



(10) **DE 20 2014 005 772 U1** 2014.09.18

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2014 005 772.9**

(51) Int Cl.: **B63H 3/10 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **30.06.2014**

(47) Eintragungstag: **12.08.2014**

(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **18.09.2014**

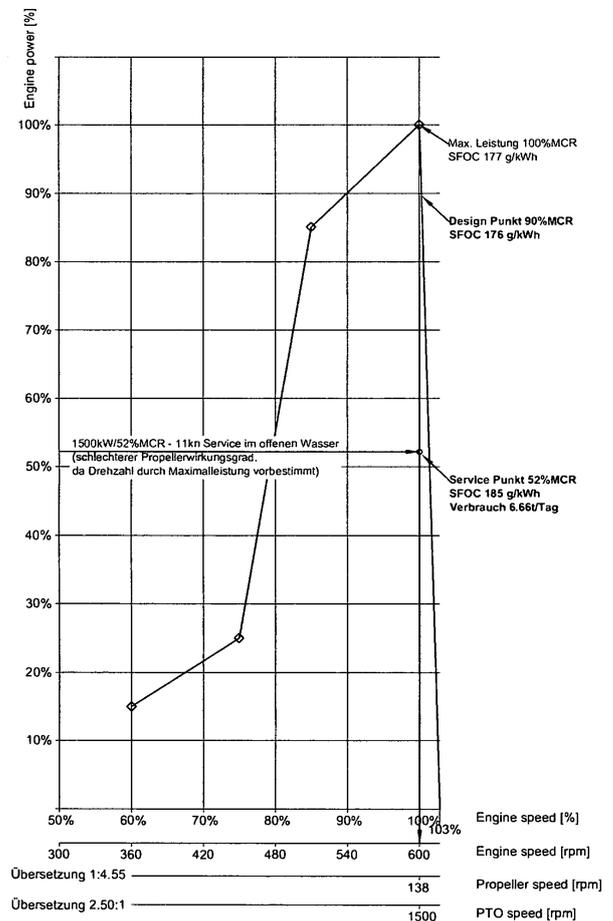
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
**SDC Ship Design & Consult GmbH, 22305
Hamburg, DE**

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
**Hauck Patent- und Rechtsanwälte, 20354
Hamburg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Schiff**

(57) Hauptanspruch: Schiff mit einem von einer Verbrennungskraftmaschine über ein Getriebe angetriebenen Verstellpropeller, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe eine Übersetzung aufweist, die so ausgelegt ist, dass in einem Teilastbereich, der einem bevorzugten Einsatzprofil des Schiffes entspricht, der Verstellpropeller mit einer optimalen Drehzahl läuft und die Verbrennungskraftmaschine mit einer gegenüber ihrer Nenndrehzahl verringerten Drehzahl betrieben wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schiff mit einem von einer Verbrennungskraftmaschine (Antriebsmotor) über ein Getriebe angetriebenen Verstellpropeller und ein Verfahren zur Auslegung eines derartigen Schiffes.

[0002] Schiffe müssen oft unterschiedlichen Einsatzprofilen gerecht werden, bei denen erheblich unterschiedliche Leistungen für den Vortrieb ins Wasser gebracht werden. Auf der einen Seite gibt es Einsätze, die eine hohe Leistung erfordern. Auf der anderen Seite werden Einsätze mit nur geringer Leistung gefahren. Beispiele für solche Anwendungen sind Schiffe mit Eisklasse, die bei Fahrt in Eis große Leistung benötigen, die die meiste Zeit jedoch in offenem Wasser mit deutlich geringeren Leistungen fahren. Ferner gibt es Fischereischiffe, die beim Schleppen des Netzes große Antriebsleistung ins Wasser bringen müssen, bei Fahrt ohne Netz jedoch mit wesentlich weniger Leistung auskommen. In solchen Fällen gilt es einerseits eine große Antriebsleistung vorzuhalten und bei Bedarf ins Wasser zu bringen, andererseits werden für weite Teile des Einsatzes nur geringe Antriebsleistung benötigt. Höhe und Verlauf der für den Vortrieb ins Wasser gebrachten Leistungen sind für das jeweilige Einsatzprofil charakteristisch.

[0003] Schiffe mit mechanisch über ein Getriebe angetriebenem Verstellpropeller werden herkömmlicherweise so entworfen, dass die Übersetzung des Getriebes dem Verhältnis der Nenndrehzahl (Nominaldrehzahl) des Antriebsmotors zur optimalen Drehzahl des Verstellpropellers entspricht. Die Nenndrehzahl ist die Drehzahl, bei der der Antriebsmotor unter Volllast die größtmögliche Leistung (Nennleistung) abgibt. Die optimale Drehzahl des Verstellpropellers ist diejenige Drehzahl, bei der der Verstellpropeller den größten Teil der Antriebsleistung in Vortrieb umsetzt. Andere Betriebspunkte, insbesondere bei Fahrt mit weniger Leistung, werden entweder bei konstanter Drehzahl durch Veränderung der Steigung des Verstellpropellers erreicht (Betrieb bei konstanter Drehzahl) oder die Drehzahl des Antriebsmotors und damit des Verstellpropellers wird variiert, so dass im Rahmen des Motorkennfeldes die Steigung des Verstellpropellers möglichst gar nicht oder nur gering von der Nennsteigung abweicht (Betrieb im Kombinatormode).

[0004] Der Betrieb mit konstanter Drehzahl lässt unmittelbar den Einsatz von Wellengeneratoren, die an das Getriebe des Vortriebsstranges gekoppelt sind, zur elektrischen Versorgung des Bordnetzes zu. Nachteilig ist jedoch, dass sich bei einem geringen Leistungsbedarf der Propellerwirkungsgrad deutlich verschlechtert und der spezifische Brennstoffverbrauch des Antriebsmotors ansteigt. Beim Betrieb im Kombinatormode sind zwar Propellerwirkungsgrad

und spezifischer Kraftstoffverbrauch des Antriebsmotors über den gesamten Leistungsbereich optimal; durch die veränderliche Drehzahl kann jedoch nicht ohne Weiteres ein Wellengenerator für die Erzeugung elektrischer Energie eingesetzt werden.

[0005] Zur Überwindung der Probleme beim Betrieb mit konstanter Drehzahl werden zwei- oder mehrstufige Schaltgetriebe eingesetzt, die es ermöglichen, die Übersetzung des Getriebes zwischen Antriebsmotor und Verstellpropeller den unterschiedlichen Fahrzuständen anzupassen (Optimierung des Propellerwirkungsgrades). Ferner werden zur Optimierung des spezifischen Kraftstoffverbrauches teillastoptimierte Motoren eingesetzt oder Doppel- bzw. Vater-Sohn-Motoren-Anlagen installiert, bei denen je nach Leistungsanforderungen Motoren ein- bzw. ausgekoppelt werden können. Dies verursacht jedoch zusätzliche Investitionskosten im Vergleich zu einem Einfachgetriebe zwischen Antriebsmotor und Verstellpropeller.

[0006] Um den Einsatz von Wellengeneratoren im Kombinatormode zu ermöglichen, werden entweder Frequenzumrichter zwischen Wellengenerator und dem Bordnetz zwischengeschaltet, was ebenfalls erhebliche Investitionskosten verursacht und zusätzliche Energieverluste im Frequenzumrichter bedeutet, oder das Bordnetz wird vollständig für die Arbeit mit Gleitfrequenz ausgelegt (also nicht für die übliche feste Bordnetzfrequenz von 50 oder 60 Hz). Die Auslegung für Gleitfrequenz bedeutet jedoch einen erheblichen Koordinierungsaufwand für die Bauwerft beim Bau des Schiffes und birgt wesentliche Risiken, da sich die Gleitfrequenz oft mit den Steuerungen der verschiedenen elektrischen Systeme an Bord nicht verträgt.

[0007] Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Schiff zu schaffen, das effizienter bei Teillast und Vollast betreibbar ist, wobei zusätzliche Investitionskosten vermieden werden können. Ferner ist die Erfindung auf ein Verfahren zur Auslegung eines solchen Schiffes gerichtet.

[0008] Die Aufgabe wird durch ein Schiff gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Schiffes sind in Unteransprüchen angegeben.

[0009] Das erfindungsgemäße Schiff umfasst einen von einer Verbrennungskraftmaschine über ein Getriebe angetriebenen Verstellpropeller und ist dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe eine Übersetzung aufweist, die so ausgelegt ist, dass in einem Teillastbereich, der einem bevorzugten Einsatzprofil des Schiffes entspricht, der Verstellpropeller mit einer optimalen Drehzahl läuft und die Verbrennungskraftmaschine mit einer gegenüber ihrer Nenndrehzahl verringerten Drehzahl betrieben wird.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Auslegung eines Schiffes mit einem von einer Verbrennungskraftmaschine über ein Getriebe angetriebenen Verstellpropeller ist dadurch gekennzeichnet, dass die Übersetzung des Getriebes für eine optimale Drehzahl des Verstellpropellers in einem Teillastbereich entsprechend einem bevorzugten Einsatzprofil des Schiffes auf eine gegenüber der Nenndrehzahl verringerte Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine abgestimmt wird.

[0011] Bei dem erfindungsgemäßen Schiff und Verfahren ist die Auslegung des Getriebes für das bevorzugte Einsatzprofil optimiert, bei dem der Antriebsmotor unter Teillast arbeitet. Dabei wird die Übersetzung des Getriebes so gewählt, dass der optimalen Drehzahl des Verstellpropellers für den Leistungsbedarf des bevorzugten Einsatzprofils eine andere als die Nenndrehzahl des Antriebsmotors gegenüber gestellt wird. Diese verringerte Drehzahl wird so gewählt, dass der Antriebsmotor in der Lage ist, den für das bevorzugte Einsatzprofil des Schiffes benötigten Leistungsbedarf zur Verfügung zu stellen. Dadurch, dass die Übersetzung des Getriebes auf eine von der Nenndrehzahl abweichende Drehzahl abgestimmt ist, wird sichergestellt, dass der Antriebsmotor auch ohne zusätzliche Maßnahmen, wie Teillastoptimierung oder Mehrmotorenanlage, in dem bevorzugten Einsatzprofil einen geringen spezifischen Kraftverbrauch hat. Antriebsmotor und Verstellpropeller sind bei dieser Auslegung in der Lage, im bevorzugten Einsatzprofil und in diesem ähnlichen Einsatzprofilen mit konstanter Drehzahl bei weitgehend optimalem Propellerwirkungsgrad und Motorwirkungsgrad zu arbeiten.

[0012] Wird für andere Einsatzprofile mehr Leistung gefordert, als diese der Antriebsmotor mit der verringerten Drehzahl zu liefern in der Lage ist, kann der Antriebsmotor wiederum mit Nenndrehzahl betrieben werden. Der Verstellpropeller dreht dann mit einer höheren als der Entwurfsdrehzahl, was jedoch bei höherer Leistungsabgabe erneut zu einem Propellerwirkungsgrad nahe dem Optimum führt. Gleichzeitig fährt auch der Antriebsmotor in einem Bereich mit gutem spezifischem Kraftstoffverbrauch, da die Erhöhung der Drehzahl der erhöhten Leistung entspricht. Schaltstufen für die Übersetzung der Drehzahl des Antriebsmotors auf die Drehzahl des Verstellpropellers und eine entsprechende Anpassung der Nutzung eines Wellengenerators sind nicht erforderlich.

[0013] Die Erfindung ermöglicht also einen zweistufigen Betrieb des Verstellpropellers mit einem Einfachgetriebe, der die Vorteile des Kombinatormodes (hoher Propellerwirkungsgrad bei geringem spezifischem Kraftstoffverbrauch des Antriebsmotors über einen weiten Lastbereich) mit den Vorteilen des Betriebs mit konstanter Drehzahl (Möglichkeit der Nutzung eines Wellengenerators ohne Anpassungs-

maßnahmen) verbindet. Die Nachteile herkömmlicher Schiffe mit Verstellpropellern, wie die hohen Investitionskosten für ein mehrstufiges Getriebe, eine Mehrmotorenanlage, einen teillastoptimierten Motor oder einen Frequenzumrichter für den Wellengenerator und die technischen Schwierigkeiten eines Bordnetzbetriebs mit Gleitfrequenz werden vermieden. Grundsätzlich können jedoch einzelne oder mehrere dieser zusätzlichen Maßnahmen zur Optimierung eines zweistufigen Betriebes des Verstellpropellers verwirklicht werden, sind aber im Sinne der Erfindung nicht erforderlich, um den gewünschten Effekt einer Optimierung des Schiffsbetriebes zu erzielen.

[0014] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung hat zur Nutzung des Wellengenerators im bevorzugten Einsatzprofil ein Getriebe zwischen Verbrennungskraftmaschine und Wellengenerator eine Übersetzung, die auf die verringerte Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine und die Nenndrehzahl des Wellengenerators abgestimmt ist. Die Nenndrehzahl des Wellengenerators ist diejenige Drehzahl, bei der der Wellengenerator elektrischen Strom mit einer bestimmten Frequenz (z. B. 50 oder 60 Hz) erzeugt. Bei Betrieb im bevorzugten Einsatzprofil liefert der Wellengenerator Strom mit der Bordfrequenz. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist das Getriebe für die Verwendung des Wellengenerators bei verringerter Drehzahl, Nenndrehzahl und gegebenenfalls weiteren Drehzahlen des Antriebsmotors verschiedene Schaltstufen auf, sodass der Wellengenerator bei verringerter Drehzahl, bei Nenndrehzahl und gegebenenfalls weiteren Drehzahlen des Antriebsmotors mit seiner Nenndrehzahl betrieben werden kann. Da die Leistung des Getriebes für den Wellengenerator wesentlich kleiner als die Leistung zum Antreiben des Verstellpropellers ist, fallen für ein Getriebe mit mehreren Schaltstufen deutlich geringere Investitionskosten als beim Einsatz von Wellengeneratoren im Kombinatormode an.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist das Getriebe zwischen Verbrennungskraftmaschine und Wellengenerator ein Teil des Getriebes zwischen Verbrennungskraftmaschine und Verstellpropeller, das für den Wellengenerator einen besonderen Abtrieb aufweist.

[0016] Gemäß alternativer Ausgestaltungen wird auf den Einsatz des Wellengenerators bei Nenndrehzahl verzichtet oder werden selektive Verbraucher (z. B. ein Bugstrahlrudermotor) direkt mit dem Wellengenerator gekoppelt und für den Betrieb mit unterschiedlichen Frequenzen ausgelegt. Beispielsweise werden selektive Verbraucher für den Betrieb mit mehreren – vorzugsweise zwei – Frequenzen oder mit Gleitfrequenzen ausgelegt. Da hierbei nur bestimmte Verbraucher mit verschiedenen Frequenzen betrieben werden, sind die Probleme in Bezug auf frequenzempfindliche Steuerungen deutlich reduziert

und der Koordinierungsaufwand sowie die Risiken für die Bauwerft deutlich verringert.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung hat das Schiff einen Verstellpropeller oder mehrere Verstellpropeller, die über ein oder mehrere Getriebe mit einer oder mehreren Verbrennungskraftmaschinen gekoppelt sind.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist das Schiff ein Schiff mit Eisklasse oder ein Fischereifahrzeug, wobei das bevorzugte Einsatzprofil des Schiffes mit Eisklasse die Offenwasserfahrt und das bevorzugte Einsatzprofil des Fischereifahrzeuges die Fahrt ohne ausgebrachtes Netz ist. Ein Schiff mit Eisklasse ist vorzugsweise ein Schiff der finnisch-schwedischen Eisklasse 1A Super, 1A, 1B oder 1C.

[0019] Gemäß einer Ausgestaltung des Verfahrens wird das Schiff für ein anderes Einsatzprofil, das mehr Leistung als das bevorzugte Einsatzprofil erfordert, so ausgelegt, dass die Verbrennungskraftmaschine mit Nenndrehzahl betrieben wird und der Verstellpropeller mit einer gegenüber der Drehzahl im bevorzugten Einsatzprofil erhöhten Drehzahl läuft.

[0020] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird die Übersetzung eines Abtriebs des Getriebes für einen Wellengenerator auf den Betrieb der Verbrennungskraftmaschine bei der verringerten Drehzahl für das bevorzugte Einsatzprofil des Schiffes und den Betrieb des Wellengenerators bei seiner Nenndrehzahl abgestimmt.

[0021] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird eine Schaltstufe des Abtriebs auf einen Betrieb des Wellengenerators mit seiner Nenndrehzahl beim Betrieb der Verbrennungskraftmaschine mit verringerter Drehzahl für das bevorzugte Einsatzprofil des Schiffes und mindestens eine weitere Schaltstufe des Abtriebs auf einen Betrieb des Wellengenerators mit seiner Nenndrehzahl beim Betrieb der Verbrennungskraftmaschine mit einer anderen Drehzahl als der verringerten Drehzahl abgestimmt.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird zumindest ein Teil der elektrischen Verbraucher des Schiffes so ausgelegt, dass sie vom Wellengenerator mit Strom unterschiedlicher Frequenzen versorgt werden können, wenn dieser im bevorzugten Einsatzprofil mit der verringerten Drehzahl und außerhalb des bevorzugten Einsatzprofils mit einer anderen als der verringerten Drehzahl betrieben wird.

[0023] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird das Schiff für den Betrieb eines Verstellpropellers oder mehrerer Verstellpropeller über ein oder mehrere Getriebe mit einer oder mehreren Verbrennungskraftmaschinen ausgelegt.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird das Schiff mit Eisklasse oder als Fischereifahrzeug ausgelegt, wobei das bevorzugte Einsatzprofil des Schiffes mit Eisklasse die Offenwasserfahrt und das bevorzugte Einsatzprofil des Fischereifahrzeuges die Fahrt ohne ausgebrachtes Netz ist.

[0025] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der anliegenden Zeichnungen von Ausführungsbeispielen erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

[0026] Fig. 1 Auslegungs- und Betriebspunkte bei herkömmlicher Auslegung eines Schiffes mit Verstellpropeller in einem Motorkennfeld;

[0027] Fig. 2 Auslegungs- und Betriebspunkte bei erfindungsgemäßer Auslegung eines Schiffes mit Verstellpropeller in einem Motorkennfeld.

[0028] In Fig. 1 und Fig. 2 sind auf der Ordinate jeweils die Leistungen des Antriebsmotors in Prozent (%) bezogen auf die Nennleistung des Antriebsmotors angegeben. Auf der Abszisse sind jeweils die Drehzahl des Antriebsmotors in Prozent (%) bezogen auf die Nenndrehzahl und in Umdrehungen pro Minute (rpm) angegeben. Ferner sind auf der Abszisse die Propellerdrehzahl und die Drehzahl des Abtriebs (Power Take Off – PTO) des Getriebes jeweils in Umdrehungen pro Minute (rpm) angegeben.

[0029] Bei herkömmlicher Auslegung gemäß Fig. 1 wird im Auslegungspunkt der Verstellpropeller mit einer optimalen Propellerdrehzahl von 1500 Umdrehungen pro Minute betrieben. Im Auslegungspunkt erbringt der Motor 90% seiner maximalen ständigen Leistung (maximum continuous rating – MCR) bei seiner Nenndrehzahl (100% engine speed, 600 Umdrehungen pro Minute). Dabei ist ein optimaler spezifischer Treibstoffverbrauch (specific fuel oil consumption – SFOC) von 176 g/kWh gegeben. Bei Betrieb im bevorzugten Einsatzprofil mit einer Fahrt von 11 Knoten in offenem Wasser liegt der Betriebspunkt bei 52% MCR und Nenndrehzahl, wobei der spezifische Treibstoffverbrauch SFOC 185 g/kWh (6,66 t/Tag) beträgt. Der Propellerwirkungsgrad ist schlechter als im Auslegungspunkt, da die Drehzahl durch die Maximalleistung vorbestimmt ist. Bei Fahrt unter maximaler Leistung der Verbrennungskraftmaschine 100% MCR beträgt der spezifische Brennstoffverbrauch SFOC 177 g/kWh.

[0030] Bei einem erfindungsgemäßen Schiff ist der Auslegungspunkt bei Fahrt mit 11 Knoten Geschwindigkeit durch offenes Wasser bei einer Leistung von 42% MCR und Drehzahl von 500 Umdrehungen pro Minute sowie optimaler Drehzahl des Verstellpropellers von 1500 Umdrehungen pro Minute gegeben. Im Auslegungspunkt beträgt der spezifische Treibstoffverbrauch SFOC 183 g/kWh (5,27 t/Tag). Der Propellerwirkungsgrad ist deshalb höher als bei der her-

kömmlichen Auslegung, da die optimale Propellerdrehzahl für den Servicebetrieb im bevorzugten Einsatzprofil gewählt ist. Bei gleicher Propellerdrehzahl kann im Teillastbetrieb eine maximale Leistung der Verbrennungskraftmaschine von 70% MCR abgerufen werden. Falls mehr Leistung benötigt wird, muss die Motordrehzahl erhöht werden. Bei Erhöhung auf die Nenndrehzahl kann die maximale Leistung von 100% MCR bei einem spezifischen Treibstoffverbrauch SFOC von 177 g/kWh abgerufen werden.

[0031] Zwecks Erhöhung der Maschinendrehzahl auf die Nenndrehzahl können gegebenenfalls einzelne Verbraucher mit variabler Frequenz vorgesehen sein.

Schutzansprüche

1. Schiff mit einem von einer Verbrennungskraftmaschine über ein Getriebe angetriebenen Verstellpropeller, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Getriebe eine Übersetzung aufweist, die so ausgelegt ist, dass in einem Teillastbereich, der einem bevorzugten Einsatzprofil des Schiffes entspricht, der Verstellpropeller mit einer optimalen Drehzahl läuft und die Verbrennungskraftmaschine mit einer gegenüber ihrer Nenndrehzahl verringerten Drehzahl betrieben wird.

2. Schiff nach Anspruch 1, bei dem für ein anderes Einsatzprofil, das mehr Leistung als das bevorzugte Einsatzprofil erfordert, die Verbrennungskraftmaschine mit Nenndrehzahl betrieben wird und der Verstellpropeller mit einer gegenüber der Drehzahl im bevorzugten Einsatzprofil erhöhten Drehzahl läuft.

3. Schiff nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Getriebe einen Abtrieb hat, der mit einem Wellengenerator verbunden ist und die Übersetzung des Abtriebes so ausgelegt ist, dass beim Betrieb der Verbrennungskraftmaschine mit der verringerten Drehzahl für das bevorzugte Einsatzprofil des Schiffes der Wellengenerator mit seiner Nenndrehzahl läuft.

4. Schiff nach Anspruch 3, bei dem der Abtrieb des Getriebes für den Wellengenerator mehrere Schaltstufen für den Betrieb der Verbrennungskraftmaschine mit unterschiedlichen Drehzahlen aufweist, die so ausgelegt sind, dass der Wellengenerator in verschiedenen Schaltstufen, die jeweils dem Betrieb der Verbrennungskraftmaschine mit einer bestimmten Drehzahl angeordnet sind, mit seiner Nenndrehzahl läuft.

5. Schiff nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem zumindest ein Teil der elektrischen Verbraucher des Schiffes so ausgelegt ist, dass sie vom Wellengenerator, der im bevorzugten Einsatzprofil der verringerten Drehzahl und außerhalb des bevorzugten Einsatzprofils mit einer anderen als der verringerten

Drehzahl betrieben wird, mit elektrischem Strom mit verschiedenen Frequenzen versorgt werden können.

6. Schiff nach einem der Ansprüche 1 bis 6, das einen Verstellpropeller oder mehrere Verstellpropeller aufweist, der/die über ein oder mehrere Getriebe mit einer oder mehreren Verbrennungskraftmaschinen gekoppelt sind.

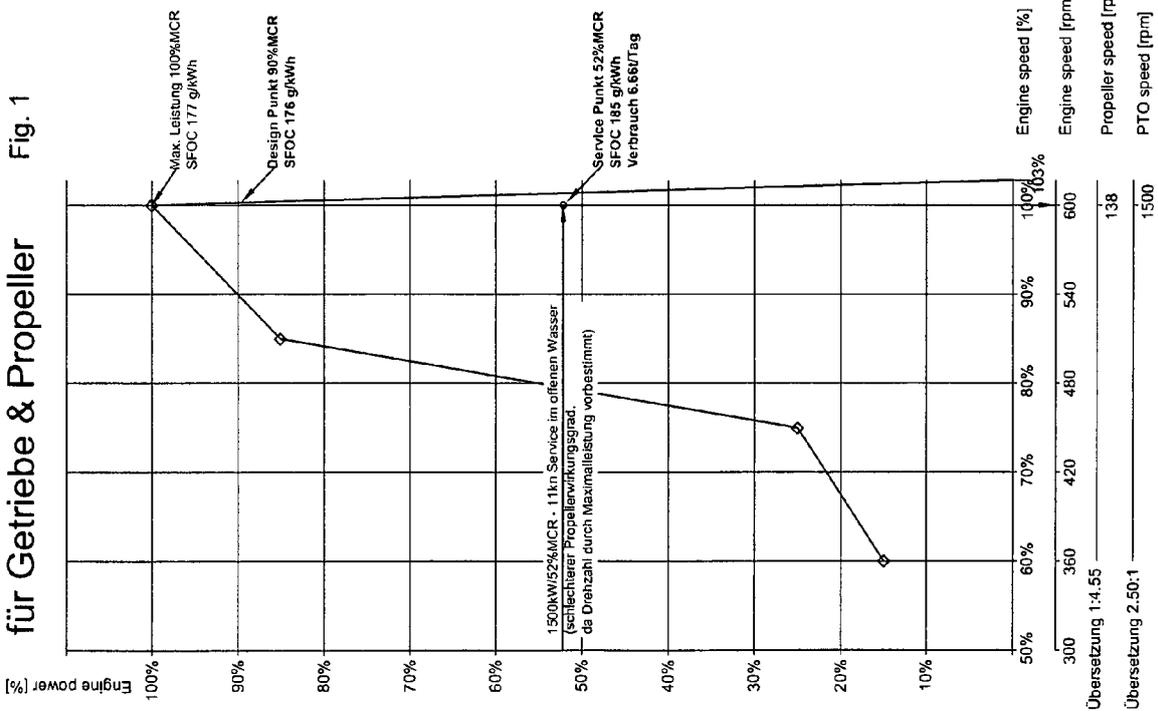
7. Schiff nach einem der Ansprüche 1 bis 6, das ein Schiff mit Eisklasse oder ein Fischereifahrzeug ist, wobei das bevorzugte Einsatzprofil des Schiffes mit Eisklasse die Offenwasserfahrt und das bevorzugte Einsatzprofil des Fischereifahrzeugs die Fahrt ohne ausgebrachtes Netz ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

A) Herkömmliche Auslegung für Getriebe & Propeller

Fig. 1



B) Erfindungsgemäße Auslegung für Getriebe & Propeller

Fig. 2

