



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 17 237 T2** 2008.08.14

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 579 281 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 17 237.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/NO03/00445**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 783 003.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/059411**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.12.2003**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **15.07.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.09.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **31.10.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.08.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G05D 1/02 (2006.01)**

G05B 13/04 (2006.01)

G05B 23/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

20026284 30.12.2002 NO

(73) Patentinhaber:

Marine Cybernetics A/S, Tiller, NO

(74) Vertreter:

Glawe, Delfs, Moll, Patentanwälte, 20148 Hamburg

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR

(72) Erfinder:

**FOSSEN, Tor Inge, N-7046 Trondheim, NO;
SÖRENSEN, Asgeir Johan, N-7079 Flat sen, NO;
EGELAND, Olav, N-7079 Trondheim, NO;
JOHANSEN, Tor Arne, N-7560 Vikhamar, NO;
RYSST, Jon, N-1356 Bekkestua, NO; SVENSEN,
Tor E., N-3470 Slemmestad, NO**

(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM PRÜFEN EINES STEUERSYSTEMS EINES WASSERFAHRZEUGS**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Einführung

[0001] Ein Steuersystem kann allgemein als ein System angesehen werden, das Steuersignale zu einem physikalischen Vorgang abgibt und das Messungen von einer Einrichtung oder einem physikalischen Vorgang oder möglicherweise von anderen physikalischen Vorgängen empfängt. Die Messungen und ein Algorithmus werden benutzt, um die Steuersignale zu berechnen, um so den physikalischen Vorgang ablaufen zu lassen, wie dies gewünscht ist. Wenn der physikalische Vorgang ein motorisiertes Seefahrzeug ist, dann kann das Steuersystem Messungen in Form einer Seefahrzeugposition, des Kurses und der Geschwindigkeit erhalten und dadurch die Steuersignale für Propeller und Ruder berechnen, sodass eine oder mehrere von Seefahrzeugpositionen, Kurs und Geschwindigkeit erhalten werden.

Problembeschreibung

[0002] Der physikalische Vorgang, in diesem Falle in Form eines Seefahrzeuges, kann durch äußere Ereignisse, wie z. B. eine Windänderung, Wellen und Strömung oder durch unerwartete Ereignisse wie z. B. Verlust von Motorleistung für einen oder mehreren Propeller oder Versagen der Funktion eines Ruders beeinflusst werden. Es wird gewünscht oder erwartet, dass das Steuersystem für das Seefahrzeug äußere Beeinflussungen und äußere Ereignisse handhaben kann, um so das Seefahrzeug in einem sicheren Zustand zu halten. Ein sicherer Zustand kann z. B. sein, dass das Seefahrzeug die gewünschte Position oder Geschwindigkeit beibehält oder dass es unerwünschte Positionen vermeidet (um Kollisionen oder Grundberührung zu vermeiden), dass es eine Situation unkontrollierten Treibens vermeidet, dass es einen gewünschten Kurs beibehält, usw. Darüber hinaus wird es erwartet, dass das Steuersystem im Falle des Verlustes von Sensorsignalen oder Fehlern in den Sensoren keine unerwünschten und unglücklichen Kompensationen wie z. B. eine plötzliche Änderung des Ballastpumpens als Reaktion auf den Verlust eines realistischen Signals in einem Roll- oder Stampfsensor oder plötzliche Korrekturen eines offensichtlichen Positionsfehlers macht.

Messungen zu einem Steuersystem

[0003] Ein Steuersystem für ein Seefahrzeug mit Eingaben von Instrumenten, die Messungen geben, und mit Ausgängen zu Betätigungselementen, Antriebseinrichtungen und Steuereinrichtungen, denen Steuersignale mitgeteilt werden sollen, ist in [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) gezeigt. Dieser Typ von Steuersystemen kann Messungen in Form von Sensorsignalen von einer Anzahl von Quellen empfangen:

- Roll/Stampf/Hievsensoren,
- Anemometer zum Messen von relativer Windgeschwindigkeit und Richtung,
- Gyrokompass,
- GPS-Sensoren oder GPS-Positionierungssysteme,
- Trägheitsnavigationssysteme, die aufgrund von Beschleunigungsmessungen die Geschwindigkeit durch Integration nach der Zeit berechnen und Position durch doppelte Integration nach der Zeit,
- hydroakustische Positionssensoren relativ zu festen Punkten auf dem Meeresgrund,
- Spanndrahtsystem, von dem die Richtung und Länge von einem oder mehreren gespannten Drähten vom Seefahrzeug zu Punkten auf dem Meeresboden beobachtet wird,
- Befehlssignale zum Ändern eines Kurses oder eines gewünschten Kurses, einer gewünschten Stellung oder einer gewünschten Geschwindigkeit des Seefahrzeugs,
- Welle oder Last auf Propeller und Motoren,
- Ruderwinkelsensor,
- Pegelsensoren zum Beladen von Tanks,
- Ballastpegelsensoren,
- Brennstoffpegelsensoren,
- Motorzustand, Kühlwassertemperatur, Öldruck usw.

[0004] Das Steuersystem soll Steuersignale an Betätigungselemente wie Antriebselemente und Steuereinrichtungen abgeben. Die Antriebselemente können gewöhnliche Propeller, Tunnelschubelemente oder Azimutschubelemente sein, aber auch in einigen Fällen ein Anlegesystem oder Verankerungssystem, das dazu ausgebildet ist, das Seefahrzeug in die richtige Position zu ziehen. Steuersignale können auch an Ballastpumpen und damit verknüpfte Ventile abgegeben werden, um den Rollwinkel oder den Stampfwinkel zu korrigieren.

Probleme, die mit der Steuerung für dynamische Positionierung DP zusammenhängen

[0005] Wenn das Seefahrzeug ein Ölbohrseefahrzeug oder ein Ölproduktionsseefahrzeug ist, z. B. ein Bohrschiff oder eine Bohrplattform, ein Ölproduktionsschiff oder eine Ölproduktionsplattform, kann das System auch Messungen von der Hiev- oder Wogenbewegung von einem Hiev- oder Wogenbeschleunigungsmesser erhalten und ein Steuersignal an ein aktives Hiev- oder Wogenkompensationssystem für einen Riser, einen Bohrstrang, Kräne usw. ausgeben, wo mechanische Ausrüstung mit dem Meeresboden verbunden sein kann und wobei es wichtig sein kann, die Bewegung des Seefahrzeuges zu kompensieren, insbesondere Hiev, Wogen- bzw. Auf- und Abbewegungen. Eine normale Verwendung von Steuersystemen für Ölaktivität auf See ist für dynamische Positionieren des Seefahrzeugs, d. h., dass das Seefahrzeugbetätigungselement wie z. B. Azimutschubelemente verwendet, um die gewünschte Position während des Bohrens oder während der Ölherstellung aufrecht zu erhalten. Ein Schiff, das verankert ist und um einen rotierenden Turm mit Verankerungsleinen zum Meeresboden rotieren kann, kann auch ein Steuersystem haben, das ein variierendes Steuersignal an Propeller oder Schubelemente abgibt, um dabei zu helfen, die gewünschte Position beizubehalten, wenn das Seefahrzeug gedreht wird, da sich die Richtung des Wetters oder der Strömung ändern, sodass die Schubelemente zu Kräften beitragen, die Änderungen in den Verankerungsleinen zu kompensieren, wenn sich die Kräfte drehen. Ähnlich kann man sich vorstellen, dass das Steuersystem Steuersignale geben kann, um die Spannung in den Verankerungsleinen aus demselben Grund zu erhöhen oder zu verringern.

Probleme, die mit dem Prüfen von Steuersystemen von Seefahrzeugen zusammenhängen.

[0006] Ein Schiffinspektor kann ein Seefahrzeug besuchen und eine Prüfung des Steuersystems an Bord vornehmen. Die Prüfung an Bord kann dadurch durchgeführt werden, dass Sensorsysteme getrennt oder verbunden werden und indem die Reaktion des Systems in unterschiedlichen Fehlersituationen überwacht wird. Um jedoch eine realistische Prüfung des Seefahrzeugs für Bedingungen, die erwartet werden können, durchzuführen, ist es notwendig, auf Wettersituationen und Meereszustände zu warten oder sie zu suchen, die selten auftreten oder die gefährlich sein können. Man wird es kaum als eine Möglichkeit ansehen, das Seefahrzeug extremen Situationen auszusetzen, wie z. B. abnorm großen Fehlern bei der Ballastverteilung, um zu prüfen, ob das Steuersystem Steuersignale für richtige Kompensation des Fehlers gibt. Eine solche Art von Prüfungen wird normalerweise nicht durchgeführt.

[0007] Es ist möglich, eine Simulation von Sensordaten zum Steuersystem an Bord durchzuführen und zu überwachen, welche Steuersignale das Steuersystem an Betätigungselemente wie Propeller, Ruder und Schubelemente gibt; dieses erfordert jedoch eine lokale Verbindung des Steuersystems mit einem Prüfsystem und wird gegenwärtig nicht durchgeführt, soweit dies den Anmeldern bekannt ist. Ein Nachteil, ein zu prüfendes Seefahrzeug zu besuchen, hängt häufig mit dem langen Reiseweg für den Schiffinspektor zusammen, dass der Schiffinspektor Ausrüstung für Verbindung mit den Eingängen des Steuersystems für Messungen und Ausrüstung für Verbindung mit den Steuersystemausgängen für Reaktion in Form von Steuersignalen mitbringen muss, die normalerweise zu den Betätigungselementen des Seefahrzeugs gesandt werden, und zusätzlich eine Datenbibliothek, die wenigstens die Konfiguration des tatsächlich zu prüfenden Schiffes einschließt. Darüber hinaus kann es die Reisezeit von einem Seefahrzeug, das geprüft werden und zertifiziert werden soll, zu einem nächsten Seefahrzeug es schwierig für den Inspektor machen, Inspektionen ausreichend schnell zu machen, sodass das nächste Seefahrzeug nicht länger als notwendig warten muss, verknüpft mit den ökonomischen Nachteilen, die durch das Warten bewirkt werden, wenn das Seefahrzeug nicht ohne Prüfung und Zertifizierung in Benutzung genommen werden kann, wobei auch eine verborgene physikalische Gefahr zum Benutzen eines Seefahrzeugs verursacht werden kann, wenn nicht durchgeführte Prüfungen des Steuersystems keine möglichen Fehler sichtbar machen.

[0008] Dies bedeutet, dass es einen Bedarf für effizienteres Prüfen von Seefahrzeugsteuersystemen gibt, insbesondere, da die Seefahrzeuge geographisch voneinander entfernt angeordnet sein können und in der Praxis für einen Inspektor nicht leicht erreichbar sind.

[0009] Bei der Fabrikherstellung eines Steuersystems ist es üblich, eine sogenannte Fabrikabnahmeprüfung (factory acceptance test, FAT) des Steuersystems (einschließlich Hardware und Software) durchzuführen, wo der Hersteller simulierte Sensordaten in ein Steuersystem eingibt und die Steuersignale überwacht, die das Steuersystem als Reaktion abgibt. Dieser Typ von FAT kann nur Fehler sichtbar machen, wo Messungen von Quellen existieren, die der Hersteller vorhergesehen hat, und wobei die Steuersignale nur für Ausrüstungen sind, die der Hersteller vorhergesehen hat. Es wird daher nicht mit Sicherheit gewusst werden, wie das Steuersystem mit der Ausrüstung, Systemen, Konfigurationen oder Situationen in Wechselwirkung treten wird, die der Hersteller des Steuersystems nicht vorhergesehen hat. Zusätzlich wird bei einer FAT das Steuersystem

nicht in einer tatsächlichen Konstellation geprüft werden, wo das Steuersystem für Benutzung auf dem Seefahrzeug installiert und verbunden ist.

Beispiel eines praktischen Problems bei dynamischer Positionierung.

[0010] Bei dynamischer Positionierung eines Wasserfahrzeugs (4), dass durch Propeller, Ruder oder Schubelemente des Tunnel- oder Azimuttyps an seinem Standort gehalten wird, kann es wichtig für den Betrieb sein, dass das Seefahrzeug seinen Standort beibehält. Verschiedene Ereignisse können unerwünscht sein. Man kann den Verlust von Motorleistung für einen oder mehrere Propeller oder Ruder erfahren und die Motorleistung der verbleibenden Propeller und/oder Schubelemente erhöhen müssen und möglicherweise die verbleibenden Ruder oder Schubelemente drehen müssen. Man kann auch ernsthafte Fehler erfahren, wo das Steuersystem einige der Signale von den verbundenen Sensoren verliert, sodass ein unerwünschtes Ereignis auftreten kann. Die Erfinder wissen z. B. von einem Seefahrzeug, in diesem Falle einer Bohrplattform, die an einem festen Standort in der offenen See lag und ein Bohrloch für eine Ölquelle im Meeresgrund bohrte, wo die Plattform an dem gewünschten Standort durch eine sogenannte dynamische Positionierung oder „DP“ gehalten wurde, d. h., dass das Steuersystem so abgestimmt war, das Seefahrzeug an der gewünschten Position mit Hilfe von Positionsmessungen und Motorleistung ohne Verwendung von Verankerungsleinen mit dem Meeresgrund zu halten. Die Bohrplattform war mit einem doppelten Satz von DGPS-Empfängern versehen, die den geographischen Standort des Seeschiffes aufgrund von Funksignalen berechnen, die von einer Anzahl von Navigationssatelliten empfangen werden. Zusätzlich war die Bohrplattform mit einem doppelten Satz von hydroakustischen Positionssensoren versehen, die den Standort des Seefahrzeugs in Bezug auf Transponder an festen Punkten auf dem Meeresgrund gemessen haben. Während eines gewissen Zeitpunkts während des Bohrens mit Riser-Verbindung zum Bohrloch und aktivem Bohren, trat ein Ereignis ein, sodass die DGPS eine plötzliche Standortänderung von ungefähr 75 m zeigten, obwohl eine solche Standortänderung tatsächlich nicht stattgefunden hatte. Die hydroakustischen Sensoren zeigten einen stabilen Standort an dem gewünschten Standort über dem Bohrloch. Das Steuersystem steuerte weiter die Propeller und Ruder, und die Bohrplattform wurde ohne Unterbrechung an den richtigen dynamischen Standort aufgrund der Signale gehalten. Es stellte sich aber nach ungefähr 5 min. heraus, dass die Bohrplattform plötzlich begann, sich zum gewünschten Standort gemäß den nun fehlerhaften DGPS-Signalen zu bewegen. Es war notwendig, den Bohrvorgang mit den damit verknüpften Notmaßnahmen zu unterbrechen, die unter anderem Trennung des Risers und Kappen des Bohrstrangs beinhalteten. Dieser Typ von Situation kann ein Risiko des Ausblasens von Gas und Öl und Verschmutzung durch Austreten von Bohrflüssigkeit einschließen. Dieser Typ von Situation kann auch eine Gefahr für das Seefahrzeug und die Mannschaft mit sich bringen. Dieser Typ des unterbrochenen DP-Bohrens kann daher sehr teuer sein, ihn erneut zu beginnen. Die Anmelder nehmen an, dass die anfängliche plötzliche Änderung des durch die DGPS-Empfänger berechneten Standortes durch Störungen in der Signalübertragung von den GPS-Satelliten zu den Empfängern verursacht worden sein kann, oder durch eine Situation mit einer unzureichenden Anzahl zur Verfügung stehender Satelliten. Der Verlust des DGPS-Signals kann durch das Steuersystem wegen Qualitätsbedingungen in der Software des Steuersystems ignoriert worden sein, die verlangen, dass ein Berechnen des Standortes in den vorhergehenden 5 min. stabil gewesen sein muss, um als real angesehen zu werden. Auf diese Weise werden plötzliche Standortänderungen aufgrund von fehlerhaften Signalen vermieden. Der neue und geänderte, nichtsdestotrotz stabile Standort, der von den DGPS-Empfängern berechnet worden ist, kann nach 5 min. als stabil angesehen worden sein und daher durch das Steuersystem als zuverlässig angesehen worden sein, und es kann ihm eine höhere Priorität als die Messungen von den hydroakustischen Transpondern gegeben sein. Dies kann der Grund sein, warum das Steuersystem versuchte, die Bohrplattform zu dem neuen Standort zu steuern, den das Steuersystem offensichtlich als den gewünschten Standort interpretiert hatte, obwohl der Bohrvorgang in Betrieb war und der hydroakustisch gemessene Standort anzeigte, dass der Standort ungeändert bleiben sollte.

Probleme, die mit geänderten Konfigurationen in einem Seefahrzeug zusammenhängen: Umprogrammierung eines Steuersystems.

[0011] Nachdem ein Steuersystem in einem Seefahrzeug in Benutzung genommen worden ist, wird es in vielen Fällen notwendig sein, die Software im Steuersystem umzuprogrammieren oder zu verändern. Der Zweck, dies zu tun, kann die Notwendigkeit sein, numerische Werte zu ändern, die sich auf Alarmgrenzen und annehmbare Variation in einem Sensorsignal im Algorithmus des Programms beziehen, oder es kann notwendig sein, neue Prüfungen und Funktionen im Steuersystem einzuführen. Wenn die Umprogrammierung oder Änderung der Software fertiggestellt ist, besteht die Notwendigkeit, das Steuersystem zu prüfen, um zu sehen, ob die Änderungen die gewünschte Wirkung ergeben haben, und zu prüfen, ob neue und unerwünschte Fehler als Konsequenz der Veränderungen aufgetreten sind. Gegenwärtig sind zufriedenstellende Prüfausrüstung und entsprechende Verfahren nicht zum Prüfen der Steuersysteme auf einem Seefahrzeug nach solchen Än-

derungen verfügbar.

Abwandlungen in einem existierenden Steuersystem, z. B. wenn Kräne ersetzt werden.

[0012] Arbeitsgänge auf dem Meer, die sich auf die Ausbeutung von Öl und Gas und die Herstellung derselben beziehen, werden durch Seefahrzeuge mit Kränen für Installation und Ersetzen von Modulen auf dem Meeresboden vorgenommen. Dieser Typ von Kränen hat Steuersysteme, die die vertikale Bewegung des Seefahrzeuges kompensieren. Die Betriebsweise und die Funktion des Krans in sicherheitskritischen Situationen werden zu einem großen Maße von der detaillierten Ausbildung der Software des Steuersystems abhängen, die von einem Kran zu einem anderen variiert. Prozeduren sind zum Prüfen der mechanischen Konstruktion von solchen Kränen etabliert worden. Im Gegensatz dazu gibt es keine etablierten Systeme oder Verfahren, die Software der Kransteuersysteme zu Prüfen. Der Grund hierfür besteht darin, dass die Reaktion eines Krans vom Meereszustand und der Bewegung des Seefahrzeugs zusätzlich zur mechanischen Konstruktion und dem Steuersystem des Krans abhängen wird. Ein erforderliches detailliertes Prüfen eines Kransystems auf einem Seefahrzeug sollte daher sowohl die Dynamik des Seefahrzeugs einschließlich der relevanten Steuersysteme des Seefahrzeugs und zusätzlich die Dynamik des Krans einschließlich des Steuersystems des Krans einschließen.

Reparatur/Ersetzen von Sensoren für ein Steuersystem.

[0013] Wenn Sensoren für ein Steuersystem ersetzt oder verändert werden, besteht die Notwendigkeit, die Alarmgrenzen für Grenzen für annehmbare Veränderungen in den Sensorsignalen einzustellen. Es ist üblich, dass ein Steuersystem redundante Sensorsysteme hat, sodass mehrere Sensoren verwendet werden können, dieselbe physikalische Größe zu messen. Als ein Beispiel hiervon kann die Position eines Seefahrzeugs durch Trägheitssensoren, zwei oder mehr GPS-Empfänger und zwei hydroakustische Sensorsysteme gemessen werden. Aus diesen Messdaten wird der Standort des Schiffes mit Hilfe eines Algorithmus im Steuersystem bestimmt. Dieser Algorithmus wird von den Eigenschaften der verschiedenen Sensoren in Bezug auf die Genauigkeit und Eigenschaften wie Langzeitstabilität und andererseits der Genauigkeit bei schnellen Standortveränderungen abhängen. Das Ersetzen oder Ändern eines Sensors bringt die Notwendigkeit mit, das gesamte Sensorsystem zu prüfen, um zu versuchen, ob die resultierende Kombination von Sensoren annehmbare Positionsmessungen für Verwendung in einem Steuersystem liefert.

Reparatur/Abwandlung/Ersetzen von Betätigungselementen.

[0014] Nach Ersetzen oder Veränderung eines Betätigungselements kann ein Steuersystem für das Seefahrzeug beträchtlich unterschiedliches Verhalten haben. Der Grund ist, dass ein neues oder abgewandeltes Betätigungselement eine unterschiedliche Steuerwirkung auf das Schiff ausüben kann, als dies bei der Entwicklung des Steuersystems angenommen wurde. Ein Beispiel hiervon ist die Verwendung von Schubelementen für dynamische Positionierung, wo die Beziehung zwischen der Wellengeschwindigkeit des Schubelementes und dem Schub bekannt sein muss, wenn das Steuersystem abgestimmt wird. Wenn ein Schubelement geändert wird, kann sich die Beziehung zwischen der Wellengeschwindigkeit des Schubelementes und dem Schub ändern, und es wird notwendig sein, das Schiff mit dem Steuersystem zu prüfen, ob das System sich immer noch zufriedenstehend verhält.

[0015] Es gibt also Bedarf für wirksameres Prüfen von Seefahrzeugsteuersystemen auch in Fällen, wo das Seefahrzeug gegenüber seiner vorherigen Konfiguration abgewandelt worden ist, und wo alte und neue Komponenten des Seefahrzeuges vorher nicht kombiniert worden sind, wobei dann eine Prüfung in der neuen Kombination vorgenommen werden muss.

Bekannter Stand der Technik auf dem Gebiet.

[0016] US-Patent 6 298 318 „Real-time IMU signal emulation method for test of guidance navigation and control systems (Echtzeit-IMU-Signal-Emulationsverfahren für Prüfung von Führungsnavigations- und Steuersystemen)“ beschreibt ein Emulationsverfahren zum Prüfen einer Ebene durch Emulieren der Bewegung und Verwendung eines sogenannten 6 Freiheitsgraden (6 degrees-of-freedom, 6 DOF)-Flugsimulators, und wo Signale von einem sogenannten Trägheits-Navigationsmodul zu einem „Führungs, Navigations- und Steuer-“ system an Board des Flugzeugs durch Simulation erzeugt werden. Dieses US-Patent diskutiert nicht Probleme, die sich auf dynamische Positionierung eines Seefahrzeuges bei Bohrvorgängen oder irgendeine andere Form von stationärem Betrieb beziehen, es verwendet nicht die Benutzung von Kränen, Navigation von verbundener Unterwasserausrüstung, Integration von hydroakustischer Positionierausrüstung, Probleme, die sich auf Bal-

last beziehen und zieht Meereswellen nicht in Betracht. Ein Schiff wird normalerweise nicht eine 6 DOF, sondern eine 3 DOF haben, da es wiederherstellende Wirkung bei Hiev/Rollen/Stampfbewegung hat.

[0017] Das US-Patent 5 023 791 „Automated test apparatus for aircraft flight controls (automatisiertes Prüfgerät für Flugzeugflugsteuerungen)“ beschreibt ein automatisches Prüfgerät zum Prüfen von Flugsteuersystemen eines Flugzeugs als Teil eines integrierten Systems zum Prüfen einer Mehrzahl von Flugsteuersystemen. Das automatisierte Prüfgerät schließt einen Systemcontroller ein, der einen Speicher zum Speichern von programmierten Befehlen einschließt, die den Betrieb des automatisierten Prüfgeräts steuern, und zum Speichern von resultierenden Prüfdaten des Flugsteuersystems. Das automatisierte Prüfgerät schließt eine Tastatur, einen Berührungsbildschirm und ein Bandlaufwerk zum Eingeben von programmierten Befehlen und anderer Informationen in das automatisierte Prüfgerät und zum Ausgeben von Prüfdaten vom Systemcontroller ein. Instrumente, die in dem automatisierten Prüfgerät installiert sind und durch den Systemcontroller kontrolliert werden, erzeugen Prüfsignale, die in das Flugsteuersystem des Flugzeuges eingegeben werden und überwachen Prüfdatensignale, die durch das Flugsteuersystem erzeugt werden. Das automatisierte Prüfgerät wird durch ein Schnittstellenkabel an einem an Bord vorhandenen zentralen Wartungscomputer angeschlossen, der im Flugzeug eingeschlossen ist. Der zentrale Wartungscomputer schließt einen nichtflüchtigen Speicher ein, der dazu programmiert ist, Prüfungen des Flugkontrollsystems an Bord laufen zu lassen und wird durch den Systemcontroller während des Prüfens in Übereinstimmung mit den programmierten Instruktionen gesteuert, um Tests an Bord ablaufen zu lassen.

[0018] US-Patent 5 541 863 „Virtual integrated software testbed for avionics (Prüfumgebung für virtuelle integrierte Software für Avionic)“ beschreibt eine Prüfumgebung für eine virtuelle integrierte Software für Avionic, die es erlaubt, Software für Avionic auf einem Hostcomputer unter Verwendung einer Sammlung von Computerprogrammen zu entwickeln, die gleichzeitig als Vorgänge ablaufen und durch einen zentralen Vorgang synchronisiert werden. Die offenbarte Prüfumgebung der Software verwendet getrennte synchronisierte Vorgänge, erlaubt es, dass Signale von einer Avioniceinrichtung durch eine Simulation erzeugt werden, die auf dem Hostcomputer oder von tatsächlicher Ausrüstung läuft, und Datenbussignale, die von der tatsächlichen Avionic-hardware kommen und zu derselben gehen, werden mit ihren virtuellen Busgegenständen auf dem Hostcomputer auf Echtzeitbasis verbunden.

[0019] US-Patent 5 260 874 „Aircraft flight emulation test system (Flugzeugflugemulationsprüfsystem)“ beschreibt ein Flugzeugprüfsystem, das Reize erzeugt, die Reize emulieren, die durch ein Flugzeug beim Flug aufgenommen werden. Das Flugzeugprüfprogramm schließt eine Anzahl von Instrumenten zum Erzeugen der Anzahl von prozessorsteuerbaren Instrumenten zum Erzeugen von Reizen ein, die durch ein Flugzeug im Flug aufgenommen werden. Das System schließt auch eine Anzahl von Instrumenten ein, die die Reaktion auf verschiedene Flugzeugkomponenten auf die Reize überwachen, denen das Flugzeug ausgesetzt ist. Ein Prozessor richtet als Reaktion auf die Ausgangssignale von den Flugzeugkomponenten die reizerzeugenden Instrumente, um Reize zu erzeugen, die diejenigen emulieren, die durch ein Flugzeug empfangen werden, während es sich durch die Luft bewegt. Das System erzeugt so einen anfänglichen Satz von Reizen, die ähnlich denjenigen sind, denen ein Flugzeug ausgesetzt wurde, wenn es fliegt; überwacht die Reaktion des Flugzeugs auf die Reize, denen es ausgesetzt ist; und erzeugt als Reaktion einen aktualisierten Satz von Reizen, die auf das Flugzeug einwirken. Das System zeichnet auch die Reaktion der Ausgangsreaktionen von Flugzeugkomponenten auf, sodass sie durch Personal überwacht werden könnten, das beauftragt ist, sicherzustellen, dass das Flugzeug geeignet funktioniert. Das System kann auch benutzt werden, um Flugmannschaften zu trainieren, da es verwendet werden kann, das Flugzeug während einer Flugemulation „in die Schlaufe“ zu versetzen.

[0020] US-Patent 6 505 574 „A vertical motion compensation for a crane's load (eine vertikale Bewegungskompensation für die Last eines Krans)“ beschreibt ein Verfahren und ein System, um durch den Meereszustand induzierte vertikale Bewegung einer Last eines Schiffskrans zu verringern, die Winchcodierer, Baumwinkelsensor, Drehwinkelsensor und Bewegungssensor verwenden, die alte Messungen in einen zentralen Prozessor eingeben, der den Kran aufgrund der Messungen und der Befehle von einem Kranbetreiber steuert.

[0021] WO 92/14216 beschreibt ein interaktives diagnostisches System für ein Kraftfahrzeug und ein damit verknüpftes Verfahren.

Zusammenfassung der Erfindung

[0022] Gemäß einem ersten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Prüfen eines Steuersystems in einem Seefahrzeug geschaffen, wobei das Steuersystem das Steuern und Überwachen des Seefahrzeuges mit Steuersignalen zu einem oder mehreren Betätigungselementen umfasst, welches Verfah-

ren die folgenden sequenziellen Schritte aufweist:

- Akquirieren in Echtzeit von Sensorsignalen zu dem Steuersystem von einem oder mehreren Sensoren über eine erste Signalleitung zu dem Steuersystem
- Akquirieren von Steuersignalen zu dem Steuersystem von einer Befehlseingabeeinrichtung über eine zweite Signalleitung oder Befehlssignalleitung zu dem Steuersystem; und
- Berechnung eines Steueralgorithmus in dem Steuersystem aufgrund von einem oder mehreren der Sensorsignale und der Befehlssignale und Senden der Steuersignale über eine dritte Signalleitung zu den Antriebsselementen,

gekennzeichnet durch:

- Trennen von einem oder mehreren der Sensorsignale von einem oder mehreren der Sensoren oder den Befehlssignalen von den Befehlseingabeeinrichtungen, sodass die ausgewählten Sensorsignale oder Befehlssignale nicht in das Steuersystem fließen, und Ersetzen einer oder mehrerer der getrennten Sensorsignale oder der Befehlssignale durch entsprechende simulierte Sensorsignale oder simulierte Befehlssignale, die in einem in Bezug auf das Seefahrzeug entfernte Prüflaboratorium erzeugt werden und durch eine Kommunikationsleitung über eine oder mehrere der Signalleitungen zu dem Steuersystem gesendet werden,
- kontinuierliches Berechnen von Steuersignalen in dem Steuersystem aufgrund der echten und/oder simulierten Steuersignalen oder der echten und/oder simulierten Befehlssignale; und
- Senden der Steuersignale über die Kommunikationsleitung an das entfernt liegende Laboratorium.

[0023] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Verfahren Simulation in einen Simulator im entfernten Prüflaboratorium mit Hilfe eines Algorithmus des dynamischen neuen Zustands eines Seefahrzeuges aufgrund der Steuersignale einschließen.

[0024] Zusätzliche Schritte des Verfahrens der Erfindung kann man in den abhängigen Patentansprüchen finden.

[0025] Wenn die Prüfung des Steuersystems vervollständigt ist, wird die Kommunikationsleitung zwischen dem Seefahrzeug und dem entfernten Prüflaboratorium getrennt, und die Sensoren und die Befehlseingabeeinrichtungen werden in der normalen Weise mit dem Steuersystem verbunden, und die Steuersystemausgänge für Steuersignale werden mit den Antrieben für normalen Betrieb des Steuersystems im Seefahrzeug verbunden.

[0026] Gemäß einem zweiten Gesichtspunkt der Erfindung wird ein System zum Prüfen eines Steuersystems in einem Seefahrzeug geschaffen, welches Steuersystem dazu ausgebildet ist, das Schiff zu steuern und zu überwachen, das die folgenden Merkmale aufweist:

- einer oder mehrere Sensoren an Bord des Seefahrzeugs, um ein oder mehrere Sensorsignale über eine Signalleitung zu dem Steuersystem zu senden; und
- Befehlseingabeeinrichtungen an Bord des Seefahrzeugs, die dazu ausgebildet sind, eines oder mehrere von gewünschtem Standort, Kurs, Geschwindigkeit usw. über eine Befehlssignalleitung zu dem Steuersystem zu senden, einen Algorithmus in dem Steuersystem für die Berechnung der Steuersignale zu Seefahrzeug-Betätigungselementen oder -antrieben aufgrund der Sensorsignale, der Befehlssignale, um die Steuersignale über eine Signalleitung zu den Betätigungselementen oder Antrieben zu senden,

gekennzeichnet durch:

- eine oder mehrere Kommunikationsleitungen zum Senden von einem oder mehreren simulierten Sensorsignalen und/oder simulierten Befehlssignalen von einem entfernten Prüflaboratorium zu dem Steuersystem;
- einen Simulator, der einen Algorithmus für die Simulierung neuer Sensorsignale eines Seefahrzeugmodells, beruhend auf dem vorherigen Zustand der Steuersignale und dynamische Parameter für das Seefahrzeug einschließt;
- wobei die Kommunikationsleitung dazu ausgebildet ist, die neuen simulierten Sensorsignale des Seefahrzeugmodells zu dem Steuersystem für fortgesetzte Berechnung der Steuersignale in dem Steuersystem aufgrund von echten und/oder simulierten Werten der Sensorsignale oder der echten oder simulierten Werte der Befehlssignale zurückzusenden, um wenigstens eines von gewünschtem Standort, Kurs, Geschwindigkeit usw. zu erhalten; und
- wobei die Kommunikationsleitung dazu ausgebildet ist, die Reaktion von dem Steuersystem in Form der Steuersignale als Steuersignale zu dem entfernten Prüflaboratorium zu senden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0027] Ausführungsformen der Erfindung werden in den beigefügten Zeichnungen in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) dargestellt.

[0028] [Fig. 1](#) zeigt ein Seefahrzeug mit einem Steuersystem. Das Steuersystem empfängt Messungen von Standort, Kurs und Geschwindigkeit von Navigationsinstrumenten und empfängt Befehle von einer Standortangabeeinrichtung, der Steuertafel des Steuersystems, einer Geschwindigkeitsangabeeinrichtung und einer Geschwindigkeits- oder Wellengeschwindigkeitsangabeeinrichtung für den Propeller oder für mögliche Schubeinrichtungen. Das Steuersystem kann auch Messungen von relativer Windrichtung und relativer Windgeschwindigkeit von einem Anemometer empfangen, und es kann Information über Seezustand, d. h. Wellenhöhe, Rollperiode, Stampfen usw. empfangen oder berechnen. Das Steuersystem kann so ausgebildet sein, dass es sequenziell Wellengeschwindigkeit an Propeller und Winkelruder ausgibt, sodass gewünschte Position, Kurs und Geschwindigkeit erhalten werden.

[0029] [Fig. 2](#) stellt eine FAT eines Steuersystems eines Seefahrzeugs dar, wo das Steuersystem mit einer Schnittstelle mit simulierten Sensorsignalen verbunden ist und wo das Steuersignal Reaktionen in Form von Steuersignalen zu (nicht verbunden) Betätigungselementen oder Antrieben gibt.

[0030] [Fig. 3](#) zeigt ein bekanntes Steuersystem für ein Schiff mit den verbundenen Sensoren, Befehlseingabeeinrichtungen und Betätigungselementen oder Antrieben des Steuersystems.

[0031] [Fig. 4a](#) stellt die grundsätzliche Idee der Erfindung dar, bei der ein Seefahrzeugsimulator an einem entfernten Simulatorort angeordnet ist, mit einem Datenaufnehmer, die beide durch eine erste Echtheitsschnittstelle an dem Simulatorort verbunden sind, mit einem oder mehreren Kommunikationskanälen für Echtzeitsimulation und Dateneingabe zu einer oder mehreren Echtzeitschnittstellen für Echtzeitsteuerung, Simulation und Dateneingabe, die weiter mit einem Steuersystem verbunden ist, z. B. einem Steuer- und Überwachungssystem auf wenigstens einem Seefahrzeug. Der Simulator kann z. B. bei der sogenannten Klassengesellschaft an Land sein.

[0032] [Fig. 4b](#) stellt ein Seefahrzeug mit einem Steuersystem dar, bei dem ein oder mehrere echte Sensorsignale durch simulierte Sensorsignale über eine Kommunikationsleitung zu und von einem Prüflaboratorium ersetzt sind, und wobei ein oder mehrere Steuersignale von dem Steuersystem zu den Betätigungselementen oder Antrieben des Seefahrzeugs zurück über eine Kommunikationsleitung zu dem Prüflaboratorium vorzugsweise anstelle, dass sie zu den Betätigungselementen oder Antrieben des Schiffes gesendet werden, gesendet werden.

[0033] [Fig. 4c](#) stellt ein Seefahrzeug vor, wo ein Satz von Sensoren für Stampfbewegung, Rollen, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, GPS-Positionssensoren, DGPS-Positionssensoren, hydroakustische Positionssensoren usw., die normalerweise angeordnet sind, um Messungen an das Steuersystem des Seefahrzeugs abzugeben, durch simulierte Messungen von einem entfernten Prüfsystem über eine oder mehrere Kommunikationsleitungen ersetzt ist, wo das Steuersystem auf die simulierten Messungen reagiert, wobei die Reaktion normalerweise Steuersignale an die Betätigungselemente oder Antriebe des Seefahrzeugs, z. B. Propeller, Ruder, Tunnelschubeinrichtungen, Azimutschubeinrichtungen abgeben würde und wo die Reaktion über eine Kommunikationsleitung zu einem entfernten Prüflaboratorium gesendet wird, wo ein Seefahrzeugsimulator in Form eines Algorithmus ein dynamisches Verhalten eines simulierten Seefahrzeugs als Reaktion auf das Steuersignal von dem entfernten Steuersystem in dem Seefahrzeug berechnet und einen neuen Zustand des Seefahrzeugs zurück zu dem entfernten System für eine neue Reaktion in Form von aktualisierten Steuersignalen usw. sendet.

[0034] [Fig. 5](#) stellt einen Überblick der Seefahrzeugbewegungen in Form von Rollen, Stampfen und Hieb- bewegung dar.

[0035] [Fig. 6](#) stellt einen Überblick der Seefahrzeugbewegungen in Schwall, Schlingerbewegung und Gieren dar, was in Verbindung mit dynamischer Positionierung wichtig ist, z. B. in Verbindung mit Ölbohrungen ohne Verankerung (oder in einigen Fällen mit Verankerung).

[0036] [Fig. 7](#) zeigt eine Skizze eines relevanten Problems für Verwendung der Erfindung, wo ein Steuersystem verwendet wird, eine Bohrplattform unter dynamischer Positionierung zu steuern, während sie bohrt, wo der tatsächliche Standort und der gewünschte Standort mit fettgedrucktem „x“ markiert sind.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung.

[0037] Die Erfindung schließt ein System für und ein Verfahren zum Prüfen eines Steuersystems (2) auf einem Seefahrzeug (4) ein, z. B. einem Schiff, einer Bohrplattform, einer Ölherstellungsplattform, in Echtzeit über einen Kommunikationskanal (6), wie dies in einer Übersicht in [Fig. 4a](#) und detaillierter in den [Fig. 4b](#) und [Fig. 4c](#) gezeigt ist. Das Steuersystem (2) kann Steuern und Überwachen des Seefahrzeugs (4) einschließen. Das Prüfen des Steuersystems (2) kann die Simulation von normalen Zuständen und extremen Zuständen und normalen Änderungen zu solchen normalen und extremen Zuständen für das Schiff (4) einschließen, z. B. gewöhnliche Bewegung in einem simulierten Zustand ruhiger See (H_1). Zusätzlich kann man gewöhnliche Bewegung in einem simulierten extremen Meereszustand (H_2), Fehlersituationen mit z. B. Verlust von Motorleistung an einem einzelnen Propeller (16), wo das Seefahrzeug nur diesen einen Propeller (16) hat, mit nachfolgender dynamischer Simulation von Rotation weg vom gewünschten Kurs (7b) und Wegtreiben vom gewünschten Standort (7a) simulieren. Man kann auch den Verlust von einem oder mehreren Propellern (16a, 16b, ...) simulieren, wo das Seefahrzeug (4) einen oder mehrere Propeller (16b, 16c, ...) hat, die noch funktionieren, und man kann untersuchen, wie das Seefahrzeug auf den Verlust von einem oder mehreren Propellern reagieren wird.

[0038] Im Folgenden wird eine kurze Beschreibung des Systems als eine Materialeinrichtung gegeben, die in [Fig. 4a](#), b und c gezeigt ist, für Intervention von einem entfernten Laboratorium (40) in die Steuersysteme (2) von einem oder mehreren Schiffen (4a, 4b, 4c, ...).

[0039] Das System der Erfindung ist dazu ausgebildet, ein Steuersystem (2) in einem Seefahrzeug (4) zu prüfen, wo das Steuersystem (2) dazu ausgebildet ist, das Seefahrzeug (4) zu überwachen. Das System der Erfindung weist die folgenden Merkmale auf:

- Einer oder mehrere Sensoren (8), die an Bord des Seefahrzeugs (4) angeordnet sind, sind dazu ausgebildet, eines oder mehrere Sensorsignale (7) über eine Signalleitung (12) zum Steuersystem (2) zu senden.
- Befehlseingabeeinrichtungen (10) an Bord des Seefahrzeugs (4) sind dazu ausgebildet, gewünschten Standort, Kurs, Geschwindigkeit (9) usw. über eine Befehlssignalleitung (11) in das Steuersystem (2) einzugeben.
- Ein Algorithmus (31) im Steuersystem (2) ist dazu ausgebildet, Steuersignale (13) zu den Seefahrzeugantrieben (3) aufgrund der Sensorsignale (7) und/oder der Steuersignale (9) zu berechnen, um die Steuersignale (13) über eine Signalleitung zu den Antrieben (3) zu senden.
- Eine oder mehrere Kommunikationsleitungen (6) sind dazu ausgebildet, ein oder mehrere simulierte Sensorsignale (7') und/oder simulierte Befehlssignale (9') von einem entfernten Prüflaboratorium (40) zum Steuersystem (2) zu senden. Das entfernte Laboratorium kann an Land angeordnet sein, und Ausrüstung zur Echtzeitkommunikation muss sowohl im Laboratorium als auch in jedem Seefahrzeug zur Verfügung stehen, das geprüft werden soll.
- Das entfernte Laboratorium schließt einen Simulator (30) einschließlich eines Algorithmus (32) für die Simulation eines neuen dynamischen Zustands (50') ein, der den neuen Sensorsignalen (7') eines Seefahrzeugmodells (4'), beruhend auf den vorherigen Zustand (50'), Steuersignalen (13, 13') und dynamischen Parametern (5) für das Seefahrzeug (4) entspricht.
- Die Kommunikationsleitung (6) ist dazu ausgebildet, den neuen simulierten Zustand des Schiffsmodells (4') in Form von Sensorsignalen (7') zum Steuersystem (2) zu senden für andauernde Berechnung von Steuersignalen (13) im Steuersystem aufgrund von echten und/oder simulierten Sensordaten (7, 7') oder echten und/oder simulierten Befehlssignalen (9, 9'), um wenigstens eines der echten und/oder simulierten Steuersignale (9, 9') in Form von gewünschter Position, Kurs, Geschwindigkeit usw. zu erhalten.
- Die Kommunikationsleitung (6) ist dazu ausgebildet, die Reaktion des Steuersystems (2) in Form der Steuersignale (13) und als Steuersignale (13') zu dem entfernten Prüflaboratorium (40) zu senden.

[0040] Die Steuersignale (13) schließen Signale (13a, 13b, 13c) in Form von Wellengeschwindigkeit (13a, 13b) für den einen oder mehreren Propeller (16) oder Schubeinrichtungen (17) und Drehwinkel (13c) für Ruder (18) oder Schubeinrichtungen (17) und möglicherweise andere Antriebe ein.

[0041] Die Sensoren (8) schließen einen oder mehrere der folgenden ein:

- Positionsmesseinrichtungen (8a), um den Seefahrzeugstandort (7a) zu bestimmen, wie z. B. GPS-Empfänger (8a), hydroakustische Positionssensoren (8h), integrierende Beschleunigungssensoren, usw.;
- Kursmesseinrichtungen (8b) zum Bestimmen des Seefahrzeugkurses (7b), z. B. einen Gyrokompass oder irgendeinen anderen Kompass;
- einen Geschwindigkeitssensor (8c) oder einen einfach integrierenden Beschleunigungssensor, um die Geschwindigkeit (7c) zu bestimmen;

- ein Anemometer (8d, 8e) zum Anzeigen der (Relativ-)Windgeschwindigkeit (7d) und der Windrichtung (7e);
- einen Rollwinkelsensor (8f), um den Rollwinkel (7f) anzuzeigen;
- einen Stampfwinkelsensor (8g) zum Anzeigen den Stampfwinkels (7g)

[0042] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das System mit einem Knopf oder Schalter (15a) ausgerüstet, der dazu ausgebildet ist, ein oder mehrere Sensorsignale (7) von der Signalleitung (12) zum Steuersystem (2) zu trennen. Zusätzlich kann das System der Erfindung mit einem zweiten Schalter (15b) versehen sein, der dazu ausgebildet ist, einen oder mehrere der Befehlssignale (10) von der Signalleitung (11) des Steuersystems (2) zu trennen, und auch mit einem dritten Schalter (15c) versehen sein, der dazu ausgebildet ist, eines oder mehrere Steuersignale (13) von der Signalleitung (14) vom Steuersystem zu trennen. Auf diese Weise können die Schalter (15) verwendet werden, vollständig oder teilweise das Steuersystem (2) von Signalen zu und vom Rest des Seefahrzeuges zu trennen. Das Steuersystem (2) kann immer noch mit einer gewöhnlichen elektrischen Stromversorgung an Bord verbunden sein.

[0043] Das System schließt wie üblich ein, dass die dynamischen Parameter (5) des Seefahrzeuges in dem Algorithmus (31) des Steuersystems (2) für die Berechnung der Steuersignale (13) zu den Antrieben (3) eingehen können.

[0044] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das System so ausgebildet, dass das entfernte Prüflaboratorium (40) mit einem Simulator (30) mit einem Algorithmus (32) ausgerüstet ist, der dazu ausgebildet ist, den Zustand eines Seefahrzeuges aufgrund eines anfänglichen Zustands zu simulieren, der durch vollständig oder teilweise simulierte Messungen (7, 7') und Steuersignale (13, 13') von dem Steuersystem (2) dargestellt ist.

[0045] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Kommunikationsleitung (6) dazu ausgebildet, eines oder mehrere simulierte Sensorsignale (7') von dem entfernten Prüflaboratorium (40) zu senden, die weiter dazu ausgebildet ist, mit einer ersten Echtzeitschnittstelle (6a) am entfernten Prüflaboratorium (40) verbunden oder davon getrennt zu werden. Auf die selben Weise kann die Kommunikationsleitung (6) dazu ausgebildet sein, mit einer zweiten Echtzeitschnittstelle (6b) am Seefahrzeug (4) verbunden und davon getrennt zu werden, und wobei die zweite Echtzeitschnittstelle dazu ausgebildet ist, durch den Schalter (15a) mit der Signalleitung (11) mit dem Steuersystem (2) verbunden zu werden.

[0046] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine simulierte Befehlseingabeeinrichtung (10') dazu ausgebildet, simulierte Befehlssignale (9') von dem entfernten Prüflaboratorium (40) über die Echtzeitschnittstelle (6a) und über die Kommunikationsleitung (6) und über die Echtzeitschnittstelle (6b) zum Steuersystem (2) zu senden.

[0047] Das System kann dazu ausgebildet sein, dass alles von einem Algorithmus (31) im Steuersystem (2) oder ein Teil desselben über die Kommunikationsleitung (6) vom entfernten Prüflaboratorium abgewandelt, kalibriert oder ersetzt werden kann. Gemäß der Erfindung schließt das Prüflaboratorium eine Dateneingabeeinrichtung (15) für die Dateneingabe der Reaktion (13', 19') vom Steuersystem (2) zu den Messungen (7, 7') ein.

Beschreibung eines Verfahrens zum Durchführen des Prüfens des Steuersystems

[0048] Das System, das oben beschrieben worden ist, ist dazu ausgebildet, bei einem Verfahren zum Prüfen des Steuersystems (2) in einem Seefahrzeug (4) benutzt zu werden. Das Steuersystem (2) schließt Steuerung und Überwachung des Schiffes (4) mit Steuersignalen (13) zu einem oder mehreren Antrieben (3) ein.

[0049] Das Verfahren gemäß der Erfindung schließt die folgenden Schritte ein:

- Akquirieren in Echtzeit von Sensorsignalen (7) zum Steuersystem (2) von einem oder mehreren Sensoren (8) über eine erste Sensorsignalleitung (12) zum Steuersystem (2).
- Akquirieren von Befehlssignalen (9) zum Steuersystem (2) von einer Befehlseingabeeinrichtung (10) über eine zweite Signalleitung oder Befehlssignalleitung (11) zum Steuersystem (2).
- Berechnung eines Steueralgorithmus (31) im Steuersystem (2) aufgrund von einem oder mehreren der akquirierten Sensorsignale (7) und Befehlssignale (9) und der dynamischen Parameter (5) des Seefahrzeuges, und Senden der Steuersignale (13) über eine dritte Signalleitung (14) zu den Antrieben (3).
- Die Neuheit der Erfindung schließt das Trennen von einem oder mehreren Sensorsignalen (7) von einem oder mehreren der Sensoren (8) oder der Steuersignale (9) von der Befehlseingabeeinrichtung (10) ein, so dass die ausgewählten Sensorsignale (7) oder Befehlseingaben (9) das Steuersystem (2) nicht erreichen,

wobei zur selben Zeit Ersetzen von einem oder mehreren der getrennten Sensorsignale (7) oder Befehlssignale (9) durch entsprechende simulierte Sensorsignale (7') oder Befehlssignale (9') stattfindet, die in einem entfernten Prüflaboratorium (40) in Bezug auf das Schiff (4) erzeugt sind. Die simulierten Signale (7', 9') werden über eine Kommunikationsleitung (6) durch die eine oder mehreren Signalleitungen (12, 14) zum Steuersystem (2) von dem entfernten Prüflaboratorium gesendet.

– Berechnung der Steuersignale (13, 13') wird in der üblichen Weise im Steuersystem (2) aufgrund der echten und/oder simulierten Sensorsignale (7a oder 7a', 7b oder 7b', 7c oder 7c', ...) oder von Befehlssignalen (9a oder 9a', 9b oder 9b', 9c oder 9c', ...) weiterhin stattfinden.

– Die Steuersignale (13'), die durch das Steuersystem erzeugt werden, können dann über die Kommunikationsleitung (6) zum entfernten Prüflaboratorium (4) gesendet werden.

[0050] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Verfahrenssimulation in einem Simulator (30) im Prüflaboratorium (40) mit Hilfe eines Algorithmus (32) eines neuen dynamischen Zustands eines Seefahrzeugmodells (4) aufgrund der Steuersignale (13') einschließen. Auf diese Weise kann eine Prüfung des Steuersystems (2) vom entfernten Prüflaboratorium (40) auf einem Schiff unabhängig davon durchgeführt werden, wo sich das Schiff in der Welt befindet. Der Simulationsalgorithmus muss die Zeitverzögerung berücksichtigen, die durch die Verwendung der Kommunikationsleitung (6) verursacht wird.

[0051] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren kann das entfernte Prüflaboratorium (40), das mit dem Prüfen des Steuersystems beschäftigt ist, an Land angeordnet sein, und das Seefahrzeug (4a, 4b, 4c, ...), das geprüft wird, befindet sich in einer großen Entfernung weg vom Prüflaboratorium, typischerweise zwischen 1 und 20.000 km, und wobei das Schiff (4a, 4b, 4c, ...), das geprüft wird, sich in einem nahen Hafen, einem entfernten Hafen, im Dock oder in einer Werft, vor Anker oder in der offenen See befindet.

[0052] Wenn das Prüfen des Steuersystems beendet ist, wird die Kommunikationsleitung zwischen dem Seefahrzeug und dem entfernten Laboratorium getrennt, und die gewöhnlichen Sensorsignale und die gewöhnlichen Befehlssignale zum Steuersystem werden wieder verbunden, und die Steuersignale vom Steuersystem werden mit den Betätigungselementen oder Antrieben für normalen Betrieb des Steuersystems im Seefahrzeug wieder verbunden.

[0053] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen die Sensorsignale (7) einen oder mehreren der folgenden Sensorparameter vom Sensor (8) auf:

- Den Schiffstandort (7a) von Positionssensoren (8a), wie z. B. einem GPS-Empfänger (8a), hydroakustischen Positionssensoren (8h), integrierenden Beschleunigungssensoren, usw.,
- Kurs (7b) von Kurssensoren (8b) z. B. einem Gyrokompass oder einem anderen Kompass,
- Geschwindigkeit (7c) von einem Geschwindigkeitssensor (8c) oder einem einfach integrierenden Beschleunigungssensor;
- Windgeschwindigkeit (7d) und Windrichtung (7e) von einem Anemometer (8c, 8e),
- Rollwinkelsensor (7f) von einem Rollsensor (8f);
- Stampfwinkelsensor (7g) von einem Stampfsensor (8g).

[0054] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung schließen die Steuersignale (13) Signale (13a, 13b, 13c) in Form der Wellengeschwindigkeit einer oder mehrerer Propeller (16) oder Triebwerke (17) und Winkel für Ruder (13c) oder Triebwerke (17) und möglicherweise andere Steuereinrichtungen ein, um eine oder mehrere von gewünschtem Standort (9a), Kurs (9b), Geschwindigkeit (9c) zu erreichen.

[0055] Das Verfahren kann zum Berechnen von Steuersignalen für einen oder mehreren Propeller (16a, 16b, 16c, ...) benutzt werden, und Steuereinrichtungen (18) können einen oder mehrere Ruder (18a, 18b) einschließen und können eine oder mehrere Triebwerke oder Schubeinrichtungen (17) einschließen.

[0056] Die Befehlseingabeeinrichtung (10) wird wenigstens eine Standortspezifikationseinrichtung (10a), ein Steuerrad (10b), eine Geschwindigkeitsangabeeinrichtung (10c) oder eine Einrichtung für die Angabe des gewünschten Neigungswinkels, Stampf- oder Nickwinkels, der Hiev- oder Heave-Kompensation usw. (10x) einschließen, die ein Befehlssignal (9) von einer oder mehreren von gewünschtem Standort (9a), gewünschtem Kurs (9b) und gewünschte Geschwindigkeit (9c) oder anderen gewünschten Zustand (9x) ergeben, d. h. gewünschtem Rollwinkel, gewünschtem Stampf- oder Nickwinkel, gewünschter Heave-Kompensation usw.

[0057] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung schließt das Verfahren ein, dass das entfernte Prüflaboratorium (40) dazu verwendet wird, zu prüfen, dass das Steuersystem (2) aufgrund der simulierten Sensorsignale (7') bei der Prüfung aufgrund möglicherweise verbleibender echter Sensorsignale (7),

der simulierten Befehlssignale (9') und möglicherweise verbleibender echter Befehlssignale (9) Steuersignale (13, 13') abgibt, die zu einem gewünschten Zustand des Seefahrzeugs führen, und wobei das Steuersystem (2) aufgrund dieser Prüfung zertifiziert wird.

[0058] Die dynamischen Parameter (5) des Seefahrzeugs können die Masse (m), die axialen Trägheitsmomente und die Massenverteilung des Seefahrzeuges, die Rumpfpfparameter, die die Geometrie des Rumpfes beschreiben, wie dies unten erwähnt wird, einschließen. Trennen der Sensorsignale (7) von den Sensoren (8) zum Steuersystem (2) kann mithilfe eines Schalters (15a) auf der Signalleitung (12) vorgenommen werden. Trennen von Befehlssignalen (9) von den Befehlseingabeeinrichtungen zum Steuersystem (2) kann mithilfe eines Schalters (15b) auf der Signalleitung (11) vorgenommen werden.

[0059] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens können Fehlersituationen durch Trennen von einem oder mehreren ausgewählten Sensorsignalen (7) oder Steuersignalen (9) zu der Zeit geprüft werden, um Versagen von Komponenten zu simulieren, und wobei die Reaktion des Steuersystems (2) in Form von Steuersignalen (13, 13') und Zustandssignalen (19, 19') in eine Dateneingabeeinrichtung (15) im Prüflaboratorium (40) eingegeben werden.

[0060] Fehlersituationen können auch geprüft werden, indem Messungen geändert werden oder indem Störungen in ausgewählten Sensorsignalen (7') erzeugt werden, oder indem äußere Störungen wie Wetter, Wind, elektrisches Rauschen zu den Messungen (7'), die von den entfernten Prüflaboratorium (40) zum Steuersystem (2) im Seefahrzeug (4) gesandt werden, erzeugt werden, und wobei die Reaktion des Steuersystems (2) in Form von Steuersignalen (13, 13') und Zustandssignalen (19, 19') in ein Dateneingabegerät (15) im Prüflaboratorium (40) eingegeben werden.

[0061] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann neue Software für das Steuersystem (2) im Seefahrzeug (4) von dem Prüflaboratorium (40) über die Kommunikationsleitung (6) gesendet werden.

[0062] Nach der Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem das Prüflaboratorium (40) aufgrund der Prüfung des Steuersystems (2) und der Prüfergebnisse das Steuersystem (2) zulassen kann, kann das Prüflaboratorium (40) das Steuersystem (2) für einen gewöhnlichen Betrieb des Seefahrzeuges (4) zertifizieren.

[0063] Einer der Vorteile des vorgeschlagenen in Entfernung durchgeführten Prüfens gemäß der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass man eine viel größere Flexibilität bei der Gesamtheit von Software und Steuersystem (2) und der simulierten Fehlersituationen und unter einem simulierten ausgiebigen Spektrum von Wetterbelastungen haben wird, als dies im Fall bei konventionellem Prüfen und zertifizieren möglich wäre. Gleichzeitig vermeidet man die Nachteile und Begrenzungen vorher verwendeter Verfahren zum Prüfen von Seefahrzeugsteuersystemen, nämlich Reiseentfernung, zeitraubende Reisen, hohe Reisekosten, Zeit für Einrichten der Ausrüstung für das Prüfen usw. Mit der vorgeschlagenen Erfindung ist es möglich, weit mehr Seefahrzeuge als vorher mit einer kleineren Anzahl von Bedienungspersonen zu prüfen und zu zertifizieren.

Beispiel des Prüfens eines Steuersystems auf einem Bohrseefahrzeug.

[0064] Die vorliegende Erfindung kann benutzt werden, um zu prüfen, ob ein Steuersystem wie oben erwähnt tatsächlich in sicherer und zuverlässiger Weise funktionieren wird. Man kann sich das folgende Beispiel vorstellen: Es ist gewünscht, ein Steuersystem (2) in einem Bohrseefahrzeug (4) zu prüfen, wie dies in [Fig. 7](#) dargestellt ist. Der Bohrvorgang kann vor der Prüfung beendet werden, sodass mögliche Fehler in dem Standort unter der Prüfung mit simuliertem dynamisch positioniertem Bohren keine negativen Konsequenzen haben wird. Das Seefahrzeug (4) schließt ein Steuersystem (2) ein, das dem entspricht, was skizzenmäßig in den [Fig. 4a](#), b und c dargestellt ist und in derselben Weise durch eine Echtzeitschnittstelle (6b) und eine Kommunikationsleitung (6) und durch eine Echtzeitschnittstelle (6a) mit einem entfernten Prüflaboratorium (40) verbunden, wie dies in den Zeichnungen gezeigt ist. Das Steuersystem (2) weist Steuern und Überwachen des Bohrseefahrzeuges (4) mit Triebwerkseinrichtungen (16) wie Propeller (16a, 16b, 16c, ...) oder Triebwerken oder Schubeinrichtungen (17) und Steuereinrichtungen (18), wie Ruder (18), Triebwerken (17) in Form von Tunneltriebwerken oder Tunnelschubwerken und Azimuthtriebwerken auf. Die Triebwerke (17) können sowohl als Antriebseinrichtungen (16) als auch als Steuereinrichtungen (18) verwendet werden. Bei dem simulierten Bohren ist es wünschenswert, dass das Bohrseefahrzeug (4) an einem stationären Standort (9a) mit einer kleinstmöglichen Abweichung des Standortes und mit einem Kurs (7b) und einer Geschwindigkeit (7c) befindet, die nur das Wetter in Form der Einflüsse von Wind, Wellen und Strom kompensieren. Das Verfahren zum

dynamischen Positionieren in Übereinstimmung mit bekannten Verfahren kann die folgenden Schritte aufweisen, die sequenziell ausgeführt werden können:

- Das Steuersystem (2) akquiriert in Echtzeit die Sensordaten (7) von einem oder mehreren Sensorparametern, wie z. B. dem gemessenen Seefahrzeugstandort (7) von Positionssensoren (8a), z. B. DGPS-Empfängern, und Kurs (7b) von Kurssensoren (8b), wie Gyrokompassen usw.
- Das Steuersystem (2) akquiriert Befehlssignale (9) von einer Befehlsangabeeinrichtung (10), z. B. einer sogenannten Joysticktafel, einschließlich wenigstens eine Positionsvorgabeeinrichtung (10a), eines Rads (10b), einer Geschwindigkeitsvorgabeeinrichtung (10c), die Befehlssignale für eines oder mehrere von gewünschtem Standort (9a), wie dies in [Fig. 7](#) gezeigt ist, gewünschtem Kurs (9b) in Form des Winkels für Ruder oder Schubtriebwerke, und gewünschter Geschwindigkeit (9c) in Form der Wellengeschwindigkeit für Propeller (16) oder Triebwerke (17).
- Die Sensoren (8) senden die Sensorsignale (7) über eine erste Signalleitung (12) zum Steuersystem (2).
- Die Befehlseingabeeinrichtung (10) sendet die Befehlssignale (9) über eine zweite Signalleitung oder Befehlssignalleitung (11) zum Steuersystem (2).
- Das Steuersystem (2) berechnet dann sequenziell aufgrund der einen oder mehreren akquirierten Sensorsignale (7a, 7b, 7c, ...) und Befehlssignale (9a, 9b, 9c, ...) und möglicherweise eines Satzes von erforderlichen dynamischen Parametern, wie Masse (m) und axiale Trägheitsmomente (M_1, M_2, \dots) für das Seefahrzeug (4) die erforderliche Wellengeschwindigkeit (13a) für Propeller (16) und Winkel (13c) für Ruder (18) und möglicherweise andere Steuereinrichtungen, um eine oder mehrere von gewünschtem Standort (9a), Kurs (9b), Geschwindigkeit (9c) usw. aufrecht zu erhalten.
- Das Steuersystem (2) sendet dann die Steuersignale (13a, 13b, 13c, ...) einschließlich der erforderlichen Wellengeschwindigkeit (13b) vom Steuersystem (2) über eine dritte Signalleitung (14), um die Wellengeschwindigkeit (13a) für Propeller (16) und/oder Schubtriebwerke (17) und Winkel (13c) für Ruder (18) und/oder Schubtriebwerke (17) zu steuern.

[0065] Die Neuheit der Erfindung kann mit den folgenden Schritten durchgeführt werden:

- Mit Hilfe eines Knopfes oder Schalters (15a) auf der Signalleitung (12) werden ein oder mehrere Sensorsignale (7) von einem oder mehreren Sensoren (8) von dem Steuersystem (2) getrennt, und/oder mit Hilfe eines Schalters (15b) auf der Signalleitung (11) werden ein oder mehrere der Befehlssignale (9) von der Steuereingabeeinrichtung (10) von dem Steuersystem (2) getrennt.
- Eines oder mehrere der getrennten Sensorsignale (9), z. B. der gemessene Standort (7a) oder der Kurs (7b), oder eines oder mehrere der getrennten Befehlssignale (9), z. B. gewünschte Position (9a) oder gewünschter Kurs (9b), werden durch die entsprechenden simulierten Sensorsignale (7'), z. B. simulierter gemessener Standort (7a') oder simulierter gemessener Kurs (7b') oder simulierte entsprechende Befehlssignale (9') ersetzt, z. B. simulierter gewünschter Standort (9a') oder simulierter gewünschter Kurs (9b'), indem eine oder mehrere der Signalleitungen (12, 14) blind geschaltet werden, wobei die simulierten Sensor- und Befehlssignale in einem entfernten Prüflaboratorium (40) in Bezug auf das Seefahrzeug (4) erzeugt werden und über eine Kommunikationsleitung (6) durch einen oder beide der Schalter (15a, 15b) und in eine oder mehrere der Signalleitungen (12, 14) gesendet werden. In diesem Fall kann man die Sensorsignale (7a) von den DGPS-Empfängern (8a) blind schalten und diese durch einen neuen, falschen und abweichenden Standort ersetzen, der sich in einer vorgegebenen Entfernung von dem Standort (9a) befindet, wo sich das Seefahrzeug (4) tatsächlich befindet.
- Das Steuersystem (2) führt dann sequenziell fortgesetzte Berechnungen der erforderlichen Wellengeschwindigkeit (13b) für Propeller (16) und Winkel (13c) für Ruder (18) und andere Steuereinrichtungen durch, um wenigstens einen von gewünschtem Standort, Kurs, Geschwindigkeit usw. aufgrund der eingegebenen und/oder simulierten Sensorsignale (7a oder 7a', 7b oder 7b', 7c oder 7c', ...) und der Befehlssignale oder simulierten Befehlssignale (9a oder 9a', 9b oder 9b', 9c oder 9c', ...) und der erforderlichen Seefahrzeugparameter (5) zu erhalten. Die berechnete Reaktion, die sogenannten Steuersignale (13) vom Steuersystem (2) zum Betätigungselement oder Antrieb (3), wie z. B. das Steuersignal (13a) für die Steuerung von Propellern (13) und des Winkels (13c) von Rudern (18) kann mit Hilfe eines dritten Schalters (15c) getrennt oder blind geschaltet werden, sodass die Steuersignale (13) nicht die Propeller (16) oder die Ruder (18) während der Prüfung steuern, sondern sie stattdessen über die Kommunikationsleitung (6) zum entfernten Laboratorium (40) senden.

[0066] Das Steuersystem (2) kann dann als eine „Black Box“ (2) angesehen werden, wo eine Änderung in wenigstens einem der Sensorsignale (7) zur „Black Box“ (2) simuliert wird, und wo die „Black Box“ (2) mit einem Steuersignal (13) reagiert. Im Falle des Bohrseefahrzeugs (4), das in der Einleitung erwähnt wurde, wo ein Fehler in den DGPS-Signalen vorhanden war, würde man nach 5 Minuten erfahren, dass das Steuersystem (2) plötzlich versuchen würde, die Propeller, Triebwerke und Ruder des Seefahrzeugs (4) zu steuern, um das

Seefahrzeug zu einem neuen Standort zu bewegen, den das Steuersystem plötzlich als richtig ansehen würde, da ihm dieser 5 Minuten lang als stabil und falsch angegeben worden ist.

Die Bewegung eines Seefahrzeuges und die Simulation seiner Bewegung.

[0067] Die Bewegung eines Seefahrzeuges wird in Termen der Geschwindigkeit des Schiffs, surge (Vor- und Rückwärtsbewegung des Schiffs oder Schwall), sway (Bewegung von Seite zu Seite oder Schaukeln) und yaw (Rotation um vertikale Achse oder Gieren), durch die Position des Schwerpunktes und durch Rollwinkel, Stampfwinkel und Gierwinkel beschrieben, siehe [Fig. 5](#). Ein Seefahrzeug wird Kräften und Momenten ausgesetzt sein, die die Bewegung des Seefahrzeuges beeinflussen. Diese Kräfte und Momente werden durch Wind, Strom und Wellen, von der Benutzung von Betätigungselementen oder Antrieben (**3**), wie Propellern (**16**), Triebwerken (**17**) und Rudern (**18**), von hydrostatischen Kräften, die der Federkraftwirkung von Winkeln beim Rollen und Stampfen und der Heave-Position entsprechen, und von hydrodynamischen Kräften erzeugt, die sich auf die Geschwindigkeit und Beschleunigung des Seefahrzeugs (**4**) beziehen. Kräfte und Momente, die auf ein Seefahrzeug (**4**) wirken, hängen von der Bewegung des Seefahrzeugs ab, während die Bewegung des Seefahrzeugs als eine Konsequenz der Kräfte und Momente angesehen werden kann, die auf das Seefahrzeug wirken. Für ein Seefahrzeug oder Schiff wird die Geometrie des Rumpfes, die Masse und die Massenverteilung bekannt sein. Zusätzlich werden Schätzungen der hydrodynamischen Parameter des Schiffs bekannt sein. Wenn die Bewegung des Seefahrzeugs gegeben ist, können die Kräfte und Momente, die auf das Schiff wirken, in einem Simulator (**30**) berechnet werden, z. B. durch Verwendung eines Algorithmus (**32**). Die Beschleunigung und Winkelbeschleunigung des Seefahrzeugs kann dann aus den Bewegungsgleichungen für das Seefahrzeug berechnet werden, die von Newtons und Eulers Gesetzen gefunden werden können. Solche Bewegungsgleichungen werden in Handbüchern beschrieben. In den Bewegungsgleichungen erscheinen die folgenden Parameter:

- die Seefahrzeugmasse,
- der Ort des Schwerpunktes,
- der Ort des Auftriebsmittelpunktes,
- die Trägheitsmomente des Schiffes,
- die Rumpfgeometrie, einschließlich Länge, Schiffsbreite und Tiefgang;
- hydrodynamisch hinzugefügte Masse,
- hydrodynamische Potentialdämpfung,
- viskose Dämpfung,
- Parameter, die sich auf Rückstellkräfte beziehen und Momente auf dem Rumpf aufgrund der Bewegung in Heave, Stampfen und Rollen,
- Parameter, die sich auf Amplitude, Frequenz und Richtung von Wellenkomponenten auf die resultierenden Kräfte und Momente auf den Rumpf beziehen.
- Darüber hinaus schließen die Bewegungsgleichungen mathematische Modelle für Antriebskräfte von Propellern (**16**) als Funktion der Propellergeschwindigkeit und der Steigung der Propellerblätter, Kräfte von Rudern (**18**) als Funktion des Ruderwinkels und der Seefahrzeuggeschwindigkeit und Kräfte von Triebwerken (**17**) als Funktion der Triebwerkgeschwindigkeit und -richtung ein.

[0068] Das folgende Verfahren kann verwendet werden, um die Bewegung eines Seefahrzeuges (**4**, **4'**) über einen Zeitintervall von T_0 nach T_N zu berechnen:

Es soll angenommen werden, dass die Bewegung eines Seefahrzeuges im anfänglichen Zeitmoment T_0 gegeben ist und Kräfte und Momente zu diesem Zeitpunkt berechnet werden. Die Beschleunigung und die Winkelbeschleunigungen des Seefahrzeuges zur Zeit T_0 können dann von Bewegungsgleichungen für das Seefahrzeug (**4**, **4'**) berechnet werden. Dann können numerische Integrationsalgorithmen verwendet werden, die Bewegung des Schiffes zum Zeitpunkt $T_1 = T_0 + h$ zu berechnen, wobei h der Zeitschritt des Integrationsalgorithmus ist. Für ein Seefahrzeug wird dann der Zeitschritt h typischerweise im Bereich von 0,1 bis 1 s liegen. Wenn die Bewegung des Seefahrzeugs (**4**, **4'**) zur Zeit T_1 berechnet ist, können die Kräfte und Momente zur Zeit T_1 berechnet werden, und die Beschleunigung und die Winkelbeschleunigung zum Zeitpunkt T_1 werden von den Bewegungsgleichungen gefunden. Es wird dann wieder unter Verwendung von numerischer Integration die Bewegung des Seefahrzeuges zum Zeitpunkt $T_2 = T_1 + h$ berechnet. Diese Prozedur kann zu jedem Zeitpunkt $T_K = T_0 + h \cdot K$ durchgeführt werden, bis die Zeit T_N erreicht ist.

[0069] Die Wellen, die auf ein Schiff wirken, werden als eine Summe von Wellenkomponenten beschrieben, wo nur eine Wellenkomponente eine sinusoidale Welle mit langem Wellenkamm mit einer gegebenen Frequenz, Amplitude und Richtung ist. Für einen gegebenen Ort auf See werden die vorherrschende Verteilung der Amplitude und Frequenz der Wellenkomponenten durch bekannte Wellenspektren wie z. B. JONSWAP- oder ITTC-Spektren gegeben, wo die Intensität des Wellenspektrums in Termen der signifikanten Wellenhöhe

parametrisiert ist. Die resultierenden Kräfte und Momente, die auf das Seefahrzeug wirken, werden eine Funktion der Amplitude, Frequenz und Richtung der Wellen und der Geschwindigkeit und des Kurses des Seefahrzeuges sein. Kräfte und Momente vom Wind werden durch Windgeschwindigkeiten, Windrichtung, Seefahrzeuggeschwindigkeit und die projizierte Fläche des Schiffs oberhalb der Meeresoberfläche als Funktion des Seefahrzeugkurses relativ zur Windrichtung gegeben sein. Kräfte und Momente von Strömung werden durch die Strömungsgeschwindigkeit, Strömungsrichtung, die Projektionsfläche des Rumpfes unter der Meeresoberfläche und durch die Seefahrzeuggeschwindigkeit und den Kurs relativ zur Strömungsrichtung gegeben sein.

Dynamische Positionierung-DP:

[0070] Bei dynamischer Positionierung, sogenannter DP, wird das Seefahrzeug (4) in drei Freiheitsgraden (DOF, degrees of freedom) gesteuert. Die gewünschte Position in x und y und der Kurs werden als Eingabe von einer Bedienungsperson eingegeben, die eine Tastatur, eine Rollkugel, eine Maus oder einen Joystick auf einer Steuertafel (10) verwendet. Ein Steuersystem (2) wird verwendet, um die erforderlichen Antriebskräfte in den Schwall- und Schaukelrichtungen und das Antriebsmoments um die Gierachse zu berechnen, sodass das Schiff die gewünschte Position und den gewünschten Kurs erreicht. Das Steuersystem (2) schließt auch Betätigungselement- oder Antriebszuordnung ein, was die Berechnung von Propellerkräften, Ruderkräften und Triebwerkskräften oder Schubtriebwerkskräften einschließt, die den befohlenen Antriebskräften und Momenten entsprechen. Das Steuersystem (2) wird durch das Ablaufenlassen eines Algorithmus (31) auf einem Computer an Bord des Seefahrzeuges (4) implementiert. Dieser Algorithmus (31) vergleicht die gewünschte Position (9a) und den Kurs (9b) mit der gemessenen Position und dem gemessenen Kurs (7a, 7b), und aufgrund von diesen berechnet der Algorithmus die erforderlichen Antriebskräfte und Momente, indem er Steuertheorie verwendet, die in Handbüchern gefunden wird. Zusätzlich schließt der Algorithmus ein Zuordnungsmodul ein, wo Propellerkräfte, Ruderkräfte und Schubtriebwerkskräfte berechnet werden. Die Position und der Kurs werden durch DGPS-Sensoren, Gyrokompass, hydroakustische Sensorsysteme, wo Transponder auf dem Meeresgrund angeordnet sind, und Spanndrähte ein, wo die Neigung eines Spanndrahtes, der am Meeresboden befestigt ist, gemessen wird.

Komponente:

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|---|
| 1 | - |
| 2 | Steuersystem |
| 3 | Betätigungselement oder Antriebe (Propeller (16) Triebwerke oder Schubtriebwerke (17), Ruder (18)) |
| 4 | Seefahrzeug, Schiff, Bohrseefahrzeug, Bohrplattform, Produktionsplattform oder anderes seegängiges Fahrzeug |
| 4' | Simuliertes Seefahrzeug, Seefahrzeugmodell im Simulator (30) oder im Simulatoralgorithmus (31) |
| 5 | die dynamischen Parameter des Seefahrzeuges. 5a: Masse m, 5b: 5c: Position des Schwerpunktes, 5c, 5d, 5e Trägheitsmomente um die Seefahrzeugachsen, Massenverteilung, Rumpffparameter usw. |
| 6 | Kommunikationsleitung, die eine erste Echtzeitschnittstelle (6a) im entfernten Prüflaboratorium (40) und eine zweite Echtzeitschnittstelle (6b) auf einem ersten Seefahrzeug 4a, (6c) auf einem zweiten Seefahrzeug (4b) usw. einschließt. |
| 7 | Sensorsignale von Sensoren (8): 7a: Position, 7b: Kurs, 7c: Geschwindigkeit, 7d: Windgeschwindigkeit (rel), 7e: Windrichtung (rel), 7f: Stampfwinkel, 7g: Rollwinkel, 7h, hydroakustische (relative) Position in Bezug auf Transponder auf dem Meeresboden, 8i, GPS/Trägheitsposition und Kurs. |
| 8 | Sensoren: 8a: Positionssensor, 8b: (Gyro)-Kompass, 8c: Geschwindigkeitssensor, 8d: Windgeschwindigkeitssensor, 8e: Windrichtungssensor, 8f: Stampfsensor, 8g: Rollsensor, 8h: hydroakustischer Positionssensor, 8i: „Seapath 200“ GPS/Trägheitssensor von Position und Kurs |
| 9 | Steuersignale von Steuereingabeeinrichtung (10): 9a: gewünschte Position, 9b: gewünschter Kurs, 9c: gewünschte Geschwindigkeit usw. |
| 10 | Befehlseingabeeinrichtung: Spezifikationsangabeeinrichtung 10a zum Angeben der gewünschten Position 9a, Rad 10b zum Angeben des gewünschten Kurses 9b, Geschwindigkeitsangabeeinrichtung 10c zum Angeben der gewünschten Geschwindigkeit usw. |
| 11 | Eine oder mehrere Befehlssignalleitungen oder ein Kommunikationsbus für Kommunikationssignale (9) zum Steuersystem (2). |
| 12 | Eine oder mehrere Sendesignalleitungen oder ein Kommunikationsbus für Sensorsignale (7) zum Steuersystem (2). |
| 13 | Steuersignale einschließlich Wellengeschwindigkeit (13a, 13b) für Propeller (16) und Triebwerke (17) und Winkel (13c) für Ruder (18) oder Triebwerk (17). |

- 13'** Steuersignale, die zum entfernten Prüflaboratorium (**40**) gesendet werden
- 14** Eine oder mehrere dritte Signalleitungen (**14**) oder Kommunikationsbus vom Steuersystem (**2**) zu den Betätigungselementen oder Antrieben (**3**) (**16, 17, 18**)
- 15** Dateneingabeeinrichtung.
- 16** Propeller (**16**)
- 17** Triebwerke oder Schubtriebwerk (**17**)
- 18** Ruder (**18**): (zusammen „Betätigungselemente“ oder „Antriebe“ (**3**)).
- 19** Zustandssignale
- 30** Seefahrzeugsimulator in einem entfernten Prüflaboratorium (**40**)
- 31** Steueralgorithmus (**31**) für die Berechnung von Steuersignalen (**13**) für die Schiffsantriebe (**16, 17, 18**) aufgrund von Sensorsignalen (**7**), Steuersignalen (**9**) und der dynamischen Parametern (**5**) für das Seefahrzeug (**4**), zum Senden von Steuersignalen (**13**) über eine Signalleitung (**14**) zu den Betätigungselementen oder Antrieben (**3**), z. B. Propellern (**16**), Triebwerken und Schubtriebwerken (**17**) oder Rudern (**18**).
- 32** Algorithmus im Seeschiffsimulator (**30**) für die Berechnung der dynamischen Bewegung des Seeschiffes aufgrund von simulierten Sensorsignalen (**7**), Seefahrzeugparametern (**5**), simulierter Windgeschwindigkeit und Windrichtung, simulierter Wellenhöhe und Wellenrichtung, simulierter gegenwärtiger Geschwindigkeit und gegenwärtige Richtung, usw., und die Kräfte der Antriebe (**3**) auf das Seefahrzeug.
- 40** Entferntes Prüflaboratorium

Bezugsquellen, die in der Beschreibung zitiert sind

[0071] Die Liste von Bezugsquellen, die durch den Anmelder zitiert sind, dient nur der Bequemlichkeit des Lesers. Sie bildet keinen Teil des europäischen Patentdokuments. Obwohl große Sorgfalt ausgeübt wurde, die Bezugsquelle zusammenzustellen, können Fehler und Auslassungen nicht ausgeschlossen werden und das EPA lehnt alle Gewährleistungen in dieser Hinsicht ab.

EP 1 579 281 B1

In der Beschreibung genannte Patentdokumente:

- US 6398318 B [0016]
- US 5023791 A [0017]
- US 5541863 A [0018]
- US 5260874 A [0019]
- US 6505574 B [0020]
- WO 9214216 A [0021]

[0072]

Übersetzung der Figuren

Fig. 1 known art Resulting dynamic change of: Position, heading, speed, roll, pitch, heave, etc.

Fig. 2, known art: F. A. T
 Simulated vessel **4'**
 Simulated sensors **8a, 8b, 8c**
 Pos, course, speed
 Simulated sensor signal line **12'**
 Simulated sensor signals **7a, 7b, 7c, ...**
 Control system **2**
 Simulated command-signals **9a, 9b, 9c, ...**
 Control signal
 Response as control signals that could have gone to propeller/thrusters, angle for ror/thrusters, etc.

Propeller
 Rudder

Fig. 1, Stand der Technik Resultierende dynamische Änderung von Position, Kursrichtung, Geschwindigkeit, Rollen, Stampfen, Heave, usw.

Fig. 2, Stand der Technik: F. A. T
 Simuliertes Seefahrzeug **4'**
 Simulierte Sensoren **8a, 8b, 8c**
 Position, Kurs, Geschwindigkeit
 Signalleitung **12'** für simulierten Sensor
 Simulierte Sensorsignale **7a, 7b, 7c, ...**
 Steuersystem **2**
 Simulierte Befehlssignale **9a, 9b, 9c, ...**
 Steuersignal

Reaktion als Steuersignale, die zum Propeller Triebwerk, Winkel für Ruder/Triebwerk usw. hätten gehen können
 Propeller
 Ruder

Fig. 3, known art

Sensor signals
Control signals
Serial Comm
Redundant Data Network

Fig. 4a

32: simulator algorithm for simulated vessel movements, change of: simulated position **7a'**, course **7b'**, speed **7c'**, roll angle, etc.
Response from 2 as control signal **13** of speed for propeller/thruster, angle for ror/thruster

Fig. 4b

Fartoy
Sensor GPS, gyro compass, speed logger, etc.

Sensor signal line

Sensor signals **7a**, **7b**, **7c**, **7d**, **7e** ...
Resulting change of: position course, speed, heel, etc.

2: control system

Propeller

Rudder

Communication channel; radio line, satellite channel, mobile telephones, etc.

Simulated vessel (mathematical model) **4'**

30: simulator

32: algorithm for simulated vessel movements, change of: simulated position **7a'**, course **7b'**, speed **7c'**, roll angle, etc.

Simulated sensor signals **7a'**, **7b'**, **7c'**, **7d'**, **7e'**

Simulated control signals **18'** of speed for propeller/thruster

angle for rudder/thruster

Fig. 4c

32: simulating algorithm for vessel movement etc: pos. **7a'**, course **7b'**, speed **7c'**, roll angle, etc.

Response as control signal **13'** of speed for propeller/thruster, angle for rudder/thruster

Fig. 6

surge

yaw

sway

Fig. 7

surge

yaw

sway

Fig. 3, Stand der Technik

Sensorsignale
Steuersignale
Seriellles Comm
Redundantes Datennetz

Fig. 4a

32: Simulatoralgorithmus für simulierte Seefahrzeugbewegungen, Veränderung von: simulierter Position **7a'**, Kurs **7b'**, Geschwindigkeit **7c'**, Rollwinkel usw.
Reaktion von 2 als Steuersignal **13** der Geschwindigkeit für Propeller/Triebwerk, Winkel für Ruder/Triebwerk

Fig. 4b

Seefahrzeug
Sensoren GPS, Gyrokompass, Geschwindigkeitseingabeeinrichtung usw.

Sensorsignalleitung

Sensorsignale **7a**, **7b**, **7c**, **7d**, **7e** ...

Resultierende Änderung von Position, Kurs, Geschwindigkeit, Krängung usw.

Steuersystem

Propeller

Ruder

Kommunikationskanal, Funkleitung, Satellitenkanal, mobile Telefone usw.

Simuliertes Seefahrzeug (mathematisches Model) **4'**

30: Simulator

32: Algorithmus für simulierte Seefahrzeugbewegungen, Änderung von: simulierter Position **7a'**, Kurs **7b'**, Geschwindigkeit **7c'**, Rollwinkel usw.

Simulierte Sensorsignale **7a'**, **7b'**, **7c'**, **7d'**, **7e'**

Simulierte Steuersignale **18'** der Geschwindigkeit für Propeller/Triebwerk

Winkel für Ruder/Triebwerk

Fig. 4c

32: simulierender Algorithmus für Seefahrzeugbewegung usw.: Position **7a'**, Kurs **7b'**, Geschwindigkeit **7c'**, Rollwinkel usw.

Reaktion als Steuersignal **13'** der Geschwindigkeit für Propeller/Triebwerk, Winkel für Ruder/Triebwerk

Schwall

Gieren

Schaukeln

Schwall

Gieren

Schaukeln

Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen eines Steuersystems (**2**) in einem Seefahrzeug (**4**), wobei das Steuersystem (**2**) das Steuern und Überwachen des Seefahrzeugs (**4**) mit Steuersignalen für einen Antrieb (**3**) oder mehrere Antriebe (**3**) umfasst, das Verfahren umfasst die folgenden sequenziellen Schritte:

- Akquirieren, in Echtzeit, von Sensorsignalen (**7**) für das Steuersystem (**2**) von einem Sensor (**8**) oder mehreren Sensoren (**8**) über eine erste Sensorsignalleitung (**12**) an das Steuersystem (**2**),
- Akquirieren von Befehlssignalen (**9**) für das Steuersystem (**2**) von einer Befehlseingabeeinrichtung (**10**) über eine zweite Signalleitung oder Befehlssignalleitung (**11**) an das Steuersystem (**2**),

– Berechnen eines Steueralgorithmus (31), in dem Steuersystem (2), auf Basis eines Sensorsignals (7) oder mehrerer Sensorsignale (7) und der Befehlssignale (9) und Senden der Steuersignale (13) über eine dritte Signalleitung (14) an die Antriebe (3) und ist gekennzeichnet durch:

- Abschalten eines oder mehrerer der Sensorsignale (7) von einem Sensor (8) oder von mehreren der Sensoren (8) oder der Befehlssignale (9) von den Befehlseingabeeinrichtungen (10), so dass die ausgewählten Sensorsignale (7) oder Befehlssignale (9) nicht an das Steuersystem (2) fließen, und Ersetzen eines oder mehrerer der abgeschalteten Sensorsignale (7) oder der Befehlssignale (9) durch entsprechende simulierte Sensorsignale (7') oder simulierte Befehlssignale (9'), die in einem in Bezug auf das Seefahrzeug (4) entfernt liegenden Prüflaboratorium (40) erzeugt werden und durch eine Kommunikationsleitung (6) über eine oder mehrere der Signalleitungen (12, 14) an das Steuersystem (2) gesendet werden,
- kontinuierliches Berechnen von Steuersignalen (13') in dem Steuersystem (2) auf Basis der echten und/oder simulierten Sensorsignale (7a oder 7a', 7b oder 7b', 7c oder 7c', ...) oder der echten und/oder simulierten Befehlssignale (9a oder 9a', 9b oder 9b', 9c oder 9c', ...) und
- Senden der Steuersignale (13') über die Kommunikationsleitung (6) an das entfernt liegende Prüflaboratorium (40).

2. Verfahren nach Anspruch 1, das in dem Prüflaboratorium (40) das Simulieren in einem Simulator (30) eines neuen dynamischen Zustands eines Seefahrzeugmodells (4') mittels eines Algorithmus (32) auf Basis der Steuersignale (13') umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Sensorsignale (7) einen oder mehrere der folgenden Sensorparameter von dem Sensor (8) umfassen:

- eine Position (7a) des Seefahrzeugs von Positionssensoren (8a), wie zum Beispiel GPS-Empfängern (8a), hydroakustischen Positionssensoren (8h), integrierten Beschleunigungssensoren usw.,
- einen Kurs (7b) von Kurssensoren (8b), zum Beispiel einen Kreiselkompass oder einen anderen Kompass,
- eine Geschwindigkeit (7c) von einem Geschwindigkeitssensor (8c) oder einem integrierten Beschleunigungssensor,
- eine Windgeschwindigkeit (7d) und eine Windrichtung (7e) von einem Anemometer (8d, 8e),
- einen Rollwinkel (7f) von einem Rollwinkelsensor (8f) und
- einen Nickwinkel (7g) von einem Nickwinkelsensor (8g).

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Steuersignale (13) Signale (13a, 13b, 13c) in Form der Wellendrehzahl (13a, 13b) für einen Propeller (16) oder für mehrere Propeller (16) oder Triebwerke (17) und für Winkel (13c), für Ruder (18) oder Triebwerke (17) und mögliche andere Steuereinrichtungen umfassen, um eines oder mehrere von Soll-Position (9a), Soll-Kurs (9b) oder Soll-Geschwindigkeit (9c) zu erreichen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Antriebe (3) einen Propeller oder mehrere Propeller (16a, 16b, 16c, ...) umfassen.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Antriebe (3) ein Ruder oder mehrere Ruder (18a, 18b) umfassen.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Antriebe (3) ein Triebwerk (17) oder mehrere Triebwerke (17) umfassen.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Befehlseingabeeinrichtung (10) wenigstens eine Positionsvorgabeeinrichtung (10a), ein Steuerrad (10b), eine Geschwindigkeitsvorgabeeinrichtung (10c) oder eine Einrichtung zum Vorgeben des Soll-Rollwinkels, des Soll-Nickwinkels, der Soll-Heave-Kompensation usw. (10x) umfasst, die ein Befehlssignal für eine Soll-Position (9a) oder für mehrere Soll-Positionen (9a), für einen Soll-Kurs (9b) und eine Soll-Geschwindigkeit (9c) oder andere erwünschte Variablen (9x), beispielsweise den Soll-Rollwinkel, den Soll-Nickwinkel, die Soll-Heave-Kompensation usw., ausgibt.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das entfernt liegende Prüflaboratorium (40) verwendet wird, um zu verifizieren, dass die Steuersignale (13, 13') von dem Steuersystem (2) auf Basis der simulierten Sensorsignale (7') und der simulierten Befehlssignale (9') in einer Prüfung und mögliche restliche echte Sensorsignale (7) und restliche echte Steuersignale (9) derartig sind, dass die Steuersignale (13, 13') zu einem erwünschten Zustand des Seefahrzeugs (4) führen werden, und wobei das Steuersystem (2) auf Basis dessen zertifiziert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Berechnung in dem Steueralgorithmus (31) des Steuersystems

(2) dynamische Parameter (5) des Seefahrzeugs verwendet, einschließlich der Masse (m), des axialen Trägheitsmoments des Seefahrzeugs, der Masseverteilung des Seefahrzeugs und der Schiffsrumpfpfparameter, die die Geometrie des Schiffsrumpfs bestimmen.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Abschalten der Sensorsignale (7) von den Sensoren (8) an das Steuersystem (2) mittels eines Schalters (15a) in der Signalleitung (12) ausgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Abschalten der Befehlssignale (8) von der Befehlseingabeeinrichtung (10) an das Steuersystem (2) mittels eines Schalters (15b) in der Signalleitung (11) ausgeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das entfernt liegende Prüflaboratorium (40) an Land angeordnet ist und wobei sich das Seefahrzeug (4a, 4b, 4c, ...), das geprüft wird, in einem großen Abstand zu dem Prüflaboratorium (40) befindet, üblicherweise zwischen 1 km und 20 000 km, und wobei das Seefahrzeug, das geprüft wird, in einem Hafen, in einem Dock oder auf einer Werft vertäut ist oder auf offener See ist.

14. Verfahren nach Anspruch 1, wobei durch Abschalten eines oder mehrerer von ausgewählten Signalen zur Zeit der Sensorsignale (7) oder der Befehlssignale (9) Störfallsituationen geprüft werden, um den Ausfall von Komponenten zu simulieren, und wobei die Reaktion des Steuersystems in Form der Steuersignale (13, 13') und der Statussignale (19, 19') in einem Logger (15) in dem entfernt liegenden Prüflaboratorium (40) aufgezeichnet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Störfallsituationen durch Änderungen oder das Erzeugen von Störungen in einer Auswahl der simulierten Sensorsignale (7') oder durch das Erzeugen externer Störungen, wie Wetter, Wind, elektrisches Rauschen, in den simulierten Sensorsignalen (7'), die von dem entfernt liegenden Prüflaboratorium (40) an das Steuersystem (2) in dem Seefahrzeug (2) gesendet werden, geprüft werden und wobei die Reaktion des Steuersystems (2) in Form der Steuersignale (13, 13') und der Statussignale (19, 19') in dem Logger (15) in dem entfernt liegenden Prüflaboratorium (40) aufgezeichnet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 1, wobei neue Software für das Steuersystem (2) an Bord des Seefahrzeugs (4) von dem entfernt liegenden Prüflaboratorium (40) über die Kommunikationsleitung (6) gesendet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das entfernt liegende Prüflaboratorium (40) verwendet wird, um das Steuersystem (2) auf Basis einer Prüfung des Steuersystems (2) und des Prüfergebnisses zuzulassen und das Steuersystem (2) für die reguläre Verwendung in dem Seefahrzeug (4) zu zertifizieren.

18. System zum Prüfen eines Steuersystems (2) in einem Seefahrzeug (4), wobei das Steuersystem (4) eingerichtet ist, um das Seefahrzeug (4) zu steuern und zu überwachen, die folgenden Merkmale umfassend:

- einen Sensor (8) oder mehrere Sensoren (8) an Bord des Seefahrzeugs (4), um ein Sensorsignal (7) oder mehrere Sensorsignale (7) über eine Signalleitung (12) an das Steuersystem (2) zu senden, und
- Befehlseingabeeinrichtungen (10) an Bord des Seefahrzeugs, die so eingerichtet sind, dass sie eines oder mehrere von Soll-Position, Soll-Kurs, Soll-Geschwindigkeit (9) usw. über eine Befehlssignalleitung (11) an das Steuersystem (2) senden, einen Algorithmus (31) in dem Steuersystem (2) zur Berechnung von Steuersignalen (13) für Seefahrzeugantriebe (3) auf Basis der Sensorsignale (7) und der Befehlssignale (9) zum Senden der Steuersignale (13) über eine Signalleitung (14) zu den Antrieben (3), gekennzeichnet durch:

- eine Kommunikationsleitung (6) oder mehrere Kommunikationsleitungen (6) zum Senden eines simulierten Sensorsignals (7') oder mehrerer simulierter Sensorsignale (7') und/oder simulierter Befehlssignale (9') von einem entfernt liegenden Prüflaboratorium (40) an das Steuersystem,

- einen Simulator (30), der einen Algorithmus (32) zum Simulieren neuer Sensorsignale (7) eines Seefahrzeugmodells (4') auf Basis des vorherigen Zustands (7, 7') der Steuersignale (13, 13') und der dynamischen Parameter (5) für das Seefahrzeug (4) enthält,

- die Kommunikationsleitung (6), die so eingerichtet ist, dass sie neue simulierte Sensorsignale (7') des Seefahrzeugmodells (4') an das Steuersystem (2) rücksendet, für die kontinuierliche Berechnung in dem Steuersystem (2) der Steuersignale (13) auf Basis der echten und/oder der simulierten Werte der Sensorsignale (7, 7') oder der echten oder simulierten Werte der Befehlssignale (9, 9), um wenigstens eines von der Soll-Position, dem Soll-Kurs, der Soll-Geschwindigkeit (9) usw. zu erreichen, und dadurch, dass

- die Kommunikationsleitung (6) zum Senden der Antwort von dem Steuersystem (2) in Form der Steuersignale (13) als Steuersignale (13') an das entfernt liegende Prüflaboratorium (40) eingerichtet ist.

19. System nach Anspruch 18, das einen Schalter (15a) umfasst, der eingerichtet ist, um eines oder meh-

rere der Sensorsignale (7) von der Signalleitung (12) an das Steuersystem (2) abzuschalten.

20. System nach Anspruch 18, das einen zweiten Schalter (15b) umfasst, der eingerichtet ist, um eines oder mehrere der Befehlssignale (10) von der Befehlssignalleitung (11) an das Steuersystem (29) abzuschalten.

21. System nach Anspruch 18, das einen dritten Schalter (15c) umfasst, der eingerichtet ist, um eines oder mehrere der Steuersignale (13) von der Signalleitung (14) an das Steuersystem (29) abzuschalten.

22. System nach Anspruch 18, wobei die dynamischen Parameter (5) des Seefahrzeugs (4) in den Algorithmus (31) des Steuersystems (2) zur Berechnung der Steuersignale (13) der Antriebe (3) eingehen.

23. System nach Anspruch 18, wobei das entfernt liegende Prüflaboratorium (40) mit einem Simulator (30) versehen ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

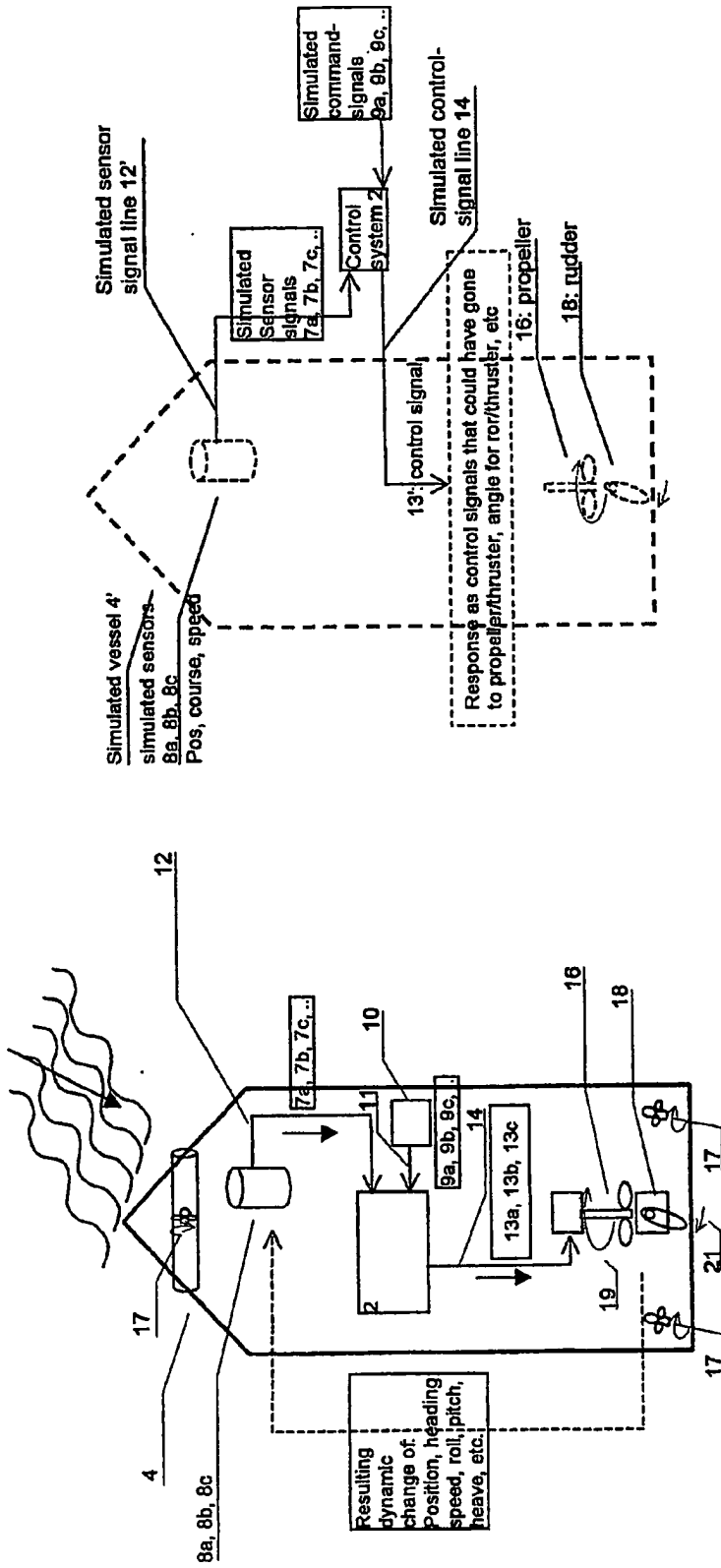


Fig. 2
 Known art:
 F.A.T

Fig. 1
 known art

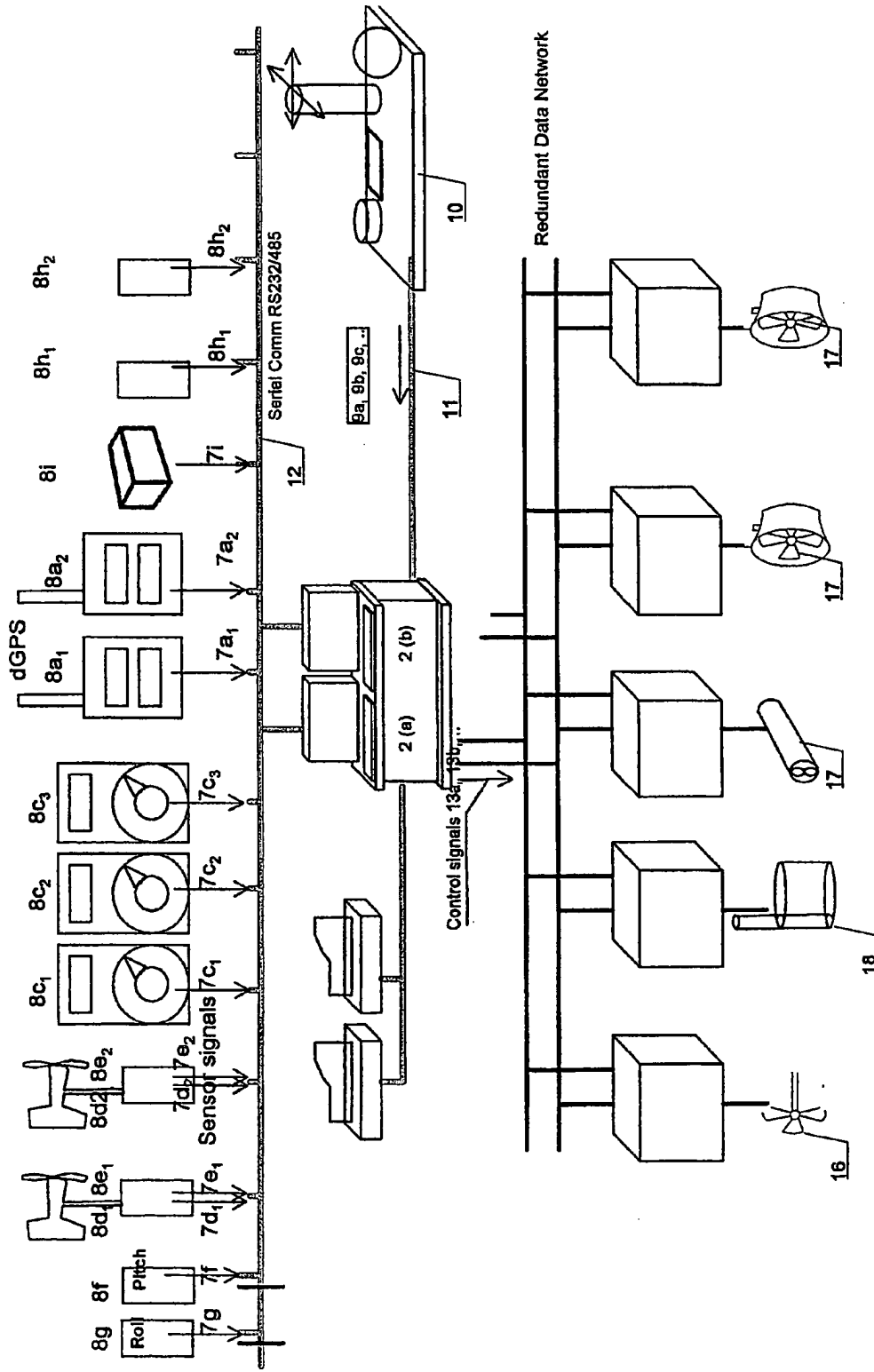


Fig. 3, known art

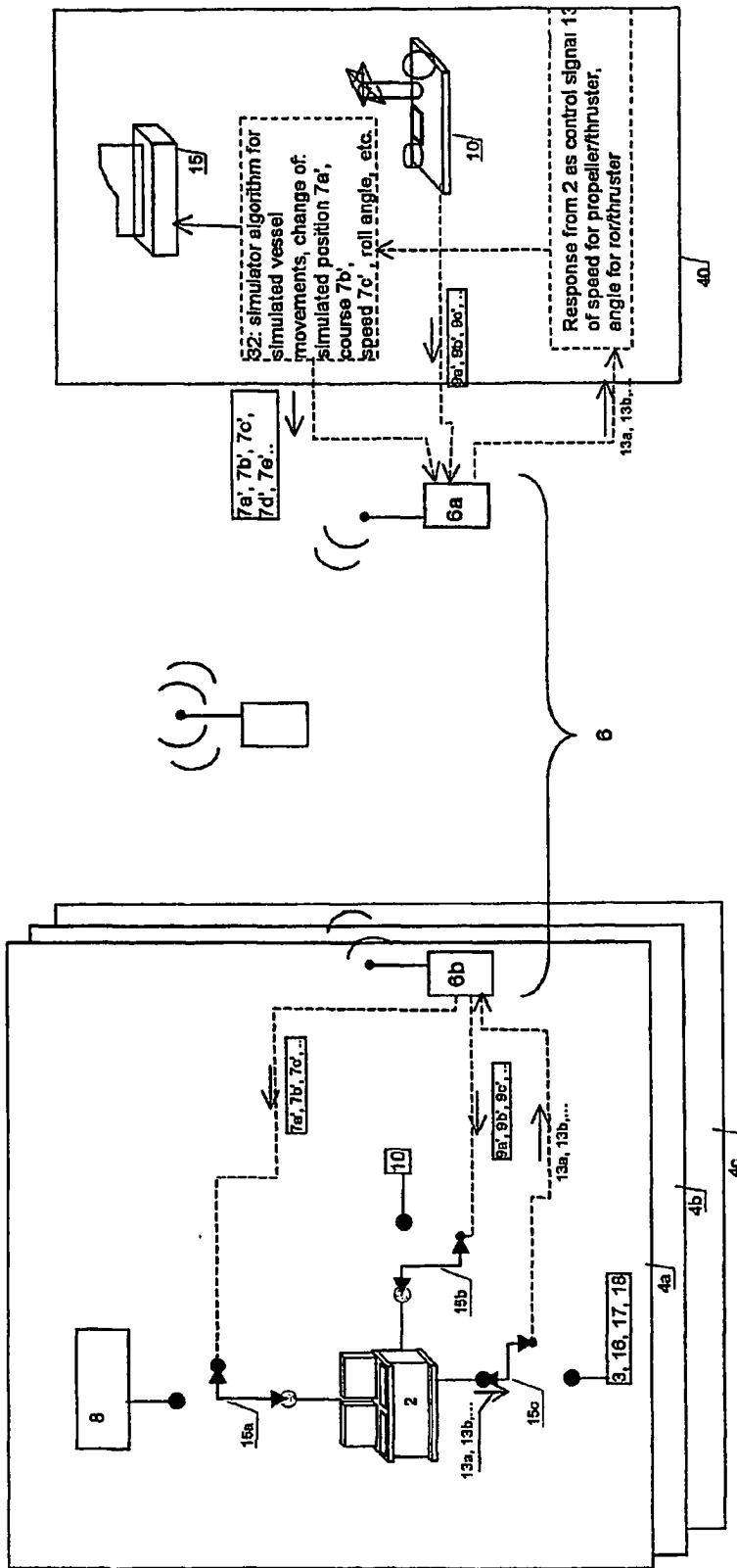


Fig. 4a

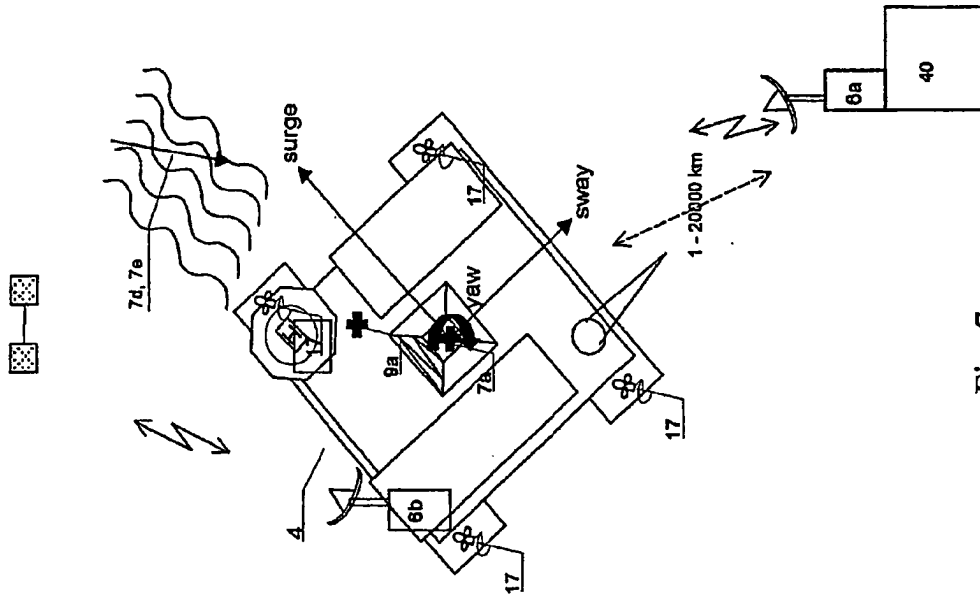


Fig. 7

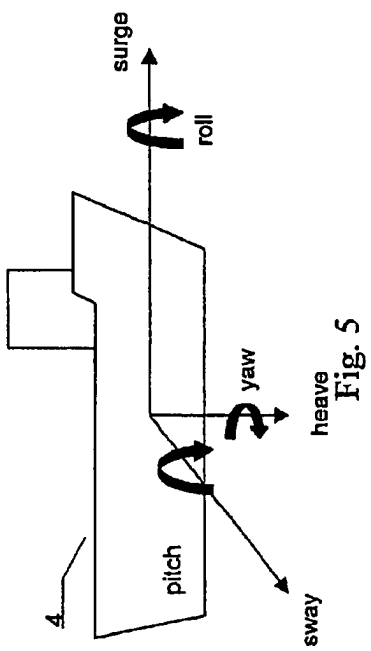


Fig. 5

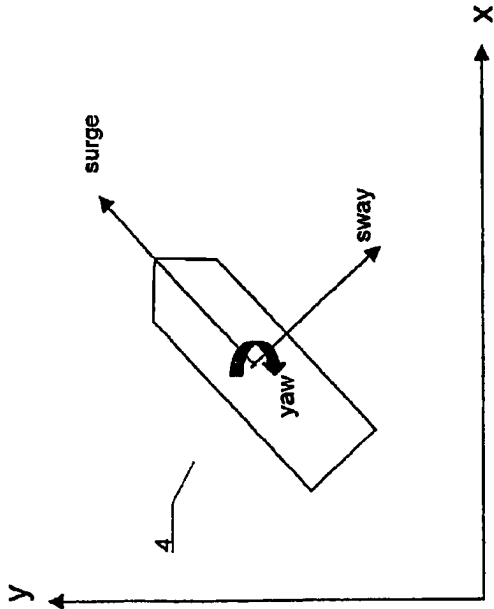


Fig. 6