

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Februar 2012 (16.02.2012)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/019676 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F03B 13/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/003294

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Juli 2011 (02.07.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 033 940.7
10. August 2010 (10.08.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **VOITH PATENT GMBH** [DE/DE]; St. Poel-
tener Str. 43, 89522 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LOCHSCHMIDT,**
Jörg [DE/DE]; Luitpoldstraße 32, 89231 Neu-Ulm (DE).
HOLSTEIN, Benjamin [DE/DE]; Ernst-Degeler-Straße
23, 89518 Heidenheim (DE).

(74) Anwalt: **DR. WEITZEL & PARTNER**; Friedenstrasse
10, 89522 Heidenheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: HYDROELECTRIC POWER PLANT AND METHOD FOR ASSEMBLING SAID HYDROELECTRIC POWER
PLANT

(54) Bezeichnung : WASSERKRAFTANLAGE SOWIE VERFAHREN ZU DEREN MONTAGE

(57) Abstract: The invention relates to a hydroelectric power plant having the following components or features: a water turbine;
an electrical generator having a rotor and a stator; and a shaft, by means of which the water turbine and the generator are in a dri-
ving connection. The invention is characterized by the following features: setting means for setting the radial distance between the
rotor and stator during the assembly are provided; and the setting means can be removed after the assembly.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Wasserkraftanlage, umfassend die folgenden Bauteile beziehungsweise
Merkmale: eine Wasserturbine; einen elektrischen Generator mit einem Rotor und einem Stator; eine Welle, über die Wasserturbi-
ne und Generator in Triebverbindung stehen. Die Erfindung ist gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale: es sind Einstell-
mittel zum Einstellen des radialen Abstandes zwischen Rotor und Stator bei der Montage vorgesehen; die Einstellmittel sind nach
der Montage entfernbar.



WO 2012/019676 A2

Wasserkraftanlage sowie Verfahren zu deren Montage

Die Erfindung betrifft eine Wasserkraftanlage und ein Verfahren zu deren Montage. Die Erfindung betrifft insbesondere ein Unterwasserkraftanlage, zum
5 Beispiel ein Gezeitenkraftwerk oder eine Wasserturbine. Exemplarisch soll der Gegenstand der Erfindung an einem Gezeitenkraftwerk erläutert werden.

In einer Gewässerströmung freistehende Unterwasserkraftanlage, insbesondere zur Energieerzeugung aus einer Gezeitenströmung, sind bekannt. Eine typische
10 Bauform umfasste eine an einer Maschinengondel umlaufende, propellerförmige Wasserturbine. Dabei wird die Maschinengondel von einer auf dem Gewässergrund fundamentierten Stützstruktur getragen oder als schwimmfähige Einheit durch eine Verankerung auf einer vorbestimmten Tauchtiefe gehalten. Für eine hinreichend große Ausbildung derartiger Unterwasserkraftanlagen können
15 bereits relativ langsame Strömungen für die Energiegewinnung ausgenutzt werden. Hierzu ist typischerweise in der Maschinengondel ein elektrischer Generator vorgesehen, der wenigstens mittelbar von der Wasserturbine angetrieben wird.

Um im Antriebsstrang der Unterwasserkraftanlage auf ein wartungsanfälliges Getriebe verzichten zu können, wurden direkt getriebene elektrische Generatoren vorgeschlagen, wobei der hieraus resultierende Langsamlauf des Generatorläufers durch dessen hochpolige Ausbildung kompensiert wird. Die aus diesem Ansatz resultierenden elektrischen Generatoren für eine gattungsgemäße
25 Unterwasserkraftanlage sind allerdings großbauend und schwer. Dies führt zu einem hohen Montageaufwand, insbesondere für eine Vorortmontage an Bord eines Wasserfahrzeugs oder am Installationsort der Anlage.

Des Weiteren werden zur Ausbildung des hochpoligen Generatorläufers
30 Hochleistungspermanentmagnete verwendet, sodass die Notwendigkeit besteht,

zum Transport und der Handhabung eines Generatorläufers eine Permanentmagnetsicherung vorzusehen. Zusätzlich führt ein Anlagenkonzept mit einem wasserdicht gekapselten elektrischen Generator mit einem umschließenden Gehäuse und einer Wellendichtung zu einer weiteren Erschwernis der Montage.

5

Ähnliche Wasserkraftanlagen sind bekannt geworden aus WO 2007/125349 A2 und WO 2007/017629 A1. Aus diesen Druckschriften geht eine Wellenlagerung hervor, die in Axialrichtung gesehen zu beiden Seiten des elektrischen Generators angeordnet ist. Für eine solche Konstruktion wird die Lagerjustage üblicherweise mit einem auf die Antriebswelle aufgesetzten Generatorläufer vorgenommen.

10

Dabei ist das Eigengewicht des elektrischen Generators bei der Lagereinstellung hinderlich. Ferner können insbesondere bei einer Generatorläuferausbildung mit Permanentmagneten unerwünschte magnetische Kräfte einen störenden Einfluss auf die Zentrierung der zu lagernden Komponenten und die Lagerjustage haben.

15

Es werden Montagevorrichtungen benötigt.

WO 2010/003604 beschreibt eine Unterwasserkraftanlage in Gestalt einer Gondel. Dabei ist die Turbine in einem ersten Gondelabschnitt angeordnet, und der Generator in einem zweiten. Der Generator und das Generatorgehäuse bilden eine separate Generator-Baueinheit. Diese ist als Ganzes handhabbar und montierbar. Der Generator wird vom Hersteller komplett montiert geliefert. Die Frage einer Montage stellt sich somit für den Betreiber nicht.

20

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine gattungsgemäße Wasserkraftanlage so auszubilden, dass dessen Montage im Hinblick auf den Transport und die Handhabbarkeit einzelner Bauteile verbessert wird und sich das Zusammenführen und die Justage, insbesondere die Lagerjustage, der Anlagenkomponenten vereinfacht.

25

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Demgemäß werden Einstellmittel zum Einstellen des radialen Abstandes zwischen Rotor und Stator vorgesehen. Die Einstellmittel können vor beziehungsweise während der Montage eingebracht werden, und nach
5 der Montage wieder entfernt werden.

Ein weiterer Gedanke der Erfindung besteht in Folgendem:

- Die Generator-Baueinheit ist wiederum als Ganzes handhabbar und
10 montierbar. Der Betreiber des Generators benötigt somit keine Montagevorrichtungen.
- Die drehfeste Verbindung zwischen der Turbine und der Welle sowie zwischen der Generator-Baueinheit und der Welle ist eine Steckverbindung.
- Die hierbei miteinander zusammenarbeitenden Bauteile sind derart
15 bemessen, dass die Verbindung eine reibschlüssige ist, und die im Betrieb auftretenden Drehmomente übertragen kann.

Die Erfindung ist anhand der Zeichnung näher erläutert. Darin ist im Einzelnen
20 folgendes dargestellt:

Figur 1 zeigt eine Wasserkraftanlage in montiertem Zustand in einem Axialschnitt.

25 Figur 2 zeigt den Gegenstand von Figur 1 in einer Explosionsansicht.

Figur 3 zeigt das Turbinengehäuse aus den Figuren 1 und 2 in vergrößerter Darstellung.

Figur 4 zeigt den elektrischen Generator aus den Figuren 1 und 2 in vergrößerter Darstellung.

Figur 5 zeigt wiederum in vergrößerter Darstellung eine Einstelleinrichtung zum Einstellen des gegenseitigen axialen Abstandes von Stator und Rotor des elektrischen Generators.

Figur 6 zeigt die Welle aus den Figuren 1 und 2 in vergrößerter Darstellung.

Fig. 7.1 - 7.6 veranschaulichen die einzelnen Verfahrensschritte zum Montieren der Wasserkraftanlage gemäß Figur 1.

Die in Figur 1 gezeigte Wasserkraftanlage umfasst die folgenden Elemente:

Die Turbine 1 ist als Rohrturbine in Propellerausführung ausgebildet. Sie weist mehrere Propellerblätter 1.1 auf. Diese können Verstellpropeller sein. Turbine 1 weist eine Abströmhaube 1.2 auf.

Der elektrische Generator 2 umfasst einen Rotor 2.1 und einen Stator 2.2. Der Rotor 2.1 befindet sich radial innerhalb des Stators 2.2. Dies könnte auch umgekehrt sein. Rotor 2.1 ist mit einer Mehrzahl von Permanentmagneten besetzt.

Man erkennt ferner eine Welle 3. Diese stellt in montiertem Zustand eine mechanische Triebverbindung zwischen Turbine 1 und Generator 2 her.

Ein wichtiges Bauteil ist das Turbinengehäuse 4. Dieses weist eine Einlaufstruktur 4.1 auf, ferner ein Auslaufrohr 4.2. Das Turbinengehäuse 4 erfüllt zwei Funktionen. Vor allem trägt es die Welle 3, die Turbine 1 und den Generator 2. Sodann erfüllt die Einlaufstruktur 4.1 des Gehäuses 4 die hydraulische Funktion der Zuführung des einströmenden Wassers zur Turbine 1.

Eine Anströmhaube 2.3 ist auf den Stator 2.2 aufgesetzt und sorgt für eine Trennung des Maschinen-Innenraumes von der Umgebung.

Die Explosionsdarstellung gemäß Figur 2 lässt die einzelnen Bauteile nochmals genauer erkennen. Wichtig ist die Gestaltung des Turbinengehäuses 4. Zentrales Bauteil für das Montieren sind die Welle 3 sowie das Turbinengehäuse 4. Das Turbinengehäuse 4 weist ein Radiallager 5.1 und ein Axiallager 5.2 auf. Die Welle weist ein Radiallager 6.1 und ein Axiallager 6.2 auf. Axiallager 6.2 ist an einer Seitenfläche eines Bundes 6 angeordnet, siehe auch Figur 3.

Aus Figur 5 erkennt man die genannte Einrichtung zum Positionieren von Rotor 2.1 und Stator 2.2 relativ zueinander. Der Rotor 2.1 des Generators 2 wird beim Hersteller im Stator 2.2 vormontiert und mittels mehrerer Stellschrauben 9 in einer zentrierten Lage gehalten. An den beiden Endschilden 2.2.2 (hier nur ein Endschild dargestellt) des Stators 2.2 sind drei Stellschrauben 9 verteilt angeordnet. Es handelt sich somit um insgesamt sechs Stellschrauben 9. Hiermit wird die Rotorhülse 2.1.1 im Stator 2.2 gehalten. Es erfolgt somit eine präzise und zuverlässige Positionierung von Rotor 2.1 und Stator 2.2 relativ zueinander.

Das radial innere Ende einer jeden Stellschraube 9 ist als Stift ausgebildet. Dieser greift in eine Ringnut in der Rotorhülse 2.1.1 ein. Die Stellschrauben werden bei der Montage des Generators vom Hersteller eingebaut und nach der Montage wieder entfernt.

Nach der Montage werden die Stellschrauben wieder entfernt.

Es können auch mehr oder weniger als drei Stellschrauben verwendet werden.

Ganz allgemein sind auch andere Mittel zum Einstellen des radialen Abstandes von Rotor 2.1 und Stator 2.2. denkbar, beispielsweise Keile.

Radiallager 5.1 arbeitet mit Radiallager 6.1 zusammen, und Axiallager 5.2 mit Axiallager 6.2.

- 5 Die Welle 3 trägt einen weiteren Bund 7 mit Absatz 7.1. Bund 7 ist derart bemessen, dass sein Außendurchmesser der lichten Weite einer Hülse 2.1.1 des Rotors 2.1 entspricht.

- 10 Die eine Stirnseite des Stators 2.2 trägt Haltestifte 2.2.1. Diese greifen bei der Montage in entsprechende Bohrungen eines Tragrings 8 von L-förmigem Profil. Siehe auch Figur 4.

- 15 Die Übertragung des Drehmomentes zwischen der Welle 3 und dem Generator 2 erfolgt durch Reibschluss zwischen diesen beiden. Siehe die genannten Lager 5.1 bis 5.3, so wie unter Bezugnahme auf Figur 2 und Figur 3 beschrieben.

Die Welle 3 überträgt die Kräfte über die genannten Lager in die Gehäuseteile, und das Drehmoment der Turbine 1 an den Generator 2.

- 20 Als Laufflächenbeschichtung kommt eine flammgespritzte und anschließend geschliffene Hartschicht zum Einsatz. Für die Funktion der Lager sind die folgenden Eigenschaften maßgeblich: Die Härte, die Oberflächenqualität, die Form- und Lagertoleranzen der Hartschicht. Aber auch die Dichtigkeit ist wichtig, und zwar für die Korrosionsbeständigkeit. Deshalb kann auf der Welle unter der
25 Hartschicht eine Schicht aufgebracht werden, die lochfraß- und korrosionsbeständig ist und beispielsweise aus Edelstahl besteht.

Die Montage des gesamten Kraftwerkes ergibt sich aus den Figuren 7.1 bis 7.6.

- 30 Im Einzelnen werden die folgenden Verfahrensschritte ausgeführt:

Figur 7.1 zeigt wiederum das Turbinengehäuse 4. Es ist vertikal aufgestellt. Die Einlaufstruktur weist nach oben. Hierzu werden kleinere Montageplattformen oder Gerüste verwendet.

5

In dieser Position können die Axiallager 5.1 positioniert werden.

Figur 7.2 veranschaulicht das Einsetzen der Welle in das Gehäuse 4, und zwar in dessen Einlaufbereich, bis die Axiallager 5.2 und 6.2 unter Pressung aneinander anliegen. Dabei liegen auch gleichzeitig die Radiallager 5.1 und 6.1 mit an. Die Welle 3 benötigt keine weitere Zentrierung und muss nicht weiter eingerichtet werden, da sie über den Radiallagersitz zentriert wird. Sie muss allerdings koaxial zur radialen Lagerschale 6.1 positioniert werden. Das Feineinstellen kann mittels einer Fühllehre erfolgen.

10

15

Gemäß Figur 7.3 wird nunmehr der Generator 2 auf die Welle 3 aufgeschoben. Der Generator befindet sich im Anlieferzustand mit Rotor 2.1. Eine Zentrierung ist nicht notwendig, da die radiale Positionierung der Teile über die Radiallagerschale erfolgt. Hierbei wird die Rotorhülse 2.1.1 auf den Bund 7 aufgeschoben, wobei ein Reibschluss zwischen diesen beiden hergestellt wird.

20

Nunmehr wird das hintere Radiallager montiert – siehe Figur 7.4, dort die eingekreisten Teile, nämlich einen Stützring 8 und das Ende der Welle 3.

25

Dabei muss wiederum darauf geachtet werden, dass die Welle koaxial zum Stützring 8 verläuft. Wie oben ausgeführt, werden die Stellschrauben 9 nach Abschluss der Lagermontage entfernt.

Als weiterer Schritt folgt die Montage des Rotors der Turbine 1 – siehe Figur 7.5. Zu diesem Zweck wird die zuvor montierte Einheit auf den Kopf gestellt, sodass die Einlaufstruktur 4.1 nach unten weist.

- 5 Der Rotor kann ohne Schwierigkeiten aufgesetzt und montiert werden. Hierzu ist genügend Raum vorhanden. Ein Ausrichten ist nicht notwendig.

Gemäß Figur 7.6 wird die soweit montierte Einheit wiederum verdreht, sodass die Einlaufstruktur 4.1 nach oben verweist. Nunmehr wird die Anströmhaube 2.3
10 montiert, gegebenenfalls auch Peripheriesysteme innerhalb der Anströmhaube 2.3.

Bezugszeichenliste

	1	Wasserturbine
	1.1	Turbinenblätter
5	1.2	Abströmhaube
	2	Generator
	2.1	Rotor
	2.1.1	Rotorhülse
	2.2	Stator
10	2.2.1	Haltestifte
	2.2.2	Endschild
	2.3	Anströmhaube
	3	Welle
	4	Turbinengehäuse
15	4.1	Einlaufstruktur
	4.2	Auslaufrohr
	5.1	Radiallager
	5.2	Axiallager
	6	turbinennaher Bund
20	6.1	Radiallager
	6.2	Axiallager
	7	turbinenferner Bund
	7.1	Absatz
	8	Stützring
25	9	Stellschraube
	9.1	Sicherungsmutter

Patentansprüche

1. Wasserkraftanlage, umfassend die folgenden Bauteile beziehungsweise Merkmale:
 - 5 1.1 eine Wasserturbine (1);
 - 1.2 einen elektrischen Generator (2) mit einem Rotor (2.1) und einem Stator (2.2);
 - 1.3 eine Welle (3), über die Wasserturbine (1) und Generator (2) in Triebverbindung stehen;
 - 10 gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
 - 1.4 es sind Einstellmittel (9) zum Einstellen des radialen Abstandes zwischen Rotor (2.1) und Stator (2.2) bei der Montage vorgesehen;
 - 1.5 die Einstellmittel (9) sind nach der Montage entfernbar.
- 15 2. Wasserkraftanlage nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
 - 2.1 die Einstellmittel (9) umfassen Stellschrauben (9) zum Einschrauben in Gewinde des Stators (2.2);
 - 2.2 die Gewinde sind derart angeordnet, dass sich die Stellschrauben (9) in
20 eingeschraubten Zustand zum Justieren des gegenseitigen radialen Abstandes zwischen Rotor (2.1) und Stator (2.2) abstützen
3. Wasserkraftanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in wenigstens einem von zwei Endschilden (2.2.2) des Stators (2.2.)
25 Gewindebuchsen (2.2.2) zum Einschrauben der Schrauben (9) vorgesehen sind.
4. Wasserkraftanlage nach Anspruch 3, gekennzeichnet, durch die folgenden Merkmale:

- 4.1 ein Turbinengehäuse (4), das die Turbine (1) umgibt und in Strömungsrichtung vor der Turbine (1) eine Einlaufstruktur (4.1) und hinter der Turbine (1) ein Auslaufrohr (4.2) aufweist;
- 4.2 das Turbinengehäuse (4) weist ein Radiallager (5.1) auf, in das die Welle (3) einschiebbar ist, und das mit dieser einen Sitz bildet;
- 4.3 das Turbinengehäuse (4) weist ein Radiallager (5.2) auf, das mit einem aus der Welle (3) gebildeten Gegenlager (6.2) zusammenarbeitet;
- 4.4. die Welle (3) weist an ihrem der Turbine (1) gegenüberliegenden Ende ein Radiallager (5.3) auf.
5. Wasserkraftanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (3) von einem turbinennahen Bund (6) umgeben ist, der ein Axiallager (6.2) trägt, das seinerseits mit dem Axiallager (5.1) des Gehäuses (4) zusammenarbeitet.
6. Wasserkraftanlage nach Anspruch 4 oder 5 dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (3) von einem turbinenfernen Bund (7) umgeben ist, der eine radial innere Hülse (2.1.1) des Rotors (2.1) trägt.
7. Wasserkraftanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (2.2) an seinem turbinenfernen Ende einen Stützring (8) trägt, der ein Lager für die Welle (3) bildet.
8. Verfahren zum Montieren einer Wasserkraftanlage gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch die folgenden Verfahrensschritte:
- 8.1 die Welle (3) wird in das Gehäuse (4) eingesetzt, und zwar in dessen Einlaufbereich, bis zum gegenseitigen Anliegen der Axiallager (5.2, 6.2);
- 8.2 der Generator (2) wird auf die Welle (3) aufgeschoben;
- 8.3 ein Stützring (8) wird auf das dem Turbinengehäuse abgewandte Ende der Welle aufgeschoben;

- 8.4 der Rotor der Turbine (1) wird mit der Welle drehfest verbunden.
Wasserkraftanlage sowie Verfahren zu dessen Montage

1/7

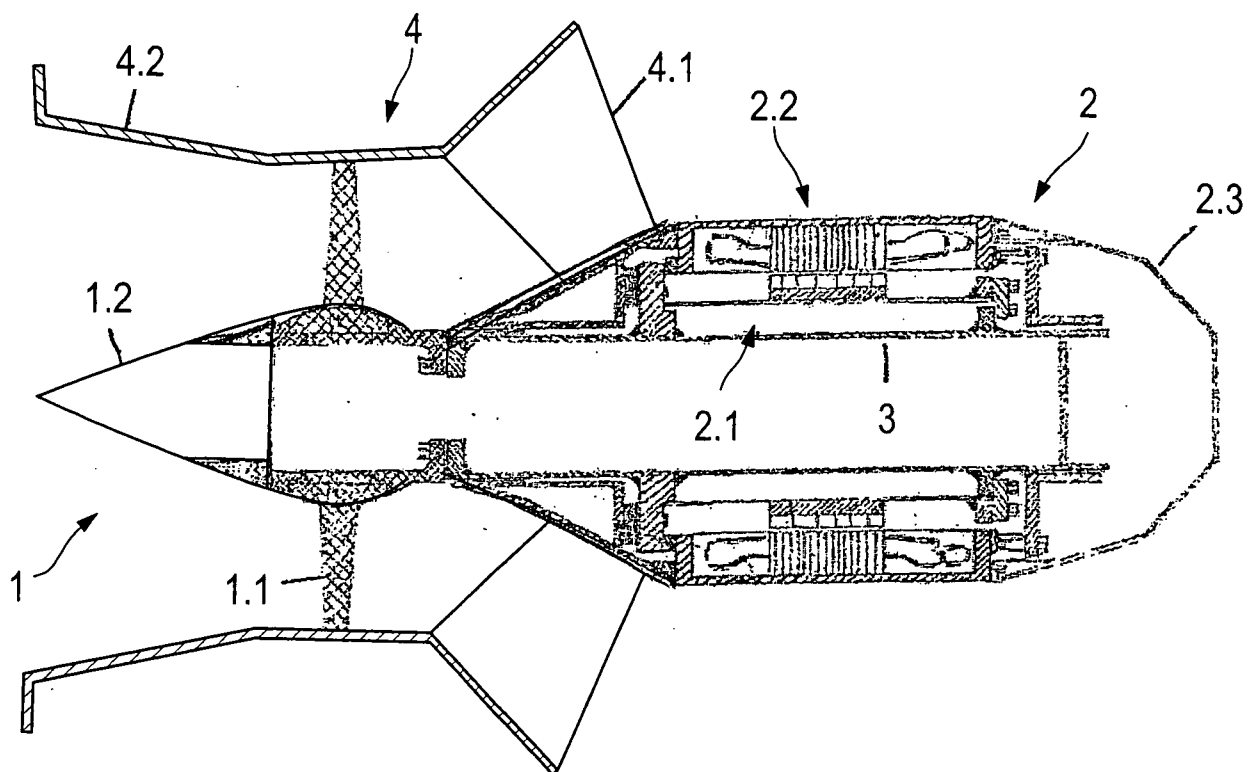


Fig. 1

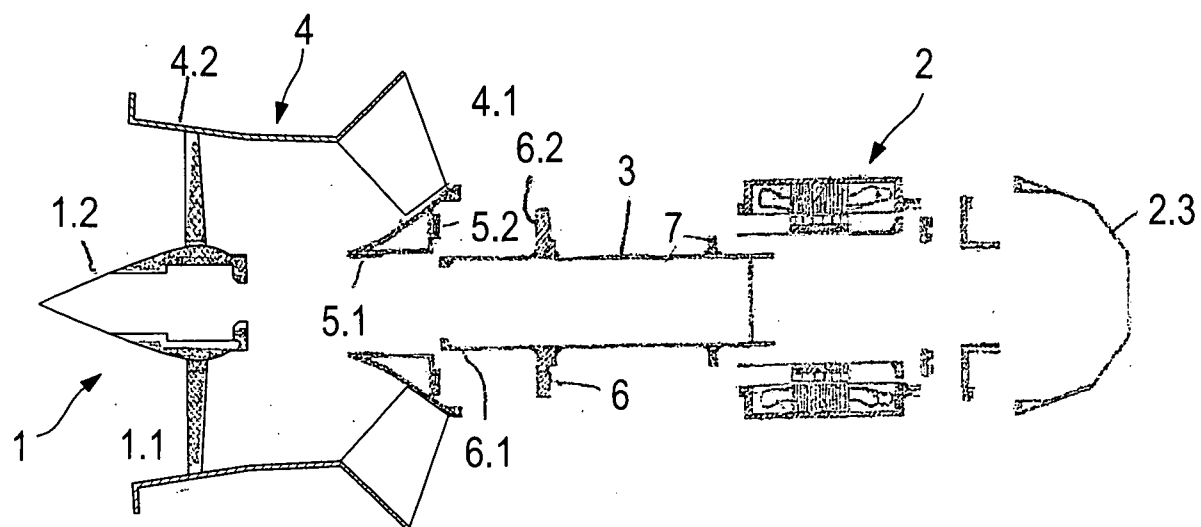


Fig. 2

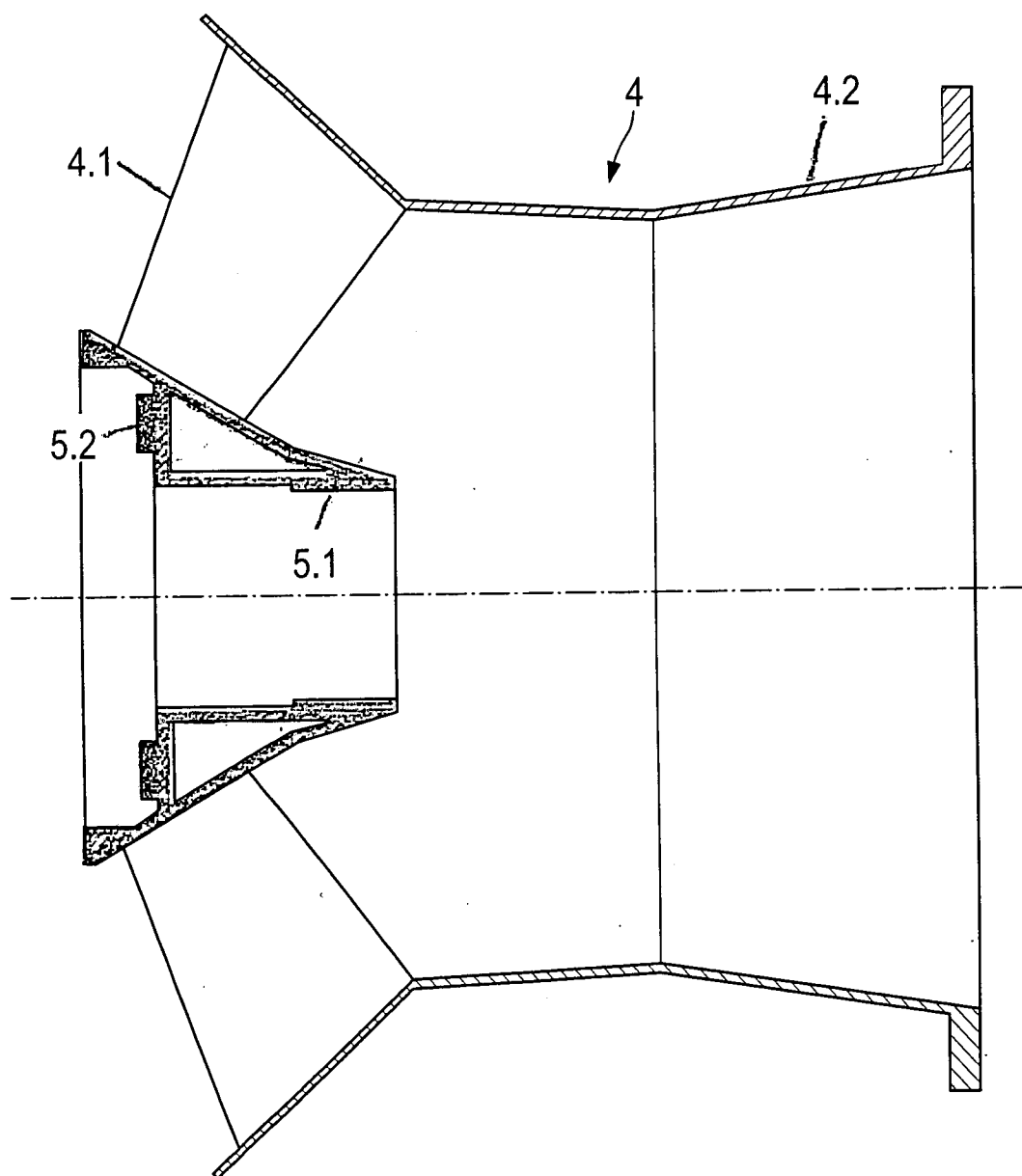


Fig. 3

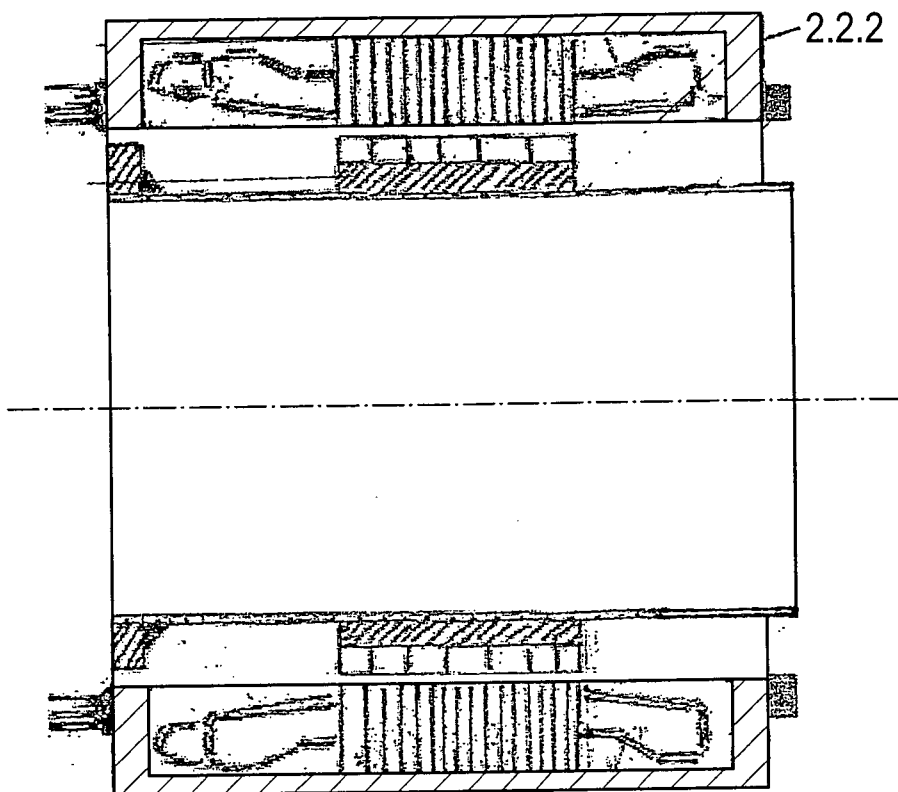


Fig. 4

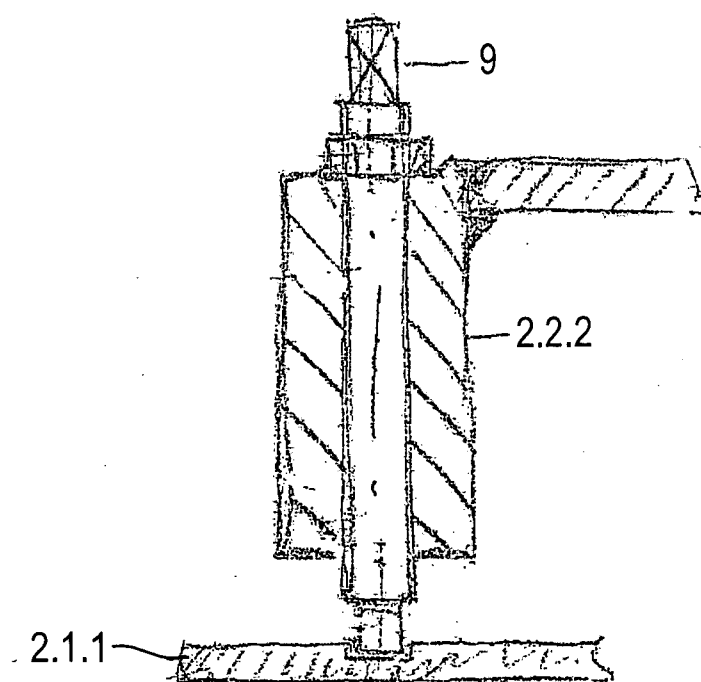


Fig. 5

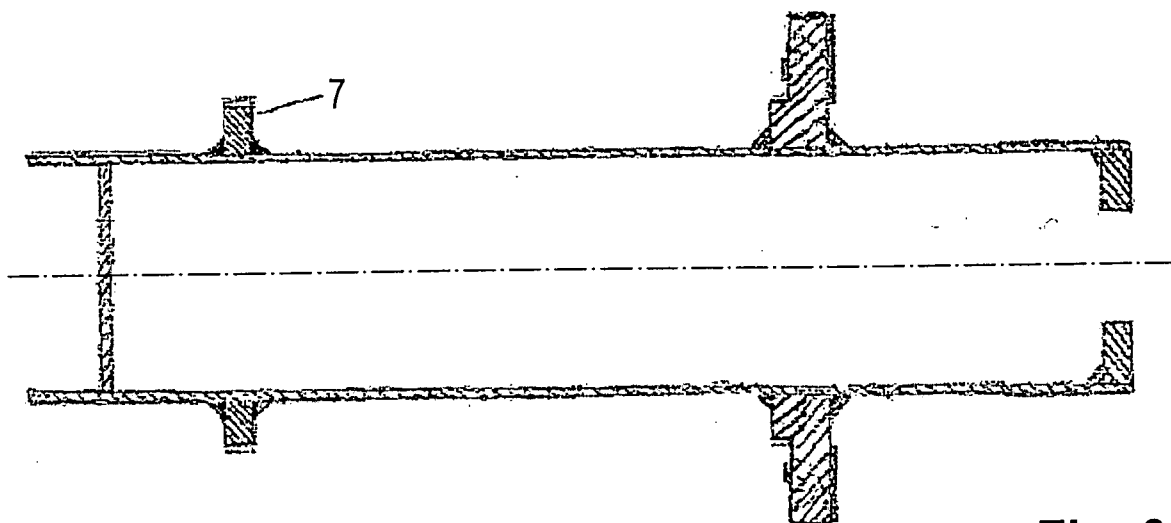


Fig. 6

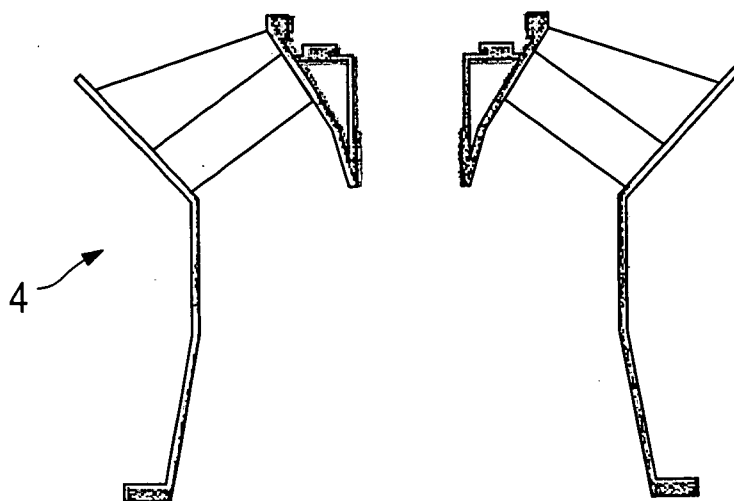


Fig. 7.1

5/7

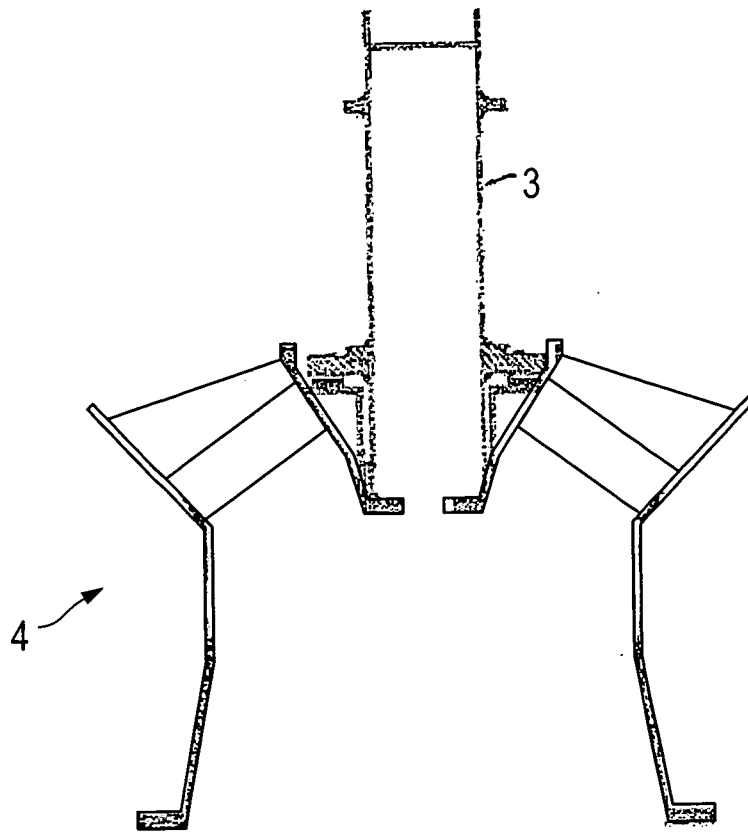


Fig. 7.2

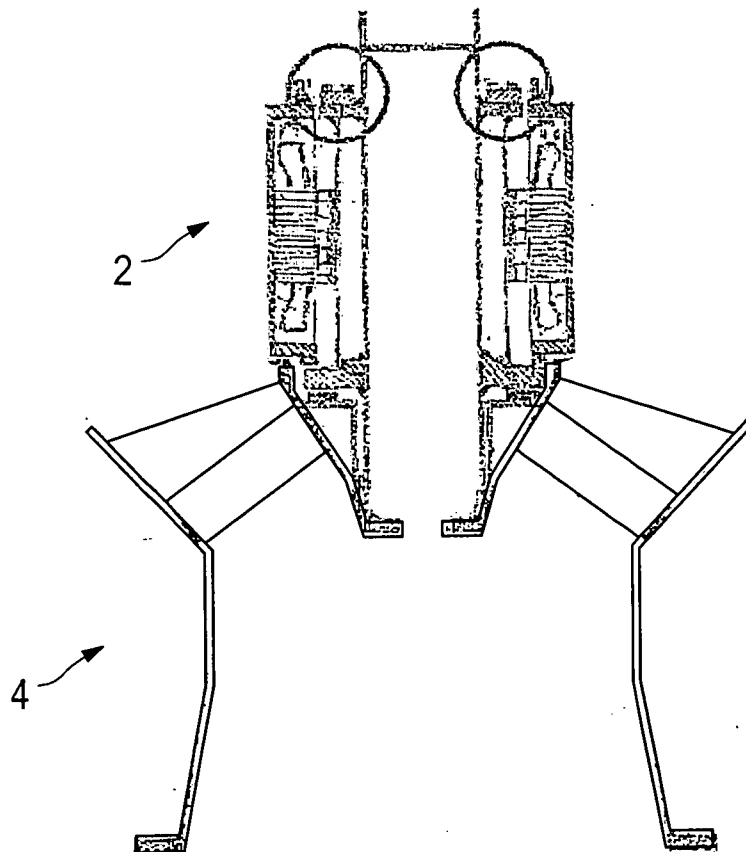


Fig. 7.3

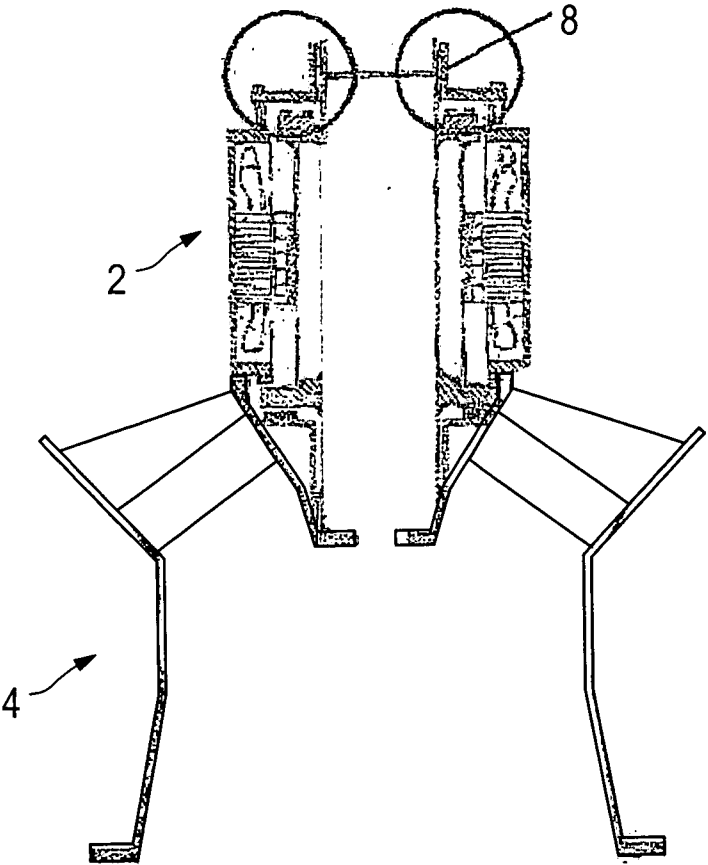


Fig. 7.4

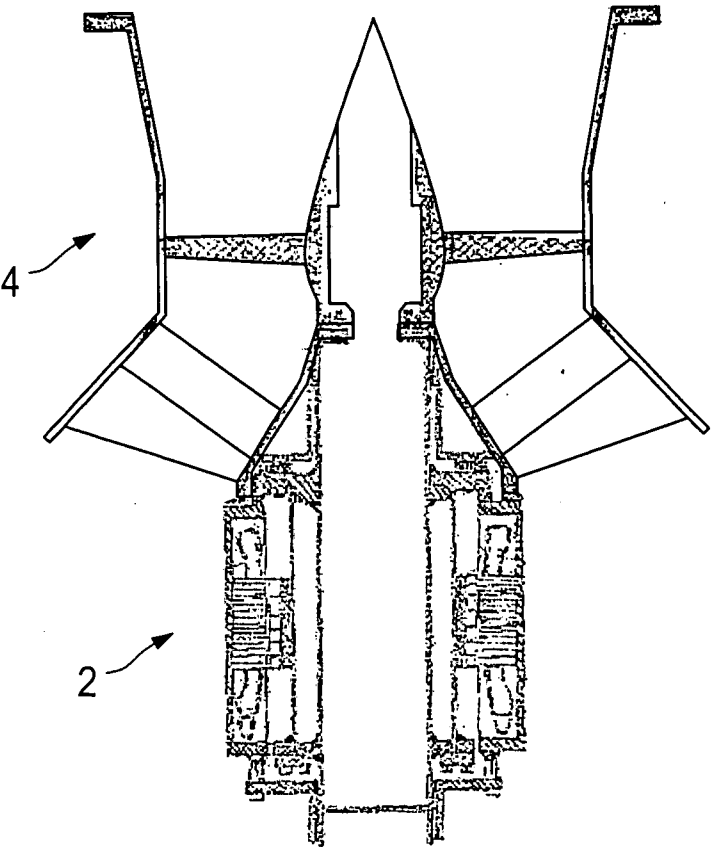


Fig. 7.5

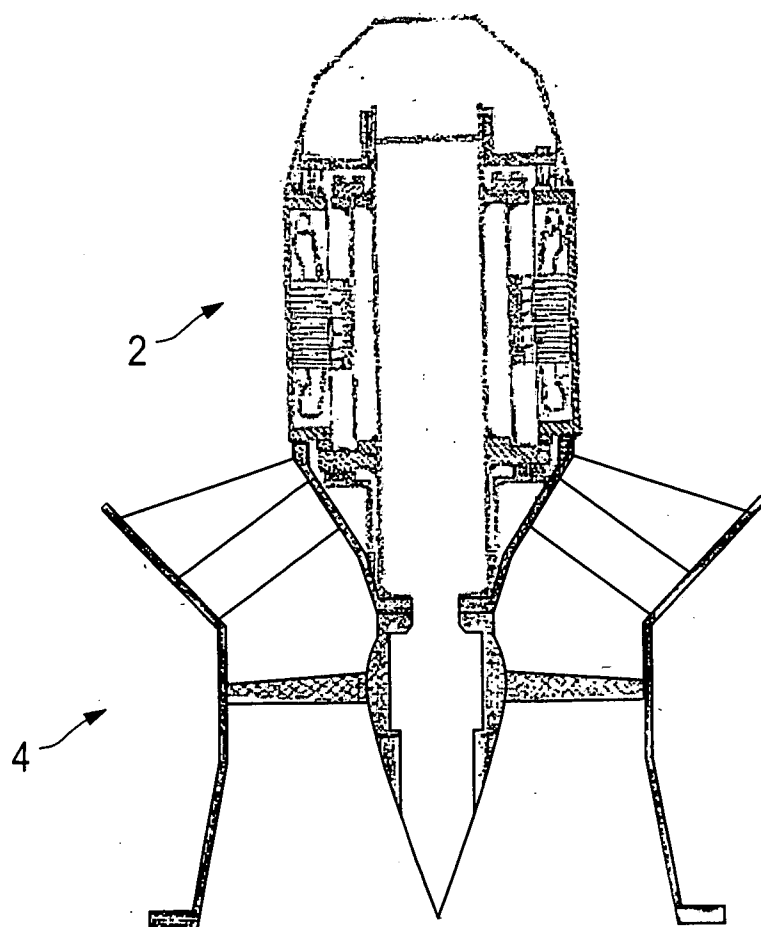


Fig. 7.6