

(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
6. März 2003 (06.03.2003)

PCT

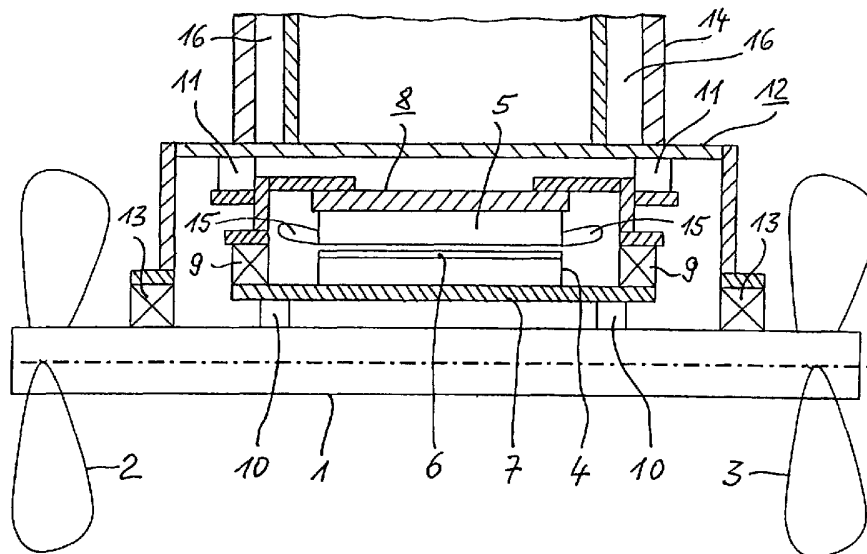
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/019759 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H02K 55/04, 5/24, B63H 25/42, 23/24
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/03239
- (22) Internationales Anmeldedatum: 30. August 2002 (30.08.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 43 713.7 30. August 2001 (30.08.2001) DE
102 24 014.0 29. Mai 2002 (29.05.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 8033 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RIES, Günter [DE/DE]; Schobertweg 2, 91056 Erlangen (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AU, BR, CA, CN, JP, KR, NO, RU, US, ZA.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).
- Veröffentlicht:
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SUPERCONDUCTING ELECTRICAL MACHINES FOR USE IN NAVY SHIPS

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINEN IN SUPRALEITUNGS-TECHNIK FÜR MARINE (NAVY)-SCHIFFE



(57) Abstract: The invention relates to superconducting electrical machines, for example motors or generators, especially high-temperature superconducting machines. The inventive machines comprise a rotor equipped with superconductors, especially high-temperature superconductors, a rotor cryostat, a rotor shaft and a cryostatic link comprising a cryostatic conductor between the cryostat and a frigorific apparatus, and a non-superconducting stator. The inventive machines are adapted to be resistant to thermal shocks as required for navy ships. According to the invention, the stator (13, 29), the rotor (18, 28) and the cryostat (15) are motion-decoupled from an outer machine housing (4, 23) and the rotor shaft (12) by elastic elements (17, 25). In an embodiment of the invention, the machine housing is configured as a thruster housing and is elastically linked with the stern of the ship.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/019759 A2



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Elektrische Maschinen, z.B. Motoren oder Generatoren, in Supraleitungs-Technik, insbesondere in Hochtemperatursupraleitungs-Technik, wobei die Maschinen einen Rotor mit Supraleitern, insbesondere Hochtemperatursupraleitern, einen Rotorkryostaten, eine Rotorwelle und eine Kryoverbindung mit einem Kryoleiter zwischen dem Kryostaten und einem Kälteerzeuger sowie einen Stator in nicht supraleitender Technik aufweisen und wobei sie für Marine(Navy)-Schiffe tauglich schockfest ausgebildet sind, wobei der Stator (13,29), der Rotor (18,28) und der Kryostat (15) gegenüber einem äusseren Maschinengehäuse (4,23) und gegenüber der Rotorwelle (12) durch elastische Elemente (17,25) bewegungsmässig entkoppelt sind und wobei in einer Ausführung das Maschinengehäuse als Ruderpropellergehäuse ausgebildet und elastisch mit dem Schiffsheck verbunden ist.

Beschreibung

Elektrische Maschinen in Supraleitungs-Technik für Marine(Navy)-Schiffe

5

In der Vergangenheit wurde bereits vorgeschlagen, herkömmliche elektrische Maschinen, z.B. Motoren oder Generatoren, in Supraleitungs-Technik auszuführen, um den Wirkungsgrad dieser Maschinen zu verbessern und platzsparende Konzepte verwirklichen zu können. Entsprechende Labormaschinen wurden auch bereits verwirklicht und in den USA und in Deutschland der Öffentlichkeit vorgestellt. Eine Umsetzung in die Schiffs-Betriebs-Praxis erfolgte jedoch bisher nicht, da die technischen Schwierigkeiten, insbesondere bei Marine(Navy)-Schiffen mit ihren besonders hohen Anforderungen an Schockfestigkeit, Vibrationsfestigkeit etc. als zur Zeit noch nicht erreichbar angesehen wurden.

Es ist Aufgabe der Erfindung, elektrische Maschinen in Supraleitungs-Technik, insbesondere in Hochtemperatur-Supraleitungs-Technik, anzugeben, die praxisgerecht ausgestaltet sind und ohne weiteres in Marine(Navy)-Schiffen verwendet werden können, wobei es insbesondere die Aufgabe ist, einen elektrischen Antriebsmotor in supraleitender Technik für Ruderpropeller anzugeben, bei dem die spezifischen Vorteile der Supraleitungs-Technik zu einem besonders leichten Antrieb führen können, der eine strömungsgünstige Heckform ermöglicht und zu einer schlanken Schiffsausbildung führt.

Das Prinzip eines schockgedämpften elektrischen Ruderpropellers ist in der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 101 43 713.7 (Teil 2 des Anmeldetextes) beschrieben, deren Offenbarung als Teil der Offenbarung dieser Patentanmeldung gelten soll.

35

Die Integration eines Hochtemperatur-Supraleitungs-Systems in einen elektrischen Ruderpropeller in nicht schockgedämpfter

Ausführung ist aus der ebenfalls nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 102 24 014.0 (Teil 3 des Anmelde-
textes) mit dem Titel „Elektrischer Ruderpropeller für ein
Marine(Navy)-Schiff“ zu ersehen, die insbesondere die elasti-
5 sche Aufhängung eines elektrischen Ruderpropellers am Heck
einer Fregatte, einer Korvette oder eines Schnellboots be-
trifft. Auch hier ist jedoch die schockgedämpfte Ausführung
eines Supraleitungs-Technik benutzenden elektrischen Motors
nicht beschrieben. Auch diese Offenbarung soll Teil der An-
10 meldung sein. Das gleiche gilt für die elektrischen Ruderpro-
peller-Motoren, wie sie die WO 02/30742 A1 und die DE 196 47
948 A1 zeigen. Diese Motoren sind zwar in Bezug auf Vibratio-
nen von ihrem Gehäuse entkoppelt, durch die vorgesehene übli-
che Luftkühlung bauen sie jedoch groß und schwer.

15

Es ist eine besondere Aufgabe der Erfindung, die einzelnen
Komponenten einer elektrischen Maschine in Supraleitungs-
Technik anzugeben, die für ein Marine(Navy)-Schiff geeignet
ist und Beschleunigungen des Schiffsteils, in dem sie ange-
20 ordnet ist, bis über 100 g ertragen kann. So ist auch eine
supraleitende Maschine uneingeschränkt für die Marine (Navy)
nutzbar.

Die erfindungsgemäße elektrische Maschine, sei es ein Motor,
25 z.B. ein elektrischer Motor für einen elektrischen Ruderpro-
peller, oder ein Motor für einen herkömmlichen Propeller oder
einen Waterjet, der zur Erhöhung der Gefechtsgeschwindigkeit
in dem Marine-Schiff angeordnet ist, oder ein Generator zur
Erzeugung von Elektroenergie für einen elektrischen Motor,
30 zeigt stets die spezifischen Vorteile des hohen Wirkungs-
grads, der geringen Abmessungen und des geringen Gewichts ei-
nes supraleitenden elektrischen Motors oder Generators.

Die Lösung der Aufgabe ergibt sich aus dem Wortlaut des kenn-
35 zeichnenden Teils des Hauptanspruchs sowie aus den Unteran-
sprüchen, den Zeichnungen und der Zeichnungsbeschreibung.

Für die wesentlichen Elemente des supraleitenden Motors oder Generators, insbesondere in Hochtemperatur-Supraleitungsausführung, liegen bereits detaillierte Informationen vor, so z.B. über den Kryoverteiler in der Schrift WO 00/13296; desgleichen Informationen über die Kupplung zwischen kaltem Rotorwellenteil und dem nach außen geführten Wellenteil aus der deutschen Patentanmeldung 101 10 674.2 sowie von Kaltköpfen aus der EP 0 865 595 B1. Einzelheiten über Kompressoreinheiten und über Zubehör für Kryo-Refrigeratoren sind z.B. aus den Beschreibungen und Betriebsanleitungen der Firma Leybold für ihre Typen RGS oder Coolpak bekannt. Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass aus den verschiedenen Gebieten der Technik, z.B. aus der Kernspintomographie, aus supraleitenden Magnetschaltern oder von ähnlichen Produkten bereits grundsätzlich die Komponenten bekannt sind, die in neuer Kombination und in erfindungswesentlicher Abwandlung für die Motoren und Generatoren für Marine(Navy)-Schiffe eingesetzt werden sollen.

Nähere Einzelheiten der Erfindung sind aus den Zeichnungen zu entnehmen, die, ebenso wie die Unteransprüche, auch weitere erfinderische Einzelheiten enthalten.

Im Einzelnen zeigen in beispielhafter Ausführung:

25

FIGUR 1 einen Prinzipschnitt durch einen elektrischen Ruderpropeller in HTSL-Ausführung,

FIGUR 2 einen Prinzipschnitt durch einen elektrischen Ruderpropeller mit vereinfachter Bewegungs-Entkoppelung

30

und

FIGUR 3 eine elastische Kühlmittleitung im Motor.

In FIGUR 1 bezeichnet 1 die Kontur eines Schiffsrumpfs, in dem ein Ruderpropellerschaft 2 drehbar und elastisch ausweichfähig angeordnet ist. Der Propeller des elektrischen Ruderpropellers ist mit 3 bezeichnet, in diesem Fall ein einfacher Zug- oder Druckpropeller. So bleibt vorteilhaft ein Wel-

lenende im Gehäuse für die Kühlmittleinleitung frei. Das Gehäuse des elektrischen Ruderpropellers ist mit 4 bezeichnet; in ihm ist die Rotorwelle 12, die gleichzeitig die Propellerwelle ist, mit Lagern 5 und 7 mittig angeordnet.

5

In dem Ruderpropellerschaft 2 ist, etwa auf dem Oberteil des Motorgehäuses 23, der Kompressor eines Kälteaggregats 8 angeordnet, das mit einem nicht näher gezeigten Rückkühlsystem mit dem Kühlsystem des Schiffes oder des elektrischen Ruderpropellers verbunden ist. Zwischen dem Kompressor 8 und einem Kaltkopf 10 ist eine flexible Druckgashin- und -rückleitung 9 angeordnet, die den Kaltkopf 10 mit Druckgas speist. Der Kaltkopf 10 steht mit einer an sich bekannten Kryokupplung 11 in Verbindung, die das im Kaltkopf abgekühlte Kältemittel auf den rotierenden Kryoverteiler 20 weitergibt, von dem es über die flexible Leitung 21 in den Kryostaten 15 gelangt.

Im vakuumisolierten Rotorkryostaten 15 befindet sich die supraleitende Wicklung 14, insbesondere eine Hochtemperatur-Supraleitungs-Wicklung, die über eine Drehmomentübertragungskupplung 16 mit geringer Wärmeleitfähigkeit mit dem warmen Rotorkryostat 15 verbunden ist. Das Rotorrohr 24 ist über Dämpfungselemente 17 mit der Welle 12 des elektrischen Ruderpropellers verbunden und stützt sich über Lager 19 auf dem Endflansch des Gehäuses 23 ab. Außen im Gehäuse 23 befindet sich der Stator 13, zwischen dem und dem Rotor 18 ein relativ großer Luftspalt 22 ausgebildet ist. Der Luftspalt ist so bemessen, dass elastische Verformungen des Rotors 18 und/oder des Stators 13 sowie das Lagerspiel des Lagers 19 in Summe kleiner bleiben als ihre Bewegung unter Schockbeeinflussung. So ist auch eine einwandfreie Funktion bei einer Unterwasserexplosion, z.B. direkt unter dem elektrischen Ruderpropeller, gewährleistet.

35 Das Rotorrohr 24 ist über Dämpfer 17, hier werden vorteilhaft die gleichen Dämpfer wie zwischen dem Rotorrohr und dem Gehäuse verwendet, mit der Rotorwelle 12 verbunden. Insgesamt

ergibt sich eine Lösung mit geringsten Kälteverlusten und gleichzeitig hoher Schockfestigkeit.

In FIGUR 2, in der eine vereinfachte Ausführung gezeigt wird, wobei einzelne Teile der Maschine denen aus FIGUR 1 entsprechen und daher nicht extra bezeichnet sind, wird die hohe mögliche Ampere-Windungszahl supraleitender Wicklungen ausgenutzt. Der Rotor benötigt nur eine geringe Leitermasse und kann mit wenig oder keinem Eisen ausgeführt werden. Stoßkräfte auf die geringe Masse des Rotors sind dann klein oder vergleichbar mit betriebsmäßigen Kräften. Der Rotor ist unge-dämpft mit der Welle verbunden; die Verbindung der Kryokupplung zum Kühlmittelraum erfolgt über starre vakuumisolierte Leistung. Der schwere Ständer und der Kryokühler sind über Dämpfer 25 aufgehängt, nur eine flexible Verbindung 26 Kaltkopf - Kryokupplung ist nötig. Der Luftspalt 27 zwischen dem Rotor und der Luftspaltständerwicklung ist dabei so groß gewählt bis 50 mm, dass auch bei maximaler Stoßbelastung keine Berührung von Rotor und Stator 28, 29 auftritt. So ergibt sich eine besonders leichte und einfache Ausführung der supraleitenden Maschine.

In FIGUR 3 ist eine flexible Kühlmittelleitung, wie sie z.B. für die Maschine benötigt wird, gezeigt. In einem doppelwandigen Gehäuse 30 befindet sich ein Vakuum 31, das sich zwischen den beiden flexiblen Kühlmittelleitungsteilen 33 und 34 fortsetzt. Diese flexiblen Kühlmittelteile sind über Flansche 35, 36 mit den Wandungen, die das Kühlmittel 32 umschließen, verbunden. Insgesamt ergibt sich eine einfache und nur geringe Wärmeverluste zulassende Ausführung einer Kühlmittelleitung.

Beschreibung

Elektrische Antriebseinrichtung für ein Schiff

5 Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Antriebseinrichtungen für Schiffe und ist bei der konstruktiven Ausgestaltung eines Elektromotors anzuwenden, der aus einem Stator und einem Rotor besteht und in einem an der Unterseite eines Schiffsrumpfes gondelartig anzuordnen, strömungsgünstig gestalteten Gehäuse angeordnet ist und bei dem der Rotor von einer in dem
10 Gehäuse gelagerten Welle getragen ist, an die wenigstens ein Propeller angekoppelt ist.

Bei einer bekannten Antriebseinrichtung dieser Art ist der
15 Rotor als permanenterregter Rotor ausgebildet und besteht aus einer Tragkonstruktion mit rohrartigem Tragkörper und einem magnetisch aktiven Teil. Der Rotor ist auf einer wenigstens einen Propeller tragenden und im Gehäuse der Antriebseinrichtung gelagerten Antriebswelle angeordnet. Der Stator als elektrisch und magnetisch aktives Teil ist in das Gehäuse der
20 Antriebseinrichtung kraftschlüssig eingepasst. Die Kühlung des Elektromotors erfolgt dabei durch Wärmeabfuhr über das Gehäuse an das umgebende Wasser. Zur Kühlung der Wickelköpfe des Stators kann im Inneren des Gehäuses Luft oder ein Isolieröl umgewälzt werden (WO 97/49605). Alternativ kommt die Verwendung einer speziellen Wärmebrücke in Betracht
(DE 199 02 837 A1). Zusätzliche Kühlmaßnahmen können in der Verwendung von im schachtartigen Tragteil der Antriebseinrichtung angeordneten Rückkühlern bestehen
30 (DE 198 26 226 A1).

Bei einer anderen bekannten Antriebseinrichtung mit gondelartig angeordnetem Elektromotor ist der Stator mit radialem Ab-

stand in dem Gehäuse angeordnet, um Stator und Rotor mit einem aus dem Schiffsrumpf über spezielle Kühlkanäle zugeführten gasförmigen Kühlmittel kühlen zu können (US 5,403,216 A).

5 Ausgehend von einer Antriebseinrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1 liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Antriebseinrichtung so auszubilden, dass sie Schockbelastungen standhalten kann und damit auch für Anwendungen in Einsatzgebieten geeignet ist, in denen
10 starke Unterwasser-Druckwellen auftreten können.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist gemäß der Erfindung vorgesehen, dass der Stator über Drehlager am Rotor fixiert ist und dass sich die aus Stator und Rotor gebildete Baueinheit sowohl am
15 Gehäuse als auch auf der Antriebswelle elastisch abstützt.

Bei einer derartigen Ausgestaltung der Antriebseinrichtung bilden die mit einer großen Masse ausgestatteten elektrisch und magnetisch aktiven Teile des Antriebsmotors eine Einheit,
20 die innerhalb des Gehäuses sowie auf der Antriebswelle "gedämpft" gelagert ist. Bei plötzlichen Druckeinwirkungen von außen auf das Gehäuse und die Antriebswelle der Antriebseinrichtung wirken sich diese zeitlich verzögert und damit schockreduziert auf die elektrisch und magnetisch aktiven
25 Teile des Motors aus. Die über die Aufhängung der gondelartig angeordneten Antriebseinrichtung am Schiffsrumpf angreifenden mechanischen Kräfte, insbesondere Biegemomente, werden dadurch reduziert. - Die elastische bzw. gedämpfte Anordnung der
30 elektrisch und magnetisch aktiven Teile des elektrischen Antriebsmotors bewirkt weiterhin eine Reduzierung des von der Antriebseinrichtung ausgehenden Körperschalls, wodurch die akustische Ortung eines mit einer derartigen Antriebseinrich-

tung ausgestatteten Schiffes erschwert ist. - Die starre mechanische Kopplung zwischen dem Rotor und dem Stator des elektrischen Antriebsmotors hat bei Motoren, bei denen der Rotor für die Zwecke der Erregung mit Permanentmagneten bestückt ist, den weiteren Vorteil, dass der Luftspalt zwischen Rotor und Stator auch bei Schockbeanspruchungen der Antriebseinrichtung konstant bleibt und daher sehr klein gewählt werden kann.

- 10 In Ausgestaltung der Erfindung besteht der Rotor aus einem rohrartigen Tragkörper und einem auf den Tragkörper aufgesetzten Aktivteil, welches auf der Antriebswelle elastisch abgestützt ist, während der Stator auf dem Tragkörper des Rotors gelagert ist und sich am Gehäuse elastisch abstützt.
- 15 Zweckmäßig ist dabei die Lagerung des Rotors auf der Antriebswelle sowohl in axialer als auch in radialer Richtung weich, aber in Umfangsrichtung drehmomentsteif ausgelegt.

Die radial starre Lagerung des Stators auf dem Tragkörper des Rotors erfolgt zweckmäßig mit handelsüblichen Radial- und Axiallagern, die bevorzugt als Wälzlager ausgebildet sind. - Für die Lagerung der Rotorwelle werden dagegen zweckmäßig Gleitlager verwendet, vorzugsweise solche mit hydrostatischem Ölumlaufl.

- 25 Zur elastischen Abstützung des Rotors auf der Welle können handelsübliche Dämpfungselemente verwendet werden, wie sie beispielsweise für elastische Kupplungen in einem Wellstrang gebräuchlich sind. Für derartige Dämpfungselemente ist es wesentlich, dass sie in radialer und axialer Richtung des Rotors elastisch und in Umfangsrichtung des Rotors drehmomentsteif ausgelegt sind.
- 30

Für die elastische Abstützung des Stators am Gehäuse der Antriebseinrichtung können gleichartige Dämpfungselemente wie zur Abstützung des Rotors auf der Welle verwendet werden.

5 Da wegen der elastischen Abstützung des Stators am Gehäuse der Antriebseinrichtung zwischen dem Stator und dem Gehäuse ein Zwischenraum entsteht, kann die Kühlung des Stators nicht allein durch Wärmeabfuhr über das Gehäuse an das umgebende Wasser erfolgen. Es müssen daher zusätzliche Kühlmaßnahmen
10 ergriffen werden. Hierzu kann mit Rückkühlern gearbeitet werden, die im Bereich der Wand des die Antriebseinrichtung mit dem Schiffsrumpf verbindenden Tragschachtes oder im Schiffsrumpf angeordnet sind, wobei ein flüssiges Kühlmittel, insbesondere Wasser, diese Rückkühler sowie entsprechende Bohrungen
15 im Blechpaket des Stators bzw. in einem das Blechpaket umgebenden Kühlring durchströmt. Eine solche Kühlung kann auch den Wickelköpfen des Stators zugeordnet werden. Im übrigen kann auch eine zirkulierende Luftströmung erzeugt werden, die die Wickelköpfe des Stators umströmt und im Bereich des
20 Tragschachtes der Antriebseinrichtung rückgekühlt wird. Gegebenenfalls können auch die Bilgenräume der Antriebseinrichtung, d. h. die an den Enden der Antriebswelle angeordneten Gehäuseteile, für Rückkühlzwecke verwendet werden.

25 Ein Ausführungsbeispiel der neuen Antriebseinrichtung ist in den Figuren 1 bis 3 dargestellt.

Dabei zeigt

Figur 1 eine Antriebseinrichtung in schematischer Darstellung
30 im Längsschnitt und die Figuren 2 und 3 eine konstruktive Ausgestaltung für die Anordnung gemäß Figur 1.

Figur 1 zeigt die Antriebswelle 1 einer elektromotorischen Antriebseinrichtung 100 für ein Schiff, wobei die Antriebswelle an jedem Ende einen Propeller 2 bzw. 3 trägt. Von dem die Antriebswelle 1 antreibenden Elektromotor ist nur die obere Hälfte im Schnitt dargestellt. Dieser Elektromotor besteht aus einem Rotor 4 und einem Stator 5, wobei der Rotor eine elektrisch aktive Schicht 6 in Form von Permanentmagneten aufweist und auf einem rohrartigen Tragkörper 7 angeordnet ist. - Der Stator 5 weist ein mehrteiliges Traggehäuse 8 auf, welches über Drehlager 9 am Tragkörper 7 des Rotors fixiert ist.

Die aus Rotor 5 und Stator 6 bestehende Baueinheit stützt sich mittels elastischer Dämpfungselemente 10 und 11 zum einen an der Antriebswelle 1 und zum anderen an einem den Elektromotor und die Antriebswelle aufnehmenden Gehäuse 12 ab. Die Antriebswelle 1 ist dabei über Drehlager 13 in dem Gehäuse 12 gelagert.

Dem Gehäuse 12 ist ein Tragschacht 14 zur Befestigung der Antriebseinrichtung 100 am Rumpf eines Schiffes zugeordnet. Der Tragschacht 14 kann doppelwandig ausgebildet oder mit vertikal umlaufenden Kühlkanälen 16 versehen sein, beispielsweise zur Führung von Kühlluft.

Zur Kühlung des Stators 5, insbesondere der Wickelköpfe 15, kann beispielsweise an dem einen Ende des Elektromotors Kühlluft aus dem Tragschacht 14 in den Innenraum zwischen Traggehäuse 8 und Tragkörper 7 eingespeist und am anderen Ende des Elektromotors abgeführt werden. Die Kühlluft könnte innerhalb des Elektromotors zwischen der elektrisch aktiven Schicht 6 des Rotors und dem Tragkörper 7 in Achsrichtung strömen. - Zur Kühlung des Stators bzw. der Statorwicklungen könnte das

Statorgehäuse 8 Strömungskanäle aufweisen, die von aus dem Tragschacht 14 zugeführtem Kühlwasser durchströmt werden.

Gemäß Figur 2 und dem etwas vergrößerten Ausschnitt gemäß Figur 3 ist der aus Rotor 24 und Stator 25 bestehende Elektromotor in einem strömungsgünstig gestalteten Gehäuse 32 angeordnet, welches mittels des Tragschachtes 39 gondelartig unterhalb eines Schiffsrumpfes positionierbar ist. Das Traggehäuse 28 des Stators ist über Drehlager 29, die als Schräg-
10 Wälz-Lager ausgebildet sind, am Tragkörper 27 des Rotors 24 fixiert. Dieser Tragkörper stützt sich über Dämpfungselemente 30 elastisch an der Antriebswelle 21 ab. Die Dämpfungselemente 30 sind dabei an Ringflanschen 18 und 19 axial fixiert.

15 Das Traggehäuse 28 des Stators stützt sich über Dämpfungselemente 31 am Gehäuse 32 ab. Diese Dämpfungselemente bestehen jeweils aus einem Gummikörper 17, der über Bolzen 35/36 mechanisch mit dem Tragkörper 28 und dem Gehäuse 32 gekoppelt ist.

20

Die den Rotor tragende Antriebswelle 21 ist mittels Gleitlagern 33 und 34 im Gehäuse 32 gelagert. Die Gleitlager sind dabei mittels Dichteinrichtungen 37/38 gegen das umgebende Wasser abgedichtet.

Beschreibung

Elektrischer Ruderpropeller für ein Marine(Navy)-Schiff

5 Die Erfindung betrifft einen elektrischen Ruderpropeller für ein Marine(Navy)-Schiff, z.B. eine Fregatte, eine Korvette oder ein Schnellboot, der zumindest einen Elektromotor mit zumindest einem Propeller an einem Energieversorgungsleitungen aufnehmenden Schaft aufweist, der mittels einer drehbeweglichen Schiffsheck-Schaftverbindung unter dem Heck des Schiffes
10 angeordnet ist.

Aus dem kanadischen Patent 1.311.657 ist ein drehbeweglicher elektrischer Ruderpropeller bekannt. Dieser Ruderpropeller
15 ist unter dem Heck eines Eisbrechers angeordnet. Der Schaft und seine Verbindung mit dem Schiffsheck ist speziell für Eisbrechaufgaben ausgebildet.

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen elektrischen Ruderpropeller anzugeben, der ebenfalls speziell für seine Aufgabe, nämlich den Antrieb eines Marine-(Navy) Schiffes ausgebildet ist. Für diese Aufgabe ist es notwendig, dass der elektrische Ruderpropeller hohen Beschleunigungen durch Unterwasserexplosionen widerstehen kann. Dabei muß er leicht ausgebildet sein,
25 um der schlanken Heckausbildung von Marine-Schiffen Rechnung zu tragen.

Die Hauptaufgabe wird dadurch gelöst, dass die Schiffsheck-Schaftverbindung, der Schaft und der Motor derart ausgebildet
30 sind, dass das Schiffsheck, der Schaft und der Motor unbeschädigt Unterwasser-Explosionsdruckwellen überstehen können, wozu der Schaft selbst elastisch verformbar ausgebildet ist, die Schiffsheck-Schaftverbindung Bewegungen des Schaftes gegenüber dem Schiffsheck zulassend ausgebildet ist und der Elektromotor zur Aufnahme von Beschleunigungen von mehr als 10
35 g ausgelegt ist. Durch die lösungsgemäßen Merkmale ist der elektrische Ruderpropeller aufgabengerecht ausgebildet und

kann für Marine-Schiffe, die im Einsatz der Gefahr eines Torpedotreffers oder eines unter dem Schiff explodierenden Torpedos oder einer Mine ausgesetzt sind, eingesetzt werden. Die Standfestigkeit herkömmlicher Ruder wird übertroffen.

5

Aus der Zeitschrift „Marineforum“, Heft 6, 1999, Seiten 8 bis 29, ist aus dem Aufsatz von Karl Otto Sadler, „Trends im Überwasser-Marineschiffbau“, die Ausbildung eines neuzeitlichen Marine-Schiffes zu entnehmen. Der erfindungsgemäße elektrische Ruderpropeller soll insbesondere dazu geeignet sein, derartige neuzeitliche Marine-Schiffe anzutreiben.

10

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Schaft des elektrischen Ruderpropellers zumindest eine elastisch ausgebildete Gelenkstelle, z.B. eine Fuge, zwischen einzelnen Teilen des Schaftes aufweist. Die Fuge weist vorteilhaft Flansche mit einer Verschraubung auf, die elastisch nachgebend ausgebildet ist und z.B. Tellerfedern aufweist. In der Fuge wird vorteilhaft eine elastische Fugenzwischen-

15
20
25

30

schicht aus einem Elastomermaterial, vorzugsweise in mehrlagiger und verstärkter Form, z.B. Silikonkautschuk, angeordnet. Durch diese erfindungsgemäß vorgesehenen Fugen ergeben sich Gelenkstellen für den Schaft, so dass sich dieser elastisch verhalten kann. Hierdurch ist ein Abbau von Explosionsdruckwellen-Kräften, die auf den Motor am unteren Ende des Schafts und die Schaft-Heckübergangsstelle wirken, möglich. Die erfindungsgemäße Lösung ist dabei anforderungsgerecht robust und sehr vorteilhaft für einen Explosionsdruckwellenabbau wirksam.

35

Außen um die Fugen herum ist vorteilhaft eine Fugenmanschette vorgesehen, die aus elastischem, insbesondere aus elastomerem Material besteht und einen Wassereintritt bei einer Bewegung der Schaftteile in der Fuge verhindert.

Es ist weiterhin vorteilhaft vorgesehen, dass sowohl das Gehäuse des elektrischen Motors mehrteilig ausgebildet ist, wo-

bei einzelne Teile des Gehäuses vorzugsweise aus Aluminium bestehen, als auch, dass der Schaft mehr als zweiteilig ausgebildet ist, wobei auch hier vorzugsweise Aluminium, aber auch faserverstärkte Kunststoffe, zum Teil auch mit Stahl- oder Aluminiumflanschen, vorgesehen sind. So ergibt sich eine erhebliche Gewichtseinsparung, aber auch die Elastizität des Schaftes wird erhöht.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Elektromotor eine elastische Läuferlagerung und einen großen Luftspalt aufweist, der z.B. zwischen 5 und 50 mm beträgt. So kann ein Anschlagen des Läufers an den Ständer Teil des Elektromotors auch bei sehr großen Beschleunigungen (die Beschleunigungen können bis über 100 g gehen) mit Sicherheit verhindert werden. Durch den großen Luftspalt in Verbindung mit einer elastischen Läuferlagerung und die Verwendung von Gleitlagern anstelle von Wälzlagern wird die erfindungsgemäße, überraschend hohe ertragbare Beschleunigung für den Elektromotor erreicht.

Der große Luftspalt kann ohne Wirkungsgradminderung besonders vorteilhaft mit HTSL(Hochtemperatursupraleiter)Läufern erreicht werden. Besonders vorteilhaft ist dabei eine Luftspalt-Drehstromwicklung. Die Verwendung eines HTSL-Läufers hat dabei den besonderen Vorteil, dass dieser besonders klein ausgeführt werden kann und auch die Ständerwicklungen entsprechend klein ausfallen. So ergibt sich insgesamt eine sehr kleine elektrische Maschine, die explosions- und schocksicher ausgeführt werden kann, ohne dabei an Wirkungsgrad gegenüber herkömmlichen Maschinen zu verlieren. Durch die vorstehend geschilderten Maßnahmen (Verwendung eines Motors mit HTSL-Technik, Verwendung von Aluminium oder Kunststoff anstelle von Stahl) und die weiteren in der Folge genannten Maßnahmen kann z.B. das Gewicht eines 7MW-Ruderpropellers sehr vorteilhaft von ca. 120 t auf ca. 65 t reduziert werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, dass die Schiffsheck-Schaftverbindung im Schiffsheck elastisch verformbare Strukturelemente aufweist, z.B. biege- weiche Bleche, die elastisch verformbare Tragzellen bilden.

5 So können sowohl die Explosionsdruckkräfte, die über den Schaft auf das Schiffsheck wirken, abgebaut werden, als auch die Explosionsdruckwellen, die direkt auf das Schiffsheck einwirken.

10 In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Energieversorgungsleitungen des Elektromotors schleif- ringlos ausgebildet sind, z.B. in Form einer drehelastischen Kabelschleppe oder eines schraubenförmigen gespreizten Ka- bels. Durch den Verzicht auf einen Schleifringkörper wird am

15 Ruderpropeller erhebliches Gewicht eingespart, zudem entfällt eine nicht außer Acht zu lassende mögliche Fehlerquelle bei heftigen Bewegungen, z.B. bei einer Explosionsdruckwelle. Zwar wird durch den Verzicht auf einen Schleifringkörper die Möglichkeit, den elektrischen Ruderpropeller zu drehen, auf

20 120 bis 180 Grad eingeschränkt, dies ist aber hinnehmbar, da die elektrischen Ruderpropeller aus Extrempositionen wieder zurückgedreht werden können und nicht im gleichen Drehsinn weitergedreht werden müssen.

25 In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der elektrische Ruderpropeller ein Hilfsruder aufweist, das unabhängig von der Stellung des Schafts beweglich ist. So kann der Schaft unter Normalbedingungen festgesetzt werden und geringe Richtungsänderungen des Schiffs werden durch das

30 Hilfsruder veranlaßt.

Das Hilfsruder kann in bekannter Weise wie das Höhenruder ei- nes Flugzeughöhenleitwerks an der Hinterkante des Schafts an- geordnet sein. Hier ist jedoch seine Wirkung eingeschränkt,

35 da es sich in der Wirbelschleppe des Schafts befindet. Von besonderem Vorteil ist, wenn das Hilfsruder die Form eines Seiten- oder Vorflügels aufweist, dies insbesondere in Ver-

bindung mit einem asymmetrischen Profil, das insbesondere einem Tragflügelprofil entspricht. Dann wird eine besonders gute Wirkung des Seiten- oder Vorflügels erreicht.

5 In einer besonders standfesten Ausführung des Elektromotors ist es vorgesehen, dass der Elektromotor zweiteilig ausgebildet ist und zwei unabhängig voneinander betreibbare Teile aufweist, die insbesondere unabhängig voneinander mit Energie versorgt werden und unabhängig voneinander steuer- und regelbar sind. Jeder dieser beiden Elektromotorteile kann einen
10 Propeller antreiben, so dass sich redundant arbeitende Elektromotore ergeben und kontrarotierende Propeller einfach verwirklicht werden können. Dies führt zu einer Wirkungsgraderhöhung des Antriebs. Eine derartige Ausbildung des Elektromotors ist insbesondere für kleinere Marine-Schiffe, wie z.B.
15 Schnellboote, von Vorteil.

Zur weiteren Gewichtseinsparung ist vorgesehen, dass die Schaftdrehung und/oder die Bewegung des Hilfsruders durch elektrische Stellmotore bewirkbar ist. Dabei ergibt sich besonders vorteilhaft nicht nur ein geringes Gewicht der
20 Schaft-Drehvorrichtung, sondern auch eine besonders leise Schaftdrehvorrichtung, da die sonst ständig laufenden Hydraulikmotore entfallen. Dabei ist besonders vorteilhaft, dass sich durch die elektrischen Stellmotore spezielle Rampenformen beim Hochlauf und beim Einschwenken auf die gewünschte
25 Sollposition einfach verwirklichen lassen. So kann die Drehbewegung des Schiffes besonders schnell und in geeigneter Weise gesteuert vollzogen werden.

30 In besonders vorteilhafter Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schiffsheck-Schaftverbindung in spezieller Weise elastisch ausgeführt wird. Dazu ist eine halbkardanische Aufhängung für den Schaft oder eine Abstützung des
35 Schafts über Kugelkalotten, insbesondere gefederte Kugelkalotten, vorteilhaft. Die Lagerung des Schaftoberteils in Kugelkalotten hat dabei den besonderen Vorteil, dass sie sowohl

robust ist als auch große Ausweichwege für den Schaft zuläßt. Sowohl die halbkardanische Aufhängung als auch die Abstützung des Schafts über Kugelkalotten erfolgt dabei unter Zurhilfenahme von Federelementen, z.B. Elastomer- oder Hydraulik-

5 Kissen. Diese stützen sich vorteilhaft horizontal und vertikal auf einer beweglichen Tragstruktur ab, die auch vorteilhaft Lenkelemente aufweist. So kann eine definierte Bewegung mit großen Ausweichwegen für den Schaft erreicht werden.

10 In Ausgestaltung der Erfindung ist schließlich noch vorgesehen, dass der Elektromotor mit im Motorgehäuse eingeschrumpften Wicklungen und einer Außenwandkühlung versehen ist. So ergibt sich ein besonders kleines Volumen der Motorgondel mit kleiner Angriffsfläche für Schockwellen. In Verbindung mit

15 der elastischen Beweglichkeit des Schaftes ergibt sich so eine optimale Ausbildung des elektrischen Ruderpropellers, die in bisher unerreichter Weise den Erfordernissen eines elektrischen Ruderpropellers - leicht, klein, schocksicher - entspricht.

20

Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen näher erläutert, aus denen, ebenso wie aus den Unteransprüchen, weitere auch erfindungswesentliche, Einzelheiten zu entnehmen sind.

25 Im Einzelnen zeigen, jeweils in beispielhaft schematischer Ausführung:

- FIG 1 eine Gesamtansicht eines elektrischen Ruderpropellers für ein Marine-(Navy)Schiff von der Seite;
- 30 FIG 2 zwei der in FIGUR 1 gezeigten Ruderpropeller von achtern;
- FIG 3 das Prinzip einer Kugelkalotten-Aufhängung für den elektrischen Ruderpropeller;
- FIG 4 das Prinzip einer kardanischen Aufhängung des elektrischen Ruderpropellers;
- 35 FIG 5 die Ausbildung einer Teilfuge zwischen zwei Schaftteilen und

FIG 6 die Ausbildung des Elektromotors als HTSL-Motor.

In FIGUR 1 bezeichnen 1, 2 und 3 das Propellerende, das Mittelteil und das Heckende der Motorgondel, die das Gehäuse des Elektromotors bildet. Der Propeller ist mit 4 bezeichnet, er ist vorzugsweise als Zugpropeller ausgebildet. In der Motorgondel befindet sich, vorzugsweise zur direkten Wärmeabfuhr über die Oberfläche ausgebildet, die Statorwicklung 5 sowie die Läuferwicklung 6. Diese ist vorzugsweise aus HTSL-Material. Zwischen der Ständerwicklung 5 und der Läuferwicklung 6 ist ein großer Luftspalt 7 vorhanden. Die für die Rotorwelle vorhandenen Lager, vorzugsweise Gleitlager, die die radialen und axialen Kräfte des Läufers sowie des Propellers aufnehmen, sind der Einfachheit halber nicht eingezeichnet; dergleichen weitere in der Motorgondel vorhandene Komponenten.

Die Unterbodensektion des Schiffes ist mit 8 und 9 bezeichnet. In den Bereichen 8 und 9 ist die Unterbodenstruktur in herkömmlicher Weise ausgeführt. Zwischen den Teilen 8 und 9 befindet sich eine elastisch nachgebend ausgebildete Struktur 11, 12, in deren Mitte sich ein Hohlkörper 10 befindet, der die Verlängerung des obersten Schaftteils 15 bildet. Der Hohlkörper 10 ist gegenüber den elastisch ausgebildeten Strukturteilen 11, 12 über Federn, z.B. Gummipuffer 15, elastisch und beweglich gelagert. An seiner Oberseite ist eine federnde Struktur 13 angeordnet, die vorzugsweise aus Metall besteht und einen großen Federweg erlaubt. So kann sich bei einem, unter dem elektrischen Ruderpropeller explodierenden Torpedo der Ruderpropeller in erheblicher Weise vertikal bewegen und die Beschleunigung durch die Explosionsdruckwellen abbauen. Durch die gezeigte Konstruktion ist sowohl ein vertikales als auch ein horizontal-vertikales Ausweichen mit erheblichen Ausweichwegen möglich.

Der Tragschaft der Motorgondel ist zumindest zweiteilig ausgebildet und weist die Teile 16 und 17 auf. Dazwischen ist eine elastische Flanschverbindung 18 angeordnet, die eine Ge-

lenkfunktion wahrnehmen kann. Der Schaft aus den Teilen 16 und 17 ist in diesem Beispiel nur zweiteilig gezeichnet. Er kann ebenso aber auch noch aus weiteren Teilen bestehen. Vorzugsweise besteht der Schaftteil 16, an dem auch noch ein
5 Hilfsruder 19 befestigt werden kann, aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial, während der Schaftteil 17 z.B. ebenso wie das Mittelteil 2 der Motorgondel aus Aluminium besteht. Das Gondelteil 1 ist vorzugsweise aus Stahl, um die dort auftretenden erheblichen Lagerkräfte aufnehmen zu können, während das Endteil 3 zur Gewichtersparnis ebenfalls vorteilhaft aus faserverstärktem Kunststoff bestehen kann. Dabei
10 sind vorteilhaft in dieses Teil Kühlkanäle eingebaut, die von einer Kühlflüssigkeit durchströmt werden.

15 In FIGUR 2, die zwei nebeneinander angeordnete Ruderpropeller, also die Antriebseinheiten eines Zweischraubenschiffs, von achtern zeigt, bezeichnen 22 und 23 die Propeller der beiden Antriebe. Die Schäfte, an denen die beiden Antriebe aufgehängt sind, weisen zumindest eine, als Gelenk dienende
20 Flanschanordnung 24 am oberen Teil auf. Die Aufhängung der elektrischen Ruderpropeller erfolgt im Prinzip wie in FIGUR 1, mit einem axial und horizontal zwischen Gummipuffern und einer Stahlfederkonstruktion 20 beweglichen Hohlkörper 21 in der Mitte. Die elastisch bewegliche Struktureinheit 25 erhöht
25 dabei die Beweglichkeit.

Die in den FIGUREN 1 und 2 gezeigte konstruktive Ausführung der horizontal- und vertikalbeweglichen, schockabsorbierend aufgehängten Ruderpropeller ist lediglich schematisch und
30 beispielhaft. Es versteht sich, dass hier entsprechende, den speziellen Anforderungen angepaßte Variationen möglich sind. Zwei weitere mögliche Lösungen zeigen die FIGUREN 3 und 4, wobei die FIGUR 3 eine Aufhängung des Oberteils des elektrischen Ruderpropellerschaftes in Kugelkalotten zeigt und FIGUR
35 4 eine entsprechende Aufhängung in kardanischer Ausführung.

In FIGUR 3 bezeichnet 26 den angedeuteten Schaft des elektrischen Ruderpropellers, der in einem Rahmen 27, der sich im Heck des Schiffes befindet und mit den Strukturelementen des Hecks verbunden ist, gelagert ist. Zwischen dem Rahmen 27 und dem Schaftkopf 26 sind Kugelkalottenteile 29 angeordnet, die in Federelementen 28, z.B. Tellerfedern, gelagert sind. Der Rahmen 27 ist ebenfalls vorteilhaft federnd in den Strukturelementen des Hecks befestigt. So ergibt sich eine Schaftaufhängung, die gleichmäßig nach allen Seiten ausweichen kann. Die gleichmäßige Ausweichbarkeit nach allen Seiten ergibt sich auch bei der Konstruktion von FIGUR 4. Hier ist der Schaftkopf 32 über Bolzen 31, 33 mit dem in den Strukturelementen des Hecks gelagerten Rahmen 30 verbunden. Auch dies erfolgt vorteilhaft federnd. Zur Längs- und Querführung weist der Schaft der Ruderpropeller, die entsprechend dem Prinzip von FIGUR 3 und FIGUR 4 aufgehängt sind, noch Stützlenker auf, die nicht dargestellt sind.

FIGUR 5 zeigt das Prinzip einer elastischen, als Gelenk ausgebildeten Fuge zwischen zwei Schaftteilen. Die beiden Flansche 36, 37 weisen zwischen sich eine Schicht aus z.B. mehrlagigem und faserverstärktem Elastomermaterial auf. Außen ist der Flanschbereich durch elastische Balgelemente 39 geschützt, die auch über die Schraubenköpfe 34 hinweggehen und vorteilhaft durch Umreifungen an dem Schaft, der nicht dargestellt ist, befestigt werden. Unter den Schraubenköpfen 34 befinden sich noch z.B. Tellerfedern 35, so dass die Fuge beim Auftreten einer Schockwelle kurzzeitig „aufgehen“ kann. Dies erfolgt, da außen die Manschetten 39 angeordnet sind, ohne dass Wasser in das Innere des Schaftes eindringen kann. Ebenso wie Manschetten 39 außen angeordnet sind, können sie auch innen angeordnet werden, so dass eine doppelte Dichtung entsteht.

FIGUR 6 zeigt die beispielmäßige Unterbringung eines HTSL-Motors in einem Ruderpropeller. 40 bezeichnet dabei die HTSL-Wicklung und 41 den Läuferkryostaten. 42 bezeichnet die Luft-

spaltwicklung und 43 das Eisenjoch. Mit 46' ist der Kältekompressor mit seinem Kühler bezeichnet. Von dem Kältekompressor 46 gelangt flüssiges Kühlmittel zu dem Kaltkopf 45. Von hier aus führt die sog. „Kryo-Heatpipe“ 44 zu dem Läuferkryostaten 5 41. Die elektrischen Leitungen des Ständers 42 sind mit 47 bezeichnet.

Die in den FIGUREN 1 bis 4 gezeigten Aufhängungen sind nur eine Auswahl aus vielen möglichen Konstruktionen. Gemeinsam 10 ist diesen Konstruktionen stets, dass der Schaft Explosionsdruckwellen ausweichen kann, um so die erheblichen, durch einen explodierenden Torpedo oder eine Mine entstehenden Druckwellen, die Beschleunigungen bis über 100 g für Schiffsteile erzeugen, auszugleichen und die Druckwellen ohne Funktions- 15 einbuße abzubauen.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschinen, z.B. Motoren oder Generatoren, in Supraleitungs-Technik, insbesondere in Hochtemperatursupra-
5 leitungs-Technik, wobei die Maschinen einen Rotor mit Supra-
leitern, insbesondere Hochtemperatursupraleitern, einen Ro-
torkryostaten, eine Rotorwelle und eine Kryoverbindung mit
einem Kryoleiter zwischen dem Kryostaten und einem Kälteer-
zeuger sowie einen Stator in nicht supraleitender Technik
10 aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass sie für Marine(Navy)-
Schiffe tauglich schockfest ausgebildet sind, wobei der Sta-
tor (13, 29), der Rotor (18, 28) und der Kryostat (15) gegen-
über einem äußeren Maschinengehäuse (4, 23) und gegenüber der
Rotorwelle (12) durch elastische Elemente (17, 25) bewegungs-
15 mäßig entkoppelt sind.

2. Elektrische Maschinen nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, dass Rotor (18), Stator (13) und Kryostat (15) zwi-
schen sich Verbindungselemente (17) und Lager (7) aufweisen,
20 die bei schockbedingter Beschleunigung eine Bewegung der Teil-
e als Einheit ergeben, wobei die Bewegung der Einheit die
Vibrationsamplitude übersteigt.

3. Elektrische Maschinen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-
25 kennzeichnet, dass das äußere Maschinengehäuse (4, 23) elas-
tisch mit einem Maschinenträger verbunden ist.

4. Elektrische Maschinen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-
kennzeichnet, dass als äußeres Maschinengehäuse (4, 23) in
30 ein elektrisches Ruderpropellergehäuse unter dem Schiffsrumpf
(1) elastisch angeordnet ist.

5. Elektrische Maschinen nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch
gekennzeichnet, dass das äußere Maschinengehäuse (4, 23) auf
35 einem Grundrahmen elastisch aufgestellt ist.

6. Elektrische Maschinen nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Ruderpropellergehäuse (4, 23) oder der Grundrahmen ausweichfähig elastisch, z.B. über elastomere Kissen und/oder Federn, mit dem Schiffskörper (1) verbunden sind.

7. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kryoverbindung einen feststehenden Kaltkopf (10) und einen in den Rotorwellenbereich hineinragenden Verteiler (20) für ein flüssiges Kältemittel aufweist.

8. Elektrische Maschinen nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Verteiler (20) für das flüssige Kältemittel und dem Kryostaten (15) eine flexible Kryoleitung (9), insbesondere in einer Koaxial-Doppelmantelausführung angeordnet ist.

9. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (13) eine Kupferwicklung aufweist und dass der Rotor (18) eine Luftspaltwicklung (14) in Supraleitungsausführung aufweist.

10. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kältemittel in den Maschinen flüssiges Neon ist.

11. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Kältemittel in den Maschinen flüssiger Stickstoff ist.

12. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen feststehenden und rotierenden Teilen der Kryoverbindung Ferro-Fluiddichtungen für das Kältemittel eingesetzt werden.

13. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorwelle (12) Drehmomentübertragungselemente (16) aus faserverstärktem Kunststoff zwischen dem Kaltteil der Maschine und Normaltemperatur-Wellenteilen aufweist.

14. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie Pulsröhrenkühler als Kälteerzeuger (8) aufweisen, die vorzugsweise auf einem elastischen Traggestell angeordnet sind.

15. Elektrische Maschinen nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Pulsröhrenkühler mit einem Stirling-Linearkompressor kombiniert ist.

16. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kryoverbindung vom Pulsröhrenkühler oder ggf. einem anderen Kälteerzeuger (8) zum Kaltkopf an der Maschine in einem Stützrohr geführt oder als metallarmierter Schlauch ausgebildet ist.

17. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kaltkopf-Rotor-Kryokupplung in Bezug auf die Rotorwelle durch eine Ferro-Fluidkupplung abgedichtet und dass der Kaltkopf (10) am Maschinengehäuse (4) fixiert ist, wobei zwischen diesen beiden Teilen eine elastische Kältemittelverbindung besteht.

18. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kryoverteiler (20) im Rotorwellenbereich elastisch federnd abgestützt ist.

19. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elastischen Abstützungen (17, 25) in der Maschine aus Standard-

Gummifederelementen, z.B. aus dem Bereich der elastischen Wellenkupplungen bestehen.

20. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kälterzeuger (8) an ein im Schiff vorhandenes Kühlsystem angeschlossen ist.

21. Elektrische Maschinen nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stator-Kupferwicklungen flüssigkeitsgekühlt, insbesondere wassergekühlt ausgebildet sind.

22. Elektrische Maschinen nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass sie im Stator (13) radial, axial oder in Umfangsrichtung verlaufende, vorzugsweise wasserdurchströmte, Kühlkanäle aufweisen.

Patentansprüche

1. Elektrische Antriebseinrichtung (100) für eine Schiff,
bestehend aus einem an der Unterseite eines Schiffsrumpfes
5 gondelartig anzuordnenden, strömungsgünstig gestalteten Ge-
häuse (12), in dem ein aus Stator (5) und Rotor (4) bestehen-
der Elektromotor angeordnet ist,
wobei an die den Rotor (4) tragende Antriebswelle (1) wenigstens ein Propeller (2, 3) angekoppelt ist,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Stator (5) über Drehlager (9) am Rotor (4) fixiert ist
und dass sich die aus Stator (5) und Rotor (4) gebildete Baueinheit sowohl am Gehäuse (12) als auch auf der Antriebswelle
(1) elastisch abstützt.
- 15
2. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Rotor (4) aus einem rohrartigen Tragkörper (7) und einem
auf den Tragkörper aufgesetzten Aktivteil (6) besteht, welches
20 ches auf der Antriebswelle (1) elastisch abgestützt ist,
und dass der Stator (5) auf dem Tragkörper (7) des Rotors (4)
gelagert ist und sich am Gehäuse (12) elastisch abstützt.
3. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die Abstützung (6) des Rotors (4) auf der Antriebswelle (1)
in axialer und radialer Richtung weich und in Umfangsrichtung
drehmomentsteif ausgelegt ist.
- 30 4. Antriebseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die Drehlager (9) als Wälzlager ausgebildet sind.

5. Antriebseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Lager (13) für die Lagerung der Antriebswelle (1) als Gleitlager ausgebildet sind.

Patentansprüche

1. Elektrischer Ruderpropeller für ein Marine (Navy)-Schiff,
z.B. eine Fregatte, eine Korvette oder ein Schnellboot,
5 der zumindest einen Elektromotor mit zumindest einem Propeller an einem Energieversorgungsleitungen aufnehmenden Schaft aufweist, der mittels einer drehbeweglichen Schiffsheck-Schaftverbindung unter dem Heck des Schiffes angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Schiffs-
10 heck-Schaftverbindung, der Schaft und der Motor derart ausgebildet sind, dass Schiffsheck, Schaft und Motor unbeschädigt Unterwasser-Explosionsdruckwellen nachgeben können, wozu
- a) der Schaft (16, 17) selbst elastisch verformbar ausgebildet ist,
 - 15 b) die Schiffsheck-Schaftverbindung Bewegungen des Schaf-tes (16, 17) gegenüber dem Schiffsheck (8, 9) zulassend ausgebildet ist und
 - c) der Elektromotor (5, 6) zur Aufnahme von Beschleunigungen von mehr als 10g ausgelegt ist.
 - 20
2. Elektrischer Ruderpropeller nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft (16, 17) zumindest eine elastisch ausgebildete Gelenkstelle, z.B. eine Fuge (18),
25 zwischen einzelnen Teilen des Schafts aufweist.
3. Elektrischer Ruderpropeller nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fuge (18) Vertikalbewegungen und Biegungen der Schaftteile (16, 17) gegeneinander erlaubend ausgebildet ist.
30
4. Elektrischer Ruderpropeller nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Fuge (18) Flansche mit einer Verschraubung aufweist, die elastisch nachgebend ausgebildet ist und z.B. Tellerfedern aufweist.
35

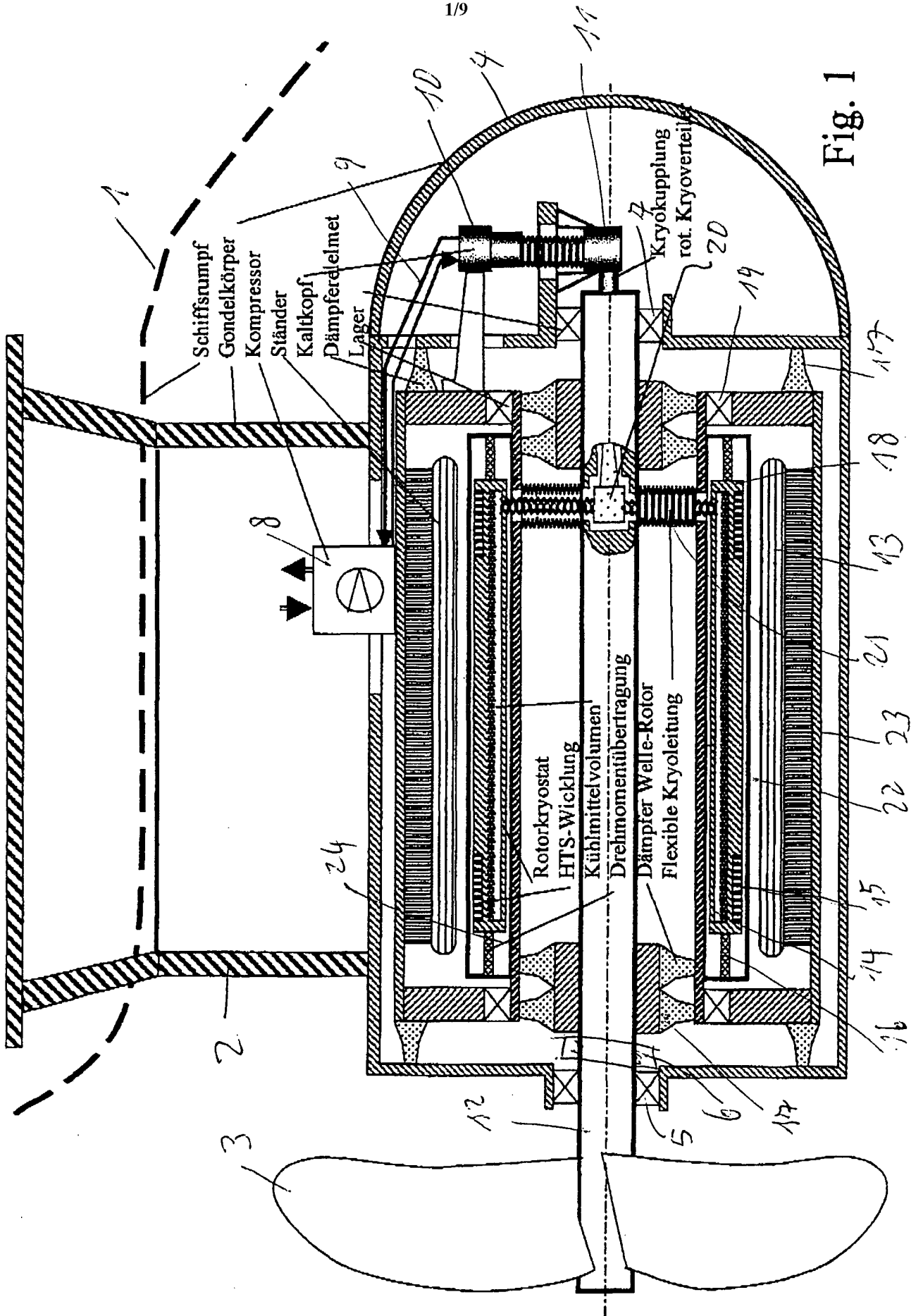
5. Elektrischer Ruderpropeller nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Fuge (18) eine elastische Fugenwischenschicht aus einem Elastomermaterial, z.B. Silikonkautschuk, vorzugsweise in mehrlagiger und verstärkter Form, aufweist.
- 5
6. Elektrischer Ruderpropeller nach Anspruch 2, 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft (16, 17) mehr als eine Fuge aufweist, wobei die Schaftteile zwischen den Fugen vorzugsweise aus unterschiedlichen Materialien, z.B. aus Stahl, Aluminium, oder faserverstärktem Kunststoff, bestehen.
- 10
7. Elektrischer Ruderpropeller nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Fuge (18) zwischen zwei Schaftteilen zumindest außen eine Fugenmanschette (39) aufweist, die aus Elastomermaterial besteht.
- 15
8. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (1, 2, 3) des Elektromotors (5, 6) mehrteilig ausgebildet ist, wobei einzelne Teile des Gehäuses (1, 2, 3) aus Aluminium bestehen.
- 20
9. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Propeller (4), der insbesondere selbsttätig verstellbar ausgebildet ist, aus Kunststoff besteht.
- 25
10. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor (5, 6) eine elastische Läuferlagerung und einen großen Luftspalt (7) aufweist, der z.B. zwischen 5 und 50 mm beträgt.
- 30
11. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- 35

- der Elektromotor (5, 6) als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildet ist und zumindest eine rotierende Erregerwicklung (40) aus HTSL(Hochtemperatursupraleiter)-Draht aufweist und dass jede rotierende Erregerwicklung (40) aus HTSL-Draht in einem Kryostaten (41) angeordnet ist, der vakuumisoliert ist und mittels dem die rotierende Erregerwicklung aus HTSL-Draht auf eine Temperatur von 15 bis 77 K tiefkühlbar ist.
- 10 12. Elektrischer Ruderpropeller nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildete Elektromotor (5, 6) eine Luftspalt-Drehstromwicklung aus Kupfer-Bündelleiter aufweist, die in einem Ringspalt zwischen einem Rotor und einem ge-
15 blechten magnetischen Eisenjoch (43) angeordnet ist.
13. Elektrischer Ruderpropeller nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der HTSL-Draht der rotierenden Erregerwicklung (40) aus Multifilament-Bandleitern, z.B. aus dem Material $\text{Bi}_2\text{Ba}_2\text{Sr}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ oder einem in seinen Eigenschaften ähnlichen Material besteht.
- 20 14. Elektrischer Ruderpropeller nach Anspruch 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ständerluftspaltwicklung des Elektromotors eisenzahnlos ausgebildet ist.
- 25 15. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor als Lager Gleitlager aufweist und dass der Luftspalt (7) zwischen Ständer und Läufer zwischen 5 und 50 mm beträgt.
- 30 16. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schiffsheck-Schaftverbindung im Schiffsheck elastisch verformbare Strukturelemente aufweist, z.B. biegeeweiche Bleche, die elastisch verformbare Tragzellen bilden.
- 35

17. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieversorgungsleitungen (47) des Elektromotors schleifringlos ausgebildet sind, z.B. in Form einer drehelastischen Kabelschleppe oder eines schraubenförmig mit gespreizten Leitern versehenen Kabels.
5
18. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er ein Hilfsruder (19) aufweist, das unabhängig von der Stellung des Schaftes (16, 17) beweglich ist.
10
19. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft (16, 17) ein asymmetrisches Profil aufweist, das insbesondere einem Tragflügelprofil entspricht.
15
20. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft ein Hilfsruder in Form eines Seiten- oder Vorflügels aufweist.
20
21. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor zweiteilig ausgebildet ist, wobei die beiden Teile unabhängig voneinander betreibbar sind und unabhängige Energieversorgungen aufweisen.
25
22. Elektrischer Ruderpropeller nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Teil des Elektromotors unabhängig voneinander drehzahlregelbar ist und je einen Propeller antreibt.
30
23. Elektrischer Ruderpropeller nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Propeller als kontrarotierende Propeller ausgebildet sind.
35

24. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaftdrehung und/oder die Bewegung des Hilfsruders durch elektrische Stellmotore bewirkt wird.
- 5
25. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schiffsheck-Schaftverbindung eine halbkardanische Aufhängung (31, 33) für den Schaft aufweist.
- 10
26. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schiffsheck-Schaftverbindung eine Abstützung des Schafts über Kugelkalotten (29), insbesondere gefederte Kugelkalotten, aufweist.
- 15
27. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für den Schaft im Schiffsheck eine über Federelemente, z.B. Elastomer- oder Hydraulikkissen, abgestützte horizontal und vertikal bewegliche Tragstruktur (13, 20) vorhanden ist.
- 20
28. Elektrischer Ruderpropeller nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor mit im Motorgehäuse eingeschrumpften Wicklungen und einer Außenwandkühlung arbeitend ausgebildet ist.
- 25

Fig. 1



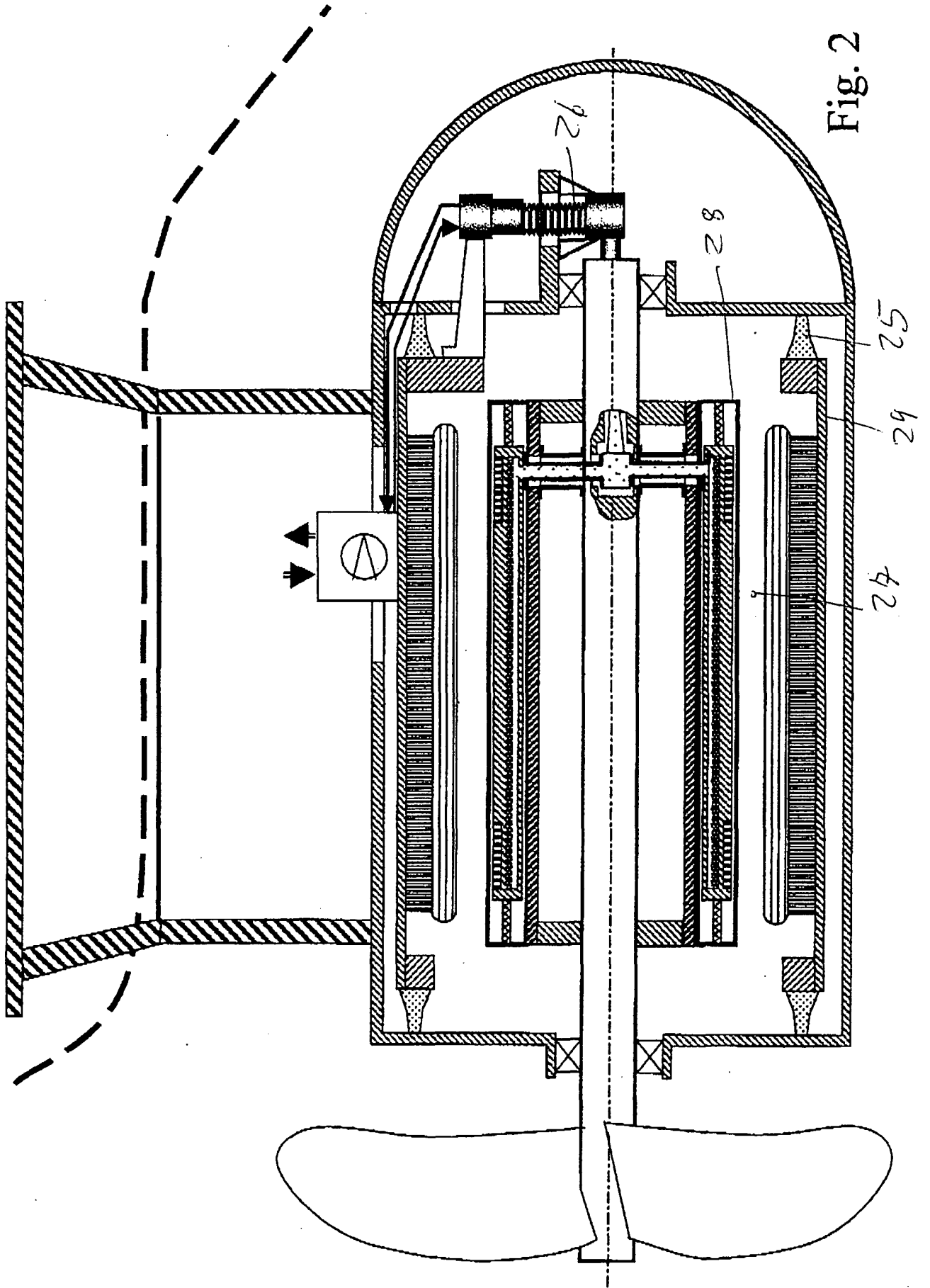


Fig. 2

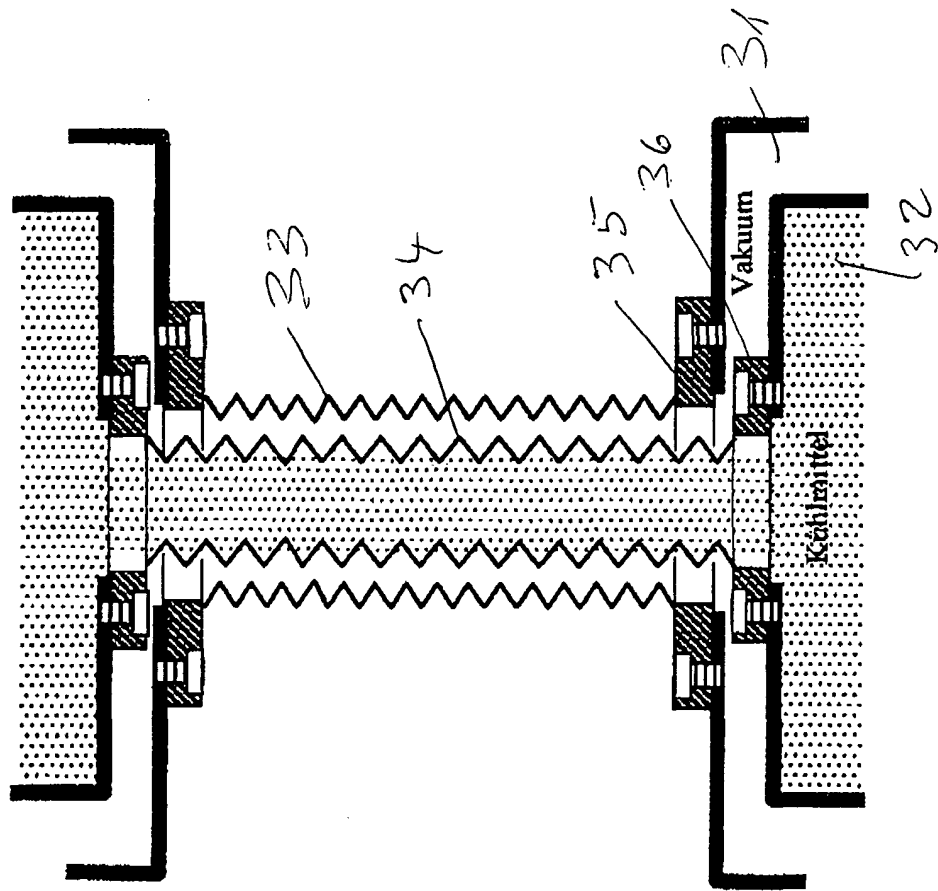
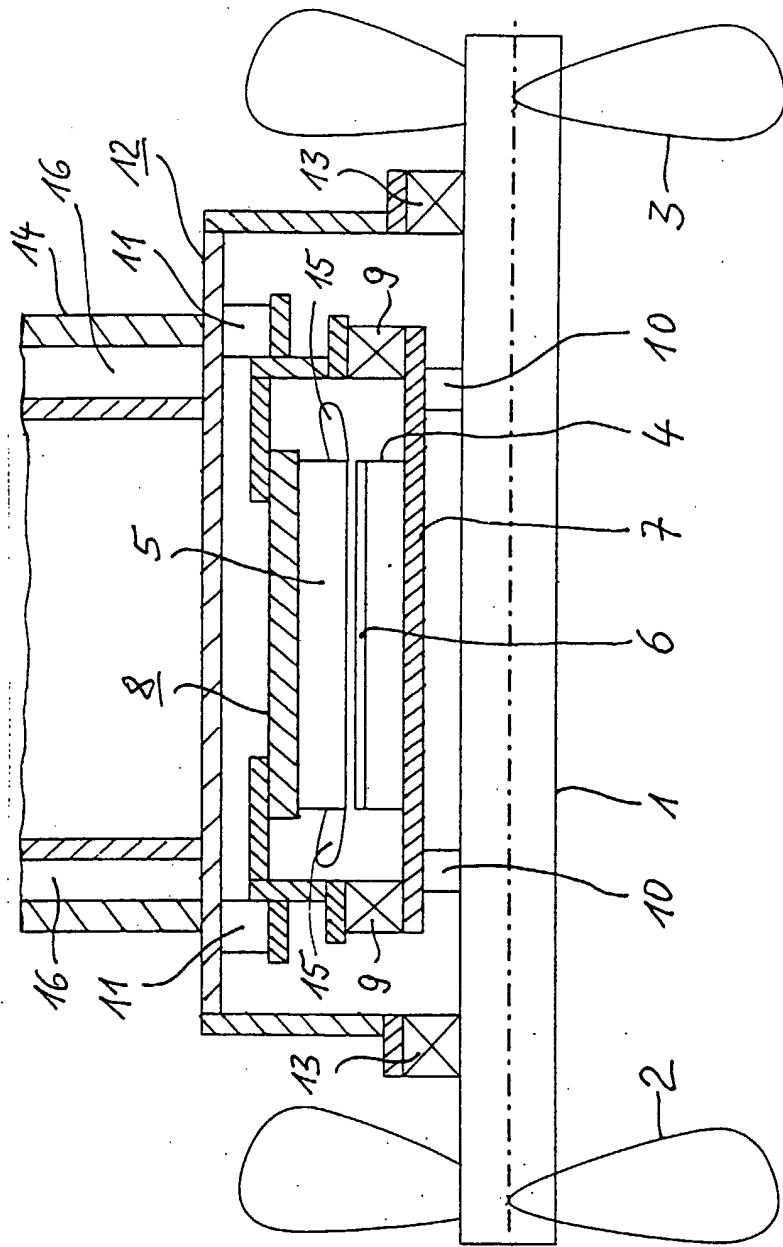


Fig. 3



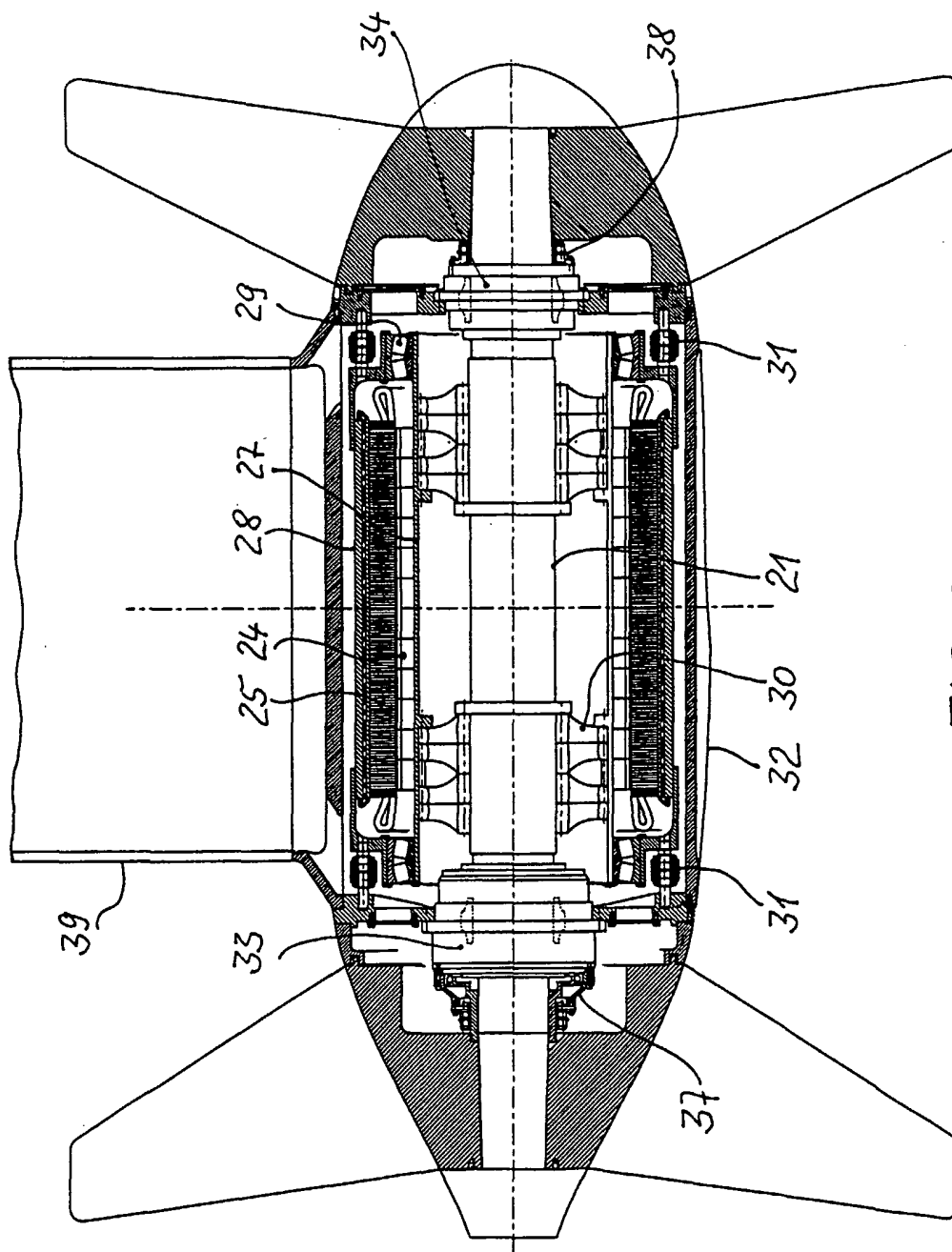


FIG 2

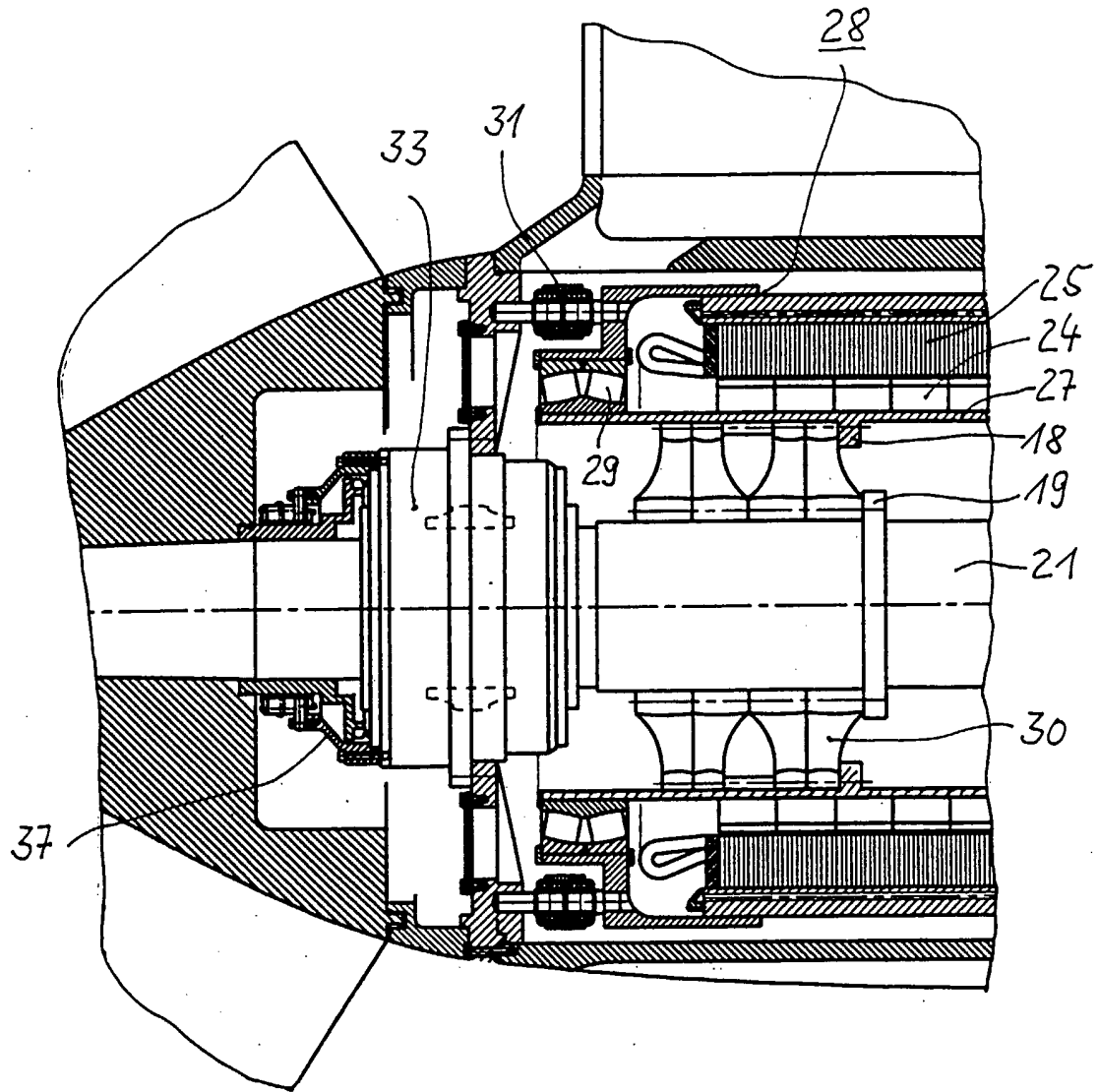


FIG 3

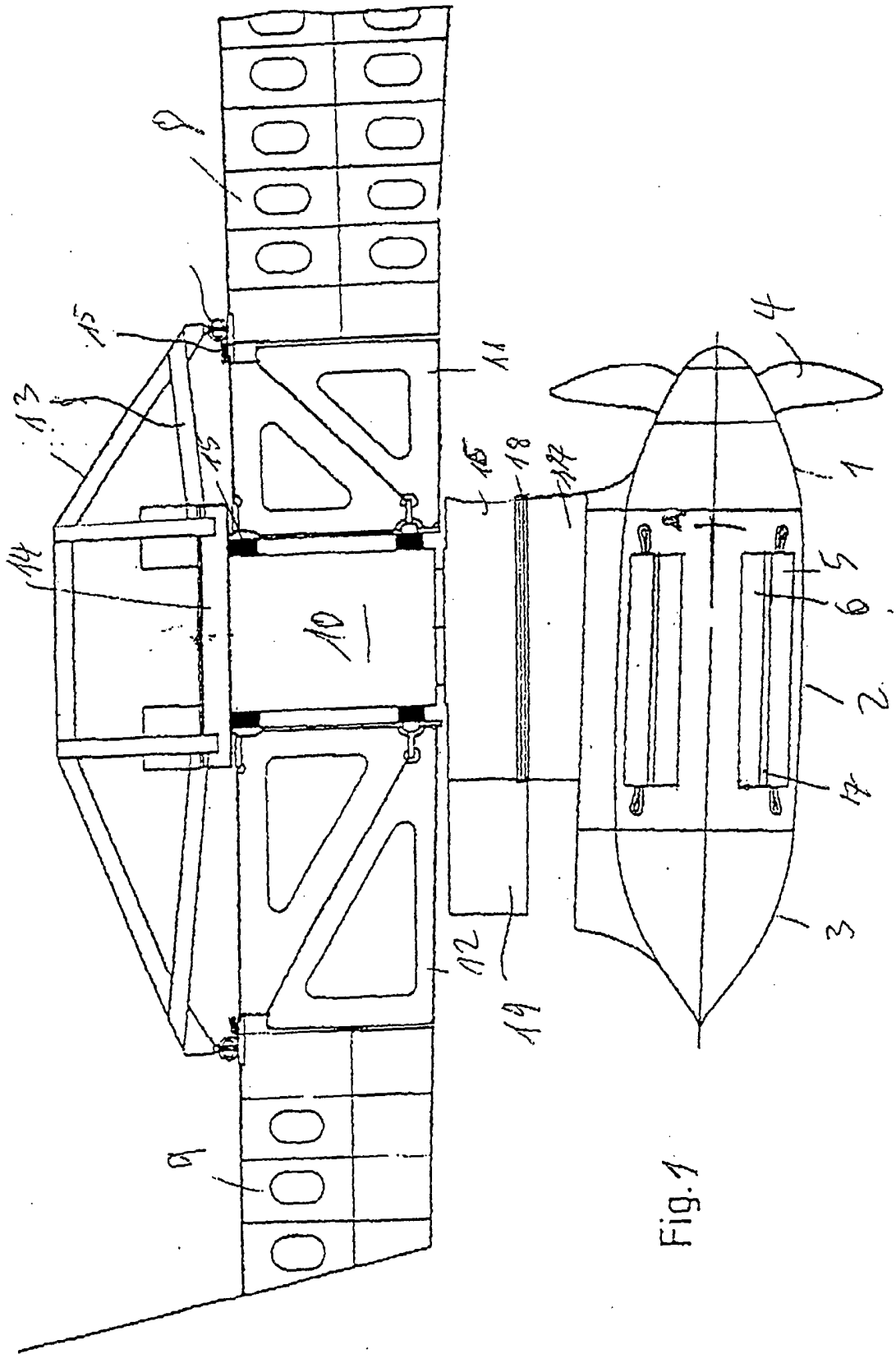


Fig. 1

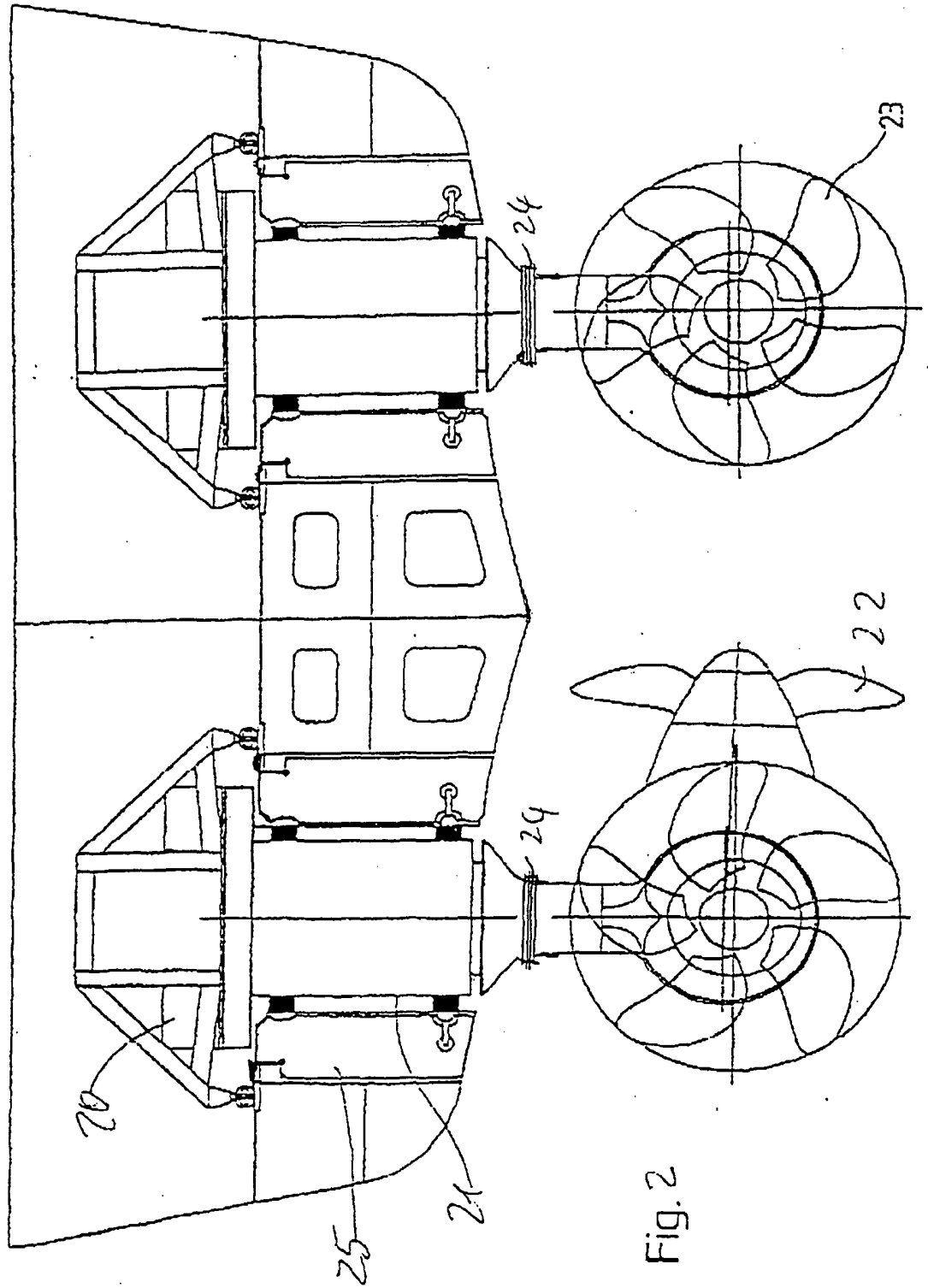


Fig. 2

Fig. 3

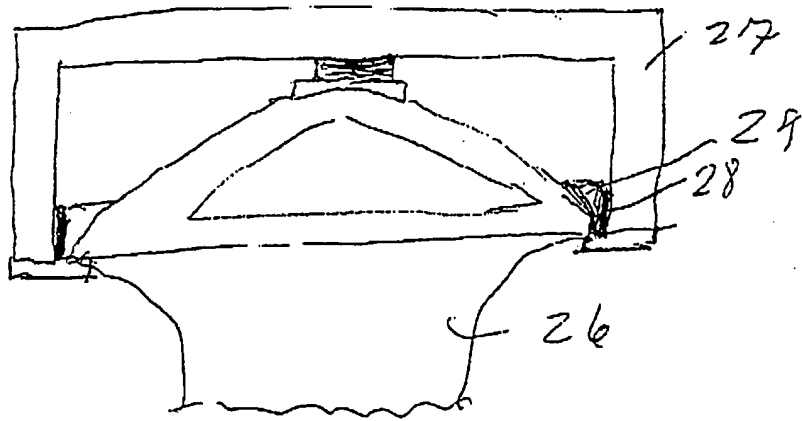


Fig. 4

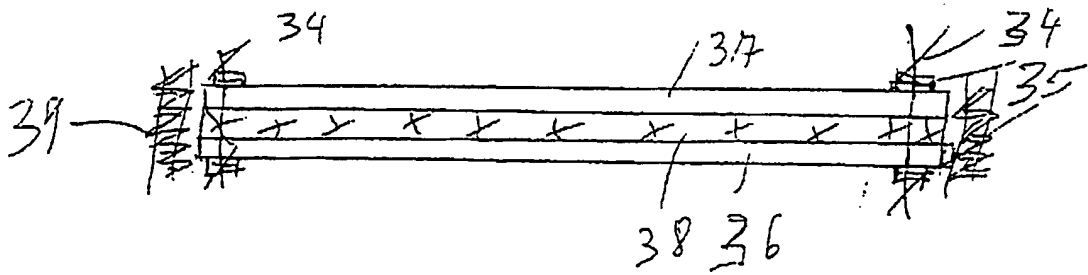
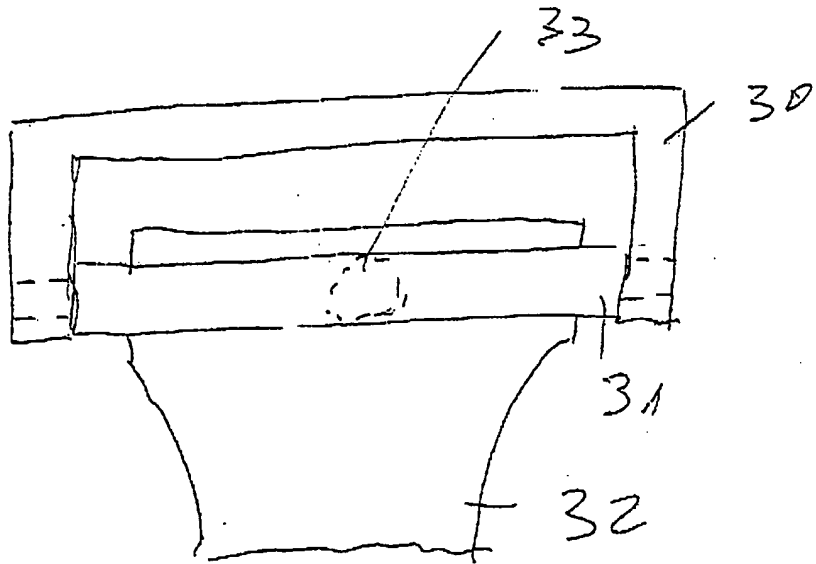


Fig. 5