

(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
12. Juni 2003 (12.06.2003)

PCT

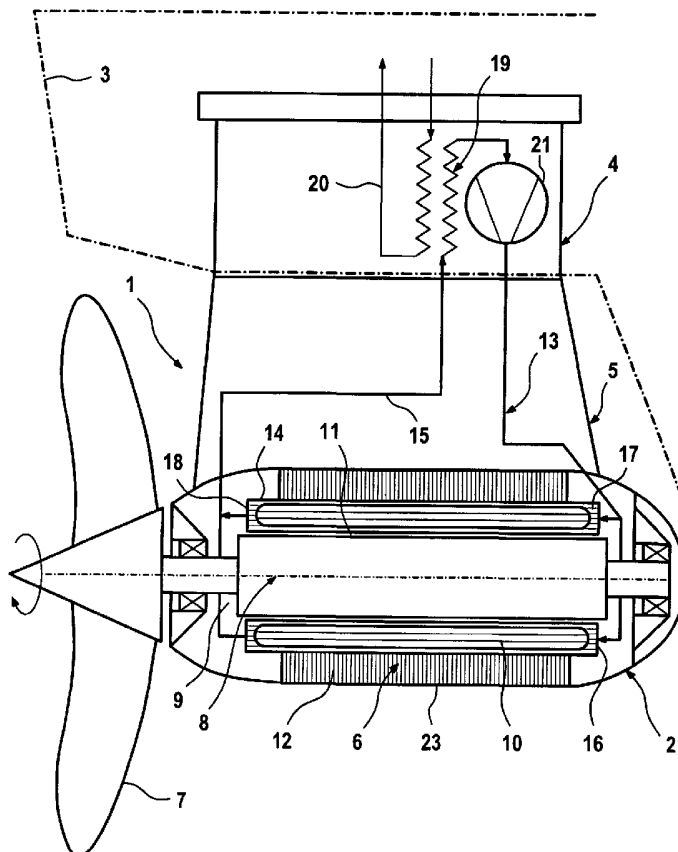
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/047962 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B63H 23/24, H02K 7/14, 3/47, 55/02, 9/06, 9/19, 9/10, 9/18
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/04320
- (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmeldedatum: 25. November 2002 (25.11.2002)
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RIES, Günter [DE/DE]; Schobertweg 2, 91056 Erlangen (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 101 58 757.0 29. November 2001 (29.11.2001) DE
- (81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, KR, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SHIP PROPULSION SYSTEM

(54) Bezeichnung: SCHIFFSANTRIEB



(57) Abstract: The invention relates to a ship propulsion system that comprises at least one marine propeller (7), at least one electric motor (6) which drives the at least one marine propeller (7), and an inverter-fed power supply system which supplies the at least one electric motor (6) with electric power. Said power supply system comprises at least one drive machine and at least one generator driven thereby. The at least one electric motor and the at least one generator are configured as three-phase synchronous machines. In order to reduce losses per kW installed power and thus to allow for a stronger energizing field in the stator winding, the at least one electric motor configured as a three-phase synchronous machine and/or the at least one generator configured as a three-phase synchronous machine of the power supply system is/are provided with an air-gap three-phase winding (10) devoid of iron grooves as the power supply system. The bundle conductors of said winding are made from insulated thin copper wires that are disposed in an annular gap (11) between a rotor (8) and a laminated iron yoke (12) that is reinforced by a plastic structure (14) and/or embedded in or impregnated with resin and to which a pertaining cooling device (13) is connected by which the heat produced in the cooling device is dissipated.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/047962 A2



(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).

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten CA, CN, JP, KR, 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*

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: Ein Schiffsantrieb hat zumindest einen Schiffspropeller (7), zumindest einen Elektromotor (6), mittels dem der zumindest eine Schiffspropeller (7) antreibbar ist, und eine umrichter gespeiste Stromversorgung, mittels der der zumindest eine Elektromotor (6) mit elektrischer Energie versorgbar ist und die zumindest eine Antriebsmaschine und zumindest einen davon angetriebenen Generator aufweist, wobei der zumindest eine Elektromotor (6) und der zumindest eine Generator als Drehstrom-Synchronmaschinen ausgebildet sind. Um geringere Verluste je kW installierter Leistung und damit ein höheres Erregerfeld an der Ständerwicklung zu ermöglichen wird vorgeschlagen, dass der zumindest eine als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildete Elektromotor und/oder der zu-mindest eine als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildete Generator der Stromversorgung als Ständerwicklung eine eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung (10) aufweist bzw. aufweisen, deren Bündelleiter aus isolierten dünnen Kupferdrähten ausgebildet sind, die in einem Ringspalt (11) zwischen einem Rotor (8) und einem geblechten magnetischen Eisenjoch (12) angeordnet ist, die mittels einer Kunststoffstruktur (14) verstärkt und/oder mit Harz vergossen oder imprägniert ist und die an eine ihr zugeordnete Kühlvorrichtung (13) angeschlossen ist, mittels der in ihr entstehende Verlustwärme abführbar ist.

Beschreibung

Schiffsantrieb

5 Die Erfindung bezieht sich auf einen Schiffsantrieb mit zu-
mindest einem Schiffspropeller, zumindest einem Elektromotor,
mittels dem der zumindest eine Schiffspropeller antreibbar
ist, und einer umrichtergespeisten Stromversorgung, mittels
der der zumindest eine Elektromotor mit elektrischer Energie
10 versorgbar ist und die zumindest eine Antriebsmaschine und
zumindest einen davon angetriebenen Generator aufweist, wobei
der zumindest eine Elektromotor und der zumindest eine Gene-
rator als Drehstrom-Synchronmaschinen ausgebildet sind.

15 Es sind dieselelektrische Schiffsantriebe bekannt, deren
Stromversorgung an geeigneter Stelle im Schiffsrumpf unterge-
brachte Synchrongeneratoren aufweist, durch die ihrerseits
umrichtergespeiste Synchron- oder auch Asynchronmotoren ge-
speist werden. Die die Schiffspropeller antreibenden Elektro-
20 motoren können beispielsweise als Innenbordmotoren angeordnet
sein und die Schiffspropeller über Wellenanlagen antreiben.

Darüber hinaus sind Podantriebe bekannt, die einen in einer
drehbaren Motorgondel angeordneten Asynchronmotor oder perma-
25 nent erregten Synchronmotor haben. Die Motorgondel ist außer-
halb des Schiffsrumpfs angeordnet und kann mit einer oder
zwei Schiffsschrauben ausgeführt sein. Die Verlustwärmeabfüh-
rung aus dem Elektromotor erfolgt hier allein über die Außen-
fläche der Motorgondel an das Seewasser. Die Asynchronmotoren
30 und Generatoren haben Luft-Wasser-Wärmetauscher.

Ausgehend von dem eingangs geschilderten Stand der Technik
liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den gattungsgemäßen
Schiffsantrieb derart weiterzubilden, dass er mit weniger
35 Verlusten je kW installierter Leistung und entsprechend mit
einem höheren Erregerfeld an der Wicklung ausgebildet werden
kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der zumindest eine als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildete Elektromotor und/oder der zumindest eine als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildete Generator der Stromversorgung als Ständerwicklung eine eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung aufweist bzw. aufweisen, deren Bündelleiter aus isolierten dünnen Kupferdrähten ausgebildet sind, die in einem Ringspalt zwischen einem Rotor und einem geblechten magnetischen Eisenjoch angeordnet ist, die mittels einer Kunststoffstruktur verstärkt und/oder mit Harz vergossen oder imprägniert ist und die an eine ihr zugeordnete Kühlvorrichtung angeschlossen ist, mittels der in ihr entstehende Verlustwärme abführbar ist.

Aufgrund der Ausgestaltung der Luftspalt-Drehstromwicklung entfallen Eisennuten auf Erdpotential, wobei darüber hinaus die Potentialdifferenzen und Feldstärken zu Ständerleitern geringer sind; es sind höhere Isolierabstände bei der Luftspalt-Drehstromwicklung möglich, was insbesondere für Hochspannungsmotoren günstig ist.

Wenn der zumindest eine als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildete Elektromotor und/oder der zumindest eine als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildete Generator der Stromversorgung am Rotor eine rotierende Erregerwicklung aus Hochtemperatursupraleiter (HTSL)-Draht aufweist bzw. -aufweisen, die in einem Vakuum isolierten Kryostaten angeordnet und auf eine Temperatur von 15 bis 77 K tiefkühlbar ist, kann das Erregerfeld statt einem Tesla ca. zwei Tesla betragen; es sind große freie radiale Luft- bzw. Ringspalte zulässig, wobei hierdurch die Möglichkeit besteht, das Kühlmittel in direkten Kontakt mit der Luftspalt-Drehstromwicklung zu bringen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Schiffsantriebs ist die eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung des zumindest einen Elektromotors und/oder des zumindest einen Generators der Stromversorgung in ein Ringgefäß

aus Isolierstoff eingebaut, das vom geblechten magnetischen Eisenjoch umgeben ist; dabei ist eine ausreichende Abfuhr der Verlustwärme der Luftspalt-Drehstromwicklung über das geblechte magnetische Eisenjoch allein nicht mehr möglich ist, so dass die Maßnahmen gemäß der Erfindung erforderlich sind.

Vorteilhaft ist das die eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung aufnehmende Ringgefäß aus glasfaserverstärktem Kunststoff ausgebildet.

10

Die der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung zugeordnete Kühlvorrichtung läßt sich vorteilhaft mittels eines Kühlmittelkreislaufs ausgestalten, der Kühlmittel an einer Stirnseite des die Luftspalt-Drehstromwicklung aufnehmenden Ringgefäßes in dieses ein- und an dessen anderer Seite aus diesem abführt, wobei das Kühlmittel zwischen der einen Stirnseite und der anderen Stirnseite des Ringgefäßes zwischen der Luftspalt-Drehstromwicklung und dem Ringgefäß und gegebenenfalls durch weitere Längskanäle in der Luftspalt-Drehstromwicklung hindurchströmt.

15
20

Als Kühlmittel der der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung zugeordneten Kühlvorrichtung ist zweckmäßigerweise eine isolierende Kühlflüssigkeit vorgesehen, z.B. Öl, MIDEL od.dgl.

.25

Zur Abführung von Verlustwärme aus dem Kühlmittelkreislauf der der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung zugeordneten Kühlvorrichtung ist zweckmäßigerweise in diesem Kühlmittelkreislauf ein Wärmetauscher angeordnet, der mittels des Kühlwassersystems des Schiffes rückkühlbar ist.

30

Alternativ kann der im Kühlmittelkreislauf der der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung zugeordneten Kühlvorrichtung vorgesehene Wärmetauscher mittels Seewasser rückgekühlt werden.

35

Der Wärmetauscher des Kühlmittelkreislaufs der der eisennutzenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung zugeordneten Kühlvorrichtung kann fest im Schiffsrumpf vorgesehen sein.

- 5 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schiffsantriebs ist dieser als Podantrieb ausgebildet, wobei dessen zumindest ein Elektromotor in einer Motorgondel des Podantriebs angeordnet ist.
- 10 Die den Kühlmittelkreislauf der der eisennutzenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung zugeordneten Kühlvorrichtung ausbildenden Kühlleitungen sind zweckmäßigerweise flexibel ausgebildet.
- 15 Um die Wärmeabfuhr aus dem geblechten magnetischen Eisenjoch des zumindest einen Elektromotors zu unterstützen, ist das Eisenjoch vorzugsweise in das Gehäuse der Motorgondel des Podantriebs eingeschrumpft.
- 20 Gemäß einer weiteren zweckmäßigen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schiffsantriebs ist der Wärmetauscher des Kühlmittelkreislaufs der der eisennutzenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung zugeordneten Kühlvorrichtung in einem drehbaren Azimuthmodul des Podantriebs angeordnet.
- 25 Wenn der Wärmetauscher des Kühlmittelkreislaufs der der eisennutzenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung zugeordneten Kühlvorrichtung in einem Strutmodul des Podantriebs angeordnet ist, wobei die Röhren des Wärmetauschers in thermischer Verbindung mit der Wandung des Strutmoduls stehen, kann in einfacher Weise Seewasser zur Abführung von Verlustwärme aus dem
- 30 Kühlmittelkreislauf eingesetzt werden.
- Zur Erleichterung etwaiger Wartungs- und Reparaturarbeiten
- 35 der der eisennutzenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung zugeordneten Kühlvorrichtung ist es zweckmäßig, wenn eine in deren Kühlmittelkreislauf angeordnete Umwälzpumpe in oder am dreh-

baren Azimuthmodul des Podantriebs angeordnet ist. Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schiffsantriebs weist die der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung des zumindest einen Elektromotors und/oder des zumindest einen Generators der Stromversorgung zugeordnete Kühlvorrichtung zumindest ein auf einer Rotorachse angeordnetes Lüfterrad auf, mittels dem eine Kühlgas-, z.B. eine Kühlluftströmung in den Ringzwischenraum zwischen der Luftspalt-Drehstromwicklung und dem Rotor und/oder den Ringzwischenraum zwischen der Luftspalt-Drehstromwicklung und dem geblechten magnetischen Eisenjoch des zumindest einen Elektromotors bzw. Generators richtbar ist. Mittels der Kühlluftströmung kann dann die im Ringspalt zwischen Rotor und Eisenjoch anfallende Verlustwärme aus dem Ringspalt abgeleitet werden.

Zweckmäßigerweise ist an beiden Stirnseiten des Rotors jeweils ein Lüfterrad vorgesehen, wobei dann jedes Lüfterrad zur Schaffung einer Kühlgasströmung geeignet ausgebildet wird, die etwa über die halbe axiale Abmessung des Elektromotors reicht.

Zur Erleichterung der Abfuhr der Verlustwärme aus dem Ringspalt zwischen Rotor einerseits und Eisenjoch andererseits ist es vorteilhaft, wenn die eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung mit in ihrer Radialrichtung sich erstreckenden Kühlschlitzten ausgebildet ist, mittels denen in der Luftspalt-Drehstromwicklung entstehende Verlustwärme an diese durchströmendes Kühlgas ableitbar ist.

Die radialen Kühlschlitzte der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung lassen sich zweckmäßigerweise durch Teflonfüllkörper bilden, die beim Zusammenbau der Luftspalt-Drehstromwicklung zwischen den Ständerstäben einsetz- und nach dem Vergießen bzw. Imprägnieren entfernbar sind.

Zweckmäßigerweise ist die Kühlvorrichtung mit einer Leitblechanordnung versehen, durch die die von den beiden Lüfterrädern erzeugten Kühlgasströmungen in den Ringzwischenraum zwischen Rotor und eisennutenfreier Luftspalt-Drehstromwicklung in Richtung zum axialen Mittelbereich des zumindest einen Elektromotors und/oder Generators geleitet werden, wobei die Kühlgasströmungen durch die radialen Kühlschlitze der Luftspalt-Drehstromwicklung aus dem Ringzwischenraum zwischen Rotor und Luftspalt-Drehstromwicklung in den Ringzwischenraum zwischen Luftspalt-Drehstromwicklung und geblechtem magnetischen Eisenjoch und dann zurück zu den Stirnseiten des Rotors geleitet werden.

Kühlluft kann durch die Lüfterräder in wenig aufwendiger Weise angesaugt werden, wenn in einem Gehäuse des zumindest einen Elektromotors und/oder Generators je Lüfterrad eine Ansaugöffnung ausgebildet ist, durch die hindurch das bzw. die Lüfterräder Kühlgas ansaugen.

Die Abfuhr erwärmten Kühlgases ist in einfacher Weise möglich, wenn im Gehäuse des zumindest einen Elektromotors und/oder Generators eine oder mehrere Ableitöffnungen ausgebildet sind, durch die hindurch das Kühlgas, nachdem es den Ringspalt zwischen Rotor und Eisenjoch wieder verlassen hat, aus dem Gehäuse des zumindest einen Elektromotors und/oder Generators abgeleitet wird.

Die Ansaugöffnung bzw. die Ansaugöffnungen und die Ableitöffnung bzw. die Ableitöffnungen sind vorteilhaft an einer bzw. jeweils an einer der beiden Stirnseiten des Rotors im Gehäuse des zumindest einen Elektromotors und/oder Generators angeordnet.

Bei einer weiteren zweckmäßigen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schiffsantriebs ist die Kühlgasströmung in einem Kreislauf geführt und mittels Gas-Wasser-Wärmetauschern rückkühlbar.

Innerhalb des Gehäuses des zumindest einen Elektromotors und/oder Generators in einem Axialzwischenraum bzw. in beiden Axialzwischenräumen zwischen einer Stirnseite bzw. beiden Stirnseiten des zumindest einen Elektromotors und/oder Generators und einer Stirnwand bzw. beiden Stirnwänden des Gehäuses ist vorteilhaft jeweils zumindest ein Gas-Wasser-Wärmetauscher angeordnet, der an einem Kühlkreislauf des Schiffes angeschlossen ist und an dem die aus dem Ringspalt zwischen Rotor und Eisenjoch austretende erwärmte Kühlgasströmung vorbeigeführt wird, bevor sie von dem zumindest einem Lüfterrad zurück in den Ringspalt gedrückt wird. Irgendwelche zusätzlichen Kühlgaskreisläufe od.dgl. können bei dieser Ausführungsform entfallen.

Alternativ ist es möglich, die Gas-Wasser-Wärmetauscher außerhalb des Gehäuses des zumindest einen Elektromotors und/oder Generators anzuordnen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

- FIGUR 1 eine Prinzipdarstellung im Längsschnitt einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schiffsantriebs;
- FIGUR 2 eine Prinzipdarstellung im Längsschnitt einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schiffsantriebs;
- FIGUR 3b eine Querschnittsdarstellung einer Luftspalt-Drehstromwicklung eines erfindungsgemäßen Schiffsantriebs;
- FIGUR 3a eine Längsschnittdarstellung eines Elektromotors bzw. Generators eines erfindungsgemäßen Schiffsantriebs; und
- FIGUR 4 eine Längsschnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform eines Elektromotors bzw. Generators des erfindungsgemäßen Schiffsantriebs.

Eine in FIGUR 1 im Querschnitt dargestellte erste Ausführungsform eines als Podantrieb 1 ausgebildeten erfindungsgemäßen Schiffsantriebs hat eine Motorgondel 2, die unterhalb eines Schiffsrumpfs 3, der in den FIGUREN 1 und 2 gestrichelt und lediglich teilweise dargestellt ist, angeordnet ist.

Innerhalb des Schiffsrumpfs 3 weist der Podantrieb 1 ein drehbares Azimuthmodul 4 auf, welches durch den Schiffsrumpf 3 hindurch mittels eines Strutmoduls 5 mit einer Motorgondel 2 fest verbunden ist.

Der Podantrieb 1 ist in Bezug auf den Schiffsrumpf 3 um eine senkrechte Achse drehbar.

Der in FIGUR 1 gezeigte Podantrieb 1 hat einen innerhalb der Motorgondel 2 angeordneten Elektromotor 6. Mittels dieses Elektromotors 6 wird ein am hinteren Ende der Motorgondel 2 rotierbar angeordneter Schiffspropeller 7 angetrieben.

Der Elektromotor 6 ist als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildet und hat einen Rotor 8, der mit einer in den FIGUREN nicht näher gezeigten rotierenden Erregerwicklung aus HTSL (Hochtemperatursupraleiter)-Draht ausgerüstet ist. Dieser Rotor 8 ist innerhalb eines Kryostaten 9 aufgenommen, der vakuumisoliert ausgebildet ist und mittels dem die rotierende Erregerwicklung aus HTSL-Draht des Rotors auf eine Temperatur von 15 bis 77 K tiefkühlbar ist.

Der als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildete Elektromotor 6 hat darüber hinaus eine Luftspalt-Drehstrom- bzw. Ständerwicklung 10, die ohne Eisennuten bzw. Eisenzähne ausgebildet ist. Die eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung 10 hat Bündelleiter aus isolierten dünnen Kupferdrähten und ist in einem Ringspalt 11 zwischen dem Rotor 8 und einem geblechten magnetischen Eisenjoch 12 angeordnet.

Um trotz des Wegfalls der Eisenzähne bzw. -nuten, des hohen Anteils an Isolierstoffen und der großen Abstände zum geblechten magnetischen Eisenjoch 12 eine ausreichende Abfuhr der in der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 anfallenden Verlustwärme zu gewährleisten, ist die Luftspalt-Drehstromwicklung 10 mit einer Kühlvorrichtung 13 versehen.

Aus mechanischen Gründen ist die eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung 10 mit einer sie verstärkenden Kunststoffstruktur versehen und/oder mit einem geeigneten Harz od.dgl. vergossen oder imprägniert.

Bei der in den FIGUREN 1 und 2 gezeigten, als Podantrieb 1 ausgestalteten Ausführungsform des Schiffsantriebs ist die eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung 10 in einem Ringgefäß 14 aufgenommen. Das Ringgefäß 14 besteht aus einem Isolierstoff, z.B. aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK).

Dieses bei der Ausführungsform gemäß den FIGUREN 1 und 2 die verstärkende Kunststoffstruktur bildende Ringgefäß 14 ist von dem ebenfalls ringförmig ausgestalteten geblechten magnetischen Eisenjoch 12 umgeben.

Die dem Ringgefäß 14 bzw. der darin aufgenommenen eisennuttfreien Luftspalt-Drehstromwicklung 10 zugeordnete Kühlvorrichtung 13 hat einen Kühlmittelkreislauf 15, der an einer Stirnseite 16 gekühltes Kühlmittel 17 in das Ringgefäß 14 einführt und das dann durch die in der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 anfallende Verlustwärme erwärmte Kühlmittel 17 an der anderen Stirnseite 18 des Ringgefäßes 14 wieder aufnimmt und ableitet.

Durch die ringförmigen Zwischenräume zwischen dem Ringgefäß 14 einerseits und der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 andererseits und gegebenenfalls durch weitere Längskanäle in der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 wird das Kühlmittel 17 an der

10

Luftspalt-Drehstromwicklung 10 in deren Axialrichtung vorbei geleitet.

Als Kühlmittel 17 wird eine isolierende Kühlflüssigkeit, z.B.
5 Öl, MIDEL od.dgl. eingesetzt.

Bei der in FIGUR 1 gezeigten Ausführungsform des Podantriebs 1 weist der Kühlmittelkreislauf 15 der Kühlvorrichtung 13 einen Wärmetauscher 19 auf, der in bzw. am drehbaren Azimuthmodul 4 des Podantriebs 1 vorgesehen ist. Der Wärmetauscher 19
10 wird durch ein schiffsseitiges Kühlwassersystem 20 rückgekühlt.

Der Wärmetauscher 19 kann statt in bzw. am drehbaren Azimuthmodul 4 des Podantriebs 1 auch an einer anderen geeigneten Stelle innerhalb des Schiffsrumpfs 3 angeordnet werden.
15

Der Kühlmittelkreislauf 15 hat darüber hinaus eine Umwälzpumpe 21, die bei den in den FIGUREN 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispielen im drehbaren Azimuthmodul 4 des Podantriebs 1 angeordnet ist. Entsprechend kann die Umwälzpumpe 1 mit einem vergleichsweise geringen Aufwand gewartet und gegebenenfalls repariert bzw. ausgewechselt werden, da sie infolge ihrer Anordnung im drehbaren Azimuthmodul 4 des Podantriebs 1 leicht zugänglich ist.
20
25

Kühlleitungen des Kühlmittelkreislaufs 15 sind flexibel ausgestaltet.

Die in FIGUR 2 gezeigte Ausführungsform des Podantriebs 1 unterscheidet sich von der in FIGUR 1 gezeigten dadurch, dass der Wärmetauscher 19 des Kühlmittelkreislaufs 15 der dem Ringgefäß 14 bzw. der darin aufgenommenen Luftspalt-Drehstromwicklung 10 zugeordneten Kühlvorrichtung 13 im Strutmodul 5 des Podantriebs 1 angeordnet ist. Die Rohrschlangen 22
30 der in FIGUR 2 gezeigten Ausführungsform des Wärmetauschers 19 sind in thermischer Verbindung mit der Wandung des Strut-
35

moduls 5 angeordnet, so dass sie die im sie durchströmenden Kühlmittel 17 enthaltende Verlustwärme der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 an das das Strutmodul 5 umgebende Seewasser abgeben.

5

Bei den in den FIGUREN 1 und 2 gezeigten Ausführungsformen des Podantriebs 1 ist das geblechte magnetische Eisenjoch 12 in das Gehäuse 13 der Motorgondel 2 eingeschrumpft, so dass im Eisenjoch 12 anfallende Verlustwärme durch das Gehäuse 23
10 unmittelbar an das die Motorgondel 2 umgebende Seewasser abgegeben werden kann.

Bei den in den FIGUREN 3a bis 4 gezeigten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Schiffsantriebs ist der Elektromotor 6
15 in geeigneter Weise am bzw. im Schiff angeordnet.

Im Ringspalt 11 zwischen dem Rotor 8, dessen rotierende Erregerwicklung im Kryostaten 9 aufgenommen ist, und dem geblechten magnetischen Eisenjoch 12 ist die eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung 10 aufgenommen.
20

Diese Luftspalt-Drehstromwicklung hat in ihrer Radialrichtung verlaufende Kühlschlitze 24. Diese radialen Kühlschlitze 24 der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 entstehen dadurch, dass
25 beim Zusammenbau der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 zwischen deren Ständerstäben geeignet geformte Teflonfüllkörper eingesetzt werden, die nach dem Vergießen bzw. Imprägnieren der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 entfernt werden.

Mittels dieser die Luftspalt-Drehstromwicklung 10 durchsetzenden radialen Kühlschlitze 24 ist ein innerer Ringzwischenraum 25, der zwischen der Außenmantelfläche des Rotors 8 und der Innenmantelfläche der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 ausgebildet ist, an einen äußeren Ringzwischenraum 26 ange-
30 schlossen, der zwischen der Außenmantelfläche der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 und der Innenmantelfläche des ringförmigen geblechten magnetischen Eisenjochs 12 ausgebildet ist.
35

Die Ausgestaltung, Anordnung und der Verlauf der radialen Kühlschlitze 24 der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 gehen am besten aus einer Zusammenschau der FIGUREN 3a bzw. 4 mit FIGUR 3b hervor.

5

Der in den FIGUREN 3a bis 4 für den Elektromotor 6 gezeigte Aufbau ist ähnlich auch für einen Generator geeignet, der an beliebiger Stelle im Schiffsrumpf 3 angeordnet werden kann.

10 Der Rotor 8 des Elektromotors 6 sitzt auf einer Rotorachse 27, auf der an beiden Stirnseiten 28, 29 des Rotors 8 jeweils ein Lüfterrad 30 bzw. 31 sitzt.

Mittels des Lüfterrads 30 bzw. 31 wird jeweils eine Kühlluft-
15 strömung 32 von der Stirnseite 28 bzw. von der Stirnseite 29 des Rotors 8 her in den inneren Ringzwischenraum 25 zwischen der Mantelfläche des Rotors 8 und der Innenmantelfläche der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 eingeleitet. Die kapazitive Auslegung der Lüfterräder 30, 31 ist so gewählt, dass sich
20 die Kühlluftströmungen 32 etwa in einem axialen Mittelbereich des Rotors 8 treffen.

Durch die Kühlschlitze 24 der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 gelangt die Kühlluftströmung 32 in den äußeren Ringzwischen-
25 raum 26 zwischen der Außenmantelfläche der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 und der Innenmantelfläche des geblechten magnetischen Eisenjochs 12. Aus diesem äußeren Ringzwischenraum 26 tritt die Kühlluftströmung 32 an den beiden Stirnseiten 28, 29 bzw. nahe dieser beiden Stirnseiten 28, 29 des Ro-
30 tors 8 wieder aus.

Beim Durchtritt der Kühlluftströmung 32 durch den inneren Ringzwischenraum 25, die radialen Kühlschlitze 24 der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 und den äußeren Ringzwischenraum
35 26 wird Verlustwärme aus der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 und aus dem geblechten magnetischen Eisenjoch 12 auf die Kühlluft übertragen und aus dem Ringspalt 11 abgeführt.

Bei der in FIGUR 3a gezeigten Ausführungsform des Elektromotors 6 ist im Bereich der beiden Lüfterräder 30, 31 jeweils eine Leitblechanordnung 33 vorgesehen, mittels der die in den inneren Ringzwischenraum 25 einzuleitende Kühlluft von aus dem äußeren Ringzwischenraum 26 austretender, erwärmter Kühlluft getrennt wird. Bei dem in FIGUR 3a gezeigten Ausführungsbeispiel des Elektromotors 6 reichen die beiden Leitblechanordnungen 33 jeweils bis zu einer Ansaugöffnung 34 bzw. 35, die in den Stirnwänden 36 bzw. 37 eines den Elektromotor 6 im Falle der Ausführungsformen gemäß den FIGUREN 3a und 4 aufnehmenden Gehäuses 38 ausgebildet sind.

Die aus dem äußeren Ringzwischenraum 26 austretende erwärmte Kühlluftströmung 32 wird durch Ableitöffnungen 39, 40, die nahe den Stirnwänden 36, 37 im Gehäuse 38 ausgebildet sind, aus dem Gehäuse 38 abgeleitet.

Zwischen den Ansaugöffnungen 34, 35 einerseits und den Ableitöffnungen 39, 40 andererseits kann eine Leitungsverbindung vorgesehen sein, in der mittels eines dort vorgesehenen Wärmetauschers die Kühlluft soweit abgekühlt wird, dass sie mittels der Lüfterräder 30, 31 wieder in den inneren Ringzwischenraum 25 eingeleitet werden kann.

Im Unterschied zu der in FIGUR 3a gezeigten Ausführungsform des Elektromotors 6 ist im Falle der in FIGUR 4 gezeigten Ausführungsform desselben in den beiden Axialzwischenräumen 41, 42 zwischen den Stirnwänden 36, 37 des Gehäuses 38 und den Stirnseiten 28, 29 des Rotors 8 bzw. des Elektromotors 7 jeweils ein Gas-Wasser-Wärmetauscher 43 bzw. 44 angeordnet. Die Kühlluftströmung 32 wird innerhalb des Gehäuses 38 durch die beiden Axialzwischenräume 41, 42 quasi in zwei Kreisläufen geführt, wobei die durch die Verlustwärme aus der Luftspalt-Drehstromwicklung 10 bzw. dem geblechten magnetischen Eisenjoch 12 erwärmte und aus dem äußeren Ringzwischenraum 26 austretende Kühlluftströmung durch den Gas-Wasser-Wärmetauscher 43 bzw. 42 gekühlt wird, bevor die dann gekühlte Kühl-

luftströmung 32 durch die beiden Lüfterräder 30, 31 wieder in den inneren Ringzwischenraum 25 eingedrückt wird.

Die Leitblechanordnung 33 ist bei der Ausführungsform gemäß
5 FIGUR 4 so gestaltet, dass nur solche Kühlluft durch die Lüfter-
räder 30, 31 angesaugt wird, die bereits am Gas-Wasser-
Wärmetauscher 43 bzw. 44 vorbeigeströmt ist.

Die beiden Gas-Wasser-Wärmetauscher 43, 44 sind an einen
10 Kühlkreislauf 45 des Schiffes angeschlossen.

Patentansprüche

1. Schiffsantrieb, mit zumindest einem Schiffspropeller (7),
zumindest einem Elektromotor (6), mittels dem der zumindest
5 eine Schiffspropeller (7) antreibbar ist, und einer umrich-
tergespeisten Stromversorgung, mittels der der zumindest eine
Elektromotor (6) mit elektrischer Energie versorgbar ist und
die zumindest eine Antriebsmaschine und zumindest einen davon
10 angetriebenen Generator aufweist, wobei der zumindest eine
Elektromotor (6) und der zumindest eine Generator als Dreh-
strom-Synchronmaschinen ausgebildet sind, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, dass der zumindest eine als
Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildete Elektromotor (6)
15 und/oder der zumindest eine als Drehstrom-Synchronmaschine
ausgebildete Generator der Stromversorgung als Ständerwick-
lung eine eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung (10)
aufweist bzw. aufweisen, deren Bündelleiter aus isolierten
dünnen Kupferdrähten ausgebildet sind, die in einem Ringspalt
(11) zwischen einem Rotor (8) und einem geblechten magneti-
20 schen Eisenjoch (12) angeordnet ist, die mittels einer Kunst-
stoffstruktur (14) verstärkt und/oder mit Harz vergossen oder
imprägniert ist und die an eine ihr zugeordnete Kühlvorrich-
tung (13) angeschlossen ist, mittels der in ihr entstehende
Verlustwärme abführbar ist.
- 25
2. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, bei dem der zumindest eine
als Drehstrom-Synchronmaschine ausgebildete Elektromotor (6)
und/oder der zumindest eine als Drehstrom-Synchronmaschine
ausgebildete Generator der Stromversorgung am Rotor eine ro-
30 tierende Erregerwicklung aus Hochtemperatursupraleiter (HTSL)-
Draht aufweist bzw. aufweisen, die in einem vakuumisolierten
Kryostaten (9) angeordnet und auf eine Temperatur von 15 bis
77 K tiefkühlbar ist.
- 35
3. Schiffsantrieb nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die eisen-
nutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung (10) des zumindest ei-
nen Elektromotors (6) und/oder des zumindest einen Generators

der Stromversorgung in ein Ringgefäß (14) aus Isolierstoff eingebaut ist, das vom geblechten magnetischen Eisenjoch (12) umgeben ist.

5 4. Schiffsantrieb nach Anspruch 3, bei dem das die eisennutenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung (10) aufweisende Ringgefäß (14) aus glasfaserverstärktem Kunststoff ausgebildet ist.

10 5. Schiffsantrieb nach Anspruch 3 oder 4, bei dem die der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung (10) zugeordnete Kühlvorrichtung (13) einen Kühlmittelkreislauf (15) aufweist, der Kühlmittel (17) an einer Stirnseite (16) des die Luftspalt-Drehstromwicklung (10) aufnehmenden Ringgefäßes (14) in dieses ein- und an dessen anderer Stirnseite (18) aus diesem
15 abführt, wobei das Kühlmittel (17) zwischen der einen Stirnseite (16) und der anderen Stirnseite (18) des Ringgefäßes (14) zwischen der Luftspalt-Drehstromwicklung (10) und dem Ringgefäß (14) und gegebenenfalls durch weitere Längskanäle in der Luftspalt-Drehstromwicklung (10) hindurchströmt.

20

6. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem als Kühlmittel (17) der der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung (10) zugeordneten Kühlvorrichtung (13) eine
25 isolierende Kühlflüssigkeit, z.B. Öl, MIDEL od.dgl., vorgesehen ist.

7. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem ein im Kühlmittelkreislauf (15) der der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung (10) zugeordneten Kühlvorrichtung
30 (13) angeordneter Wärmetauscher (19) mittels des Kühlsystems (20) des Schiffes rückkühlbar ist.

8. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem ein im Kühlmittelkreislauf (15) der der eisennutenfreien
35 Luftspalt-Drehstromwicklung (10) zugeordneten Kühlvorrichtung (13) angeordneter Wärmetauscher (19) mittels Seewasser rückkühlbar ist.

9. Schiffsantrieb nach Anspruch 7 oder 8, bei dem der Wärmetauscher (19) des Kühlmittelkreislaufs (15) der der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung (10) zugeordneten Kühlvorrichtung (13) fest im Schiffsrumpf (3) angeordnet ist.

5

10. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 9, der als Podantrieb (1) ausgebildet und dessen zumindest ein Elektromotor (6) in einer Motorgondel (2) des Podantriebs (1) angeordnet ist.

10

11. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem den Kühlmittelkreislauf (15) der der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung (10) zugeordneten Kühlvorrichtung (13) ausbildende Kühlleitungen flexibel ausgebildet sind.

15

12. Schiffsantrieb nach Anspruch 10 oder 11, bei dem das geblechte magnetische Eisenjoch (12) des zumindest einen Elektromotors (6) in das Gehäuse (23) der Motorgondel (2) des Podantriebs (1) eingeschrumpft ist.

20

13. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei dem der Wärmetauscher (19) des Kühlmittelkreislaufs (15) der der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung (10) zugeordneten Kühlvorrichtung (13) in einem drehbaren Azimuthmodul (4) des Podantriebs (1) angeordnet ist.

25

14. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei dem der Wärmetauscher (19) des Kühlmittelkreislaufs (15) der der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung (10) zugeordneten Kühlvorrichtung (13) in einem Strutmodul (5) des Podantriebs (1) angeordnet ist, wobei die Röhren des Wärmetauschers (19) in thermischer Verbindung mit der Wandung des Strutmoduls (5) stehen.

30

15. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 10 bis 14, bei dem eine im Kühlmittelkreislauf (15) der der eisennutenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung (10) zugeordneten Kühlvorrichtung

35

(13) angeordnete Umwälzpumpe (21) in oder am drehbaren Azimuthmodul (4) des Podantriebs (1) angeordnet ist.

16. Schiffsantrieb nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die der
5 eisennotenfreien Luftspalt-Drehstromwicklung (10) des zumindest einen Elektromotors (6) und/oder des zumindest einen Generators der Stromversorgung zugeordnete Kühlvorrichtung zumindest ein auf einer Rotorachse (27) angeordnetes Lüfterrad (30, 31) aufweist, mittels dem eine Kühlgas-, z.B. eine Kühl-
10 luftströmung (32), in den Ringzwischenraum (25) zwischen der Luftspalt-Drehstromwicklung (10) und dem Rotor (8) und/oder den Ringzwischenraum (26) zwischen der Luftspalt-Drehstromwicklung (10) und dem geblechten magnetischen Eisenjoch (12) des zumindest einen Elektromotors (6) bzw. Generators richt-
15 bar ist.

17. Schiffsantrieb nach Anspruch 16, bei dem an beiden Stirnseiten (28, 29) des Rotors (8) jeweils ein Lüfterrad (30, 31) vorgesehen ist.

20 18. Schiffsantrieb nach Anspruch 16 oder 17, bei dem die eisennotenfreie Luftspalt-Drehstromwicklung (10) mit in ihrer Radialrichtung sich erstreckenden Kühlschlitzten (24) ausgebildet ist, mittels denen in der Luftspalt-Drehstromwicklung
25 (10) entstehende Verlustwärme an diese durchströmendes Kühl-Kühlgas (32) ableitbar ist.

19. Schiffsantrieb nach Anspruch 18, bei dem die radialen Kühlschlitzte (24) der eisennotenfreien Luftspalt-Drehstrom-
30 wicklung (10) durch Teflonfüllkörper gebildet sind, die beim Zusammenbau der Luftspalt-Drehstromwicklung (10) zwischen deren Ständerstäben einsetz- und nach dem Vergießen bzw. Imprägnieren entfernbar sind.

35 20. Schiffsantrieb nach Anspruch 18 oder 19, mit einer Leitblechanordnung (33), durch die die von den beiden Lüfterrädern (30, 31) erzeugten Kühlgasströmungen (32) in den Ring-

zwischenraum (25) zwischen Rotor (8) und eisennutenfreier Luftspalt-Drehstromwicklung (10) in Richtung zum axialen Mittelbereich des zumindest einen Elektromotors (6) und/oder Generators geleitet werden, wobei die Kühlgasströmungen (32) durch die radialen Kühlschlitze (24) der Luftspalt-Drehstromwicklung (10) aus dem Ringzwischenraum (25) zwischen Rotor (8) und Luftspalt-Drehstromwicklung (10) in den Ringzwischenraum (26) zwischen Luftspalt-Drehstromwicklung (10) und geblechtem magnetischen Eisenjoch (12) und dann zurück zu den Stirnseiten (28, 29) des Rotors (8) geleitet werden.

21. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 16 bis 20, bei dem in einem Gehäuse (38) des zumindest einen Elektromotors (6) und/oder Generators je Lüfterrad (30, 31) eine Ansaugöffnung (34, 35) ausgebildet ist, durch die hindurch das bzw. die Lüfterräder (30, 31) Kühlgas ansaugen.

22. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 16 bis 21, bei dem im Gehäuse (38) des zumindest einen Elektromotors (6) und/oder Generators eine oder mehrere Ableitöffnungen (39, 40) ausgebildet sind, durch die hindurch das Kühlgas (32), nachdem es den Ringspalt (11) zwischen Rotor (8) und Eisenjoch (12) wieder verlassen hat, aus dem Gehäuse (38) des zumindest einen Elektromotors (6) und/oder Generators abgeleitet wird.

23. Schiffsantrieb nach Anspruch 22, bei dem die Ansaugöffnung bzw. die Ansaugöffnungen (34, 35) und die Ableitöffnung bzw. die Ableitöffnungen (39, 40) an einer bzw. jeweils an einer der beiden Stirnseiten (28, 29) des Rotors (8) im Gehäuse (38) des zumindest einen Elektromotors (6) und/oder Generators angeordnet sind.

24. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 16 bis 23, bei dem die Kühlgasströmung (32) in einem Kreislauf geführt und mittels Gas-Wasser-Wärmetauschern (43, 44) rückkühlbar ist.

20

25. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 16 bis 20, bei dem innerhalb des Gehäuses (38) des zumindest einen Elektromotors (6) und/oder Generators in einem Axialzwischenraum bzw. in beiden Axialzwischenräumen (41, 42) zwischen einer
5 Stirnseite bzw. beiden Stirnseiten (28, 29) des zumindest einen Elektromotors (6) und/oder Generators und einer Stirnwand bzw. beiden Stirnwänden (36, 37) des Gehäuses (38) jeweils
zumindest ein Gas-Wasser-Wärmetauscher (43, 44) angeordnet ist, der an einen Kühlkreislauf (45) des Schiffes angeschlos-
10 sen ist und an dem die aus dem Ringspalt (11) zwischen Rotor (8) und Eisenjoch (12) austretende erwärmte Kühlgasströmung (32) vorbeigeführt wird, bevor sie von dem zumindest einen Lüfterrad (30, 31) zurück in den Ringspalt (11) gedrückt
wird.

15

26. Schiffsantrieb nach einem der Ansprüche 16 bis 24, bei dem der bzw. die Gas-Wasser-Wärmetauscher außerhalb des Gehäuses des zumindest einen Elektromotors (6) und/oder Generators angeordnet ist bzw. sind.

20

1 / 4

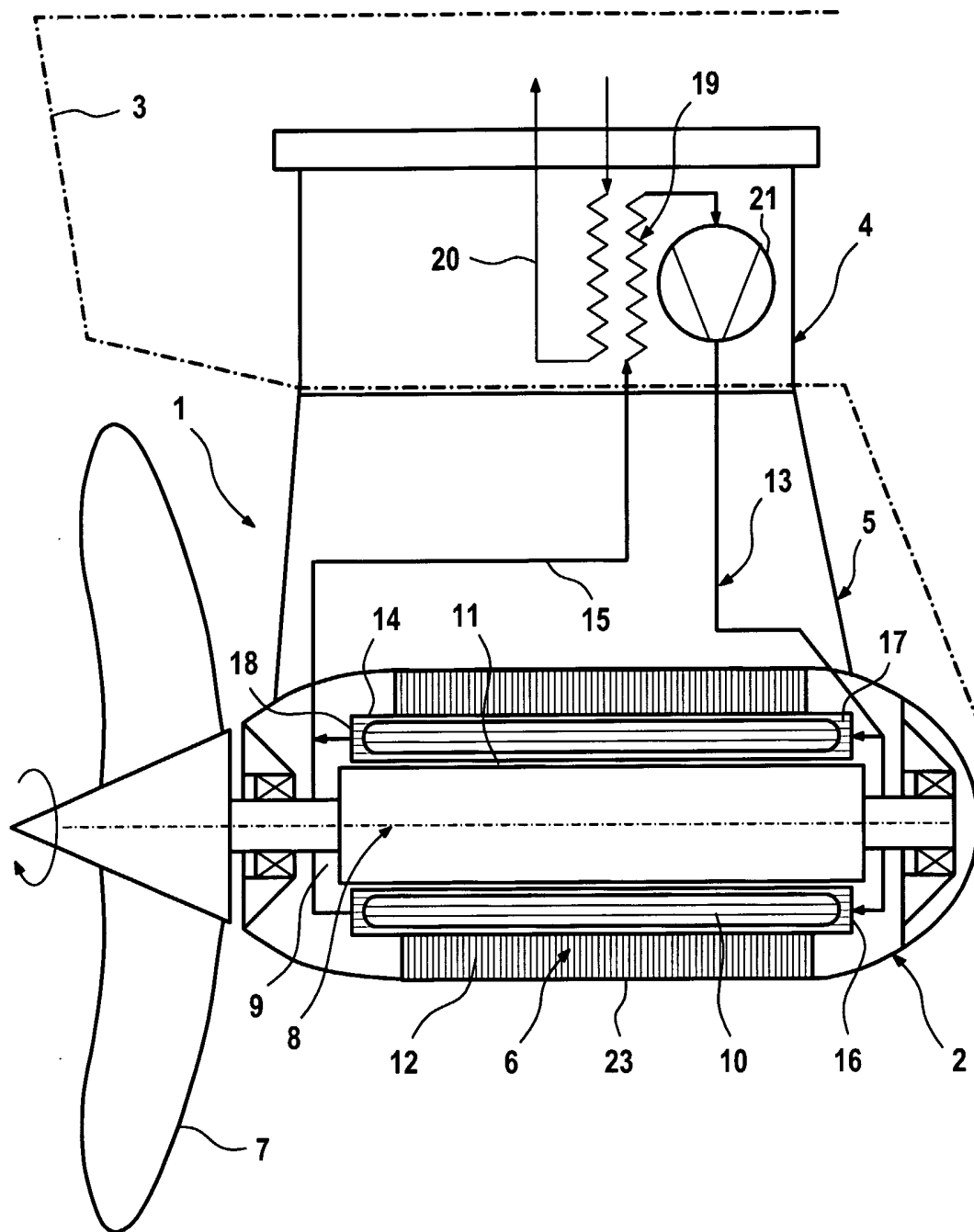


FIG 1

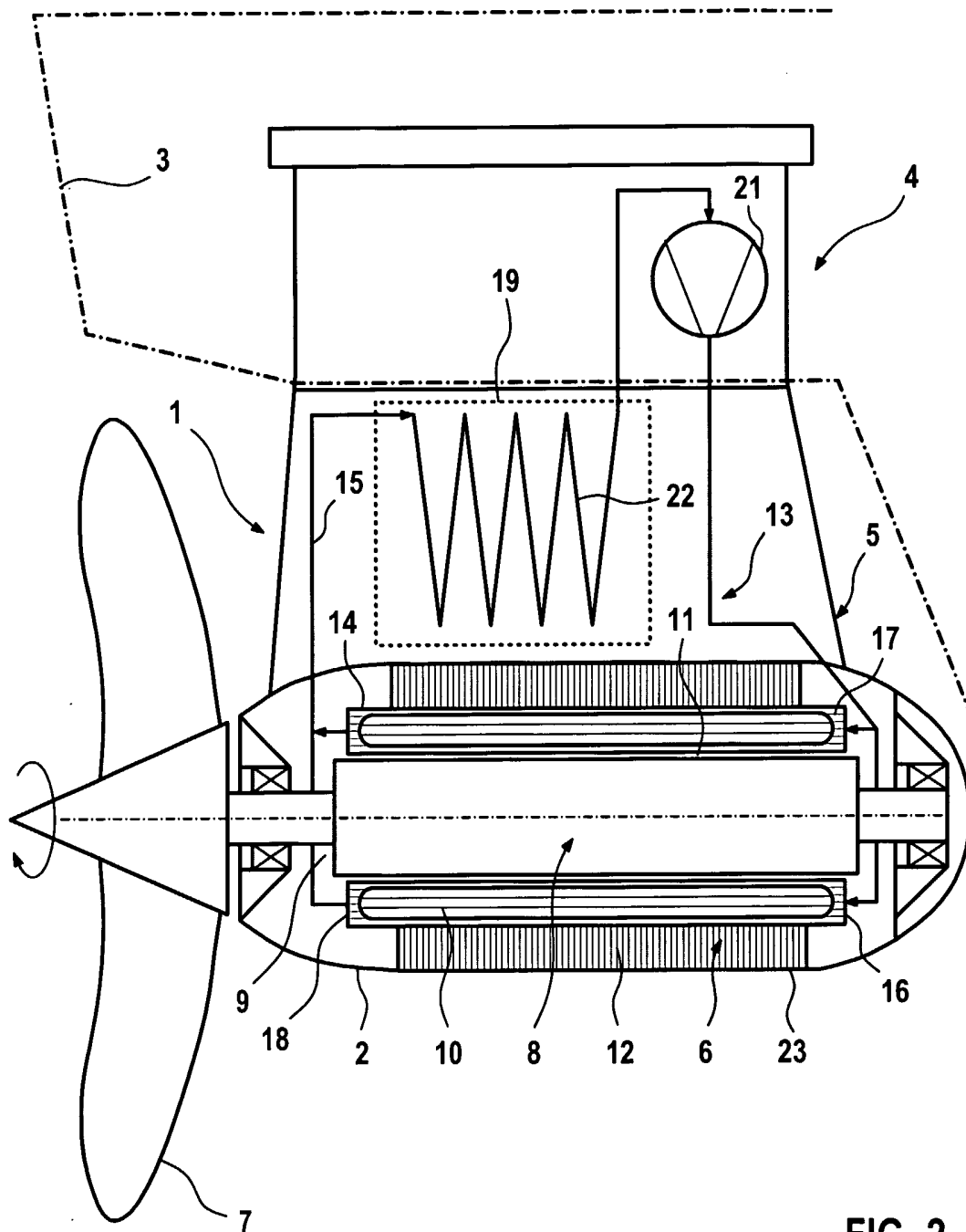


FIG 2

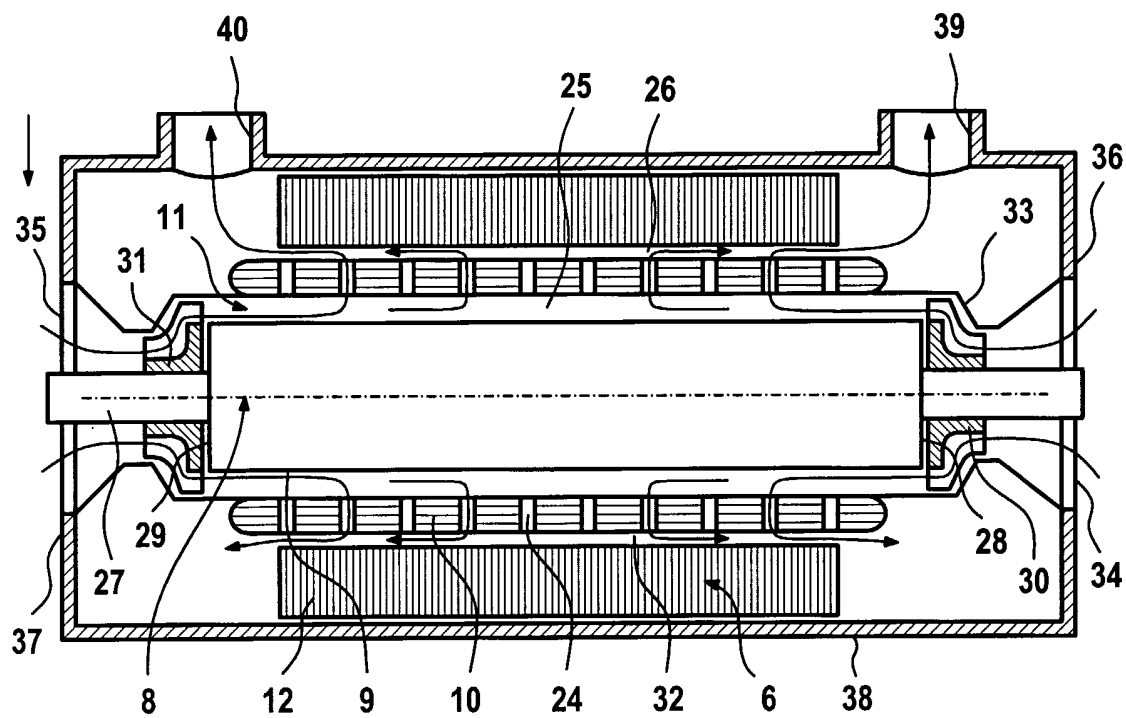


FIG 3a

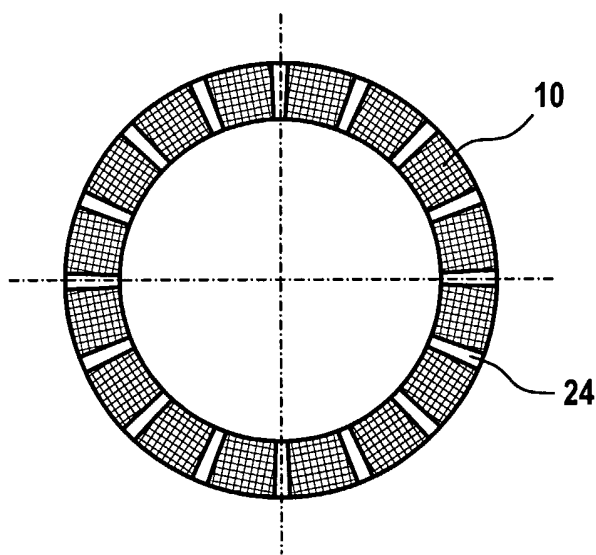


FIG 3b

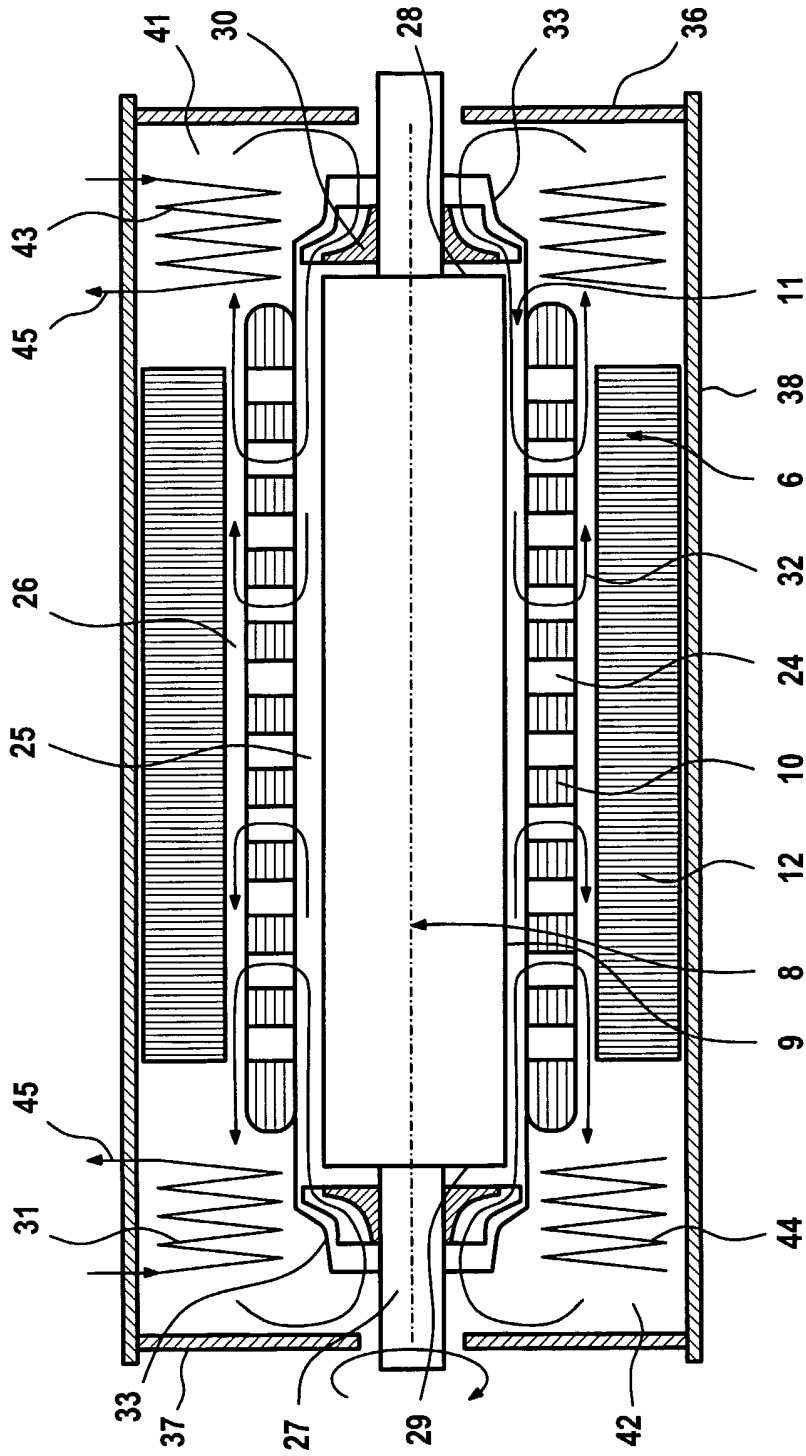


FIG 4