

(19)



(11)

EP 2 202 145 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

30.06.2010 Patentblatt 2010/26

(51) Int Cl.:

B63H 21/17 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09014924.6**

(22) Anmeldetag: **02.12.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA RS

(30) Priorität: **03.12.2008 DE 202008016040 U**

(71) Anmelder: **Aradex AG**

73547 Lorch (DE)

(72) Erfinder:

• **Vetter, Thomas**
73547 Lorch (DE)

• **Speer, Rolf**
73527 Schwäbisch Gmünd (DE)

(74) Vertreter: **Ruckh, Rainer Gerhard**

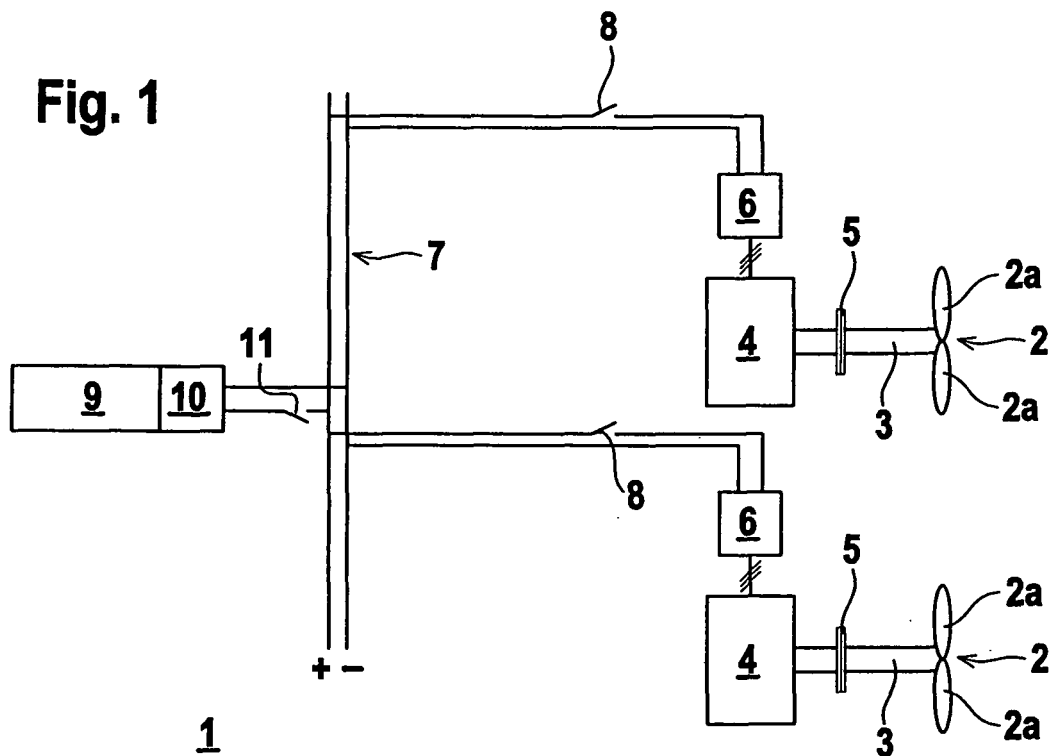
Fabrikstrasse 18
73277 Owen/Teck (DE)

(54) **Diagnose von Schiffsantrieben**

(57) Die Erfindung betrifft ein Antriebssystem für ein Schiff mit wenigstens einem Propeller. Der Propeller (2)

ist von wenigstens einem elektrischen Antrieb (4) angetrieben ist. Weiter sind Mittel zur Diagnose und/oder Optimierung antriebsrelevanter Kenngrößen vorgesehen.

Fig. 1



EP 2 202 145 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Antriebssystem für ein Schiff.

[0002] Derartige Schiffe weisen generell wenigstens einen Propeller auf, der über eine Antriebswelle von einem Antrieb, typischerweise einem Dieselantrieb angetrieben ist. Bei größeren Schiffen wie Frachtschiffen und dergleichen sind mehrere Propeller vorgesehen, die mit einem oder mehreren Dieselantriebsaggregaten angetrieben werden.

[0003] Die Antriebssysteme derartiger Schiffe werden hinreichend groß in ihre Leistungen dimensioniert, um auch bei wechselnden äußeren Einflüssen einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.

[0004] Ein Problem bei derartigen Systemen besteht jedoch darin, dass die Ursachen für Reduzierungen der Leistung oder sogar Ausfällen von Komponenten des Antriebssystems nicht klar rückverfolgbar sind. Erst recht fehlt es an einer Optimierung des Antriebssystems im Hinblick auf derartige Einflussgrößen.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Antriebssystem für ein Schiff bereitzustellen, bei welchen für den Wirkungsgrad des Schiffes relevante Größen bestimmbar sind.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale des Anspruchs 1 vorgesehen. Vorteilhafte Ausführungsformen und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0007] Das erfindungsgemäße Antriebssystem für ein Schiff umfasst einen Propeller. Der Propeller ist von wenigstens einem elektrischen Antrieb angetrieben. Weiterhin sind Mittel zur Diagnose und/oder Optimierung antriebsrelevanter Kenngrößen vorgesehen.

[0008] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Antriebssystems besteht im Einsatz von elektrischen Antrieben, die insbesondere als Synchron- oder Asynchronmotoren ausgebildet sein können. Mit diesen elektrischen Antrieben kann schnell und präzise auf sich ändernde externe Randbedingungen reagiert werden, wodurch einerseits gezielt der Wirkungsgrad des Antriebssystems optimiert werden kann und andererseits ein wirtschaftlicher, das heißt kostensparender Betrieb gewährleistet ist.

[0009] Ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Antriebssystems besteht darin, dass eine umfangreiche Diagnose zur Ermittlung von Störungen und Beeinträchtigungen des Antriebssystems möglich ist, was eine wesentliche Voraussetzung für eine Optimierung des Antriebssystems ist.

[0010] Besonders vorteilhaft hierbei ist, dass in dem oder in den elektrischen Antrieben des Antriebssystems selbst Mittel zur Diagnose integriert sind, in dem zum einen Antriebskenngrößen wie die Propeller-Drehzahl oder die Propeller-Position sensorlos im elektrischen Antrieb detektierbar sind. Im Sinne der vorliegenden Erfindung bedeutet eine sensorlose Bestimmung der Position des Antriebs beziehungsweise der Antriebswelle, dass hierfür kein separater Positionsgeber benötigt wird. Vielmehr erfolgt die Positionsbestimmung, und daraus angeleitet die Drehzahlbestimmung derart, dass im elektrischen Antrieb der Verlauf der Ströme und Spannungen und des Rotorwinkels des Rotors dieses Antriebs ausgewertet werden. Hierzu können im Antrieb geeignete Stromsensoren und dergleichen integriert sein. Zudem können weitere Antriebskenngrößen wie das Propeller-Drehmoment bestimmt werden, wobei hierzu der Motorstrom als Messgröße dienen kann.

[0011] Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, dass bei dem Antriebssystem gezielt die Entstehung von Kavitation und auch die Intensität von Kavitation an dem oder den Propellern detektiert werden kann und weiterhin auch durch Kavitation bedingte Beschädigungen des oder der Propeller analysiert werden können.

[0012] Bei einem Propeller, der stets eine Druckseite und eine Saugseite aufweist, entsteht eine Kavitation an der Saugseite. Dort ist der Druck umso geringer je höher die Geschwindigkeit der Propellerblätter relativ zur Wassergeschwindigkeit ist. Ist der Druck hinreichend gering, verdampft partiell das Wasser und es bilden sich Dampfblasen. Diese Dampfblasen wandern in spiralförmigen Bahnen an den Propellerblättern entlang bis sie in einem Bereich höheren Drucks eintreten, wo sie spontan implodieren. Falls diese Implosion unmittelbar im Bereich der Propellerblätter erfolgt, kann dies zu Beschädigungen der Oberflächen der Propellerblätter führen mit Kavitationserosion als Folge.

[0013] Durch die in dem oder in den elektrischen Antrieben bestimmten Antriebskenngrößen sowie durch den Einsatz weiterer Messgeber, insbesondere Strömungsmesser, können als Kenngrößen des Propellers die Propeller-Beiwerte, nämlich der Drehmomentenbeiwert, Schubbeiwert und Propellerwirkungsgrad, in Abhängigkeit der Fortschrittsziffer bestimmt werden.

[0014] Durch eine Modulation der Fortschrittsziffer, die durch eine Änderung der Propeller-Drehzahl erhalten werden kann, werden die Propeller-Beiwerte geändert. Durch eine Analyse des Grads der Änderung der Propeller-Beiwerte kann exakt die Entstehung von Kavitation beziehungsweise die Intensität von Kavitation diagnostiziert werden.

[0015] Weiterhin kann ein durch Kavitation bedingter Verschleiß des Propellers durch wiederholte, auf Referenzmessungen bezogene Messungen der Propeller-Beiwerte bestimmt werden.

[0016] Schließlich kann eine Kavitation am Propeller durch eine frequenzselektive Auswertung des Frequenzspektrums des Propeller-Drehmoments oder der Propeller-Drehzahl nachweisbar sein.

[0017] Dieser Messung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die bei vorliegender Kavitation erfolgenden Implosionen von Dampfblasen eine spezifische Geräuschemission auftritt, welche ein von der Größe der Dampfblasen abhängige, charakteristische Frequenzabhängigkeit aufweist. Bei Annahme kugelförmiger Blasen wird eine spektrale Schallener-

giedichte erhalten, die bis auf ein Maximum mit der vierten Potenz der Frequenz f ansteigt und danach mit $f^{2/5}$ abfällt. Durch die Kavitationsblasen treten bedingt durch die Schallentstehung Druckstörungen auf, die sich im Antriebsmoment oder der Drehzahl des Propellers widerspiegeln. Durch eine frequenzselektive Filterung dieser Signale können damit Informationen über das Auftreten von Kavitation erhalten werden.

[0018] Bei modernen Schiffen wird zur Reduzierung des Widerstandsbeiwerts des Schiffes der Schiffsrumpf mit Luftblasen unterspült. Gelangen diese Luftblasen in den Bereich der Propeller, so wird dadurch der Propellerwirkungsgrad verringert. Durch eine Messung des Propellerwirkungsgrads oder der Vershubkraft des Propellers kann dieser Effekt erfasst werden.

[0019] Eine weitere Diagnosemöglichkeit besteht darin, dass durch eine winkelabhängige Erfassung des Propeller-Drehmoments einzelne defekte Propellerblätter des Propellers nachweisbar sind. Ebenso kann dadurch eine Unwucht des Propellers nachgewiesen werden.

[0020] Diese Diagnosemöglichkeit beruht darauf, dass bei konstanter Propeller-Drehzahl das Drehmoment des Propellers während einer Umdrehung nicht konstant ist, da bedingt durch die Propeller-Geometrie und die Anordnung des Propellers am Heck des Schiffsrumpfes beziehungsweise an einer Halterung für den Propeller oder dem Ruder des Schiffes pro Umdrehung immer jeweils eines der Propellerblätter besonders nahe am Schiffsrumpf oder im Strömungsschatten der Halterung oder des Ruders ist, wodurch die Umströmung dieses Propellerblatts gestört wird, was zu einer Drehmomentschwankung führt. Demzufolge wird eine Schwankung des Drehmoments hauptsächlich mit dem n -fachen Wert der Propeller-Drehzahl erhalten, wobei n die Anzahl der Propellerblätter ist. Diese Drehmomentschwankung ist periodisch, wenn alle Propellerblätter exakt gleich sind. Ist jedoch eines der Propellerblätter defekt, ist diese Periodizität gestört, was mit der winkelaufgelösten Drehmomentmessung detektiert werden kann.

[0021] Das Antriebssystem des Schiffs ist erfindungsgemäß derart ausgebildet, dass mit diesem auch eine Optimierung antriebsrelevanter Kenngrößen durchgeführt werden kann.

[0022] So kann eine Optimierung des mittleren Propellerwirkungsgrads, insbesondere bei sich verändernden äußeren Randbedingungen, erzielt werden. Hierzu wird die Drehzahl des oder jedes Propellers in geeigneter Weise geändert. Durch den erfindungsgemäßen Einsatz von elektrischen Antrieben können derartige Änderungen sehr schnell und sehr präzise durchgeführt werden.

[0023] Weiterhin kann eine Optimierung des Antriebssystems derart erfolgen, dass zur Dämpfung von Schwingungen die Lage oder der Winkel einer oder jeder Antriebswelle, an welcher der oder die Propeller angeordnet sind, veränderbar wird und die Drehzahl des oder der Propeller moduliert wird.

[0024] Mit dieser Maßnahme können sowohl Rollschwingungen um die Längsachse als auch Kippschwingungen um die Querachse des Schiffs gedämpft werden.

[0025] Das erfindungsgemäße Antriebssystem ist generell für Hochseeschiffe und Binnenschiffe einsetzbar. Bei Binnenschiffen mit geringem Tiefgang, die geeignet sind für Fahrten in Gewässern mit geringer Wassertiefe, können die Propeller am Schiff so angeordnet sein, dass ein Teil des Propellerblatts aus dem Wasser herausragt. Während der Fahrt des Schiffes ist dies zwar unkritisch, nicht jedoch während des Anfahrvorgangs aus dem Stillstand des Schiffes heraus. Um dieses Problem zu lösen ist es bekannt, um die Propeller herum käfigförmige Gehäuse vorzusehen, wodurch erreicht werden soll, dass sich gerade auch bei der Anfahrtsphase ein Wasserfilm um die Propeller legt. Problematisch hierbei ist jedoch, dass dies ein erhebliches Geschick und eine große Erfahrung des Führers des Schiffes voraussetzt. Mit dem erfindungsgemäßen Antriebssystem kann ein solcher Anfahrtsvorgang in optimierter Weise reproduzierbar vorgegeben sein. Hierzu werden durch Auswertung und Analyse der für das Antriebssystem ermittelten Antriebskenngrößen, insbesondere in einem Einlernvorgang, die relevanten Parameter für den Anfahrtsvorgang ermittelt und in Form von Kennlinien oder dergleichen hinterlegt. Muss dann ein solcher Anfahrtsvorgang durchgeführt werden, kann dieser durch Abrufen der Parameter sicher und reproduzierbar durchgeführt werden.

[0026] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1: Ausführungsbeispiel eines Antriebssystems für ein Schiff.

Figur 2: Beispiel eines Propellerfreifahrt diagrams für einen Propeller des Antriebssystems gemäß Figur 1.

[0027] Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Antriebssystems 1 für ein Schiff. Das Antriebssystem 1 weist im vorliegenden Fall zwei Propeller 2 auf, wobei jeder Propeller 2 am Ende einer Antriebswelle 3 angeordnet ist. Die Propeller 2 sind in bekannter Weise im Heckbereich des nicht gesondert dargestellten Schiffes angeordnet. Dabei sind die Propeller 2 im Bereich des Schiffsrumpfes nebeneinander in Abstand zueinander angeordnet, wobei die Antriebswellen 3 zumindest annähernd parallel zueinander in Schiffslängsrichtung verlaufen. Die Propeller 2 sind im vorliegenden Fall identisch angeordnet und weisen eine Anordnung von in regelmäßigen Winkeln zueinander angeordneten Propellerblätter 2a auf.

[0028] Zum Antrieb der Propeller 2 ist auf jeder Antriebswelle 3 ein elektrischer Antrieb 4 vorgesehen. Die vorzugsweise identisch ausgebildeten elektrischen Antriebe 4 können als Synchronmotoren oder Asynchronmotoren ausgebildet sein.

Wie aus Figur 2 ersichtlich, ist an jeder Antriebswelle 3 zwischen dem elektrischen Antrieb 4 und dem Propeller 2 eine Kupplung 5 vorgesehen. Jedem elektrischen Antrieb 4 ist ein Wechselrichter 6 zugeordnet.

[0029] Die Spannungsversorgung erfolgt über einen Gleichspannungszwischenkreis 7. Eine im Gleichspannungszwischenkreis 7 zur Verfügung gestellte Gleichspannung wird in den Wechselrichtern 6 in eine Wechselspannung mit einer für die elektrischen Antriebe 4 geeigneten Frequenz umgesetzt.

[0030] Die einzelnen elektrischen Antriebe 4 können über Schalter 8, die von einer nicht dargestellten Steuereinheit gesteuert werden, einzeln durch An- oder Abkoppeln vom Gleichspannungszwischenkreis 7 aktiviert oder deaktiviert werden.

[0031] Zur Generierung der Zwischenspannung im Gleichspannungszwischenkreis 7 ist ein Generator 9 vorgesehen. Der Generator 9 besteht aus einem Dieselmotor und einem elektrischen Generator 9. Dem Generator 9 ist ein Wechselrichter 10 nachgeordnet. Mit dem Wechselrichter 10 werden in dem Generator 9 generierte Wechselspannungen in eine Gleichspannung transformiert und in den Gleichspannungszwischenkreis 7 eingespeist. Der Generator 9 ist über einen Schalter 11 dem Gleichspannungszwischenkreis 7 zuschaltbar. Die Steuerung des Schalters 11 erfolgt wieder über die Steuereinheit.

[0032] Zu Zwecken der Diagnose und der Optimierung des Antriebssystems 1 sind in den elektrischen Antrieben 4 zur Erfassung von Antriebskenngrößen vorgesehen. Dabei erfolgt in einem elektrischen Antrieb 4 in bekannter Weise eine sensorlose oder sensorbehaftete Positions- und Drehzahlbestimmung, wodurch die Propeller-Drehzahl bestimmt ist. Durch Messung der Motorströme mittels in den elektrischen Antrieben 4 integrierten Messgebern kann unter Verwendung eines geeigneten Motormodells das Propeller-Drehmoment des jeweiligen Propellers 2 bestimmt werden.

[0033] Als weiterer Einflussparameter wird die Anströmgeschwindigkeit eines Propellers 2 durch Einsatz eines nicht dargestellten Strömungsmessers bestimmt.

[0034] Weiterhin wird auch die Vorschubkraft, das heißt die Kraft des Antriebssystems 1 bestimmt. Die Vorschubkraft entspricht der Summe der mit dem Antriebssystem 1 erzeugten Beschleunigungskraft und der auf das Schiff wirkenden Reibungskraft. Die Reibungskraft wird als Reibungstabelle, vorzugsweise empirisch ermittelt, und zwar in Form von Reibungskraftwerten in Abhängigkeit der Geschwindigkeit, Zuladung des Schiffs und der Wassertemperatur hinterlegt. Zur Ermittlung der Beschleunigungskraft wird bei bekannter Schiffsmasse die Beschleunigung des Schiffs ermittelt. Dies kann dadurch erfolgen, dass mit dem Strömungssensor die Änderung der Anströmgeschwindigkeit erfasst wird. Weiterhin kann durch eine Modulation der Propeller-Drehzahl eine Modulation der Beschleunigung bewirkt werden, die dann durch geeignete Messgeräte wie Strömungsmesser bestimmt werden kann.

[0035] Anhand der so bestimmten Messgrößen können die einen Propeller 2 kennzeichnenden Größen, die sogenannten Propeller-Beiwerte bestimmt werden. Ein Propeller 2 wird durch den Schubbeiwert, den Drehmomentenbeiwert und den Propellerwirkungsgrad als Propeller-Beiwerte charakterisiert. Dabei werden die Eigenschaften eines Propellers 2 in einer homogenen Zuströmung in einem Propeller-Freifahrt diagramm wie in Figur 2 dargestellt, charakterisiert. In diesem Propeller-Freifahrt diagramm sind die Propeller-Beiwerte in Abhängigkeit der sogenannten Fortschrittsziffer aufgetragen.

[0036] Der Schubbeiwert k_T ist dabei definiert als

$$k_T = T / (\rho \cdot n^2 \cdot D^4)$$

[0037] Der Drehmomentenbeiwert k_M ist gegeben durch

$$k_M = M_0 / (\rho \cdot n^2 \cdot D^5)$$

[0038] Der Propellerwirkungsgrad η_0 ist definiert als

$$\eta_0 = (J / (2 \cdot \pi)) \cdot k_T / k_M = v_a \cdot T / (2 \cdot \pi \cdot n \cdot M_0)$$

[0039] Die Fortschrittsziffer J ist definiert als

$$J = v_a / (n \cdot D)$$

- 5 **[0040]** Wie aus Figur 2 ersichtlich, hat der Propellerwirkungsgrad ein Maximum bei einer bestimmten Fortschrittsziffer, Schubbeiwert und der Drehmomentenbeiwert fallen dagegen monoton mit der Fortschrittsziffer ab.
- [0041]** Durch eine Analyse dieser Propeller-Beiwerte kann das Auftreten von Kavitation aus den Propellern 2 erfasst werden. Beim Auftreten von Kavitation findet eine abrupte Änderung der Propeller-Beiwerte statt, wobei sich insbesondere der Propellerwirkungsgrad verringert.
- 10 **[0042]** Dies kann ausgenutzt werden, um die Kavitationsentstehung von anderen Einflüssen selektiv zu trennen. Durch Modulation der Fortschrittsziffer und Bestimmung der dadurch induzierten Änderung der Propeller-Beiwerte ergibt sich eine deutlich größere Beiwertsänderung, wenn die Modulation im Bereich der Kavitationsentstehung liegt. Zur Modulation der Fortschrittsziffer wird beispielsweise die Propeller-Drehzahl während einer kurzen Zeit erhöht und wieder erniedrigt. Dies führt zu einer entsprechenden Modulation der Fortschrittsziffer J sowie entsprechend des Propeller-Freifahrt-
- 15 **[0043]** gramms zu einer Modulation der Propellerbeiwerte. Wenn beispielsweise bei der höheren Propeller-drehzahl im Gegensatz zur kleineren Drehzahl Kavitation auftritt, ist die Änderung des Wirkungsgrades (beziehungsweise der andere Propeller-Beiwerte) größer, als wenn bei beiden Drehzahlen keine Kavitation auftritt.
- [0043]** Mit zunehmender Betriebsdauer entsteht an den Propellerblättern 2a, durch Kavitationseinflüsse, ein fortschreitender Verschleiß. Durch die aufgeraute Propellerblattoberfläche, Dellen im Profil, abgeplatzte makroskopische Werk-
- 20 stoffteile verändern sich die hydrodynamischen Eigenschaften des Propellers 2. Dies bedeutet auch im allgemeinen einen schlechteren Propellerwirkungsgrad, der Schubbeiwert wird tendenziell kleiner, der Drehmomentenbeiwert tendenziell größer. Durch in regelmäßigen Abständen stattfindende Referenzmessungen der Propeller-Beiwerte kann so ein langsamer Verschleiß quantitativ erfasst werden. Vorteilhaft ist eine Bestimmung des Freifahrt diagrams während des Betriebs eines Schiffs.
- 25 **[0044]** Die Kenndaten des Propeller-Freifahrt diagrams gemäß Figur 2 können auch für eine fortlaufende Optimierung des Propellerwirkungsgrads genutzt werden. Wie aus Figur 2 ersichtlich, hat der Propellerwirkungsgrad bei einer vorgegebenen Fortschrittsziffer ein Maximum. Die Fortschrittsziffer, bei der das Maximum des Propellerwirkungsgrads liegt, ist abhängig von wechselnden Umgebungsbedingungen. So ist diese Fortschrittsziffer abhängig davon, ob das Schiff stromaufwärts oder stromabwärts fährt oder auch abhängig von der Wassertiefe und dergleichen. Werden derartige
- 30 Einflussgrößen in einem Kennlinienfeld erfasst, so kann unter Verwendung des Kennlinienfelds durch eine Drehzahl-änderung des oder der Propeller 2 die Fortschrittsziffer so eingestellt werden, dass Propellerwirkungsgrad sein Maximum annimmt. Alternativ kann der Propellerwirkungsgrad auch derart optimiert werden, dass dieser zunächst bei mehreren leicht unterschiedlichen Fortschrittsziffern bestimmt wird (was einer Modulation der Fortschrittsziffer entspricht). Dann wird die Drehzahl so geändert, dass sich die Fortschrittsziffer in Richtung eines höheren Wirkungsgrads bewegt.
- 35 **[0045]** Da die Propeller 2 des Schiffs mit elektrischen Antrieben 4 angetrieben werden, können die erforderlichen Drehzahländerungen sehr schnell und sehr präzise durchgeführt werden.

Bezugszeichenliste

- 40 **[0046]**
- (1) Antriebssystem
 - (2) Propeller
 - (2a) Propellerblatt
 - 45 (3) Antriebswelle
 - (4) elektrischer Antrieb
 - (5) Koppelung
 - (6) Wechselrichter
 - (7) Gleichspannungszwischenkreis
 - 50 (8) Schalter
 - (9) Generator
 - (10) Wechselrichter
 - (11) Schalter

55

Patentansprüche

1. Antriebssystem für ein Schiff mit wenigstens einem Propeller, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Propeller (2)

von wenigstens einem elektrischen Antrieb (4) angetrieben ist, und dass Mittel zur Diagnose und/oder Optimierung antriebsrelevanter Kenngrößen vorgesehen sind.

- 5 2. Antriebssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Mittel zur Diagnose im elektrischen Antrieb (4) eine sensorlose Bestimmung von Antriebskenngrößen, insbesondere der Propeller-Position und/oder der Propeller-Drehzahl, durchführbar ist.
- 10 3. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Messgeber zur Bestimmung des Motorstroms des elektrischen Antriebs (4) und des Propeller-Drehmoments vorgesehen ist, und dass zur Bestimmung der Anströmgeschwindigkeit des Propellers (2) ein Strömungsmesser vorgesehen ist.
- 15 4. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch eine Modulation der Propeller-Drehzahl und/oder mittels des Strömungsmessers die Beschleunigung des Schiffs und daraus die Vorschubkraft des Schiffs bestimmbar ist.
- 20 5. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch eine Modulation der Propeller-Drehzahl und durch einen Kraftsensor am Lager des oder jedes Propellers (2) die Rückstoßkraft des oder jedes Propellers (2) erfassbar ist.
- 25 6. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Mittel zur Diagnose antriebsrelevanter Kenngrößen Mittel zur Detektion von Kavitation beziehungsweise deren Intensität am Propeller (2) vorgesehen sind, wobei zur Detektion von Kavitation am Propeller (2) beziehungsweise deren Intensität eine messtechnische Bestimmung von Propeller-Beiwerten in Abhängigkeit der Fortschrittsziffer erfolgt.
- 30 7. Antriebssystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Propeller-Beiwerte vom Schubbeiwert, Drehmomentbeiwert und Propellerwirkungsgrad gebildet sind, wobei diese und die Fortschrittsziffer durch die messtechnische Erfassung des Propeller-Drehmoments, der Propeller-Drehzahl, der Anströmgeschwindigkeit und der Vorschubkraft des Propellers (2) bestimmbar sind.
- 35 8. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Kavitationsentstehung oder die Intensität von Kavitation durch Auswertung der Änderung der Propeller-Beiwerte auf eine Modulation der Fortschrittsziffer detektierbar ist, wobei die Fortschrittsziffer durch eine Änderung der Propeller-Drehzahl modulierbar ist.
- 40 9. Antriebssystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Unterspülung des Schiffsrumpfs mit Luftblasen durch Messung des Propellerwirkungsgrads oder der Vorschubkraft des Propellers (2) bestimmbar ist, ob die Luftblasen in den Bereich des Propellers (2) gelangen.
- 45 10. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Kavitation am Propeller (2) durch eine frequenzselektive Auswertung des Frequenzspektrums des Propeller-Drehmoments oder der Propeller-Drehzahl nachweisbar ist.
- 50 11. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch eine winkelabhängige Erfassung des Propeller-Drehmoments einzelne defekte Propellerblätter (2a) des Propellers (2) oder eine Unwucht des Propellers (2) nachweisbar sind.
- 55 12. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Dämpfung von Schwingungen die Lage oder der Winkel einer oder jeder Antriebswelle (3), an welcher der oder die Propeller (2) angeordnet sind, veränderbar ist und/oder die Drehzahl des oder der Propeller (2) modulierbar ist.
13. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Optimierung des Propellerwirkungsgrads die Drehzahl des Propellers (2) in Abhängigkeit sich ändernder Randbedingungen änderbar ist.
14. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder jeder Propeller (2) in einem käfigförmigen Gehäuse integriert ist, und dass in Abhängigkeit definierter Antriebskenngrößen ein Anfahrtsvorgang des Schiffes so vorgebar ist, dass bei Anfahren des Schiffes ein Wasserfilm den oder jeden Propeller (2) umgibt.

15. Antriebssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrischen Antriebe (4) von Synchronmotoren oder Asynchronmotoren gebildet sind.

5

10

15

20

25

30

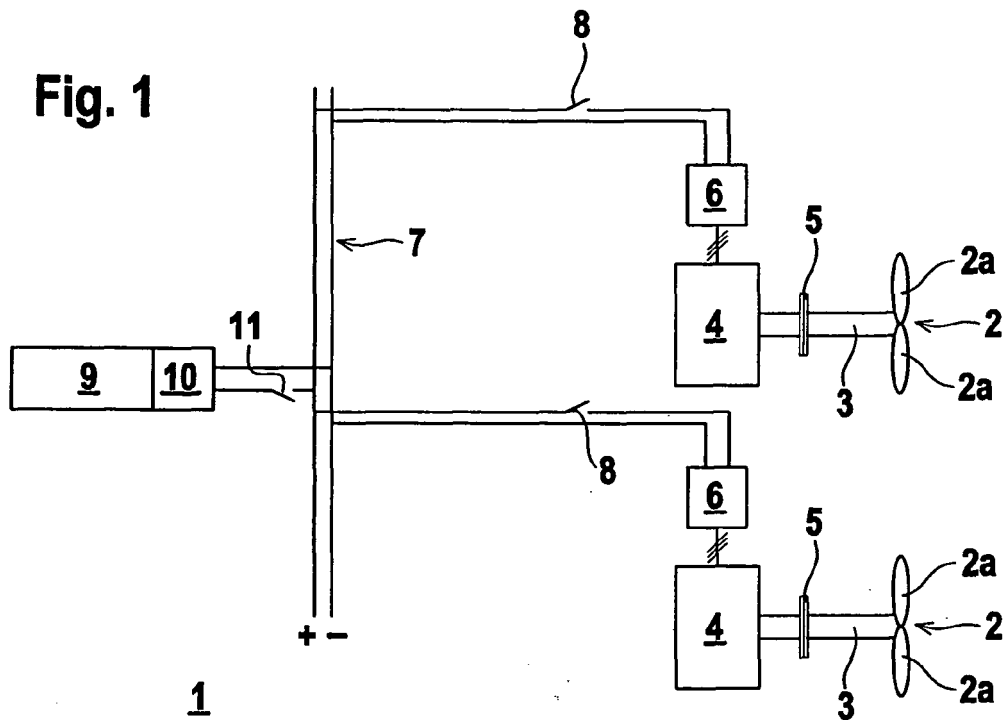
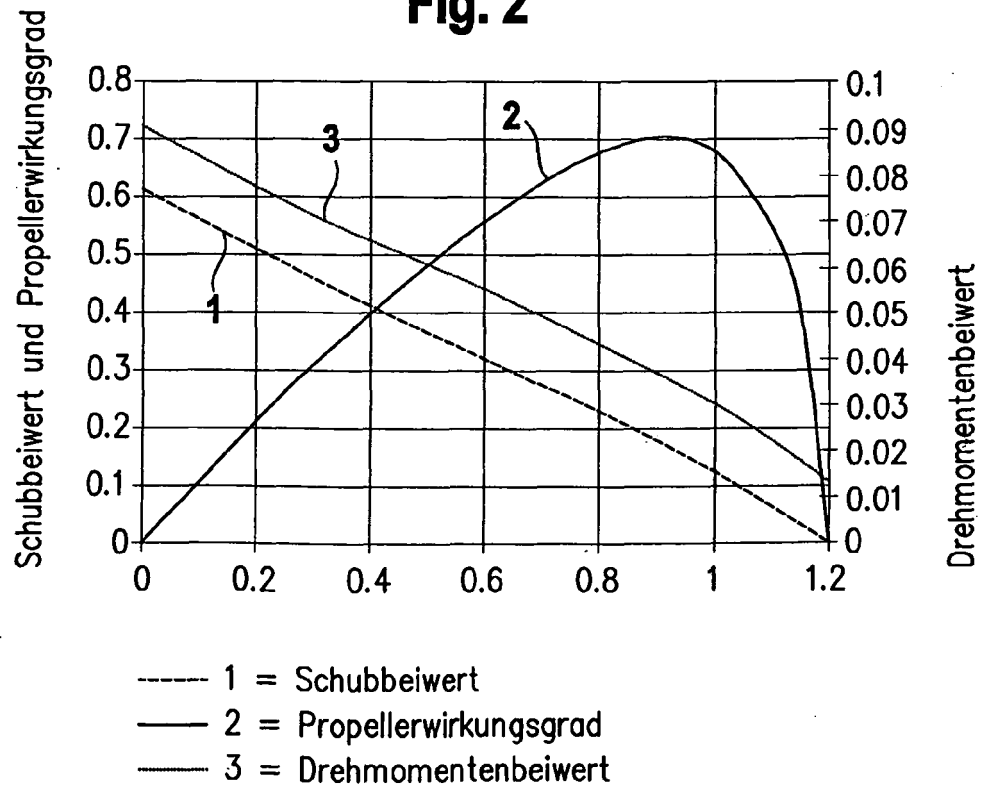
35

40

45

50

55

Fig. 1**Fig. 2**



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 09 01 4924

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 44 30 409 A1 (SIEMENS AG) 29. Februar 1996 (1996-02-29)	1,3,4, 13-15	INV. B63H21/17
Y	* Spalte 2, Zeile 18 - Zeile 30; Abbildung 1 *	2,5-12	
Y	----- WO 96/01522 A1 (LUOSAVAARA KIIRUNAVARA AB) 18. Januar 1996 (1996-01-18) * Seite 1, Zeile 19 - Zeile 26 * * Seite 2, Zeile 25 - Seite 3, Zeile 13; Abbildung 1 *	2,7,9, 11,12	
Y	----- DE 103 09 420 A1 (RENK AG) 23. September 2004 (2004-09-23) * Absatz [0024] *	5	
Y	----- DE 42 13 635 A1 (MITSUBISHI DENKI K.K.) 29. Oktober 1992 (1992-10-29) * Spalte 4, Zeile 12 - Zeile 57 *	6,8,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B63H G01L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		31. März 2010	
		Prüfer	
		De Sena Hernandorena	
KATEGORIE DER GENANTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

8

EPO FORM 1503 03.82 (P4/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 09 01 4924

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

31-03-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4430409	A1	29-02-1996	CA	2198378 A1	07-03-1996
			WO	9606774 A1	07-03-1996
			NO	970871 A	26-02-1997
			US	5896016 A	20-04-1999

WO 9601522	A1	18-01-1996	AU	2940395 A	25-01-1996
			SE	9402353 A	05-01-1996

DE 10309420	A1	23-09-2004	CH	696929 A5	15-02-2008
			PL	365814 A1	06-09-2004
			US	2004198111 A1	07-10-2004

DE 4213635	A1	29-10-1992	JP	4325734 A	16-11-1992
			US	5190487 A	02-03-1993

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82