



(11)

EP 2 275 342 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.10.2014 Patentblatt 2014/43

(51) Int Cl.:
B63B 39/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10004837.0**

(22) Anmeldetag: **07.05.2010**

(54) Verfahren zur Verminderung einer Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs

Method for reducing a vertical movement of a water vehicle

Procédé de réduction d'un mouvement vertical d'un bateau

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

(30) Priorität: **10.07.2009 DE 102009032577**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.01.2011 Patentblatt 2011/03

(73) Patentinhaber: **ThyssenKrupp Marine Systems GmbH**
24143 Kiel (DE)

(72) Erfinder:
• **Miller, Luitpold**
85521 Ottobrunn (DE)
• **Zheng, Qinghua**
82024 Taufkirchen (DE)
• **Dignath, Florian**
81249 München (DE)

(74) Vertreter: **Vollmann, Heiko**
Vollmann & Hemmer
Patentanwälte
Wallstrasse 33a
23560 Lübeck (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102004 020 924 KR-B1- 100 827 396

- **Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung / See-Berufsgenossenschaft: "Richtlinien für die Überwachung der Schiffsstabilität", , 31. März 2004 (2004-03-31), Seiten 1-69, XP002612256, Gefunden im Internet: URL:http://www.dmkn.de/downloads/bf/93/i_f_ile_49880/richtlinie_schiffsstabilitaet.pdf [gefunden am 2010-12-01] & Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co KG: "2004 Schifffahrt Verzeichnis lieferbarer und aktueller Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Merkblätter, technischer Vorschriften und Regelwerke", , Bd. 03/04 31. März 2004 (2004-03-31), Seiten 1-4, Gefunden im Internet: URL:http://www.verkehrsblatt.de/pdf/Schiff_fahrt.pdf [gefunden am 2010-12-01]**
- **RYLE M: "SMOOTHING OUT THE RIDE", MOTORSHIP, NEXUS MEDIA COMMUNICATIONS, SWANLEY, KENT, GB, Bd. 79, Nr. 930, 1. Januar 1998 (1998-01-01), Seiten 23-26, XP000737293, ISSN: 0027-2000**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 275 342 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verminderung einer Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs.

[0002] Bei Wasserfahrzeugen, beispielsweise bei Frachtschiffen, aber auch bei Unterseebooten, ist es erforderlich, die Schiffsstabilität während der Fahrt zu gewährleisten. Es ist bekannt, dass bei bestimmten Seegangsbedingungen Schwingungsbewegungen des Wasserfahrzeugs mit vertikalem Bewegungsanteil angeregt werden können, insbesondere Rollschwingungen. Derartige Vertikalbewegungen führen im Resonanzfall zu stark erhöhten Abweichungen von der Solllage des Wasserfahrzeugs. So treten beispielsweise bei parametereckregten Rollschwingungen bisweilen Rollwinkel größer als 20° auf. Insbesondere bei Unterseebooten können aufgrund der massengeometrischen Eigenschaften des Schiffsrumpfes starke parametereckregte Rollbewegungen auftreten. So sind bei Unterseebooten sogar Rollwinkel von mehr als 40° bekannt geworden.

[0003] Aus den "Richtlinien für die Überwachung der Schiffsstabilität" des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und der See-Berufsgenossenschaft der Bundesrepublik Deutschland vom 31. März 2004 ist ein Verfahren zur Verminderung der Gefährdung durch parametrische Rollresonanz bekannt, bei welchem durch vorherige Abschätzung der Rollzeit des Schiffes und der Kenntnis seiner Rolleigenperiode ein Resonanzbereich für gefährliche Begegnungsperioden mit dem einkommenden Seegang bestimmt werden kann. Befindet sich das Wasserfahrzeug innerhalb des Resonanzbereichs, so kann als Gegenmaßnahme entweder die Fahrgeschwindigkeit oder der Kurs angepasst werden, bis der Resonanzbereich verlassen ist. Die Begegnungsperiode mit dem einkommenden Seegang kann dabei beispielsweise mit Hilfe der Stampfbewegungen des Wasserfahrzeugs gemessen werden. Dabei ist nachteilig, dass der ermittelte Resonanzbereich derart groß ist, dass teils unnötige Steuer- und Antriebseingriffe durchgeführt werden.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, mit welchem die Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs mit wenigen Steuer- und Antriebseingriffen vermindert werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung angegeben.

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Verminderung einer Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs. Hierzu wird zunächst ein Vertikalbewegungsresonanzbereich für Bewegungszustände des Wasserfahrzeugs bestimmt. Dann wird während der Fahrt der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs zumindest teilweise erfasst und ermittelt, ob dieser im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt.

[0007] Unter einer Bestimmung des Vertikalbewe-

gungsresonanzbereichs im Sinne dieser Erfindung ist eine, insbesondere wiederholte bzw. kontinuierliche, Bestimmung des Vertikalbewegungsresonanzbereichs während der Fahrt zu verstehen. Der Vertikalbewegungsresonanzbereich kann erfindungsgemäß allerdings auch implizit bestimmt werden, indem festgestellt wird, ob ein Aufklagen der Vertikalbewegung erfolgt, d. h. es wird durch Beobachtung der Bewegung des Wasserfahrzeugs festgestellt, ob der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs mit einem Bewegungszustand im Vertikalbewegungsresonanzbereich übereinstimmt.

[0008] Erfindungsgemäß bildet die Rollbewegung des Wasserfahrzeugs die Vertikalbewegung und ein Rollbewegungsresonanzbereich den Vertikalbewegungsresonanzbereich. Auf diese Weise werden gerade Rollbewegungen vermindert, die Fahrsicherheit und Fahrkomfort besonders häufig gefährden.

[0009] Wenn festgestellt wird, dass der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt, wird gemäß der Erfindung die Fahrgeschwindigkeit und/oder der Kurs des Wasserfahrzeugs geändert, bis der Vertikalbewegungsresonanzbereich verlassen ist. Auf diese Weise können Vertikalbewegungen vermindert bzw. ihr Anwachsen vermieden werden. Die verminderte Vertikalbewegung erhöht die Fahrsicherheit enorm. So wird ein Kentern des Wasserfahrzeugs sowie ggf. das Verrutschen bzw. der Verlust von Ladung sicher vermieden. Zudem erhöht sich bei verminderter Vertikalbewegung der Fahrkomfort für die Besatzung.

[0010] Ist der Vertikalbewegungsresonanzbereich verlassen, so werden bevorzugt der ursprünglich vorgesehene Kurs und die ursprünglich vorgesehene Geschwindigkeit für das Wasserfahrzeug wieder eingenommen. Auf diese Weise muss von dem geplanten Fahrtverlauf nur kurzzeitig abgewichen werden, so dass sich bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auch die vorgesehene Gesamtfahrdauer allenfalls unwesentlich ändert.

[0011] Unter einer Vertikalbewegung im Sinne dieser Erfindung ist jede Dreh- bzw. Versatzbewegung um bzw. entlang einer Hauptträgheitsachse des Wasserfahrzeugs zu verstehen, die einen vertikalen Bewegungsanteil aufweist. So fallen beispielsweise die Hub- sowie die Stampfbewegung unter die Vertikalbewegung.

[0012] Bevorzugt wird bzw. werden bei dem Verfahren der Kurs und/oder die Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs abhängig von der zuvor ermittelten Ausbreitungsgeschwindigkeit und/oder der Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen geändert. Auf diese Weise können beispielsweise bestimmte Begegnungsfrequenzen der Wasserwellen mit dem Wasserfahrzeug vermieden werden, bei welchen ein großer Anteil der Bewegungsenergie des Seegangs in die Vertikalbewegung einkoppeln kann.

[0013] Vorzugsweise wird bei dem Verfahren zumindest durch Ermittlung der Begegnungsfrequenz der Wasserwellen mit dem Wasserfahrzeug festgestellt, ob

der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt. So können Wasserwellen insbesondere dann Vertikalbewegungen im Vertikalbewegungsresonanzbereich anregen, wenn die Begegnungsfrequenz der Wasserwellen mit dem Wasserfahrzeug nahe einer Resonanzfrequenz einer Vertikalbewegungsresonanz liegt. Die Begegnungsfrequenz der Wasserwellen mit dem Wasserfahrzeug kann beispielsweise gemessen werden, indem periodische Bewegungen des Wasserfahrzeugs selbst erfasst werden, etwa durch Messung der Stampfbewegung des Wasserfahrzeugs.

[0014] Bevorzugt wird bei dem Verfahren der Vertikalbewegungsresonanzbereichs durch Ermittlung zumindest einer Resonanzfrequenz der Vertikalbewegung bestimmt. Insbesondere stellt der Vertikalbewegungsresonanzbereich ein Frequenzintervall dar, welches die Resonanzfrequenz einschließt. Alternativ oder zusätzlich kann der Vertikalbewegungsresonanzbereich durch einen ganzzahligen Bruchteil, beispielsweise der Hälfte, bzw. durch ein ganzzahliges Vielfaches der Resonanzfrequenz der Vertikalbewegung bestimmt sein. Ferner ist der Vertikalbewegungsresonanzbereich in bevorzugten Weiterbildungen des Verfahrens durch eine oder mehrere Frequenzen gebildet, welche mit zumindest einer Resonanzfrequenz der Vertikalbewegung in einem rationalen Verhältnis stehen.

[0015] In einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ggf. die Phase der dem Wasserfahrzeug begegnenden Wasserwellen relativ zu schwingungsartigen Vertikalbewegungen des Wasserfahrzeugs durch Kurs- bzw. Fahrgeschwindigkeitsänderungen des Wasserfahrzeugs geändert. Beispielsweise können schwingungsartige Vertikalbewegungen des Wasserfahrzeugs bei geeigneter Phase durch den Seegang gedämpft werden.

[0016] Erfindungsgemäß wird bei dem Verfahren der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs zumindest teilweise erfasst, indem zumindest eine Komponente des Ortes und/oder der Orientierung des Wasserfahrzeugs und/oder ihre - insbesondere erste - zeitliche Ableitung bestimmt wird. In bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung wird alternativ oder zusätzlich zumindest eine weitere, insbesondere die zweite, zeitliche Ableitung der Komponente bestimmt. Unter der Bestimmung der vorgenannten Größen kann erfindungsgemäß zum einen eine rechnerische Bestimmung zu verstehen sein, etwa derart, dass eine zeitliche Ableitung der zu bestimmenden Größen zeitlich integriert wird. Eine alternative rechnerische Bestimmung kann derart erfolgen, dass die zu bestimmende Größe selbst eine zeitliche Ableitung einer erfassten Größe darstellt und aus dem zeitlichen Verlauf dieser erfassten Größe errechnet wird. Zum anderen kann unter Bestimmung auch eine Messung zu verstehen sein, beispielsweise mittels Sensoren wie Beschleunigungssensoren oder Rollratenmessern. Besonders bevorzugt wird der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs erfasst, indem zumindest zwei der oben genann-

ten Komponenten zueinander in Beziehung gesetzt werden. Idealerweise werden dazu der Verlauf des Rollwinkels und die Vertikalposition des Wasserfahrzeugs miteinander verknüpft.

[0017] Bevorzugt werden zur zumindest teilweisen Erfassung des Bewegungszustandes des Wasserfahrzeugs und/oder der Ausbreitungsrichtung und/oder -geschwindigkeit der Wasserwellen Daten eines satellitengestützten Navigationssystems herangezogen. Somit können die erfassten Daten zum Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs bzw. der Bewegung der Wasserwellen beispielsweise ins erdfeste Koordinatensystem transformiert werden. Auf diese Weise kann der Einfluss von Kurs- und/oder Geschwindigkeitsänderungen des Wasserfahrzeugs aus den Daten zum Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs bzw. zur Bewegung der Wasserwellen herausgerechnet werden. Beispielsweise können dann diese Daten mit einem Hochpassfilter gefiltert werden, dessen Zeitkonstante nicht durch Zeitskalen, auf welchen Kursänderungen geschehen, nach oben begrenzt ist. Beispielsweise kann eine Filterung auf langen Zeitskalen zweckmäßig sein, um eine möglichst genaue Bestimmung der Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen zu erreichen.

[0018] Zweckmäßigerweise erfolgt bei dem Verfahren die Änderung von Kurs und/oder Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs mittels zumindest einer Maschine und/oder zumindest eines Aktors des Wasserfahrzeugs selbsttätig. Beispielsweise handelt es sich bei diesen Aktoren um das oder die Seitenruder, insbesondere bei Kreuzfahrtschiffen und Yachten um seitlich angebrachte Flossen zur Rollstabilisierung, sowie bei Unterseebooten zusätzlich oder alternativ um das bzw. die Tiefenruder. Bevorzugt werden sämtliche verfügbaren Aktoren und/oder die Maschine des Wasserfahrzeugs zu diesem Zweck eingesetzt.

[0019] In einer vorteilhaften Weiterbildung wird bei dem Verfahren die Vertikalbewegungs-dämpfung erhöht, sofern der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs gelegen ist. Beispielsweise wird die Vertikalbewegungs-dämpfung über ein unterlagertes Regelungsverfahren erhöht, welches der Vertikalbewegung entgegenwirkt.

[0020] Zweckmäßigerweise wird die Vertikalbewegungs-dämpfung mittels zumindest einer oder mehrerer Einrichtungen aus der Gruppe Maschine, Seitenflossen, Seitenruder, Tiefenruder beispielsweise geteilte, gegenläufig bewegte Tiefenruder und/oder ggf. weitere Aktoren erhöht. Diese Aktoren müssen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht allein zur Dämpfung der Vertikalbewegung zur Verfügung stehen, sondern können zugleich auch zur Änderung von Kurs und/oder Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs wie oben beschrieben eingesetzt werden. Dazu werden ggf. die Ansteuerungen der Maschine bzw. der Aktoren - beispielsweise zur Einstellungen von Ruder-/Flossenwinkeln, Maschinenleistung, etc. - zwecks Änderung von Kurs bzw. Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs sowie zwecks Vertikalbe-

wegungsdämpfung geeignet überlagert. Beispielsweise kann die Dämpfung durch die Maschine bzw. durch die Aktoren in Regelkreisen berücksichtigt werden, welche zur Änderung von Kurs bzw. Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs ausgebildet sind. Umgekehrt können die Ansteuerungen zur Änderung von Kurs bzw. Fahrgeschwindigkeit auch in unterlagerten Regelkreisen zur Dämpfung der Vertikalbewegung mittels der Maschine bzw. der Aktoren erfolgen. Beispielsweise können die jeweiligen Ansteuerungen in einer entsprechenden Regelung addiert werden.

[0021] Vorteilhafterweise wird bei dem Verfahren die Stärke der Erregung der Vertikalbewegung bei einem Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs durch die Änderung der Stampfamplitude des Wasserfahrzeugs verringert, vorzugsweise durch ein unterlagertes Regelungsverfahren, welches der Stampfbewegung entgegenwirkt. Relevant ist dies insbesondere in dem Fall, in welchem der Vertikalbewegungsresonanzbereich durch einen Rollbewegungsresonanzbereich gebildet ist. Gerade Stampfbewegung und Rollbewegung koppeln untereinander häufig stark, so dass Stampfbewegungen bei entsprechender Frequenz Rollbewegungen resonant treiben können. Ferner bevorzugt wird bei einem Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs die Stärke der Erregung der Vertikalbewegung durch die Änderung des Gierwinkels des Wasserfahrzeugs verringert, vorzugsweise durch eine unterlagerte Regelung.

[0022] Zweckmäßigerweise wird die Stampfamplitude mittels zumindest eines Tiefenruders des Wasserfahrzeugs beeinflusst.

[0023] Geeigneterweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs über eine Trägheitsplattform ermittelt.

[0024] Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Verminderung der Vertikalbewegung eines Unterseebootes ausgeführt. Gerade bei Unterseebooten können bei Überwasserfahrt insbesondere parametererregte Rollschwingungen in verstärkter Form auftreten, da ihr Schiffsrumpf regelmäßig nicht zur Vermeidung von Rollbewegungen optimiert ist. Vielmehr weisen Unterseeboote für das Rollverhalten ungünstige masengeometrische Verhältnisse auf. Diese ungünstigen Umstände werden durch das erfindungsgemäße Verfahren geeignet kompensiert.

[0025] Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Signalschaltbild einer Regelung zur Ausführung eines eine Grundlage für die Erfindung bildenden Verfahrens und

Fig. 2 schematisch ein Signalschaltbild einer alternativen Regelung.

[0026] Das in den Signalschaltbildern dargestellte, die Grundlage für die Erfindung bildende Verfahren vermindert die Rollbewegung eines Schiffes. Beispielsweise handelt es sich dabei um ein Kreuzfahrtschiff, ein Frachtschiff oder ein Unterseeboot. Ferner kann das beschriebene Verfahren in entsprechender Weise auch zur Verminderung der Stampfbewegung eingesetzt werden.

[0027] Bei dem Verfahren wird zunächst der Bewegungszustand des Schiffes erfasst. Hierzu sind Sensoren vorgesehen, welche den Bewegungszustand des Schiffes hinsichtlich seiner sechs Freiheitsgrade vermessen, d. h. die Lage des Schiffes in den drei Raumrichtungen sowie die Orientierung des Schiffes werden mittels der Sensoren bestimmt. Darüber hinaus werden die zeitlichen Ableitungen der vorgenannten Größen ermittelt, d. h. es werden die Geschwindigkeit des Schiffes entlang der drei Raumrichtungen sowie die Winkelgeschwindigkeiten der Drehbewegungen des Schiffes um seine Hauptträgheitsachsen bestimmt. Die Bestimmung dieser zeitlichen Ableitungen geschieht entweder durch eine direkte Messung über eigens zu diesem Zweck vorgesehene Sensoren oder aber rechnerisch aus jeweils zeitlich aufeinander folgend gemessenen Werten von Position und/oder Orientierung des Schiffes. Beispielsweise können die Eingangsdaten zur Position bzw. zur Orientierung des Schiffes auch aus der zeitlichen Integration der zeitlichen Ableitungen von Position und Orientierung des Schiffes gewonnen werden. Über Beschleunigungssensoren werden ferner die zweiten zeitlichen Ableitungen der Position und der Orientierung des Schiffes gemessen, so dass die Beschleunigung des Schiffes entlang der drei Raumrichtungen sowie die Winkelbeschleunigungen um die Hauptträgheitsachsen des Schiffes Bestandteil der Eingangsdaten sind.

[0028] Der vorgenannte Satz von Eingangsdaten bildet einen Zustandsvektor $\mathbf{x}$, der den Bewegungszustand des Schiffs beschreibt. Zusätzlich werden bei dem Verfahren Positionsdaten aus den Daten eines satellitengestützten Navigationssystems, wie beispielsweise dem Global Positioning System (GPS), bestimmt. Diese Positionsdaten bilden einen weiteren Satz von Eingangsdaten, der in einem Vektor $\mathbf{GPS}$ zusammengefasst ist. Die beiden vorgenannten Sätze von Eingangsdaten $\mathbf{x}$ und $\mathbf{GPS}$ werden einer Filtereinrichtung 1 zugeführt. In der Filtereinrichtung 1 werden die Datensätze $\mathbf{x}$ und $\mathbf{GPS}$ geeignet gefiltert und somit von Störungen befreit. Ferner stehen der Filtereinrichtung 1 über weitere Sensoren ermittelte, redundante Daten zu den Eingangsdaten $\mathbf{x}$ und $\mathbf{GPS}$ zur Verfügung, mit welchen die Filtereinrichtung 1 Mittelwertbildungen zu den Eingangsdaten vornimmt. Die derart durch Filterung bzw. Mittelung bereinigten Eingangsdaten stehen als Datensätze $\tilde{\mathbf{x}}$ und $\tilde{\mathbf{GPS}}$ zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

[0029] Auf ähnliche Weise werden in einer zweiten Filtereinrichtung 2 von weiteren, unterlagerten Regeleinrichtungen vorgegebene Sollgrößen für Aktoren des Schiffes bereinigt. Diese Sollgrößen umfassen u. a. die Solldrehzahl einer Maschine n , den Sollwinkel einer Sei-

tenruderfläche δ_1 , im Falle eines Unterseebootes den Sollwinkel des Tiefenruders δ_2 sowie Sollgrößen weiterer Aktoren. Die Filtereinrichtung 2 stellt die bereinigten Sollgrößen $\tilde{n}$, $\tilde{\delta}_1$ und $\tilde{\delta}_2$ zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

[0030] In der Auswerteinrichtung 3 wird anhand eines oder mehrerer definierter Kriterien die Nähe des bereinigten Bewegungszustands $\tilde{x}$ zum Zustand einer parametererregten Rollschwingung ermittelt. Die Nähe des Bewegungszustands zum Rollresonanzzustand wird durch einen als Resonanzlevel **RL** bezeichneten Datensatz gekennzeichnet.

[0031] In einer zweiten Auswerteinrichtung 4 werden aus dem bereinigten Bewegungszustand $\tilde{x}$ die Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen relativ zum Schiff, die Wellenausbreitungsgeschwindigkeit sowie weitere charakteristische Größen der Wellenanregung bestimmt. Diese Parameter werden in einem Datensatz zusammengefasst, der hier als Wellenanregung q_w bezeichnet ist. Ferner werden der Auswerteinrichtung 4 die bereinigten GPS-Daten **GPS** übergeben, auf deren Basis die Wellenanregung q_w in ein erdfestes Koordinatensystem transformiert wird, so dass der Einfluss von Kurs und Geschwindigkeit des Schiffes herausgerechnet wird. In diesem erdfesten Koordinatensystem wird die Wellen-

anregung q_w gefiltert. Insbesondere erlaubt diese Filterung eine erhöhte Genauigkeit bei der Bestimmung der Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen.

[0032] Der Resonanzlevel **RL**, der bereinigte Bewegungszustand des Schiffes $\tilde{x}$ sowie die Wellenanregung q_w werden einer Regeleinrichtung 6 übergeben, die den Resonanzlevel **RL** daraufhin überprüft, ob der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs $\tilde{x}$ eine kritische Nähe zur parametererregten Rollschwingung aufweist, d. h. ob der Bewegungszustand innerhalb eines Rollresonanzbereichs gelegen ist. Falls der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs im Rollresonanzbereich liegt, wird mittels eines Regelgesetzes die Geschwindigkeit sowie der Gierwinkel des Schiffes derart geändert, dass der Abstand des Bewegungszustands $\tilde{x}$ zum Zustand der parametererregten Rollschwingung wächst. Eine geeignete Vorgabe zur Änderung des Gierwinkels hängt dabei wesentlich von der Wellenanregung q_w ab, insbesondere von der Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen. Bei dem Regelgesetz stellt damit der Bewegungszustand $\tilde{x}$ die Regelgröße dar. Die Stellgrößen zur Geschwindigkeits- und Gierwinkeländerung sind durch Sollgrößen **O1** für die Maschine sowie Sollgrößen **O2** für ein Seitenruder gebildet, welche den bereits an Bord vorhandenen, unterlagerten Akto-reglern 7 und 8 zur Bedienung dieser Aktoren zugeführt werden. Auch den weiteren Aktoren werden durch die Regeleinrichtung 6 Sollgrößen **O5** vor-

gegeben.

[0033] Resonanzlevel **RL** und bereinigter Bewegungszustand $\tilde{x}$ werden zudem einer weiteren Regeleinrichtung 5 übermittelt. Die Regeleinrichtung 5 ermittelt zunächst anhand des Resonanzlevels **RL**, ob der Bewegungszustand des Schiffes $\tilde{x}$ derart nah an einem Zu-

stand einer parametererregten Rollschwingung liegt, dass die Schiffsbewegung gedämpft werden muss. Sofern dies der Fall ist, werden auf Basis des Bewegungszustands $\tilde{x}$ gemäß einem Regelgesetz Sollwerte für Aktoren des Schiffes berechnet, welche zur Dämpfung eingesetzt werden. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind dies z. B. Sollgrößen **O3** für die Seitenflossen. Zudem ermittelt die Regeleinrichtung 5 Sollgrößen **O4** für weitere direkt auf das Roll- und Stampfverhalten des Schiffes wirkende Aktoren, im Falle von Unterseebooten beispielsweise die Tiefenruder.

[0034] Die zuvor beschriebenen Aktorsollgrößen $\tilde{n}$, $\tilde{\delta}_1$, $\tilde{\delta}_2$ werden in dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel intern in den Reglern 5 und 6 berücksichtigt. Alternativ (Fig. 2) können die Sollgrößen **O1**, **O2**, ..., **O5** für die Aktoren auch in den unterlagerten Akto-reglern 7, 8 und 9 hinzu addiert werden, wobei die Filterung der Aktorsollgrößen $\tilde{n}$, $\tilde{\delta}_1$, $\tilde{\delta}_2$ über die Filtereinrichtung 2 vollständig separat erfolgen kann.

Bezugszeichenliste

[0035]

25	x	- gemessener Bewegungszustand des Schiffes
	$\tilde{x}$	- bereinigter Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs
	GPS	- GPS-Daten
	GPS	- bereinigte GPS-Daten
30	RL	- Resonanzlevel
	q_w	- Wellenanregung
	n	- Solldrehzahl Maschine
	δ_1	- Sollwinkel Seitenruder
	δ_2	- Sollwinkel Tiefenruder
35	$\tilde{n}$	- bereinigte Solldrehzahl Maschine
	$\tilde{\delta}_1$	- bereinigter Sollwinkel Seitenruder
	$\tilde{\delta}_2$	- bereinigter Sollwinkel Tiefenruder
	O1	- Sollgrößen Maschine
	O2	- Sollgrößen Seitenruder
40	O3	- Sollgrößen Seitenflossen
	O4	- Sollgrößen Tiefenruder
	O5	- Sollgrößen
	1	- Filtereinrichtung
	2	- Filtereinrichtung
45	3	- Auswerteinrichtung
	4	- Auswerteinrichtung
	5	- Regeleinrichtung
	6	- Regeleinrichtung
	7	- Unterlagerter Akto-regler
50	8	- Unterlagerter Akto-regler
	9	- Unterlagerter Akto-regler

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verminderung einer Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs, bei welchem zunächst ein Vertikalbewegungsresonanzbereich für

- Bewegungszustände (x) des Wasserfahrzeugs während der Fahrt des Wasserfahrzeugs neu bestimmt wird, bei dem dann während der Fahrt der Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs zumindest teilweise erfasst wird, indem zumindest eine Komponente des Ortes und/oder der Orientierung des Wasserfahrzeugs und/oder ihre zeitliche Ableitung bestimmt wird und ermittelt wird, ob dieser Bewegungszustand (x) im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt, wonach dann, wenn festgestellt wird, dass dieser Bewegungszustand (x) im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt, die Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs und/oder der Kurs geändert wird, bis der Vertikalbewegungsresonanzbereich verlassen ist, wobei eine Rollbewegung die Vertikalbewegung bildet und der Vertikalbewegungsresonanzbereich durch einen Rollbewegungsresonanzbereich gebildet ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem der Vertikalbewegungsresonanzbereich durch Ermittlung zumindest einer Resonanzfrequenz der Vertikalbewegung bestimmt wird.
 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem zur zumindest teilweisen Erfassung des Bewegungszustandes (x) des Wasserfahrzeugs die erste zeitliche Ableitung einer Komponente des Ortes und/oder der Orientierung des Wasserfahrzeugs bestimmt wird.
 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem zur zumindest teilweisen Erfassung des Bewegungszustandes (x) des Wasserfahrzeugs Daten (GPS) eines satellitengestützten Navigationssystems herangezogen werden.
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Änderung von Kurs und/oder Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs mittels zumindest einer Maschine und/oder zumindest eines Aktors des Wasserfahrzeugs selbsttätig erfolgt.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem bei einem Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs die Vertikalbewegungs-dämpfung erhöht wird, vorzugsweise über ein unterlagertes Regelungsverfahren, welches der Vertikalbewegung entgegenwirkt.
 7. Verfahren nach Anspruch 6, bei welchem die Vertikalbewegungs-dämpfung mittels zumindest einer oder mehrerer der folgenden Einrichtungen erhöht wird: Maschine, Seitenflossen, Seitenruder, Tiefenruder und/oder weiterer Aktoren des Wasserfahrzeugs.
 8. Verfahren nach Anspruch 5 und 7, bei welchem bei einem Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs ein oder mehrere Aktoren und/oder eine oder mehrere Maschinen des Wasserfahrzeugs zugleich sowohl zur Änderung von Kurs und/oder Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs als auch zur Erhöhung der Vertikalbewegungs-dämpfung eingesetzt werden.
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem bei einem Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs die Stärke der Erregung der Vertikalbewegung durch die Änderung der Stampf-amplitude des Wasserfahrzeugs verringert wird, vorzugsweise durch ein unterlagertes Regelungsverfahren, welches der Stampfbewegung entgegenwirkt.
 10. Verfahren nach Anspruch 9, bei welchem die Stampf-amplitude mittels zumindest eines Tiefenruders des Wasserfahrzeugs beeinflusst wird.
 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem der Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs mittels einer Trägheitsplattform ermittelt wird.

Claims

1. A method for reducing a vertical movement of a vessel, with which firstly a vertical movement resonance region for movement conditions (x) of the vessel is determined afresh during the travel of the vessel, with which the movement condition (x) of the vessel is then at least partly detected during the travel by way of at least one component of the location and/or of orientation of the vessel, and/or its temporal derivative being determined, and determining whether this movement condition (x) lies in the vertical movement resonance region, whereupon if one ascertains that this movement condition (x) lies in the vertical movement resonance region, the travel speed of the vessel and/or the course is changed until the vertical movement resonance region has been left, wherein a roll movement forms the vertical movement, and the vertical movement resonance region is formed by the roll movement resonance region.
2. A method according to claim 1, with which the vertical movement resonance region is determined by way of evaluating at least one resonance frequency of the vertical movement.
3. A method according to one of the preceding claims, with which the first temporal derivative of a compo-

ment of the location and/or of the orientation of the vessel is determined for the at least partial detection of the movement condition (x) of the vessel.

4. A method according to one of the preceding claims, with which data (GPS) of a satellite-supported navigation system is used for the at least partial detection of the movement condition (x) of the vessel. 5
5. A method according to one of the preceding claims, with which the change of the course and/or of the travel speed of the vessel is effected automatically by way of at least one engine and/or at least one actuator of the vessel. 10
6. A method according to one of the preceding claims, with which, with a movement condition (x) of the vessel within the vertical movement resonance region, the vertical movement damping is increased, preferably via a secondary closed-loop control method, which counteracts the vertical movement. 15
7. A method according to claim 6, with which the vertical movement damping is increased by way of at least one or more of the following devices: engine, side fins, side rudder, depth rudder and/or further actuators of the vessel. 20
8. A method according to claim 5 and 7, with which, with a movement condition (x) of the vessel within the vertical movement resonance region, one or more actuators and/or one or more engines of the vessel together are applied for changing the course and/or travel speed of the vessel as well as for increasing the vertical movement damping. 25
9. A method according to one of the preceding claims, with which, with a movement condition (x) of the vessel within the vertical movement resonance region, the strength of the excitation of the vertical movement is reduced by way of changing the pitch amplitude of the vessel, preferably by way of a secondary closed-loop control method, which counteracts the pitch movement. 30
10. A method according to claim 9, with which the pitch amplitude is influenced by way of at least one depth rudder of the vessel. 35
11. A method according to one of the preceding claims, with which the movement condition (x) of the vessel is determined by way of an inertia platform. 40

Revendications

1. Procédé de réduction d'un mouvement vertical d'un bateau, dans lequel on redéfinit tout d'abord une pla-

ge de résonance du mouvement vertical pour des états de mouvement (x) du bateau au cours de sa navigation, dans lequel, ensuite on détecte, au moins partiellement, l'état de mouvement (x) du bateau pendant la navigation en définissant au moins une composante de la position et/ou de l'orientation du bateau et/ou sa dérivée temporelle et en déterminant si cet état de mouvement (x) se situe dans la plage de résonance du mouvement vertical, après quoi, s'il est constaté que cet état de mouvement (x) se situe dans la plage de résonance du mouvement vertical, on modifie la vitesse de déplacement du bateau et/ou la route jusqu'à ce que l'on quitte la plage de résonance du mouvement vertical, un mouvement de roulis formant le mouvement vertical et la plage de résonance du mouvement vertical étant formée par une plage de résonance du mouvement de roulis.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on définit la plage de résonance du mouvement vertical en déterminant au moins une fréquence de résonance du mouvement vertical.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, pour détecter au moins partiellement l'état de mouvement (x) du bateau, on détermine la première dérivée temporelle d'une composante de la position et/ou de l'orientation du bateau.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, pour détecter au moins partiellement l'état de mouvement (x) du bateau, on utilise des données (GPS) d'un système de navigation par satellite.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la modification de la route et/ou de la vitesse de déplacement du bateau s'effectue automatiquement au moyen d'au moins une machine et/ou d'au moins un actionneur du bateau.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, en présence d'un état de mouvement (x) du bateau se situant dans la plage de résonance du mouvement vertical, on augmente l'amortissement du mouvement vertical, de préférence via un procédé de régulation subordonné qui s'oppose au mouvement vertical.
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel l'amortissement du mouvement vertical est augmenté au moyen d'au moins l'un ou plusieurs des dispositifs suivants : machine, dérives, gouvernes de direction, gouvernes de profondeur et/ou autres actionneurs du bateau.
8. Procédé selon la revendication 5 et 7, dans lequel,

en présence d'un état de mouvement (x) du bateau se situant dans la plage de résonance du mouvement vertical, on utilise un ou plusieurs actionneurs et/ou une ou plusieurs machines du bateau tant pour modifier la route et/ou la vitesse de déplacement du bateau que pour augmenter l'amortissement du mouvement vertical. 5

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, en présence d'un état de mouvement (x) du bateau se situant dans la plage de résonance du mouvement vertical, on diminue la force d'excitation du mouvement vertical en modifiant l'amplitude de tangage du bateau, de préférence par un procédé de régulation subordonné qui s'oppose au mouvement de tangage. 10 15

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel on influence sur l'amplitude de tangage au moyen d'au moins une gouverne de profondeur du bateau. 20

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on détermine l'état de mouvement (x) du bateau au moyen d'une plateforme inertielle. 25

30

35

40

45

50

55

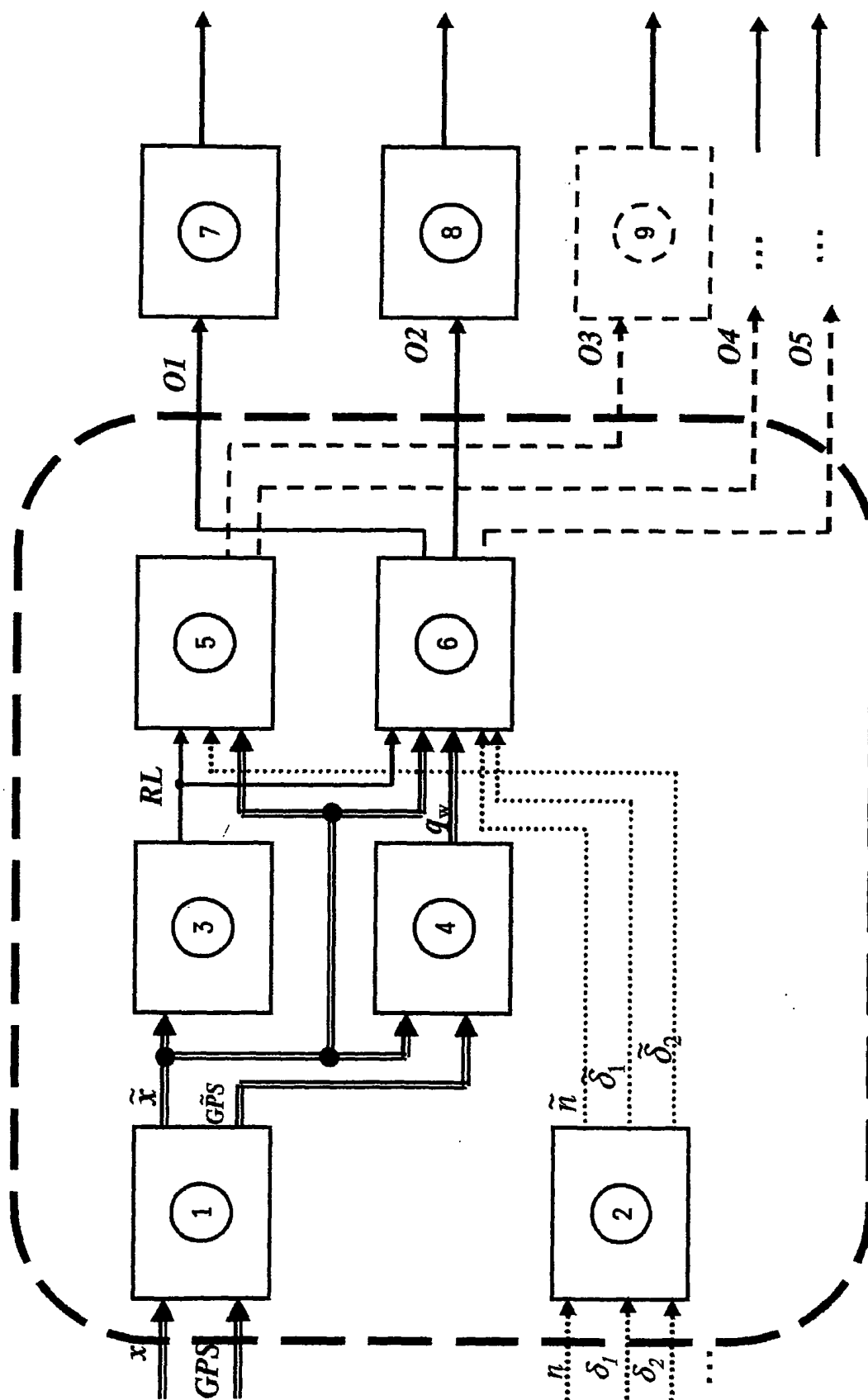


Fig. 1

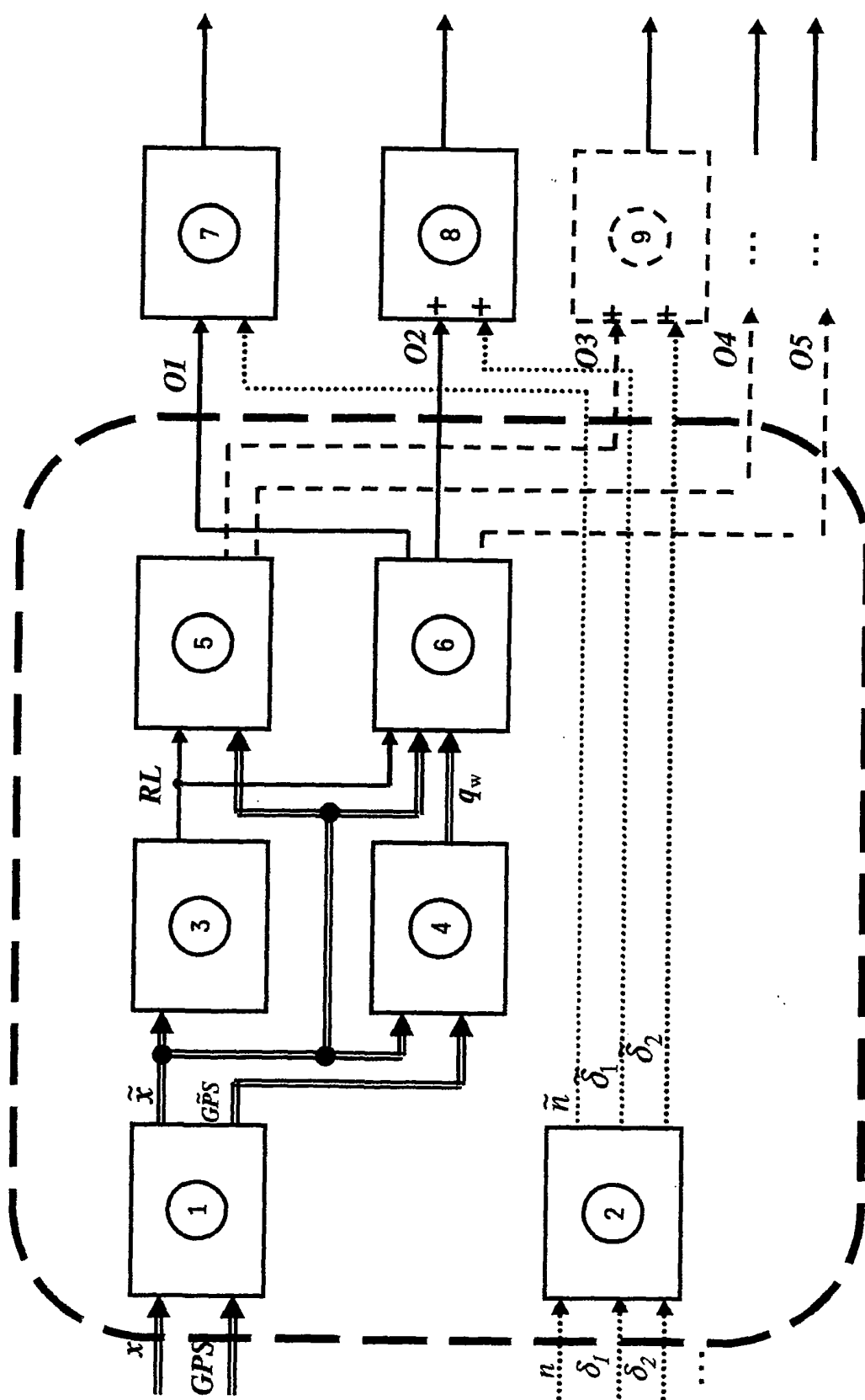


Fig. 2