

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000032258
Data Deposito	22/12/2021
Data Pubblicazione	22/06/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	04	D	29	38

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	04	D	29	68

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	04	D	29	36

Titolo

PALA DI VENTILATORE ASSIALE INDUSTRIALE
--

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"PALA DI VENTILATORE ASSIALE INDUSTRIALE"

di COFIMCO S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA GRAMSCI 136

28050 POMBIA (NO)

Inventore: ROMANO Nicola

*** ***** ***

La presente invenzione è relativa a una pala di un ventilatore assiale industriale.

Come è noto, un ventilatore assiale industriale ha un diametro minimo di circa un metro e comprende un mozzo e una pluralità di pale che si estendono sostanzialmente in direzione radiale dal mozzo.

Il mozzo è girevole attorno a un asse ed è collegato a un motore elettrico per ricevere un moto rotatorio tramite un sistema di trasmissione.

Le pale sono provviste di un profilo alare, in modo che, per effetto della rotazione impressa dal motore, si generi una differenza di pressione fra estradosso e intradosso delle pale. A sua volta, la differenza di pressione produce un flusso d'aria in direzione sostanzialmente parallela all'asse del mozzo.

La portata d'aria messa in moto in direzione assiale

dipende da vari fattori, tra cui principalmente la velocità di rotazione, la forma del profilo alare e l'angolo di calettamento delle pale.

È noto che, data una determinata velocità di rotazione, l'angolo di incidenza (ossia l'angolo fra il vettore velocità dell'aria e la corda della pala) è determinato dall'angolo di calettamento e non può superare una soglia critica o angolo di stallo.

Sotto la soglia critica, infatti, il flusso d'aria lungo la superficie delle pale è laminare e permette di sfruttare in modo corretto la curvatura dell'estradosso e dell'intradosso della pala per ottenere portanza. Le turbolenze sono confinate a valle del punto di ricongiunzione dei flussi che lambiscono l'estradosso e l'intradosso, ossia sostanzialmente a valle del bordo di uscita della pala.

Se, invece, l'angolo di incidenza supera la soglia critica (angolo di stallo), i flussi che lambiscono estradosso ed intradosso non riescono a ricongiungersi uniformemente, si distaccano dalla superficie della pala, e causano vortici a valle del punto di distacco. Il distacco avviene in genere a partire dalle regioni periferiche della pala, dove la velocità tangenziale è più elevata.

I vortici causano una perdita di portanza e, di conseguenza, il crollo dell'efficienza del ventilatore. In pratica, la portata messa in moto non aumenta o addirittura

diminuisce a fronte di un corrispondente aumento dell'energia assorbita dal motore che aziona il ventilatore.

Nelle pale di un ventilatore industriale assiale, per una data velocità di rotazione, la velocità radiale cambia lungo la pala determinando una variazione di angolo di incidenza che può quindi variare lungo la pala stessa.

In linea di principio, il problema può essere almeno in parte risolto con l'impiego di pale svergolate, in modo che l'angolo di attacco vari lungo la direzione radiale. Come è evidente, la velocità relativa fra la pala e il flusso d'aria cresce con la distanza dall'asse di rotazione e, quindi, il distacco si verifica in condizioni diverse alla radice e alla sommità (tip) della pala. Lo svergolamento permette di modificare l'angolo di attacco in funzione della distanza dall'asse di rotazione e di bilanciare le esigenze da un lato di avere portanza ed efficienza elevate e dall'altro di evitare vorticosità e il distacco del flusso dalla superficie della pala. Un ulteriore vantaggio dello svergolamento è di distribuire il carico aerodinamico in maniera più uniforme lungo la pala che, in assenza di svergolamento, sarebbe concentrato nella parte veloce (tip) della pala, con aggravio del momento flettente agente sulla radice della pala.

Tuttavia, i processi di fabbricazione più semplici e vantaggiosi delle pale di ventilatori industriali di grandi dimensioni, normalmente di diametro non inferiore al metro,

basati su tecniche di estrusione e/o pultrusione, non sono adatti a subire uno svergolamento. I prodotti di estrusione e/o pultrusione attraverso trafilie hanno struttura cava sostanzialmente uniforme e rettilinea e lo svergolamento deve essere impresso mediante procedimenti di deformazione a freddo, da cui derivano minore resistenza meccanica e costi elevati. Un buon compromesso, per le pale estruse e pultruse, si ottiene con un taglio obliquo del bordo di uscita che ha, come effetto, una riduzione della corda al tip (rastremazione) e una riduzione dell'angolo di calettamento al bordo di uscita (svergolamento parziale). Come accennato, il problema è tipico dei ventilatori industriali di grandi dimensioni, mentre le pale di ventilatori di dimensioni minori possono essere fabbricate con tecniche diverse e più flessibili, come lo stampaggio.

Le suddette turbolenze oltre a causare una perdita di efficienza sono anche fonte di rumorosità.

La domanda di brevetto WO2017/085134 propone una pala di un ventilatore industriale assiale. La pala si estende lungo un asse di calettamento e comprende un corpo alare di radice ed un corpo alare di estremità uniti ed angolati fra loro in modo che la proiezione della pala stessa sia a forma di V. Secondo la configurazione descritta il bordo di entrata del corpo alare di estremità e l'estremità della pala formano un vertice di entrata che è la parte più avanzata della pala

rispetto alla direzione di rotazione.

L'asse di calettamento della suddetta pala coincide con l'albero di calettamento della pala rispetto al mozzo per la regolazione dell'angolo di incidenza della pala. Tale albero è collocato all'interno della pala in prossimità del bordo di entrata laddove il profilo alare offre più spazio per l'inserimento dell'albero. Ne risulta che la pala oggetto di WO2017/085134 ha una distribuzione delle masse attorno all'asse di calettamento fortemente sbilanciata. Ciò comporta che la regolazione dell'angolo di calettamento della pala determina spostamenti rilevanti del vertice formato dai bordi di uscita del corpo alare di radice e del corpo alare di estremità con conseguenze negative per la rumorosità, l'efficienza e le forze che sollecitano la pala.

Scopo della presente invenzione è quindi fornire una pala per ventilatore assiale industriale che sia in grado di mitigare gli svantaggi dell'arte nota.

Secondo la presente invenzione, viene fornita una pala per ventilatore assiale industriale, la pala estendentesi lungo un asse di calettamento determinato e comprendendo:

- un primo corpo alare avente un primo bordo di entrata ed un primo bordo di uscita;

- un secondo corpo alare avente un secondo bordo di entrata ed un secondo bordo di uscita inclinati rispetto al detto asse di calettamento ed al primo ed il secondo bordo

di uscita; e

- un terzo corpo alare avente un terzo bordo di entrata ed un terzo bordo di uscita inclinati rispetto al detto asse di calettamento nel verso opposto alla inclinazione del secondo bordo di entrata ed al secondo bordo di uscita in modo da definire un vertice di entrata fra il secondo ed il terzo bordo di entrata.

In questo modo, la pala assume una forma a uncino che coniuga una bassa rumorosità, una elevata efficienza ed una equilibrata distribuzione delle masse attorno all'asse radiale.

In particolare, il terzo corpo alare comprende un bordo di estremità avente un profilo circonferenziale attorno ad un asse di rotazione della pala a beneficio della riduzione del gradiente di pressione.

In particolare, la pala comprende un albero di calettamento allineato al detto asse di calettamento e girevole attorno al detto asse di calettamento per regolare l'angolo di incidenza della pala, in particolare l'albero di calettamento è fissato al primo corpo alare in prossimità del bordo di entrata.

Il profilo alare del corpo alare offre la possibilità di inserire l'albero di calettamento in prossimità del bordo di entrata.

In particolare, il primo bordo di entrata è parallelo

all'asse di calettamento e, in particolare, il primo bordo di uscita è parallelo all'asse di calettamento.

Questa configurazione consente di realizzare vantaggiosamente il primo corpo alare tramite un processo di estrusione e/o pultrusione.

La stessa tecnica di estrusione e/o pultrusione può essere impiegata anche nella realizzazione del secondo e terzo corpo alare in considerazione del fatto che il secondo bordo di entrata ed il secondo bordo di uscita sono sostanzialmente paralleli fra loro così come il terzo bordo di entrata ed il terzo bordo di uscita sono sostanzialmente paralleli fra loro.

La conformazione della pala a uncino è determinata dagli angoli formati fra il primo ed il secondo corpo alare e fra il secondo ed il terzo corpo alare. Nella fattispecie, il primo ed il secondo bordo di entrata formano un primo angolo ottuso, in particolare compreso fra 100° e 170° ; il secondo ed il terzo bordo di entrata formano un secondo angolo maggiore di 180° e, in particolare compreso fra 200° e 300° ; il primo ed il secondo bordo di uscita formano un terzo angolo maggiore di 180° e, in particolare compreso fra 200° e 300° ; e il secondo ed il terzo bordo di uscita formano un quarto angolo ottuso e, in particolare compreso fra 100° e 170° .

La scelta degli angoli consente di disporre il terzo

bordo di entrata con una inclinazione rispetto all'asse di calettamento tale per cui il vettore della velocità relativa dell'aria lungo il terzo bordo di entrata forma un quinto angolo acuto con il detto terzo bordo di entrata e riduce il cambio di direzione dell'aria nella porzione più veloce della pala.

La conformazione a uncino della pala consente inoltre di disporre i centri di gravità del primo, secondo e terzo corpo alare da bande diverse rispetto all'asse di calettamento ed in prossimità dell'asse di calettamento.

La presente invenzione è inoltre relativa a un ventilatore assiale industriale comprendente un mozzo girevole attorno ad un asse di rotazione e una pluralità di pale montate sul detto mozzo, in cui ciascuna pala è realizzata in accordo con uno o più delle caratteristiche precedentemente descritte.

In particolare, l'asse di calettamento di ciascuna pala si estende radialmente rispetto all'asse di rotazione e ciascuna pala è selettivamente orientabile attorno al detto asse di calettamento per variare l'asse di incidenza della pala.

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano alcuni esempi di attuazione non limitativi, in cui:

- La Figura 1 è uno schema a blocchi semplificato di un

ventilatore assiale in accordo a una prima forma di realizzazione della presente invenzione;

- La Figura 2 è una vista in pianta dall'alto del ventilatore assiale di Figura 1;

- Le Figure da 3 a 5 sono delle viste in pianta, in scala ingrandita e con parti asportate per chiarezza, di una pala del ventilatore industriale assiale di Figura 2; e

- Le Figure 6 e 7 sono delle viste in pianta, con parti asportate per chiarezza, di due rispettive varianti della pala delle Figure da 3 a 5.

L'invenzione di seguito descritta si presta in modo particolare alla realizzazione di ventilatori assiali di grandi dimensioni, ad esempio per scambiatori di calore utilizzati in impianti di liquefazione del gas naturale, raffinerie o impianti per la produzione di energia elettrica a ciclo combinato o a turbina a vapore.

Con riferimento alle Figure 1 e 2, un assieme ventilatore, indicato nel suo complesso con il numero 1, comprende un ventilatore assiale 2 azionato da un motore elettrico 3 e da un attuatore 4 di regolazione del ventilatore assiale 2.

Il ventilatore assiale 2, che è rappresentato più in dettaglio nella Figura 2, comprende un mozzo 5, collegato a un albero del motore elettrico 3, e una pluralità di pale 6 che si estendono dal mozzo 5 sostanzialmente in direzione

radiale. Le pale 5 6 possono essere realizzate per estrusione o pultrusione, ad esempio in alluminio o in materiale plastico, oppure per stampaggio in materiale composito rinforzato con fibra di vetro o di carbonio. Le pale 6 sono inoltre collegate al mozzo 5 mediante rispettivi alberi 7. In una forma di realizzazione, gli alberi 7 sono orientabili attorno a rispettivi assi di calettamento coincidenti con l'albero di calettamento 7 per consentire di regolare l'angolo di calettamento (pitch angle) delle pale 6 mediante l'attuatore 4 (Figura 1) e variare l'angolo di incidenza.

Come mostrato nella Figura 3, ciascuna pala 6 comprende tre corpi alari 8, 9, 10 aventi rispettivi profili aerodinamici.

Il corpo alare 8 è rigidamente fissato al rispettivo albero di calettamento 7 e presenta una estremità prossimale 8a; una estremità distale 8b; un bordo di entrata 8c; e un bordo di uscita 8d. Nella configurazione illustrata, il bordo di entrata 8c e il bordo di uscita 8d sono paralleli all'asse di calettamento A.

Secondo una variante non illustrata nelle Figure allegate il bordo di uscita ha un profilo variamente sagomato a seguito di lavorazioni successive di un corpo alare semilavorato con bordo di uscita e bordo di entrata paralleli e realizzati per estrusione e/o pultrusione.

Il corpo alare 9 presenta una estremità prossimale 9a

rigidamente collegata ed adiacente alla estremità distale 8b del corpo alare 8; una estremità distale 9b; un bordo di entrata 9c; e un bordo di uscita 9d.

Il bordo di entrata 9c ed il bordo di uscita 9d sono inclinati rispetto all'asse di calettamento A.

Il corpo alare 10 presenta una estremità prossimale 10a rigidamente collegata ed adiacente alla estremità distale 9b del corpo alare 9; una estremità distale 10b libera; un bordo di entrata 10c; e un bordo di uscita 10d.

Il bordo di entrata 10c ed il bordo di uscita 10d sono inclinati rispetto all'asse di calettamento A nel verso opposto rispetto ai bordi di entrata e di uscita 9c e 9d.

L'estremità libera 10b definisce la cosiddetta punta della pala 6 e presenta un profilo curvo sostanzialmente circonferenziale raccordato al bordo di entrata 10c.

Nella pratica, il corpo alare 10 è realizzato da un profilato estruso e/o pultruso e da un tappo accoppiato al profilato. Il tappo chiude il profilato e definisce l'estremità libera della pala di forma circonferenziale.

Nella fattispecie illustrata l'estremità prossimale 8a è rettilinea e sostanzialmente perpendicolare all'asse di calettamento A e l'estremità distale 8b è rettilinea ed inclinata rispetto all'asse di calettamento A in modo tale per cui la lunghezza del bordo di uscita 8d sia inferiore alla lunghezza del bordo di ingresso 8c.

In pratica, il corpo alare 8 in pianta ha la forma di un trapezio rettangolo.

In accordo con una variante non illustrata nelle Figure allegate il corpo alare adiacente al mozzo ha un bordo distale circonferenziale in modo da ridurre gli interstizi fra pala e mozzo e il flusso inverso.

L'estremità prossimale 9a coincide con l'estremità distale 8b e l'estremità distale 9b è inclinata nel verso opposto rispetto all'estremità prossimale 9a in modo tale per cui il corpo alare 9, in pianta, ha la forma di un trapezio scaleno.

Il bordo di entrata 9c e il bordo di entrata 10c convergono in un vertice di entrata 11, che definisce il punto più avanzato della pala 6 nel verso di rotazione W del ventilatore assiale 2 (Figura 2).

Il bordo di uscita 10d e l'estremità distale 10b convergono in un vertice di uscita 12 che è disposto nel punto più arretrato della pala 6 con riferimento al verso di rotazione del ventilatore assiale 2.

I bordi di entrata 8c e 9c sono sostanzialmente rettilinei e formano un angolo F1 ottuso mentre il bordo di entrata 9c e 10c formano un angolo F2 maggiore di 180° (reflex angle).

I bordi di uscita 8d e 9d formano un angolo F3 maggiore di 180° (reflex angle) mentre il bordo di entrata 9d e 10d

formano un angolo F4 ottuso.

La pala 6 presenta una corda C che si mantiene costante a partire dall'estremità prossimale 8a al crescere del raggio lungo il corpo alare 8 e cresce lungo il corpo alare 9.

Con riferimento alla Figura 4, è illustrata la velocità relativa V dell'aria rispetto alla pala 6 in un punto in corrispondenza dell'estremità distale 10b dove la velocità relativa assume il valore massimo. Nel punto indicato la velocità relativa V forma un angolo acuto F5 e relativamente piccolo con il bordo di entrata 10c che garantisce una bassa deviazione del flusso di aria nel punto indicato.

Con riferimento alla Figura 5, sono indicati lungo la pala 6 i centri di gravità G1, G2 e G3 rispettivamente dei corpi alari 8, 9 e 10. Il centro di gravità G1 si trova ad una distanza YG1 dall'asse di calettamento A ed è disposto fra l'asse di calettamento A e il bordo di uscita 8d.

Il centro di gravità G2 si trova ad una distanza YG2 dall'asse di calettamento A ed è disposto fra l'asse di calettamento A e il bordo di entrata 9c.

Il centro di gravità G3 si trova ad una distanza YG3 dall'asse di calettamento A ed è disposto fra l'asse di calettamento A e il bordo di entrata 10c.

Il rapporto fra la distanza YG1 e la corda C1 in corrispondenza del punto G1 è inferiore o pari a $1/7$.

Lo stesso vale per il rapporto YG2/C2 e YG3/C3 che

significa che i punti G1, G2 e G3 sono relativamente prossimi all'asse di calettamento A rispetto alle dimensioni della pala 6. Inoltre, il centro di gravità G1 è disposto da una banda rispetto all'asse di calettamento A mentre i centri di gravità G2 e G3 sono disposti dalla banda opposta rispetto all'asse di calettamento A.

Con riferimento alla variante della Figura 6, è illustrata una pala 13 la quale differisce dalla pala 6 per il fatto che i bordi di entrata 8c, 9, c e 10c sono raccordati fra loro da bordi curvi.

Anche i bordi di uscita 8b e 9d sono raccordati fra loro da un bordo curvo a differenza della pala 6 (Figure 3 - 5).

Con riferimento alla variante della Figura 7, è illustrata una pala 14 in cui la dimensione radiale è preponderante rispetto alla dimensione circonferenziale. La pala 14 comprende tre corpi alari 15, 16 e 17 che sono disposti in successione e dove il corpo alare 15 prossimale definisce la maggior parte della dimensione radiale ed i corpi alari 16 e 17 definiscono una porzione di estremità della pala 14 stessa.

Risulta infine evidente che al ventilatore assiale descritto possono essere apportate modifiche e varianti, senza uscire dall'ambito della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

In particolare, il diametro e il numero delle pale del ventilatore assiale possono variare rispetto a quanto descritto.

Anche la connessione fra le pale e il mozzo può differire da quanto descritto. Tra l'altro, le pale possono essere collegate al mozzo con angolo di calettamento fisso.

Inoltre, le pale possono essere sprovviste di elementi terminali e/o staffe con configurazione aerodinamica, per esempio se non richiesto per una specifica applicazione.

RIVENDICAZIONI

1. Una pala per ventilatore assiale industriale, la pala (6; 13; 14) estendentesi lungo un asse di calettamento (R) determinato e comprendendo:

- un primo corpo alare (8; 15) avente un primo bordo di entrata (8c) ed un primo bordo di uscita (8d);

- un secondo corpo alare (9; 16) avente un secondo bordo di entrata (9c) ed un secondo bordo di uscita (9d) inclinati rispetto al detto asse di calettamento (R) ed al primo bordo di entrata (8c) ed il secondo bordo di uscita (8d); e

- un terzo corpo alare (10) avente un terzo bordo di entrata (10c) ed un terzo bordo di uscita (10d) inclinati rispetto al detto asse di calettamento (R) nel verso opposto alla inclinazione del secondo bordo di entrata (9c) ed al secondo bordo di uscita (9d) in modo da definire un vertice di entrata fra il secondo ed il terzo bordo di entrata (9c, 10c).

2. La pala come rivendicata nella rivendicazione 1, in cui il terzo corpo alare (10) comprende un bordo di estremità (10b) avente preferibilmente un profilo circonferenziale attorno ad un asse di rotazione (A).

3. La pala come rivendicata nella rivendicazione 1 o 2, e comprendente un albero di calettamento (7) allineato al detto asse di calettamento (R) e girevole attorno al detto asse di calettamento (R) per regolare l'angolo di incidenza

della pala (6), in particolare l'albero (7) di calettamento è fissato al primo corpo alare (8, 15) in prossimità del bordo di entrata (8c).

4. La pala come rivendicata in una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il primo bordo di entrata (8c) è parallelo all'asse di calettamento (R) e, in particolare, il primo bordo di uscita (8d) è parallelo all'asse di calettamento (R).

5. La pala come rivendicata in una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il secondo bordo di entrata (9c) ed il secondo bordo di uscita (9d) sono sostanzialmente paralleli fra loro.

6. La pala come rivendicata in una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il terzo bordo di entrata (10c) ed il terzo bordo di uscita (10d) sono sostanzialmente paralleli fra loro.

7. La pala come rivendicata in una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il primo ed il secondo bordo di entrata (8c, 9c) formano un primo angolo (F1) ottuso (F1), in particolare compreso fra 100° e 170° .

8. La pala come rivendicata in una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il secondo ed il terzo bordo di entrata (9c, 10c) formano un secondo angolo (F2) maggiore di 180° e, in particolare, compreso fra 200° e 300° .

9. La pala come rivendicata in una qualsiasi delle

precedenti rivendicazioni, in cui il primo ed il secondo bordo di uscita (8d, 9d) formano un terzo angolo (F3) maggiore di 180° e, in particolare, compreso fra 200° e 300° .

10. La pala come rivendicata in una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il secondo ed il terzo bordo di uscita (9d, 10d) formano un quarto angolo (F4) maggiore di 180° e, in particolare compreso fra 100° e 170° .

11. La pala come rivendicata in una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il terzo bordo di entrata (10c) presenta una inclinazione rispetto all'asse di calettamento (R) tale per cui il vettore della velocità relativa dell'aria (V) lungo il terzo bordo di entrata (10c) forma un quinto angolo (F5) acuto con il detto terzo bordo di entrata (10c).

12. Un ventilatore assiale industriale comprendente un mozzo (5) girevole attorno ad un asse di rotazione (A) ed una pluralità di pale (6; 13; 14) montate sul detto mozzo (5), in cui ciascuna pala (6; 13; 14) è realizzata in accordo con una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni.

13. Il ventilatore assiale secondo la rivendicazione 12, in cui l'asse di calettamento (R) di ciascuna pala (6; 13; 14) si estende radialmente rispetto all'asse di rotazione (A).

14. Il ventilatore assiale secondo la rivendicazione 12 o 13, in cui ciascuna pala (6; 13; 14) è selettivamente orientabile attorno al detto asse calettamento (R).

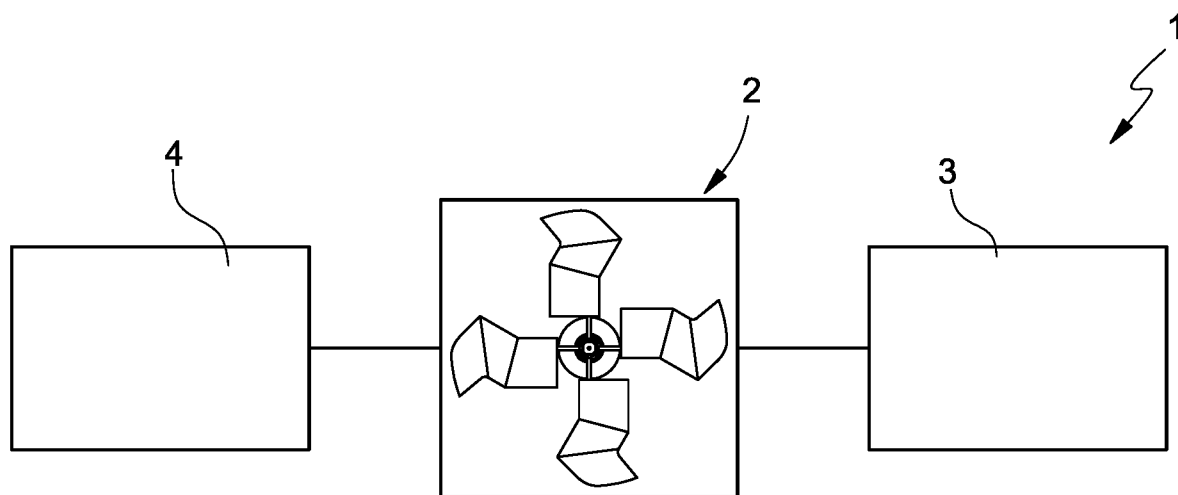


FIG. 1

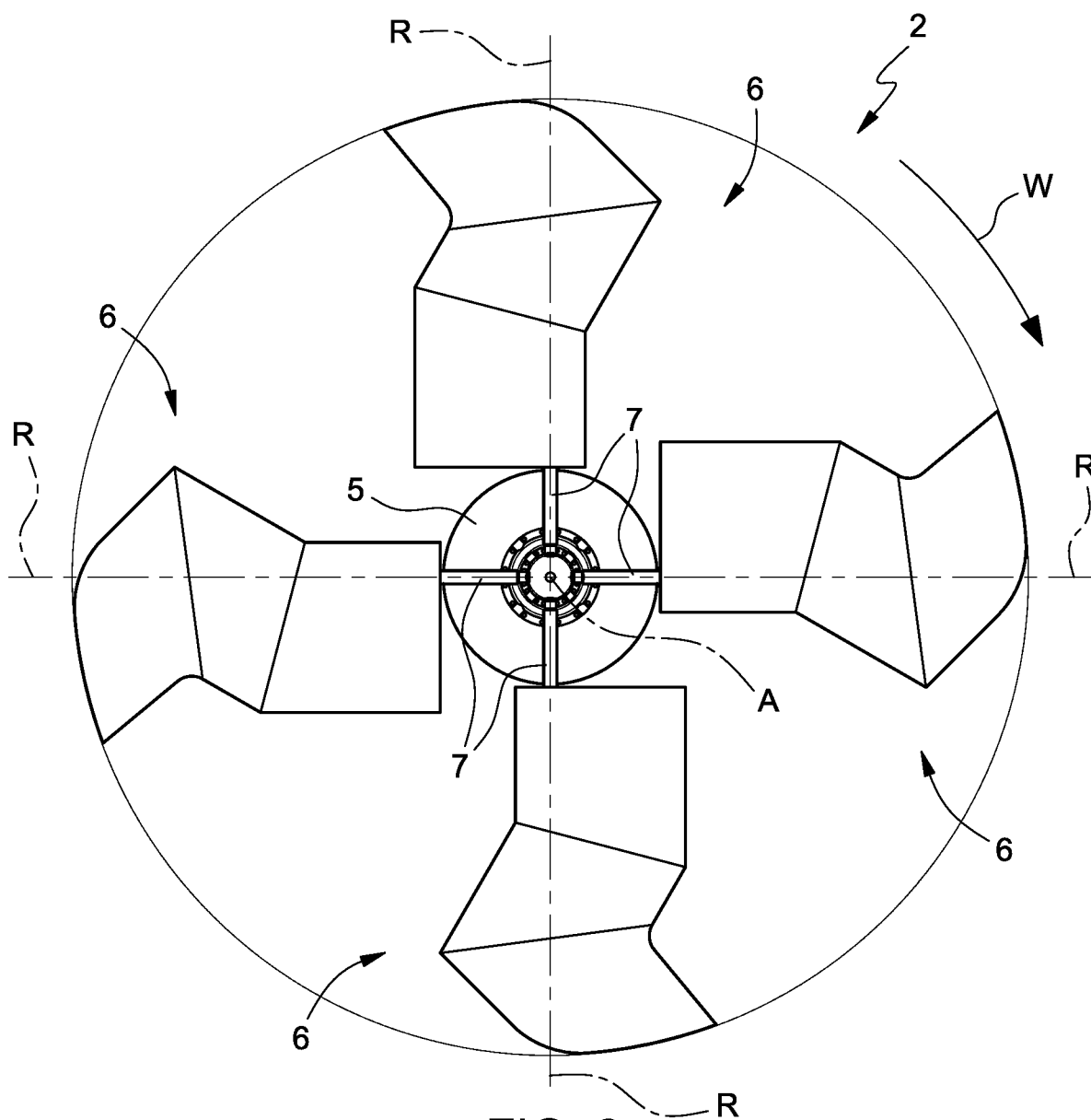


FIG. 2

