

DISPOSITIVO DI SUPPORTO VERTICALE A RIDOTTA  
DISSIPAZIONE ENERGETICA PER ALBERI ROTANTI

La presente invenzione si riferisce ad un  
dispositivo di supporto verticale a ridotta  
5 dissipazione energetica per alberi rotanti.

Nella costruzione di macchine con alberi rotanti  
le problematiche relative ai supporti sono state  
affrontate e risolte nel corso degli anni con soluzioni  
tecnologiche soddisfacenti.

10 Ai sistemi classici a strisciamento e volventi si  
sono recentemente aggiunti sistemi a sostentamento  
magnetico attivo per elevate velocità e con assenza di  
contatto fra parti fisse e parti mobili.

Nelle applicazioni dai giroscopi direzionali alle  
15 grandi turbine di potenza sono state progettate e  
costruite una vastissima tipologia di supporti, che  
offrono le migliori performance a determinate  
condizioni d'esercizio.

Il documento US 2010/155512 A1 mostra un  
20 dispositivo di supporto verticale per un frantoio  
giratorio per trasferire carichi prevalentemente  
verticali da una testa di frantoio ad un pistone  
limitando le sollecitazioni assiali.

Tuttavia, nello specifico caso di forti carichi  
25 assiali, in particolare nell'ordine delle decine di  
tonnellate, e nel campo di velocità tra i 100 e 3000  
giri/min., con l'inevitabile passaggio sulle frequenze  
di risonanza del rotore, non sono attualmente  
reperibili sistemi caratterizzati da bassissima  
30 dispersione energetica (poche centinaia di watt) con  
costi di fabbricazione ed esercizio contenuti.

Inoltre, i supporti idrostatici tradizionali sono

considerati dalla letteratura scientifica ufficiale e dalle esperienze non idonei a sostenere carichi eccentrici e squilibrati.

Scopo della presente invenzione è quello di  
5 realizzare un dispositivo di supporto verticale di tipo idrostatico a ridotta dissipazione energetica per alberi rotanti, che risolva le criticità dei supporti attualmente utilizzati.

Altro scopo della presente invenzione è quello di  
10 realizzare un dispositivo di supporto verticale a ridotta dissipazione energetica per alberi rotanti in grado di sostenere idrostaticamente carichi verticali con forti eccentricità, squilibri dinamici e vibrazionali senza alterare il meato d'olio.

Un altro scopo della presente invenzione è quello  
15 di realizzare un dispositivo di supporto verticale a ridotta dissipazione energetica per alberi rotanti particolarmente semplice e funzionale, con costi contenuti.

Questi scopi secondo la presente invenzione sono  
20 raggiunti realizzando un dispositivo di supporto verticale a ridotta dissipazione energetica per alberi rotanti come esposto nella rivendicazione 1.

Ulteriori caratteristiche sono previste nelle  
25 rivendicazioni dipendenti.

Le caratteristiche ed i vantaggi di un dispositivo di supporto verticale a ridotta dissipazione energetica per alberi rotanti secondo la presente invenzione  
30 risulteranno maggiormente evidenti dalla descrizione seguente, esemplificativa e non limitativa, riferita ai disegni schematici allegati nei quali:

la figura 1 è una vista in alzata laterale di un

dispositivo di supporto verticale a ridotta dissipazione energetica per alberi rotanti oggetto della presente invenzione, mostrato accoppiato ad un albero rotante;

5        la figura 2 è una vista in sezione di figura 1 realizzata secondo il piano di traccia II-II;

      le figure 3A e 3B mostrano rispettivamente una vista in pianta ed una sezione secondo il piano III-III di figura 3A della pista di sostentamento del  
10        dispositivo di figura 1;

      le figure 4A e 4B mostrano rispettivamente una vista in pianta ed una sezione secondo il piano IV-IV di figura 4A dell'anello magnetico di una realizzazione preferita del dispositivo di figura 1;

15        le figure 5A e 5B e 5C mostrano rispettivamente una vista in pianta dall'altro, una sezione secondo il piano V-V di figura 5A ed una vista in pianta dal basso del piattello rotante e flottante di una realizzazione preferita del dispositivo di figura 1;

20        le figure 6A e 6B mostrano rispettivamente una vista in pianta ed una sezione secondo il piano VI-VI di figura 6A della calotta emisferica costituente parte del piattello rotante e flottante di una realizzazione preferita del dispositivo di figura 1;

25        le figure 7-9 mostrano differenti esempi di diagrammi di discesa libera di accumulatori, espressi come riduzione della velocità (giri/minuto) nel tempo (ore), supportati dal dispositivo oggetto della presente invenzione.

30        Con riferimento alle figure 1-6, viene mostrato un dispositivo di supporto verticale a ridotta dissipazione energetica per alberi rotanti,

complessivamente indicato con 100, che è stato progettato, costruito e lungamente sperimentato dalla Richiedente.

In figura 1 è mostrato il dispositivo 100 oggetto  
5 della presente invenzione nel suo insieme, nel quale un carico verticale K viene trasmesso dall'albero 1, rotante con una velocità angolare  $\omega$ , al terminale sferico 2, rigidamente vincolato, ad esempio calettato, all'albero 1.

10 Il dispositivo di supporto 100 comprende un piattello rotante e flottante 3, che comprende una calotta emisferica 4, individuante una sede concava complementare per il terminale sferico 2. Dal terminale sferico 2 il carico K viene trasmesso al piattello  
15 rotante e flottante 3.

Una pista di sostentamento 5 è associata superiormente al piattello 3 e inferiormente ad un corpo cavo di alloggiamento 9 del dispositivo di supporto, che accoglie un collettore 20 del circuito  
20 oleodinamico. Il corpo di alloggiamento 9 è collegato ad una piastra di base 19 del dispositivo di supporto mediante una pluralità di viti di registro 15, recanti alle loro estremità dadi 17 dotati di terminale emisferico 10, poste equidistanti tra loro in numero  
25 da 3 a 6. La piastra di base 19, sulla quale si scaricano tutti gli sforzi verticali, è a sua volta rigidamente collegata ad un telaio fisso, non mostrato. Le viti di registro 15 con dadi a terminale emisferico 17 garantiscono il mantenimento della perpendicolarità  
30 tra il corpo di alloggiamento 9 e la piastra di base 19 del dispositivo di supporto ed una regolazione micrometrica della stessa. Il corpo di alloggiamento 9,

internamente cavo, può inoltre poggiare su un anello di centraggio 14, vincolato alla piastra di base 19.

In figura 1, viene anche illustrato lo schema del circuito oleodinamico, che svolge la duplice funzione di sostentamento del carico verticale K, che può essere molto elevato, vale a dire superare le 60 tonnellate, e di raffreddamento della pista di sostentamento 5.

Una pompa ad alta pressione  $P_1$ , indicata con il riferimento numerico 21, aspira da un serbatoio 26 olio che si trova alla temperatura  $t_H$  e lo invia ad un dispositivo di raffreddamento/riscaldamento di olio 24, che porta l'olio ad una temperatura d'esercizio compresa tra una temperatura minima di  $35^\circ\text{C}$  ed una temperatura massima di  $55^\circ\text{C}$ . A seconda della temperatura di prelievo  $t_H$  dal serbatoio 26, il dispositivo di raffreddamento/riscaldamento di olio 24 provvede al raffreddamento od al riscaldamento per l'ottenimento della temperatura d'esercizio. L'olio alla temperatura di esercizio è immesso in alta pressione nel corpo di alloggiamento 9 attraverso un condotto di mandata 13 dal basso verso l'alto in direzione verticale secondo la freccia F1.

Una pompa a bassa pressione  $P_2$ , indicata con il riferimento numerico 22, aspira anch'essa olio dal serbatoio 26 e lo invia al dispositivo raffreddatore a scambio con aria ventilata 23. Tramite un circuito di mandata 25, la pompa a bassa pressione alimenta il circuito di raffreddamento collegato ad un collettore 20, con un flusso di olio ad una temperatura media  $t_c$  di  $35^\circ\text{C}$  diretto all'interno del corpo di alloggiamento 9 secondo la freccia F2 e convogliato verso la pista di sostentamento 5 attraverso una pluralità di canali 91

disposti radialmente nel corpo di alloggiamento 9 verso la pista 5, che danno origine ad altrettanti getti di olio.

5 L'olio di ritorno rientra nel serbatoio di stoccaggio 26 tramite il circuito di ritorno 18, comprendente condotti di uscita posti sul fondo del corpo di alloggiamento 9.

10 Nella figura 2, che mostra una realizzazione preferita del dispositivo di supporto 100 dell'invenzione, viene illustrata la sezione del dispositivo realizzata lungo un piano verticale passante per l'asse dell'albero 1, dalla quale si evidenzia la disposizione interna delle diverse parti che realizzano il sostentamento idrostatico e il  
15 sostentamento meccanico di sicurezza.

Il corpo di alloggiamento 9 contiene al suo interno un albero 8, centrato coassialmente mediante cuscinetti volventi, preferibilmente lubrificati dalla pompa di bassa pressione 22. L'albero 8 è forato  
20 assialmente e collegato all'estremità inferiore ad un condotto di mandata 13 dell'olio in pressione ed alla estremità superiore alla pista di sostentamento 5.

25 Secondo questa realizzazione preferita, il dispositivo di supporto 100 dell'invenzione impiega olio magnetico, ad esempio della tipologia Magnatec ®, comprendente molecole a carica dipolare atte ad essere opportunamente orientate dai campi magnetici applicati per un migliore controllo del meato di olio tra le  
30 piste coniugate attraverso la formazione di una microstratificazione.

Il terminale sferico 2, atto ad essere rigidamente vincolato all'albero 1 verticale, ha una porzione

terminale, opposta all'albero 1, di forma emisferica con raggio  $r$ .

Il piattello rotante e sferico 3 comprende un corpo 3' di diametro esterno  $d_e$  recante sulla  
5 superficie inferiore di contatto con la pista di  
sostentamento 5 una cavità di bassofondo 31 di diametro  
 $d_i$  che determina l'area di una superficie di rotazione  
32, costituita dalla corona circolare identificata tra  
i diametri esterno ed interno del corpo del piattello 3  
10 ( $d_e$  e  $d_i$ ), rettificata tramite lappatura fine.

Sul lato opposto, il piattello rotante e flottante 3 reca una calotta emisferica 4 di raggio  $r$ , atta ad accoppiarsi con la relativa porzione del terminale sferico 2.

15 Secondo l'invenzione, nelle figure è mostrato un raggio di curvatura  $r$  della calotta emisferica 4 del piattello 3 minore del raggio massimo del piattello 3, vale a dire  $d_e/2$ , preferibilmente circa pari alla metà del raggio massimo  $d_e/2$  del piattello 3.

20 Con questa configurazione il terminale sferico 2 solidale all'albero 1 ha capacità di orientamento rispetto al piattello 3 con un angolo sferico  $\beta_i$  fino a  $\pm 5^\circ$ , in genere  $1^\circ-2^\circ$ . Questo permette l'autoadattamento continuo tra le piste coniugate, con  
25 conseguente mantenimento costante del meato di olio, che è condizione per la bassa dispersione energetica del sistema.

Il piattello rotante e flottante 3 è dotato di un foro assiale 33 a sezione circolare passante attraverso  
30 il corpo 3' e la calotta emisferica 4 per il passaggio dell'olio lubrificante in pressione. Il rapporto tra il diametro della calotta sferica 4 ed il diametro del

foro assiale 33 determina la stabilizzazione di mantenimento del carico per una specifica pressione di esercizio del dispositivo di supporto 100.

La superficie della calotta emisferica 4, atta ad  
5 essere accoppiata al terminale sferico 2, è inoltre  
provvista di canali radiali 34 per il passaggio ed il  
contenimento dell'olio di lubrificazione in pressione,  
disposti equidistanziati tra loro in numero  
generalmente compreso tra 3 e 6. I canali radiali 34  
10 presenti sulla calotta 4 consentono la distribuzione  
uniforme del meato di olio tra le parti coniugate  
dell'accoppiamento sferico con la duplice funzione di  
sostentamento e di lubrificazione uniforme.

Secondo una realizzazione preferita  
15 dell'invenzione, il piattello rotante e flottante 3  
comprende il corpo 3' e la calotta emisferica 4  
realizzati in due parti distinte di materiale  
differente, tra loro stabilmente accoppiate su un  
diametro  $d_s$ .

20 Infatti, la calotta emisferica 4 del piattello 3  
deve essere realizzata in un materiale amagnetico ad  
elevata durezza, in grado di reggere carichi elevati su  
sezioni ridotte, quale ad esempio una lega di bronzo.  
Il corpo 3' del piattello 3, deve essere invece in  
25 materiale magnetico antifrizione per la formazione di  
una coppia tribologica a basso attrito tra le piste  
coniugate. Tale materiale può essere più tenero del  
materiale scelto per la calotta emisferica 4.

La pista di sostentamento 5 presenta un diametro  
30 esterno  $\Phi_e$  ed un foro centrale passante 51,  
nell'esempio sostanzialmente dello stesso diametro del  
foro passante 33 del piattello 3.



La superficie inferiore 52 della pista di  
sostentamento 5, posta in contatto con il piattello  
rotante e flottante 3, risulta rettificata mediante  
lappatura fine, mentre la superficie opposta reca una  
5 sede anulare 53 tra i diametri esterno  $\varphi_2$  e interno  $\varphi_1$   
che accoglie un anello magnetico 6, avente diametro  
esterno  $\varphi_2$  e diametro interno  $\varphi_1$ . La superficie  
inferiore della pista 5 reca inoltre una sede anulare  
perimetrale 54 per l'alloggiamento di cuscinetti  
10 volventi assiali 7.

L'anello magnetico 6 è costituito da ceramica al  
neodimio ad intenso campo magnetico permanente, in  
grado di trasmettere le linee del flusso attraverso la  
pista di sostentamento 5 per il mantenimento  
15 dell'aderenza del meato sulla pista 5. L'anello  
magnetico 6 è coassialmente centrato in una opportuna  
sede della estremità superiore dell'albero 8.

Le piste di rotazione coniugate, costituite dalla  
superficie 32 del piattello 3 e dalla superficie 52  
20 della pista di sostentamento 5 sono rispettivamente  
fabbricate secondo l'invenzione in superleghe con le  
tecnologie di sinterizzazione e cosiddetta di  
"mechanical alloying".

In particolare, il corpo 3' del piattello rotante  
25 e flottante 3 viene realizzato con le tecnologie della  
sinterizzazione, in cui le polveri di adeguata  
granulometria vengono dosate e poi compresse in stampi  
ad alta temperatura. I migliori risultati per l'ampio  
intervallo d'esercizio di funzionamento del dispositivo  
30 di supporto 100 si ottengono mediante una lega avente  
preferibilmente la seguente composizione ponderale:  
Rame 64%, Stagno 16%, Cadmio 12% e Nichel 8%.

Infatti, il corpo 3' del piattello 3, dovendo  
assolvere alla duplice funzione di contro bilanciamento  
del carico verticale K e di supporto del meato  
dell'olio in pressione, deve possedere eccellenti doti  
5 sia come cuscinetto antifrizione che elevata tenacità  
meccanica per resistere agli sforzi di compressione,  
taglio e fatica ciclica.

La pista di sostentamento 5 è costituita da una  
superlega fabbricata con la specifica tecnologia  
10 cosiddetta di "mechanical alloying". La composizione  
ottimale comprende: Ferro 65%, Cobalto 18%, Cromo 10%,  
Silicio 4%, Tungsteno 3% e ha proprietà eccezionali per  
trasmettere con bassa dispersione il campo magnetico  
generato dall'anello 6.

15 La struttura della pista 5 presenta qualità di  
tenacità meccanica, lavorabilità di rettifica fine e  
rigidità associate a doti di formazione di una coppia  
tribologica a basso attrito con il piattello 3.

La calotta emisferica 4 viene fabbricata in lega  
20 binaria di bronzo ad alto contenuto di stagno, in  
particolare contenente tra 12% e 16% di stagno, per  
avere durezza, rigidità e capacità di carico elevato.

All'avvio del funzionamento del dispositivo di  
supporto 100, vale a dire in occasione del primo  
25 sollevamento del carico verticale K, la presenza della  
cavità di bassofondo 31 crea il primo sollevamento del  
carico K e consente la formazione di un meato di olio  
di spessore dell'ordine dei centesimi di millimetro tra  
le piste coniugate del piattello 3 e della pista 5,  
30 come pure tra la calotta emisferica 4 ed il terminale  
sferico 2.

Il foro passante 33 attraverso il piattello 3

assicura il sostentamento idrostatico del carico verticale K, mentre i canali radiali 34 della calotta emisferica 4 assicurano la lubrificazione.

All'avvio del sostentamento del primo carico K, l'area della superficie interna della cavità di bassofondo 31 viene spinta dall'olio in pressione, ad esempio con una pressione di sollevamento iniziale compresa tra 50 e 500 bar, dalla pompa ad alta pressione 21, in grado di controbilanciare l'intensità del carico verticale K.

A regime, il mantenimento del sollevamento idrostatico con meato di olio è dato dalla pressione determinabile dall'area della superficie di rotazione 32 per controbilanciare il carico K.

Ne deriva che, il rapporto tra il diametro della cavità 31 ed il diametro esterno  $d_e$  del piattello 3 determina il valore della pressione di mandata della pompa per ogni determinato carico K da sostenere.

A tale scopo il rapporto tra il diametro esterno del piattello ed il diametro della cavità di bassofondo ( $d_e/d_i$ ) è preferibilmente compreso nell'intervallo tra 0,5 e 2, preferibilmente tra 1,5 e 2.

A regime, il campo magnetico presente sulla superficie della pista di sostentamento 5 è in grado di orientare le molecole a carica dipolare presenti nella componente dell'olio magnetico, in modo da originare un meato di olio tra le piste coniugate con la formazione di una microstratificazione tra il piano 52 e il piattello 3.

Dalla formazione di questa microstratificazione si determina un bassissimo attrito dinamico nel movimento rotatorio tra le parti, con conseguente ridottissima

dispersione energetica globale, permettendo al  
dispositivo di supporto di sostenere carichi di molte  
tonnellate con spessori di meato molto contenuti  
rispetto all'utilizzo di un olio idraulico  
5 tradizionale.

Nelle condizioni operative di auto-orientamento  
continuo delle piste coniugate lo spessore centesimale  
del meato d'olio, in particolare compreso tra 60 e 180  
micron, rimane rigorosamente costante.

10 In virtù della peculiare composizione a molecole  
poli-magnetiche dell'olio e della conformazione  
geometrica del sostentatore idrostatico, si permette la  
sollevazione del carico K sul meato di olio in  
pressione. Mediante l'impiego del dispositivo di  
15 supporto 100 dell'invenzione si possono sostenere  
carichi K di diverse tonnellate rotanti a migliaia di  
giri al minuto con bassissima dispersione energetica di  
soli alcuni centinaia di Watt.

La pompa dell'olio di mandata ad alta pressione 21  
20 invia l'olio in pressione attraverso l'albero cavo 8,  
per inviarlo al sostentamento idrostatico tra le piste  
coniugate del piattello 3 e della pista di  
sostentamento 5, che controbilanciano il carico  
verticale K attraverso un meato di olio. Nella  
25 periferia delle piste, l'olio subisce un riscaldamento  
che ne deteriorerebbe le caratteristiche, ad esempio di  
viscosità, in assenza di un opportuno circuito di  
raffreddamento. Un aumento di viscosità infatti  
determinerebbe la necessità di aumentare la portata e  
30 di conseguenza la potenza della pompa con conseguente  
sfavore energetico.

Nel funzionamento in esercizio normale, cioè con

sostentamento mediante il meato di olio tra le piste, l'albero 8 è fermo e si comporta come un normale condotto d'olio.

Nel caso di eventuali anomalie, quali ad esempio  
5 grippaggio o insufficiente pressione di mandata d'olio della pompa ad alta pressione 21, ad esempio per avaria o malfunzionamento della pompa 21, tra le piste coniugate del piattello 3 e della pista di  
sostentamento 5 non si verifica più la condizione di  
10 sostentamento idrostatico del carico e le stesse si comportano come se fossero un corpo unico e quindi trasmettono il moto rotatorio dell'albero 1 mediante il cuscinetto assiale reggispinta 7, alloggiato sulla pista di sostentamento 5. Pertanto, l'albero 8 ruota e,  
15 per consentire la staticità del condotto di mandata 13, deve esserci un gioco assiale tra le parti. Tra l'albero 8 ed il condotto di mandata 13 è interposto con gioco assiale un elemento di collegamento 11 ed un manicotto 12 ed al contempo è effettuata la tenuta di  
20 pressione attraverso delle guarnizioni poste in serie con anelli tipo O-ring o tenute a labbro.

Al fine di evitare le oscillazioni all'albero 8, esso viene alloggiato nel corpo cavo 9 all'estremità inferiore con il cuscinetto volvente radiale 16, che  
25 assicura la perfetta ortogonalità del sistema di rotolamento volvente. I cuscinetti volventi assiali 7 e radiali 16 costituiscono un sistema di sostentazione ausiliario del carico integrale con funzione di sicurezza nel caso in cui non vi fosse pressione nel  
30 circuito di mandata dell'olio o nel caso di avarie tra le piste di sostentamento idrostatico. La condizione di rotazione su cuscinetti volventi risulta estremamente

penalizzata sia sotto il profilo della dissipazione energetica che in quello della durata temporale che annullano le caratteristiche essenziali del dispositivo di supporto di sospensione idrostatica oggetto del  
5 trovato, ma costituiscono un valido e semplice sistema di sicurezza nel caso di avarie tra le piste coniugate del piattello 3 e della pista di sostentamento 5. La sospensione su cuscinetti volventi consente la fermata del rotore di elevatissimo momento d'inerzia in  
10 assoluta integrità della macchina, costituendo il sistema di sicurezza della macchina rotante stessa. Per l'esercizio continuo a bassa dispersione energetica la funzione di sostentamento del carico integrale viene invece esercitata unicamente dal supporto idrostatico.

15 Inoltre, nelle condizioni di avaria, il raffreddamento dei cuscinetti di emergenza volventi assiali 7 e radiali 16 attraverso la pompa di bassa pressione 22 costituisce un elemento di sicurezza aggiuntiva.

20 Secondo una ulteriore realizzazione dell'invenzione, il dispositivo di supporto 100 potrebbe impiegare olio amagnetico. In questo caso ovviamente non sarebbe necessaria la presenza dell'anello magnetico 6 ed eventualmente il piattello  
25 rotante e flottante 3 potrebbe essere realizzato anche in un solo pezzo, ad esempio di acciaio inossidabile, dovendo solo garantire doti antifrizione e non anche di proprietà magnetiche.

30 Nelle figure 7-9 sono mostrati i diagrammi di discesa libera di accumulatori supportati dal dispositivo 100 oggetto della presente invenzione. Nei diagrammi è indicata la riduzione della velocità

(giri/minuto) nel tempo (ore) dell'albero rotante 1 di un rotore, non mostrato, avente una massa rilevante, negli esempi compresa tra 6 e 24 tonnellate gravante sul dispositivo di supporto 100 dell'invenzione.

5            Nell'esempio I (figura 7) è riportato il grafico di discesa di un rotore da 6 tonnellate con 2,8 metri di diametro, partendo dalle condizioni iniziali di 24 kWh a 1500 giri/min. Nell'esempio I il dispositivo 100, che presenta il piattello rotante e flottante 3 avente  
10            diametro esterno  $d_e$  pari a 60mm, è alimentato con una pressione di alimentazione della pompa ad alta pressione  $P_1$  di 360 Bar. In questa configurazione, il tempo di dimezzamento dell'energia è di 125 ore a 1050 giri/min.

15            Nell'esempio II (figura 8) è riportata la scalatura geometrica del rotore dell'esempio I portando il diametro del rotore a 5,4 metri, dimezzando i giri a 750 giri/minuto e portando la massa a 24 tonnellate con energia accumulata di 96 kWh. Il dispositivo 100  
20            presenta in questo esempio il piattello rotante e flottante 3 realizzato di diametro maggiore rispetto a quello dell'esempio I, in particolare pari a 120 mm di diametro, ed è alimentato con la medesima pressione di alimentazione dell'esempio I, pari a 360 Bar.

25            Ne deriva che i dispositivi 100 dell'esempio I e dell'esempio II presentano la stessa forza specifica di attrito per unità di superficie.

             Avendo un piattello da 120 mm una superficie di contatto 4 volte superiore di un piattello da 60 mm ed  
30            un raggio doppio, la coppia di attrito che ne deriva è 8 volte maggiore mentre i giri del rotore sono la metà. Pertanto la potenza dissipata dal piattello da 120 mm

sarà 4 volte maggiore di quella del 60 mm ed è quindi scalata con il rotore da 24 kWh.

La discesa libera del rotore dell'esempio II (rotore da 96Kwh) sarà quindi uguale a quella del  
5 rotore dell'esempio I (rotore da 24 kWh).

La massima potenza alla pompa invece sarà solo raddoppiata perché, a parità di pressione di esercizio, per mantenere la stessa altezza di meato d'olio la sezione circonferenziale di uscita del piattello da 120  
10 mm è doppia di quella del 60 mm.

In questa configurazione, il tempo di dimezzamento dell'energia è di 120 ore a 530 giri/min.

Nell'esempio II si ha un guadagno lineare della potenza specifica della pompa oleodinamica  $P_1$   
15 necessaria per il sostentamento del rotore, infatti quadruplicando la capacità d'accumulo del rotore si raddoppia e non si quadruplica la massima portata d'olio.

Nell'esempio III (figura 9) è riportata la  
20 scalatura di massa di un rotore da 96 kWh da 1500 giri/min in cui, rispetto all'esempio I (rotore da 24 kWh), è mantenuto costante il diametro a 2,8 m, è portata la massa del rotore da 6 a 24 tonnellate ed è mantenuto costante il diametro del piattello a 60mm.

25 In questa configurazione, il tempo di dimezzamento dell'energia è di 300 ore a 1050 giri/min.

Nell'esempio III la pressione di esercizio del dispositivo 100 è di 1440 Bar. A parità di massima portata la potenza alla pompa sarà 4 volte maggiore e  
30 quindi scalata con l'incremento della capacità d'accumulo.

La potenza dissipata al piattello sarà circa il



60% maggiore rispetto all'esempio I (rotore da 24 kWh) che porterà ad un incremento dei tempi di discesa libera di circa 2,5 volte come si può rilevare dalla figura 10.

5            Il dispositivo di supporto verticale a ridotta dissipazione energetica per alberi rotanti oggetto della presente invenzione ha il vantaggio di rendere possibile mantenere elevati carichi rotanti per periodi di tempo molto lunghi con dispersioni e potenze di  
10            sostentamento di poche decine di watt.

            Il dispositivo di supporto dell'invenzione, quando applicato a dispositivi di accumulo cinetico di velocità con volani, è vantaggiosamente in grado di risolvere egregiamente la funzione di sostentamento a  
15            bassa dispersione energetica entrando in competizione con altri dispositivi che utilizzano sostentamento magnetico attivo molto più costosi nella realizzazione e non idonei per valori molto elevati del carico.

            Vantaggiosamente, il dispositivo di supporto  
20            secondo l'invenzione realizza contestualmente sia un sostentamento idrostatico sia un sostentamento meccanico di sicurezza.

            Il dispositivo di supporto verticale a ridotta dissipazione energetica per alberi rotanti così  
25            concepito è suscettibile di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'invenzione; inoltre tutti i dettagli sono sostituibili da elementi tecnicamente equivalenti. In pratica i materiali utilizzati, nonché le dimensioni, potranno essere  
30            qualsiasi a seconda delle esigenze tecniche.

RIVENDICAZIONI

1) Dispositivo di supporto verticale a ridotta dissipazione energetica per alberi rotanti comprendente un terminale sferico (2) di raggio (r), atto ad essere  
5 rigidamente vincolato ad un albero verticale rotante, accoppiato con un piattello rotante e flottante (3) recante una calotta emisferica (4), che individua una sede concava complementare di raggio (r) per il terminale sferico (2), comprendente anche una pista di  
10 sostentamento (5) di un carico (K) gravante sul piattello rotante e flottante (3), in cui il piattello rotante e flottante (3), la calotta emisferica (4) e la pista di sostentamento (5) sono disposti coassiali ad un corpo cavo di alloggiamento (9) e presentano un  
15 foro assiale (33, 51) per il passaggio di olio di mandata in pressione per il sostentamento idrostatico del terminale sferico (2), un meato di olio essendo disposto tra le piste coniugate poste tra il piattello rotante e flottante (3) e la pista di sostentamento  
20 (5), nonché tra la calotta emisferica (4) ed il terminale sferico (2), in cui il piattello rotante e flottante (3) ha raggio esterno massimo ( $d_e/2$ ) maggiore del raggio di curvatura (r) del terminale sferico (2), il dispositivo di supporto comprendendo anche almeno un  
25 circuito oleodinamico di raffreddamento della pista di sostentamento (5).

2) Dispositivo di supporto secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la calotta emisferica (4) è provvista sulla superficie  
30 concava di canali radiali (34) per il passaggio ed il contenimento dell'olio di lubrificazione in pressione, i canali radiali (34) essendo disposti equidistanziati

tra loro in numero generalmente compreso tra 3 e 6.

3) Dispositivo di supporto secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 o 2, caratterizzato dal fatto che il piattello (3) reca sulla superficie opposta alla  
5 calotta emisferica (4) una cavità di bassofondo (31) di diametro  $d_i$ , che determina l'area di una superficie di rotazione (32), costituita dalla corona circolare identificata tra i diametri esterno ( $d_e$ ) e interno ( $d_i$ ) del piattello (3).

10 4) Dispositivo di supporto secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la pista di sostentamento (5) sulla superficie opposta al piattello (3) reca un anello magnetico (6), preferibilmente costituito da ceramica  
15 al neodimio, il dispositivo impiegando un olio a polarizzazione magnetica.

5) Dispositivo di supporto secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il circuito di raffreddamento è formato da  
20 una pluralità di getti disposti radialmente verso la pista di sostentamento (5).

6) Dispositivo di supporto secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere un sistema di sostentazione  
25 ausiliario del carico con funzione di sicurezza sottostante alle piste di sostentazione idrostatica, comprendente un albero forato (8,) posto tra un condotto di mandata (13) dell'olio in pressione e la pista di sostentamento (5), cuscinetti volventi assiali  
30 (7) e radiali (16), in cui i cuscinetti volventi radiali (16) sono posti tra il corpo di alloggiamento (9) e l'albero (8) ed in cui i cuscinetti volventi

assiali (7) sono posti nel punto di appoggio tra la pista di sostentamento (5) e il corpo di alloggiamento (9).

5 7) Dispositivo di supporto secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che il condotto di mandata (13), fisso, è collegato all'albero (8), che ha possibilità di rotazione, con gioco assiale mediante guarnizioni di tenuta poste in serie.

10 8) Dispositivo di supporto secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che viti (15) con terminali sferici (17), preferibilmente in numero da 3 a 6, sono poste equidistante tra loro, tra una piastra di base (19) statica ed il corpo cavo di contenimento (9).

15 9) Dispositivo di supporto secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere due pompe (21, 22) separate e distinte nel circuito dell'olio, di cui una pompa ad alta pressione (21) per la sostentazione idrostatica è  
20 collegata ad un circuito comprendente un dispositivo di raffreddamento/riscaldamento di olio (24) che porta l'olio alla temperatura d'esercizio ( $t_H$ ), e una pompa a bassa pressione (22) per il raffreddamento del dispositivo di supporto (100), collegata ad un circuito  
25 con dispositivo raffreddatore a scambio con aria ventilata (23) per scambio di calore con l'ambiente esterno.

30 10) Dispositivo di supporto secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il piattello rotante e flottante (3) è realizzato con le tecnologie della sinterizzazione ed è costituito da una composizione ponderale di: Rame 64%, Stagno 16%, Cadmio

12% e Nichel 8%.

11) Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la pista di sostentamento (5) è costituita da una superlega fabbricata con la tecnologia cosiddetta di "mechanical alloying" ed avente una composizione ponderale di: Ferro 65%, Cobalto 18%, Cromo 10%, Silicio 4% e Tungsteno 3%.

DISPOSITIVO DI SUPPORTO VERTICALE A RIDOTTA  
DISSIPAZIONE ENERGETICA PER ALBERI ROTANTI

RIASSUNTO

Un dispositivo di supporto verticale a ridotta  
5 dissipazione energetica per alberi rotanti comprende un  
terminale sferico (2) di raggio (r), atto ad essere  
rigidamente vincolato ad un albero verticale rotante,  
accoppiato con un piattello rotante e flottante (3)  
recante una calotta emisferica (4), che individua una  
10 sede concava complementare di raggio (r) per il  
terminale sferico (2), comprende anche una pista di  
sostentamento (5) di un carico (K) gravante sul  
piattello rotante e flottante (3), in cui il piattello  
rotante e flottante (3), la calotta emisferica (4) e  
15 la pista di sostentamento (5) sono disposti coassiali  
ad un corpo cavo di alloggiamento (9) e presentano un  
foro assiale (33, 51) per il passaggio di olio di  
mandata in pressione per il sostentamento idrostatico  
del terminale sferico (2), un meato di olio essendo  
20 disposto tra le piste coniugate poste tra il piattello  
rotante e flottante (3) e la pista di sostentamento (5)  
nonché tra la calotta emisferica (4) ed il terminale  
sferico (2), in cui il piattello rotante e flottante  
(3) ha raggio esterno massimo ( $d_e/2$ ) maggiore del  
25 raggio di curvatura (r) del terminale sferico (2), il  
dispositivo di supporto comprendendo anche almeno un  
circuito di raffreddamento della pista di sostentamento  
(5).

30 (Figura 2)

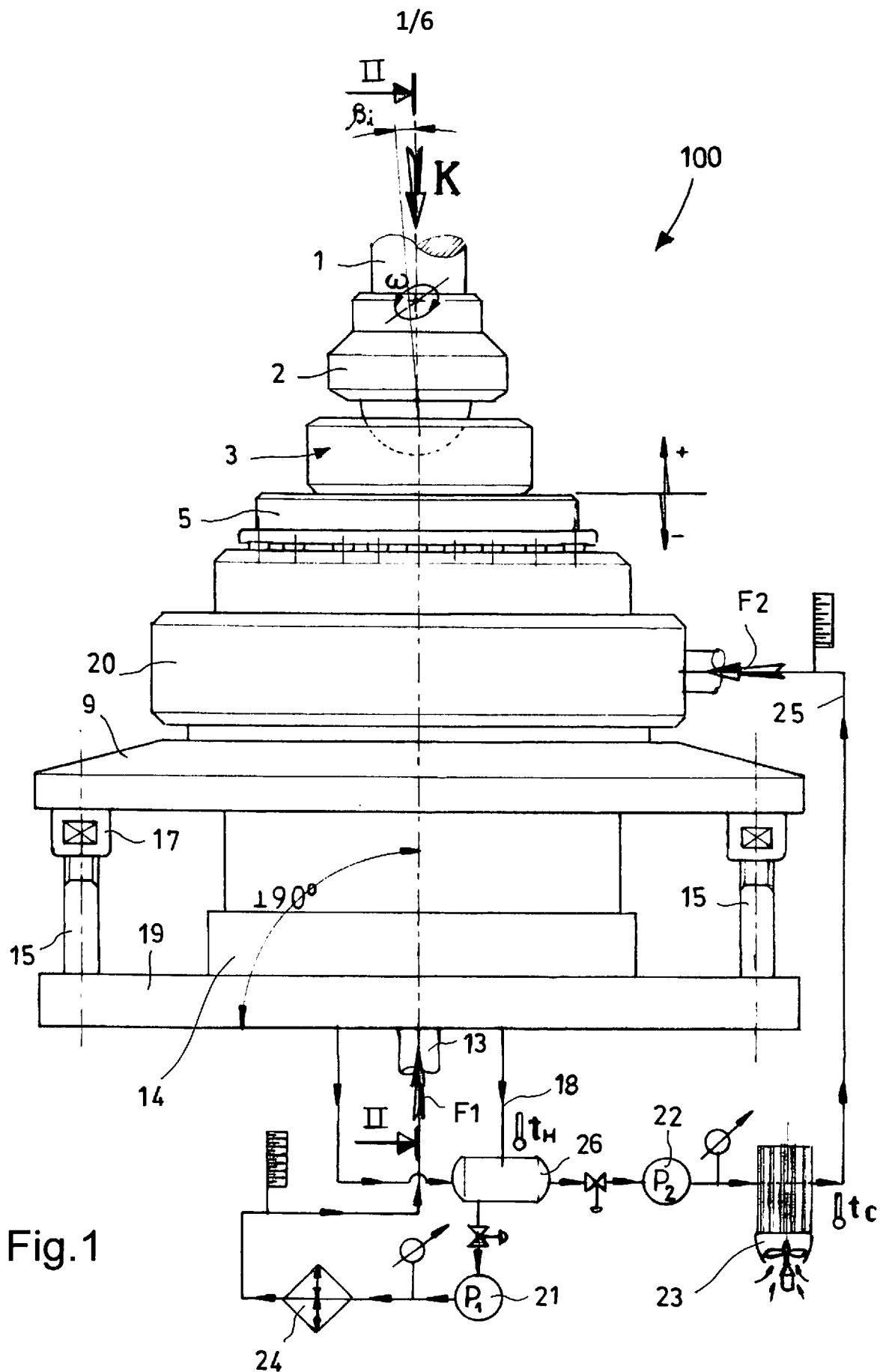


Fig. 1

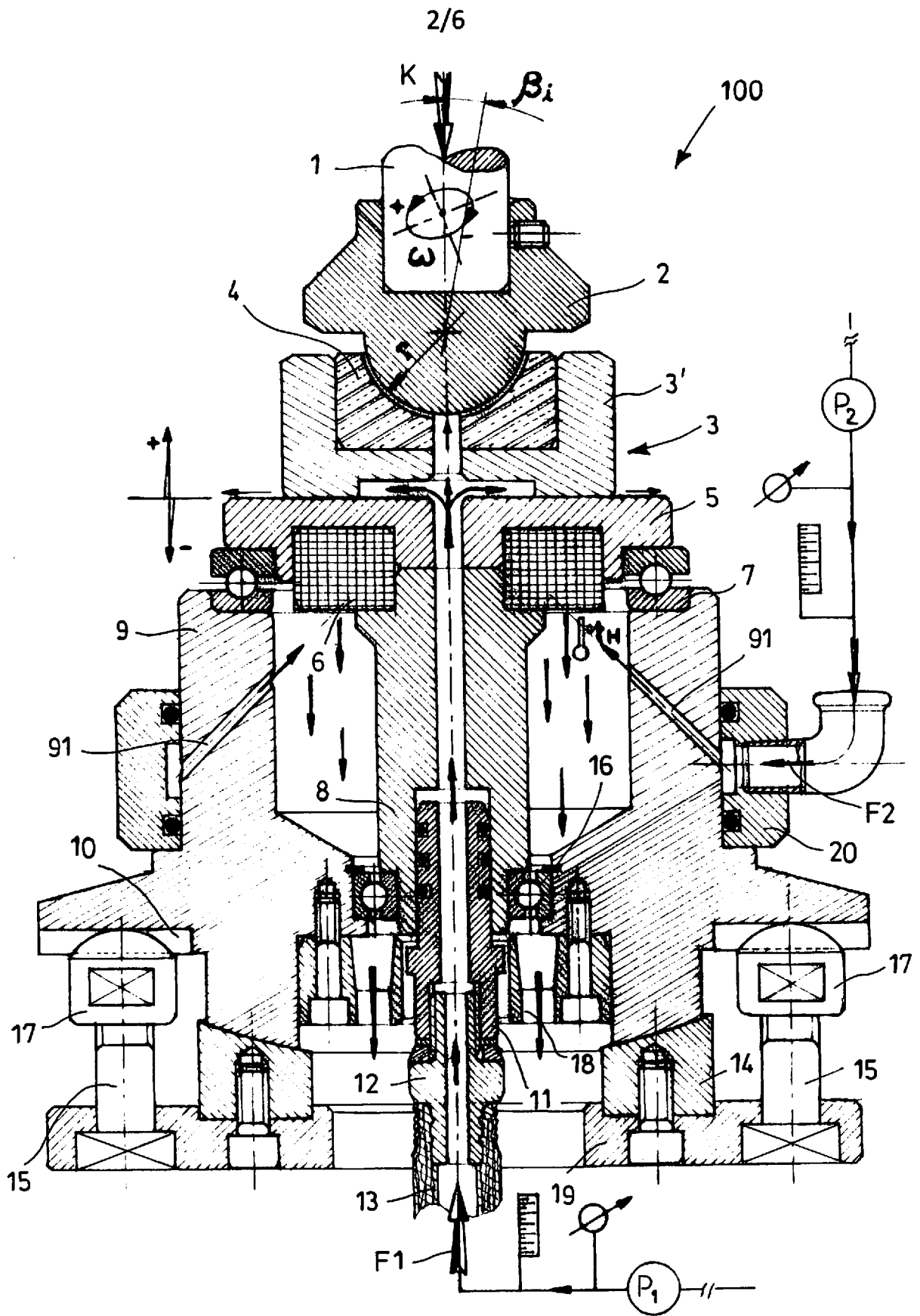


Fig.2



Fig.3B

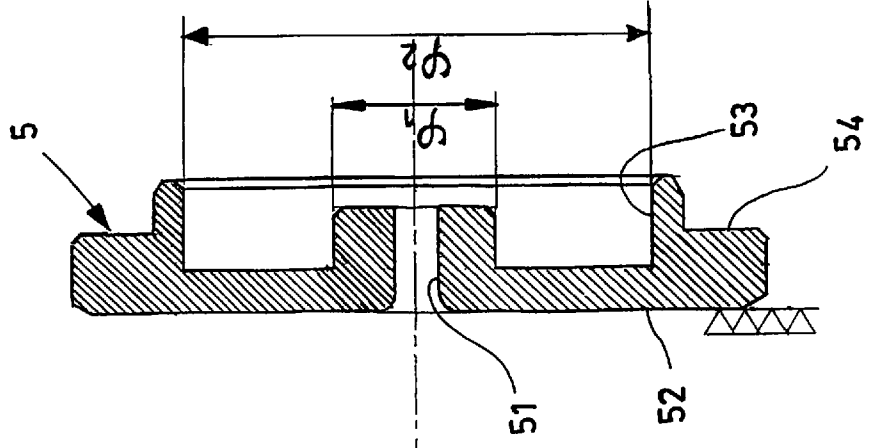


Fig.3A

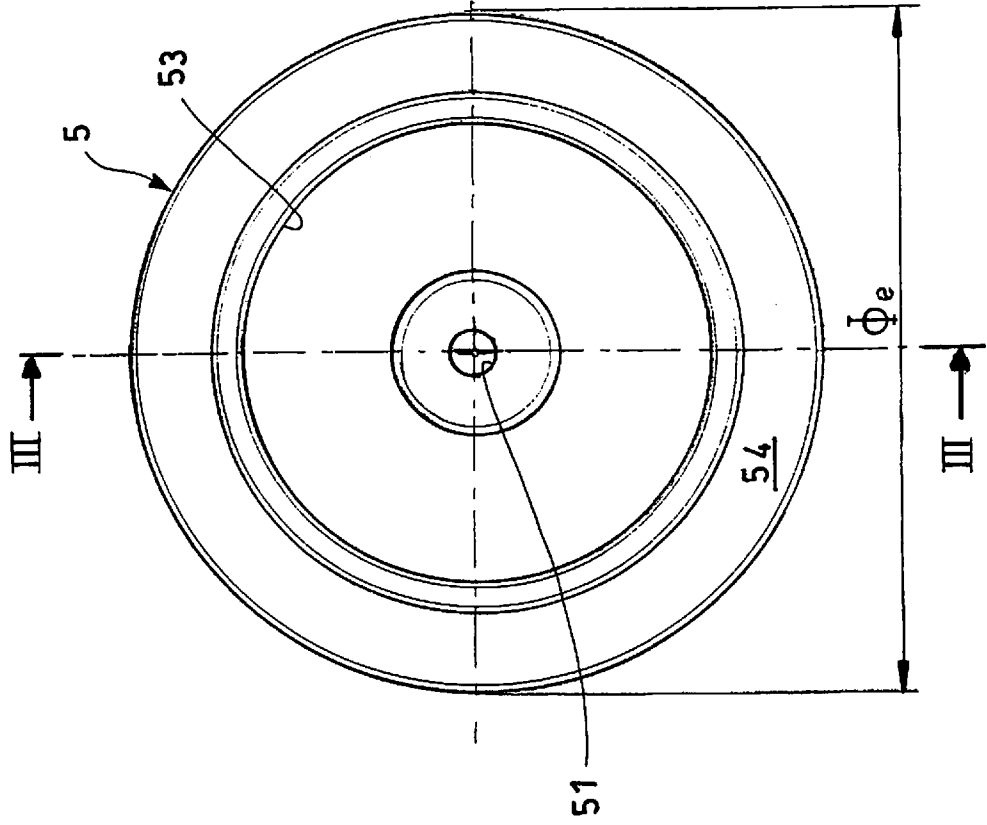


Fig.4A

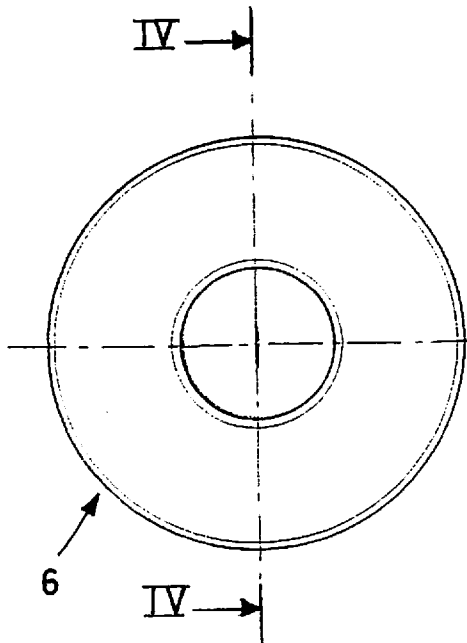


Fig.4B

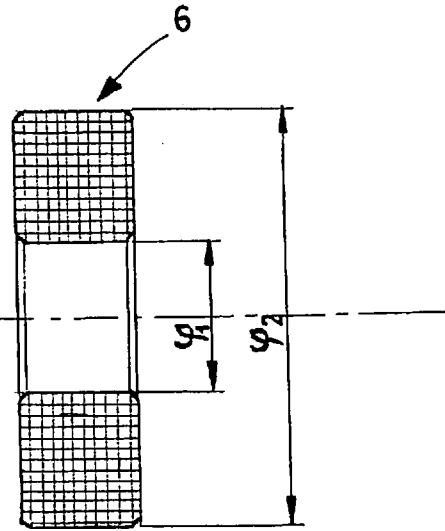


Fig.5A

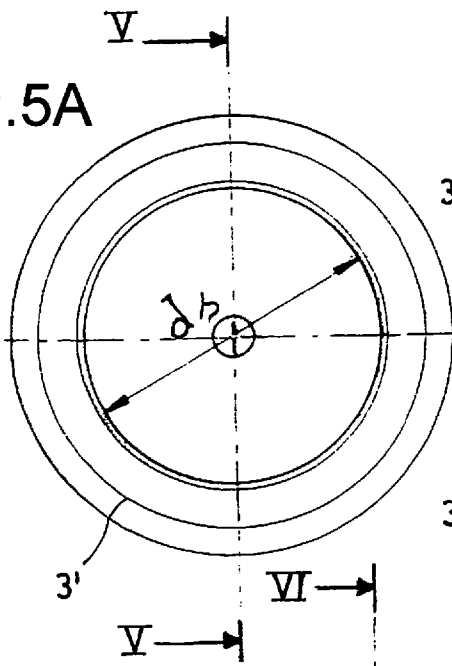


Fig.5B

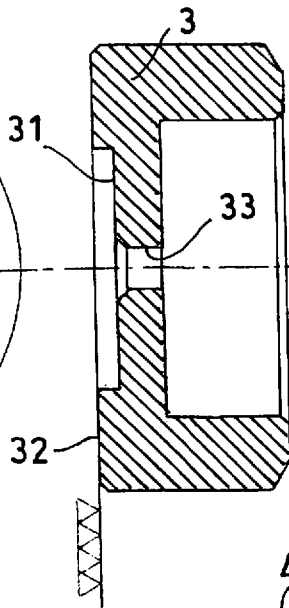


Fig.5C

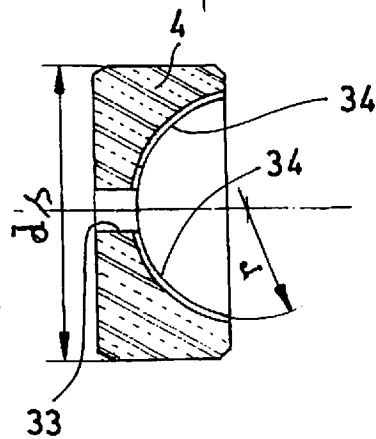
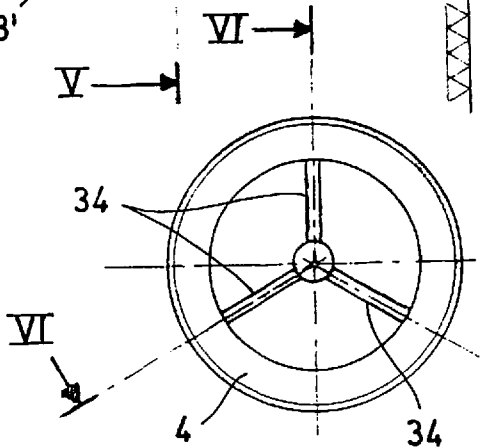
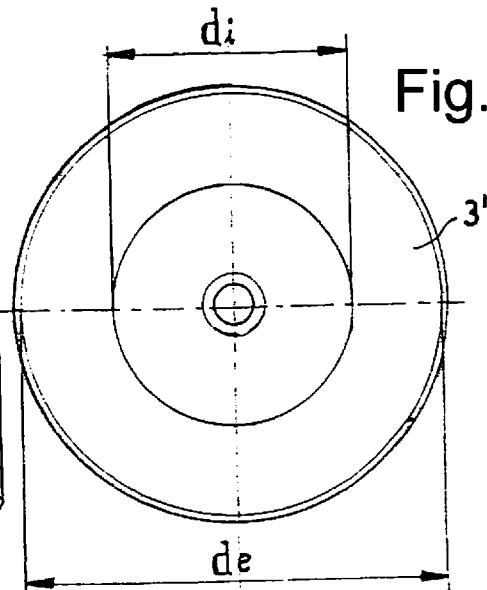


Fig.6A

Fig.6B

Fig. 7

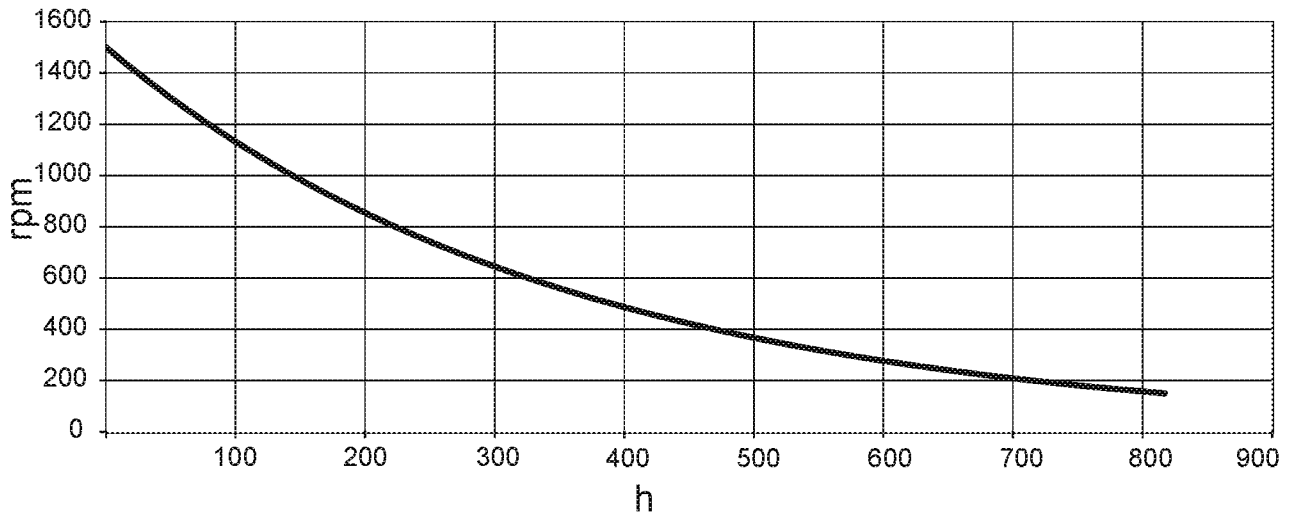


Fig. 8

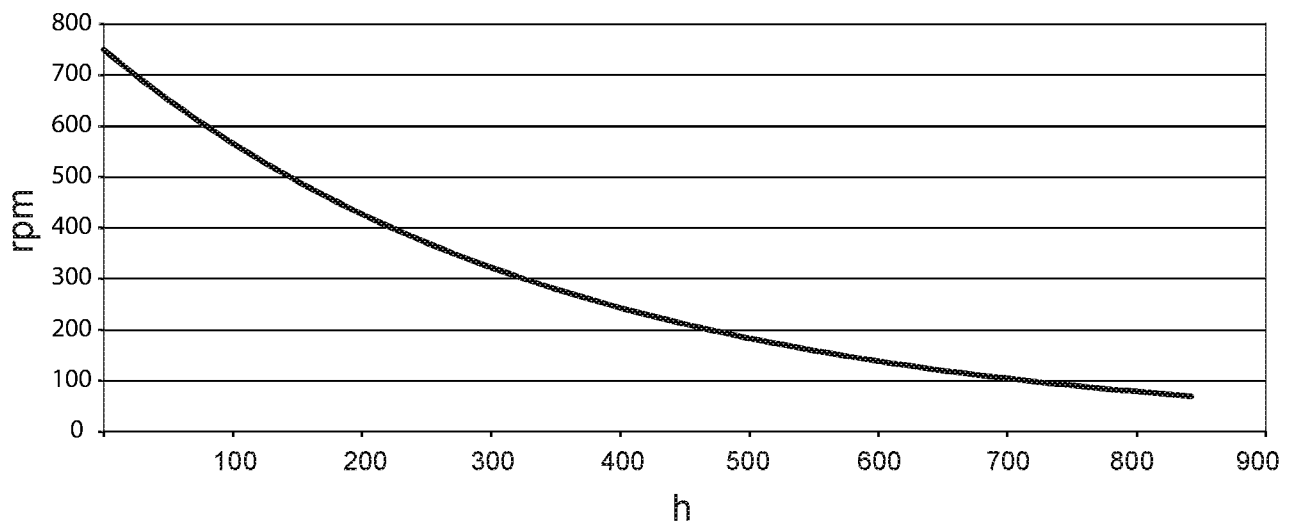


Fig. 9

