

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 ( A )

(11) 特許出願公開番号

特開2002-145194

( P2002-145194A )

(43) 公開日 平成14年5月22日 (2002.5.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

タームシート\* (参考)

B 6 3 H 25/04

B 6 3 H 25/04

D 5 H 3 0 1

G 0 5 D 1/00

G 0 5 D 1/00

A

審査請求 有 請求項の数 2 書面 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-389537 (P2000-389537)

(71) 出願人 501204525

独立行政法人 海上技術安全研究所

東京都三鷹市新川6丁目38番1号

(22) 出願日 平成12年11月16日 (2000.11.16)

(72) 発明者 二村 正

東京都昭島市中神町1257-1 昭島第二住宅

7-204

(72) 発明者 上野 道雄

東京都調布市深大寺東町4-34-1 深大寺

東住宅1-102

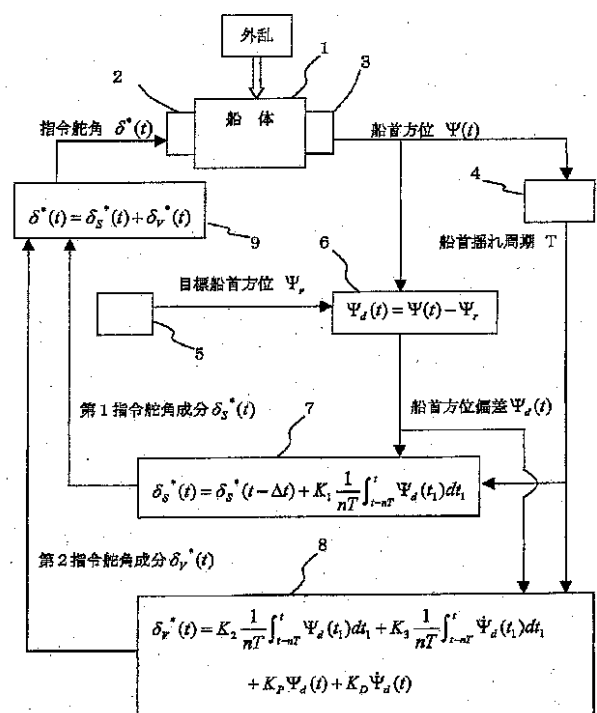
Fターム (参考) 5H301 AA04 CC06 GG16

(54) 【発明の名称】 船用自動操舵システム

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、船体に作用する外乱力のうち定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分に対しても平均船首方位と目標船首方位とを一致させ、かつ、変動外乱力成分に対しては、これに対応する操舵を行わないようにする設定から船首方位偏差を小さく押さえる設定までの範囲で自由に選択することを可能にした、船用自動操舵システムを提供する。

【解決手段】 船体1に設けられた操舵装置2に指令舵角を与えて自動制御を行う船用自動操舵システムにおいて、船首方位計3で検出された船首方位  $\Psi(t)$  と目標船首方位  $\Psi_r$  とに基づき第1演算部6で時々刻々の船首方位偏差  $\Psi_d(t)$  が算出され、この船首方位偏差  $\Psi_d(t)$  と船首揺れ周期検出手段4で検出された船首揺れ周期  $T$  とに基づき第2演算部7で定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分に対応した第1指令舵角成分が算出され、第3演算部8では変動外乱力成分に対応した第2指令舵角成分が算出されて、第4演算部9でこれらが合算されることにより指令舵角が求められる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 船舶の操舵装置に指令舵角を与えて自動制御を行う船用自動操舵システムにおいて、船体に装着された船首方位計と同船首方位計で計測された船首方位から船首揺れ周期を求める船首揺れ周期検出手段と目標船首方位入力手段とを備え、上記船首方位計で計測された船首方位と上記目標船首方位入力手段により入力された目標船首方位との差としての時々刻々の船首方位偏差を演算するための第1演算部と、上記船首揺れ周期検出手段により求められた船首揺れ周期と上記第1演算部で求められた船首方位偏差とに基づき船体に作用する外乱力のうちの定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分に対応した第1指令舵角成分を算出する第2演算部と、上記の船首揺れ周期と船首方位偏差とに基づき上記外乱力のうちの変動外乱力成分に対応した第2指令舵角成分を算出する第3演算部と、上記の第2演算部と第3演算部とでそれぞれ求められた第1指令舵角成分と第2指令舵

$$\delta_v^*(t) = K_2 \frac{1}{nT} \int_{t-nT}^t \Psi_d(t_1) dt_1 + K_3 \frac{1}{nT} \int_{t-nT}^t \dot{\Psi}_d(t_1) dt_1 + K_4 \Psi_d(t) + K_5 \dot{\Psi}_d(t)$$

$$\delta^*(t) = \delta_s^*(t) + \delta_v^*(t) \quad 20$$

ここで、t：時間

$\delta^*(t)$ ：指令舵角

r：目標船首方位

$\Psi(t)$ ：時々刻々の船首方位

T：船首揺れ周期

$K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$ ：制御係数

$\dot{\Psi}_d(t_1)$ ： $\Psi_d(t_1)$ の時間に関する1階微分

n：制御係数（正の整数）

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、船舶の操舵装置に指令舵角を与えて自動操舵を行うためのシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】船舶の自動操舵に用いる指令舵角 $\delta^*(t)$ のうち最も一般的なものは[数5]、[数6]式で表される。

【数5】

$$\delta^*(t) = K_p \Psi_d(t) + K_D \dot{\Psi}_d(t)$$

【数6】

\* 角成分とを合算して指令舵角を演算する第4演算部とが設けられたことを特徴とする、船用自動操舵システム。

【請求項2】 請求項1に記載の船用自動操舵システムにおいて、上記第1演算部における船首方位偏差

$\delta(t)$ の演算が[数1]式により行われ、上記第2演算部における第1指令舵角成分 $\delta_s^*(t)$ の演算が[数2]式により行われ、上記第3演算部における第2指令舵角成分 $\delta_v^*(t)$ の演算が[数3]式により行われ、上記第4演算部における指令舵角 $\delta^*(t)$ の演算が[数4]式により行われることを特徴とする、船用自動操舵システム。

$$\delta_s^*(t) = \delta_s^*(t - \Delta t) + K_1 \frac{1}{nT} \int_{t-nT}^t \Psi_d(t_1) dt_1$$

【数2】

$$\delta_s^*(t) = \delta_s^*(t - \Delta t) + K_1 \frac{1}{nT} \int_{t-nT}^t \Psi_d(t_1) dt_1$$

【数3】

$$\Psi_d(t) = \Psi(t) - r$$

ここで、t：時間

$\delta^*(t)$ ：指令舵角

$\Psi_r$ ：目標船首方位

$\Psi(t)$ ：時々刻々の船首方位

$\dot{\Psi}_d(t)$ ： $\Psi_d(t)$ の時間に関する1階微分

$K_p, K_D$ ：制御係数

【0003】実際の運用では不感帯や舵角制限、天候調整あるいは時間遅れに対応する機能を設けたりして自動操舵が行われているが、これらの場合においても基本となる指令舵角を表す式は[数5]式であると考えてよい。

【0004】さて、波浪による外乱が船体に与える力を考えると、一般に定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分と波周波数に対応する変動外乱力成分とがある。すなわち、外乱力を $F(t)$ とすると、これは[数7]式のような成分から構成される。

$$F(t) = F_s + F_v(t)$$

ここで、 $F_s$ ：定常外乱力成分

$F_v(t)$ ：変動外乱力成分

【0005】このような外乱下で[数5]式のような自動操舵を行うことを考える。外乱に定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分があるから本来舵はこれに対抗するだけのある定常舵角が必要となる。すなわち、指令舵角は[数8]式のようなものとなってはじめて目標船首方位を平均的に保持できる。

$$\delta^*(t) = \delta_s^*(t) + \delta_v^*(t)$$

ここで、 $\delta_s^*(t)$ ：指令舵角の定常成分

$\delta_v^*(t)$ ：指令舵角の変動成分

【0006】しかし、自動操舵の基本部分に[数5]式を用いる限り、船首方位と目標船首方位とが一致している状態では[数8]式中の定常成分  $\delta_s^*(t)$  を発生することはできない。なぜなら、[数5]式の  $\delta_v(t)$  またはその時間に関する1階微分が零でない値を持たない限り指令舵角の定常成分  $\delta_s^*(t)$  は発生しないからである。なお、[数5]式の制御係数を非常に大きくすれば平均的な船首方位偏差を小さくすることは出来るが零とすることは出来ず、かつ、変動外乱力成分に対応する平均船首方位と目標船首方位とを一致させるために必要な操舵以外の操舵が大きく行われ、操舵装置を駆動するためのエネルギーの増加および操舵による抵抗増加となり、船舶全体としてエネルギー消費が増加してしまう。

【0007】一方、船体に作用する外乱力のうち変動外乱力成分に対応する操舵を行わないようにする手段として、[数5]式に[数9]式のような積分項を含める制御もある。

【数9】

$$K_I \int \Psi_d(t_1) dt_1$$

【0008】このような積分制御の項を設け、大きな制御係数  $K_I$  を与えることによって定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分に対する除去特性を良くし、[数5]式の係数を小さく押さえることで、変動外乱成分に対応する操舵を小さくするものも提案されている。しかし、[数9]式に示す項を導入しても、平均船首方位偏差が存在しない限り定常外乱力成分に対応するだけの舵角は発生しないことから、やはり平均船首方位偏差を零とすることはこのような積分項を設けるだけでは原理的に不可能と考えられる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明は、定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分の外乱力に対しても平均船首方位と目標船首方位とを一致させ、かつ、外乱力のうち変動外乱力成分に対しては、これに対応する操舵を行わないようにする設定から時々刻々の船首方位\*

$$\delta_v^*(t) = K_2 \frac{1}{nT} \int_{t-nT}^t \Psi_d(t_1) dt_1 + K_3 \frac{1}{nT} \int_{t-nT}^t \dot{\Psi}_d(t_1) dt_1 + K_4 \Psi_d(t) + K_5 \dot{\Psi}_d(t)$$

【数4】

40

$$\delta^*(t) = \delta_s^*(t) + \delta_v^*(t)$$

ここで、 $t$  : 時間

$\delta^*(t)$  : 指令舵角

$\Psi_r$  : 目標船首方位

$\Psi(t)$  : 時々刻々の船首方位

$T$  : 船首揺れ周期

$K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$  : 制御係数

$\dot{\Psi}_d(t_1)$  :  $\Psi_d(t_1)$  の時間に関する1階微分

$n$  : 制御係数 (正の整数)

\* 偏差を小さく押さえる設定までの範囲で選択することを可能とした、船用自動操舵システムを提供することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】前述の課題を解決するため、本発明の船用自動操舵システムは、船舶の操舵装置に指令舵角を与えて自動制御を行う船用自動操舵システムにおいて、船体に装着された船首方位計と同船首方位計で計測された船首方位から船首揺れ周期を求める船首揺れ周期検出手段と目標船首方位入力手段とを備え、上記船首方位計で計測された船首方位と上記目標船首方位入力手段により入力された目標船首方位との差としての時々刻々の船首方位偏差を演算するための第1演算部と、上記船首揺れ周期検出手段により求められた船首揺れ周期と上記第1演算部で求められた船首方位偏差とに基づき船体に作用する外乱力のうちの定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分に対応した第1指令舵角成分を算出する第2演算部と、上記船首揺れ周期と船首方位偏差とに基づき上記外乱力のうちの変動外乱力成分に対応した第2指令舵角成分を算出する第3演算部と、上記の第2演算部と第3演算部とでそれぞれ求められた第1指令舵角成分と第2指令舵角成分とを合算して指令舵角を演算する第4演算部とが設けられたことを特徴としている。

10

20

30

【0011】また、本発明の船用自動操舵システムは、上記第1演算部における船首方位偏差  $\delta_v(t)$  の演算が[数1]式により行われ、上記第2演算部における第1指令舵角成分  $\delta_s^*(t)$  の演算が[数2]式により行われ、上記第3演算部における第2指令舵角成分  $\delta_v^*(t)$  の演算が[数3]式により行われ、上記第4演算部における指令舵角  $\delta^*(t)$  の演算が、[数4]式により行われることを特徴とする。

【数1】  $\delta_v(t) = \Psi(t) - \Psi_r$

【数2】

$$\delta_s^*(t) = \delta_s^*(t - \Delta t) + K_1 \frac{1}{nT} \int_{t-nT}^t \Psi_d(t_1) dt_1$$

【数3】

【0012】上述の本発明の船用自動操舵システムでは、外乱力に定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分が存在しても、これに応じた定常舵角を指令舵角に含めることが可能となるため、平均船首方位と目標船首方位とを一致させることが可能となる。さらに、周期的に近い変動外乱力成分に対しては、制御係数 $K_4$ 、 $K_5$ に零あるいは小さな値を用いることによって、平均船首方位と目標船首方位とを一致させるために必要な操舵以外を行わないことが可能となる。このことは操舵装置の省エネルギー化、および操舵による抵抗の低減化、船舶全体としての省エネルギー化が可能となる。また逆に、制御係数 $K_4$ 、 $K_5$ に大きな値を用いることによって変動外乱力成分に対して時々刻々の船首方位偏差を小さく押さえる制御が行える。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面により本発明の一実施形態としての船用自動操舵システムについて説明する。図1はその構成を概略的に示すブロック図である。

【0014】図1に示すように、外乱を受ける船舶の自動操舵のため、船体1に設けられた操舵装置2には第4演算部9から指令舵角 $\delta_s^*(t)$ が与えられるようになっている。また、船体1には船首方位計3が装着されており、船首方位計3で検出された船首方位 $\psi(t)$ は船首揺れ周期検出手段4に入力され、これにより船首揺れ周期 $T$ が算出される。さらに、目標船首方位入力手段5\*

$$\delta_s^*(t) = K_2 \frac{1}{nT} \int_{t-nT}^t \Psi_d(t_1) dt_1 + K_3 \frac{1}{nT} \int_{t-nT}^t \dot{\Psi}_d(t_1) dt_1 + K_4 \Psi_d(t) + K_5 \dot{\Psi}_d(t)$$

ここで、 $t$ ：時間

$K_2, K_3, K_4, K_5$ ：制御係数

$\dot{\Psi}_d(t)$ ： $\Psi_d(t)$ の時間に関する1階微分

$n$ ：制御係数(正の整数)

最終的に上記第1指令舵角成分 $\delta_s^*(t)$ と第2指令舵角成分 $\delta_v^*(t)$ とを第4演算部9で[数4]式により合算して指令舵角 $\delta^*(t)$ が算出され、この指令舵角 $\delta^*(t)$ が船舶の自動操舵のため操舵装置2に入力される。

【数4】  $\delta^*(t) = \delta_s^*(t) + \delta_v^*(t)$

【0016】このようにして、本発明の船用自動操舵システムでは、定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分の外乱力に対しても平均船首方位と目標船首方位とを一致させることが可能となる。さらに、制御係数 $K_4$ 、 $K_5$ に零あるいは小さな値を用いることによって変動外乱力成分に対応する操舵、すなわち平均船首方位と目標船首方位とを一致させるために必要な操舵以外を行わないことが可能となる。このことは操舵装置の省エネルギー化、および操舵による抵抗の低減化、船舶全体としての省エネルギー化が可能となる。また逆に、制御係数 $K_4$ 、 $K_5$ に大きな値を用いることによって、変動外乱力成分に対して時々刻々の船首方位偏差を上述の制御に

\*が設けられており、同手段5に目標船首方位 $r$ が入力されるようになっている。

【0015】上記船首方位 $\psi(t)$ と目標船首方位 $r$ とに基づき、第1演算部6で時間を $t$ とすると時々刻々の船首方位偏差 $\delta_d(t)$ が[数1]式により算出される。

【数1】  $\delta_d(t) = \psi(t) - r$

この船首方位偏差 $\delta_d(t)$ と上記船首揺れ周期 $T$ とに基づき、第2演算部7で[数2]式により船体に作用する外乱力のうちの定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分に対応した第1指令舵角成分 $\delta_s^*(t)$ が算出される。

【数2】

$$\delta_s^*(t) = \delta_s^*(t - \Delta t) + K_1 \frac{1}{nT} \int_{t-nT}^t \Psi_d(t_1) dt_1$$

ここで、 $t$ ：時間

$K_1$ ：制御係数

$n$ ：制御係数(正の整数)

また同じく船首方位偏差 $\delta_d(t)$ と船首揺れ周期 $T$ とに基づき、第3演算部8で[数3]式により上記外乱力のうちの変動外乱力成分に対応した第2指令舵角成分 $\delta_v^*(t)$ が算出される。

【数3】

比べ小さく押さえる制御が行える。なお、制御係数 $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ の値については、それぞれの船舶の特性に応じて適正な値を設定する必要がある。また、本発明の実施の形態では船用自動操舵システムを幾つかのブロックに分解して説明しているが、船体1に設けられた操舵装置2や船首方位計3以外については一台のパソコンにより実施することが可能である。

【0017】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の船用自動操舵システムによれば次のような効果が得られる。

(1) 外乱に定常外乱力成分と見なせる極低周波数成分が存在しても、これに応じた定常舵角を指令舵角に含めることが可能となるため、平均船首方位と目標船首方位とを一致させることが可能となる。

(2) 制御係数 $K_4$ 、 $K_5$ に零あるいは小さな値を用いることによって、変動外乱力成分に対応する操舵を行わないことが可能となる。このことは操舵装置の省エネルギー化、および操舵による抵抗の低減化、船舶全体とし

40

50

での省エネルギー化が可能となる。

(3)また逆に、制御係数 $K_4$ 、 $K_5$ に大きな値を用いることによって変動外乱成分に対して時々刻々の船首方位偏差を上述の制御に比べ小さく押さえる制御が行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態としての船用自動操舵システムの構成を概略的に示すブロック図である。

【符号の説明】

- \* 1 船体
- 2 操舵装置
- 3 船首方位計
- 4 船首揺れ周期検出手段
- 5 目標船首方位入力手段
- 6 第1演算部
- 7 第2演算部
- 8 第3演算部
- \* 9 第4演算部

【図1】

