

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901854779A1

Publication Date

20120106

Applicant

FONDAZIONE ISTITUTO ITALIANO DI TECNOLOGIA

Title

DISPOSITIVO PER LA GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA UNA SORGENTE DI ARIA COMPRESSA.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Dispositivo per la generazione di energia elettrica da una sorgente di aria compressa"

Di: FONDAZIONE ISTITUTO ITALIANO DI TECNOLOGIA, nazionalità italiana, Via Morego 30, 16163 Genova

Inventori designati: Michele FOCCHI, Emanuele GU-GLIELMINO, Gianluca PANE, Stefano CORDASCO, Carlo TACCHINO, Darwin G. CALDWELL

Depositata il: 6 Luglio 2010

\* \* \*

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce a un dispositivo per la generazione di energia elettrica da una sorgente di aria o altro gas compresso, come specificato nel preambolo dell'annessa rivendicazione indipendente 1.

Sono attualmente in commercio dispositivi per la generazione di energia elettrica a bassa tensione (tipicamente 24 V) sfruttando l'energia fornita da una sorgente di aria compressa. Tali dispositivi comprendono fondamentalmente un generatore elettrico, una microturbina radiale accoppiata a rotazione al rotore del generatore elettrico e un ugello attraverso il quale l'aria compressa fornita da una sorgente di aria compressa viene diretta contro le

palette della microturbina in modo da azionare in rotazione la microturbina e con essa il rotore del generatore elettrico, producendo così energia elettrica a partire dall'energia di pressione e cinetica del flusso di aria compressa. Tali dispositivi comprendono inoltre un'unità di controllo elettronica predisposta per assicurare una tensione di uscita costante al variare del carico elettrico collegato al dispositivo e della pressione dell'aria compressa con cui il dispositivo viene alimentato. La disposizione in serie della microturbina e del generatore elettrico rende il dispositivo piuttosto ingombrante, soprattutto in direzione assiale (cioè nella direzione dell'asse di rotazione della microturbina e del rotore del generatore elettrico).

E' noto dalla domanda di brevetto statunitense US2005/0258694 un generatore elettrico per un utensile pneumatico, comprendente un rotore munito di palette e uno statore anulare assialmente disposto fra il rotore e un cuscinetto di supporto del rotore, laddove il rotore presenta, sulla sua faccia di estremità assialmente rivolta verso lo statore, una pluralità di cave cilindriche che si estendono parallelamente all'asse del rotore e accolgono ciascuna un rispettivo corpo magnetico permanente

(fatto ad esempio di neodimio-ferro-boro) di forma cilindrica inserito in un rispettivo corpo non magnetico (fatto ad esempio di zinco, allumino od ottone) a forma di bicchiere. Tale soluzione nota è tuttavia anch'essa affetta dall'inconveniente del notevole ingombro assiale, essendo lo statore disposto assialmente affiancato al rotore. Inoltre, tale generatore elettrico noto presenta un elevato numero di componenti.

Scopo della presente invenzione è quindi fornire un dispositivo per la generazione di energia elettrica da una sorgente di aria compressa che non sia affatto dagli inconvenienti della tecnica nota sopra menzionati.

Questo e altri scopi sono pienamente raggiunti secondo la presente invenzione grazie a un dispositivo per la generazione di energia elettrica da una sorgente di aria compressa avente le caratteristiche definite nella parte caratterizzante dell'annessa rivendicazione indipendente 1.

Forme di realizzazione preferite di un dispositivo per la generazione di energia elettrica da una sorgente di aria compressa secondo la presente invenzione formano oggetto delle rivendicazioni indipendenti, il cui contenuto è da ritenersi come par-

te integrale e integrante della presente descrizione.

In sintesi, l'invenzione si fonda sull'idea di realizzare un dispositivo per la generazione di energia elettrica da una sorgente di aria o altro gas compresso, comprendente uno statore e un rotore, laddove lo statore comprende a sua volta una disposizione di avvolgimenti intorno a una superficie cilindrica e laddove il rotore è montato all'interno dello statore coassialmente a questo e comprende a sua volta una girante realizzata come girante di turbina assiale e un magnete permanente a forma di cilindro cavo all'interno del quale è inserita la girante. Grazie al fatto che la girante è integrata all'interno di un magnete permanente a forma di cilindro cavo e al fatto che l'insieme formato dalla girante e dal magnete permanente è a sua volta accolto in uno statore presentante una cavità cilindrica interna, si ottiene un dispositivo che ha al contempo dimensioni assiali ridotte e un numero di componenti minimo.

Preferibilmente il magnete permanente è fatto di neodimio-ferro-boro quale materiale magnetico ad alta densità magnetica, in modo da migliorare l'efficienza del dispositivo.

Preferibilmente la girante è realizzata come girante di turbina assiale ad azione, anche se altre forme di realizzazione della turbina potrebbero essere previste a seconda delle specifiche applicazioni.

Preferibilmente il dispositivo può essere dotato di appositi dischi sagomati in modo da aprire o chiudere canali d'ingresso dell'aria e consentire di regolare la portata di aria, e quindi la potenza prodotta dal dispositivo.

Un dispositivo per la generazione di energia elettrica secondo la presente invenzione consente di mettere a disposizione energia elettrica senza la necessità di cavi di alimentazione e si presta quindi a essere utilizzato ad esempio per l'alimentazione di sensori o altri dispositivi in zone remote o difficilmente raggiungibili, quali zone a rischio di esplosione (ad esempio raffinerie), per l'alimentazione di nodi ricetrasmettitori wireless, per l'alimentazione di PLC di unità automatiche portatili, o ancora per l'alimentazione di valvole pneumatiche di bassa potenza. Un ulteriore campo di applicazione possibile è ad esempio l'illuminazione di emergenza: un serbatoio di aria compressa con valvola di uscita normalmente aperta, tenuta chiusa

da un solenoide alimentato, in caso di black-out garantisce l'alimentazione di aria compressa al dispositivo di generazione, che può così alimentare una sorgente di luce (ad esempio led ad alta intensità). Un dispositivo per la generazione di energia elettrica secondo la presente invenzione può inoltre essere utilizzato per l'attivazione di display o luci ausiliarie su piccoli attrezzi pneumatici o manuali o ancora per l'alimentazione di allarmi acustici od ottici per dispositivi pneumatici.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno dalla descrizione dettagliata che segue, fornita a puro titolo di esempio non limitativo con riferimento ai disegni allegati, in cui:

la figura 1 è una vista in sezione assiale di un dispositivo per la generazione di energia elettrica da una sorgente di aria compressa secondo una forma di realizzazione preferita della presente invenzione;

la figura 2 è una vista prospettica della girante del rotore del dispositivo della figura 1;

la figura 3 è una vista prospettica del distributore del dispositivo della figura 1; e

le figure 4 e 5 sono una vista in elevazione

frontale e rispettivamente una vista in sezione assiale del disco di uscita del dispositivo della figura 1.

Nella descrizione e nelle rivendicazioni che seguono, i termini "assiale" e "radiale" sono utilizzati per individuare rispettivamente una direzione parallela e una direzione perpendicolare all'asse di rotazione del rotore del dispositivo di generazione di energia elettrica.

Con riferimento alla figura 1, un dispositivo per la generazione di energia elettrica (indicato di qui in avanti semplicemente come dispositivo) secondo una forma di realizzazione preferita della presente invenzione è complessivamente indicato con 10 e comprende fondamentalmente:

uno statore 12 di tipo per sé noto, costituito da una disposizione di avvolgimenti statorici intorno a una superficie cilindrica cava di asse X;

un rotore 14 montato girevole all'interno dello statore 12 coassialmente a questo;

un corpo d'ingresso 16 disposto a monte dell'insieme formato dallo statore 12 e dal rotore 14 e munito di un raccordo d'ingresso 18 (solo parzialmente mostrato) per il collegamento con una sorgente di aria o altro gas compresso (non mostra-

ta); e

un corpo di uscita 20 disposto a valle dell'insieme formato dallo statore 12 e dal rotore 14.

Il rotore 14 comprende a sua volta una girante 22, realizzata nella forma di realizzazione illustrata come girante di turbina assiale, e un magnete permanente 24 a forma di cilindro cavo all'interno del quale è inserita la girante 22. La girante 22 e il magnete permanente 24 sono rigidamente collegati l'uno all'altro, vantaggiosamente mediante accoppiamento per interferenza, in modo da essere solidali a rotazione. La girante 22 è realizzata ad esempio in materiale magnetico, in metalli o leghe non magnetiche o ancora in materiale plastico. La girante 22 è meglio osservabile nella vista prospettica della figura 2, da cui si può evincere in particolare la conformazione delle palette 26 e dei canali 28 fra esse individuati. La girante 22 è inoltre munita di un albero 30 mediante il quale essa è montata girevole nello statore 12 intorno all'asse X. Il magnete permanente 24, che forma con lo statore 12 un generatore elettrico, è vantaggiosamente realizzato in materiale magnetico ad alta densità magnetica, quale neodimio-ferro-boro, sama-

rio-cobalto o simile. Il materiale del magnete permanente 24 sarà scelto caso per caso anche in base ad altre caratteristiche, quali ad esempio temperatura di esercizio e resistenza meccanica. Il magnete permanente 24 ha magnetizzazione diametrale. Preferibilmente, il rotore 14 comprende inoltre una camicia 32 di materiale composito, in particolare di fibra di carbonio, che incapsula il magnete permanente 24 e ha la funzione di aumentare la resistenza meccanica di quest'ultimo, che nel funzionamento è soggetto sia a sollecitazioni dovute alle forze centrifughe sia a sollecitazioni dovute alla diversa dilatazione termica del materiale della girante 22 rispetto al materiale del magnete permanente 24.

Nel corpo d'ingresso 16 è accolto, all'estremità assialmente rivolta verso la girante 22, un distributore 34 formante con la girante 22 una turbina assiale, preferibilmente una turbina assiale ad azione. Il distributore 34 è meglio osservabile nella vista prospettica della figura 3, da cui si può evincere in particolare la conformazione delle palette 36 e dei canali 38 fra esse individuati. Nella faccia del distributore 34 assialmente rivolta verso la girante 22 è prevista una cavità cilin-

drica 40 in cui è accolto un cuscinetto a rotolamento 42 (realizzato ad esempio come cuscinetto radiale a sfere) che supporta l'estremità lato ingresso dell'albero 30 della girante 22. In alternativa, nel caso di particolari condizioni di esercizio, quali altissime velocità di rotazione, lunghe durate di funzionamento continuativo ecc., possono essere adottati altri tipi di cuscinetti, ad esempio cuscinetti a gas o cuscinetti magnetici. Fra il raccordo d'ingresso 18 e il distributore 34 è individuata dal corpo d'ingresso 16 una camera di equalizzazione della pressione 44.

Nel corpo di uscita 20 è accolto, all'estremità assialmente rivolta verso la girante 22, un disco di uscita 46 presentante una pluralità di aperture 48 attraverso cui l'aria proveniente dalla girante 22 viene scaricata in atmosfera. Il disco di uscita 46 è illustrato, sia in sezione assiale sia in elevazione frontale, nelle figure 4 e 5. Nella faccia del disco di uscita 46 assialmente rivolta verso la girante 22 è prevista una cavità cilindrica 50 in cui è accolto un cuscinetto a rotolamento 52 (in particolare un cuscinetto in grado di sopportare sia carichi radiali sia carichi assiali, quale ad esempio un cuscinetto obliquo a sfere o

uno degli altri tipi di cuscinetti sopra menzionati) che supporta l'estremità lato uscita dell'albero 30 della girante 22. Appositi dischi opportunamente sagomati (non mostrati) possono essere inseriti a monte del distributore 34 per parzializzare la portata d'aria (o di altro gas) in ingresso.

Nella forma di realizzazione illustrata, il corpo d'ingresso 16 e il corpo di uscita 20 sono realizzati come pezzi distinti che sono disposti da parti assialmente opposte rispetto allo statore 12 e sono fissati l'uno all'altro (ad esempio mediante viti).

Verrà di seguito brevemente illustrato il funzionamento del dispositivo 10. L'aria compressa prodotta dalla sorgente di aria compressa a una pressione compresa ad esempio fra 2 e 4 bar, entra nella camera di equalizzazione della pressione 44 del corpo d'ingresso 16 del dispositivo 10 attraverso il raccordo d'ingresso 18. A questo proposito, la camera di equalizzazione della pressione 44 ha la funzione di assicurare una pressione costante a monte della turbina assiale. L'aria viene quindi accelerata attraverso i canali 38 del distributore 34 fino a raggiungere la velocità sonica all'ingresso dei canali 28 della girante 22, entra quindi

nella girante 22 accelerandola sino a regimi di rotazione di  $100.000 \div 200.000$  giri/min, e infine viene scaricata nell'atmosfera attraverso le aperture 48 del disco di uscita 46. Il magnete permanente 24, che è solidale a rotazione con la girante 22, viene così anch'esso posto in rotazione creando un flusso magnetico rotante che induce forze elettromotrici negli avvolgimenti statorici dello statore 12.

Le forze elettromotrici così indotte verranno raddrizzate da un ponte a diodi e opportunamente stabilizzate tramite convertitore DC-DC indipendentemente dalle variazioni della pressione di alimentazione e del carico. Il convertitore è alloggiato in una scheda elettronica, che preferibilmente può fornire funzioni ausiliarie, quali ad esempio protezione da sovravelocità o sovratensioni, ingressi analogici per la lettura dei segnali di sensori, memorizzazione dei dati rilevati, modulo wireless integrato a basso consumo per inviare i dati a una centrale remota ecc. Il convertitore è opportunamente progettato per accettare in ingresso un ampio intervallo di tensioni (ad esempio da 0 a 30 V), essendo la tensione prodotta variabile in funzione della velocità di rotazione della turbina, che è a sua volta variabile in funzione della pressione in

ingresso e del carico. Tale convertitore serve anche per l'alimentazione dell'elettronica interna. Un secondo convertitore DC-DC a partire dalla tensione stabilizzata del primo convertitore produce una tensione industriale di 24 V per l'alimentazione del carico dell'utilizzatore (ad esempio un sensore).

A monte del dispositivo può essere prevista una valvola di regolazione, preferibilmente una valvola passiva, per regolare la pressione dell'aria in ingresso al valore ottimale per il rendimento della turbina.

Come si evince dalla precedente descrizione, il dispositivo secondo l'invenzione presenta un numero minimo di componenti, dimensioni compatte e un elevato rendimento. A proposito di quest'ultimo aspetto, da un lato l'integrazione della girante della turbina e del rotore del generatore elettrico in un unico componente permette di eliminare le perdite legate all'accoppiamento meccanico fra tali componenti.

Inoltre, come già detto in precedenza, mediante l'utilizzo di appositi dischi forati funzionanti da organi parzializzatori, è possibile regolare la potenza elettrica prodotta dal dispositivo. In que-

sto modo, il dispositivo può essere tarato per applicazioni di elevata potenza ma breve durata (ad esempio allarmi, segnalazione di avarie ecc.) o per applicazioni di bassa potenza ma lunga durata (ad esempio sensori, dispositivi di monitoraggio ecc.).

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, le forme di attuazione e i particolari di realizzazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto è stato descritto e illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza con ciò fuoriuscire dall'ambito dell'invenzione come definito nelle annesse rivendicazioni.

Ad esempio, anche se l'invenzione è stata descritta e illustrata con riferimento alla realizzazione della turbina come turbina assiale ad azione, la turbina potrebbe essere realizzata diversamente a seconda delle specifiche applicazioni.

### RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo (10) per la generazione di energia elettrica da una sorgente di aria o altro gas compresso, il dispositivo comprendendo una turbina (22, 34) avente una girante (22), e un generatore elettrico (12, 24) avente uno statore (12) munito di avvolgimenti statorici e un magnete permanente (24) girevole rispetto allo statore (12), il magnete permanente (24) essendo solidale a rotazione alla girante (22), caratterizzato dal fatto che gli avvolgimenti statorici dello statore (12) sono distribuiti intorno a una superficie cilindrica coassiale (X) con la girante (22), e dal fatto che il magnete permanente (24) è realizzato come cilindro cavo all'interno del quale è inserita la girante (22), l'insieme formato dalla girante (22) e dal magnete permanente (24) essendo montato all'interno dello statore (12).
2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui il magnete permanente (24) ha magnetizzazione diametrale.
3. Dispositivo secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, in cui la turbina (22, 34) è una turbina assiale.

4. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il magnete permanente (24) è fatto di un materiale ad alta densità magnetica, quale neodimio-ferro-boro, samario-cobalto o simile.

5. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la girante (22) e il magnete permanente (24) sono collegati l'uno all'altro mediante accoppiamento per interferenza.

6. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre una camicia (32) che incapsula il magnete permanente (24).

7. Dispositivo secondo la rivendicazione 5, in cui la camicia (32) è fatta di materiale composito, quale fibra di carbonio.

8. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre un corpo d'ingresso (16) disposto a monte della girante (22) e munito di un raccordo d'ingresso (18) per il collegamento con una sorgente di aria o altro gas compresso, e un corpo di uscita (20) disposto a valle della girante (22), la turbina (22, 34) comprendendo inoltre un distributore (34) accolto nel corpo d'ingresso (16) e il dispositivo (10) comprendendo

inoltre un disco di uscita (46) presentante almeno un'apertura (48) per lo scarico dell'aria o gas in atmosfera.

9. Dispositivo secondo la rivendicazione 8, in cui il distributore (34) e il disco di uscita (46) presentano, sulle loro facce assialmente rivolte verso la girante (22), rispettive cavità (40, 50) in cui sono accolti supporti (42, 52) mediante i quali l'insieme formato dalla girante (22) e dal magnete permanente (24) è supportato a rotazione.

10. Dispositivo secondo la rivendicazione 8 o la rivendicazione 9, in cui il corpo d'ingresso (16) e il corpo di uscita (20) sono realizzati come pezzi distinti che sono disposti da parti assialmente opposte rispetto allo statore (12) e sono fissati l'uno all'altro mediante mezzi di collegamento risolubile.

CLAIMS

1. Device (10) for generating electric power from a source of air or other gas under pressure, the device comprising a turbine (22, 34) having an impeller (22), and an electric generator (12, 24) having a stator (12) provided with stator windings and a permanent magnet (24) rotatable relative to the stator (12), the permanent magnet (24) being fixed for rotation relative to the impeller (22), characterized in that the windings of the stator (12) are distributed around a cylindrical surface coaxial (X) with the impeller (22), and in that the permanent magnet (24) is made as a hollow cylinder inside which the impeller (22) is arranged, the assembly formed by the impeller (22) and by the permanent magnet (24) being mounted inside the stator (12).

2. Device according to claim 1, wherein the permanent magnet (24) is diametrically magnetized.

3. Device according to claim 1 or claim 2, wherein the turbine (22, 34) is an axial turbine.

4. Device according to any of the preceding claims, wherein the permanent magnet (24) is made of a high magnetic density material, such as neodymium-iron-boron, samarium-cobalt or the like.

5. Device according to any of the preceding claims, wherein the impeller (22) and the permanent magnet (24) are coupled to each other by interference-fit.

6. Device according to any of the preceding claims, further comprising a sleeve (32) which encloses the permanent magnet (24).

7. Device according to claim 5, wherein the sleeve (32) is made of a composite material, such as carbon fibre.

8. Device according to any of the preceding claims, further comprising an inlet body (16) which is located upstream of the impeller (22) and is provided with an inlet fitting (18) for connection with a source of air or other gas under pressure, and an outlet body (20) which is located downstream of the impeller (22), the turbine (22, 34) further comprising a distributor (34) accommodated in the inlet body (16) and the device (10) further comprising an outlet disc (46) having at least one opening (48) for discharge of the air or gas in the atmosphere.

9. Device according to claim 8, wherein the distributor (34) and the outlet disc (46) have, on their faces directed towards the impeller (22), re-

spective cavities (40, 50) which accommodates bearings (42, 52) by means of which the assembly formed by the impeller (22) and by the permanent magnet (24) is supported for rotation.

10. Device according to claim 8 or claim 9, wherein the inlet body (16) and the outlet body (20) are made as separate pieces which are disposed on axially opposite sides of the stator (12) and are secured to each other by means of releasable connection means.

1/2

FIG. 1

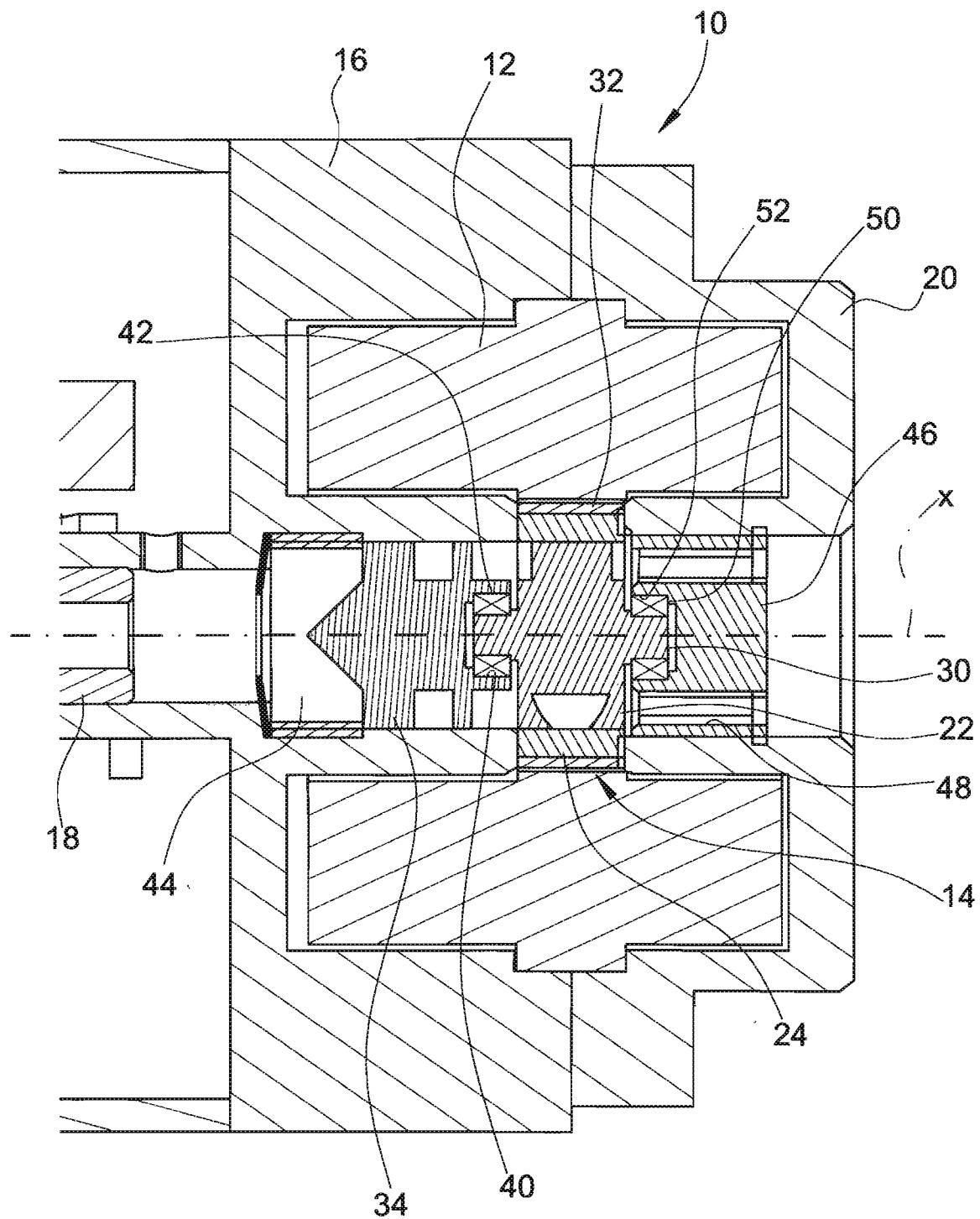


FIG. 2

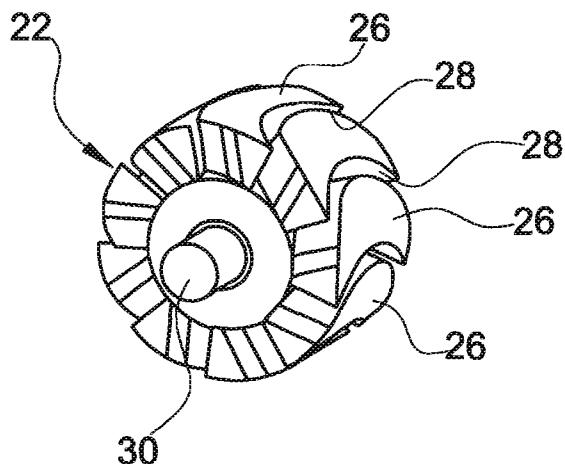


FIG. 3

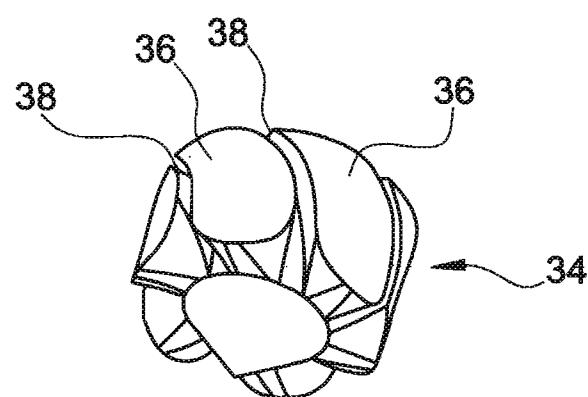


FIG. 4

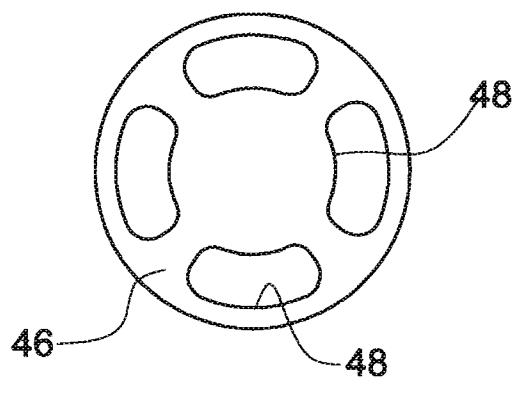


FIG. 5

