi 12C, 13C dei generatori elettrici primari.

[0030] Con riferimento alle figure 2 e 3, in accordo ad una forma di realizzazione preferita il generatore eolico 1 comprende un giunto torsionale 70 operativamente
10 interposto fra l'albero primario 10 e l'attuatore 51. Più preferibilmente il giunto torsionale 70 connette fra loro l'albero primario 10 e l'albero 12C del generatore elettrico 12. Nell'esempio un ulteriore giunto torsionale 71 è preferibilmente operativamente interposto fra gli
15 alberi 12C, 13C dei generatori elettrici primari. Si osservi che il fatto di prevedere il giunto torsionale 70 consente convenientemente di trasmettere ai generatori elettrici 12, 13 un carico che è pressoché esclusivamente torsionale e che consente quindi di sottodimensionare gli
20 alberi 12C, 13C dei generatori elettrici primari. Inoltre, si osservi che il giunto torsionale 70 funziona convenientemente come una sorta di fusibile. In altre parole, se un carico eccessivo imprevisto in corrispondenza del giunto torsionale 70 determinasse
25 accidentalmente la rottura di tale giunto, rimarrebbe

comunque salvaguardata l'integrità dei generatori elettrici 12, 13 e dell'attuatore 51.

[0031] Sempre con riferimento alle figure 2 e 3, in accordo ad una forma di realizzazione preferita il
5 generatore eolico 1 comprende un gruppo freno 80 per frenare o bloccare la rotazione dell'albero primario 10. Il gruppo freno 80 è preferibilmente un freno di emergenza da impiegare ad esempio durante operazioni di manutenzione del generatore eolico 1 e/o in caso di una
10 imprevista mancanza di alimentazione elettrica. Preferibilmente il gruppo freno 80 è operativamente interposto fra l'albero primario 10 ed i generatori elettrici 12, 13. In figura 12 il gruppo freno 80 è illustrato in maggior dettaglio. In tale figura, si può
15 osservare che in accordo ad una forma di realizzazione preferita, il gruppo freno 80 comprende un disco di freno 81 solidale in rotazione con l'albero primario 10 ed almeno una pinza freno 82, nell'esempio due pinze freno 82, che è attivabile per frenare il disco di freno 81.

[0032] In accordo ad una forma di realizzazione preferita, il gruppo freno 80 comprende un gruppo di azionamento di freno 85 includente un attuatore idraulico lineare di freno 86 connesso alle pinze freno 82 per attivare tali pinze. Inoltre, il gruppo di azionamento di
25 freno 85 comprende un attuatore elettrico lineare di

freno 87 che è operativamente connesso all'attuatore idraulico 86 ed è attivabile per azionare l'attuatore idraulico 86. Preferibilmente, l'attuatore elettrico lineare di freno 87 è alimentato elettricamente tramite
5 il quadro elettrico 350. Nell'esempio, poiché la pressione idraulica richiesta all'attuatore idraulico 86 per l'attivazione delle pinze 82 è relativamente elevata, mentre la forza messa a disposizione dall'attuatore elettrico 87 è di entità relativamente bassa, il gruppo
10 di azionamento di freno 85 comprende una leva di trasmissione 88 operativamente connessa all'attuatore idraulico 86 e all'attuatore elettrico 87 per amplificare la forza trasmessa dall'attuatore elettrico 87 all'attuatore idraulico 86. A tal riguardo si osservi che
15 il fatto di prevedere un gruppo di azionamento di freno 85 come sopra discusso, consente convenientemente di ottenere un gruppo freno particolarmente compatto, evitando in particolare l'impiego di comuni pompe idrauliche o compressori pneumatici per l'azionamento
20 delle pinze freno che risulterebbero particolarmente ingombranti e comporterebbero una manutenzione più complessa del gruppo freno 80.

[0033] Nel funzionamento, sotto la supervisione della suddetta elettronica di controllo, il generatore eolico 1
25 opera in modo tale che il rotore eolico primario 3, come

nei generatori eolici dello stato della tecnica nota, possa ruotare solo se le caratteristiche del vento soddisfano delle condizioni prestabilite, con particolare riferimento alle sopra descritte soglie minime e massime di funzionamento.

[0034] Si descrive di seguito un esempio di funzionamento del sistema di controllo di passo 50 con riferimento alla forma di realizzazione attualmente preferita illustrata nelle figure.

10 **[0035]** In accordo ad una forma di realizzazione preferita, il dispositivo di azionamento 51 è attivabile, preferibilmente tramite la suddetta elettronica di controllo, per movimentare in traslazione l'albero di controllo di passo 53 nella direzione dell'asse primario

15 A1. La traslazione dell'albero di passo 53 determina la rotazione delle pale 5, 6 attorno ai rispettivi assi di pala A2, A3 tramite il meccanismo di trasmissione 52 e gli organi di accoppiamento 26, 27. A tal riguardo si osservi che le bielle 61, 62 sono preferibilmente

20 disposte in modo tale da determinare la rotazione delle pale 5, 6 nello stesso verso attorno agli assi di pala A2, A3. Il meccanismo di trasmissione 52 è atto ad assumere almeno una prima ed una seconda configurazione operativa che corrispondono rispettivamente ad una prima

25 ed una seconda configurazione angolare fra loro distinte

delle pale 5, 6 attorno ai rispettivi assi di pala A2, A3. Nelle figure 5 e 6, il meccanismo di trasmissione di trasmissione 52 è rappresentato in una prima configurazione operativa corrispondente ad esempio ad una
5 condizione operativa del generatore eolico 1, e più particolarmente ad una configurazione angolare delle pale 5, 6 in cui l'angolo di incidenza di queste ultime rispetto alla direzione prevalente del vento W è pari a circa 0°. Nelle figure 7 e 8, il meccanismo di
10 trasmissione 52 è rappresentato in una seconda configurazione operativa corrispondente ad esempio ad una configurazione delle pale 5, 6 cosiddetta "a bandiera", vale a dire una configurazione angolare delle pale 5, 6, in cui queste ultime formano un angolo di incidenza con
15 la direzione prevalente del vento W pari a circa 90°. Con riferimento alla figura 4, in cui il meccanismo di trasmissione 52 è rappresentato nella suddetta prima configurazione operativa (fig. 5 e 6) il dispositivo di azionamento 51 è atto a tirare l'albero di controllo di
20 passo 53 nella direzione B1, cioè verso il dispositivo di azionamento 51, fino a quando il meccanismo di trasmissione 52 assume la seconda configurazione operativa (figure 7 e 8). Viceversa, a partire dalla seconda configurazione operativa (figure 7 e 8) il
25 dispositivo di azionamento 51 è atto a spingere l'albero

di controllo di passo 53 nella direzione F1, vale a dire verso il mozzo di fissaggio 4, fino a quando il meccanismo di trasmissione 52 assume la prima configurazione operativa (figure 5 e 6). In generale il
5 dispositivo di azionamento 51 è atto a movimentare in traslazione l'albero di controllo di passo 53 nella direzione dell'asse primario A1 per far assumere al meccanismo di trasmissione 52 una pluralità di configurazioni operative che corrispondono ciascuna ad
10 una rispettiva configurazione angolare delle pale 5, 6 attorno ai rispettivi assi di pala A2, A3. Si osservi che in generale la struttura del sistema di controllo di passo di pala 50 è tale da consentire una traslazione continua dell'albero di controllo di passo 53 fra due
15 posizioni fine di corsa opposte corrispondenti rispettivamente alle suddette prima e seconda configurazione operativa del meccanismo di trasmissione 52. Nell'esempio, non limitativamente, la corsa complessiva dell'albero di controllo di passo 53 fra la
20 prima e la seconda posizione di fine corsa è pari a circa 170mm. Si osservi che la possibilità di movimentare in traslazione in modo continuo l'albero 53 consente in linea di principio di controllare in modo continuo la rotazione delle pale attorno agli assi di pala A2, A3.
25 Nella pratica, tuttavia, l'albero di controllo di passo

53 è preferibilmente movimentato fra una pluralità di configurazioni di equilibrio variabili a seconda delle condizioni esterne del vento. Ad esempio, con riferimento alla figura 4, se a partire da una data condizione operativa il rotore eolico primario 3 tende ad accelerare, l'elettronica di controllo farà in modo da comandare la traslazione dell'albero 53 nella direzione B1 tramite il dispositivo di azionamento 51 fino al raggiungimento di una nuova posizione di equilibrio in cui il rotore non accelera ulteriormente. Analogamente, se il rotore eolico primario 3 tende a rallentare troppo, l'elettronica di controllo farà in modo da determinare uno spostamento dell'albero di controllo di passo 53 nella direzione F1 tramite il dispositivo di azionamento 51 fino al raggiungimento di una nuova configurazione di equilibrio in cui il rotore eolico non rallenta ulteriormente.

[0036] In base a quanto sopra descritto, è possibile dunque comprendere come un generatore eolico secondo la presente descrizione consenta di conseguire gli scopi sopra citati.

[0037] Si osservi che convenientemente un generatore eolico secondo la presente descrizione è adatto ad essere impiegato anche in generatori eolici di piccola taglia, quali ad esempio generatori cosiddetti mini-eolici.

[0038] Si osservi che un generatore eolico secondo la presente descrizione è tale da ovviare almeno in parte agli inconvenienti sopra descritti con riferimento alla tecnica nota.

5 **[0039]** Si osservi che numerose modifiche e/o varianti possono essere apportate ad un generatore eolico secondo la presente descrizione.

[0040] Ad esempio, in accordo ad una variante realizzativa il generatore eolico 1 può comprendere un
10 numero di pale diverso da quello sopra descritto, ed in particolare sia minore sia maggiore di due. Per esempio è sufficiente che il generatore eolico comprenda una sola pala, ad esempio la sola pala 6, anziché una coppia di pale. In tal caso il meccanismo di trasmissione 52 può ad
15 esempio essere munito di una sola delle bielle 61, 62 ed un opportuno contrappeso per la pala può essere associato al mozzo di fissaggio.

[0041] In accordo ad una variante realizzativa meno conveniente, le porzioni di attacco 28, 29 delle pale
20 possono essere realizzate in modo tale da poter essere connesse direttamente alle bielle 61, 62 senza la necessità di prevedere gli organi di accoppiamento 26, 27.

[0042] In accordo ad una variante realizzativa, il
25 numero di generatori elettrici primari può essere diverso

da due. Ad esempio un unico generatore elettrico primario, avente ad esempio una potenza nominale unitaria di circa 50kW, può sostituire i due generatori elettrici primari 12, 13 dell'esempio.

5 **[0043]** In accordo ad una variante realizzativa meno preferita, in quanto più ingombrante, è sufficiente che l'albero di controllo di passo 53 attraversi solamente l'albero primario 10, mentre i generatori elettrici primari 12, 13 possono essere per esempio disposti
10 affiancati all'albero primario ed essere a questo connessi tramite opportuni sistemi di trasmissione.

[0044] In accordo ad una variante realizzativa, adatta per esempio nel caso di generatori eolici di taglia relativamente grande, un moltiplicatore di giri può
15 essere operativamente interposto fra l'albero primario 10 ed i generatori elettrici primari 12, 13.

[0045] In accordo ad una variante realizzativa meno conveniente, il dispositivo di azionamento 51 può comprendere un attuatore lineare diverso da un attuatore
20 elettrico per movimentare in traslazione l'albero di controllo di passo 53. Ad esempio il dispositivo di azionamento 51 può comprendere un attuatore lineare di tipo idraulico o pneumatico oppure un motore magnetico lineare. Tuttavia si osservi che gli attuatori idraulici
25 o pneumatici sono meno preferiti per ragioni legate

principalmente a maggiori ingombri ed alla relativa complessità di manutenzione, mentre i motori magnetici lineari sono attualmente meno preferiti in quanto particolarmente costosi.

5 **[0046]** In accordo ad una variante realizzativa meno preferita, il dispositivo di azionamento 51 può anche comprendere, in luogo di un attuatore lineare, un attuatore rotativo che è connesso ad un opportuno cinematismo atto a movimentare in traslazione l'albero di
10 controllo di passo 53.

[0047] In accordo ad una variante realizzativa, l'albero di controllo di passo 53 può essere connesso al meccanismo di trasmissione 52 in modo tale non essere trascinato in rotazione da quest'ultimo attorno all'asse
15 primario A2. A tale scopo, un cuscinetto di supporto può essere ad esempio previsto nell'organo di trasmissione 63 per supportare la porzione di estremità 53B dell'albero di controllo di passo. In tal caso l'albero 53 non sarebbe solidale in rotazione con il meccanismo di
20 trasmissione 52 e sarebbe movimentabile solamente in traslazione tramite il dispositivo di azionamento 51. Tuttavia il fatto di prevedere un cuscinetto di supporto nell'organo di trasmissione 63 comporterebbe un maggiore ingombro del meccanismo di trasmissione 52.

25 **[0048]** Fermo restando il principio dell'invenzione, le

forme di attuazione ed i particolari di realizzazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto è stato descritto ed illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza per questo uscire dall'ambito
5 dell'invenzione come definito nelle annesse rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Generatore eolico (1) per la conversione di energia eolica in energia elettrica, comprendente:

- una navicella (2) avente una porzione di testa (2A);
- 5 - un rotore eolico primario (3) girevole rispetto alla navicella attorno ad un asse di rotazione primario (A1) e comprendente un mozzo di fissaggio (4) aggettante dalla porzione di testa (2A) della navicella (2) ed almeno una pala (6) montata girevole rispetto al mozzo di fissaggio
- 10 (4) attorno ad un rispettivo asse di pala (A2),
- un albero primario (10) adatto ad essere movimentato in rotazione dal rotore eolico primario (3);
- almeno un generatore elettrico primario (12) operativamente connesso con detto albero primario (10),
- 15 il generatore elettrico primario (12) essendo tale da convertire l'energia eolica intercettata da detta pala (6) in energia elettrica; e
- un sistema di controllo attivo di passo di pala (50) fornito per controllare l'orientazione di detta pala
- 20 attorno all'asse di pala (A2);

il generatore eolico (1) essendo caratterizzato dal fatto che l'albero primario (10) è un albero cavo definente una cavità di albero primario (10A) e dal fatto che detto sistema di controllo attivo di passo di pala

25 (50) comprende un albero di controllo di passo (53)

esteso nella cavità di albero primario (10A).

2. Generatore eolico (1) secondo la rivendicazione 1, in cui detto sistema di controllo attivo di passo di pala (50) comprende un dispositivo di azionamento (51) disposto nella navicella (2) ed elementi di trasmissione (52) forniti nel rotore eolico primario (3) che sono connessi alla pala (6) per la rotazione della pala (6) attorno al rispettivo asse di pala (A2), detto albero di controllo di passo (53) essendo operativamente interposto fra il dispositivo di azionamento (51) e gli elementi di trasmissione (52) ed essendo movimentabile tramite il dispositivo di azionamento (51) per azionare gli elementi di trasmissione (52).

15

3. Generatore eolico (1) secondo la rivendicazione 1, in cui detto generatore eolico (1) è un generatore mini-eolico (1).

20 4. Generatore eolico (1) secondo la rivendicazione 2 o 3, in cui il mozzo di fissaggio (4) comprende un vano di mozzo (60) e in cui detti elementi di trasmissione (52) comprendono un meccanismo di trasmissione (52) ospitato nel vano di mozzo (60) ed adatto ad assumere una
25 prima ed una seconda configurazione operativa

corrispondenti ad una prima ed una seconda configurazione angolare della pala (6) che sono fra loro distinte attorno all'asse di pala (A2), il dispositivo di azionamento (51) essendo adatto a movimentare in
5 traslazione l'albero di controllo di passo (53) nella direzione dell'asse primario (A1) per far assumere al meccanismo di trasmissione (52) dette prima e seconda configurazione operativa.

10 5. Generatore eolico (1) secondo la rivendicazione 4, in cui il meccanismo di trasmissione (52) è montato solidale in rotazione con il mozzo di fissaggio (4) attorno all'asse primario (A1) e in cui l'albero di controllo di passo (53) è connesso al meccanismo di
15 trasmissione (52) in modo tale da essere solidale in rotazione con il meccanismo di trasmissione (52) attorno all'asse primario (A1).

20 6. Generatore eolico (1) secondo la rivendicazione 4 o 5, in cui il meccanismo di trasmissione (52) comprende un organo di trasmissione (63) connesso all'albero di controllo di passo (53) in modo da essere solidale in traslazione con l'albero di controllo di passo (53), il meccanismo di trasmissione (52) comprendendo inoltre
25 almeno una biella (61) che è connessa in modo articolato all'organo di trasmissione (63) e che è connessa a detta

pala (6) in modo da essere solidale in rotazione con detta pala (6) attorno all'asse di pala (A2).

7. Generatore eolico (1) secondo una qualsiasi delle
5 rivendicazioni precedenti, in cui l'albero di controllo di passo (53) si estende anche attraverso il generatore elettrico primario (12).

8. Generatore eolico (1) secondo una qualsiasi delle
10 rivendicazioni precedenti, in cui il generatore elettrico primario (12) comprende un rotore elettrico primario (12B) che è solidale in rotazione con l'albero primario (10) o che a questo operativamente connesso ed un albero di generatore elettrico (12C) solidale in rotazione con
15 il rotore elettrico primario (12B), il generatore eolico (1) comprendendo un giunto torsionale (70) operativamente interposto fra l'albero primario (10) e l'albero di generatore elettrico (12C).

20

9. Generatore eolico (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente un gruppo freno (80) disposto per frenare o bloccare la rotazione dell'albero primario (10), il gruppo freno (80)
25 comprendendo un disco di freno (81) solidale in rotazione con l'albero primario (10), una pinza freno (82)

associata al disco di freno (81) ed un gruppo di
azionamento di freno (85) che è adatto a cooperare con la
pinza di freno (82) per frenare o bloccare il disco di
freno (81), il gruppo di azionamento di freno (85)
5 includendo un attuatore idraulico lineare di freno (86)
connesso alla pinza di freno (82), un attuatore elettrico
lineare di freno (87) ed una leva di trasmissione (88)
operativamente connessa all'attuatore idraulico lineare
di freno (86) e all'attuatore elettrico lineare di freno
10 (87) per amplificare la forza trasmessa dall'attuatore
elettrico lineare di freno (87) all'attuatore idraulico
lineare di freno (86).

10. Generatore eolico (1) secondo una qualsiasi
15 delle rivendicazioni precedenti, in cui il mozzo di
fissaggio comprende un organo di accoppiamento (26) per
fissare detta pala (6) al mozzo di fissaggio (4),
l'organo di accoppiamento (26) comprendendo una forcella
di connessione (26A) sporgente all'esterno del mozzo di
20 fissaggio (4) ed avente due bracci di forcella (26',
26''), detta pala (6) comprendendo un braccio di attacco
(28) che è coniugato rispetto alla forcella di
connessione (26A) e che è ricevuto fra detti bracci di
forcella (26', 26'') per accoppiare il braccio di attacco
25 (28) alla forcella di connessione (26A).

CLAIMS

1. Wind turbine generator (1) for converting wind energy into electric energy, comprising:

- a nacelle (2) having a head portion (2A);

5 - a primary wind rotor (3) pivotable with respect to the nacelle around a primary rotational axis (A1) and comprising a fastening hub (4) projecting from the head portion (2A) of the nacelle (2A) and at least a blade (6) pivotably mounted with respect to the fastening hub (4)
10 about a respective blade axis (A2),

- a primary shaft (10) adapted to be pivotably moved by the primary wind rotor (3);

- at least one primary electric generator (12) operatively connected to said primary shaft (10), the
15 primary electric generator (12) being such to convert the wind energy intercepted by said blade (6) into electric energy; and

- an active blade pitch control system (50) provided for controlling the orientation of said blade about said blade
20 axis (A2);

the wind turbine generator (1) being characterized in that the primary shaft (10) is a hollow shaft defining a primary shaft cavity (10A) and in that said active blade pitch control system (50) comprises a pitch control shaft
25 (53) extending in the primary shaft cavity (10A).

2. Wind turbine generator (1) according to claim 1, wherein said active blade pitch control system (50) comprises an actuating device (51) arranged in the nacelle (2) and transmission elements (52) provided in the primary
5 wind rotor (3) which are connected to the blade (6) for rotating the blade (6) about the respective blade axis (A2), said pitch control shaft (53) being operatively interposed between the actuating device (51) and the transmission elements (52) and being movable by the
10 actuating device (51) to actuate the transmission elements (52).

3. Wind turbine generator (1) according to claim 1, wherein said wind turbine generator (1) is a mini-wind turbine generator (1).

15 4. Wind turbine generator (1) according to claim 2 or 3, wherein the fastening hub (4) comprises a hub compartment (60) and wherein said transmission elements (52) comprise a transmission mechanism (52) which is housed in the hub compartment (60) and which is adapted to take on a first
20 and a second operative configuration corresponding to a first and a second angular configuration of the blade (6) which are separate from each other around the blade axis (A2), the actuating device (51) being suitable for translationally moving the pitch control shaft (53) along
25 the direction of the primary axis (A1) to make the

transmission mechanism (52) take on said first and second operative configurations.

5 5. Wind turbine generator (1) according to claim 4, wherein the transmission mechanism (52) is pivotably mounted integral with the fastening hub (4) about the primary axis (A1) and wherein the pitch control shaft (53) is connected to the transmission mechanism (52) so as to be pivotably integral with the transmission mechanism (52) about the primary axis (A1).

10 6. Wind turbine generator (1) according to claim 4 or 5, wherein the transmission mechanism (52) comprises a transmission member (63) connected to the pitch control shaft (53) so as to be translationally integral with the pitch control shaft (53), the transmission mechanism (52) further comprising at least one connecting rod (61) which is connected in an articulated way to the transmission member (63) and which is connected to said blade (6) so as to be pivotably integral with said blade (6) about the blade axis (A2).

20 7. Wind turbine generator (1) according to any one of the previous claims, wherein the pitch control shaft (53) also extends through the primary electric generator (12).

 8. Wind turbine generator (1) according to any one of the previous claims, wherein the primary electric generator (12) comprises a primary electric rotor (12B) which is

pivotably integral with the primary shaft (10), or which is operatively connected to it, and an electric generator shaft (12C) pivotably integral with the primary electric rotor (12B), the wind turbine generator (1) comprising a torsional joint (70) operatively interposed between the primary shaft (10) and the electric generator shaft (12C).

9. Wind turbine generator (1) according to any one of the previous claims, comprising a brake assembly (80) provided for braking or blocking the rotation of the primary shaft (10), the brake assembly (80) comprising a brake disc (81) pivotably integral with the primary shaft (10), a brake caliper (82) associated to the brake disc (81) and a brake actuating assembly (85) which is suitable for cooperating with the brake caliper (82) to brake or block the brake disc (81), the brake actuating assembly (85) including a brake hydraulic linear actuator (86) connected to the brake caliper (82), a brake electric linear actuator (87) and a transmission lever (88) operatively connected to the brake hydraulic linear actuator (86) and to the brake electric linear actuator (87) in order to amplify the force transmitted by the brake electric linear actuator (87) to the brake hydraulic linear actuator (86).

10. Wind turbine generator (1) according to any one of the previous claims, wherein the fastening hub comprises a

coupling member (26) to fasten said blade (6) to the fastening hub (4), the coupling member (26) comprising a connecting fork (26A) projecting outside the fastening hub (4) and having two fork arms (26', 26''), said blade (6) comprising an attaching arm (28) which is conjugated with respect to the connecting fork (26A) and which is received between said fork arms (26', 26'') to couple the attaching arm (28) to the connecting fork (26A).

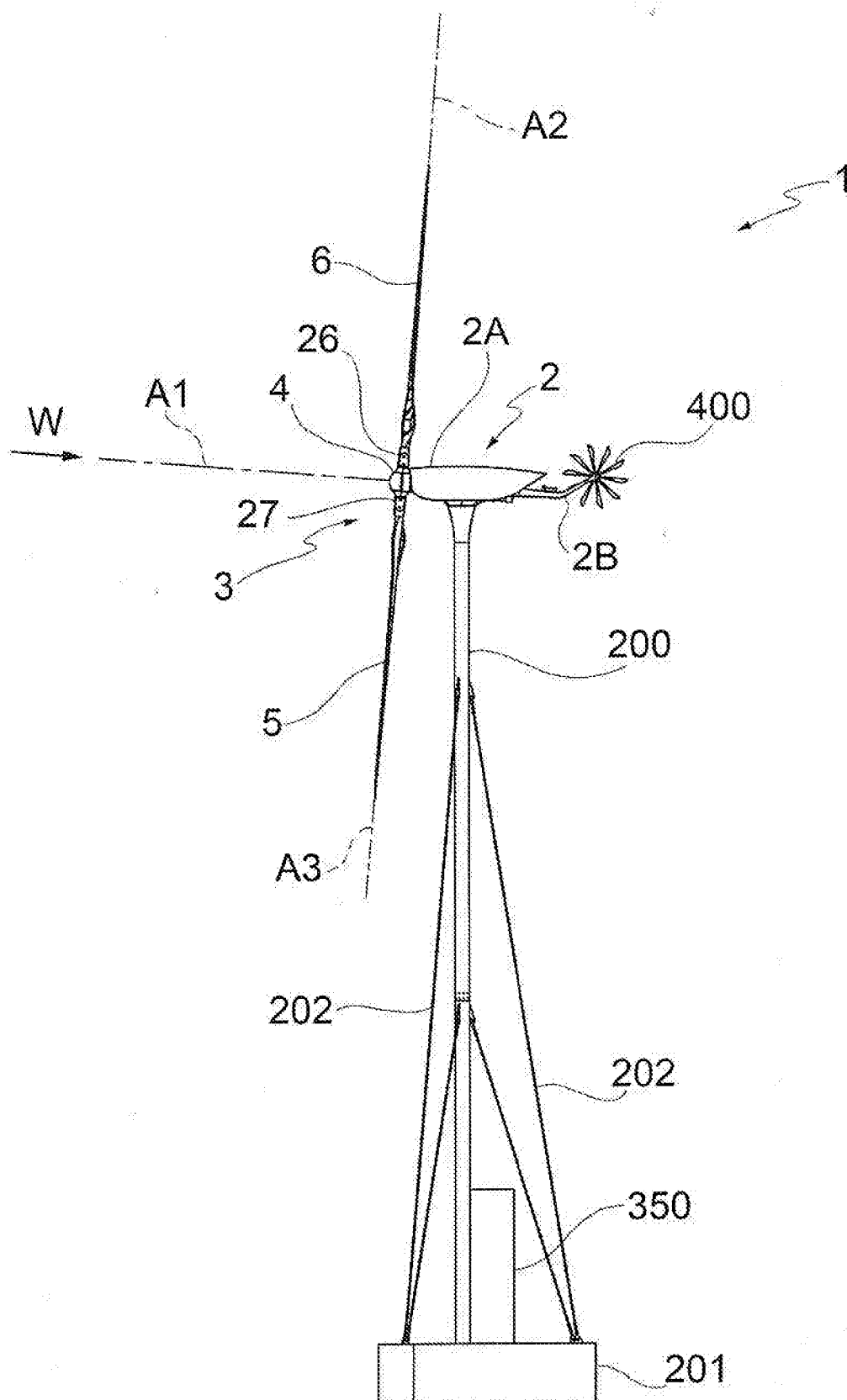


Fig.1

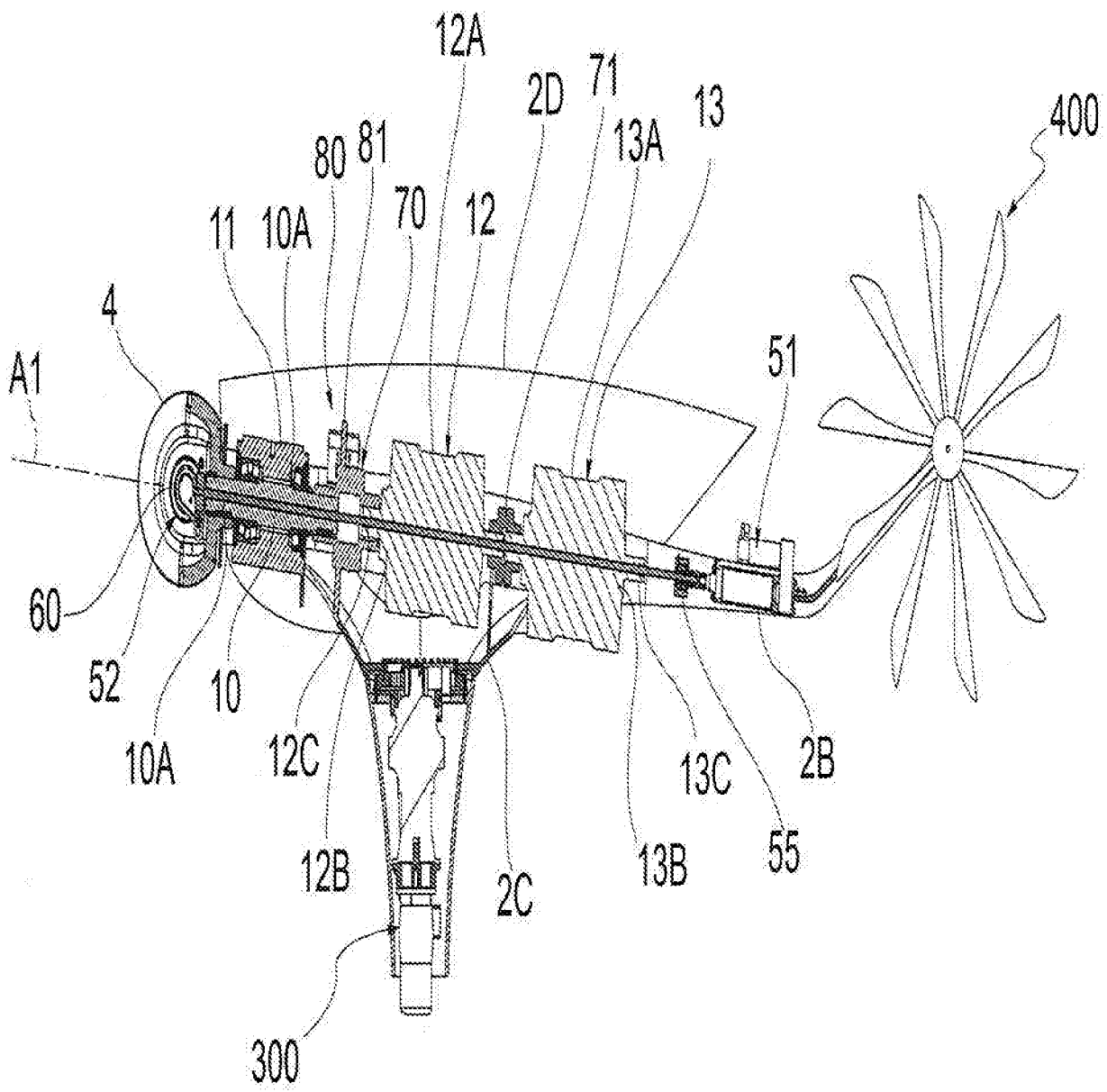


Fig.2

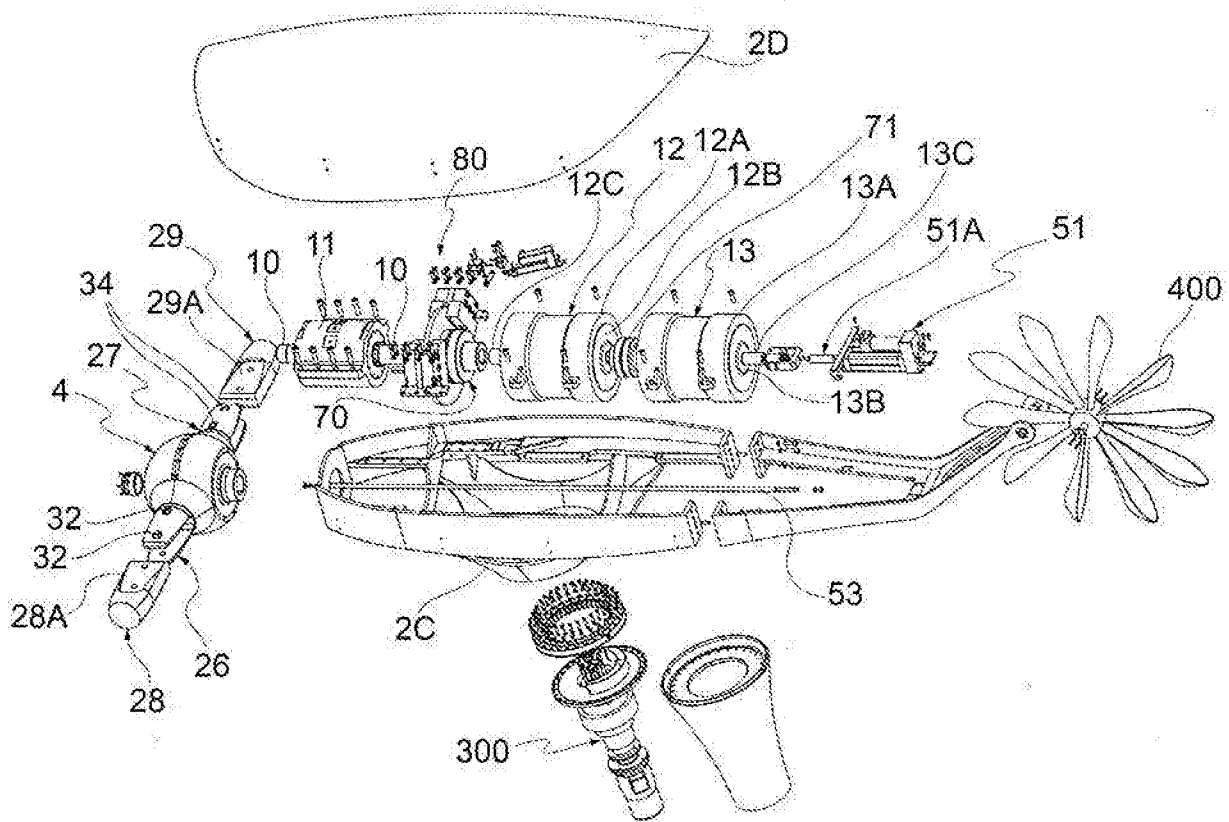


Fig.3

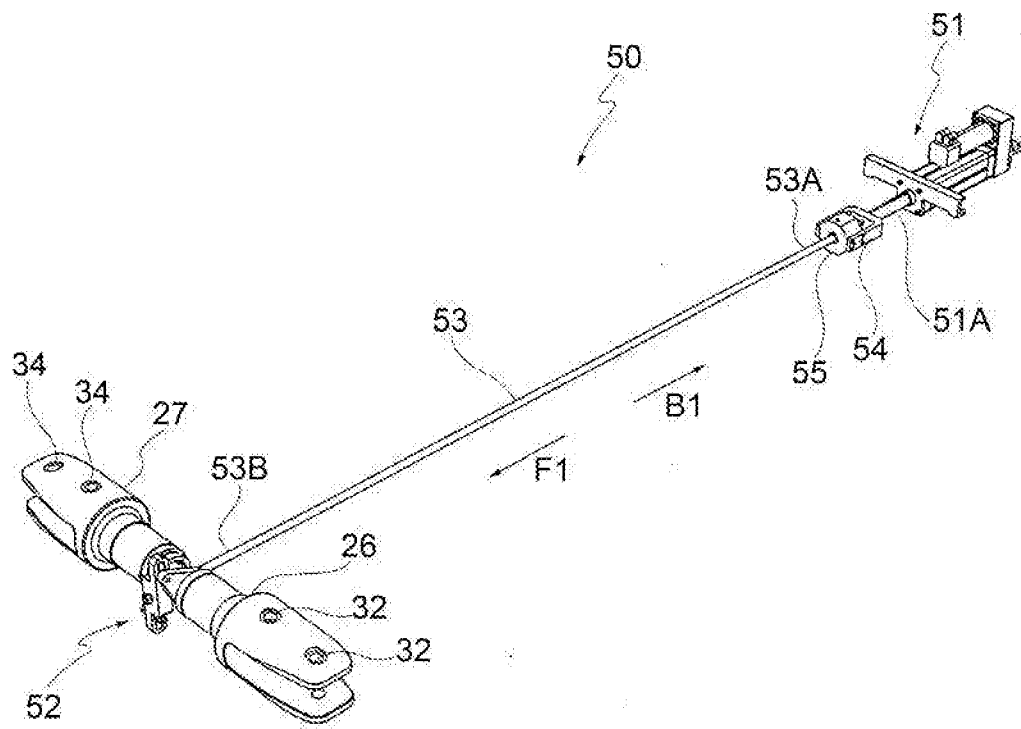


Fig.4

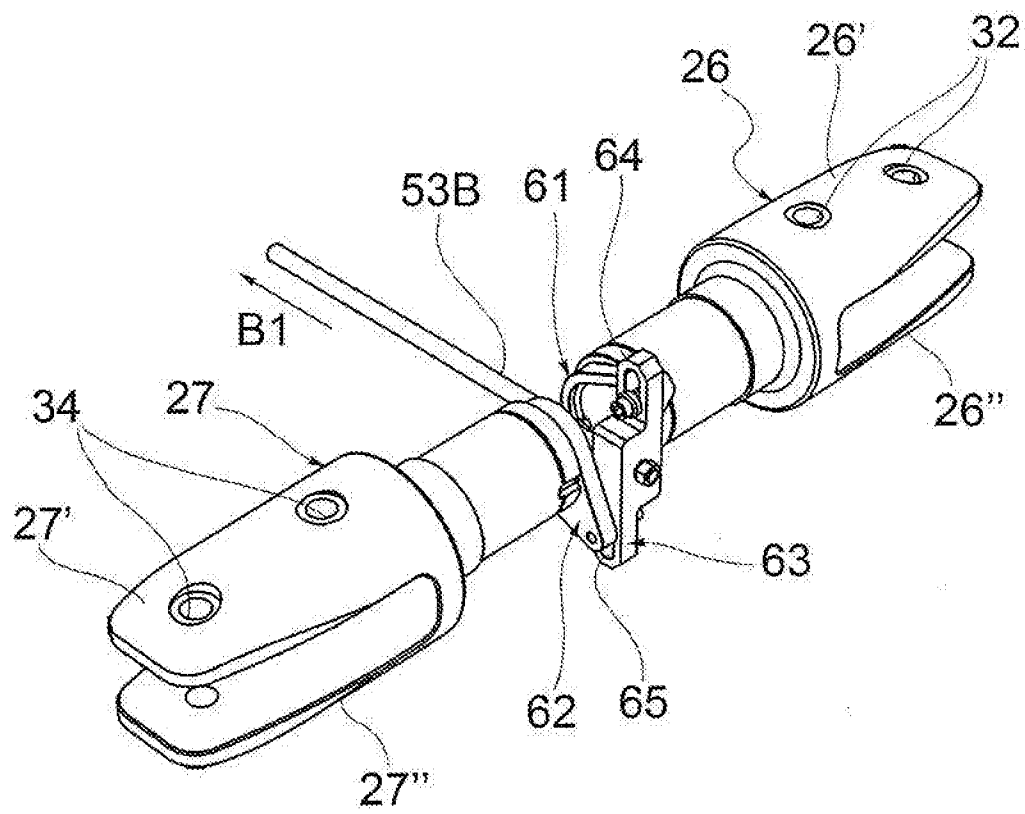


Fig.5

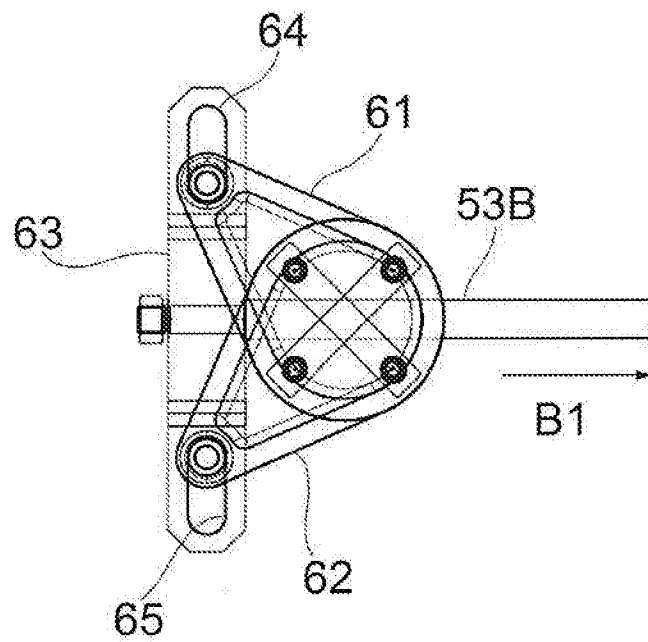
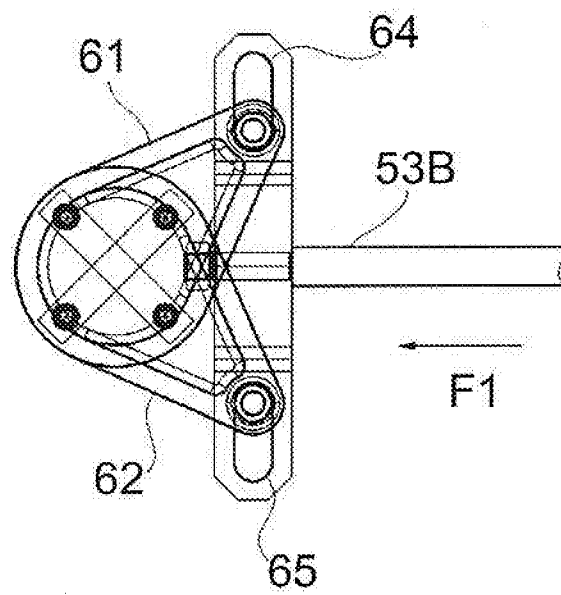
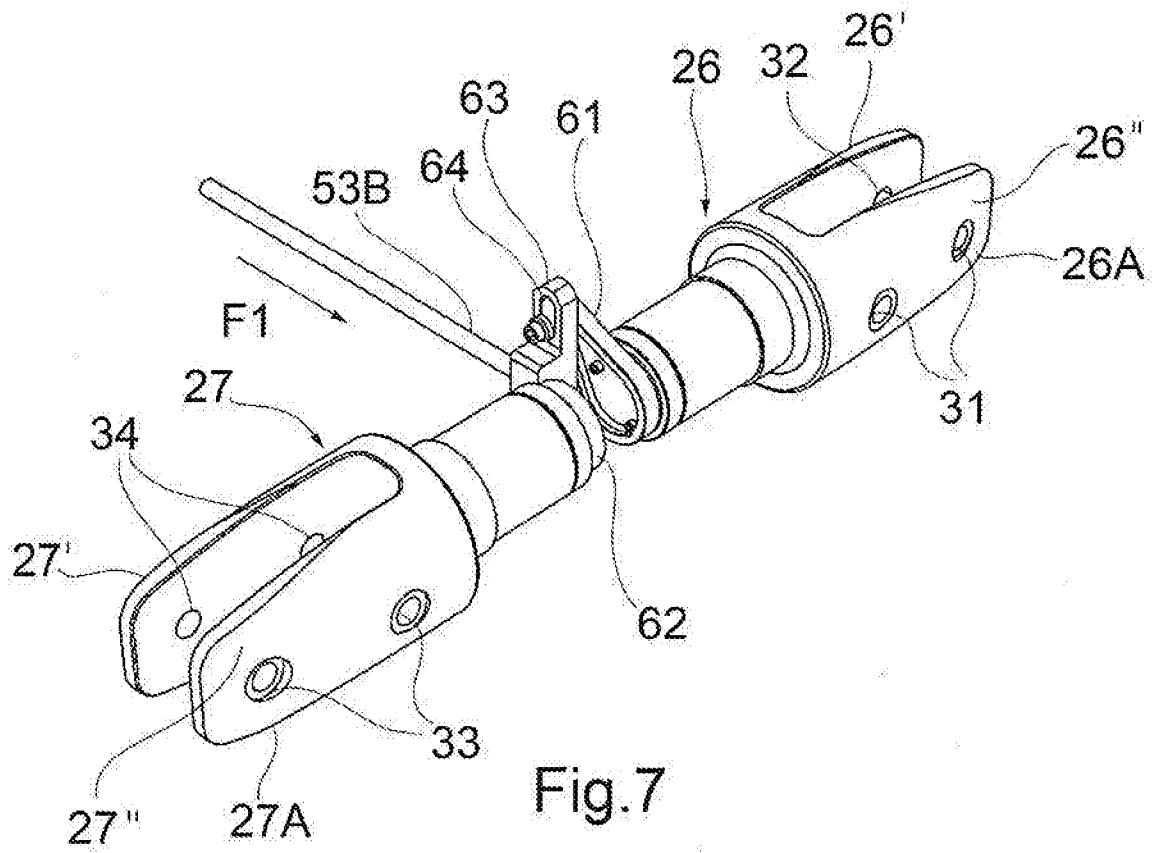


Fig.6



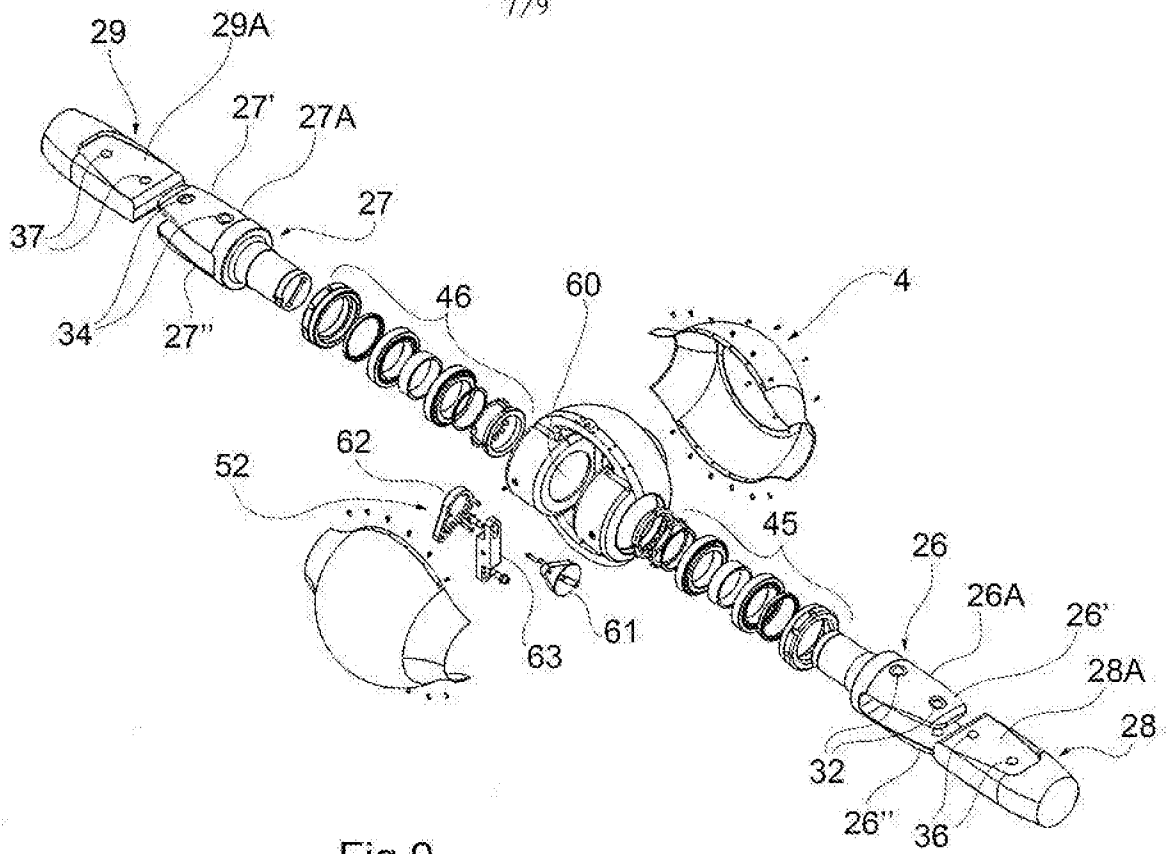


Fig.9

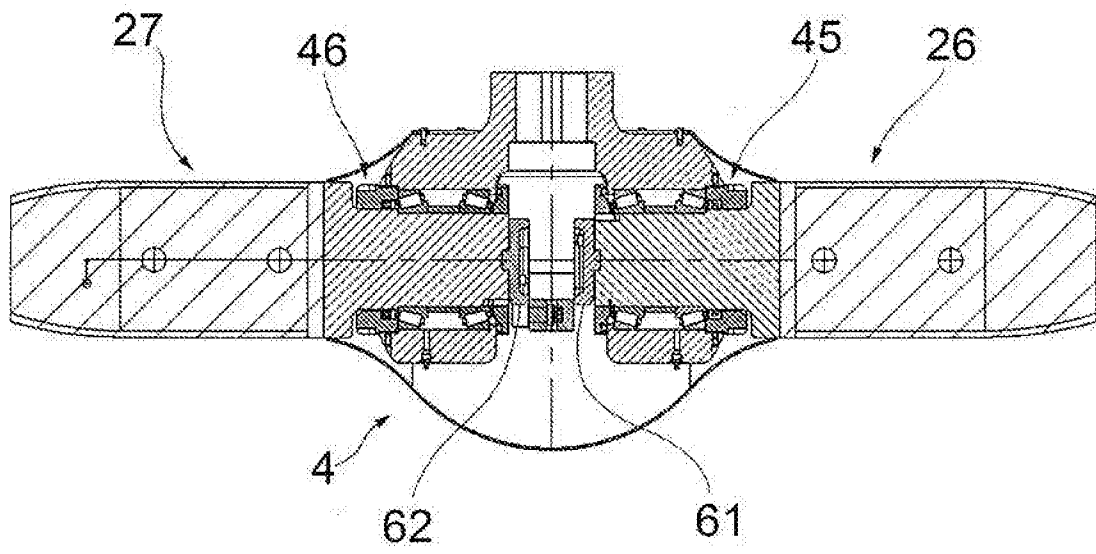


Fig.10

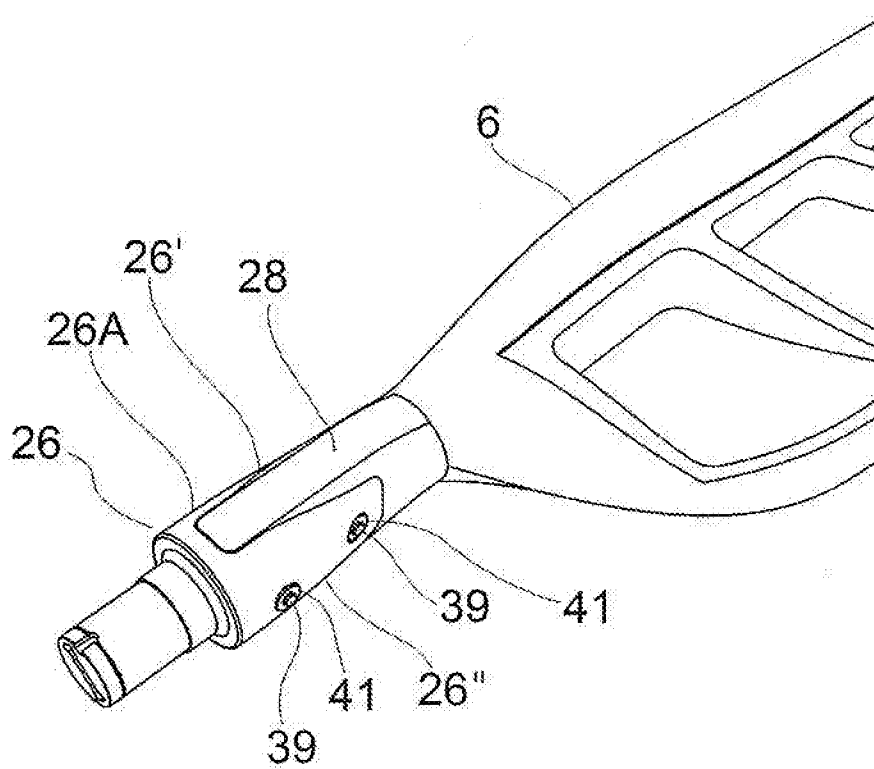


Fig.11

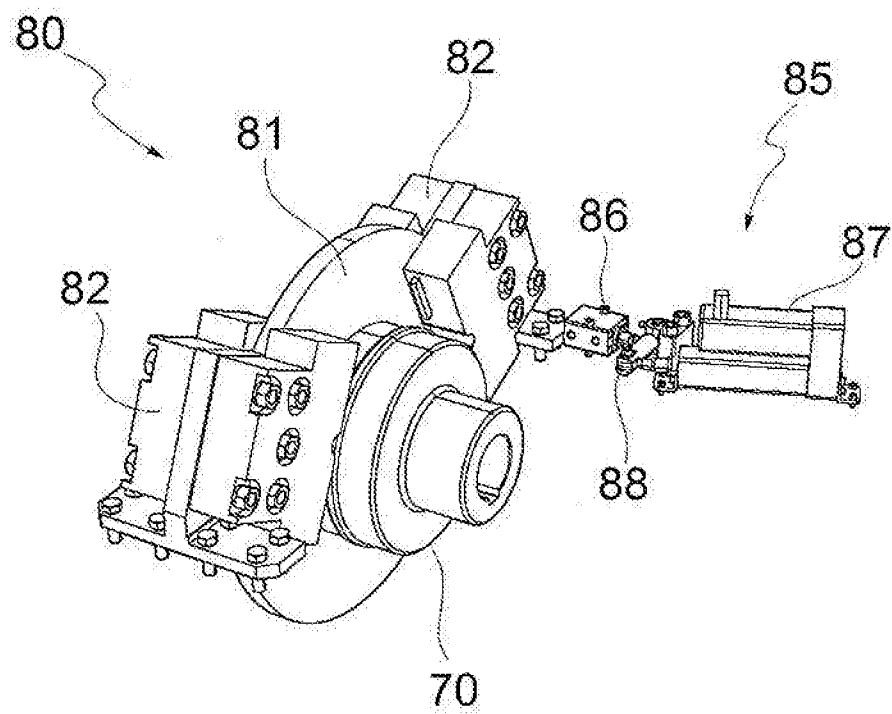


Fig.12