



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 187 760 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**14.04.2004 Patentblatt 2004/16**

(51) Int Cl.7: **B63H 5/125, B63H 23/24, B63B 3/08**

(21) Anmeldenummer: **00947825.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2000/002075**

(22) Anmeldetag: **26.06.2000**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2001/000485 (04.01.2001 Gazette 2001/01)**

(54) **ANTRIEBS- UND FAHRSYSTEM FÜR SCHIFFE**

PROPELLING AND DRIVING SYSTEM FOR BOATS

SYSTEME D'ENTRAÎNEMENT ET DE PROPULSION POUR BATEAUX

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE**

(56) Entgegenhaltungen:  
**CA-A- 1 311 657 US-A- 5 417 597**

(30) Priorität: **24.06.1999 DE 19928961**  
**14.01.2000 DE 10001358**  
**10.03.2000 DE 10011601**  
**10.03.2000 DE 10011602**  
**10.03.2000 DE 10011609**

- "Siemens-Schottel-Propulsor (SSP). The podded electric drive with permanently excited motor" SIEMENS-SCHOTTEL, März 1997 (1997-03), XP000198528
- "The command, control, communications and information system" SIEMENS-SCHOTTEL BOOKLET, März 1992 (1992-03), Seiten 1-2, XP002130723
- GLOEL UND GRAGEN: "Ein neues hocheffizientes Antriebssystem" SCHIFF UND HAFEN, Oktober 1997 (1997-10), Seiten 40-44, XP000720093 Hamburg, DE
- "Azipod- Azimuthing electric propulsion drive" ABB AZZIPOD OY, Seiten 1-6, XP000783547 Helsinki, Finland
- "Austrian river icebreaker with Azipod propulsion" SHIP & BOAT INTERNATIONAL, Juni 1995 (1995-06), Seiten 5-9, XP000517047 Maidstone, Kent, GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**20.03.2002 Patentblatt 2002/12**

(73) Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
**80333 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **RZADKI, Wolfgang**  
**D-21509 Glinde (DE)**  
• **GEIL, Günter**  
**D-28277 Bremen (DE)**  
• **HOES, Stefan**  
**D-20146 Hamburg (DE)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 1 187 760 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Antriebs- und Fahrssystem für Schiffe gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. Oberbegriff des Patentanspruchs 2; ein derartiges Antriebs- und Fahrssystem ist z.B. durch die Druckschrift "Siemens-Schottel-Propulsor (SSP). The podded electric drive with permanently excited motor", SIEMENS-SCHOTTEL, März 1997 (1997-03), XP000198528 bekannt.

**[0002]** Bei einer derartigen, in der Praxis auch unter der Bezeichnung SSP bekannten Antriebstechnologie handelt es sich um einen drehbaren Schiffsantrieb, der vorzugsweise im Bereich des Hecks eines Schiffes angeordnet ist und zugleich die Funktionen Antrieb, Ruder und Querschuberzeugung erfüllt. Der SSP-Antrieb zeichnet sich ferner durch einen geringen Schiffswiderstand bei den verschiedensten Schiffsrümpfen aus und bedarf keiner zusätzlichen Kühlung, da diese durch das den Antriebsmotor im Propulsionsmodul umströmende Wasser bewirkt wird. Überdies ist der SSP-Antrieb mit geringen Benutz- und Wartungskosten verbunden und bietet den Vorteil einer besonders hohen Kraftstoffeffizienz.

**[0003]** Im Bereich der Schiffsantriebstechnologie besteht im Hinblick auf die Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Unternehmen ein zunehmender Bedarf, die Entwicklungszeiten zu reduzieren und die Herstellkosten zu senken. Zugleich werden aber auch Antriebssysteme benötigt, die den zufälligen Ausfall einer Komponente beherrschen, so dass nach einem im Antriebssystem auftretenden Fehler die Manövrier- und Steuerfähigkeit eines Schiffes schnellstmöglich wieder gewährleistet ist.

**[0004]** Weiterhin ist es im Schiffbau üblich, dass elektrische und elektromechanische Bauteile, wie etwa Motoren, Transformatoren, Schalt-, Stromrichter- und Rückkühlanlagen oder Steuerstände, einzeln von den jeweiligen Herstellern an die Schiffswerft geliefert werden, um dann von dem Werftpersonal auf entsprechend vorbereitete Fundamente im Schiff befestigt und untereinander verkabelt sowie auf ihre Funktion hin überprüft zu werden. Nachteilig hierbei ist ein beträchtlicher logistischer und damit kostenintensiver Aufwand, der zudem dadurch erhöht wird, dass sowohl die Fertigung der einzelnen Bauteile als auch die Verkabelung und Überprüfung des kompletten Systems der Kontrolle einer Klassifikationsgesellschaft, beispielsweise American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas (BV), Der Norske Veritas (DNV), Germanischer Lloyd (GL) oder Lloyds Register of Shipping (LRS), bedarf.

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ausgehend vom eingangs genannten Stand der Technik ein Antriebs- und Fahrssystem für Schiffe zu schaffen, mit dem sich eine vergleichsweise hohe Sicherheit im Hinblick auf eine zuverlässige Manövrierbarkeit eines Schiffes auf verhältnismäßig kostengünstige Weise erzielen lässt.

**[0006]** Diese Aufgabe ist bei einem Antriebs- und Fahrssystem gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1 erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine aus standardisierten Baugruppen modular zusammengesetzte Steuer- und Regeleinrichtung für jeden der Ruderpropeller vorgesehen ist.

**[0007]** Durch ein solchermaßen ausgestaltetes Antriebs- und Fahrssystem wird den steigenden Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Sicherheit eines Schiffes im hohen Maße Rechnung getragen. Dies ist in erster Linie auf das Vorhandensein wenigstens zweier gleicher Ruderpropeller mit autonomer Steuerung und Regeleinrichtung zurückzuführen, durch die sich eine homogene Redundanz des Antriebssystems ergibt. Bei Auftreten eines Fehlerereignisses in einer mechanischen oder elektrischen Komponente eines Ruderpropellers steht damit zumindest ein Reserveantrieb zur Verfügung, der die Manövrierfähigkeit des Schiffes gewährleistet.

**[0008]** Ferner trägt der modulare Aufbau der Steuer- und Regeleinrichtung aus standardisierten Baugruppen zu einer verhältnismäßig kostengünstigen Herstellung bei.

**[0009]** Zur Lösung der oben genannten Aufgabe wird bei einem Antriebs- und Fahrssystem gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 2 vorgeschlagen, dass eine aus standardisierten Baugruppen modular zusammengesetzte Steuer- und Regeleinrichtung für jedes der beiden Teilsysteme vorgesehen ist.

**[0010]** Auch ein solches Antriebs- und Fahrssystem trägt dem Zufallsausfall einer Komponente Rechnung und lässt sich aufgrund der vorgenannten Gründe in wirtschaftlicher Hinsicht günstig herstellen. Die sich infolge des einzig vorhandenen Ruderpropellers hierbei ergebende Teil-Redundanz des Antriebssystems wird durch die autonomen Teilsysteme erzielt, die dafür Sorge tragen, dass bei einer auftretenden Störung zumindest ein eingeschränkter Fahrbetrieb des Schiffes aufrecht erhalten bleibt.

**[0011]** Von besonderem Vorteil ist es, wenn beide Teilsysteme parallel betreibbar sind, wobei eine der Regel- und Steuereinrichtung der Teilsysteme als Master und die andere als Slave einsetzbar ist. Durch den parallelen Betrieb der beiden Teilsysteme ergibt sich zum einen eine aktive Redundanz des Antriebssystems, während zum anderen durch die Master-Slave-Anordnung der Regel- und Steuereinrichtungen eine übergeordnete Steuerung für beide Teilsysteme sichergestellt ist. Auf diese Weise ist es möglich, dass gewisse Aufgaben, wie etwa die Drehzahlregelung, ausschließlich von der als Master dienenden Regel- und Steuereinrichtung übernommen und für die als Slave eingesetzte gesperrt sind.

**[0012]** Von Vorteil ist ferner, wenn jedem Teilsystem eine speicherprogrammierbare Sicherheitseinrichtung zugeordnet ist, die neben Alarmsignalen automatische auch Regel- und Steuersignale erzeugt. Durch derartige Regel- und Steuersignale können beispielsweise die

Motordrehzahl oder der Ständerstrom unverzüglich reduziert werden, wenn eine Störung in einem der Teilsysteme detektiert wird.

**[0013]** Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung weist jeder Stromrichter eine Phasenstromregelung auf. Dies bietet den Vorteil, dass der Strom mit variabler Frequenz der Synchronmaschine aufgeprägt werden kann. Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist der Phasenstromregelung eine als Transvektorregelung ausgebildete feldorientierte Regelung vorgeschaltet, um dem Antrieb eine hohe Dynamik zu verleihen. Die Aufgabe der Transvektorregelung besteht dabei darin, aus den Ist-Werten der Ständerspannung, Ständerströme und der Polradlage der Synchronmaschine die Lage des magnetischen Flusses zu bestimmen, wobei der Sollwert des drehmomentbildenden Ständerstroms senkrecht zur ermittelten Flussachse vorgegeben wird.

**[0014]** In Weiterbildung der Erfindung wird ferner vorgeschlagen, dass eine Überwachungseinrichtung vorgesehen ist, durch welche die Energieerzeugung und -verteilung im Bordnetz gegen eine Überbelastung durch den Antriebsmotor schützbar ist. Dies stellt sicher, dass der Sollwert der Drehzahl beschränkt wird, wenn die von dem vorgegebenen Sollwert geforderte Leistung des Propellers die verfügbare elektrische Leistung im Bordnetz des Schiffes übersteigt. Überdies ist es möglich, bei Störungen im Bordnetz einen geänderten Sollwert vorzugeben, um eine Überlastung der Energieerzeugeraggregate und damit einen "black out" im Bordnetz zu vermeiden.

**[0015]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die einzelnen Komponenten des Antriebs- und Fahrsystems in wenigstens einem vorgefertigten Container angeordnet. Unter einem Container wird dabei eine nahezu eigenständige Funktionseinheit verstanden, die mit Schnittstellen zu anderen Schiffssystemen, etwa der Steuerung, versehen ist. Dies bietet die Möglichkeit, das Antriebssystem unabhängig vom Bauort des Schiffes weitgehend zu verkabeln und auf seine Funktion hin zu überprüfen. Nach dem Versand zur Schiffswerft ist es dann lediglich noch erforderlich, den Container auf einem vorbereiteten Fundament des Schiffes zu befestigen und mit dessen Leistungs- und Steuerungssystem zu verbinden. Da eine Verkabelung der einzelnen Komponenten des Antriebssystems auf der Schiffswerft somit entbehrlich ist, entfällt auch die logistische Erfassung der einzelnen Bauteile auf der Werft, wodurch sich eine einfachere und übersichtlichere logistische Planung ergibt. Darüber hinaus lässt sich auf diese Weise eine flexible Anlieferung und damit ein zu einem optimalen Zeitpunkt stattfindender Einbau des Containers erreichen. Aufgrund eines einzigen Fundaments für den Container anstelle diverser Fundamente für die einzelnen Komponenten ist zudem ein geringerer und damit kostengünstigerer Fertigungsaufwand sichergestellt.

**[0016]** Um einen vorgefertigten Container mit her-

kömmlichen Containerschiffen zur Schiffswerft transportieren zu können, wird schließlich vorgeschlagen, dass die Abmessungen der Container standardisiert sind.

5 **[0017]** Gemäß einem weiteren vorteilhaften Vorschlag der Erfindung ist an dem Container eine Einheit zur Positionsfernüberwachung angeordnet. Dabei kann es sich vorzugsweise um eine GPS-Einheit handeln. 10 Dadurch wird ermöglicht, über GPS-Systeme den exakten Standort eines Containers zu ermitteln. Dadurch kann der Weg des Containers von der Verladung über den Transport bis zum Bestimmungsort überprüft werden. Es bieten sich dazu z.B. die Verwendung vorhandener GPS-Systeme an, z.B. den im Bereich der Seefahrt bereits genutzten IN-MAR-SAT-System. Durch die 15 Ausgestaltung kann auf einfache Weise sichergestellt werden, dass die entsprechenden Container auf dem richtigen Weg zum richtigen Bestimmungsort gelangen. Durch diese Ausbildung der GPS-Einheiten als demontierbare Einheiten am Container, beispielsweise Einheiten bestehend aus Sender, Energieversorgung und dergleichen, kann nach Ankunft des Containers am richtigen Ort die Einheit zum Container entfernt und wieder verwendet werden.

20 **[0018]** Schiffsantriebe, insbesondere Ruderpropellerantriebe, erzeugen im Betrieb Schwingungen, welche sich durch den gesamten Schiffsrumpf fortpflanzen und diesen in Vibrationen versetzen. Während diese Schwingungen bei Dieselantrieben primär von den hin- und hergehenden Kolben verursacht werden, könnte 25 vermutet werden, dass bei Elektromotoren, wie sie vor allem bei U-Booten, aber auch zunehmend bei Überwasserschiffen zum Einsatz gelangen, derartige Schwingungen nicht mehr auftreten. Dem ist jedoch nicht so, da insbesondere auch ein Schiffspropeller eine schwankende Belastung für den Antrieb darstellt, und zwar deshalb, weil die Propellerblätter bei ihrer Rotationsbewegung sich teilweise an dem am Schiffsheck 30 vorhandenen Skeg oder Wellenbock entlang bewegen, auf einem anderen Teil ihrer Rotationsbewegung sich dagegen von diesem weitgehend frei bewegen können. Dieses schwankende Belastungsmoment wird von dem Drehzahlregler bzw. dem diesen untergeordneten Stromregler nachgefahren, um die Drehzahl der Schiffschraube so exakt als möglich bei dem vorgewählten 35 Drehzahlsollwert konstant zu halten. Hierbei überträgt sich das mit einer der um die Blätterzahl des Propellers vervielfachten Wellendrehzahl schwankende Drehmoment auf den Antriebsmotor und wird über dessen Gehäuse auf seine Verankerung und damit an den Schiffsrumpf übertragen. Dadurch werden Teile der Schiffskonstruktion mit der Grundwelle dieses pulsierenden Drehmoments zu Schwingungen angeregt, und aufgrund mechanischer Gegebenheiten ist die Resonanz 40 des Schiffsrumpfs bei der betreffenden Frequenz nicht vernachlässigbar. Die daraus resultierenden Vibrationen sind nicht nur lästig für die Schiffsbesatzung, sondern sie bringen auch eine erhebliche Belastung für die 45

gesamte Konstruktion des Schiffes mit sich, und sollten daher vermieden werden. Die einzige bekannte Maßnahme hierfür ist, die Schwachstellen für derartige Schwingungen mit der sog. Finite-Elemente-Methode zu berechnen und die so ermittelten kritischen Bereiche durch tonnenweisen Einsatz von Stahl zu verstärken. Diese Methode ist einerseits teuer, verringert andererseits das zulässige Ladegewicht des Schiffs, erhöht den Treibstoffverbrauch und kann darüber hinaus allenfalls die materialzerstörenden Auswirkungen der von dem Antrieb erzeugten Schwingungen reduzieren, diese jedoch nicht ursächlich eliminieren.

**[0019]** Hydromechanisch gesehen ist die Belastung am Schiffspropeller mit seinem Nachstromfeld beschrieben. Die Schwankung dieser Belastung, welche durch den am Schiffsrumpf vorhandenen Skeg oder Wellenbock verursacht wird, zeigt sich wieder in der Inhomogenität des Nachstromfeldes vom Propeller, welche sich wiederum in einer schwankenden Fortschrittsziffer beim Umlauf des Propellerblattes abbildet. Eine Drehzahlregelung, die die Drehzahl vom Schiffspropeller so exakt als möglich bei dem vorgewählten Drehzahl Sollwert konstant hält, hat den negativen Effekt, dass sich die Inhomogenität des Nachstromfeldes voll auf die Schwankung in der Fortschrittsziffer vom Propeller abbildet. Eine Schwankung in der Fortschrittsziffer vom Propeller reduziert die Kavitationssicherheit eines Propellers, weil sich dabei der Arbeitspunkt eines Propellers seiner Kavitationsgrenze nähert bzw. diese überschreitet. Besonders im Bereich eines am Schiffsrumpf vorhandenen Skegs oder Wellenbocks kann der Arbeitspunkt des Propellers die Kavitationsgrenze erreichen oder überschreiten und damit eine Kavitation auslösen, die dann zu erheblichen Schäden am Schiff und insbesondere am Propeller führen kann. Eine Kavitation führt auch zu unzulässigen Druckschwankungen und Geräuschen, die insbesondere den Nutzwert von Passagier-, Forschungs- und militärischen Schiffen erheblich reduziert.

**[0020]** Aus den Nachteilen des beschriebenen Stands der Technik resultiert das die Erfindung initiierte Problem, eine Möglichkeit zu schaffen, wie die von dem drehzahlgeregelten Antrieb einer Last mit schwankendem Drehmoment, insbesondere eines Schiffspropellers, hervorgerufenen Schwingungen einer Antriebsverankerung, insbesondere eines gesamten Schiffsrumpfs einschließlich des inhomogenen Nachstromfeldes eines Schiffspropellers, soweit als möglich reduziert oder gar vermieden werden können.

**[0021]** Zur Lösung dieses Problems sieht die Erfindung im Rahmen des Antriebs- und Fahrsystems vor, dass die Regeleinrichtung zur Schwingungsdämpfung eines drehzahlgeregelten Antriebs unabhängig von der Anzahl der an einer Welle arbeitenden Motoren nur einen einzelnen Drehzahlregler vorsieht, wobei das Ausgangssignal des Drehzahlreglers zu dessen Reglereingang zurückgeführt ist. Da das Ausgangssignal des Drehzahlreglers näherungsweise etwa proportional zu

dem von dem Antrieb abgegebenen Drehmoment ist, so kann bei einer Umschaltung desselben mit einer geeigneten Phase zu dem Drehzahlwert eine gewisse Unempfindlichkeit für Drehmomentschwankungen herbeigeführt werden.

**[0022]** Es empfiehlt sich, die drehmomentproportionalen Schwankungen des Reglerausgangssignals etwa um 180° phasenverschoben am Drehzahlreglereingang zuzuführen, so dass sich einerseits eine negative und damit stabile Rückkopplung ergibt und andererseits das zum Ausregeln der belastungsbedingten Schwankungen der Drehzahl erforderliche Drehmoment bzw. das hierzu etwa proportionale Reglerausgangssignal reduziert wird. Dies hat vor allem zur Folge, dass die Schwankungen des Antriebsdrehmoments deutlich herabgesetzt werden können, wodurch die über die Verankerung an den Schiffskörper abgegebenen Schwankungen des Drehmoments und die über den Schiffspropeller an das Nachstromfeld vom Schiffspropeller abgegebenen Druckschwankungen bis auf unkritische Werte abgesenkt werden können. Ein Nebeneffekt hierbei ist, dass die Drehzahl des Propellers nun nicht mehr exakt konstant bleibt, sondern gewissen Schwankungen, wie sie durch die wechselnde Belastung hervorgerufen werden, unterliegt. Dies ist jedoch für den von dem Propeller erzeugten Vortrieb von geringster Bedeutung, andererseits kann hierbei auf vorteilhafte Weise das Trägheitsmoment des Rotors vom Elektromotor, des Propellers und der Welle zur Abdämpfung dieser Schwankungen verwendet werden. Infolge der nahezu reibungsfreien Drehlagerung der Welle erfährt der Schiffsrumpf von diesen Drehzahlschwankungen keine Anregung.

**[0023]** Hydromechanisch gesehen hat dieser Effekt den wesentlichen Vorteil, dass die Drehzahl des Propellers nun nicht mehr exakt konstant bleibt, sondern gewissen Schwankungen unterliegt, welche durch die wechselnden Belastungen am Propeller hervorgerufen werden; hierdurch wird die von der hydromechanischen Kopplung des Nachstromfeldes mit der Fortschrittsziffer herrührende Schwankungsbreite reduziert. Diese Reduzierung der Schwankungsbreite der Fortschrittsziffer entsteht dadurch, dass die Schwankung der Belastung an dem Propellerblatt, welches sich in dem inhomogenen Nachstromfeld des am Schiffsrumpf vorhandenen Skegs oder Wellenbocks befindet, aufgrund des obigen Effektes der Erfindung zu einer Änderung in der Drehzahl führt, die durch ihre Richtung und Größe ihrer Ursache entgegenwirkt und damit zu einer Abdämpfung der Schwankungsbreite der Fortschrittsziffer des Propellerblattes führt, welches in Bezug auf die Kavitation am meisten gefährdet ist. Die Rückwirkung dieses Propellerblattes auf die anderen Blätter des Propellers aufgrund des beschriebenen Effektes ist von geringer Bedeutung, weil deren Arbeitspunkte erheblich dichter beim Nennarbeitspunkt des Propellers liegen bleiben als der Arbeitspunkt desjenigen Propellerblattes, welches sich in dem inhomogenen Nachstromfeld des am Schiffsrumpf vorhandenen Skegs oder Wellenbocks be-

findet.

**[0024]** Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass das zurückgeführte Ausgangssignal des Drehzahlreglers mit einem Faktor multipliziert wird. Naturgemäß sollte diese Rückkopplung nicht zu stark gewählt werden, da sonst durch den ebenfalls zurückgekoppelten, etwa konstanten Mittelwert des Antriebsdrehmoments eine starke Reduzierung des Drehzahlsollwertes aufträte und dadurch der Drehzahlregler selbst bei einer Realisierung desselben mit PI-Charakteristik nicht mehr in die Lage versetzt wäre, die Antriebswelle auf den eingestellten Drehzahlsollwert zu beschleunigen. Da andererseits sowohl für das Reglereingangssignal wie auch für dessen Ausgangssignal ein vorbestimmter Spannungsbereich zur Verfügung steht, bspw. -10 V bis +10 V, wobei die Grenzwerte jeweils der maximalen Drehzahl bei Vorwärts- und Rückwärtsfahrt entsprechen, bzw. dem maximalen Motordrehmoment, so ist für die Einstellung eines optimalen Grades der Rückkopplung eine multiplikative Anpassung dieser beiden Signalpegel unerlässlich.

**[0025]** In Weiterbildung dieses Erfindungsgedankens ist vorgesehen, dass der Multiplikationsfaktor zwischen 0,01 % und 3 %, vorzugsweise zwischen 0,1 % und 2,0 %, insbesondere zwischen 0,15 % und 1,5 % liegt. Es handelt sich hierbei um eine naturgemäß sehr geringe Rückkopplung, da - wie oben bereits erwähnt - bereits ein Großteil der von der wechselnden Belastung angeforderten Energie von dem Trägheitsmoment des Rotors vom Elektromotor, des Propellers und der Antriebswelle aufgenommen und an diese jeweils wieder zurückgegeben werden kann. Indem hier durch die Erfindung ein gewisser Freiheitsgrad für Drehzahlschwankungen eingeräumt wird, so lässt sich der Antriebsstrang vorteilhaft als Energiespeicher verwenden, der ähnlich wie der Stützkondensator bei einer Stromversorgung zu einer Glättung der Energieaufnahme aus dem elektrischen Versorgungsnetz der Antriebsanlage beiträgt. Deshalb führt hier eine geringe Rückkopplung zu dem bemerkenswerten Ergebnis, dass das von dem Antriebsmotor aufzubringende Drehmoment weitgehend geglättet wird, ohne dass hierdurch eine erhebliche, bleibende Regelabweichung von dem vorgewählten Sollwert verursacht würde.

**[0026]** Im Rahmen der Dimensionierung des Grades der erfindungsgemäßen Rückkopplung hat sich eine derartige Einstellung bewährt, dass bei Nennlast die statische Regelabweichung etwa zwischen 0,2 % und 1,5 % liegt. Solchenfalls wird trotz der Gegenkopplung des Reglerausgangssignals die Qualität der Regelung, insbesondere die Dynamik bei Veränderungen des Drehzahlsollwertes, nicht beeinträchtigt.

**[0027]** Erfindungsgemäß ist weiterhin vorgesehen, dass die statische Regelabweichung durch einen korrigierten Sollwert kompensiert wird. Da die statische Regelabweichung bei der erfindungsgemäßen Regelkreisstruktur berechenbar ist, so kann sie durch eine Korrekturschaltung weitgehend kompensiert werden.

**[0028]** Ein von der Erfindung bevorzugtes Kompensationsverfahren verwendet die geschätzte, mittlere Belastung des Antriebs als Ausgangsgröße und versucht, durch mathematische Erfassung der Streckenparameter hieraus die zu erwartende, statische Regelabweichung zu ermitteln und durch eine entsprechende, gegensinnige Verstellung des Drehzahlsollwertes auszugleichen.

**[0029]** Bei Propellerantrieben von Schiffen, hat die Strecke zumindest näherungsweise bekannte Eigenschaften, insbesondere ergibt sich das statische, mittlere Belastungsmoment gemäß einer Kennlinie aus dem statischen Drehzahlwert. Bei Propellerantrieben steigt das Antriebsdrehmoment dabei etwa quadratisch mit dem Drehzahlwert an. Wenn der Drehzahlwert daher einem bestimmten Drehzahlsollwert entsprechen soll, so kann aus dieser Kennlinie näherungsweise das Drehmoment bestimmt werden, welches in statischem Zustand etwa proportional zu dem Reglerausgangssignal ist, so dass sich auch der Mittelwert des rückgekoppelten Signals und damit die bleibende Regelabweichung bestimmen lässt. Indem diese solchenfalls zu dem (idealen) Sollwert hinzugefügt wird, vorzugsweise additiv, so ergibt sich bei Eintreten der vorausberechneten Regelabweichung als Drehzahlwert gerade eben der ideale Drehzahlsollwert.

**[0030]** Dem Erfindungsgedanken entsprechend kann der Drehzahlregler eine PI-Charakteristik aufweisen. Dadurch ergibt sich stationär eine äußerst hohe Stabilität des stationären Drehzahlwertes, der dank der erfindungsgemäßen Vorverzerrung weitgehend mit dem idealen Drehzahlsollwert übereinstimmt.

**[0031]** Obwohl die erfindungsgemäße Regelung bei nahezu allen Antriebswellen mit etwa periodisch schwankenden Belastungsmomenten verwendet werden kann, ist ein ganz besonders wichtiger und daher bevorzugter Einsatzbereich die Regelung eines elektrischen Propellerantriebs von Über- oder Unterwasserschiffen, insbesondere im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystem, da hier einerseits durch die Eigenschaften des Propellers eine starke Drehmomentschwankung vorliegt und andererseits die von einem Motor zur Ausregelung aufzubringenden Antriebsmomentwellen gerade bei Schiffen nicht in ein an einem Untergrund unverrückbar festgelegtes Verankerungsbauwerk eingeleitet werden können, sondern allenfalls in den beweglichen Schiffsrumpf.

**[0032]** Der Ausgang vom Drehzahlregler entsprechender Regeleinrichtungen von Antriebs- und Fahrsystemen ist der Sollwert eines Stromreglers des Um- bzw. Stromrichters und darf sich nicht schneller ändern, als das Bordnetz der Antriebseinrichtung des Schiffspropellers dynamisch folgen kann. Die dynamischen Grenzen bei Laständerungen im Bordnetz hängen von den Dieselgeneratoren der Dieselgeneratoranlage ab. Hierbei sind der Dieselmotor und der üblicherweise als Synchrongenerator ausgebildete Generator der Dieselgeneratoranlage getrennt voneinander zu betrachten.

**[0033]** Bei der Auslegung von Dieselmotoren für Dieselgeneratoranlagen von Schiffen hinsichtlich ihres Lastverhaltens werden die Vorgaben der International Association of Classification Societies (IACS) berücksichtigt. Das dort hinterlegte dreistufige Laständerungsdiagramm greift bei den heutigen hochaufgeladenen Dieselmotoren schon erheblich in die Dynamik des Antriebs- und Fahrsystems für Schiffspropeller, insbesondere Ruderpropeller, ein. Erschwerend kommt hinzu, dass die dort genannten Werte besonders im oberen Leistungsbereich heutzutage aufgrund nicht ausreichender Wartung oft nicht mehr erreicht werden. Die mögliche Dynamik bei der Leistungsabgabe an der Dieselmotorenwelle geht deshalb erfahrungsgemäß zurück, wenn das Schiff längere Zeit auf See ist.

**[0034]** Ein weiterer zeitlicher Gradient der Leistungsabgabe von Dieselmotoren, der nicht nach IACS oder sonst allgemein gültig spezifiziert ist, hängt von der thermischen Belastbarkeit der Dieselmotoren ab. Eine gleichmäßige Laständerung darf an einem betriebswarmen Dieselmotor von 0 % auf 100 % Nennleistung bzw. von 100 % Nennleistung auf 0 % nur in einer von der Baugröße des jeweiligen Dieselmotors stark abhängigen Mindestzeit erfolgen. Dieser zeitliche Gradient darf auch abschnittsweise nicht überschritten werden, weil es sonst zu Schäden am Dieselmotor kommen kann. Diese vorstehend erläuterten Mindestzeiten können zwischen 10 Sek. bei kleinen Baugrößen und 60 Sek. bei großen Baugrößen liegen.

**[0035]** Umrichter mit Steuerblindleistung, z.B. Stromzwischenkreisumrichter, Direktumrichter, Stromrichter für Gleichstrommaschinen und dergleichen, benötigen eine lastabhängige Blindleistung. Diese Blindleistung wird von der Erregung der Synchrongeneratoren der Dieselgeneratoranlage geliefert. Der zeitliche Gradient der lastabhängigen Blindleistung von den oben genannten Umrichtern mit Steuerblindleistung ist bei Antriebseinrichtungen für Schiffspropeller ca. 15 bis 25 mal schneller, als die Erregung der Synchrongeneratoren der Dieselgeneratoranlage folgen kann.

**[0036]** Wenn beim Antrieb von Schiffspropellern die dynamischen Grenzen der Dieselmotoren der Dieselgeneratoranlage überschritten werden, schwankt die Frequenz des von der Dieselgeneratoranlage gespeisten Bordnetzes in unzulässigen Größen. Auch sind Schäden an den Dieselmotoren nicht auszuschließen, da die Drehzahlregelung der Dieselgeneratoranlage ohne Rücksicht auf die dynamischen Grenzen die Frequenz des Bordnetzes in einem zulässigen Bereich halten muss. Wenn die dynamischen Grenzen der Synchrongeneratoren der Dieselgeneratoranlage überschritten werden, schwankt die Spannung des Bordnetzes in unzulässigen Größen.

**[0037]** Daher wurde bisher an der mehrstufigen oder stetigen Änderung der Hochlaufzeiten vom Drehzahl-sollwert und/oder vom Stromsollwert bei Probefahrten solange herumexperimentiert, bis die Antriebseinrichtung des Schiffspropellers im von der Dieselgenerator-

anlage mit elektrischer Energie gespeisten Bordnetz zufriedenstellend betrieben werden konnte. Hierbei war es oft nur möglich, bestimmte Arbeitspunkte zu optimieren. Ein fester Zusammenhang zwischen den Einstellmöglichkeiten in der Regelung des elektrischen Propeller-motors und deren dynamische Auswirkungen auf die Dieselgeneratoranlage im Bordnetz war nicht vorhanden. Der zeitliche Verlauf der Entlastung der Dieselgeneratoranlage war in der Regelung der Antriebseinrichtung des Schiffspropellers selten berücksichtigt bzw. einstellbar.

**[0038]** Der Erfindung liegt daher ferner die Aufgabe zugrunde, das eingangs genannte Antriebs- und Fahrsystem derart weiterzubilden, dass der elektrische Propeller-motor beschleunigt, verzögert oder elektrisch gebremst werden kann, ohne dass es dabei im Bordnetz oder im Bereich der Dieselgeneratoranlage zu aus-schnellen Lastwechseln resultierenden Problemen kommen kann.

**[0039]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen adaptiven Hochlaufgeber gelöst, mittels dem die zeitliche Anpassung des Stromsollwerts eines Stromreglers des Um- bzw. Stromrichters an den der am Drehzahlregler vorliegenden Soll-drehzahl entsprechenden Stromsollwert unter Berücksichtigung von durch das Bordnetz und/oder die das Bordnetz mit elektrischer Energie speisende Dieselgeneratoranlage vorgegebenen Grenzwerten steuerbar ist.

**[0040]** Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird als Antriebsmotor für einen Synchron-generator stellvertretend für Verbrennungsmotoren ein Dieselmotor angegeben. Es kann sich jedoch auch um solche Verbrennungsmotoren handeln, die mit Diesel, Marinediesel, Schweröl usw. betrieben werden, wobei auch Dampf- oder Gasturbinen als Antriebsmotoren denkbar sind. Bei einer Dampf- oder Gasturbine als Antriebsmotor haben die Laständerungsdiagramme nach IACS keine Gültigkeit, und der zeitliche Gradient der Leistungsabgabe liegt in einem anderen Bereich, was zur Folge hat, dass für die Hoch- und Rücklaufzeit des adaptiven Hochlaufgebers für den Stromsollwert des Stromreglers andere als die eingangs genannten Zeiten gelten.

**[0041]** Wenn eine Hoch- und eine Rücklaufzeit des adaptiven Hochlaufgebers für den Stromsollwert des Stromreglers proportional mit dem Betrag der Ist-Drehzahl des elektrischen Propeller-motors veränderbar ist, wird sichergestellt, dass sich die Hoch- und Rücklaufzeit des Hochlaufgebers für den Stromsollwert nach der zulässigen zeitlichen Be- und Entlastung der das Bordnetz mit elektrischer Energie speisenden Dieselmotoren der Dieselgeneratoranlage richtet. Hierdurch wird erreicht, dass die von einer der Antriebseinrichtung des Schiffspropellers zugeordneten Umrichter aufgenommene Wirkleistung eine von der Drehzahl des elektrischen Propeller-motors unabhängige Hoch- und Rücklaufzeit hat.

**[0042]** Vorzugsweise wird in einem unteren Drehzahlbereich des elektrischen Propeller-motors bzw. des

Schiffspropellers für die Hoch- und die Rücklaufzeit des adaptiven Hochlaufgebers für den Stromsollwert des Stromreglers eine minimale Hoch- und eine minimale Rücklaufzeit vorgegeben, die von der zulässigen zeitlichen Änderung der Blindleistungsabgabe von Synchrongeneratoren der das Bordnetz speisenden Dieselgeneratoranlage abhängig sind.

**[0043]** Wenn die Hoch- und die Rücklaufzeit des adaptiven Hochlaufgebers für den Stromsollwert des Stromreglers umgekehrt proportional zur Anzahl der das Bordnetz mit elektrischer Energie speisenden Dieselgeneratoren der Dieselgeneratoranlage veränderbar ist wird erreicht, dass die von einem Dieselgenerator der Dieselgeneratoranlage aufgenommene Wirkleistung eine vom Betrieb des der Antriebseinrichtung des Schiffspropellers zugeordneten Umrichters unabhängige Hoch- und Rücklaufzeit hat.

**[0044]** Bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Antriebseinrichtung für Schiffspropeller ist die Hoch- und die Rücklaufzeit des adaptiven Hochlaufgebers für den Stromsollwert des Stromreglers in Abhängigkeit vom Betriebszustand der das Bordnetz mit elektrischer Energie speisenden Dieselgeneratoranlage veränderbar, wobei sich unterschiedliche Dieselgeneratoren der Dieselgeneratoranlage in unterschiedlichen Betriebszuständen befinden können.

**[0045]** Wenn der der Soll Drehzahl entsprechende Ausgangswert des Drehzahlreglers sowohl direkt in den Stromregler des Um- bzw. Stromrichters des elektrischen Propellermotors als auch in den adaptiven Hochlaufgeber eingebbar ist, dessen Ausgangswert über eine positive Offsetstufe in eine obere Stromwertbegrenzungseinheit des Drehzahlreglers und über eine negative Offsetstufe in eine untere Stromwertbegrenzungseinheit des Drehzahlreglers eingebbar ist wird erreicht, dass der Drehzahlregler im ausgeregelten Zustand den an den Stromregler weiterzugebenden Stromsollwert frei von Begrenzungen führen kann. Ansonsten entstünden im elektrischen Propellermotor erhebliche Schwebungen, die sich im Schiff als mechanische Schwingungen bzw. Körperschallquellen auswirken würden, insbesondere bestünde die Gefahr, dass der Schiffspropeller ins Kavieren kommt, was wiederum zu Schäden am Schiffspropeller und am Schiff führen könnte. Bei der vorstehend beschriebenen Vorgehensweise bildet der Ausgang des adaptiven Hochlaufgebers die vorstehend beschriebene und erläuterte zulässige Dynamik der Dieselgeneratoren ab. Zur Schaffung der erforderlichen Freiheit der Drehzahlregelung dienen die positive und die negative Offsetstufe des adaptiven Hochlaufgebers sowie die obere und die untere Stromwertbegrenzungseinheit des Drehzahlreglers. Hierdurch wird es möglich, dass der Drehzahlregler den an den Stromregler des Um- bzw. Stromrichters weiterzuleitenden Stromsollwert über ein "bewegliches Fenster" führt, innerhalb dessen der Drehzahlregler hinsichtlich der Regelung der Drehzahl frei ist.

**[0046]** Innerhalb dieses beweglichen Fensters arbei-

tet der Drehzahlregler mit seiner vollen Dynamik. Im Bordnetz kommt es daher zu Spannungsschwankungen, da die Erregung der Synchrongeneratoren der Dieselgeneratoranlage dem Stromsollwert zeitlich nicht mehr folgen kann. Der bordnetzseitige Blindstrom vom Umrichter bzw. Stromrichter der Antriebseinrichtung des Schiffspropellers erzeugt diese Spannungsschwankungen über die Reaktanz des Generators. Die Größe des Offsets der positiven Offsetstufe und der negativen Offsetstufe und damit die Variationsbreite bzw. die Größe des beweglichen Fensters wird so eingestellt, dass ein daraus resultierender bordnetzseitiger Blindstrom auf der Reaktanz eines Synchrongenerators der Dieselgeneratoranlage einen Spannungsabfall erzeugt, der innerhalb der zulässigen Spannungstoleranz des Bordnetzes liegt. Hierdurch treten keine Störungen auf, da schnelle Spannungsschwankungen innerhalb der zulässigen Spannungstoleranz im Bordnetz unkritisch sind. Hierbei ist die Größe des Offsets eine Funktion der Drehzahl, wobei der bordnetzseitige Leistungsfaktor von der Aussteuerung des der Antriebseinrichtung des Schiffspropellers zugeordneten Umrichters bzw. Stromrichters abhängt. Die Größe des Offsets ist proportional zur Anzahl der das Bordnetz mit elektrischer Energie speisenden Dieselgeneratoren, da die Kurzschlussleistung  $S_k$  im Bordnetz ebenfalls etwa proportional der Anzahl der speisenden Dieselgeneratoren ist.

**[0047]** Bei steigenden Istdrehzahlen des Schiffspropellers bzw. des elektrischen Propellermotors verändert sich das dynamische Verhalten derselben erheblich. Aufgrund der Propellerkurvenschar (Pfahlzugkurve — Freifahrtkurve) nimmt bei steigenden Istdrehzahlen die Dynamik des Schiffspropellers überproportional ab.

**[0048]** Bei aus dem Stand der Technik bekannten Antriebs- und Fahrsystemen für Schiffe umfasst die Regeleinrichtung einen Drehzahlregler der dem elektrischen Propellermotor zugeordnet ist und dessen Ausgangssignal, der Drehmomentensollwert bzw. Stromsollwert, über einen Um- bzw. Stromrichter die Drehzahl des elektrischen Propellermotors regelt, und einen Hochlaufgeber, in den ein Drehzahlsollwert für den elektrischen Propellermotor eingebbar und mittels dem für den Drehzahlregler ein Drehzahlsollwertverlauf vorgebar ist, durch den die Istdrehzahl des elektrischen Propellermotors an den in den Hochlaufgeber eingegebenen Drehzahlsollwert für den elektrischen Propellermotor heranführbar ist. Dabei wird die durch die Sollwertvorgabe vom Hochlaufgeber vorgegebene Hochlaufzeit mit steigender Drehzahl des elektrischen Propellermotors in ein bis drei Stufen erhöht, um die Antriebseinrichtung an die Schiffspropellerkurve anpassen.

**[0049]** Diese herkömmliche Ausgestaltung der Anpassung der Antriebseinrichtung an die Schiffspropellerkurve hat erhebliche Nachteile. Beginnend mit der Drehzahl 0 beschleunigt der elektrische Propellermotor des Antriebs- und Fahrsystems zunächst optimal. Die Leistung des elektrischen Propellermotors steigt dann während eines Hochlaufes mit konstanter Hochlaufzeit

immer schneller, bis eine Strombegrenzung an der Ausgangsseite des Drehzahlreglers eine weitere Erhöhung der Leistung nur noch mit kleiner Rate zulässt. Wenn dann beim Übergang aus einer Stufe in die nächste Stufe die Hochlaufzeit umgeschaltet wird, fällt die vom elektrischen Propellermotor der Antriebs- und Fahrsystems zur Verfügung gestellte Beschleunigungsleistung auf nahe 0 zurück. Die Leistung des elektrischen Propellermotors des Antriebs- und Fahrsystems steigt in dieser Stufe jetzt während des weiteren Hochlaufes mit einer konstanten, nun jedoch längeren Hochlaufzeit erneut, wie oben beschrieben an. Auf diese Art und Weise pumpt sich der elektrische Propellermotor des Antriebs- und Fahrsystems die für die Beschleunigung des Schiffspropellers erforderliche Leistung aus dem Bordnetz des Schiffes. Für die Schiffsführung ergibt sich dabei der unangenehme Effekt, dass das Antriebs- und Fahrsystem beim Beschleunigen über bestimmte Drehzahlbereiche in ein Loch fällt und sich quasi ausruht. Des weiteren ist der von dem Antriebs- und Fahrsystem aus dem Bordnetz des Schiffes gepumpte Leistungsbedarf auch deshalb unerwünscht, da er eine unnötige Reserveleistung im Bordnetz erfordert.

**[0050]** Die Stromgrenze des elektrischen Propellermotors des vorstehend geschilderten gattungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems für Schiffspropeller liegt grob gerechnet bei etwa 1/3 Nennmoment über der jeweiligen Schiffspropellerkurve. Der Bereich zwischen der Stromgrenze des elektrischen Propellermotors und der rechnerischen Schiffspropellerkurve wird benötigt, um neben den bei Beschleunigungsvorgängen des Schiffes nötigen Beschleunigungsmomenten auch eine Reserve für schwere See und/oder Schiffsmanöver zu haben. Die bisher bei Antriebseinrichtungen für Schiffspropeller eingesetzten, stufig gesteuerten Hochlaufgeber sind nicht in der Lage, dem elektrischen Propellermotor bei Beschleunigungsvorgängen ein definiertes Beschleunigungsmoment zuzuweisen, vielmehr geben sie über weite Drehzahlbereiche des elektrischen Propellermotors einfach nur die jeweils aktuelle Stromgrenze frei. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Hochlaufzeit des Schiffes ein Mehrfaches der Hochlaufzeit dieses Hochlaufgebertyps beträgt.

**[0051]** Der Erfindung liegt daher ferner die Aufgabe zugrunde, das eingangs genannte Antriebs- und Fahrsystem für Schiffe derart weiterzubilden, dass der Schiffspropeller mittels des elektrischen Propellermotors der Antriebseinrichtung frei von einer Stromgrenze gleichmäßiger beschleunigt werden kann. Des weiteren soll durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung sichergestellt werden, dass die für Beschleunigungsvorgänge des Schiffspropellers erforderliche Leistung in der jeweils gewünschten Quantität durch den elektrischen Propellermotor erzeugt wird, wobei unnötige Reserveleistungen im Bordnetz des Schiffes reduziert bzw. vermieden werden sollen.

**[0052]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Hochlaufgeber als adaptiver

Hochlaufgeber ausgebildet ist und einen Kennliniengeber aufweist, der vom Betrag des Drehzahlwertes des elektrischen Propellermotors führbar ist. Durch den adaptiven Hochlaufgeber und seinen Kennliniengeber wird für das erfindungsgemäße Antriebs- und Fahrsystem für Schiffe die Möglichkeit erreicht, auf ein stationäres Lastmoment des elektrischen Propellermotors ein definierbares Beschleunigungsmoment zu geben. Insbesondere bei höheren Istdrehzahlen des elektrischen Propellermotors kann dieses definierbare Beschleunigungsmoment einigermaßen konstant gehalten werden, woraus resultiert, dass auch zeitweise keine unnötig hohen Werte dieses Beschleunigungsmoments auftreten. Im Zusammenwirken mit einer hier nicht beschriebenen aktiven Schwingungsdämpfung und einer Nachführung des Hochlaufgebers kann unter anderem auch die Neigung eines Schiffspropellers zum Kravittieren oder zum Schaumschlagen reduziert bzw. unterdrückt werden. Dies gilt auch für den Fall extremer Schiffsmanöver.

**[0053]** Zur Anpassung des adaptiven Verhaltens des erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems an das Betriebsverhalten des elektrischen Propellermotors und des Schiffspropellers ist es vorteilhaft, wenn im Kennliniengeber des adaptiven Hochlaufgebers für unterschiedliche Istdrehzahlbereiche des elektrischen Propellermotors unterschiedliche Abhängigkeitsgrade zwischen der Istdrehzahl des elektrischen Propellermotors und der Hochlaufzeit vorgebar sind.

**[0054]** Um das erfindungsgemäße Antriebs- und Fahrsystem für Schiffe in bezug auf unterschiedliche Zielfunktionen, z.B. minimalen Treibstoffbedarf, minimalen Zeitverbrauch, hohe Manövrierfähigkeit des Schiffes etc., optimieren zu können ist es vorteilhaft, wenn der Abhängigkeitsgrad zwischen der Istdrehzahl des elektrischen Propellermotors und der Hochlaufzeit in zumindest einem höheren Istdrehzahlbereich des elektrischen Propellermotors vorzugsweise kontinuierlich einstellbar ist.

**[0055]** Um sicherzustellen, dass der elektrische Propellermotor und damit der Schiffspropeller in einem durch vergleichsweise niedrige Istdrehzahlen definierten Manöverbereich mit hoher Dynamik arbeiten können ist es vorteilhaft, wenn im Kennliniengeber des adaptiven Hochlaufgebers für einen niedrigen Istdrehzahlbereich des elektrischen Propellermotors, der z.B. zwischen 0 und 1/3 Nenndrehzahl liegt, eine konstante, kurze Hochlaufzeit vorgebar ist.

**[0056]** Um in einem vergleichsweise hohen Istdrehzahlbereich eine weitestgehend strombegrenzungsfreie gleichmäßige Beschleunigung des Schiffspropellers durch den elektrischen Propellermotor sicherzustellen ist es zweckmäßig, wenn im Kennliniengeber des adaptiven Hochlaufgebers für einen hohen Drehzahlbereich des elektrischen Propellermotors, der z.B. zwischen 1/2 Nenndrehzahl und der Nenndrehzahl liegt, eine mit ansteigender Istdrehzahl des elektrischen Propellermotors stark ansteigende Hochlaufzeit vorgebar

ist. In diesem höheren Istdrehzahlbereich wird dann quasi mittels des Kennliniengebers jedem Drehzahlwert eine Hochlaufzeit zugeordnet.

**[0057]** Um einen gleichmäßigen Übergang des erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems zwischen dem vergleichsweise niedrigen Istdrehzahlbereich und dem vergleichsweise hohen Istdrehzahlbereich des elektrischen Propellermotors zu gewährleisten ist es vorteilhaft, wenn im Kennliniengeber des adaptiven Hochlaufgebers für einen mittleren Istdrehzahlbereich des elektrischen Propellermotors, der zwischen dem niedrigen und dem hohen Istdrehzahlbereich, z.B. zwischen 1/3 Nenndrehzahl und 1/2 Nenndrehzahl, liegt, eine mit ansteigender Istdrehzahl des elektrischen Propellermotors im Vergleich zu dem hohen Istdrehzahlbereich schwächer ansteigende Hochlaufzeit vorgebar ist.

**[0058]** Im Normalbetrieb des Schiffes ist eine im Kennliniengeber abgespeicherte Kennlinie wirksam, die bewusst als Kompromiss zwischen ausreichenden Manövereigenschaften des Schiffes und einer schonenden Fahrweise der gesamten Maschinenanlage gewählt worden ist. Um die Manövrierfähigkeit des Schiffes im Notfall stark zu erhöhen ist es vorteilhaft, wenn der adaptive Hochlaufgeber an eine Eingabeeinheit angeschlossen ist, mittels der die im Kennliniengeber vorgegebenen Hochlaufzeiten unter ausschließlicher Berücksichtigung technisch bedingter Grenzwerte auf minimale Werte einstellbar sind.

**[0059]** Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Gegenstände der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen im Einzelnen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Antriebs- und Fahrsystems mit homogener Redundanz;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Antriebs- und Fahrsystems mit Teilredundanz;
- Fig. 3 ein Blockschaltbild eines elektromotorischen Antriebs des erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems;
- Fig. 4 ein weiteres Blockschaltbild eines elektromotorischen Antriebs des erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems;
- Fig. 5 ein weiteres Blockschaltbild eines elektromotorischen Antriebs des erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems;
- Fig. 6 eine Prinzipdarstellung eines erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems hinsichtlich der Verbindung über ein Bussystem von Fahrständen der Steuereinrichtung;

Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel eines Ein- und Ausgabeelementes eines Fahrstandes des erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems;

5 Fig. 8 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Ein- und Ausgabeelementes eines Fahrstandes des erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems;

10 Fig. 9 ein Ausführungsbeispiel eines Ein- und Ausgabeelementes eines Notfahrstandes des erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems und

15 Fig. 10 ein Detail des Ein- und Ausgabeelementes gemäß Fig. 7.

**[0060]** Die in den Fig. 1 und 2 dargestellten Antriebs- und Fahrsysteme weisen jeweils einen Ruderpropeller 20 auf, der sich aus einem Azimuthmodul 11 und einem gondelartig an diesem angeordneten Propulsionsmodul 12 zusammensetzt. Das Azimuthmodul 11 ist über einen feststehenden Teil 11a mit dem Rumpf eines Schiffes verbindbar. In dem feststehenden Teil 11a des Azimuthmoduls 11 ist ein Azimuthantrieb 13 angeordnet, der durch eine im Schiff befindliche Azimuthsteuerung 70 gesteuert wird und der einen drehbaren Teil 11b des Azimuthmoduls 11 antreibt. In dem feststehenden Teil 11a des Azimuthmoduls 11 ist ferner eine Energieübertragungseinrichtung 14 angeordnet, die einen im Propulsionsmodul 12 befindlichen Antriebsmotor mit dem Bordnetz des Schiffes verbindet. Der drehbare Teil 11b des Azimuthmoduls 11 weist Hilfsbetriebe, etwa für die elektrische Versorgung oder Steuerung, auf. Der in dem Propulsionsmodul 12 angeordnete Antriebsmotor ist als permanentmagneterregte Synchronmaschine ausgebildet und treibt zwei Propeller 16 an.

**[0061]** In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 sind zwei gleiche Ruderpropeller 10 vorhanden. Die Ständerwicklung der Synchronmaschine weist drei zu einem 3-Phasen-Wechselstrom verschaltete Stränge auf, die über die Energieübertragungseinrichtung 14 mit einem im Schiff angeordneten Direktumrichter 20, der die elektrische Energie des 3-Phasen-Wechselstroms in einen Wechselstrom bestimmter Spannung, Frequenz und Phasenzahl umformt, verbunden. Der Direktumrichter 20 dient dazu, die Drehzahl des Antriebsmotors zu verstellen, und ist auf seiner Eingangsseite über drei 3-Wicklungstransformatoren mit dem Bordnetz verbunden.

**[0062]** Das in Fig. 1 dargestellte Antriebssystem weist einen Populsionsredundanzgrad RP von 50 % auf. Durch diese homogene Redundanz wird erreicht, dass das Antriebssystem auch bei Auftreten eines Fehlerereignisses in einem der Ruderpropeller 10 zur Verfügung steht und somit das Schiff jederzeit manövrierfähig ist, was insbesondere bei schlechten Wetterbedingungen zum Tragen kommt.

**[0063]** Das in Fig. 2 abgebildete Antriebs- und Fahrsystem ist mit einer Teil-Redundanz ausgestattet und erfüllt mithin gleichfalls die Sicherheitsforderungen von Klassifikationsgesellschaften, wie etwa dem Germanischen Lloyd. Dieser fordert, dass wenn eine Fahranlage mit nur einem Antriebsmotor ausgestattet ist und das Schiff kein weiteres Antriebssystem aufweist, diese Anlage so aufzubauen ist, dass nach einer Störung im Stromrichter oder in der Regelung und Steuerung mindestens ein eingeschränkter Fahrbetrieb erhalten bleibt.

**[0064]** Die vorgenannte Forderung wird bei dem Antriebs- und Fahrsystem gemäß Fig. 2 dadurch erfüllt, dass der Ruderpropeller 10 mit einem als permanentmagneterregte Synchronmaschine ausgebildeten Antriebsmotor versehen ist, dessen Ständerwicklung sechs Stränge aufweist, von denen jeweils drei zu einem 3-Phasen-Wechselstrom verschaltet und über die Energieübertragungseinrichtung 14 mit einem im Schiff angeordneten Stromrichter 20a, 20b verbunden sind. Die Stromrichter 20a, 20b sind jeweils als netzgeführter 6-pulsiger Direktumrichter ausgebildet und jeweils über einen als 4-Wicklungstransformator ausgebildeten Stromrichtertransformator 30a, 30b auf ihrer Eingangsseite mit einer Mittelspannungsschaltanlage 40 des Bordnetzes des Schiffes verbunden. Die Direktumrichter 20a, 20b setzen sich jeweils aus einer Gruppe von drei gegenparallel geschalteten Leitungshalbleiter 21a, 21b, 22a, 22b, 23a, 23b zusammen, für die jeweils eine Rückkühlanlage 24a, 24b vorgesehen ist.

**[0065]** Den auf diese Weise gebildeten Teilsystemen sind jeweils eine eigene Regel- und Steuereinrichtung 25a, 25b, 26a, 26b zugeordnet, die jeweils mit einer Niederspannungsschaltanlage 50 des Bordnetzes des Schiffes in Verbindung stehen, wie Fig. 2 erkennen lässt. Jedem Teilsystem ist ferner eine speicherprogrammierbare Sicherheitseinrichtung 27a, 27b zugeordnet, mit der sich sowohl Alarm- als auch Regel- und Steuersignale erzeugen lassen. Eine Überwachungseinrichtung 60 dient dazu, die Energieerzeugung und -verteilung im Bordnetz zu überwachen.

**[0066]** Die beiden Teilsysteme werden im Normalbetrieb parallel betrieben. Die Regel- und Steuereinrichtung 25a, 26a des einen Teilsystems ist dabei als Master eingesetzt, während die Einrichtung 25b, 26b des anderen Teilsystems als Slave fungiert. Ein Wechsel von Master auf Slave ist dabei nur bei ausgeschaltetem Antriebssystem möglich. Während die Regel- und Steuereinrichtungen 25a, 25b, 26a, 26b beider Teilsysteme unabhängig voneinander ihre jeweiligen Ist-Werte, wie etwa Spannung und Strom erfassen, ist ausschließlich die als Master dienende Regel- und Steuereinrichtung 25a, 26a aufgrund ihrer übergeordneten Stellung für Funktionen, wie beispielsweise Kraftwerkschutz, Drehzahlregelung, Transvektorregelung oder Impulsbildung der Leistungshalbleiter, beider Teilsysteme zuständig. Die als Slave dienende Steuer- und Regeleinrichtung 25b, 26b ist hierfür gesperrt.

**[0067]** Tritt ein Fehler in einem der beiden Teilsysteme auf, so wird das fehlerbehaftete Teilsystem eingangsseitig mittels eines Leistungsschalters in der Mittelspannungsschaltanlage 40 vom Bordnetz und ausgangsseitig mittels eines Trennschalters im Ausgang der Direktumrichter 20a, 20b von dem Antriebsmotor der Propeller 16 getrennt. Nachdem das fehlerbehaftete Teilsystem geerdet worden ist, ist es für eine Wartung zugänglich. Das andere, fehlerfreie Teilsystem stellt dabei einen eingeschränkten Fahrbetrieb sicher, wobei dessen Steuer- und Regeleinrichtung 25a, 25b, 26a, 26b dabei als Master fungiert.

**[0068]** Das obige Antriebs- und Fahrsystem ist in als vorgefertigte Funktionseinheit ausgebildeten Containern angeordnet. Ein auf entsprechenden Schiffsfundamenten angeordneter Container kann dabei folgende Komponenten beinhalten:

- Direktumrichter Leistungsteil,
- Feinwasserkühlanlage Direktumrichter,
- Direktumrichter Steuerung,
- Schiffsspezifische Steuer- und Regeleinrichtungen 25a bis 26b,
- Stromversorgungsschrank,
- Stromrichtertransformator 30a, 30b
- Frischwasserkühler für Stromrichtertransformatoren 30a, 30b,
- Hydraulikpumpenantriebe,
- Steuerschrank Azimuthsteuerung.

**[0069]** Diese Komponenten werden von den jeweiligen Herstellern zum Montageort des Containers geliefert und zu einer Funktionseinheit miteinander verbunden. Auf diese Weise vereinfacht sich die Schnittstellenerklärung mit der Schiffswerft. Von obigen Containern gibt es nur noch Schnittstellen zum Schiffssystem, zum Beispiel Anschluss an das Zu- und Abluftsystem bzw. die Klimaanlage des Schiffes, Anschluss an das Frischkühlwassersystem des Schiffes, Anschluss der Leistungskabel der Mittelspannungsschaltanlage, Anschluss der Hilfsstromversorgung der Niederspannungshauptschalttafel- und -Notschalttafel, Anschluss der Signal- und Busleitungen oder Anschluss der Beleuchtungs- und Steckdosenkabel, und Schnittstellen zum SSP-Propulsor, etwa Anschluss der Hydraulikleitungen zu den Azimuthmotoren, Anschluss der Leistungskabel zum SSP-Propulsor, Anschluss der Kabel für die Hilfsstromversorgung oder Anschluss der Signal- und Busleitungen, vorzugsweise mittels eines Ringbus-systems.

**[0070]** Es kann allerdings nicht nur das Antriebs- und Fahrsystem in einem oder mehreren Containern zusammengefasst sein, sondern beispielsweise auch der Maschinen-Kontrollraum, in dem gewöhnlich die Mittel- und Niederspannungseinheiten sowie das MKR-Steuerpult und Automationseinheiten vorzufinden sind, oder eine einen Synchrongenerator und einen Dieselmotor oder eine Gasturbine als Antriebseinheit aufweisende

Energieerzeugereinheit.

**[0071]** Der als vorgefertigtes Systemmodul dienende Container ist als Schweißkonstruktion ausgebildet und in seinen Abmessungen für einen Transport mit Containerschiffen standardisiert. Der Container ist dabei bevorzugt als sogenannter 20-Fuß-Container mit einer Länge von 6,055 m, einer Breite von 2,435 m und einer Höhe von 2,591 m oder als 40-Fuß-Container mit einer Länge von 12,190 m, einer Breite von 2,435 m und einer Höhe von 2,591 m genormt. Durch Zusammensetzen mehrerer Container in Längs- und/oder Querrichtung lassen sich auf diese Weise unterschiedlich große Elektromaschinenräume in einem Schiff aufbauen. Die vorgefertigten Container werden zu diesem Zweck gewöhnlich in das Spantensystem des Schiffes eingefügt. Dies gewährleistet eine verhältnismäßig einfache Demontage, beispielsweise für Service- und Wartungszwecke. Hinsichtlich letzterem verfügen die Container ferner über verschließbare Türen, die sie für Fachpersonal zugänglich machen.

**[0072]** Überdies ist ein Container in der Regel mit Beleuchtung und Steckdosen ausgestattet und weist einen Anschluss an das schiffsseitige Zu- und Abluftsystem bzw. alternativ an die Klimaanlage eines Schiffes auf. Für die Verlustwärme der im Container angeordneten Bauteile, die nicht über das Abluftsystem aus dem Containerraum abgeführt werden kann, ist regelmäßig ein Wärmetauscher vorgesehen, der an das Frischwassersystem des Schiffes angeschlossen ist. Da ein Schiff üblicherweise dynamischen Belastungen, wie etwa Schräglagen, Schwingungen, Erschütterungen oder Verformungen des Schiffsrumpfes, ausgesetzt ist, ist ein Container derart ausgelegt, dass trotz solcher Umweltbedingungen ein störungsfreier Dauerbetrieb sichergestellt ist.

**[0073]** Mit den zuvor beschriebenen Ausführungsformen wird ein Antriebs- und Fahrsystem bereitgestellt, das aufgrund seiner redundanten Ausgestaltung eine vergleichsweise hohe Sicherheit und Zuverlässigkeit hinsichtlich der Manövrierbarkeit gewährleistet. Die verhältnismäßig hohe Verfügbarkeit des Antriebs- und Fahrsystems ist vor allem darauf zurückzuführen, dass fehlerhafte Betriebszustände sicher und schnell erfasst und erforderliche Maßnahmen, wie etwa Alarmmeldung, Leistungsreduzierung oder Netztrennung, unverzüglich veranlasst werden. Da Schiffsantriebssysteme mit einem außenbords angeordneten Ruderpropeller, wie es die SSP-Technologie vorsieht, nicht nur einer natürlichen Alterung und betriebsbedingtem Verschleiß unterliegen, sondern zusätzlich äußeren Einflüssen, wie beispielsweise Schräglagen, Schwingungen, Erschütterungen oder Verformungen des Schiffsrumpfes, ausgesetzt sind, die zu Störungen führen können, sind redundante Antriebssysteme für Schiffe unter sicherheitsrelevanten Gesichtspunkten unverzichtbar. Nicht zuletzt wird mit der vorliegenden Erfindung aber auch wirtschaftlichen Aspekten Rechnung getragen, indem die einzelnen Baugruppen, insbesondere die Steuer-

und Regeleinrichtungen 25a, 25b, 26a, 26b, in modularer Bauweise aus Standardkomponenten, wie sie beispielsweise unter der Bezeichnung SIMADYN D und SIMATIC S7 bekannt sind, zusammengesetzt ist.

**[0074]** Die Blockschaltung 101 gemäß Fig. 3 zeigt den elektromotorischen Antrieb 102 der Welle 103 eines Schiffspropellers 104 gemäß dem über den Maschinentelegraphen 105 von dem Schiffskapitän vorgegebenen Drehzahlsollwert 106 dienenden Teil der Regeleinrichtung des Antriebs- und Fahrsystems.

**[0075]** Bei einem herkömmlichen Antrieb werden abrupte Änderungen 105 des Drehzahlsollwerts 106 durch einen nachgeschalteten Hochlaufgeber 107 in Rampen mit definierten Anstiegs- und Abfallgeschwindigkeiten umgesetzt. Dieses modifizierte Signal 108 für den Drehzahlsollwert  $n^*$  gelangt über einen Summationspunkt 109 an den Eingang 110 eines Drehzahlreglers 111, der vorzugsweise mit einem Proportional- und einem Integral-Anteil realisiert ist.

**[0076]** Ferner gelangt an den Eingang 110 des Drehzahlreglers 111 das invertierte Messsignal 212 für die Drehzahl  $n$  des Elektromotors 102, welches mittels eines im Bereich des B-Lagerschildes an die Welle 113 des Elektromotors 102 gekoppelten Inkrementalgebers 114 ermittelt wird. Dies erfolgt dadurch, dass die beiden phasenverschobenen Rechteckausgangssignale des Inkrementalgebers 114 unter Berücksichtigung ihrer Phasenlage einen Zählerstand pulsweise inkrementieren. Durch Differenzbildung des Zählerstandes zu Beginn und am Schluss je eines festen Zeitintervalls kann ein drehgeschwindigkeitsproportionales Digitalsignal erzeugt werden, welches sodann in eine Analogspannung 112 mit einer dem Drehzahlsollwert 108 entsprechenden Amplitude umgesetzt wird. Sofern es dem Regler 111 gelingt, den Drehzahlwert  $n$  exakt dem modifizierten Drehzahlsollwert 108 nachzuführen, so wird das Eingangssignal 110 des Reglers 111 infolge der Differenzbildung  $n^*-n$  an dem Summationspunkt 109 zu null.

**[0077]** Ist das Eingangssignal 110 dagegen ungleich von Null, so verändert der Drehzahlregler 111 sein endliches Ausgangssignal 116, dessen Amplitude als von der Regelstufe angefordertes Beschleunigungs- oder Bremsmoment aufgefasst werden kann. Da bei dem Elektromotor 102, der vorzugsweise als Drehstrom-Asynchronmaschine bzw. Drehstrom-Synchronmaschine aufgebaut ist, das erzeugte Drehmoment bei einer geeigneten drehfeldorientierten Regelung, auf die hier nicht im Einzelnen eingegangen werden soll, etwa proportional zu einem Stromflussvektor gemacht werden kann, so wird das Reglerausgangssignal 116 des Drehzahlreglers 111 im Rahmen der Schaltung 101 gleichzeitig als Sollwert  $I^*$  für einen entsprechenden Motorstrom aufgefasst und als solcher über einen weiteren Summationspunkt 117 an den Eingang 118 eines untergeordneten Stromreglers 119 hingeführt. Dieser Stromregler 119 hat grundsätzlich ebenfalls eine PI-Charakteristik mit einem Proportional- und einem Integralanteil.

**[0078]** Weiterhin gelangt an den Summationspunkt 117 ein invertiertes Messsignal 120 für den Motorstrom  $I$ , wobei das Signal 120 für den Stromwert  $I$  aus einem bspw. mittels einem oder mehrerer, in die Stromzuleitungen 121 des Elektromotors 102 eingeschalteter Shunts 122 gewonnenen Stromwert 123 durch Auswertung in einem nachgeordneten Messumformer 124 als Amplitudenwert erzeugt wird. Dieser Stromamplitudenwert 120 kann bei Drehstrom-Asynchronmaschinen bzw. Drehstrom-Synchronmaschinen 102 der drehmomentbildenden Komponente des aus den Motorströmen 122 ermittelten Stromvektors entsprechen, bei einem Gleichstrommotor kann dagegen der gemessene Ankerstrom direkt verwendet werden.

**[0079]** Das Ausgangssignal 125 des Stromreglers 119 gelangt an einen Steuersatz 126, der auf einen Stromrichter 127 einwirkt. Der Stromrichter 127 ist primärseitig an ein Drehstromnetz 128 angeschlossen und im Fall einer Drehstrom-Asynchronmaschine bzw. Drehstrom-Synchronmaschine 102 als Umrichter, bei Verwendung eines Gleichstrommotors 102 als Stromrichter aufgebaut.

**[0080]** Der dem Drehzahlregelkreis 129 unterlagerte Stromregelkreis 130 sorgt für eine optimale Verstellbarkeit des Motordrehmoments 102, welches im Rahmen der übergeordneten Drehzahlregelung 129 dazu verwendet werden kann, um den Drehzahlwert 112 dem Drehzahlsollwert 108 exakt nachzuführen. Hierbei muss der Motor 102 allerdings ein zeitlich schwankendes Drehmoment abgeben, da der Propeller 104 bei einem Vorbeigleiten seiner Blätter 131 an dem am Schiffsrumpf vorhandenen Skeg oder Wellenbock ein erhöhtes Bremsmoment erfährt und somit dem etwa konstanten Mittelwert des Lastdrehmomentes eine Oberwelle überlagert ist, deren Frequenz etwa dem Produkt der Propellerdrehzahl mit der Anzahl der Propellerblätter entspricht. Um die Auswirkung dieses schwankenden Lastmomentes auf den Drehzahlwert  $n$  möglichst gering zu halten, muss der Motor 102 ständig ein entsprechend wechselndes Antriebsmoment aufbringen, dessen Reaktionsdrehmoment über die Verankerung 132 des Motors in den Schiffsrumpf eingeleitet wird und dort Schwingungen mit einer entsprechenden Frequenz hervorruft, welche sich schädlich auf die Schiffskonstruktion auswirken; auf dem entgegengesetzten Weg wirken sich die Schwankungen des Antriebsmomentes über den Schiffspropeller und dessen Nachstromfeld derart nachteilig aus, dass am Schiffspropeller Kavitationen begünstigt oder ausgelöst werden.

**[0081]** Die erfindungsgemäße Gegenmaßnahme besteht darin, dass ein Teil des Reglerausgangssignals 116 des Drehzahlreglers 111 zurückgekoppelt 133 wird. Dadurch wird bei jeder Abweichung des Drehzahlwertes  $n$  von einem Drehzahlsollwert  $n^*$ , wenn der Drehzahlregler 111 zur Erzeugung eines Gegendrehmoments einen endlichen Stromsollwert  $I^*$  erzeugt, durch die Rückkopplung 133, welche als invertiertes und mit einem Teilungsfaktor 134 multipliziertes Signal 135 dem

Summationspunkt 109 zugeführt wird, virtuell der modifizierte Drehzahlsollwert  $n^*$  um einen Wert  $n_R = R \cdot I^*$  herabgesetzt.

**[0082]** Dadurch versucht der Regler 111 nur auf den entsprechend reduzierten Drehzahlsollwert  $n^* - n_R$  auszuregulieren und gibt dadurch dem Motor 102 Gelegenheit, durch Reduzierung der Drehzahl  $n$  von  $n^*$  auf  $n^* - n_R$  Schwungenergie aus dem Antriebsstrang 102, 103, 104 freizusetzen. Dabei stellt der Regler 111 der absinkenden Motordrehzahl  $n$  virtuell einen absinkenden Drehzahlsollwert  $n^* - n_R$  gegenüber und muss dadurch kaum gegensteuern. Daher erzeugt der Motor 102 kein oder nur ein geringes zusätzliches Drehmoment, so dass an der Motorverankerung 132 kein erhöhtes Drehmoment in den Schiffsrumpf eingeleitet wird.

**[0083]** Sobald die Propellerblätter 131 eine andere Stellung eingenommen haben, sinkt die Belastung an der Welle 103, und ohne eine Erhöhung des Motordrehmomentes steigt die Drehzahl  $n$  wieder an. Da nun der Drehzahlwert  $n$  größer wird als der virtuelle Drehzahlsollwert  $n^* - n_R$ , sinkt die Amplitude des Reglerausgangssignals 116 ab, und das System kehrt in den anfänglichen Arbeitspunkt zurück.

**[0084]** Da die Drehzahl während eines derartigen Zyklus ausschließlich nach unten nachgegeben hat, sinkt der Mittelwert der Drehzahl  $n$  gegenüber dem tatsächlichen, konstanten Drehzahlsollwert  $n^*$  etwas ab, was als bleibende Regelabweichung von etwa 0,2 % bis 1,5 % erkennbar ist. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, kann in den Sollwertzweig  $n^*$  eine Kompensationsschaltung eingefügt sein, welche den Drehzahlsollwert  $n^*$  virtuell um ein entsprechendes Maß nach oben verstellt.

**[0085]** Hierbei kann insbesondere bei Schiffspropellerantrieben die Tatsache genutzt werden, dass das Lastmoment eines Propellers 104 etwa quadratisch mit dessen Drehzahl  $n$  ansteigt, so dass demzufolge auch das zurückgekoppelte, im statischen Zustand dem Antriebsmoment des Motors 102 etwa proportionale, Signal 135 etwa als quadratische Funktion des Drehzahlmittlerwertes  $\bar{n}$  aufgefasst werden kann. Unter der Annahme, dass andererseits der tatsächliche Drehzahlmittlerwert  $\bar{n}$  näherungsweise identisch mit dem Drehzahlsollwert  $n^*$  ist, so muss demzufolge der Kompensator einen zu dem Drehzahlsollwert  $n^*$  quadratisch ansteigenden Zweig aufweisen. Die erfindungsgemäße Funktion besteht darin, dass der Drehzahlwert  $n$ , 112 über einen Funktionsgeber 137, der die oben beschriebene Kompensation abbildet, als Signal  $n_L^*$ , 136 dem Summationspunkt 138 zugeführt wird und dadurch den Drehzahlsollwert  $n^*$ , 106 um einen Wert  $n_L^* = (n)$  heraufsetzt. Im statischen Zustand ist damit  $n_L^* = -n_R$  und hat die gewünschte Wirkung, dass im Summationspunkt 109 die Summe aus dem Signal 108 und dem Signal 135 gleich dem Signal 106 ist.

**[0086]** Eine in FIG 4 im Prinzip dargestellte Antriebs- und Fahrsystem eines Schiffspropellers 201 hat einen elektrischen Propellermotor 203, der von einer Dieselelektrogeneratoranlage 206 über ein Bordnetz 205 und einen

Um- bzw. Stromrichter 207 mit elektrischer Energie versorgt wird.

**[0087]** Die Dieselgeneratoranlage 206 kann eine unterschiedliche Anzahl von Dieselgeneratoren aufweisen. Hierbei kommen üblicherweise Synchrongeneratoren zum Einsatz.

**[0088]** Der Schiffspropeller 201 wird durch eine Antriebswelle 202 des elektrischen Propellermotors 203 angetrieben.

**[0089]** Dem elektrischen Propellermotor 203 sind eine Drehzahlregelung 209 und der Um- bzw. Stromrichter 207 mit Stromregelung zugeordnet, mittels denen die Drehzahl der Abtriebswelle 202 des elektrischen Propellermotors 203 und damit die Drehzahl des Schiffspropellers 201 regelbar ist.

**[0090]** Eingangsseitig erhält ein Stromregler 208 des Um- bzw. Stromrichters 207 einen Stromsollwert  $I^*$  219 von einem Drehzahlregler 216. Der einer vorgegebenen Drehzahl  $n^*$  213 entsprechende Stromsollwert  $I^*$  219 wird außer an den Stromregler 208 vom Drehzahlregler 216 noch an die Eingangsseite eines adaptiven Hochlaufgebers 226 angelegt.

**[0091]** Ausgangsseitig weist der adaptive Hochlaufgeber 226 eine positive Offsetstufe 230 und eine negative Offsetstufe 232 auf. Mittels der beiden Offsetstufen 230, 232 wird der Stromsollwert  $I^*$  219 mit einem Variationsbereich versehen, wobei eine obere 231 und eine untere Grenze 233 dieses Variationsbereichs von der Ausgangsseite des adaptiven Hochlaufgebers 226 an die Ausgangsseite des Drehzahlreglers 216 weitergegeben werden, an der eine obere Stromwertbegrenzungseinheit 217 und eine untere Stromwertbegrenzungseinheit 218 vorgesehen sind.

**[0092]** Aus der oberen Stromwertbegrenzungseinheit 217 und der unteren Stromwertbegrenzungseinheit 218 resultiert für den Drehzahlregler 216 ein variabler Stellbereich, innerhalb dessen der ausgangsseitige Stromsollwert  $I^*$  219, der an den Stromregler 208 weitergegeben wird, zu verbleiben hat.

**[0093]** Bei der Ermittlung des Variationsbereichs 226 für den Stromsollwert nach dem im adaptiven Hochlaufgeber 226 werden durch die Dieselgeneratoranlage 206 sowie das Bordnetz 205 vorgegebene Grenzwerte berücksichtigt. Durch diese Grenzwerte wird derjenige Variationsbereich begrenzt, innerhalb dessen der ausgangsseitige Drehzahlreglers 216 diesen verlassende Stromsollwert  $I^*$  219 sich verändern kann. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass gewährleistet sein muss, dass das Bordnetz 205 dem elektrischen Propellermotor 203 dynamisch folgen kann. Die dynamischen Grenzen bei Laständerungen im Bordnetz 205 bzw. des elektrischen Propellermotors 203 sind hochgradig von Eigenschaften der Dieselgeneratoranlage 206 abhängig, wobei prinzipiell die Dieselmotoren und die üblicherweise als Synchrongeneratoren ausgebildeten Generatoren der Dieselgeneratoranlage 206 getrennt voneinander zu betrachten sind.

**[0094]** Im adaptiven Hochlaufgeber 226 werden eine

Hoch- und eine Rücklaufzeit für den Stromsollwert  $I^*$  219, der vom Drehzahlregler 216 an den Stromregler 208 weitergeleitet wird, vorgegeben, wobei bei der Bemessung dieser Hoch- und Rücklaufzeit die zulässige zeitliche Be- und Entlastung der Dieselmotoren der Dieselgeneratoranlage 206 berücksichtigt wird. Um dem Rechnung zu tragen, ändert sich die im adaptiven Hochlaufgeber 226 festgelegte Hoch- und Rücklaufzeit proportional mit dem Betrag der Drehzahl  $n$  215 des elektrischen Propellermotors 203. Hierdurch wird erreicht, dass die von einem Um- bzw. Stromrichter der Antriebs-einrichtung aufgenommene Wirkleistung eine von der Drehzahl  $n$  215 des elektrischen Propellermotors 203 unabhängige Hoch- und Rücklaufzeit hat.

**[0095]** In einem unteren Drehzahlbereich des elektrischen Propellermotors 203, der etwa dem Manöverbereich entspricht, werden für die im adaptiven Hochlaufgeber 226 registrierte Hoch- und Rücklaufzeit für den Stromsollwert  $I^*$  219 eine minimale Hoch- und Rücklaufzeit berücksichtigt, die sich nach der zulässigen zeitlichen Änderung der Blindleistungsabgabe von den Synchrongeneratoren der Dieselgeneratoranlage 206 richtet.

**[0096]** Des weiteren werden die im adaptiven Hochlaufgeber 226 registrierte Hoch- und Rücklaufzeit für den Stromsollwert  $I^*$  219 umgekehrt proportional zur Anzahl der Dieselgeneratoren der Dieselgeneratoranlage 206 verändert. Hierdurch wird erreicht, dass die von einem Dieselgenerator der Dieselgeneratoranlage 206 aufgenommene Wirkleistung eine vom Betrieb des Um- bzw. Stromrichters 207 unabhängige Hoch- und Rücklaufzeit hat.

**[0097]** Im ausgeregelten Zustand muss der Drehzahlregler 216 in die Lage versetzt sein, den an den Stromregler 208 weiterzugebenden Stromsollwert  $I^*$  219 frei von Begrenzungen führen zu können. Ansonsten entstehen im elektrischen Propellermotor 203 erhebliche Schwebungen, die sich im Schiff als mechanische Schwingungen bzw. Körperschallquellen auswirken und ein Kavitieren des Schiffspropellers 201 fördern oder auch auslösen können. Aus diesem Grunde geht der Stromsollwert  $I^*$  219 von der Ausgangsseite des Drehzahlreglers 216, wie auch sonst üblich, weiterhin direkt in den Stromregler 208 des Um- bzw.

**[0098]** Stromrichters 207 des elektrischen Propellermotors 203. Derselbe Stromsollwert geht aber auch parallel an den adaptiven Hochlaufgeber 226. Die Ausgangsseite dieses adaptiven Hochlaufgebers 226 bildet damit die vorstehend erläuterte zulässige Dynamik der Dieselgeneratoren der Dieselgeneratoranlage 206 ab. Um der Drehzahlregelung des Drehzahlreglers 216 dennoch die erforderliche Variationsbreite bzw. Freiheit zu geben, geht der Ausgangswert des adaptiven Hochlaufgebers 226 über die positive Offsetstufe 230 bzw. die negative Offsetstufe 232 auf die obere Stromwertbegrenzungseinheit 217 bzw. die untere Stromwertbegrenzungseinheit 218 des Drehzahlreglers 216. Hierdurch wird es für den Drehzahlregler 216 möglich, den

an den Stromregler 208 des Um- bzw. Stromrichters 207 des elektrischen Propellermotors 203 weiterzuleitenden Stromsollwert  $I^*$  219 innerhalb eines sich hinsichtlich seiner Lage und seiner Breite ändernden Variationsbereichs zu führen, wobei sich durch diesen Variationsbereich quasi ein bewegliches Fenster für den vom Drehzahlregler 216 an den Stromregler 208 weitergegebenen Stromsollwert  $I^*$  219 ergibt. Innerhalb dieses beweglichen Fensters ist der Drehzahlregler 216 bei der Führung des Stromsollwerts  $I^*$  219 frei.

**[0099]** Innerhalb dieses quantitativ und hinsichtlich seiner Positionierung veränderbaren Variationsbereichs bzw. innerhalb des vorstehend geschilderten beweglichen Fensters arbeitet der Drehzahlregler 216 mit seiner vollen Dynamik. Hierdurch kommt es im Bordnetz 205 zu Spannungsschwankungen, da die Erregung der Synchrongeneratoren der Dieselgeneratoranlage 206 dort dem Stromsollwert  $I^*$  219, wie er an den Um- bzw. Stromrichter 207 des elektrischen Propellermotors 203 weitergeleitet wird, zeitlich nicht mehr folgen kann. Der bordnetzseitige Blindstrom vom dem elektrischen Propellermotor 203 zugeordneten Um- bzw. Stromrichter 207 erzeugt diese Spannungsschwankungen über die Reaktanz des Synchrongenerators, die sich in der Regel auf Schiffen zu  $x_d'' = 14\%$  bis  $18\%$  ergibt. Die Größe des positiven Offsets 229 und des negativen Offsets 229, wie sie vom adaptiven Hochlaufgeber 226 für die Breite des Variationsbereichs bzw. des beweglichen Fensters vorgegeben werden, wird so eingestellt, dass der daraus resultierende bzw. deswegen erzeugte bordnetzseitige Blindstrom auf der Reaktanz eines Generators einen Spannungsabfall erzeugt, der in jedem Fall innerhalb der zulässigen Spannungstoleranz im Bordnetz 205 liegt. Schnelle Spannungsschwankungen innerhalb der zulässigen Spannungstoleranz im Bordnetz 205 sind für dessen Betrieb unkritisch. Der positive und der negative Offset 229 ist eine Funktion des Betrages der Drehzahl  $n$  215 des elektrischen Propellermotors 203, da der bordnetzseitige Leistungsfaktor von der Aussteuerung des dem elektrischen Propellermotor 203 zugeordneten Um- bzw. Stromrichters 207 abhängt. Des weiteren ist der positive und der negative Offset 229 proportional der Anzahl der in das Bordnetz 205 einspeisenden Synchrongeneratoren der Dieselgeneratoranlage 206, da die Kurzschlussleistung  $S_k''$  im Bordnetz 205 ebenfalls etwa proportional der Anzahl der ins Bordnetz 205 einspeisenden Synchrongeneratoren der Dieselgeneratoranlage 206 ist.

**[0100]** Ein in FIG 5 prinzipiell dargestelltes Antriebs- und Fahrsystem für einen Schiffspropeller 301 hat einen elektrischen Propellermotor 303, der den Schiffspropeller 301 mittels seiner Abtriebswelle 302 antreibt.

**[0101]** Der elektrische Propellermotor 303 wird in üblicher Weise über einen Um- bzw. Stromrichter 306 aus einem Bordnetz 305 mit elektrischer Energie versorgt.

**[0102]** Der Betrieb des elektrischen Propellermotors 303 wird mittels eines Drehzahlreglers 315 geregelt. Durch das Ausgangssignal des Drehzahlreglers 315,

den Drehmomentensollwert bzw. Stromsollwert  $I^*$  316 wird die Drehzahl der Abtriebswelle 302 des elektrischen Propellermotors 303 über den Um- bzw. Stromrichter 306 eingestellt.

**[0103]** Um den Betriebszustand des elektrischen Propellermotors 303 in einem zulässigen Bereich zu halten, ist dem Drehzahlregler 315 ein adaptiver Hochlaufgeber 311 zugeordnet. In den adaptiven Hochlaufgeber 311 ist mittels einer Eingabeeinheit 309 ein Drehzahlsollwert für den elektrischen Propellermotor 303 bzw. den Schiffspropeller 301 einstellbar.

**[0104]** Im adaptiven Hochlaufgeber 311 ist ein Kennliniengeber 319 vorgesehen, der in Abhängigkeit vom Betrag einer Istdrehzahl  $n$  314 der Abtriebswelle 302 des elektrischen Propellermotors 303 das an den Drehzahlregler 315 von der Ausgangsseite des adaptiven Hochlaufgebers 311 weitergegebene Signal  $n^*$  312 zur Anpassung der Istdrehzahl  $n$  314 der Abtriebswelle 302 an die an der Eingabeeinheit 309 vorgegebene Soll-drehzahl 310 entsprechend in ihm abgespeicherter Kennlinien modifiziert. Hierbei dient der Betrag der Istdrehzahl  $n$  314 der Abtriebswelle 302 des elektrischen Propellermotors 303 als Führungsgröße für das vom adaptiven Hochlaufgeber 311 an den Drehzahlregler 315 weitergeleitete Signal  $n^*$  312.

**[0105]** Dabei sind im Kennliniengeber 319 des adaptiven Hochlaufgebers 311 unterschiedliche Kennlinien für die Hochlaufzeit abgespeichert.

**[0106]** Durch das Verhalten des adaptiven Hochlaufgebers 311 des Antriebs- und Fahrsystems ist es möglich, auf ein stationäres Lastmoment ein definierbares Beschleunigungsmoment zu geben. Dieses definierbare Beschleunigungsmoment bleibt im Bereich des Fahrmodes, d.h. im Bereich des höheren Istdrehzahlbereichs des elektrischen Propellermotors 303, einigermaßen konstant und ist damit frei von zeitweise unnötig hohen Werten.

**[0107]** Fig. 6 zeigt in einem Blockdiagramm die verschiedenen Steuermöglichkeiten seitens der Steuereinrichtung. Alle über Ein- und Ausgabeelemente des Fahrstandes und des Notfahrstandes vorgegebenen Fahrstandswechsel erfolgen ohne Sollwertsprünge. Durch Nachführung der Fahrhebel seitens des Fahrstandes (Brücke) und durch entsprechende Tastensteuerung auf den anderen Fahrständen ist ein manueller Fahrhebelgleichstand nicht erforderlich. Bei aktivem Fahrstand (Hauptfahrstand: Brücke) erfolgt die Sollwertvorgabe von Drehzahl und Schubrichtung der Propellerantriebe von diesem aus, wie in Fig. 6 in dem oberen Kasten dargestellt. Bei aktivem Steuerstand seitens des Maschinenkontrollraums (Engine Control Room ECR) erfolgt nur die Drehzahlvorgabe von diesem aus, wie in Fig. 6 in dem zweiten Kasten von oben dargestellt. Die Schubrichtungsvorgabe erfolgt seitens des Fahrstandes auf der Brücke. Fahrstandswechsel, insbesondere Joystick-, Track-/Speed-Pilot und Tandem-Betrieb sind dabei nicht möglich. Bei aktivem Notfahrstand als Steuerstand (Emergency Control Station ECS) erfolgt die Soll-

wertvorgabe für Schub und Schubrichtung gemeinsam durch Tasten am Notfahrstand. Joystick-, Track-/Speed-Pilot- und Tandem-Betrieb sind nicht möglich. Die Befehlsvorgabe durch die Brücke erfolgt über Telefon, beispielsweise Schubrichtung und Schub, bzw. durch einen eingebauten Nottelgraphen, beispielsweise Schub. Die einzelnen Fahrstände und deren Module sind dabei mittels eines Ringbussystems 90 zur Kommunikation miteinander verbunden, wie in Fig. 6 dargestellt.

**[0108]** Fig. 7 zeigt den Aufbau eines Ein- und Ausgabeelementes der Steuereinrichtung eines erfindungsgemäßen Antriebs- und Fahrsystems, welches als Hauptfahrstand seitens der Brücke eines Schiffes eingesetzt ist. Das Ein- und Ausgabeelement besteht dabei aus mehreren Textdisplay-Anzeigen mit einer Auflösung von vier Zeilen zu je 20 Zeichen. Darüber hinaus weist das Ein- und Ausgabeelement mehrere Tasten auf, die nachfolgend näher erläutert werden. Fig. 10a, 10 b zeigt dabei einen als Modul ausgebildeten Teilbereich des Ein- und Ausgabemoduls im Details.

**[0109]** Auf dem mit "DIESEL-GENERATOR" beschrifteten Tableau des Ein- und Ausgabeelementes werden die aktiven Dieselgeneratoren ausgewählt und angezeigt. Über eine 100 %-Taste ist es möglich, alle betriebsbereiten Generatoren an das Bordnetz zu nehmen.

**[0110]** Mit dem Taster "OPERATION BLOCK" wird die Bedienung der Fahranlage unterbunden und die Umrichter des elektrischen Bordnetzes auf Reglersperre gesetzt. Dabei werden alle Funktionstasten, die den jeweiligen Antrieb schalten, gesperrt. Ferner wird die Sollwertvorgabe durch die Fahrhebel gesperrt, sowie die Anwahl der Notbetriebstasten für die Sollwertvorgabe der Drehzahl und Schubrichtung. Die Tasten "OPERATION BLOCK" sind durch Klappen gegen unabsichtliche Bedienung geschützt. Die aktivierte Funktion wird durch ein Dauerlicht signalisiert. Ein Aufheben der Blockierung ist nur möglich, wenn die Fahrhebelstellung auf Stop steht und mindestens zwei Generatoren am Netz sind.

**[0111]** Auf dem Ein- und Ausgabeelement seitens des Fahrstandes auf der Brücke werden die Istwerte von Wellendrehzahl und SSP-Stellung für beide Antriebe angezeigt. Die Anzeigen haben dabei ein Format von 96 x 96 mm.

**[0112]** Alle Anzeigen des Ein- und Ausgabeelementes des Fahrstandes auf der Brücke sind über Dimmpotentiometer dimmbar. Die Anzeigen der Folientastatur des Ein- und Ausgabeelementes werden dabei über die integrierte Dimmfunktion verwirklicht.

**[0113]** Über die Leuchttaste 410 "Emergency Speed Control" wird die Drehzahlvorgabe des jeweiligen Antriebs auf die Notsteuerungstasten gelegt. Bei aktiver Notsteuerung leuchtet die Lampe in einem Dauerlicht. Bei Betätigen der Tasten zum Erhöhen bzw. Erniedrigen der Drehzahl leuchten die entsprechenden Tasten. Die Lampen leuchten bei Tastendruck und angewählter Not-

steuerung. Die Tasten sind direkt mit dem Drehzahlregler mittels entsprechender Leitungen verbunden (verdrahtet).

**[0114]** Über die Leuchttaste 411 "Emergency Steering Control" wird die Schubrichtungsvorgabe des jeweiligen Antriebs auf die Notsteuerungstasten gelegt. Bei aktiver Notsteuerung leuchtet die Lampe in einem Dauerlicht. Bei Betätigung der Tasten für Backbord- bzw. Steuerborddrehung leuchten nur die entsprechenden Tasten. Die Lampen leuchten nur bei aktiver Notsteuerung. Die Tasten wirken direkt auf die Ventile der Steu-  
erhydraulik.

**[0115]** Auf dem Alarmtextdisplay 412 werden die wichtigsten Störmeldungen im Klartext angezeigt. Für die Bedienung des Alarmsystems sind vier Tasten vorgesehen, die vorliegend unterhalb des Alarmtextdisplays 412 angeordnet sind.

**[0116]** Die Analogwertanzeige 413 kann acht analoge Werte aus dem Antriebssystem darstellen. Die Analogwerte werden dabei über die nachfolgend beschriebenen Tasten angewählt. Die angewählte Funktion wird durch eine LED angezeigt. Jede angewählte Anzeige wird dabei nach etwa 30 Sekunden automatisch wieder abgewählt. Nach der Abwahl wird die zur Verfügung stehende Leistung angezeigt (Remaining Power (kw)).

**[0117]** Die Taste "Thrust Direction" 414 dient zur Auswahl der Schubrichtungsanzeige. Die Taste "Remaining Power" 415 dient zur Anzeige der zur Verfügung stehenden Leistung. Die Taste "Shaft Power" 416 dient zur Anwahl der Wellenleistungsanzeige. Die Taste "Shaft Speed" 417 dient zur Anwahl der Wellendrehzahlanzeige. Die Taste "Stator Current" 418 dient zur Anwahl der Ständerstromanzeige. Die Taste "Stator Voltage" 419 dient zur Anwahl der Ständerspannungsanzeige. Die Taste "Torque" 420 dient zur Anwahl der Momentwert-

anzeige.  
**[0118]** Das mit "Propulsion Mode" gekennzeichnete Modul des Ein- und Ausgabeelementes des Fahrstandes seitens der Brücke weist in diesem Bereich 421 Tasten und Anzeigen auf, die zur Anwahl der Betriebsarten dienen. Im einzelnen haben die Tasten folgenden Funktionen:

Im "Single Mode" (Taste 422) werden beide SSP-Fahranlagen getrennt bedient. Die Fahrkommandos für Schubrichtung und Drehzahl werden von dem Steuerhebel des aktiven Fahrstandes für den jeweiligen Antrieb vorgegeben. Der Steuerhebel Backbord bedient die SSP-Fahranlage auf der Backbordseite und der Steuerhebel Steuerbord die SSP-Fahranlage auf der Steuerbordseite. Die Taste 422 ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke freigegeben.

**[0119]** Im "Tandem Mode" (Taste 423) erfolgt die Kommandovorgabe beider Antriebe über einen Steuerhebel. Master des Tandembetriebes ist der Kommandostand, an dem zuletzt die Taste "Tandem Mode" 423 aktiviert wurde. Die Taste ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke freigegeben.

**[0120]** Über die Taste "Joy-Stick" 424 wird der Joy-

stick-Betrieb angewählt. Im Joystick-Mode erfolgt die Sollwertvorgabe für Steuerwinkel und Drehzahl von dem Joystick-System. Die Steuerhebel, welche eine elektrische Welle aufweisen, werden über selbige nachgeführt. Die Taste "Joy-Stick" 424 ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke freigegeben.

**[0121]** Mit der Taste "Track Pilot" 425 wird das Fahrkommando für die Azimuthvorgabe an den Track-Pilot übergeben. Ist der Track-Pilot aktiviert, erfolgt die Azimuthvorgabe über dieses System. Die Steuerhebel der Fahrstände seitens der Brücke werden über die elektrische Welle nachgeführt. Die Taste ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke freigegeben. Während der Anwahl blinkt die Taste 425. Bei aktiviertem Track-Pilot leuchtet die Lampe der Taste 425 in einem Dauerlicht.

**[0122]** Mit der Taste "Speed Pilot" 426 wird das Fahrkommando für die Drehzahlsollwertvorgabe an dem Speed-Pilot übergeben. Ist der Speed-Pilot aktiviert, erfolgt die Drehzahlsollwertvorgabe über dieses System. Die Steuerhebel der Fahrstände seitens der Brücke werden dabei über die elektrische Welle derselben nachgeführt. Die Taste "Speed Pilot" 426 ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke freigegeben. Während der Anwahl blinkt die Taste 426. Bei aktiviertem Speed-Pilot leuchtet die Lampe in einem Dauerlicht.

**[0123]** Über die Taste "Harbour Mode" 427 wird der sogenannte Hafen-Mode angewählt. Im Hafen-Mode ist der SSP-Drehwinkel unbegrenzt. Die Schubrichtungsverstellung wird auf die maximale Geschwindigkeit gestellt. Dies wird durch das Starten einer zweiten Hydraulikpumpe des SSP erreicht. Im Hafen-Mode ist das automatische Absetzen der Generatoren blockiert. Die Taste 427 ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes freigegeben.

**[0124]** Über die Taste "Sea Mode" 428 wird der Sea-Mode angewählt. Im Sea-Mode ist der Steuerwinkel des SSP auf etwa  $x/-35\%$  begrenzt. Die Schubrichtungsverstellung arbeitet mit einer Hydraulikpumpe. Die Taste 428 ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes freigegeben.

**[0125]** Die Taste "Crash Stop" 429 startet oder stoppt die Sequenz Crash-Stop. Die Taste leuchtet bei aktivierter Crash-Stop-Funktion mit einem Dauerlicht. Die Crash-Stop-Funktion wird für alle aktiven Antriebe (SSP) gemeinsam gestartet bzw. gestoppt. Die Taste ist durch einen Schutzdeckel gegen unabsichtliches Betätigen geschützt und nur bei aktivem Fahrstand seitens der Brücke freigegeben.

**[0126]** In dem mit "Steering" 430 gekennzeichneten Bereich des Einund Ausgabeelementes der Steuereinrichtung des Antriebs- und Fahrsystems sind die Tasten und Anzeigen angeordnet, die zur Bedienung und Alarmierung der Azimuthverstellung vorgesehen sind.

**[0127]** Die Anzeige "Steering Control Failure" 431 zeigt einen Ausfall des Steuerungssystems für die SSP-Verstellung an. Es ist keine Ruderverstellung vor-

handen.

**[0128]** Die Anzeige "Steering Mechanic Blocked" 432 zeigt mit einem roten Dauerlicht an, dass die Azimuthverstellung des SSP mechanisch blockiert ist. Ein Steuern mit dieser Anlage ist in diesem Zustand nicht möglich. Der Vortrieb dieser Anlage ist mit begrenztem Moment möglich. Die Anzeigen 433 "Phase/Overload Pump" zeigen Phasenfehler oder Überlastungen der Hydraulikpumpe 1 bzw. 2 an. Die Anzeigen 434 "Supply Power Unit 1/2" zeigen Störungen oder Verlust der Spannungsversorgung für die Hydraulikpumpe 1 bzw. 2 zur Azimuthverstellung an.

**[0129]** Die Anzeige 435 "Electric Shaft Failure" erscheint mit einem roten Dauerlicht, wenn die elektrische Welle der Fahrhebel für die Schubrichtungsvergabe ausgefallen ist oder einen Fehler meldet.

**[0130]** Die Anzeige 436 "Hydraulic Locking Failure" zeigt einen Funktionsverlust der Hydraulik zur Azimuthverstellung an. Der SSP folgt dabei nicht dem vorgegebenen Drehwinkelsollwert.

**[0131]** Die Anzeige 437 "Hydraulic Oil Tank Level" zeigt mit einem roten Dauerlicht den Verlust von Hydrauliköl im Hydrauliksystem der SSP Azimuthverstellung an. Der Hydraulikölstand hat dann den Minimumlevel erreicht.

**[0132]** Die Anzeige 438 "Stand-by Pump" zeigt einen Fehler im Hydrauliksystem an, der zu einem Druckverlust führte. Dabei wird die nicht aktive Hydraulikpumpe automatisch gestartet. Die fehlerbehaftete Pumpe wird abgeschaltet. Angezeigt wird diese Funktion durch ein rotes Dauerlicht. Die automatische Umschaltung ist nur im "Sea Mode" aktiv, welcher mittels der Taste 428 aktivierbar ist.

**[0133]** Die Taste 439 "Hydraulik Pump 1/2" dient zur Anwahl und Betriebsanzeige der Pumpe 1 bzw. 2 vom Hydrauliksystem der SSP-Azimuthsteuerung. Die Taste 439 ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes freigegeben.

**[0134]** In dem mit 440 gekennzeichneten Bereich "Safety System" sind die Tasten und Anzeigen angeordnet, die zur Bedienung und Alarmierung einer Sicherheitsanlage vorgesehen sind.

**[0135]** Die Anzeige 441 "Shut Down" erscheint bei vollständigem Ausfall des Antriebes durch eine automatische Abschaltung.

**[0136]** Die Anzeige 442 "Slow Down" alarmiert mit einem roten Dauerlicht eine automatische Reduzierung des Antriebes. Eine automatische Reduzierung kann durch die Taste "Slow Down Override" 446 beendet werden. Die Anzeige 443 "Stop Request" signalisiert mit einem roten Blinklicht die Anforderung zum Stoppen des Antriebes zum Schutz der Maschine.

**[0137]** Die Anzeige 444 "Slow Down Request" alarmiert mit einem roten Blinklicht die Anforderung einer Reduzierung des Antriebes zum Schutz der Maschine.

**[0138]** Die Taste 445 "Shut Down Override" dient zur Aufhebung einer automatischen Abschaltung. Eine automatische Abschaltung, die durch einen Bediener auf-

gehoben werden kann, wird vorher durch eine blinkende rote Anzeige "Shut Down" angezeigt. Die Aufhebung der Abschaltung ist dabei zeitverzögert. Die Taste 445 ist durch einen Schutzdeckel gegen unabsichtliches Betätigen geschützt und nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes freigegeben.

**[0139]** Die Taste 446 "Slow Down Override" dient zur Aufhebung einer automatischen Reduzierung. Eine automatische Reduzierung, die durch einen Bediener aufgehoben werden kann, wird durch eine blinkende rote Anzeige der "Slow Down Override"-Lampe angezeigt. Die Taste 446 ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes freigegeben. Die Taste ist durch einen Schutzdeckel gegen unabsichtlichen Betätigen geschützt.

**[0140]** In dem mit "Propulsion Control PCS" 447 gekennzeichneten Bereich sind die Tasten und Anzeigen angeordnet, die zur Bedienung und Alarmierung des elektrischen Antriebssystems vorgesehen sind.

**[0141]** Die Anzeige 448 "Remote Control Failure" erscheint, wenn ein Steuern der Anlage mit dem Fahrhebel nicht möglich ist. Es muss auf die Notsteuerungstasten umgeschaltet werden, wie bereits oben erläutert.

**[0142]** Die Anzeige 449 "90 % Power" erscheint mit einem roten Dauerlicht, wenn vom Kraftwerkschutz erkannt wird, dass 90 % der verfügbaren Leistung erreicht sind.

**[0143]** Die Anzeige 450 "Power Limit Active" erscheint mit einem roten Dauerlicht, wenn eine Limitierung des Antriebs aktiv ist.

**[0144]** Die Anzeige 451 "Lever to 0" erscheint mit einem roten Dauerlicht, wenn der Anlagezustand einen Nullstellungszwang der Fahrhebel erfordert.

**[0145]** Die Anzeige 452 "Electric Shaft Failure" erscheint mit einem roten Dauerlicht, wenn die elektrische Welle der Drehzahlvorgabe ausgefallen ist oder einen Fehler meldet.

**[0146]** Die Anzeige 453 "Start Fail" erscheint mit einem roten Dauerlicht, wenn die Startsequenz durch einen Fehler unterbrochen wird. Nach Aktivierung der Stop- oder Startsequenz wird die Anzeige wieder zurückgenommen.

**[0147]** Die Anzeige 454 "Propulsion Failure" erscheint mit einem roten Dauerlicht, wenn die Antriebssteuerung einen Ausfall innerhalb der Fahranlage erkennt.

**[0148]** Die Anzeige "Converter Tripped" 455 leuchtet mit einem roten Dauerlicht, wenn der Umrichter 1 bzw. 2 des SSP ausgefallen ist.

**[0149]** Die Anzeige "Propulsion Ready" 456 erscheint mit einem grünen Dauerlicht, wenn Antrieb und Steuerung betriebsbereit sind. Wenn die Startsequenz durchlaufen wurde und die Fahranlage nicht betriebsbereit ist, blinkt diese Anzeige. Die Lampe erlischt nach Durchlaufen der Stopsequenz.

**[0150]** Die Anzeige "Start Blocked" 457 erscheint mit einem roten Dauerlicht, wenn die Anlage nicht startbereit ist. Dies bedeutet, dass keine Startfreigabe für die

Startsequenz vorhanden ist.

**[0151]** Die Anzeige 458 "Converter in Operation" erscheint mit einem grünen Dauerlicht, wenn die Umrichtereinheit 1 bzw. 2 am Netz und betriebsbereit ist.

**[0152]** Die Taste "Start Propulsion" 459 dient zum automatischen Ansetzen der Antriebsanlage. Dazu gehört das Schalten der Rückkühlanlage auf Fahrbetrieb, Einschalten der Umrichter, Anforderung der Hydraulikpumpen zur Azimuthverstellung und Lösen der Wellenbremse. Während der Startsequenz blinkt die Anzeige mit grünem Licht. Im Ruhezustand der Sequenz ist die Lampe aus. Die Taste 459 ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes freigegeben.

**[0153]** Die Taste "Stop Propulsion" 460 dient zum automatischen Absetzen der Antriebsanlage. Dazu gehört das Schalten der Rückkühlanlage auf Stand-by, Ausschalten der Umrichter, Absetzen der Hydraulikpumpen zur Azimuthverstellung und am Ende Einlegen der Wellenbremse. Während der Stopsequenz blinkt die Anzeige mit rotem Licht. Im Ruhezustand der Sequenz leuchtet die Lampe mit einem roten Dauerlicht. Die Taste ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke freigegeben.

**[0154]** Die Taste "Converter Selected" 461 dient der Anwahl von Umrichter 1 bzw. 2. Durch Tastendruck wird der Umrichter 1 bzw. 2 an- oder abgewählt. Es muss mindestens ein Umrichter 1 bzw. 2 angewählt sein. Zur Anwahl muss die Anlage im Zustand aus sein. Die Taste ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes freigegeben.

**[0155]** In dem mit "Control Station" gekennzeichneten Bereich 462 sind die Tasten und Anzeigen angeordnet, die zur Anwahl und Anzeige des aktiven Steuerstandes bzw. Fahrstandes dienen.

**[0156]** Die Taste "Bridge Control" 463 dient zur Anwahl des Fahrstandes seitens der Brücke. Die Lampe der Taste 463 zeigt die Einleitung des Fahrstandswechsels zur Brücke und den aktiven Fahrstand der Brücke an.

**[0157]** Die Taste "ECR Control" 464 dient zur Anwahl des Fahrstandes ECR (Engine Control Room). Die Lampe der Taste 464 zeigt die Einleitung des Fahrstandswechsels zum ECR und den aktiven Fahrstand ECR aktiv an.

**[0158]** Wenn die Anzeige "ECS Control" 465 leuchtet, ist der Notfahrstand aktiviert. Eine Bedienung der Fahranlage von der Brücke aus ist nicht möglich.

**[0159]** Über die Taste 466 "Steering Wheel Control" wird der Steuerstand des Steuerrades angewählt. Mit Einleiten der Übergabe blinkt die Taste 466. Die Übernahme erfolgt mit der Taste "Take Control" 467 am Steuerstand des Steuerrades. Die Signalisierung erfolgt mit einem Dauerlicht. Die Taste ist nur bei angewähltem Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes freigegeben.

**[0160]** Die "Take Control"-Taste 467 ist zur Bestätigung und zur Übernahme des Fahrstandes vorgesehen. Sie wird im Rahmen einer Steuerstandsumschaltung benutzt. Bei Anforderung blinkt die Lampe "Take

Control" der Taste 467. Leuchtet die Anzeige mit Dauerlicht, ist genau dieser Steuerstand aktiviert. Die Anzeige dient zur Unterscheidung der aktiven Hilfssteuerstände auf der Brücke.

**[0161]** Die Fahrhebel 470 für SSP Backbord und Steuerbord dienen zur Vorgabe der Drehzahl und der Schubrichtung des Antriebes. Die Fahrhebel der einzelnen Fahrstände, das heißt Notfahrstände, Brücke und dergleichen, sind über eine elektrische Welle miteinander verbunden. Dadurch erfolgt eine Nachführung der nicht angewählten Fahrstände für Schub als auch für Schubrichtung. Im Tandem-Mode werden die elektrischen Wellen von beiden Antrieben miteinander verbunden. Die Sollwertvorgabe für Schub und Richtung erfolgt für beide Antriebe über einen Fahrhebel. Bei einem angewählten übergeordneten Steuersystem der Steuereinrichtung des Antriebs- und Fahrsystems, wie dem Track-/Speed-Pilot oder dem Joy-Stick werden die Fahrhebel entsprechend der Referenz für Drehzahl und Schubrichtung nachgeführt. Die Fahrhebel des Ein- und Ausgabeelementes des Fahrstandes auf der Brücke haben während des Joystick- oder Track-/Speed-Pilot-Betriebes eine Overridefunktion. Der Bediener hat die Möglichkeit, während des Betriebes von Joy-Stick oder Track-/Speed-Pilot über die Fahrhebel 470 in den Fahrbetrieb einzugreifen.

**[0162]** Über die Taste "Emergency Telegraph" können die Fahrkommandos von dem Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes in den ECR und den Not-Fahrstand übertragen werden, wie in Fig. 6 dargestellt. Im ECR- bzw. Not-Fahrstand muss den Kommandos des Tastentelegraphen Folge geleistet werden. Im ECR- bzw. Not-Fahrstand ertönt so lange ein akustisches Signal, bis das Kommando der Brücke bestätigt wird. Die Fahrstände sind dabei - wie in Fig. 6 dargestellt und bereits erläutert - über eine Ringbusverbindung 90 zur Kommunikation miteinander verbunden.

**[0163]** Für jeden Antrieb ist eine Notstoptaste 471 vorgesehen, die durch einen Schutzdeckel gegen unabsichtliches Betätigen geschützt ist. Der Notstop ist von dem jeweils aktiven Fahrstand unabhängig. Die gedrückte Taste 471 wird durch ein Blinken gekennzeichnet.

**[0164]** Im oberen Bereich des Ein- und Ausgabeelementes eines brückenseitigen Fahrstandes der Steuereinrichtung gemäß Fig. 7 sind Anzeigen für Wellendrehzahl, Wellenleistung und Ruderlage eines SSP für Backbord und Steuerbord vorgesehen. Die Anzeigen haben in etwa eine Größe von 144 x 144 mm und sind über eine gemeinsame Dimmvorrichtung dimmbar. Die Dimmvorrichtung ist dabei in dem Ein- und Ausgabeelement der Steuereinrichtung integriert und vorliegend mit dem Bezugszeichen 472 gekennzeichnet.

**[0165]** Mit dem in der Mitte des Fahrstandes der Brücke angeordneten Steuerrad werden an beide SSPs Steuerkommandos gegeben. Im aktiven Steuerstand des Steuerrades wird der maximale Drehwinkel des SSP auf etwa +/- 35 % begrenzt. Bei aktivem Fahrstand

leuchtet die Lampe "Take Control" 467 in einem Dauerlicht. Der Wechsel von dem Hauptfahrstand seitens der Brücke zu einem Steuerradfahrstand erfolgt über den Hauptfahrstand. Bei Anwahl blinkt die Lampe der Taste "Take Control" 467. Bei Übernahme des Fahrstandes durch Betätigen der "Take Control"-Taste 467 geht die Lampe in ein Dauerlicht über.

**[0166]** Fig. 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel für ein Ein- und Ausgabeelement eines Notfahrstandes. Wie anhand von Fig. 8 zu erkennen ist, weist das Ein- und Ausgabeelement des Notfahrstandes zwar weniger Ein- und Ausgabeelemente auf, wie das Fig. 7 dargestellte Ein- und Ausgabeelement des Fahrstandes seitens einer Brücke eines Schiffes, die zur Notsteuerung notwendigen Funktionen sind jedoch auch bei dem Ein- und Ausgabeelement eines Notfahrstandes gemäß Fig. 8 realisiert.

**[0167]** Anstelle der in Fig. 7 vorgesehenen Analogwertanzeige 413 weist das Ein- und Ausgabeelement eines Notfahrstandes gemäß Fig. 8 zur Anzeige der Istwerte der Wellenleistung für beide Antriebe Zeigerinstrumente auf, die entsprechend den Anzeigen für die Istwerte von Wellendrehzahl von SSP-Stellung in etwa das Format von 96 x 96 mm haben.

**[0168]** Wie bereits erläutert, sind die Module der Ein- und Ausgabeelemente der verschiedenen Fahrstände mit der Steuereinrichtung, der Regeleinrichtung, den Azimuthmodulen, den Propulsionsmodulen, den verschiedenen Modulen der Regeleinrichtung sowie den Motoren der Antriebe und dergleichen untereinander mit einem Ringbussystem verbunden. Dies ermöglicht eine überaus einfache Kommunikation der verschiedenen Module untereinander und darüber hinaus bei gleichzeitiger Darstellung seitens des Ein- und Ausgabeelementes eine gleichzeitige Werteabfrage im Dialog.

**[0169]** Fig. 9 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Ein- und Ausgabeelementes eines Notfahrstandes der Steuereinrichtung. Hierbei handelt es sich um eine sogenannte "Emergency Control Station", welche beispielsweise achterschiffs angeordnet ist. Das Ein- und Ausgabeelement der Steuereinrichtung gemäß Fig. 9 ist dabei ebenfalls über ein Ringbussystem mit den verschiedenen Modulen des Antriebs- und Fahrsystems für Schiffe verbunden. Darüber hinaus ist das Ein- und Ausgabeelement zur Steuerung der Antriebsmotoren, der Azimuthmodule, der Propulsionsmodule und dergleichen direkt mit diesen verbunden, so dass beispielsweise ein Ausfall des Ringbussystems nicht zur Folge hat, dass seitens des Notfahrstandes gemäß Fig. 9 eine Steuerung des Antriebs- und Fahrsystems unmöglich wird. Darüber hinaus erlaubt die Direktverdrahtung des Ein- und Ausgabeelementes des Notfahrstandes die Bereitstellung einer redundanten Kommunikationsverbindung mit den verschiedenen Modulen des Antriebs- und Fahrsystems.

**[0170]** Der Notfahrstand gemäß Fig. 9 enthält die Bedienungselemente zur Vor-Ort-Steuerung des SSPs

von Backbord und Steuerbord. Im einzelnen haben die Anzeigen und Tasten folgende Funktionen:

Über den oben bereits erläuterten "Emergency Telegraph" können die Fahrkommandos von dem Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes auf den Notfahrstand gemäß Fig. 9 übertragen werden. Auf dem Notfahrstand muss den Kommandos des Tastentelegraph 475 Folge geleistet werden.

**[0171]** Seitens des Ein- und Ausgabeelements des Notfahrstandes werden die Istwerte von Wellendrehzahl und Schubrichtung für beide Antriebe angezeigt. Die Anzeigen haben dabei das Format von etwa 96 x 96 mm, wie in Fig. 9 dargestellt und bereits im Zusammenhang mit Fig. 7 und 8 näher beschrieben.

**[0172]** Bei aktivem Notfahrstand sind die Tasten unterhalb der Anzeige für die Wellendrehzahl zur Drehzahlsteuerung freigegeben. Bei Betätigen der Tasten zum Erhöhen bzw. Erniedrigen der Drehzahl leuchtet die entsprechende Taste. Die Lampen leuchten nur, wenn die Kommandos am Notfahrstand (Emergency Control Station (ECS)) freigegeben werden. Die Fahrhebel auf der Brücke werden entsprechend nachgeführt.

**[0173]** Bei Betätigen der Tasten für Backbord- bzw. Steuerborddrehung unterhalb der Anzeige der Istwerte für die Schubrichtung leuchten die entsprechenden Tasten. Die Lampen leuchten nur, wenn die Kommandos am Notfahrstand (ECS) freigegeben werden. Die Tasten sind nur bei angewähltem Notfahrstand als Steuerstand aktiv. Die Steuerhebel des Fahrstandes seitens der Brücke werden entsprechend nachgeführt.

**[0174]** In dem mit "Control Station" gekennzeichneten Bereich 476 des Ein- und Ausgabeelementes des Notfahrstandes gemäß Fig. 9 sind die Tasten und Anzeigen angeordnet, die zur Anwahl und Anzeige des aktiven Fahrstandes als Steuerstandes dienen.

**[0175]** Die Anzeige "Bridge Control" 477 zeigt den aktiven Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes an.

**[0176]** Die Anzeige "ECR-Control" 478 zeigt den aktiven Fahrstand des Maschinenraums (ECR Engine Control Room) an.

**[0177]** Die Anzeige 479 zeigt den aktiven Fahrstand des Notfahrstandes (ECS Emergency Control Station) an. Wenn diese Anzeige 479 mit einem Dauerlicht leuchtet, ist der Notfahrstand der aktive Fahrstand. Eine Bedienung des Fahrstandes 1 der Brücke des Schiffes ist nicht möglich.

**[0178]** Die Anzeige "POD Control" 480 zeigt an, dass im POD der Steuerstand POD angewählt wurde und aktiv ist. Eine Fernsteuerung ist nicht möglich.

**[0179]** Mit dem Wahlschalter "Selector REM/ECS" 481 wird der Fahrstand des Notfahrstandes "ECS" an- bzw. abgewählt.

**[0180]** In dem mit "Azimuthcontrol" gekennzeichneten Bereich 482 sind die Tasten und Anzeigen angeordnet, die zur Bedienung und Alarmierung zur Azimuthfeststellung vorgesehen sind.

**[0181]** Der Tasten 483 "Hydraulikpumpe" dient der

Anwahl und Betriebsanzeige der Pumpe vom Hydrauliksystem der SSP-Azimuthsteuerung. Die Taste ist nur bei angewähltem Notfahrstand beigegeben.

**[0182]** Die Anzeige 484 "Hydraulik-Failure" zeigt einen Fehler des Hydrauliksystems zur SSP-Azimuth Feststellung an. Eine Anzeige kann hier den Verlust der Ruderwirkung bedeuten.

**[0183]** Die Anzeige "Collective Failure" 485 ist ein Sammelalarmsignal. Sie leuchtet, wenn mindestens ein Fehler seitens der Steuereinrichtung des Antriebs- und Fahrsystems für Schiffe oder ein Fehler der Hilfsaggregate innerhalb des Gehäuses des SSP aufgetreten ist.

**[0184]** Mit der Taste "Break Active" 486 wird die Wellenbremse des Antriebs eingelegt und freigegeben. Die Wellenbremse kann nur eingelegt werden, wenn beide Umrichter der Antriebe nicht in Betrieb sind. Die Lampe in der Taste 486 gibt dabei die Rückmeldung, ob die Wellenbremse eingelegt ist.

**[0185]** Mit der Taste "POD cover" 487 wird der Verriegelungsbolzen für die "POD-Zugangstür reaktiviert. Die Taste ist nur bedienbar bei angewähltem Notfahrstand (ECS) und bei eingelegter Bremse. Die Lampe der Taste 487 zeigt dabei die Entriegelung an.

**[0186]** Mit der Taste "POD Pos." 488 wird der PUD in die Grundstellung gestellt. Die Grundstellung liegt auf =0°. Erreicht der POD die Grundstellung, leuchtet die Lampe der Taste 488.

**[0187]** Die Taste 489 "Fan On" schaltet den Lüfter für den POD. Dabei zeigt die Lampe der Taste 489 den Status des Lüfters an.

**[0188]** Die Taste "Heater On" schaltet die Heizung für den Großbuchstaben PUD. Die Lampe des Tasters 490 zeigt dabei den Status an.

**[0189]** Die Anzeige 491 "Disconnecting Valve" zeigt an, dass das Absperrventil zwischen der ersten Hydraulikpumpe bzw. der zweiten Hydraulikpumpe und dem Hydrauliktank geschlossen ist.

**[0190]** Indem mit "Propulsion Unit" 492 gekennzeichneten Bereich sind die Tasten und Anzeigen angeordnet, die zur Bedienung und Alarmierung des elektrischen Antriebssystems vorgesehen sind.

**[0191]** Die Taste "Converter Selected" 493 dient der Anwahl des Umrichters 1 bzw. 2. Durch Tastendruck wird der Umrichter 1 bzw. 2 an- oder abgewählt. Dabei muss mindestens ein Umrichter 1 bzw. 2 angewählt sein. Zur Anwahl muss die Anlage im Zustand aus sein.

**[0192]** Die Anzeige "Converter Run" 494 erscheint mit einem grünen Dauerlicht, wenn die Umrichtereinheit 1 bzw. 2 am Netz und betriebsbereit ist.

**[0193]** Jeder SSP verfügt über zwei Systeme zur Energie- und Geschwindigkeits-Kontrolle (power- und speed control, PSU).

**[0194]** Aufgabe dieser Systeme ist der Kraftwerksschutz und die Drehzahlregelung des Antriebs. Dabei ist immer ein System aktiv. Im Fehlerfall kann der Bediener auf das andere System umschalten. Die Taste "PSU 1/2 SEL" 496 dient der Anwahl des aktiven Power- und Speed-Control-Systems ½. Bei der Anwahl des ei-

nen Systems wird automatisch das andere System ausgewählt. Die Taste 496 ist bei Fahrstand gleich Notfahrstand (ECS) freigegeben. Zur Anwahl eines neuen Systems muss der Antrieb abgeschaltet werden.

**[0195]** Die Taste "Start Propulsion" 497 dient zum automatischen Ansetzen der Antriebsanlage. Dazu gehört das Schalten der Rückkühlanlage auf Fahrbetrieb und das Einschalten der Umrichter. Während der Startsequenz blinkt die Anzeige der Taste 497 mit grünem Licht. Im Ruhezustand der Startsequenz ist die Lampe aus. Die Taste 497 ist nur bei angewähltem Notfahrstand freigegeben. Vom Notfahrstand werden nur die Umrichter durch die Taste "Start Propulsion" 497 betriebsbereit gesetzt. Die Systeme zur Azimuthfeststellung und die Wellenbremse müssen durch die Taste im Bereich "Azimuthcontrol" 482 bedient werden. Die Taste 497 "Start Propulsion" ist nur bedienbar, wenn die Wellenbremse nicht aktiviert ist.

**[0196]** Die Taste "Stop Propulsion" 498 dient zum automatischen Absetzen der Antriebsanlage. Dazu gehört das Schalten der Rückkühlanlage auf Standby und das Ausschalten der Umrichter. Während der Stoppsequenz blinkt die Anzeige der Taste 498 mit rotem Licht. Im Ruhezustand der Sequenz leuchtet die Lampe mit einem roten Dauerlicht. Die Taste 498 ist nur bei angewähltem Notfahrstand freigegeben. Das Absetzen der Hydraulikpumpen zur Azimuthfeststellung und das Einlegen der Wellenbremse erfolgt durch zusätzliche Bedienung im Bereich "Azimuth Control" 482.

**[0197]** Die Anzeige "Propulsion Ready" 499 erscheint mit einem grünen Dauerlicht, wenn der Antrieb und die Steuerung betriebsbereit sind. Wenn die Startsequenz durchlaufen wurde und die Fahranlage nicht betriebsbereit ist, blinkt die Anzeige 499. Die Lampe der Anzeige 499 erlischt nach Durchlaufen der Stopsequenz.

**[0198]** Die Anzeige "Propulsion Failure" 500 erscheint mit einem roten Dauerlicht, wenn die Antriebssteuerung einen Ausfall innerhalb der Fahranlage erkennt.

**[0199]** Im Bereich "Control" 500 sind die Tasten und Anzeigen angeordnet, die zur Anwahl und Anzeige des Notfahrstandes dienen.

**[0200]** Bei Betätigen der Taste "Lamp Test" 501 leuchten alle Lampen des entsprechenden Antriebs auf dem entsprechenden Pendel des Ein- und Ausgabeelementes und das entsprechende Signalhorn wird aktiviert.

**[0201]** Mit der Taste "Alarm Reset" 502 können anstehende Alarme zurückgesetzt werden. Anstehende Alarme werden dabei durch Blinken angezeigt.

**[0202]** Bei Steuer- bzw. Fahrstandsübernahme und zur Alarmierung von Federzuständen wird das Horn angesteuert. Die Alarmierung über das Horn ist nur bei angewähltem Notfahrstand (ECS) freigegeben.

**[0203]** Für jeden Antrieb ist, wie in Fig. 9 dargestellt, eine Notstopptaste 502 "Emergency Stop" vorgesehen. Der Notstopp ist unabhängig vom aktiven Fahrstand. Bei Notstopp leuchtet die entsprechende Taste 503 auf.

**[0204]** Bei allen Tasten die Funktionen einleiten oder

bedienen, welche beide Antriebe betreffen, wie beispielsweise die Fahrstandsumschaltung oder den Fahrmode, können die entsprechenden Bedientableaus gemäß den Fig. 7 - 10 der Ein- und Ausgabeelemente der Fahrstände des Antriebs- und Fahrsystems sowohl für Backbord als auch für Steuerbord benutzt werden.

**[0205]** Folgende Tasten der Ein- und Ausgabeelemente gemäß den Fig. 7 - 10 wirken auf beide Antriebe zusammen:

- "Crash Stop" 429
- "Single Mode" 422
- "Tandem Mode" 423
- "Joystick" 424
- "Track Pilot" 425
- "Speed Pilot" 426
- "Bridge Control" 463
- "ECR Control" 464
- "Steering Wheel Control" 466 und
- "Take Control" 467.

**[0206]** Für die Freigabe der Startsequenz seitens der Fahrstände müssen verschiedene Bedingungen in dem Antriebs- und Fahrsystem gegeben sein:

- Die Fahrhebel am aktiven Fahrstand müssen auf Stopposition stehen.
- Es darf kein "Shut Down"-Kriterium aktiv sein.
- Die angewählten Umrichter müssen einschaltbereit sein.
- RCU muss einschaltbereit sein.
- Die Rückkühlanlage muss auf Automatik unter Leitwert unter dem eingestellten Grenzwert stehen.
- Es müssen wenigstens zwei Generatoren am Bordnetz angeschlossen sein.

**[0207]** Die Startsequenz ist gesperrt, wenn die Lampe "Start Block" 457 mit einem Dauerlicht leuchtet.

**[0208]** Die Startsequenz wird durch die Taste "Start Propulsion" 459 am aktiven Fahrstand aktiviert. Dabei wird folgende Startreihenfolge eingehalten:

1. Umschalten der Rückkühlanlage und Stand-by-Betrieb auf Fahrbetrieb
2. Lösen der Wellenbremsen
3. Starten der Hydraulikpumpe
4. Zeitlich versetztes Einschalten der angewählten Umrichter.

**[0209]** Während der Startsequenz blinkt die "Start Propulsion" Lampe der Taste 459 mit einer langsamen Frequenz. Nach korrektem Durchlaufen geht die Lampe der Taste 459 aus und die Lampe "Propulsion Ready" leuchtet grün. Das Antriebs- und Fahrsystem ist damit betriebsbereit. Wird die Startsequenz durch einen Fehler abgebrochen, leuchtet die Lampe "Start Fail" 453.

**[0210]** Wird die Startsequenz vom Notfahrstand gemäß Fig. 9 gestartet, werden die Hydraulikpumpen nicht

automatisch gestartet, die Wellenbremse nicht automatisch gelöst. Dies muss vorher durch den Bediener an den Notfahrstandstasten der Azimuthsteuerung vorgenommen werden.

**[0211]** Zum Ausschalten der Anlage muss der Fahrhebel auf Stellung Stop stehen. In der Stopsequenz werden die Schritte der Startsequenz in umgekehrter Reihenfolge rückgängig gemacht.

1. Sollwert Null für die Umrichter
2. Ausschalten der Umrichter
3. Einlegen der Bremse
4. Einschalten der Rückkühlanlage von Fahrbetrieb auf Stand-by-Betrieb.

**[0212]** Während der Stopsequenz blinkt die "STOP Propulsion"-Lampe 460 mit einer langsamen Frequenz. Nach Durchlaufen des ersten Schrittes geht die Lampe "Propulsion Ready" auf Dauerlicht. Die Anlage ist jetzt nicht mehr betriebsbereit und alle Systeme sind ausgeschaltet. Wird die Stopsequenz durch einen Fehler abgebrochen, geht die Lampe "STOP Propulsion" aus.

**[0213]** Wird die Stopsequenz von dem Notfahrstand gemäß Fig. 9 aus gestartet, werden die Hydraulikpumpen nicht automatisch gestoppt und die Wellenbremse wird nicht eingelegt. Dies muss nach Stoppen des Antriebes durch den Bediener an den Notfahrstandstasten der Azimuthsteuerung zusätzlich vorgenommen werden. Die Crash-Stop Sequenz führt automatisch folgende Schritte aus:

1. Aufforderung an das Power Management alle Generatoren zu starten.
2. Drehzahlsollwert wird auf Null gesetzt.
3. Momentengrenze wird auf etwa 10 % gesetzt.
4. Zur schnelleren Schubrichtungsverstellung wird die zweite Hydraulikpumpe gestartet.
5. Start zum gegenläufigen Drehen beider Antriebe auf 180°.
6. Bei Antriebsposition von etwa 75° wird der Drehzahlsollwert auf Nenndrehzahl gesetzt.
7. Von Antriebsposition 75° bis Antriebsposition 180° wird die Momentengrenze schrittweise zurückgenommen.
8. Bei Antriebsposition 180° steht der Drehzahlsollwert auf Nenndrehzahl und die Momentengrenze auf Nennmoment.

**[0214]** Solange die Crash-Stop-Funktion aktiv ist leuchtet die Lampe mit einem Dauerlicht.

**[0215]** Während des Crash-Stops werden die Fahrhebel des Fahrstandes seitens der Brücke des Schiffes nachgeführt.

**[0216]** Der Crash-Stop wird durch nochmaliges Betätigen der Crash-Stop-Taste auf einem der Ein- und Ausgabeelemente der Steuereinrichtung beendet. Nach Beenden der Crash-Stop-Funktion bleibt der SSP in der aktuellen Stellung stehen und der Drehzahlsollwert wird

auf Null gestellt. Nachdem der Crash-Stop beendet wurde steht die Fahranlage wieder auf "Harbour and Sea Mode". Der aktive Fahrhebel hat das Kommando erst wieder, nachdem er auf Nullstellung geführt wurde.

**[0217]** Ein Wechsel vom "Harbour-Mode" zum "Sea-Mode" erfolgt über die entsprechenden Tasten. Erreicht das Schiff im "Harbour-Mode" eine noch zu bestimmende Geschwindigkeit, wird durch einen akustischen Alarm und ein Blinken der "Sea-Mode-Taste" darauf aufmerksam gemacht, dass für die Sicherheit des Schiffes vorteilhaft wäre, jetzt in den "Sea-Mode" zu wechseln. Im Sea-Mode läuft eine Hydraulikpumpe je Antrieb und der Steuerwinkel des SSP ist vorzugsweise auf maximal +/- 35° begrenzt. Im "Harbour-Mode" ist der Antrieb ohne eine 360°-Begrenzung drehbar und es sind zwei Hydraulikpumpen in Betrieb. Zusätzlich wird der "Harbour-Mode" dem "Power-Management" gemeldet. Das Power-Management lässt im "Harbour-Mode" alle aktiven Generatoren, unabhängig von der nicht genutzten Leistung, am Netz.

**[0218]** Die Fahrstandswechsel erfolgen, wie bereits im Zusammenhang mit Fig. 6 erläutert, ohne Sollwertsprünge. Durch die Nachführung der Fahrhebel seitens des Fahrstandes auf der Brücke des Schiffes und durch die Tastensteuerung auf den anderen Fahrständen, insbesondere Notfahrständen, ist ein manueller Fahrhebelgleichstand nicht erforderlich. Bei aktivem Fahrstand der Brücke erfolgt die Sollwertvorgabe von Drehzahl und Schubrichtung seitens des Fahrstandes der Brücke. Bei aktivem Fahrstand seitens des Maschinenraums (ECR) erfolgt nur die Drehzahlvorgabe von dem ECR-Fahrstand. Die Schubrichtungsvorgabe erfolgt seitens des Fahrstandes der Brücke. Bei aktivem Notfahrstand erfolgt die Sollwertvorgabe für Schub und Schubrichtung gemeinsam durch Tasten am Notfahrstand, wie oben bereits erläutert. Die Befehlsvorgabe durch den Fahrstand der Brücke erfolgt über Telefon hinsichtlich Schubrichtung und Schub bzw. durch den eingebauten Nottelograph hinsichtlich des Schubes.

**[0219]** Der Wechsel des Fahrstandes wird durch Drücken der Taste "Bridge Control" am Brückencenterfahrstand eingeleitet. Durch blinkende Anzeige der Lampen "Bridge Control" und "Take Control" auf dem Ein- und Ausgabeelement des Fahrstandes seitens der Brücke des Schiffes wird die Einleitung des Wechsels angezeigt. Solange der Wechsel des Fahrstandes durch die "Take Control"-Taste nicht bestätigt wurde, kann der Wechsel jederzeit durch nochmaliges Betätigen der "Bridge Control"-Taste unterbrochen werden. Durch Drücken der Taste "Take Control" wird unmittelbar vom aktiven Fahrstand, beispielsweise seitens des Maschinenraums (ECR) auf den aktiv geschalteten Fahrstand, beispielsweise seitens der Brücke, umgeschaltet. Die Umschaltung vom Fahrstand des Maschinenraums auf den Fahrstand seitens der Brücke des Schiffes wird im Fahrstand des Maschinenraums durch einen akustischen Alarm und durch Blinken der "Bridge Control"-Lampe signalisiert. Der Steuerstandsverlust

wird durch Betätigen der Taste "Bridge Control" im Fahrstand seitens des Maschinenraums quittiert.

**[0220]** Der Wechsel des Fahrstandes seitens der Brücke zum Fahrstand seitens des Maschinenraums wird durch Drücken der Taste "ECR Control" am brückenseitigen Fahrstand eingeleitet. Durch eine blinkende Anzeige der Lampe "ECR Control" seitens des Brückenfahrstandes und dem ECR-Fahrstand wird die Einleitung des Wechsels angezeigt. Gleichzeitig signalisiert ein akustisches Signal auf beiden Fahrständen die Einleitung des Wechsels. Im ECR-Fahrstand blinkt die Taste "Take Control". Solange der Wechsel des Fahrstandes durch die "Take Control"-Taste im ECR-Fahrstand nicht bestätigt wurde, kann der Wechsel jederzeit durch nochmaliges Betätigen der "ECR Control"-Taste seitens des Brückenfahrstandes unterbrochen werden. Durch Drücken der Taste "Take Control" im ECR-Fahrstand wird unmittelbar vom aktiven Fahrstand seitens der Brücke aktiv auf den ECR-Fahrstand umgeschaltet. Auf allen Fahrständen wird die Lampe "ECR Control" mit einem Dauerlicht angezeigt. Die Lampe "Bridge Control" ist auf allen Fahrständen erloschen. Die akustische Signalisierung wird auf allen Fahrständen beendet.

**[0221]** Der Wechsel zum ECS-Fahrstand erfolgt durch Betätigung des Wahlschalters "REM/ECS" von REM auf ECS am Notfahrstand. Mit dem Schalter erhält der Notfahrstand unmittelbar die Steuerberechtigung. Die Lampe "ECS Control" am Notfahrstand geht über in ein Dauerlicht. Der Steuerstandsverlust im Maschinenfahrstand (ECR-Fahrstand) wird durch optische und akustische Signalisierung auf den ECR-Fahrstands-Ein- und Ausgabeelement (ECR-Panel) alarmiert. Die Lampe "ECR Control" auf dem ECR-Panel erlischt. Die Lampe "ECS Control" blinkt auf dem ECR-Panel, solange bis der Steuerstandsverlust mit der Taste "ECS Control" auf dem ECR-Panel quittiert wurde. Mit der Quittierung wird auch die akustische Signalisierung beendet. Die Lampe "ECS Control" auf dem ECR-Panel hat ein Dauerlicht. Auf dem brückenseitigen Fahrstand erscheint die Lampe "ECS Control" mit einem Dauerlicht und die Lampe "ECR Control" erlischt.

**[0222]** Der Steuerstandsverlust auf der Brücke wird durch optische und akustische Signalisierung auf dem Ein- und Ausgabeelement seitens des Fahrstandes der Brücke alarmiert. Die Lampe "Bridge Control" auf dem Ein- und Ausgabeelement des Brückenfahrstandes erlischt. Die Lampe "ECS Control" blinkt auf dem Ein- und Ausgabeelement des Brückenfahrstandes solange, bis der Steuerstandsverlust mit der Taste "ECS Control" seitens des Brückenfahrstandes quittiert wurde. Mit der Quittierung wird auch die akustische Signalisierung beendet. Die Lampe "ECS Control" seitens des Brückenfahrstandes hat ein Dauerlicht. Im ECR-Fahrstand erscheint die Lampe "ECS Control" mit einem Dauerlicht und die Lampe "Bridge Control" erlischt.

**[0223]** Der Wechsel vom Notfahrstand zu einem sogenannten Remote-Fahrstand erfolgt durch Betätigung des Wahlschalters "REM/ECS" von ECS auf REM am

Notfahrstand. Bei Wechsel von einem Notfahrstand auf einen Remote-Fahrstand werden die Fahrstände der Brücke und des Maschinenraums (ECR) zugleich ausgewählt. Auf der Brücke blinkt die Lampe "Bridge Control" und es gibt eine akustische Alarmierung. Am ECR-Fahrstand blinkt die Lampe "ECR Control" und es ertönt ebenfalls das Horn. Bei Übernahme der Steuerung seitens des Brücken-Fahrstandes durch Betätigung der "Bridge Control"-Taste am Ein- und Ausgabeelement des brückenseitigen Fahrstandes geht die Lampe "Bridge Control" in ein Dauerlicht über und das Horn verstummt. Damit hat jetzt der brückenseitige Fahrstand das Kommando. Im ECR-Fahrstand geht die blinkende Lampe "ECR Control" aus und die "Bridge Control"-Lampe an. Das Horn verstummt ebenfalls. Übernimmt der ECR-Fahrstand durch Betätigung der "ECR Control"-Taste am Ein- und Ausgabeelement des ECR-Fahrstandes die Steuerung, geht die Lampe "ECR Control" in ein Dauerlicht über und das Horn verstummt. Damit hat der ECR-Fahrstand das Kommando. Bei dem brückenseitigen Fahrstand geht die blinkende Lampe "Bridge Control" aus und die "ECR Control"-Lampe an. Das Horn verstummt ebenfalls.

**[0224]** Der Wechsel zwischen den Fahrständen auf der Brücke des Schiffes erfolgt durch Betätigung der Taste "Take Control" am gewünschten Fahrstand. Dies ist nur möglich bei aktivem Steuerstand Brücke.

**[0225]** Eine Reduzieraufforderung wird gemeldet bei folgenden Ereignissen.

- Wicklungstemperatur vom Transformator hat das Limit für die Reduzieranforderung erreicht.
- Wicklungstemperatur vom Motor hat das Limit für die Reduzieranforderung erreicht.
- Temperatur des Umrichter Kühlwassers hat das Limit für die Reduzieranforderung erreicht.
- Temperatur des Umrichters hat das Limit für die Reduzieranforderung erreicht.

**[0226]** Wird die Reduzieranforderung missachtet und die Werte ändern sich weiter zum schlechteren, wird ein automatisches Reduzieren eingeleitet. Dies geschieht für folgende Ereignisse:

- Wicklungstemperatur vom Transformator hat das Limit für die automatische Reduzierung erreicht.
- Wicklungstemperatur vom Motor hat das Limit für die automatische Reduzierung erreicht.
- Temperatur des Umrichter Kühlwassers hat das Limit für die automatische Reduzierung erreicht.
- Temperatur des Umrichters hat das Limit für die automatische Reduzierung erreicht.

**[0227]** Zusätzlich zu den genannten Ereignissen erfolgt die Meldung automatisches Reduzieren, wenn im Doppelumrichterbetrieb ein Umrichter aus folgenden Gründen ausgeschaltet wird:

- interner Fehler Umrichter
- Erdschluss
- Übertemperatur Umrichter
- Übertemperatur Transformator
- Übertemperatur Kühlanlage
- Ausfall TCU<sup>VIII</sup>

**[0228]** Bei folgenden automatischen Reduzieren ist es möglich, die Reduzierung durch ein Oberride zu beenden:

- Reduzierung wegen der Wicklungstemperatur vom Transformator
- Reduzierung wegen der Wicklungstemperatur vom Motor
- Reduzierung wegen der Temperatur des Umrichter-kühlwassers
- Reduzierung wegen der Temperatur des Umrichters

**[0229]** Ist der Drehzahl-Istwert der Anlage durch eine automatische Reduzierung unter den Drehzahlsollwert gedrückt worden, wird die Overridefunktion erst aktiv, wenn ein Sollwert kleiner gleich dem Istwert vorgegeben wird.

**[0230]** Die Overridefunktion ist jederzeit durch den Bediener mit einem nochmaligen Betätigen der Slowdown-Override-Taste zu beenden.

**[0231]** Der Override wird an die Alarmanlage gemeldet.

**[0232]** Die Aufforderung zum Stoppen kommt bei folgenden Ereignissen:

- Ausfall beider Hydraulikpumpen der Azimuthsteuerung

**[0233]** Ein automatischer Stop wird bei folgenden Ereignissen eingeleitet:

- Grenztemperatur Motor erreicht
- Wassereintrich in der SSP-Gondel, der nicht durch die Bilgenpumpen bewältigt werden kann
- Kurzschluss
- Ausfall beider Umrichter
- Leitwert Umrichter-kühlwasser über Limit
- Ausfall angewählter PSU (Drehzahlregler)

**[0234]** Bei Ausführen eines Shutdown wegen Wassereintrich wird folgende Sequenz eingeleitet:

1. Sollwert Drehzahl = 0
2. Betrieb von zwei Hydraulikpumpen.
3. Schwenken des Antriebes auf 90°. Wellenbremse einlegen, sobald Grenzdrehzahl erreicht ist.
4. Umrichter wird ausgeschaltet, sobald Wellenbremse eingelegt ist.
5. Stickstoffdichtung an der Welle wird aufgeblasen (Pneumostop).

6. Schwenken des Antriebes zurück auf die Fahrhebelstellung.
7. Hydraulikpumpen werden entsprechend dem gewählten Fahrmode geschaltet.

**[0235]** Bei Ausführung eines Shutdown wegen Kurzschluss wird folgende Sequenz eingeleitet:

1. Beide Umrichter werden ausgeschaltet.
2. Betrieb von zwei Hydraulikpumpen.
3. Schwenken des Antriebes auf 90°. Wellenbremse einlegen, sobald Grenzdrehzahl erreicht ist.
4. Schwenken des Antriebes zurück auf die Fahrhebelstellung.
5. Hydraulikpumpen werden entsprechend dem gewählten Fahrmode geschaltet.

**[0236]** Für die Funktion "Schiff vor Maschine" gibt es die Möglichkeit, ein Shutdown zu override. Abschaltungen, die diese Möglichkeit bieten, werden angekündigt. Zur Ankündigung blinkt die Lampe "Shutdown" und "Shutdown Override". der Bediener kann innerhalb von 30 Sek. entscheiden, ob er diesen Shutdown zulassen will. Nach Ablauf von 30 Sek. wird der Shutdown durchgeführt. Betätigt er innerhalb von 30 Sek. die Override-Taste, wird der Shutdown nicht durchgeführt. Durch Betätigen der Overridefunktion nimmt der Bediener einen möglichen Schaden der Antriebsanlage in Kauf.

**[0237]** Es können folgende Shutdowns verhindert werden:

- Grenztemperatur Motor erreicht.
- Wassereintrich in der SSP-Gondel, der nicht durch Bilgenpumpen bewältigt werden kann.

**[0238]** Der Override wird an die Alarmanlage gemeldet.

**[0239]** Die Rückkühlanlage der Umrichter hat drei Betriebsarten.

**[0240]** Die erste Betriebsart ist der abgeschaltete Zustand. Dieser Zustand wird erreicht, indem die Pumpenstarter von "Automatik" auf "Hand" geschaltet werden. Im Handbetrieb werden die Pumpen von dem Bediener - wenn nötig - ausgeschaltet.

**[0241]** Die zweite Betriebsart ist der Stand-by-Betrieb. Der Stand-by-Betrieb wird aktiviert durch Umschalten der Pumpenstarter von Hand- auf Automatikbetrieb. Der Stand-by-Betrieb der Rückkühlanlage ist aktiv, wenn die Fahranlage ausgeschaltet ist ("PROP. STOP" aktiv). Im Stand-by-Betrieb werden die Pumpen der Rückkühlanlage in Intervallen gestartet, um den Leitwert des Kühlwassers auf einem Wert zu halten, der einen sofortigen Start der Antriebsanlage ermöglicht.

**[0242]** Die dritte Betriebsart ist der Betrieb bei aktivierter Fahranlage. In dieser Betriebsart wird eine der zwei Kühlwasserpumpen dauernd betrieben. Die andere Pumpe dient als Standby-Pumpe.

**[0243]** Der Notaus kann an folgenden Orten ausge-

löst werden:

- Brücke
- ECC
- Wing PS
- Wing SB
- ECR
- Steuerschrank Umrichter
- ECS Notfahrstand

**[0244]** Jeder SSP-Antrieb kann einzeln durch die ihm zugeordnete Notauskette gestoppt werden.

**[0245]** Bei Aktivierung des Notaus werden alle Umrichter des zugeordneten Antriebs sofort abgeschaltet und die Leistungsschalter in der Schaltanlage geöffnet. Der Antrieb trudelt aus.

**[0246]** Jeder Notaus ist als rastender Schalter ausgeführt. Betätigte Schalter werden durch eine blinkende Signalisierung dargestellt.

**[0247]** Ist durch einen Fehler die Sollwertvorgabe mit den Fahrhebeln nicht möglich, so kann der Bediener auf die Nottastensteuerung umschalten.

**[0248]** Unter den SSP-Positionsanzeigen sind die Tasten "Drehen des SSP nach Backbord und Steuerbord" angeordnet. Die Drehrichtung wird durch Pfeile deutlich gemacht.

**[0249]** Zur Aktivierung der eben genannten Tasten muss die Nottastensteuerung aktiviert werden. Zur Aktivierung muss die Taste "Emergency Steer" betätigt werden. Die aktivierte Nottastensteuerung wird durch ein Dauerlicht angezeigt.

**[0250]** Alle Tasten der Notsteuerung sind auf den Nocks und dem Center-Fahrstand parallel geschaltet.

**[0251]** Während des Notsteuerungsbetriebs ist die sogenannte Zeitsteuerung aktiv. Signale der Tasten ◀ bzw. ▶ werden unmittelbar an die Ventile der Steuerhydraulik geleitet.

**[0252]** Ist durch einen Fehler die Drehzahlsollwertvorgabe mit den Fahrhebeln nicht möglich, so kann der Bediener auf die Nottastensteuerung umschalten.

**[0253]** Unter den SSP-Drehzahlanzeigen sind die Tasten "Drehzahl hoch" und "Drehzahl runter" angeordnet. Die Kommandos werden durch Pfeile deutlich gemacht.

**[0254]** Zur Aktivierung der eben genannten Tasten muss die Nottastensteuerung aktiviert werden. Zur Aktivierung muss die Taste "Emergency Speed Control" betätigt werden. Die aktivierte Nottastensteuerung wird durch ein Dauerlicht angezeigt.

**[0255]** Alle Tasten der Notsteuerung sind auf den Nocks und dem Center-Fahrstand parallel geschaltet.

**[0256]** Während des Notsteuerungsbetriebs ist die sogenannte Zeitsteuerung aktiv. Signale der Tasten ◀ bzw. ▶ werden unmittelbar an die Eingänge der Baugruppe zur Drehzahlregelung geleitet.

## Patentansprüche

1. Antriebs- und Fahrsystem für Schiffe mit einem außenbords angeordneten Ruderpropeller (10), der sich aus einem drehbaren, eine Energieübertragungseinrichtung (14) aufweisenden Azimuthmodul (11) und einem an diesem gondelartig angeordneten Propulsionsmodul (12), das mit einem Antriebsmotor für einen Propeller (16) versehen ist, zusammensetzt, wobei wenigstens zwei Ruderpropeller (10) vorhanden sind, deren jeweiliger Antriebsmotor als permanentmagneterregte Synchronmaschine ausgebildet ist, wobei die Ständerwicklung der Synchronmaschine drei zu einem 3-Phasen-Wechselstrom verschaltete Stränge aufweist, die über die Energieübertragungseinrichtung (14) mit einem im Schiff angeordneten Stromrichter (20) verbunden sind, welcher eingangsseitig über Stromrichtertransformatoren an das Bordnetz des Schiffes angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine aus standardisierten Baugruppen modular zusammengesetzte Steuer- und Regeleinrichtung für jeden der Ruderpropeller (10) vorgesehen ist.
2. Antriebs- und Fahrsystem für Schiffe mit einem außenbords angeordneten Ruderpropeller (10), der sich aus einem drehbaren, eine Energieübertragungseinrichtung (14) aufweisenden Azimuthmodul (11) und einem an diesem gondelartig angeordneten Propulsionsmodul (12), das mit einem Antriebsmotor für einen Propeller (16) versehen ist, zusammensetzt, wobei der Antriebsmotor als permanentmagneterregte Synchronmaschine ausgebildet ist, wobei die Ständerwicklung der Synchronmaschine sechs Stränge aufweist, von denen jeweils drei zu einem 3-Phasen-Wechselstrom verschaltet und unter Bildung eines Teilsystems über die Energieübertragungseinrichtung (14) mit einem im Schiff angeordneten Stromrichter (20a,20b) verbunden sind, welcher eingangsseitig über einen Stromrichtertransformator (30a,30b) an das Bordnetz des Schiffes angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine aus standardisierten Baugruppen modular zusammengesetzte Steuer- und Regeleinrichtung (25a,25b,26a,26b) für jedes der beiden Teilsysteme vorgesehen ist.
3. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** beide Teilsysteme parallel betreibbar sind, wobei eine der Regel- und Steuereinrichtung (25a, 26a) der Teilsysteme als Master und die andere (25b, 26b) als Slave einsetzbar ist.
4. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedem Teilsystem eine speicherprogrammierbare Si-

- cherheitseinrichtung (27a, 27b) zugeordnet ist, die neben Alarmsignalen automatisch auch Regel- und Steuersignale erzeugt.
5. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Stromrichter (20, 20a, 20b) eine Phasenstromregelung aufweist. 5
  6. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Phasenstromregelung eine als Transvektorregelung ausgebildete feldorientierte Regelung vorgeschaltet ist. 10
  7. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Überwachungseinrichtung (60) vorgesehen ist, durch welche die Energieerzeugung und -verteilung im Bordnetz gegen eine Überbelastung durch den Antriebsmotor schützbar ist. 15
  8. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet durch** die Anordnung seiner einzelnen Komponenten in wenigstens einem vorgefertigten Container. 20
  9. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abmessung der Container standardisiert ist. 25
  10. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Container eine Einrichtung zur Positionsfernüberwachung angeordnet ist. 30
  11. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung zur Positionsfernüberwachung eine GPS-Einheit ist. 35
  12. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung zur Positionsfernüberwachung demontierbar ist. 40
  13. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Regeleinrichtung zur Schwingungsdämpfung eines drehzahlgeregelten Antriebs (101) nur einen einzigen, unabhängig von der Anzahl der an einer Welle (103) arbeitenden Motoren (102), Drehzahlregler (111) aufweist, wobei das Ausgangssignal (116) des Drehzahlreglers (111) zu dessen Reglereingang (110) zurückgeführt (133, 134, 135) ist. 45
  14. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zurückgeführte (133, 134, 135) Ausgangssignal (116) des Drehzahlreglers (111) invertiert (109) wird. 50
  15. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zurückgeführte (133, 134, 135) Ausgangssignal (116) des Drehzahlreglers (111) mit einem Faktor multipliziert (134) wird. 55
  16. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Multiplikationsfaktor (134) derart eingestellt wird, dass sich bei Nennlast eine statische Regelabweichung von etwa 0,2 % bis 1,5 % ergibt.
  17. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die statische Regelabweichung durch einen korrigierten Sollwert  $n^*$  kompensiert wird.
  18. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sollwertkompensation  $n_L^*$  (136) abhängig von der geschätzten Belastung erfolgt.
  19. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Belastung nach einer Kennlinie aus dem nicht kompensierten Drehzahlsollwert (106, 107) oder aus dem Drehzahlwert (112) ermittelt wird.
  20. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei die Regeleinrichtung einen Drehzahlregler umfasst (216) durch dessen Ausgangswert ein Drehmomentensollwert bzw. Stromsollwert über einen Um- bzw. Stromrichter (207) für den elektrischen Propellermotor (203) bzw. den Schiffspropeller (201) vorgebar ist, wobei mittels des Um- bzw. Stromrichters (207) der elektrische Propellermotor (203) entsprechend einem der Soll-drehzahl des Drehzahlreglers (216) entsprechenden Drehmomentensollwert bzw. Stromsollwert mit elektrischer Energie aus einem mittels einer Dieselgeneratoranlage (206) mit elektrischer Energie gespeisten Bordnetz (205) versorgbar ist, wobei durch einen adaptiven Hochlaufgeber (226), mittels dem die zeitliche Anpassung des Stromsollwerts eines Stromreglers (208) des Um- bzw. Stromrichters (207) an den der am Drehzahlregler (216) vorliegenden Soll-drehzahl entsprechenden Stromsollwert unter Berücksichtigung von durch das Bordnetz (205) und/oder die das Bordnetz (205) mit elektrischer Energie speisende Dieselgeneratoranlage (206) vorgegebenen Grenzwerten steuerbar ist.
  21. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 20, bei der eine Hoch- und eine Rücklaufzeit des adaptiven Hochlaufgebers (226) für den Stromsollwert des Stromreglers (208) proportional mit dem Betrag der Ist-Drehzahl des elektrischen Propellermotors

(203)veränderbar ist.

22. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 20 oder 21, bei der in einem unteren Drehzahlbereich des elektrischen Propellermotors (203) bzw. des Schiffspropellers (201) für die Hoch- und die Rücklaufzeit des adaptiven Hochlaufgebers (226) für den Stromsollwert des Stromreglers (208) eine minimale Hoch- und eine minimale Rücklaufzeit vorgebar sind, die von der zulässigen zeitlichen Änderung der Blindleistungsabgabe von Synchrongeneratoren der das Bordnetz (205) speisenden Dieselgeneratoranlage (206) abhängig sind.
23. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 22, wobei die Regeleinrichtung einen Drehzahlregler (315), der dem elektrischen Propellermotor (303) zugeordnet und dessen Ausgangssignal, der Drehmomentensollwert bzw. Stromsollwert, über einen Um- bzw. Stromrichter (306) die Drehzahl des elektrischen Propellermotors (303) regelt, und einen Hochlaufgeber (311), in den ein Drehzahlsollwert für den elektrischen Propellermotor (302) eingebbar und mittels dem für den Drehzahlregler (315) ein Drehzahlsollwertverlauf vorgebar ist, durch den die Istzahl des elektrischen Propellermotors (303) an den in den Hochlaufgeber (311) eingegebenen Drehzahlsollwert für den elektrischen Propellermotor (303) heraufzuführen ist, umfasst, wobei der Hochlaufgeber als adaptiver Hochlaufgeber (311) ausgebildet ist und einen Kennliniengeber (319) aufweist, der vom Betrag des Drehzahlwertes des elektrischen Propellermotors (303) führbar ist.
24. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Kennliniengeber (319) des adaptiven Hochlaufgebers (311) für unterschiedliche Istzahlbereiche (323, 324, 325) des elektrischen Propellermotors (303) unterschiedliche Abhängigkeitsgrade zwischen der Istzahl des elektrischen Propellermotors (303) und der Hochlaufzeit vorgebar sind.
25. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 23 oder 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abhängigkeitsgrad zwischen der Istzahl des elektrischen Propellermotors (303) und der Hochlaufzeit in zumindest einem höheren Istzahlbereich (325) des elektrischen Propellermotors (303) vorzugsweise kontinuierlich einstellbar ist.
26. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung wenigstens einen Fahrstand mit einem Ein- und Ausgabeelement zur Auswahl, Visualisierung und Aktivierung von Betriebszuständen umfasst, wobei insbesondere Fahrstandsum-
- schaltungen und/oder Betriebszustandsänderungen über das Ein- und Ausgabeelement aktivierbar sind.
27. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ein- und Ausgabeelement Schaltmittel, vorzugsweise Taster, umfasst.
28. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 26 oder 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ein- und Ausgabeelement Lampen umfasst, welche vorzugsweise mit Schaltmitteln nach Anspruch 30 kombiniert sind.
29. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 26 bis 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ein- und Ausgabeelement wenigstens eine Textdisplay-Anzeige umfasst, vorzugsweise mit einer Auflösung von 4 Zeilen zu je 20 Zeichen.
30. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 26 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** seitens der Textdisplay-Anzeigen Fehler- und/oder Störmeldungen anzeigbar sind.
31. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 26 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung wenigstens ein als Notsteuerung verwendbares Ein- und Ausgabeelement umfasst, welches zur Steuerung der Antriebsmotoren, der Azimuthmodule und der Propulsionsmodule direkt mit diesen verbunden ist.
32. Antriebs- und Fahrsystem nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ein- und Ausgabeelement einen Notfahrstand ausbildet.
33. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 26 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung, die Regeleinrichtung, die Antriebsmotoren, das Azimuthmodul und das Propulsionsmodul über ein Bussystem, vorzugsweise ein Ringbus, miteinander zur Kommunikation verbunden sind.
34. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 26 bis 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fahrstände und die über das Bussystem miteinander verbundenen Baugruppen und Module Zustandswerte über das Bussystem austauschen, wobei Werteabfragen vorzugsweise dialogisiert erfolgen.
35. Antriebs- und Fahrsystem nach einem der Ansprüche 26 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Notfahrstand vorhanden ist, vorzugsweise achterschiffs.

## Claims

1. Drive and propulsion system for ships having a steering propeller (10) which is arranged outboard and comprises an azimuth module (11), which can rotate and has a power transmission device (14), and a propulsion module (12) which is arranged like a pod on this azimuth module (11) and is provided with a drive motor for a propeller (16), in which at least two steering propellers (10) are provided, whose respective drive motor is in the form of a permanent magnetic synchronous machine, with the stator winding of the synchronous machine having three sections which are connected to a 3-phase alternating current and are connected via the power transmission device (14) to a converter (20), which is arranged in the ship and is connected on the input side via converter transformers to the ship's on-board power supply system, **characterized in that** a control and regulation device, which comprises standardized assemblies in a modular form, is provided for each of the steering propellers (10).
2. Drive and propulsion system for ships having a steering propeller (10) which is arranged outboard and comprises an azimuth module (11), which can rotate and has a power transmission device (14), and a propulsion module (12) which is arranged like a pod on this azimuth module (11) and is provided with a drive motor for a propeller (16), in which the drive motor is in the form of a permanent magnetic synchronous machine, with the stator winding of the synchronous machine having six sections, of which three are in each case connected to a 3-phase alternating current and, forming a subsystem, are connected via the power transmission device (14) to a converter (20a, 20b), which is arranged in the ship and is connected on the input side via a converter transformer (30a, 30b) to the ship's on-board power supply network, **characterized in that** a control and regulation device (25a, 25b, 26a, 26b), which comprises standardized assemblies in a modular form, is provided for each of the two subsystems.
3. Drive and propulsion system according to Claim 2, **characterized in that** the two subsystems can be operated in parallel, in which case one of the regulation and control devices (25a, 26a) of the subsystems can be used as the master, and the other (25b, 26b) can be used as a slave.
4. Drive and propulsion system according to either of Claims 2 and 3, **characterized in that** each subsystem has an associated programmable safety device (27a, 27b) which, in addition to alarm signals, also produces regulation and control signals automatically.
5. Drive and propulsion system according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** each converter (20, 20a, 20b) has phase current regulation.
6. Drive and propulsion system according to Claim 5, **characterized in that** the phase current regulation is preceded by field-oriented regulation in the form of transvector control.
7. Drive and propulsion system according to one of the preceding claims, **characterized in that** a monitoring device (60) is provided, by means of which the power generation and distribution in the on-board power supply network can be protected against being overloaded by the drive motor.
8. Drive and propulsion system according to one of Claims 1 to 7, **characterized by** its individual components being arranged in at least one prefabricated container.
9. Drive and propulsion system according to Claim 8, **characterized in that** the dimensions of the containers are standardized.
10. Drive and propulsion system according to one of Claims 8 or 9, **characterized in that** a device for remote position monitoring is arranged on the container.
11. Drive and propulsion system according to Claim 10, **characterized in that** the device for remote position monitoring is a GPS unit.
12. Drive and propulsion system according to one of Claims 10 or 11, **characterized in that** the device for remote position monitoring is removable.
13. Drive and propulsion system according to one of Claims 1 to 12, with the regulation device having only a single rotation speed regulator (111), irrespective of the number of motors (102) operating on one shaft (103), for damping oscillations in a drive (101) whose rotation speed is regulated, with the output signal (116) from the rotation speed regulator (111) being fed back (133, 134, 135) to its regulator input (110).
14. Drive and propulsion system according to Claim 13, **characterized in that** the fed back (133, 134, 135) output signal (116) from the rotation speed regulator (111) is inverted (109).
15. Drive and propulsion system according to Claim 13 or 14, **characterized in that** the fed back (133, 134, 135) output signal (116) from the rotation speed regulator (111) is multiplied (134) by a factor.

16. Drive and propulsion system according to Claim 15, **characterized in that** the multiplication factor (134) is set such that it results in a steady-state control error of about 0.2% to 1.5% at the rated load.
17. Drive and propulsion system according to Claim 16, **characterized in that** the steady-state control error is compensated for by a corrected nominal value  $n^*$ .
18. Drive and propulsion system according to Claim 17, **characterized in that** the nominal value compensation  $n_L^*$  (136) is carried out as a function of the estimated load.
19. Drive and propulsion system according to Claim 18, **characterized in that** the load is determined on the basis of a characteristic from the non-compensated rotation speed nominal value (106, 107) or from the rotation speed actual value (112).
20. Drive and propulsion system according to one of Claims 1 to 19, with the regulation device comprising a rotation speed regulator (216) whose output value makes it possible to preset a torque nominal value or current nominal value via a converter (207) for the electrical propeller motor (203) or, respectively, the ship propeller (201), in which case the electrical propeller motor (203) can be supplied by means of the converter (207) with electrical power from an on-board power supply network (205), which is supplied with electrical power by means of a diesel generator system (206), in accordance with a torque nominal value or current nominal value which corresponds to the nominal rotation speed of the rotation speed regulator (216), and in which case [lacuna] by an adaptive ramp transmitter (226), by means of which the time matching of the current nominal value of a current regulator (208) of the converter (207) to the current nominal value which corresponds to the nominal rotation speed present at the rotation speed regulator (216) can be controlled, taking account of limit values which are predetermined by the on-board power supply network (205) and/or by the diesel generator system (206) which feeds the on-board power supply network (205) with electrical power.
21. Drive and propulsion system according to Claim 20, in which a run-up time and a run-down time of the adaptive ramp transmitter (226) for the current nominal value of the current regulator (208) can be varied in proportion to the magnitude of the actual rotation speed of the electric propeller motor (203).
22. Drive and propulsion system according to Claim 20 or 21, in which a minimum run-up time and a minimum run-down time can be predetermined for the run-up time and the run-down time of the adaptive ramp transmitter (226) for the current nominal value of the current regulator (208) in a lower rotation speed range of the electric propeller motor (203) or of the ship's propeller (201), and this minimum run-up time and minimum-run-down time are dependent on the maximum permissible rate of change of the wattless component emitted by synchronous generators in the diesel generator system (206) which feeds the on-board power supply network (205).
23. Drive and propulsion system according to one of Claims 1 to 22, in which the regulation device comprises a rotation speed regulator (315), which is associated with the electric propeller motor (303) and whose output signal, the torque nominal value or current nominal value, regulates the rotation speed of the electric propeller motor (303) via a converter (306), and a ramp transmitter (311), into which a rotation speed nominal value for the electric propeller motor (302) can be entered and by means of which a rotation speed nominal value profile can be predetermined for the rotation speed regulator (315), by means of which the actual rotation speed of the electric propeller motor (303) can be matched to the rotation speed nominal value, entered in the ramp transmitter (311), for the electric propeller motor (303), with the ramp transmitter being in the form of an adaptive ramp transmitter (311) and having a characteristic transmitter (319) which can be controlled by the magnitude of the rotation speed actual value of the electric propeller motor (303).
24. Drive and propulsion system according to Claim 23, **characterized in that** different dependency levels between the actual rotation speed of the electric propeller motor (303) and the run-up time can be predetermined in the characteristic transmitter (319) of the adaptive ramp transmitter (311) for different actual rotation speed ranges (323, 324, 325) of the electric propeller motor (303).
25. Drive and propulsion system according to Claim 23 or 24, **characterized in that** the dependency level between the actual rotation speed of the electric propeller motor (303) and the run-up time can be set, preferably continuously, in at least one higher actual rotation speed range (325) of the electric propeller motor (303).
26. Drive and propulsion system according to one of Claims 1 to 25, **characterized in that** the control device comprises at least one control station with an input and output element for selecting, visualizing and activating operating modes, in which case, in particular, control station switching operations and/or operating mode changes can be activated via the input and output elements.

27. Drive and propulsion system according to Claim 26, **characterized in that** the input and output element comprises switching means, preferably push buttons.
28. Drive and propulsion system according to Claim 26 or 27, **characterized in that** the input and output element comprises lamps, which are preferably combined with switching means according to Claim 30.
29. Drive and propulsion system according to one of Claims 26 to 28, **characterized in that** the input and output element comprises at least one text display indication, preferably with a resolution of 4 lines, with 20 characters in each line.
30. Drive and propulsion system according to one of Claims 26 to 29, **characterized in that** fault and/or defect messages can be displayed on the text display indications.
31. Drive and propulsion system according to one of Claims 26 to 30, **characterized in that** the control device comprises at least one input and output element which can be used as an emergency controller and is directly connected to the drive motors, to the azimuth modules and to the propulsion modules in order to control them.
32. Drive and propulsion system according to Claim 31, **characterized in that** the input and output element is in the form of an emergency control station.
33. Drive and propulsion system according to one of Claims 26 to 32, **characterized in that** the control device, the regulation device, the drive motors, the azimuth module and the propulsion module are connected to one another for communication via a bus system, preferably a ring bus.
34. Drive and propulsion system according to one of Claims 26 to 33, **characterized in that** the control stations and the assemblies and modules that are connected to one another via the bus system interchange state values via the bus system, with value checks preferably being carried out in dialogue form.
35. Drive and propulsion system according to one of Claims 26 to 34, **characterized in that** at least one emergency control station is provided, preferably in the stern half of the ship.

## Revendications

1. Système d'entraînement et de propulsion pour ba-

teaux avec une hélice de gouvernail actif (10) hors-bord qui se compose d'un module d'azimut (11) rotatif et comportant un dispositif de transmission d'énergie (14) et d'un module de propulsion (12) monté sur le module d'azimut à la manière d'une nacelle et muni d'un moteur d'entraînement pour une hélice (16), au moins deux hélices de gouvernail actif (10) étant prévues dont le moteur d'entraînement respectif est conçu comme une machine synchrone à excitation par aimant permanent, l'enroulement de stator de la machine synchrone comportant trois phases qui sont branchées en un courant alternatif triphasé et qui sont reliées par l'intermédiaire du dispositif de transmission d'énergie (14) à un convertisseur (20) qui est placé dans le bateau et qui est raccordé côté entrée au réseau de bord du bateau par l'intermédiaire de transformateurs de convertisseur, **caractérisé par le fait qu'il** est prévu un dispositif de commande et de régulation composé de façon modulaire à partir de modules standards pour chacune des hélices de gouvernail actif (10).

2. Système d'entraînement et de propulsion pour bateaux avec une hélice de gouvernail actif (10) hors-bord qui se compose d'un module d'azimut (11) rotatif et comportant un dispositif de transmission d'énergie (14) et d'un module de propulsion (12) monté sur le module d'azimut à la manière d'une nacelle et muni d'un moteur d'entraînement pour une hélice (16), le moteur d'entraînement étant conçu comme une machine synchrone à excitation par aimant permanent, l'enroulement de stator de la machine synchrone comportant six phases parmi lesquelles à chaque fois trois sont branchées en un courant alternatif triphasé et sont reliées, en formant un sous-système, par l'intermédiaire du dispositif de transmission d'énergie (14) à un convertisseur (20a, 20b) qui est placé dans le bateau et qui est raccordé côté entrée au réseau de bord du bateau par l'intermédiaire d'un transformateur de convertisseur (30a, 30b), **caractérisé par le fait qu'un** dispositif de commande et de régulation (25a, 25b, 26a, 26b) composé de façon modulaire à partir de modules standards est prévu pour chacun des deux sous-systèmes.
3. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 2, **caractérisé par le fait que** les deux sous-systèmes peuvent fonctionner en parallèle, l'un (25a, 26a) des dispositifs de commande et de régulation des sous-systèmes pouvant être utilisé comme maître et l'autre (25b, 26b) comme esclave.
4. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 2 ou 3, **caractérisé par le fait qu'il** est associé à chaque sous-système un dis-

- positif de sécurité par programme enregistré (27a, 27b) qui produit automatiquement, outre des signaux d'alarme, des signaux de régulation et de commande.
5. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé par le fait que** chaque convertisseur (20, 20a, 20b) comporte une régulation de courant de phase.
6. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 5, **caractérisé par le fait qu'il** est branché du côté amont de la régulation de courant de phase une régulation à orientation de champ conçue comme une régulation transvectorielle.
7. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'il** est prévu un dispositif de surveillance (60) par lequel la production et la distribution d'énergie dans le réseau de bord peuvent être protégées contre une surcharge par le moteur d'entraînement.
8. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé par** le montage de ses différents composants dans au moins un conteneur préfabriqué.
9. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 8, **caractérisé par le fait que** la dimension des conteneurs est standardisée.
10. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 8 ou 9, **caractérisé par le fait qu'un** dispositif de télésurveillance de position est monté sur le conteneur.
11. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 10, **caractérisé par le fait que** le dispositif de télésurveillance de position est une unité GPS.
12. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 10 ou 11, **caractérisé par le fait que** le dispositif de télésurveillance de position est démontable.
13. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel le dispositif de régulation pour l'amortissement d'oscillation d'un entraînement à vitesse de rotation régulée (101) comporte un seul régulateur de vitesse de rotation (111) indépendamment du nombre des moteurs (102) travaillant sur un arbre (103), le signal de sortie (116) du régulateur de vitesse de rotation (111) étant envoyé en rétroaction (133, 134, 135) à son entrée de régulateur (110).
14. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 13, **caractérisé par le fait que** le signal de sortie (116), envoyé en rétroaction (133, 134, 135), du régulateur de vitesse de rotation (111) est inversé (109).
15. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé par le fait que** le signal de sortie (116), envoyé en rétroaction (133, 134, 135), du régulateur de vitesse de rotation (111) est multiplié (134) par un facteur.
16. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 15, **caractérisé par le fait que** le facteur de multiplication (134) est réglé de manière à obtenir en charge nominale un écart de régulation statique de 0,2 % à 1,5 % environ.
17. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 16, **caractérisé par le fait que** l'écart de régulation statique est compensé par une valeur de consigne corrigée  $n^*$ .
18. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 17, **caractérisé par le fait que** la compensation de valeur de consigne  $n_L^*$  (136) s'effectue en fonction de la charge estimée.
19. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 18, **caractérisé par le fait que** la charge est déterminée selon une courbe caractéristique à partir de la valeur de consigne de vitesse de rotation non compensée (106, 107) ou à partir de la valeur réelle de vitesse de rotation (112).
20. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 1 à 19, dans lequel le dispositif de régulation comprend un régulateur de vitesse de rotation (216) par la valeur de sortie duquel peut être prédéterminée une valeur de consigne de couple ou une valeur de consigne de courant via un convertisseur (207) pour le moteur électrique d'hélice (203) c'est-à-dire pour l'hélice de bateau (201), dans lequel le moteur électrique d'hélice (203) peut être alimenté en énergie électrique au moyen du convertisseur (207) selon une valeur de consigne de couple ou une valeur de consigne de courant correspondant à la vitesse de rotation de consigne du régulateur de vitesse de rotation (216) à partir d'un réseau de bord (205) alimenté en énergie électrique au moyen d'un groupe Diesel électrogène (206), dans lequel il est prévu un générateur d'accélération adaptatif (226) au moyen duquel l'adaptation temporelle de la valeur de consigne de courant d'un régulateur de courant (208) du convertisseur (207) à la valeur de consigne de courant correspondant à la vitesse de rotation de consigne présente au niveau du régulateur de vitesse de rotation

- (216) peut être commandée en tenant compte de valeurs limites prédéterminées par le réseau de bord (205) et/ou par le groupe Diesel électrogène (206) alimentant le réseau de bord (205) en énergie électrique.
21. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 20, dans lequel un temps d'accélération et un temps de décélération du générateur d'accélération adaptatif (226) pour la valeur de consigne de courant du régulateur de courant (208) sont variables proportionnellement à la valeur absolue de la vitesse de rotation réelle du moteur électrique d'hélice (203).
22. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 20 ou 21, dans lequel, dans une plage inférieure de vitesse de rotation du moteur électrique d'hélice (203) ou de l'hélice de bateau (201), pour le temps d'accélération et pour le temps de décélération du générateur d'accélération adaptatif (226) et pour la valeur de consigne de courant du régulateur de courant (208), il peut être prédéterminé un temps minimal d'accélération et un temps minimal de décélération qui dépendent de la variation temporelle autorisée de la fourniture de puissance réactive de générateurs synchrones du groupe Diesel électrogène (206) alimentant le réseau de bord (205).
23. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 1 à 22, dans lequel le dispositif de régulation comprend un régulateur de vitesse de rotation (315), qui est associé au moteur électrique d'hélice (303) et dont le signal de sortie, à savoir la valeur de consigne de couple ou la valeur de consigne de courant, régule via un convertisseur (306) la vitesse de rotation du moteur électrique d'hélice (303), et un générateur d'accélération (311), dans lequel une valeur de consigne de vitesse de rotation peut être entrée pour le moteur électrique d'hélice (303) et au moyen duquel peut être prescrite pour le régulateur de vitesse de rotation (315) une allure de valeur de consigne de vitesse de rotation par laquelle la vitesse de rotation réelle du moteur électrique d'hélice (303) peut être amenée à la valeur de consigne de vitesse de rotation entrée dans le générateur d'accélération (311) pour le moteur électrique d'hélice (303), le générateur d'accélération étant conçu comme un générateur d'accélération adaptatif (311) et ayant un générateur de courbe caractéristique (319) qui peut être piloté par la valeur absolue de la valeur réelle de vitesse de rotation du moteur électrique d'hélice (303).
24. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 23, **caractérisé par le fait que**, dans le générateur de courbe caractéristique (319) du générateur d'accélération adaptatif (311), il peut être prescrit pour différentes plages de vitesse de rotation réelle (323, 324, 325) du moteur électrique d'hélice (303) différents degrés de dépendance entre la vitesse de rotation réelle du moteur électrique d'hélice (303) et le temps d'accélération.
25. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 23 ou 24, **caractérisé par le fait que** le degré de dépendance entre la vitesse de rotation réelle du moteur électrique d'hélice (303) et le temps d'accélération est réglable de préférence en continu dans au moins une plage supérieure de vitesse de rotation réelle (325) du moteur électrique d'hélice (303).
26. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 1 à 25, **caractérisé par le fait que** le dispositif de commande comprend au moins un poste de contrôle de marche avec un élément d'entrée et de sortie pour la sélection, la visualisation et l'activation d'états de fonctionnement, des commutations de poste de contrôle de marche et/ou des variations d'état de fonctionnement pouvant notamment être activées par l'intermédiaire de l'élément d'entrée et de sortie.
27. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 26, **caractérisé par le fait que** l'élément d'entrée et de sortie comprend des moyens de commutation, de préférence des boutons-poussoirs.
28. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 26 ou 27, **caractérisé par le fait que** l'élément d'entrée et de sortie comprend des lampes qui sont combinées de préférence avec des moyens de commutation selon la revendication 27.
29. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 26 à 28, **caractérisé par le fait que** l'élément d'entrée et de sortie comprend au moins un affichage de texte, de préférence avec une résolution de 4 lignes de 20 caractères chacune.
30. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 26 à 29, **caractérisé par le fait que** des messages d'erreurs et/ou de perturbations peuvent être affichés par les affichages de texte.
31. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 26 à 30, **caractérisé par le fait que** le dispositif de commande comprend au moins un élément d'entrée et de sortie qui est utilisable comme commande de secours et qui, pour la

commande des moteurs d'entraînement, des modules d'azimut et des modules de propulsion, est relié directement à ceux-ci.

32. Système d'entraînement et de propulsion selon la revendication 31, **caractérisé par le fait que** l'élément d'entrée et de sortie constitue un poste de contrôle de marche de secours. 5
33. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 26 à 32, **caractérisé par le fait que** le dispositif de commande, le dispositif de régulation, les moteurs d'entraînement, le module d'azimut et le module de propulsion sont reliés par l'intermédiaire d'un système de bus, de préférence un bus annulaire, pour communiquer entre eux. 10  
15
34. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 26 à 33, **caractérisé par le fait que** les postes de contrôle de marche et les éléments et modules reliés entre eux par le système de bus échangent des valeurs d'état par l'intermédiaire du système de bus, des demandes de valeurs s'effectuant de préférence sous forme de dialogues. 20  
25
35. Système d'entraînement et de propulsion selon l'une des revendications 26 à 34, **caractérisé par le fait qu'**il existe au moins un poste de contrôle de marche d'urgence, de préférence à la poupe. 30

35

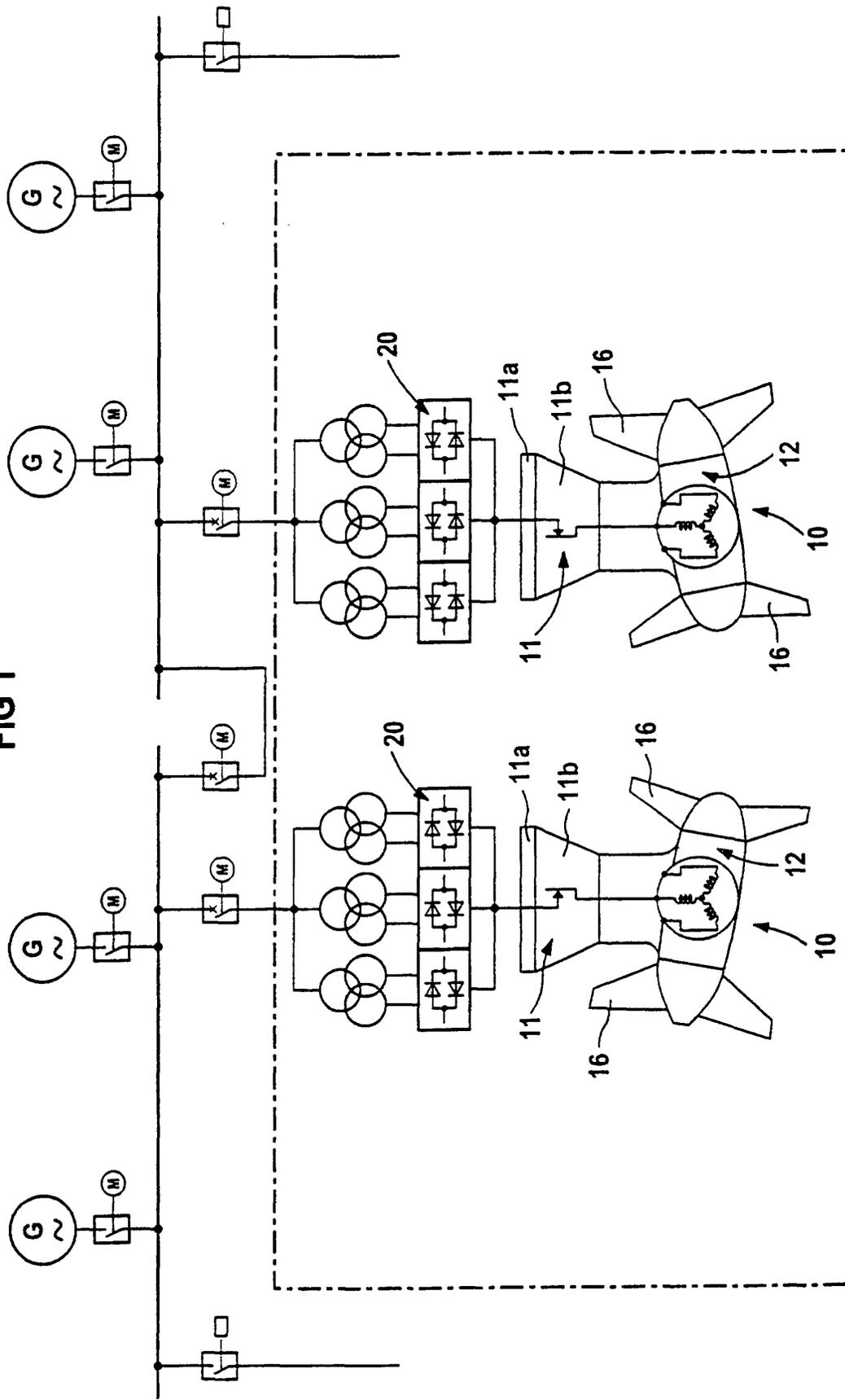
40

45

50

55

FIG 1



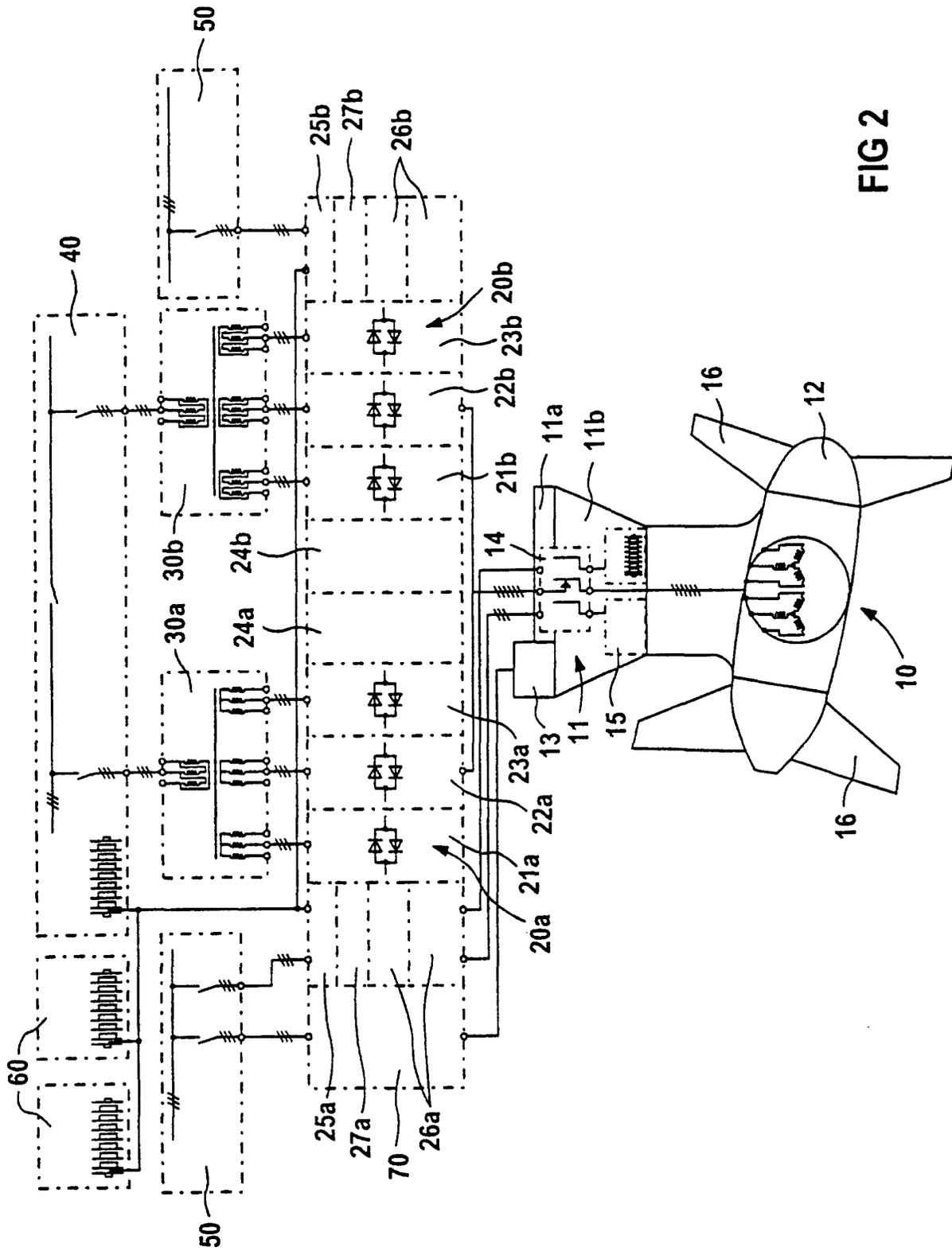


FIG 2

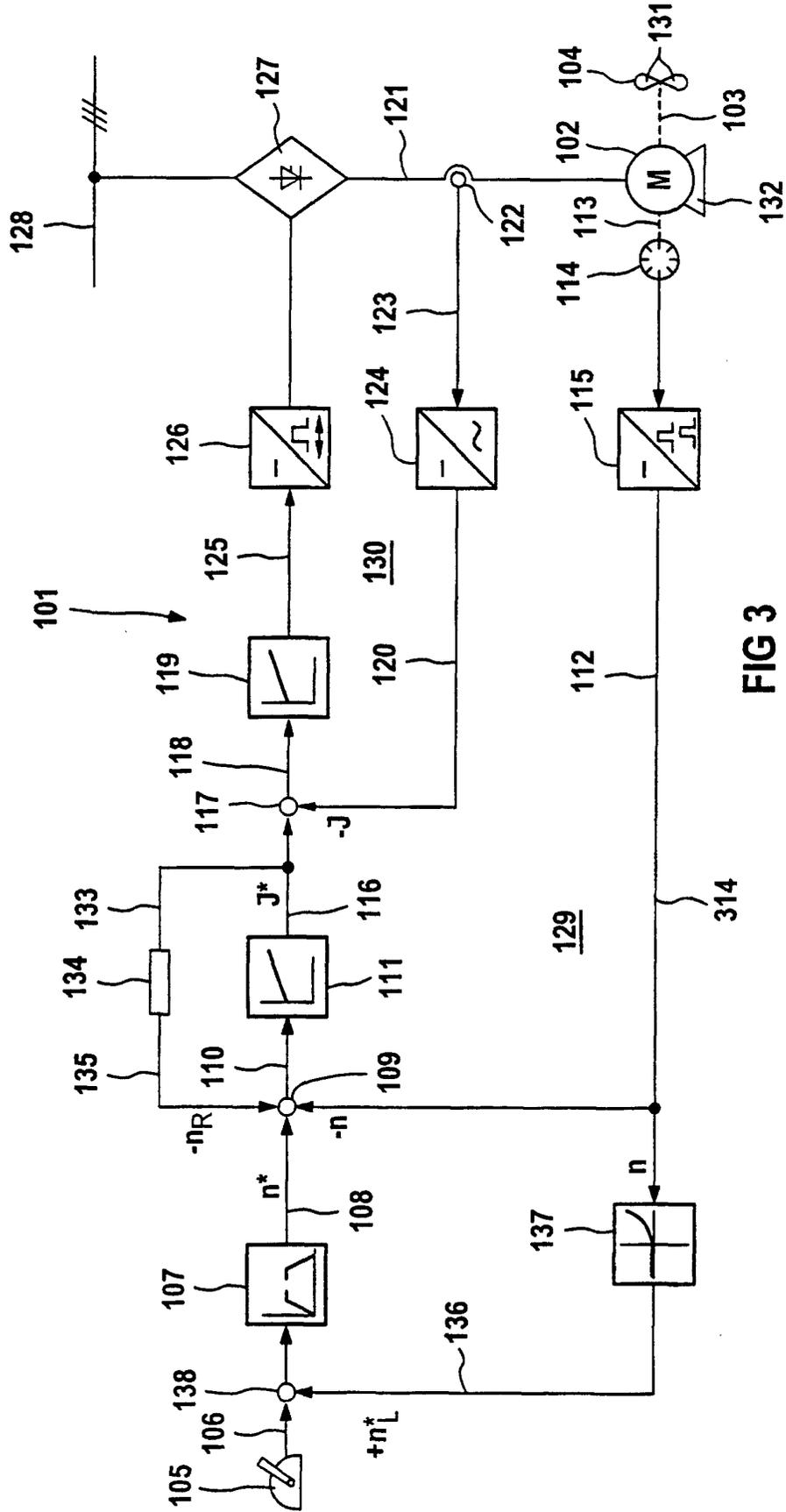


FIG 3

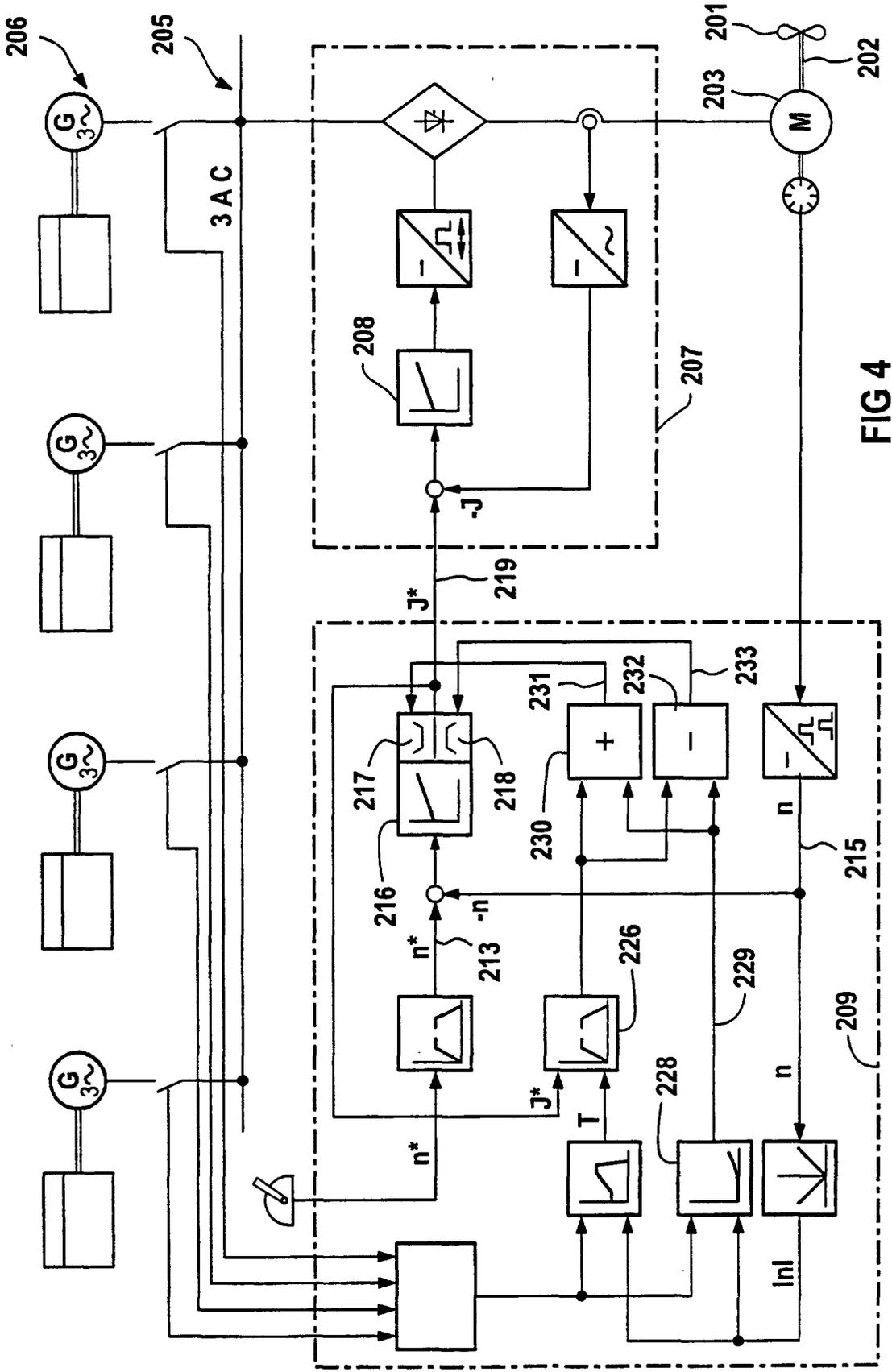


FIG 4

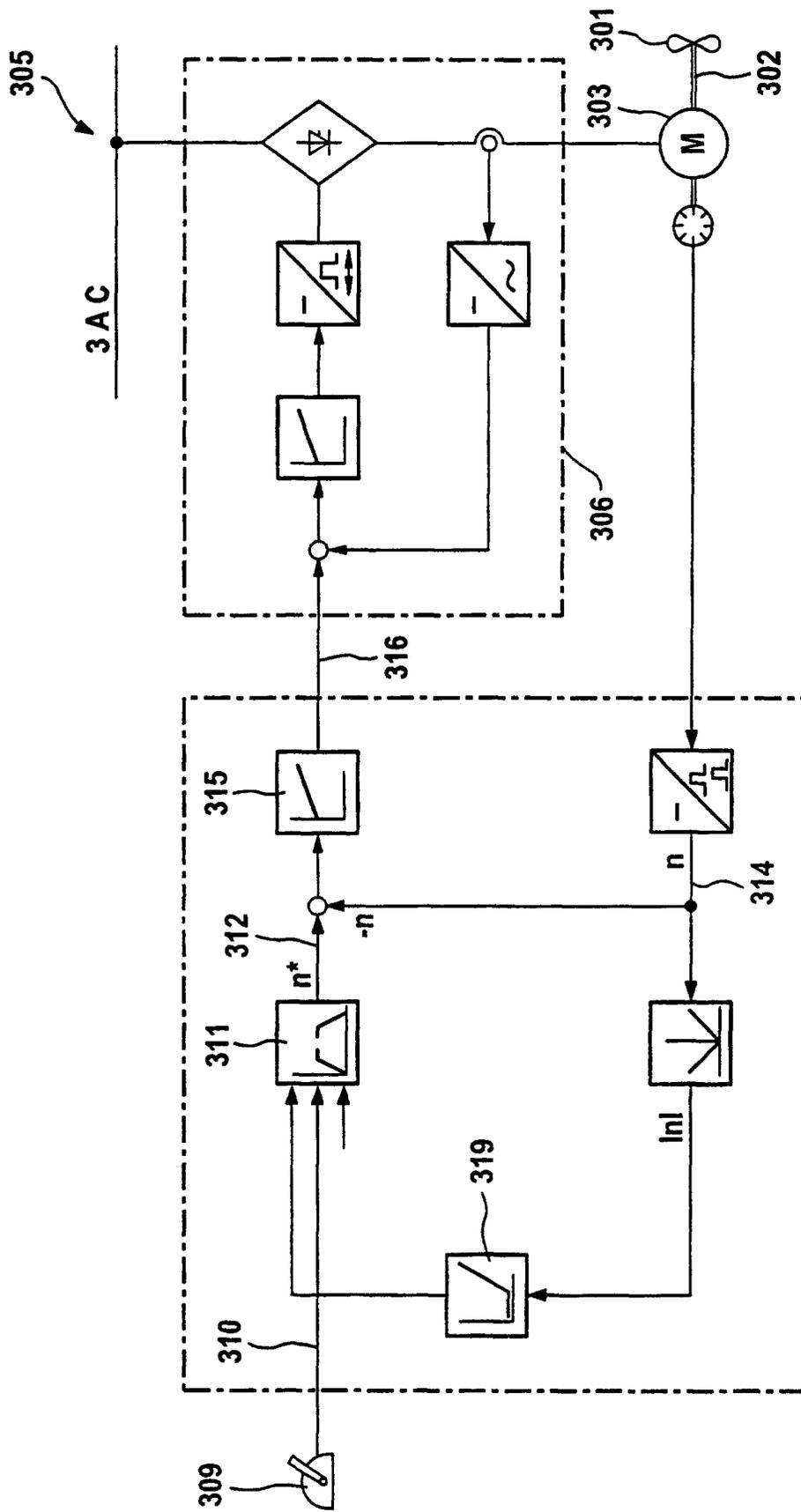


FIG 5

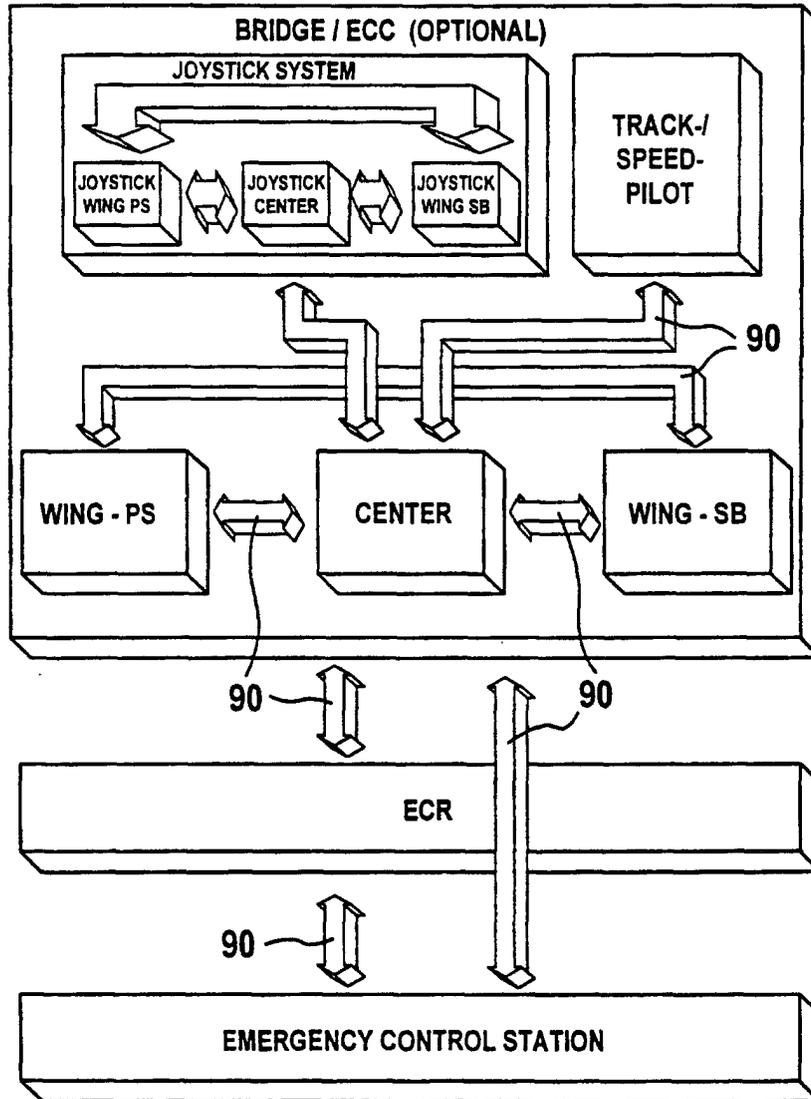


FIG 6

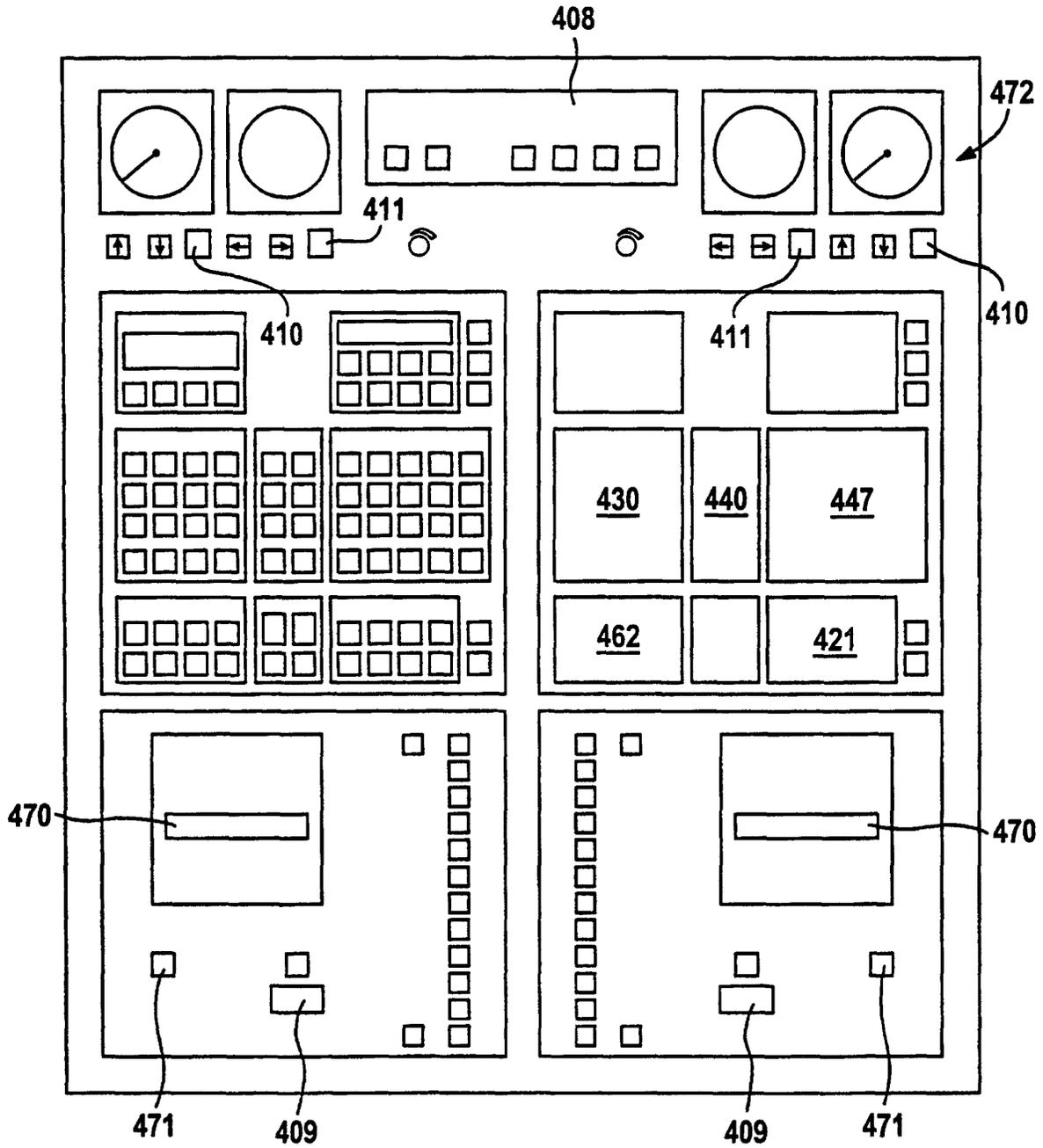
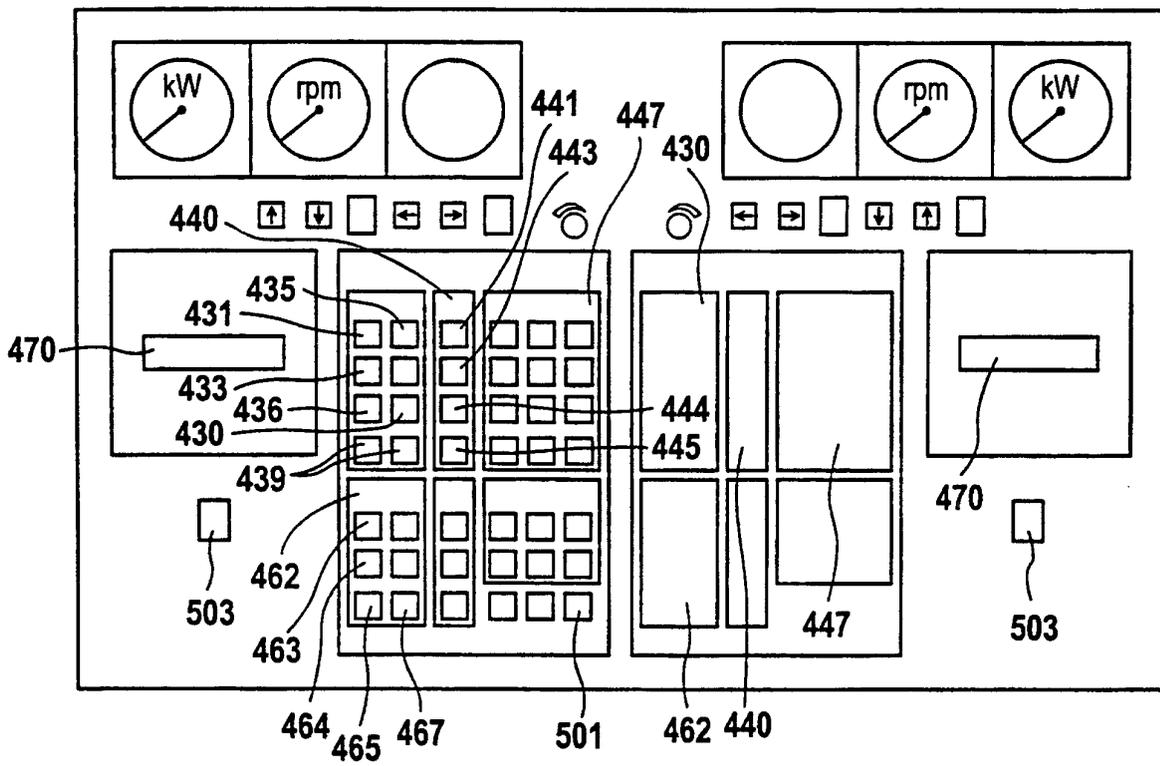


FIG 7



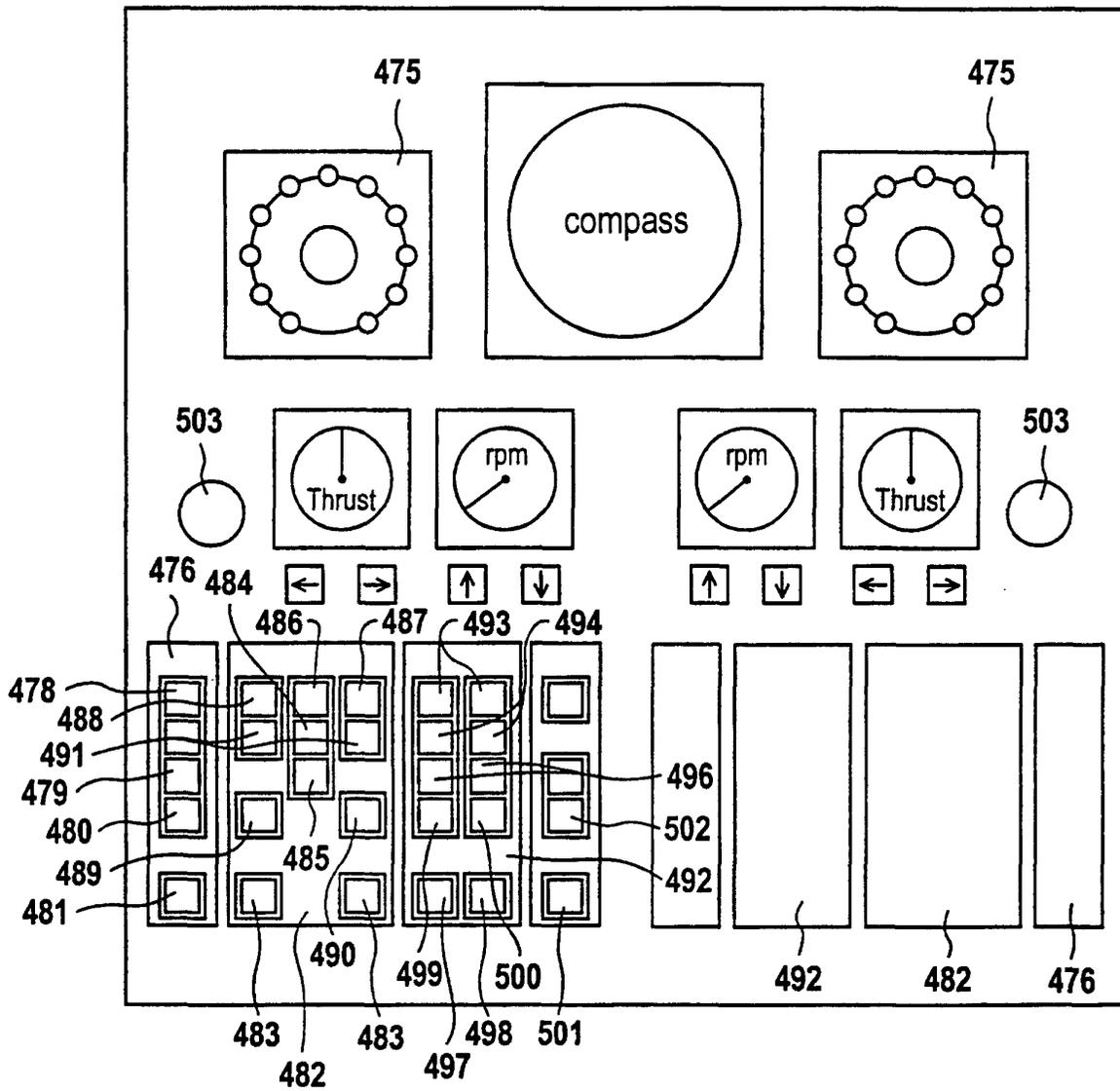


FIG 9

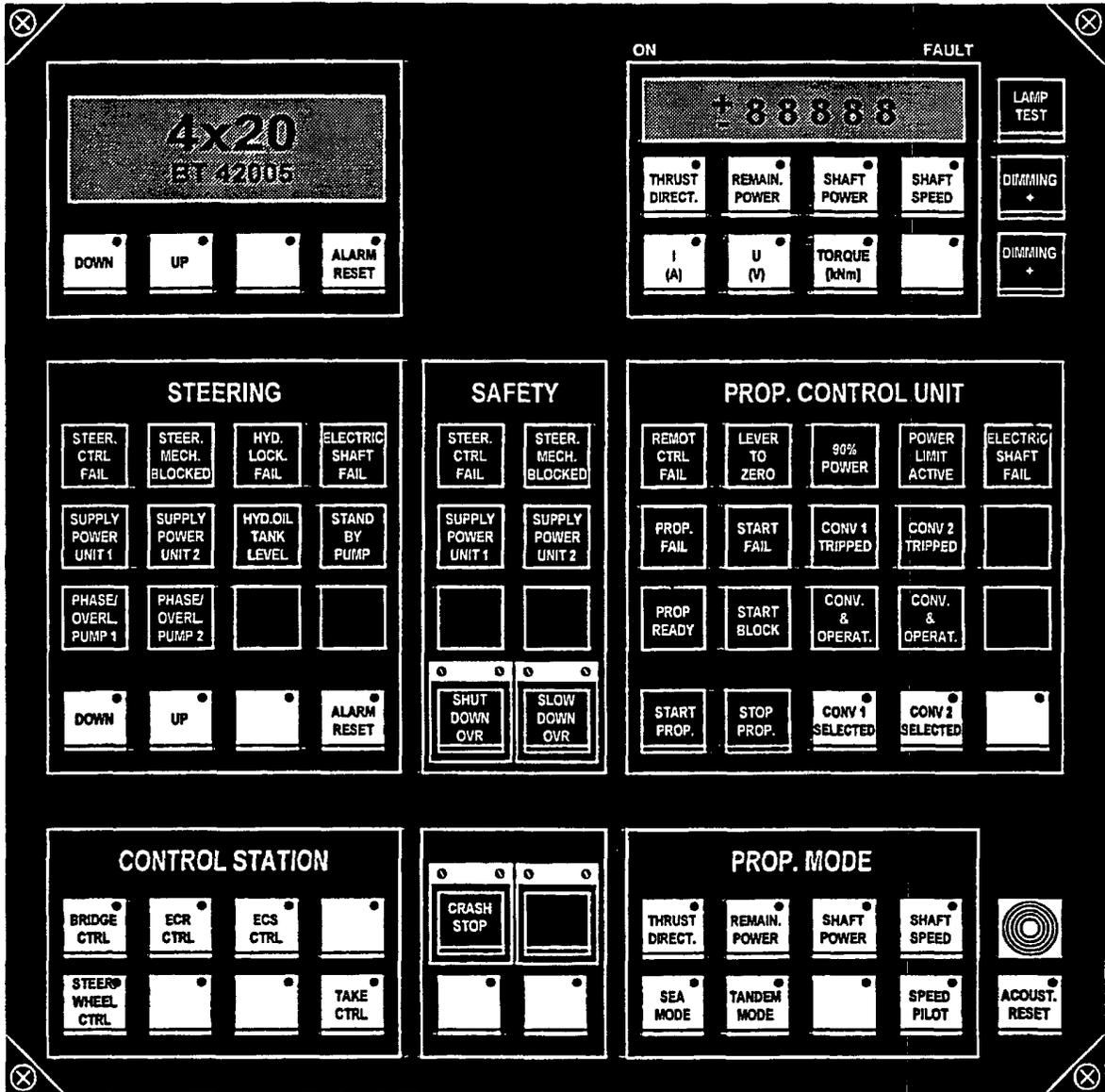


FIG 10a

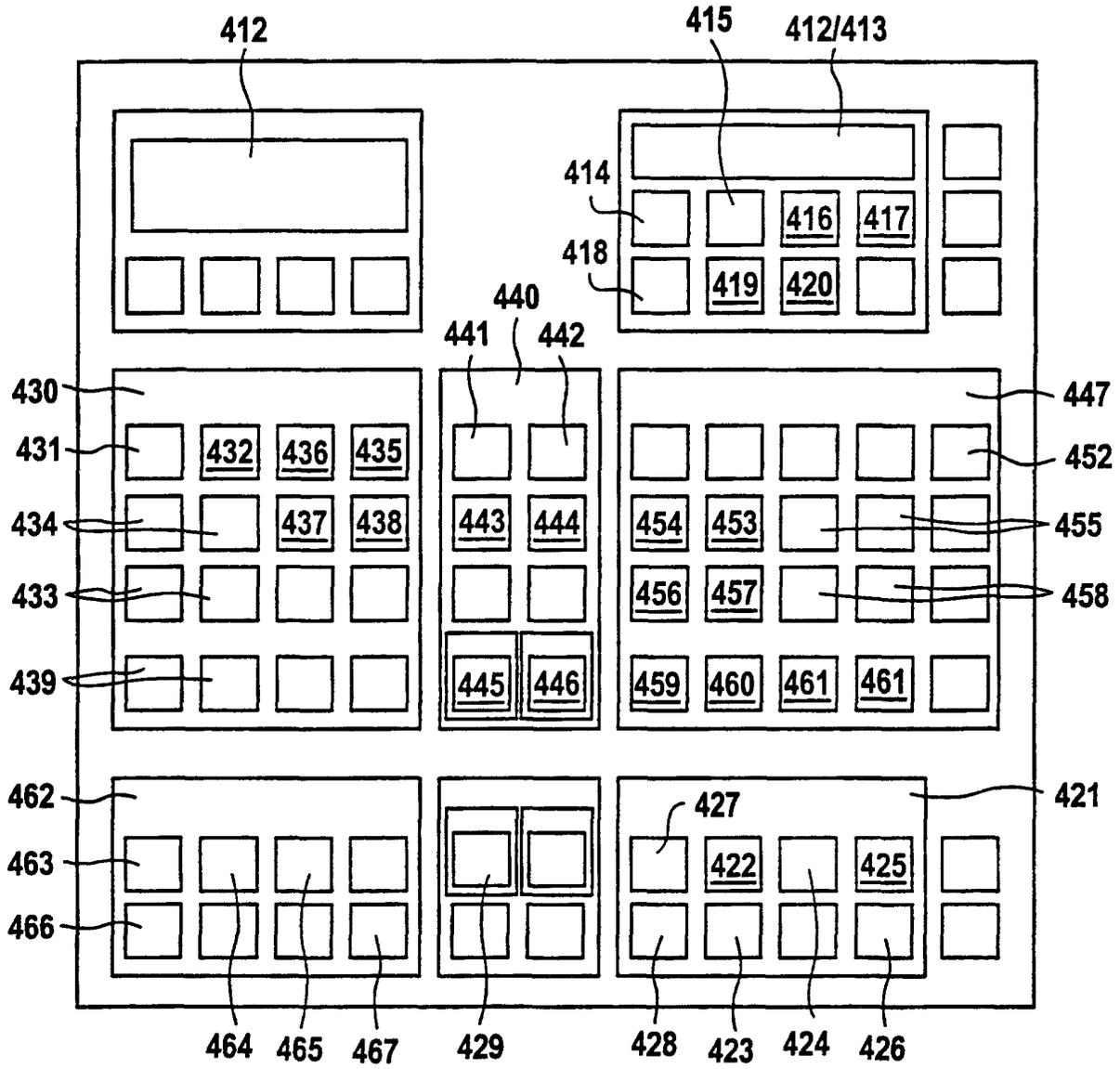


FIG 10b