

(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
15. Oktober 2009 (15.10.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/124841 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B63H 21/17 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/053478

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. März 2009 (25.03.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 018 420.9
10. April 2008 (10.04.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ECKERT, Jürgen**
[DE/DE]; Im Schafhof 11, 91085 Weisendorf (DE).
HARTIG, Rainer [DE/DE]; Dammhauser Straße 12,
21614 Buxtehude (DE). **MEYER, Christian** [DE/DE];
Luchweg 7b, 13591 Berlin (DE). **SCHÜRING, Ingo**
[DE/DE]; Akazienallee 15, 14621 Schönwalde (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

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

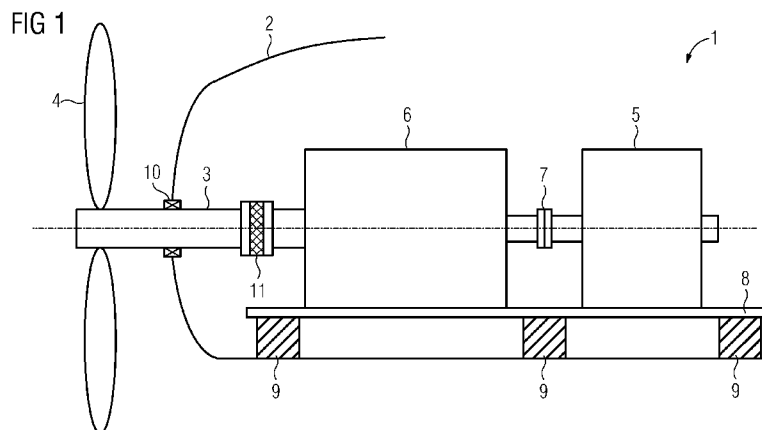
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,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

Veröffentlicht:

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

(54) Title: DRIVE DEVICE COMPRISING TWO DRIVE MOTORS FOR A SHIP

(54) Bezeichnung: ANTRIEBSEINRICHTUNG MIT ZWEI ANTRIEBSMOTOREN FÜR EIN SCHIFF



(57) Abstract: The invention relates to a drive device (1) for a ship comprising a drive shaft (3) for driving a propulsion unit (4) of the ship and a first and a second electric motor (5 and 6) for driving the propulsion unit (4). Both of the motors (5, 6) are arranged behind each other on the drive shaft (3). The first motor (5) comprises a rotor (21) and a stator (23) that are arranged in a motor housing (25). The current converters (27) for feeding the first motor (5) with electric current are arranged in the motor housing (25), preferably at least partially in an area (26) between the drive shaft (3) and the rotor (21). According to the invention, the ratio of the power rating of the first motor (5) in relation to the power rating of the second motor (6) is between 1:3 and 3:1. The second motor (6) is arranged on the drive shaft (3) in a spatial manner between the propulsion unit (4) and the first motor (5).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/124841 A2



Bei einer Antriebseinrichtung (1) für ein Schiff mit einer Antriebswelle (3) zum Antrieb einer Vortriebseinheit (4) des Schiffes und mit einem ersten und einem zweiten elektrischen Motor (5 bzw. 6) zum Antrieb der Vortriebseinheit (4), wobei die beiden Motoren (5, 6) hintereinander auf der Antriebswelle (3) angeordnet sind, wobei der erste Motor (5) einen Läufer (21) und einen Ständer (23) umfasst, die in einem Motorgehäuse (25) angeordnet sind, wobei Stromrichter (27) zur Speisung des ersten Motors (5) mit elektrischem Strom in dem Motorgehäuse (25), vorzugsweise zumindest teilweise in einem Raum (26) zwischen der Antriebswelle (3) und dem Läufer (21), angeordnet sind, beträgt erfindungsgemäß das Verhältnis der Nennleistung des ersten Motors (5) zu der Nennleistung des zweiten Motors (6) zwischen 1:3 und 3:1, wobei der zweite Motor (6) räumlich zwischen der Vortriebseinheit (4) und dem ersten Motor (5) auf der Antriebswelle (3) angeordnet ist.

Beschreibung

Antriebseinrichtung mit zwei Antriebsmotoren für ein Schiff

- 5 Die Erfindung betrifft eine Antriebseinrichtung mit zwei Antriebsmotoren für ein Schiff gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1; eine derartige Antriebseinrichtung ist beispielsweise durch die EP 1 233 904 B1 bekannt.
- 10 Die EP 1 233 904 B1 offenbart eine Antriebseinrichtung für ein Schiff mit zwei elektrischen Motoren, die hintereinander auf einer Antriebswelle angeordnet sind. Ein erster elektrischer Motor mit einer Antriebsleistung von weniger als ein $\frac{1}{20}$ der maximalen Antriebsleistung dient zum Antrieb der Antriebswelle für einen unteren Drehzahlbereich bis etwa 30%
- 15 der Nenndrehzahl der Antriebswelle. Der Motor erfüllt dabei alle mechanischen, elektrischen und akustischen Randbedingungen, die für eine langsame Fahrt des Schiffes, insbesondere eines U-Bootes, charakteristisch sind. Bevorzugt kommt dabei ein Synchronmotor mit permanentmagneterregtem Läufer zum Einsatz. Der zweite Antriebsmotor ist ein Antriebsmotor mit im Vergleich zu dem ersten Antriebsmotor wesentlich größerer Leistung (Leistungsverhältnis größer/gleich 20:1). Dieser Antriebsmotor ist für eine Schnellfahrt des Schiffes konzipiert, bei der nicht die extremen Körperschallanforderungen
- 20 wie für Langsamfahrt bestehen. Der erste Motor weist dabei einen Läufer und einen Ständer auf, die in einem Motorgehäuse angeordnet sind, wobei Stromrichter zur Speisung des Motors mit elektrischem Strom ebenfalls in dem Motorgehäuse angeordnet sind.
- 25 30

- Aus der EP 0 194 433 B1 ist eine elektrische Maschine bekannt, bei der ein elektronischer Steller zur Speisung der Maschine mit elektrischem Strom zumindest teilweise in einem
- 35 Raum zwischen der Antriebswelle, dem Läufer und dem Motorgehäuse der Maschine angeordnet sind. Die Maschine weist hierzu einen glockenförmigen Läufer auf, auf dem Permanentmagnete angeordnet sind. Die Maschine und insbesondere ihr elektroni-

scher Steller sind somit besonders gut gegen unerwünschte Energieabstrahlungen akustischer und elektrischer Art geschützt.

5 Ausgehend hiervon ist es Aufgabe vorliegender Erfindung, eine Antriebseinrichtung für ein Schiff, insbesondere für ein U-Boot, anzugeben, die sich durch eine hohe Verfügbarkeit, hohe Leistung sowie einfache Wartungs- und Reparaturmöglichkeiten bei gleichzeitig geringem Platzbedarf auszeichnet und die so-
10 mit in besonders hohem Maße für die Verwendung zum Antrieb einer Vortriebseinheit eines Schiffes, insbesondere eines U-Bootes, geeignet ist.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt durch eine Antriebs-
15 einrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen dieser Antriebseinrichtung sind Gegenstand der Patentansprüche 2 bis 17. Ein Antriebseinrichtungssystem für derartige Antriebseinrichtungen ist Gegenstand des Patentanspruchs 18. Ein Verfahren zur Herstellung einer er-
20 findungsgemäßen Antriebseinrichtung mit Hilfe eines derartigen Antriebseinrichtungssystems ist Gegenstand des Patentanspruchs 19.

Erfindungsgemäß beträgt das Verhältnis der Nennleistung des
25 ersten Motors zu der Nennleistung des zweiten Motors zwischen 1:3 und 3:1, wobei der zweite Motor räumlich zwischen der Vortriebseinheit, z.B. einen Propeller, und dem ersten Motor auf der Antriebswelle angeordnet ist.

30 Die Erfindung wendet sich somit ab von dem bisherigen Weg, einen Hauptantrieb großer Leistung durch einen zweiten Antrieb kleiner Leistung zu ergänzen, und verwendet stattdessen zwei Motoren, die sich nur in einem begrenzten Bereich hinsichtlich ihrer Nennleistung unterscheiden. Es kommen somit
35 zwei Motoren nahezu gleicher Leistung zum Einsatz, so dass bei Ausfall eines der beiden Motoren mit dem anderen Motor noch ein großer Teil der Antriebsleistung weiterhin zur Verfügung steht, wodurch eine hohe Verfügbarkeit der Antriebs-

einrichtung auch für höhere Leistungsanforderungen der Vortriebseinheit gewährleistet werden kann. Durch einen Verbundbetrieb der beiden Motoren ist es zudem möglich, eine deutlich größere maximale Leistung auf die Antriebswelle abzugeben und somit die Leistung der Vortriebseinheit und damit die Geschwindigkeit des Schiffes und dessen Beschleunigungsvermögen bei gleichbleibendem Gewicht und Fahrwiderstand des Schiffes zu erhöhen bzw. bei gleichbleibender Geschwindigkeit das Gewicht und/oder den Fahrwiderstand des Schiffes zu erhöhen. Da der zweite Motor räumlich zwischen dem Propeller und dem ersten Motor auf der Antriebswelle angeordnet ist, ist dabei die Zugänglichkeit zu den in dem Motorgehäuse des ersten Motors angeordneten Stromrichtern und somit eine hohe Wartungs- und Reparaturfreundlichkeit der Antriebseinrichtung gegeben.

Der erste Motor weist aufgrund der Anordnung der Stromrichter in dem Motorgehäuse üblicherweise einen größeren Platzbedarf in Umfangsrichtung als der zweite Motor auf. Da im Regelfall die Antriebswelle in Richtung zu der Vortriebseinheit aufgrund der zunehmenden darauf einwirkenden Momentenkräfte einen ebenfalls zunehmenden Durchmesser aufweist, erfolgt die Anordnung des ersten Motors erfindungsgemäß nicht in dem der Vortriebseinheit zugewandten Teil der Antriebswelle mit größerem Durchmesser, was einen entsprechend noch größeren Durchmesser des ersten Motors zur Folge hätte, sondern in dem Bereich der Antriebswelle mit dem geringsten Durchmesser. Hierdurch kann der Platzbedarf des ersten Motors in Umfangsrichtung und somit der gesamten Antriebseinrichtung klein gehalten werden.

Grundsätzlich können für die beiden Motoren verschiedenste dem Fachmann geläufige und für Schiffe geeignete Motorentypen zum Einsatz kommen, z.B. als Wechselstrommotoren ausgebildete Asynchronmotoren oder Synchronmotoren, sowie auch Gleichstrommotoren.

Bevorzugt ist der erste Motor als ein Synchronmotor mit einem permanenterregten Läufer und der zweite Motor als ein Asynchronmotor ausgebildet ist. Mit einem Synchronmotor mit einem permanenterregten Läufer können die besonders hohen Anforderungen bezüglich Körperschall und elektromagnetischen Abstrahlungen bei gleichzeitig hoher Leistungsdichte des Motors erfüllt werden, wie sie bei einer Schleichfahrt des Schiffes, insbesondere eines U-Bootes, vorliegen. Der Asynchronmotor kann dann kostengünstig hinsichtlich weniger kritischer Anforderungen konzipiert werden, wie sie z.B. bei Schnellfahrt eines Schiffes, insbesondere eines U-Bootes, vorliegen.

Bevorzugt ist in der Antriebswelle zwischen dem ersten und dem zweiten Motor eine Schaltkupplung angeordnet. Bei einem Ausfall des ersten Motors kann dieser dann von der Antriebswelle getrennt werden.

Zur Gewährleistung der Schockfestigkeit der Antriebseinrichtung und der Vermeidung einer Übertragung von Körperschall von den Motoren auf den Schiffsrumpf können beide Motoren für sich jeweils mittels elastischer Befestigungselemente direkt oder indirekt mit dem Schiffsrumpf verbunden sein. Von Vorteil sind die beiden Motoren jedoch auf einem gemeinsamen Fundament befestigt. Dieses Fundament kann dann mittels elastischer Befestigungselemente direkt oder indirekt mit dem Schiffsrumpf verbunden sein. Die Motoren selbst können dann ohne elastische Befestigungselemente auf dem Fundament befestigt sein, so dass sie in Bezug zueinander starr miteinander verbunden sind. Hierdurch kann auf eine elastische Kupplung in der Antriebswelle zwischen den beiden Motoren verzichtet werden. Zum Ausgleich von Bewegungen des Fundaments und somit der beiden Motoren in Bezug auf den Schiffsrumpf und der Vortriebseinheit ist dafür in der Antriebswelle zwischen dem zweiten Motor und der Vortriebseinheit eine elastische Kupplung angeordnet.

Wie sich herausgestellt hat, ist es bei einer derartigen Anordnung ausreichend, wenn die Antriebswelle in dem ersten Motor mittels zweier Lager und in dem zweiten Motor nur mittels eines einzigen Lagers gelagert ist. Somit kann auf ein zweites Lager für den zweiten Motor verzichtet werden.

Die beiden Motoren können je nach Anforderung, z.B. einer gewünschten Geschwindigkeit des Schiffes, einzeln oder im Verbund die Antriebswelle antreiben.

10

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Antriebsanordnung einen Sollwertgeber zur Vorgabe eines Sollwertes, z.B. eines Sollwertes für eine Drehzahl der Vortriebseinheit oder für die Schiffsgeschwindigkeit, einen Betriebsartengeber zur Vorgabe einer Betriebsart und eine Steuereinrichtung, die dazu eingerichtet ist, die beiden Motoren hinsichtlich ihrer jeweiligen Leistungsabgabe an die Antriebswelle derart zu steuern, dass durch die Summe dieser Leistungsabgaben eine von dem Sollwert abhängige Gesamtleistung an die Antriebswelle abgebar ist und dabei die Aufteilung dieser Gesamtleistungsabgabe auf die Leistungsabgaben der einzelnen Motoren in Abhängigkeit von dem Sollwert und der Betriebsart erfolgt.

Den einzelnen Motoren können hierbei Antriebssteuerungen zur Steuerung derer jeweiligen Leistungsabgabe zugeordnet sein, wobei die Steuereinrichtung die Leistungsabgabe der Motoren durch Vorgabe von Drehzahlsollwerten oder Drehmomentsollwerten an diese Antriebssteuerungen steuert.

30

Die vorgebbare Betriebsart kann eine Betriebsart sein, in der die Geräuschemissionen und/oder elektromagnetischen Emissionen und/oder Wärmeemissionen der Antriebseinrichtung, vorzugsweise einschließlich von Verbrennungskraftmaschinen für die Erzeugung der elektrischen Energie für die beiden Motoren, minimal sind.

35

Die vorgebbare Betriebsart kann auch eine Betriebsart ist, in der der Gesamtverbrauch an elektrischer Energie der beiden Motoren minimal ist.

- 5 Weiterhin kann die vorgebbare Betriebsart eine Betriebsart sein, in der die Beschleunigung des Schiffes maximal ist.

Außerdem kann die vorgebbare Betriebsart eine Betriebsart sein, in der der Gesamttreibstoffverbrauch von Verbrennungskraftmaschinen für die Erzeugung der elektrischen Energie für
10 die Motoren, minimal ist.

Bevorzugt treibt der erste Motor die Vortriebseinheit in einem unteren Geschwindigkeitsbereich des Schiffes, insbesondere im Geschwindigkeitsbereich einer Schleichfahrt des Schiffes, an und der zweite Motor treibt im Verbund mit dem ersten Motor die Vortriebseinheit in einem höheren Geschwindigkeitsbereich, insbesondere im Geschwindigkeitsbereich einer Schnellfahrt des Schiffes, bis hin zur Höchstgeschwindigkeit
15 des Schiffes an.
20

Von Vorteil übernimmt in dem unteren Geschwindigkeitsbereich der erste Motor die Drehzahlführung der Antriebswelle und in dem höheren Geschwindigkeitsbereich der zweite Motor die
25 Drehzahlführung der Antriebswelle, wobei im Verbundbetrieb der beiden Motoren der zweite Motor die Drehzahlführung der Antriebswelle übernimmt und der erste Elektromotor in seiner Drehzahl von der Antriebswelle bzw. von dem zweiten Motor geführt wird und bestimmt durch die Sollwertvorgabe ein derartiges Drehmoment an die Antriebswelle abgibt, dass sich die
30 von den beiden Motoren jeweils abgegebenen Drehmomente in der Antriebswelle summieren.

Bevorzugt ist jeder der Motoren auf eine maximale Leistung
35 ausgelegt, die kleiner als die für den Vortrieb des Schiffes maximal benötigte Gesamtleistung ist. Zum Erreichen der maximal benötigten Gesamtleistung müssen somit beide Motoren beitragen. Da die maximal benötigte Gesamtleistung im Normalfall

aber nur selten benötigt wird, können die Motoren auf eine kleinere Leistung optimiert ausgelegt werden und hierdurch der Wirkungsgrad der beiden Motoren verbessert und deren Platzbedarf und Gewicht verringert werden.

5

Wenn beide Motoren derart ausgelegt sind, dass durch sie bis zur maximalen Drehzahl der Vortriebseinheit Drehmoment an die Antriebswelle abgebar ist, können sie besonders flexibel zur momentenstoßfreien Einstellung gewünschter optimaler Betriebspunkte der Antriebseinrichtung über den gesamten Drehzahlbereich der Vortriebseinheit genutzt werden.

Eine besonders schnelle und kostengünstige Herstellung der Antriebseinrichtung ist dadurch möglich, dass die Antriebseinrichtung aus einer Kombination eines ersten Motors fester Nennleistung mit einem von mehreren zweiten Motoren unterschiedlicher Nennleistung besteht. Da der erste Motor im Vergleich zu dem zweiten Motor aufgrund seiner aufwendigeren Bauweise und der besonders hohen Anforderungen auch entsprechend aufwendig und zeitintensiv in der Auslegung, Herstellung und im Tests ist, wird eine Antriebseinrichtung bevorzugt stets unter Rückgriff auf einen ersten Motor eines bereits entwickelten und getesteten Motortyps fester Leistung hergestellt, dem dann zur Erzielung der benötigten Gesamtleistung einer von mehreren zur Verfügung stehenden zweiten Motoren unterschiedlicher Leistung zur Seite gestellt wird.

Ein auf diesem Konzept beruhendes Antriebseinrichtungs-System für Schiffs-Antriebseinrichtungen unterschiedlicher Nennleistung zeichnet sich durch einen standardisierten ersten Motor mit einer fest vorgegebenen Nennleistung und mehrere standardisierte zweiten Motoren mit jeweils unterschiedlicher Nennleistung aus, wobei zur Erzielung unterschiedlicher Nennleistungen der Schiffs-Antriebseinrichtungen der erste Motor und die zweiten Motoren derart ausgebildet und betreibbar sind, dass der erste Motor mit jedem der zweiten Motoren zum Antrieb der Antriebswelle kombinierbar ist.

Zur Herstellung einer Schiffs-Antriebseinrichtung kann diese dann aus dem standardisierten ersten Motor und einem der standardisierten zweiten Motoren derart gebildet werden, dass die Summe der Nennleistungen der beiden Motoren eine gewünschte Nennleistung der Schiffs-Antriebseinrichtung ergibt.

Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gemäß Merkmalen der Unteransprüche werden im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen in den Figuren näher erläutert. Darin zeigen:

- FIG 1 eine erfindungsgemäße Antriebseinrichtung für ein Schiff, insbesondere ein U-Boot,
- FIG 2 einen Teilschnitt einer prinzipiellen Ausführungsform einer besonders vorteilhafte Ausgestaltung des ersten Motors von FIG 1,
- FIG 3 eine Prinzipdarstellung einer besonders vorteilhaften Lageranordnung in den Motoren der Antriebseinrichtung von FIG 1,
- FIG 4 eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Antriebseinrichtung.

Eine in FIG 1 in prinzipieller Darstellung gezeigte Antriebseinrichtung 1 ist im Heck eines U-Bootes, von dem nur die heckseitige Außenhülle 2 des Schiffsrumpfes teilweise dargestellt ist, angeordnet. In entsprechender Weise könnte eine derartige Antriebseinrichtung natürlich auch im Heck eines Überwasserschiffes angeordnet sein. Die Antriebseinrichtung 1 umfasst eine Antriebswelle 3 zum Antrieb eines Propellers 4 als Vortriebseinheit für das U-Boot und einen ersten elektrischen Motor 5 und einen zweiten elektrischen Motor 6 zum Antrieb der Antriebswelle 3. Die beiden Motoren 5, 6 sind hintereinander auf der Antriebswelle 3 angeordnet, d.h. in Bezug auf die Antriebswelle in einer Hintereinanderanordnung mit ihren nicht näher dargestellten Läufern drehfest mit der Antriebswelle 3 verbunden. Der Motor 6 ist dabei räumlich zwischen dem Propeller 4 und dem ersten Motor 5 auf der Antriebswelle 3 angeordnet. Das Verhältnis der Nennleistung des

ersten Motors 5 zu der Nennleistung des zweiten Motors 6 beträgt zwischen 1:3 und 3:1. Beispielsweise beträgt die Nennleistung beider Motoren jeweils 3 MW, so dass sich eine Gesamtnennleistung der Antriebseinrichtung 1 von 6 MW ergibt.

5

Bevorzugt ist der erste Motor 5 als ein Synchronmotor mit einem permanenterregten Läufer und der zweite Motor 6 als ein Asynchronmotor ausgebildet. Der erste Motor 5 umfasst hierbei, wie im Detail in FIG 2 dargestellt, einen glockenförmigen Läufer 21, auf dem Permanentmagnete 22 angeordnet sind und der drehfest mit der Antriebswelle 3 verbunden ist, einen Ständer 23 mit einer Ständerwicklung 24 und einem Motorgehäuse 25, in dem der Läufer 21 und der Ständer 23 angeordnet sind. In einem Raum 26 zwischen der Antriebswelle 3, dem Läufer 21 und dem Motorgehäuse 25 sind mit Hilfe eines nicht näher dargestellten Haltegerüsts Stromrichtermodule 27 zur Speisung der Ständerwicklung 24 des elektrischen Motors 5 angeordnet. Über eine Öffnung 28 in dem Motorgehäuse 25 ist ein Austausch der Stromrichtermodule 27 möglich. Durch die Unterbringung der Stromrichtermodule 27 innerhalb des glockenförmigen Läufers 21 wird eine besonders wirksame Abschirmung der Energieabstrahlung akustischer und elektrischer Art nach außen erreicht. Der Motor 5 eignet sich deshalb besonders vorteilhaft zum Antrieb der Antriebswelle 3 bei Schleichfahrt des U-Bootes.

Zur Trennung des ersten Motors 5 von dem zweiten Motor 6 bei Ausfall des ersten Motors 5 ist in der Antriebswelle 3 zwischen dem ersten Motor 5 und dem zweiten Motor 6 eine Schaltkupplung 7 angeordnet.

Die beiden Motoren 5, 6 sind auf einem gemeinsamen Fundament 8 befestigt. Das Fundament 8 ist wiederum über elastische Elemente 9 mit der Hülle 2 des U-Bootes verbunden. Mittels der elastischen Elemente 9 werden Schockeinwirkungen von der Schiffshülle 2 auf die Motoren 5, 6 verringert und umgekehrt eine Körperschallübertragung von den Motoren 5, 6 auf die Hülle 2 vermieden. Zum Ausgleich von Bewegungen der Antriebs-

motoren 5, 6 gegenüber dem mittels des Lagers 10 in Bezug auf die Hülle 2 fixierten und mit dem Propeller 4 verbundenen Teil der Antriebswelle 3 ist in der Antriebswelle 3 zwischen dem zweiten Motor 6 und dem Propeller 4 eine elastische Kupplung angeordnet.

Bei einer derartigen gemeinsamen starren Befestigung der beiden Motoren 5, 6 auf dem Fundament 8 ist es – wie in FIG 3 gezeigt – ausreichend, wenn die Antriebswelle 3 nur mittels insgesamt dreier Lager 11, 12, 13 in den beiden Motoren 5, 6 gelagert ist. Die Antriebswelle 3 ist hierbei mittels nur eines einzigen, auf der Abtriebseite des zweiten Motors 6 angeordneten Lagers 11 in dem zweiten Motor 6 gelagert und mit jeweils einem auf der Abtriebsseite und der Antriebsseite des ersten Motors 5 angeordneten Lagers 12 bzw. 13 in dem ersten Motor 5 gelagert. Das abtriebseitige Lager 12 des ersten Motors 5 trägt somit auch einen Teil des Gewichts der Antriebswelle 3 im Bereich des zweiten Motors 6. Insgesamt kann hierdurch jedoch auf ein Lager auf der Antriebsseite des zweiten Motors 6 verzichtet werden.

Alternativ können die beiden Motoren 5, 6 statt auf einem gemeinsamen Fundament 8 auch jeweils separat über elastische Elemente 9 mit der Hülle 2 verbunden sein. In diesem Fall ist auch die Kupplung 7 als eine elastische Kupplung auszuführen.

Die beiden Motoren 5, 6 treiben je nach Anforderung, z.B. der Propellerdrehzahl, einzeln oder im Verbund die Antriebswelle 3 an.

Der erste Motor 5 treibt den Propeller 4 in einem unteren Geschwindigkeitsbereich des U-Bootes (insbesondere bei Schleichfahrt) und der zweite Motor 6 im Verbund mit dem ersten Motor 5 den Propeller 4 in einem höheren Geschwindigkeitsbereich (insbesondere bei Schnellfahrt) bis hin zur Höchstgeschwindigkeit des U-Bootes an.

In dem unteren Geschwindigkeitsbereich übernimmt der erste Motor 5 die Drehzahlführung der Antriebswelle 3 und in dem höheren Geschwindigkeitsbereich der zweite Motor 6 die Drehzahlführung der Antriebswelle 3, wobei im Verbundbetrieb der beiden Motoren 5, 6 der zweite Motor 6 die Drehzahlführung der Antriebswelle 3 übernimmt und der erste Motor 5 in seiner Drehzahl von der Antriebswelle 3 bzw. von dem zweiten Motor 6 geführt wird und bestimmt durch die Sollwertvorgabe ein derartiges Drehmoment an die Antriebswelle 3 abgibt, dass sich die von den beiden Motoren 5, 6 jeweils abgegebenen Drehmomente in der Antriebswelle 3 summieren.

Jeder der Motoren 5, 6 ist dabei auf eine maximale Leistung ausgelegt, die kleiner als die für den Vortrieb des U-Bootes maximal benötigte Gesamtleistung ist.

Beide Motoren 5, 6 sind aber derart ausgelegt, dass durch sie bis zur maximalen Drehzahl des Propellers 4 Drehmoment an die Antriebswelle 3 abgebar ist.

Wie vereinfacht in FIG 4 dargestellt, werden die Motoren 5, 6 von einer übergeordneten Steuereinrichtung 30 hinsichtlich ihrer jeweiligen Leistungsabgabe P_{E1} bzw. P_{E2} an den Propeller 4 in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Sollwert S , z.B. einem Sollwert für die Drehzahl des Propellers 4 oder für die Schiffsgeschwindigkeit, und einer vorgebbaren Betriebsart B derart gesteuert, dass durch die Summe dieser Leistungsabgaben eine von dem Sollwert S abhängige Gesamtleistung P_S an den Propeller 4 abgegeben wird und dabei die Aufteilung dieser Gesamtleistungsabgabe auf die Leistungsabgaben P_{E1} bzw. P_{E2} der Motoren 5, 6, d.h. die Höhe der von den beiden Motoren 5, 6 jeweils abzugebenden Teilleistungen P_{E1} bzw. P_{E2} zur Erzielung der Gesamtleistung $P_S = P_{E1} + P_{E2}$, in Abhängigkeit von dem Sollwert S und der vorgebbaren Betriebsart B erfolgt.

Die übergeordnete Steuereinrichtung 30 empfängt den Sollwert S von einem Sollwertgeber 31, beispielsweise einem Fahrhebel im Leitstand oder von einem Autopilotensystem, und die Be-

triebsart B von einem Betriebsartengeber 32, z.B. einem Betriebsartenwahlschalter, der im Leitstand des U-Bootes angeordnet ist.

5 Zur Steuerung der Leistungsabgaben P_{E1} , P_{E2} der Motoren 5, 6 in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Sollwert S und einer vorgegebenen Betriebsart B übergibt die übergeordnete Steuereinrichtung 30 Sollwerte S_{E1} , S_{E2} (z.B. Sollwerte für die Drehzahl oder das Drehmoment) an Antriebssteuerungen 35, 36,
10 die die jeweilige Leistungsabgabe P_{E1} bzw. P_{E2} der Motoren 5 bzw. 6 steuern.

Über die Sollwerte S_{E1} , S_{E2} steuert die übergeordnete Steuereinrichtung 30 die Gesamtleistungsabgabe und die Aufteilung
15 der abzugebenden Gesamtleistung auf die Motoren 5, 6 und stellt automatisch für die vorgegebene Betriebsart B optimale Betriebspunkte ein.

Die vorgebbare Betriebsart B kann eine Betriebsart sein, in
20 der die Geräuschemissionen (d.h. Körperschall und Luftschallemissionen) und/oder die elektromagnetischen Emissionen und/oder die Wärmeemissionen der Antriebseinrichtung 1, vorzugsweise einschließlich von Verbrennungskraftmaschinen für die Erzeugung der elektrischen Energie für die beiden Motoren
25 5, 6, minimal sind. Die vorgebbare Betriebsart B kann auch eine Betriebsart sein, in der der Gesamtverbrauch an elektrischer Energie der beiden Motoren 5, 6 minimal ist. Die vorgebbare Betriebsart B kann weiterhin eine Betriebsart sein, in der die Beschleunigung des U-Bootes maximal ist. Die vorgebbare Betriebsart B kann auch eine Betriebsart sein, in der
30 der Gesamttreibstoffverbrauch von Verbrennungskraftmaschinen für die Erzeugung der elektrischen Energie für die Motoren 5, 6, minimal ist.

35 Für die Steuerung der Gesamtleistungsabgabe P_S und der Aufteilung der Gesamtleistungsabgabe P_S auf die einzelnen Motoren 5, 6 können in der übergeordneten Steuereinrichtung 30 Kennlinien und/oder Kenndaten abgespeichert, die den Zusam-

menhang zwischen dem Sollwert S, z.B. der Propellerdrehzahl oder der Schiffsgeschwindigkeit, der jeweiligen Leistungsabgabe und von die jeweilige Betriebsart charakterisierenden Betriebsparametern wie z.B. dem elektrischen Energieverbrauch, dem Treibstoffverbrauch, den Geräuschemissionen, den Wärmeemissionen, Wärmeverluste, beschreiben. Weiterhin beschreiben die Kennlinien die maximal mögliche Leistungsabgabe.

- 10 Die vorstehend beschriebenen Zusammenhänge zum Einzel- und Verbundantrieb der beiden Elektromotoren, zu Steuerung der Leistungsabgaben der beiden Motoren in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Sollwert und einer vorgebbaren Betriebsart, der verschiedenen möglichen Betriebsarten, sowie der Antriebsauf-
- 15 teilung und der Drehzahlführung in unterschiedlichen Geschwindigkeitsbereichen sind dabei grundsätzlich auf jede Kombination zweier Motoren zum Antrieb einer Vortriebseinheit anwendbar, d.h. auch bei einer Kombination, bei der beim ersten Motor keine Stromrichter im Motorgehäuse angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Antriebseinrichtung (1) für ein Schiff, insbesondere ein U-Boot, mit einer Antriebswelle (3) zum Antrieb einer Vortriebseinheit (4), z.B. eines Propellers, des Schiffes und mit einem ersten und einem zweiten elektrischen Motor (5 bzw. 6) zum Antrieb der Antriebswelle (3), wobei die beiden Motoren (5,6) hintereinander auf der Antriebswelle (3) angeordnet sind, wobei der erste Motor (5) einen Läufer (21) und einen Ständer (23) umfasst, die in einem Motorgehäuse (25) angeordnet sind, wobei Stromrichter (27) zur Speisung des ersten Motors (5) mit elektrischem Strom in dem Motorgehäuse (25), vorzugsweise zumindest teilweise in einem Raum (26) zwischen der Antriebswelle (3) und dem Läufer (21), angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Nennleistung des ersten Motors (5) zu der Nennleistung des zweiten Motors (6) zwischen 1:3 und 3:1 beträgt, wobei der zweite Motor (6) räumlich zwischen der Vortriebseinheit (4) und dem ersten Motor (5) auf der Antriebswelle (3) angeordnet ist.
2. Antriebseinrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Motor (5) als ein Synchronmotor mit einem permanenterregten Läufer und der zweite Motor (6) als ein Asynchronmotor ausgebildet ist.
3. Antriebseinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Antriebswelle (3) zwischen dem ersten und dem zweiten Motor (5 bzw. 6) eine Schaltkupplung (7) angeordnet ist.
4. Antriebseinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Motoren (5,6) auf einem gemeinsamen Fundament (8) befestigt sind, wobei in der Antriebswelle (3) zwischen dem zweiten Motor (6) und der Vortriebseinheit (4) eine elastische Kupplung (11) angeordnet ist.

5. Antriebseinrichtung (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebswelle (3) mittels zweier Lager (12,13) in dem ersten Motor (5) und mittels nur eines einzigen Lagers (11) in dem zweiten Motor (6) gelagert ist.

5

6. Antriebseinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Motoren (5,6) je nach Anforderung, z.B. einer Drehzahl der Vortriebs-
einheit (4), einzeln oder im Verbund die Antriebswelle (3)
antreiben.

10

7. Antriebseinrichtung (1) nach Anspruch 6,
gekennzeichnet durch einen Sollwertgeber (31) zur Vorgabe eines Sollwertes (S), z.B. eines Sollwertes für eine Drehzahl
der Vortriebsseinheit (4) oder für die Schiffsgeschwindigkeit,
einen Betriebsartengeber (32) zur Vorgabe einer Betriebsart (B) und eine Steuereinrichtung (30), die dazu eingerichtet ist, die beiden Motoren (5,6) hinsichtlich ihrer jeweiligen Leistungsabgabe (P_{E1} bzw. P_{E2}) an die Antriebswelle (3) derart
zu steuern, dass durch die Summe dieser Leistungsabgaben (P_{E1} bzw. P_{E2}) eine von dem Sollwert (S) abhängige Gesamtleistung (P_S) an die Antriebswelle abgebar ist und dabei die Aufteilung dieser Gesamtleistungsabgabe auf die Leistungsabgaben (P_{E1} bzw. P_{E2}) der einzelnen Motoren (5, 6) in Abhängigkeit
von dem Sollwert (S) und der Betriebsart (B) erfolgt.

15

20

25

8. Antriebseinrichtung (1) nach Anspruch 7,
gekennzeichnet durch den einzelnen Motoren (5,6) zugeordnete Antriebssteuerungen (35, 36) zur Steuerung derer jeweiligen
Leistungsabgabe (P_{E1} bzw. P_{E2}), wobei die Steuereinrichtung (30) die Leistungsabgabe (P_{E1} bzw. P_{E2}) der Motoren (5, 6) durch Vorgabe von Drehzahlsollwerten oder Drehmomentsollwerten an diese Antriebssteuerungen (35, 36) steuert.

30

9. Antriebseinrichtung (1) nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die vorgebbare Betriebsart (B) eine Betriebsart ist, in der Geräuschemissionen und/oder elektromagnetische Emissionen und/oder Wärmeemissionen der

35

Antriebseinrichtung (1), vorzugsweise einschließlich von Verbrennungskraftmaschinen für die Erzeugung der elektrischen Energie für die beiden Motoren (5,6), minimal sind.

- 5 10. Antriebseinrichtung (1) nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgebbare Betriebsart (B) eine Betriebsart ist, in der der Gesamtverbrauch an elektrischer Energie der beiden Motoren (5,6) minimal ist.
- 10 11. Antriebseinrichtung (1) nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgebbare Betriebsart (B) eine Betriebsart ist, in der die Beschleunigung des Schiffes maximal ist.
- 15 12. Antriebseinrichtung (1) nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgebbare Betriebsart (B) eine Betriebsart ist, in der der Gesamttreibstoffverbrauch von Verbrennungskraftmaschinen für die Erzeugung der elektrischen Energie für die Motoren (5,6) minimal ist.
- 20 13. Antriebseinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Motor (5) die Vortriebseinheit (4) in einem unteren Geschwindigkeitsbereich des Schiffes, insbesondere im Geschwindigkeitsbereich einer
- 25 Schleichfahrt des Schiffes, antreibt und der zweite Motor (6) im Verbund mit dem ersten Motor (5) die Vortriebseinheit (4) in einem höheren Geschwindigkeitsbereich, insbesondere im Geschwindigkeitsbereich einer Schnellfahrt des Schiffes, bis hin zur Höchstgeschwindigkeit des Schiffes antreibt.
- 30 14. Antriebseinrichtung (1) nach Anspruch 13 und einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass in dem unteren Geschwindigkeitsbereich der erste Motor (5) die Drehzahlführung der Antriebswelle (3) übernimmt und in dem höheren
- 35 Geschwindigkeitsbereich der zweite Motor (6) die Drehzahlführung der Antriebswelle (3) übernimmt, wobei im Verbundbetrieb der beiden Motoren (5,6) der zweite Motor (6) die Drehzahlführung der Antriebswelle (3) übernimmt und der erste Elek-

tromotor (5) in seiner Drehzahl von der Antriebswelle (3) bzw. von dem zweiten Motor (6) geführt wird und bestimmt durch die Sollwertvorgabe ein derartiges Drehmoment an die Antriebswelle (3) abgibt, dass sich die von den beiden Motoren (5,6) jeweils abgegebenen Drehmomente in der Antriebswelle (3) summieren.

15. Antriebseinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Motoren (5,6) auf eine maximale Leistung ausgelegt ist, die kleiner als die für den Vortrieb des Schiffes maximal benötigte Gesamtleistung ist.

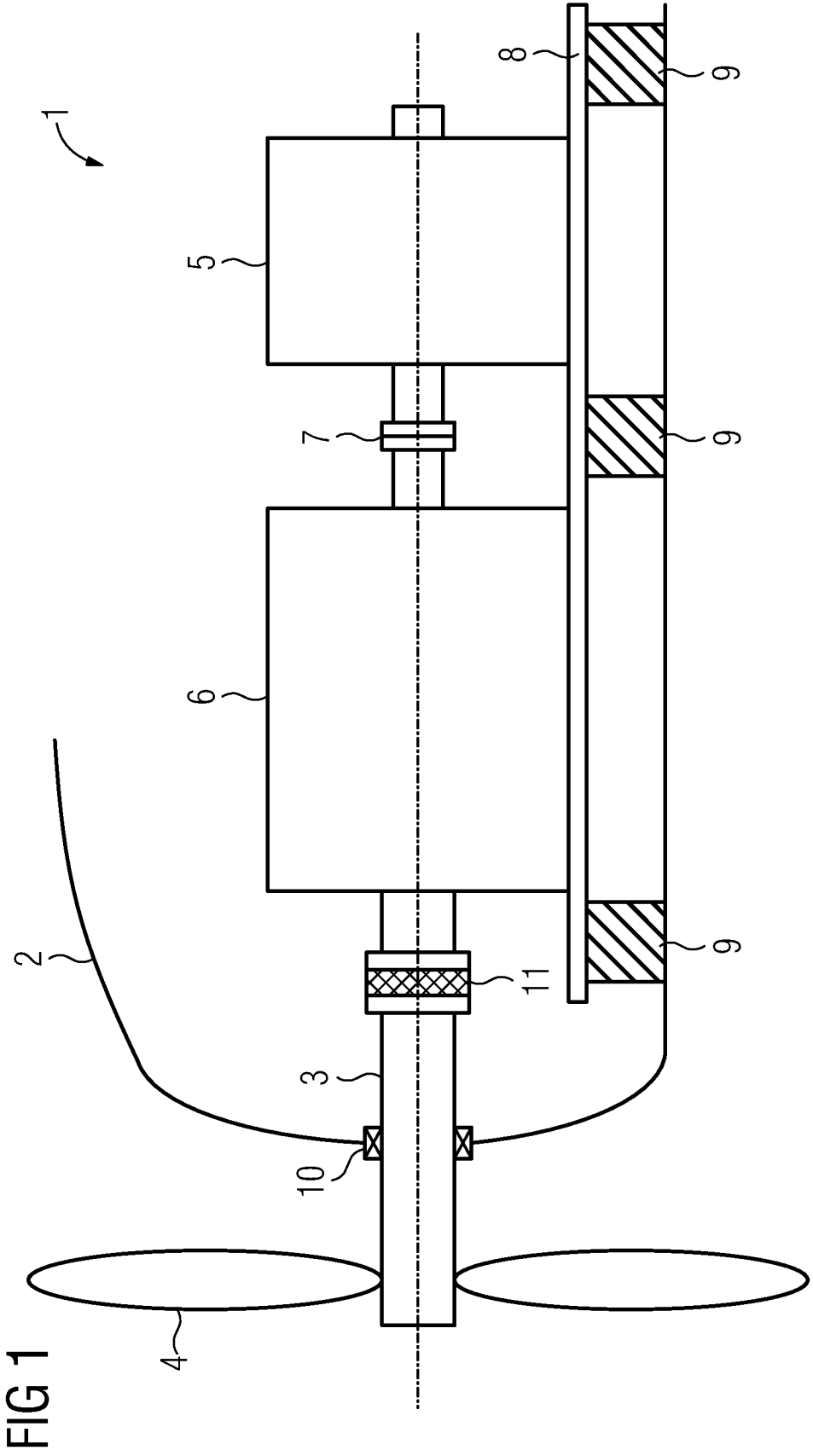
16. Antriebseinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beide Motoren (5,6) derart ausgelegt sind, dass durch sie bis zur maximalen Drehzahl der Vortriebseinheit Drehmoment an die Antriebswelle (3) abgebar ist.

17. Antriebseinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebseinrichtung (1) aus einer Kombination eines ersten Motors (5) fester Nennleistung mit einem von mehreren zweiten Motoren (6) unterschiedlicher Nennleistung besteht.

18. Antriebseinrichtungs-System für Schiffs-Antriebseinrichtungen unterschiedlicher Nennleistung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen standardisierten ersten Motor mit einer fest vorgegebenen Nennleistung und mehrere standardisierte zweiten Motoren mit jeweils unterschiedlicher Nennleistung, wobei zur Erzielung unterschiedlicher Nennleistungen der Schiffs-Antriebseinrichtungen der erste Motor und die zweiten Motoren derart ausgebildet und betreibbar sind, dass der erste Motor mit jedem der zweiten Motoren zum Antrieb der Antriebswelle kombinierbar ist.

19. Verfahren zur Herstellung einer Schiffs-Antriebseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17 mit Hilfe eines

Antriebseinrichtungs-System nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Schiffs-Antriebseinrichtung aus dem standardisierten ersten Motor und einem der standardisierten zweiten Motoren derart gebildet wird, dass die Summe der
5 Nennleistungen der beiden Motoren eine gewünschte Nennleistung der Schiffs-Antriebseinrichtung ergibt.



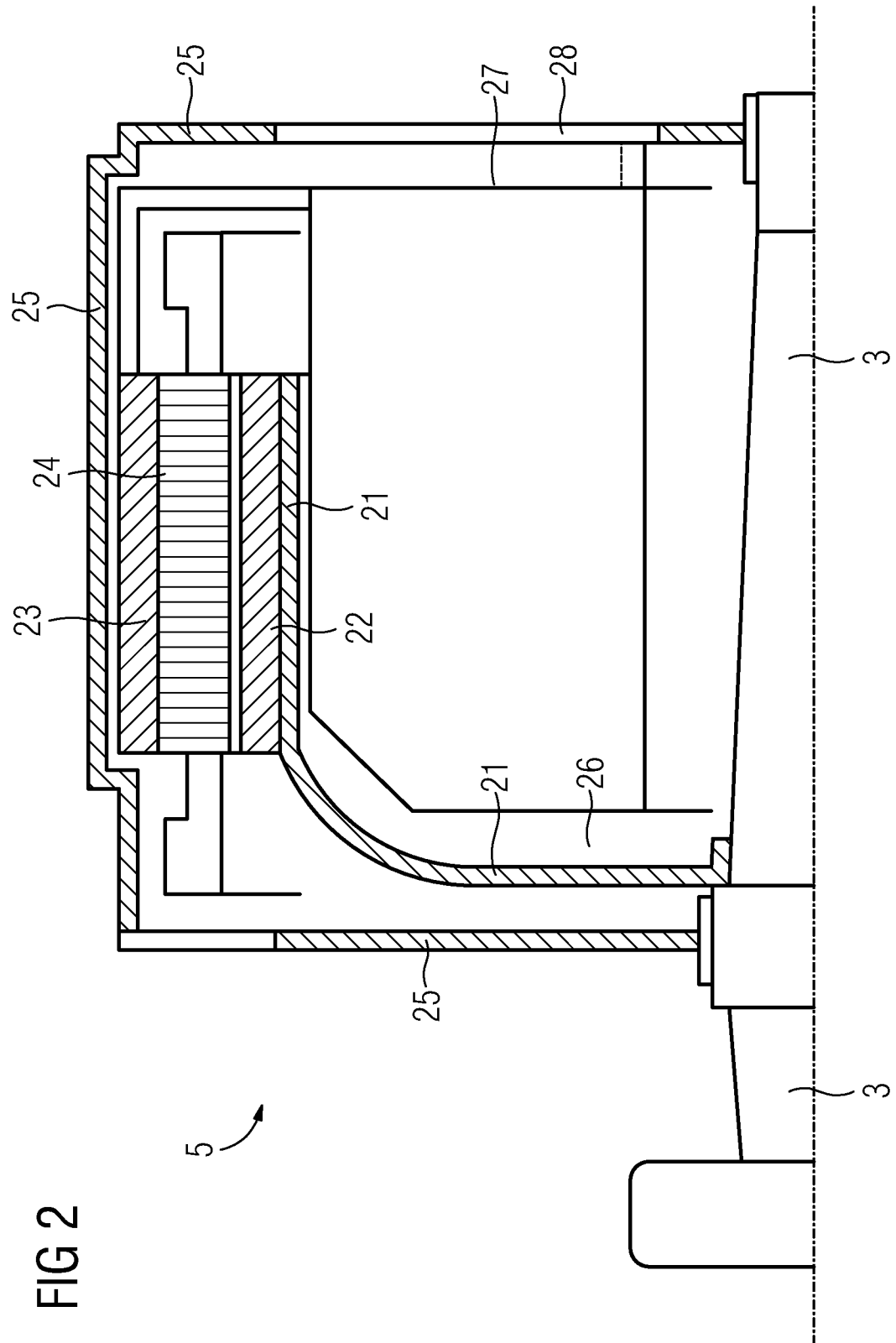


FIG 2

3/4

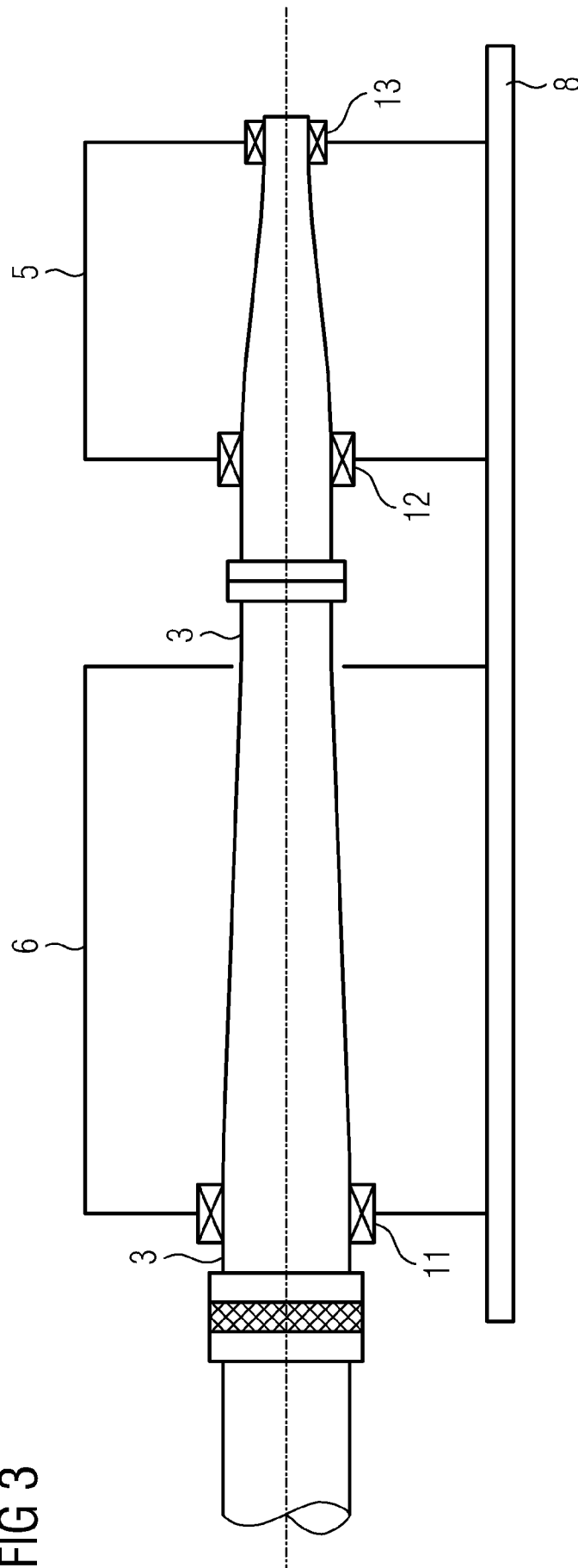


FIG 3

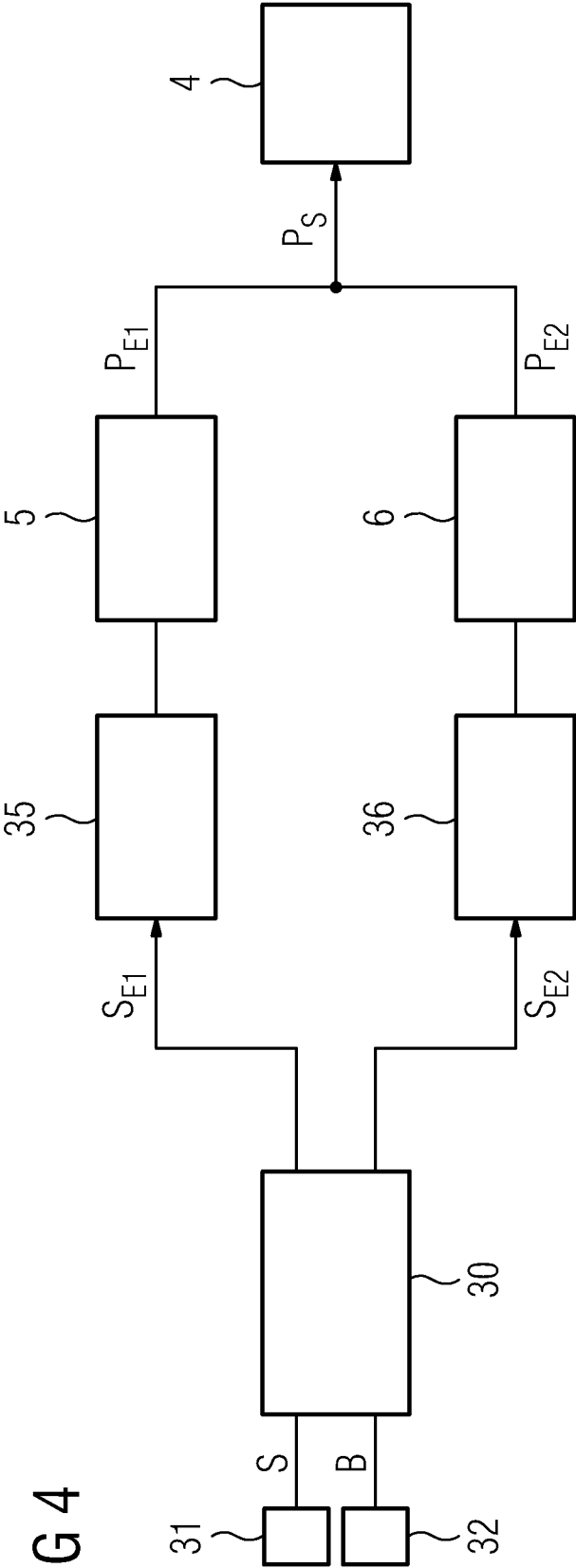


FIG 4