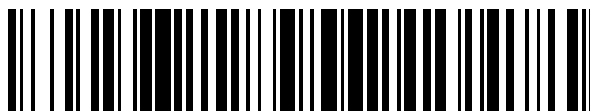


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 794 823**

51 Int. Cl.:

B63G 8/20 (2006.01)

G05D 1/06 (2006.01)

G05D 1/00 (2006.01)

G05D 1/08 (2006.01)

B63G 8/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.06.2017 PCT/EP2017/064017**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.12.2017 WO17211982**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2017 E 17730735 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 3468864**

54 Título: **Procedimiento para la compensación del bloqueo de una pala de timón en un timón en forma de X**

30 Prioridad:

10.06.2016 DE 102016006933

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

19.11.2020

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP MARINE SYSTEMS GMBH
(50.0%)
Wertstrasse 112-114
24143 Kiel, DE y
THYSSENKRUPP AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**DAMM, ESTHER y
MARKMANN, SÖNKE**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 794 823 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la compensación del bloqueo de una pala de timón en un timón en forma de X

5 La invención se refiere a un procedimiento para la compensación del bloqueo de una pala de timón en una pieza de timón en forma de X (en lo sucesivo timón en forma de X), y con ello a la preservación de la maniobrabilidad del submarino con un timón tal en forma de X.

Los submarinos modernos, por ejemplo la clase 212a alemana o la clase Dolphin israelí tienen, en lugar del timón convencional en cruz, un denominado timón en forma de X, en el cual las cuatro palas de timón están dispuestas en cada caso de manera diagonal a la horizontal o vertical de la posición normal del submarino.

10 Visto desde atrás, en un timón en forma de X las palas de timón están numeradas como sigue. Pala 1 de timón está dispuesta arriba a la derecha (estribor, arriba), pala 2 de timón está a la izquierda arriba (babor, arriba), pala 3 de timón está a la derecha abajo ((estribor, abajo) y pala 4 de timón está a la izquierda abajo (babor, abajo). Con ello, la pala 1 de timón y la pala 4 de timón así como la pala 2 de timón y la pala 3 de timón están opuestas en cada caso.

15 Mediante el uso de un timón en forma de X son posibles, aparte del uso correspondiente como timón virtual lateral o timón virtual de profundidad, otras dos posiciones. El timón virtual lateral o timón virtual de profundidad corresponde al timón lateral o al timón de profundidad en una disposición convencional del timón en forma de cruz. En el timón virtual de movimiento, las palas de timón interactúan de modo que el submarino gira en su eje longitudinal sin causar otra modificación de la dirección de movimiento del submarino, casi satisface un movimiento en forma de tornillo. En el timón virtual de freno, las palas de timón están colocadas de modo que no se modifica la dirección de movimiento del submarino, sin embargo las palas de timón presentan una resistencia al flujo y así exhiben un efecto de frenado.

20 Por motivos prácticos, en un timón en forma de X el control ocurre también mediante la especificación de un efecto correspondiente a un timón virtual lateral y timón virtual de profundidad, en el que adicionalmente también se especifican timón de movimiento y timón de freno. La conversión entre estos valores especificados previamente y los ángulos que van a ser ajustados en las palas de timón es el resultado de:

$$\begin{pmatrix} \delta_r \\ \delta_s \\ \delta_p \\ \delta_u \end{pmatrix} = \frac{1}{4} \cdot \begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \end{pmatrix}$$

Fórmula 1

25

con:

δ_r deflexión o ángulo de control del timón virtual lateral (inglés: *rudder*)

δ_s deflexión o ángulo de control del timón virtual de profundidad (inglés: *sternplane*)

30 δ_p deflexión o ángulo de control del timón virtual de movimiento (inglés: *roll rudder*)

δ_u deflexión o ángulo de control del timón virtual de freno (inglés: *brake rudder*)

δ_1 deflexión o ángulo de control de la 1ª pala de timón

δ_2 deflexión o ángulo de control de la 2ª pala de timón

δ_3 deflexión o ángulo de control de la 3ª pala de timón

35 δ_4 deflexión o ángulo de control de la 4ª pala de timón

Valores positivos para δ_1 , δ_2 , δ_3 y δ_4 así como δ_s van hacia abajo, valores positivos para δ_r van hacia babor.

δ_1 , δ_2 , δ_3 y δ_4 son los ángulos de control.

Para especificaciones del timón lateral y del timón de profundidad, las deflexiones de las palas de timón son el resultado de la solución de la fórmula 1 correspondiente a:

40

$$\begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_r \\ \delta_s \\ \delta_p \\ \delta_u \end{pmatrix}$$

Fórmula 2

Se considera como deflexión 0°, la posición media del timón. Si todo el timón se encuentra en posición media, no opera ninguna fuerza que modifique la dirección de movimiento sobre el timón.

5 Debido a la comparativamente compleja construcción del timón en forma de X, una pala bloqueada de timón tiene efecto automático tanto sobre el timón virtual lateral, como también sobre el timón virtual de profundidad.

A partir del documento DE 10 2012 222 812 A1 se conoce un procedimiento para la regulación de un estado de un vehículo, en particular un vehículo sumergible.

A partir del documento JP 2016-88 348 A se conoce un controlador para una pieza de timón, para un timón en forma de X.

10 A partir de Albert S.-F Cheng et al: "fin failure compensation for an unmanned underwater vehicle" Proceedings of the 11th international symposium on unmanned untethered submersible technology, 25 de agosto de 1999 (1999-08-25), páginas 342-351, XP55402802 se conoce un procedimiento para la compensación de un timón bloqueado mediante modo de deslizamiento.

15 Es objetivo de la invención poner a disposición un procedimiento que haga posible la maniobrabilidad del submarino también con una pala bloqueada de timón.

Este objetivo es logrado mediante el procedimiento con los rasgos indicados en la reivindicación 1. Los perfeccionamientos ventajosos son el resultado de las reivindicaciones dependientes, la siguiente descripción así como los dibujos.

20 El procedimiento de acuerdo con la invención para la compensación del bloqueo de una pala de timón en un timón en forma de X, exhibe las siguientes etapas:

- a) probar si una pala de timón está bloqueada,
- b) determinar cuál pala de timón está bloqueada,
- c) determinar en qué ángulo está bloqueada la pala bloqueada de timón,
- d) compensar el ángulo de control para las restantes tres palas de timón,
- 25 m) actuar sobre las palas de timón.

Es una ventaja del procedimiento, que el submarino permanece aún maniobrable también después del daño. Mediante el procedimiento se evitan cambios no controlados de posición y dirección. Si durante una misión de combate o una expedición de reconocimiento ocurre un bloqueo de una pala de timón, en particular puede evitarse una emersión del submarino, lo cual revelaría la posición y presencia del submarino.

30 Si está bloqueada una pala de timón, entonces se especifica la deflexión mediante la posición bloqueada y no puede ya variarse. Con ello surge como resultado con un timón virtual lateral especificado y un timón virtual de profundidad especificado, de la fórmula 2:

$$\begin{pmatrix} \delta_{1,jam} \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_{r,com} \\ \delta_{s,com} \\ \delta_p \\ \delta_u \end{pmatrix}$$

Fórmula 3

35 con:

$\delta_{1,jam}$ deflexión de la 1ª pala bloqueada de timón

$\delta_{2,jam}$ deflexión de la 2ª pala bloqueada de timón

$\delta_{3,jam}$ deflexión de la 3ª pala bloqueada de timón

$\delta_{4,jam}$ deflexión de la 4ª pala bloqueada de timón

$\delta_{r,com}$ deflexión del timón lateral, especificada

$\delta_{s,com}$ deflexión del timón de profundidad, especificada

5 Puesto que el movimiento de un submarino es una condición muy desfavorable, primero el timón de movimiento es retenido en la posición de neutro:

$$\delta_p = \delta_{p,neut} = 0^\circ \quad \text{Fórmula 4}$$

Con ello, la compensación en la etapa d) está dada:

Para la 1ª pala bloqueada de timón:

$$\begin{pmatrix} \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 2 & -2 \\ -1 & -2 & 2 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_{1,jam} \\ \delta_{r,com} \\ \delta_{s,com} \\ \delta_{p,neut} \end{pmatrix} \quad \text{Fórmula 5}$$

10

Para la 2ª pala bloqueada de timón:

$$\begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_4 \\ \delta_3 \\ \delta_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 & -2 \\ -1 & 0 & 2 & 2 \\ -1 & 2 & 2 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_{2,jam} \\ \delta_{r,com} \\ \delta_{s,com} \\ \delta_{p,neut} \end{pmatrix} \quad \text{Fórmula 6}$$

Para la 3ª pala bloqueada de timón:

$$\begin{pmatrix} \delta_4 \\ \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 2 & -2 \\ -1 & 2 & 2 & 0 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_{3,jam} \\ \delta_{r,com} \\ \delta_{s,com} \\ \delta_{p,neut} \end{pmatrix} \quad \text{Fórmula 7}$$

15 Para la 4ª pala bloqueada de timón:

$$\begin{pmatrix} \delta_3 \\ \delta_2 \\ \delta_1 \\ \delta_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -2 \\ -1 & 0 & 2 & 2 \\ -1 & -2 & 2 & 0 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_{4,jam} \\ \delta_{r,com} \\ \delta_{s,com} \\ \delta_{p,neut} \end{pmatrix} \quad \text{Fórmula 8}$$

En todos los casos se deja libre el timón de freno como variable, por consiguiente se acepta la acción de frenado mediante el timón, para preservar la capacidad de control del bote. Esto significa la modificación más pequeña del comportamiento de control del submarino.

20 Sin embargo, en la compensación puede ocurrir que se supere la deflexión máxima posible de una pala de timón. Para solucionar este problema, se ejecutan de acuerdo con la invención las siguientes etapas después de la etapa d):

e) probar si uno de los ángulos de control que compensa es mayor que el máximo ángulo permisible de control,

f) cuando e) sea positivo, entonces establecer cual ángulo de control que compensa exhibe la deflexión más grande,

25 g) escalar el ángulo de control que compensa,

m) cuando e) sea negativo después de g), actuar sobre las palas de timón.

5 Para ello, el máximo ángulo permisible de control depende no sólo del diseño. Por ejemplo, una pala de timón puede ser móvil en el intervalo de -45° a 45° . Adicionalmente, el máximo ángulo permisible de control depende también de la velocidad del submarino. Mientras en punto muerto (0 nudos) es posible una deflexión de -45° a 45° en el caso mencionado anteriormente, debido a la presión del agua, que actúa mediante el flujo sobre la pala de timón, para un viaje más rápido, por ejemplo 20 nudos, limitar la deflexión por ejemplo a -30° a 30° , puesto que están limitados el momento de giro de la máquina de timón y con ello la fuerza máxima que se pone a disposición.

10 El escalamiento modifica incluso cuantitativamente el comportamiento de control, aunque cualitativamente se mantienen las propiedades. De modo particular preferiblemente, se mantiene constante la relación de timón de profundidad a timón lateral. Por ejemplo puede conducir el submarino, también después escalar una curva definida, por ejemplo hacia estribor, sin que ocurra una modificación notable de la profundidad de inmersión, solamente se amplifica el radio de curva para maniobras extremas. De este modo, el comportamiento del control también bajo estas condiciones permanece predecible para la tripulación. Dado el caso tiene que aceptarse una disminución en la exactitud de la retención de la profundidad.

15 El escalamiento ocurre de modo que el ángulo de control de la pala de timón, que exhibe la máxima deflexión, es colocado en el valor máximo y de modo correspondiente se escalan las deflexiones remanentes de las dos palas remanentes de timón.

El índice sc para el ángulo $\delta_{n,sc}$ de control, con n elegido de entre el grupo de 1, 2, 3 o 4, significa que el ángulo de control del timón n es escalado al valor máximo.

a está definido para

20

$$\delta_{r,com} = a \cdot \delta_{s,com} \quad \text{Fórmula 9}$$

Si ahora la 1ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 2ª pala de timón de la fórmula 5 y fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{r,com,sc} = \frac{1}{2}(\delta_{2,sc} - \delta_{1,jam}) \quad \text{Fórmula 10}$$

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{1}{2a}(\delta_{2,sc} - \delta_{1,jam}) \quad \text{Fórmula 11}$$

25

Si ahora la 1ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 3ª pala de timón de la fórmula 5 y fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{1}{2}(\delta_{3,sc} + \delta_{1,jam}) \quad \text{Fórmula 12}$$

$$\delta_{r,com,sc} = \frac{1}{2}a(\delta_{3,sc} + \delta_{1,jam}) \quad \text{Fórmula 13}$$

30 Si ahora la 1ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 4ª pala de timón de la fórmula 5 y fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{\delta_{4,sc} + \delta_{1,jam}}{2(1-a)} \quad \text{Fórmula 14}$$

$$\delta_{r,com,sc} = a \frac{\delta_{4,sc} + \delta_{1,jam}}{2(1-a)} \quad \text{Fórmula 15}$$

35 Si ahora la 2ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 1ª pala de timón de la fórmula 6 y la fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{r,com,sc} = \frac{1}{2}(\delta_{2,jam} - \delta_{1,sc}) \quad \text{Fórmula 16}$$

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{1}{2a}(\delta_{2,jam} - \delta_{1,sc}) \quad \text{Fórmula 17}$$

Si ahora la 2ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 3ª pala de timón de la fórmula 6 y la fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{\delta_{2,jam} + \delta_{3,sc}}{2(1+a)} \quad \text{Fórmula 18}$$

$$\delta_{r,com,sc} = a \frac{\delta_{2,jam} + \delta_{3,sc}}{2(1+a)} \quad \text{Fórmula 19}$$

5

Si ahora la 2ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 4ª pala de timón de la fórmula 6 y la fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{1}{2}(\delta_{2,jam} + \delta_{4,sc}) \quad \text{Fórmula 20}$$

$$\delta_{r,com,sc} = \frac{1}{2}a(\delta_{2,jam} + \delta_{4,sc}) \quad \text{Fórmula 21}$$

10

Si ahora la 3ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 1ª pala de timón de la fórmula 7 y la fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{1}{2}(\delta_{3,jam} + \delta_{1,sc}) \quad \text{Fórmula 22}$$

$$\delta_{r,com,sc} = \frac{1}{2}a(\delta_{3,jam} + \delta_{1,sc}) \quad \text{Fórmula 23}$$

15 Si ahora la 3ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 2ª pala de timón de la fórmula 7 y la fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{\delta_{2,sc} + \delta_{3,jam}}{2(1+a)} \quad \text{Fórmula 24}$$

$$\delta_{r,com,sc} = a \frac{\delta_{2,sc} + \delta_{3,jam}}{2(1+a)} \quad \text{Fórmula 25}$$

Si ahora la 3ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 4ª pala de timón de la fórmula 7 y la fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{r,com,sc} = \frac{1}{2}(\delta_{3,jam} - \delta_{4,sc}) \quad \text{Fórmula 26}$$

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{1}{2a}(\delta_{3,jam} - \delta_{4,sc}) \quad \text{Fórmula 27}$$

Si ahora la 4ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 1ª pala de timón de la fórmula 8 y la fórmula 9 se tiene como resultado:

$$5 \quad \delta_{s,com,sc} = \frac{\delta_{1,sc} + \delta_{4,jam}}{2(1-a)} \quad \text{Fórmula 28}$$

$$\delta_{r,com,sc} = a \frac{\delta_{1,sc} + \delta_{4,jam}}{2(1-a)} \quad \text{Fórmula 29}$$

Si ahora la 4ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 2ª pala de timón de la fórmula 8 y la fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{1}{2}(\delta_{2,sc} + \delta_{4,jam}) \quad \text{Fórmula 30}$$

$$10 \quad \delta_{s,com,sc} = \frac{1}{2a}(\delta_{3,sc} - \delta_{4,jam}) \quad \text{Fórmula 33}$$

Si ahora la 4ª pala de timón está bloqueada, entonces para la máxima deflexión de la 3ª pala de timón de la fórmula 8 y la fórmula 9 se tiene como resultado:

$$\delta_{r,com,sc} = \frac{1}{2}(\delta_{3,sc} - \delta_{4,jam}) \quad \text{Fórmula 32}$$

$$\delta_{s,com,sc} = \frac{1}{2a}(\delta_{3,sc} - \delta_{4,jam}) \quad \text{Fórmula 33}$$

15 Con las deflexiones $\delta_{r,com,sc}$ y $\delta_{s,com,sc}$ virtuales con el escalamiento, de las fórmulas 10 a 37 y las fórmulas 5 a 8 se tienen como resultado los ángulos de control:

Para la 1ª pala de timón bloqueada se tiene como resultado:

$$\begin{pmatrix} \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 2 & -2 \\ -1 & -2 & 2 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_{1,jam} \\ \delta_{r,com,sc} \\ \delta_{s,com,sc} \\ \delta_{p,neut} \end{pmatrix} \quad \text{Fórmula 34}$$

20 Para la 2ª pala de timón bloqueada se tiene como resultado:

$$\begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_4 \\ \delta_3 \\ \delta_{ul} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 & -2 \\ -1 & 0 & 2 & 2 \\ -1 & 2 & 2 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_{2,jam} \\ \delta_{r,com,sc} \\ \delta_{s,com,sc} \\ \delta_{p,neut} \end{pmatrix} \quad \text{Fórmula 35}$$

Para la 3ª pala de timón bloqueada se tiene como resultado:

$$\begin{pmatrix} \delta_4 \\ \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_{ul} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 2 & -2 \\ -1 & 2 & 2 & 0 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_{3,jam} \\ \delta_{r,com,sc} \\ \delta_{s,com,sc} \\ \delta_{p,neut} \end{pmatrix} \quad \text{Fórmula 36}$$

Para la 4ª pala de timón bloqueada se tiene como resultado:

$$\begin{pmatrix} \delta_3 \\ \delta_2 \\ \delta_1 \\ \delta_{ul} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -2 \\ -1 & 0 & 2 & 2 \\ -1 & -2 & 2 & 0 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta_{4,jam} \\ \delta_{r,com,sc} \\ \delta_{s,com,sc} \\ \delta_{p,neut} \end{pmatrix} \quad \text{Fórmula 37}$$

5

Lamentablemente, con ello tampoco es posible actuar en toda dirección, cuando un timón está bloqueado en la posición máxima, por ejemplo $\pm 45^\circ$. Sin embargo para mejorar la maniobrabilidad en tales casos, puede ser necesario liberar el timón de movimiento y permitir un giro en el eje longitudinal. Para ello se ejecutan de acuerdo con la invención las siguientes etapas:

- 10 h) probar si la magnitud del timón de profundidad especificada previamente es mayor o igual que 1° y la magnitud escalada del timón de profundidad es menor que 1° ,
 - i) cuando h) es negativo, entonces llevar adelante un ajuste con timón lateral con escalamiento y timón de profundidad con escalamiento, de acuerdo con la etapa g) y con la etapa m),
 - j) cuando h) es positivo, entonces ejecutar un nuevo escalamiento considerando el timón de movimiento,
- 15 k) determinar el timón lateral con nuevo escalamiento, el timón de profundidad con nuevo escalamiento y el timón de movimiento con nuevo escalamiento,
 - l) entonces ejecutar un ajuste con timón lateral con nuevo escalamiento, timón de profundidad con nuevo escalamiento y timón de movimiento con nuevo escalamiento,
 - m) cuando e) es negativo o de acuerdo con i) o de acuerdo con l) actuar sobre las palas de timón.
- 20 Puesto que en este caso ya no pueden mantenerse profundidad y rumbo, la prioridad está en la profundidad de inmersión y con ello sobre el timón de profundidad. Esto se prefiere, puesto que estar por debajo de la máxima profundidad de inmersión, como también una emersión, representan un gran peligro para el submarino.
- 25 En lo sucesivo $\bar{\delta}_{r,ord}$ define el timón lateral con nuevo escalamiento y $\bar{\delta}_{p,ord}$ define el timón de movimiento con nuevo escalamiento, en lo cual no se trata de valores con escalamiento correctamente de modo completo. Los valores son determinados de modo que puede alcanzarse $\bar{\delta}_{s,com}$. Por el contrario, ya no puede satisfacerse $\bar{\delta}_{r,com}$, puesto que $\bar{\delta}_p$ es liberado como otro grado de libertad. Con ello, la variación es elegida de modo que $\bar{\delta}_{r,ord}$ es mínimo.

Para la 1ª pala de timón bloqueada se tiene como resultado:

$$\delta_{r,ord} = \frac{1}{2}(-\delta_{1,jam} - \delta_4 + 2\delta_{s,com}) \quad \text{Fórmula 38}$$

$$\delta_{p,ord} = \frac{1}{2}(\delta_2 - \delta_{1,jam} - 2\delta_{r,ord}), \text{ cuando } |\delta_{1,jam} - 2\delta_{r,ord}| > 45^\circ \quad \text{Fórmula 39}$$

$$\delta_{p,ord} = \frac{1}{2}(-\delta_3 - \delta_{1,jam} + 2\delta_{s,com}), \text{ cuando } |\delta_{1,jam} + 2\delta_{s,com}| > 45^\circ \quad \text{Fórmula 40}$$

Para la 2ª pala de timón bloqueada se tiene como resultado:

$$\delta_{r,ord} = \frac{1}{2}(\delta_{2,jam} + \delta_3 - 2\delta_{s,com}) \quad \text{Fórmula 41}$$

$$\delta_{p,ord} = \frac{1}{2}(-\delta_1 + \delta_{2,jam} - 2\delta_{r,ord}), \text{ cuando } |\delta_{2,jam} - 2\delta_{r,ord}| > 45^\circ \quad \text{Fórmula 42}$$

$$\delta_{p,ord} = \frac{1}{2}(\delta_4 + \delta_{2,jam} - 2\delta_{s,com}), \text{ cuando } |\delta_{2,jam} - 2\delta_{s,com}| > 45^\circ \quad \text{Fórmula 43}$$

Para la 3ª pala de timón bloqueada se tiene como resultado:

$$\delta_{r,ord} = \frac{1}{2}(\delta_{3,jam} + \delta_2 - 2\delta_{s,com}) \quad \text{Fórmula 44}$$

$$\delta_{p,ord} = \frac{1}{2}(\delta_4 - \delta_{3,jam} + 2\delta_{r,ord}), \text{ cuando } |\delta_{3,jam} + 2\delta_{r,ord}| > 45^\circ \quad \text{Fórmula 45}$$

$$\delta_{p,ord} = \frac{1}{2}(-\delta_1 - \delta_{3,jam} + 2\delta_{s,com}), \text{ cuando } |\delta_{3,jam} + 2\delta_{s,com}| > 45^\circ \quad \text{Fórmula 46}$$

5

Para la 4ª pala de timón bloqueada se tiene como resultado:

$$\delta_{r,ord} = \frac{1}{2}(-\delta_{4,jam} - \delta_1 + 2\delta_{s,com}) \quad \text{Fórmula 47}$$

$$\delta_{p,ord} = \frac{1}{2}(-\delta_3 + \delta_{4,jam} + 2\delta_{r,ord}), \text{ cuando } |\delta_{4,jam} + 2\delta_{r,ord}| > 45^\circ \quad \text{Fórmula 48}$$

$$\delta_{p,ord} = \frac{1}{2}(\delta_2 + \delta_{4,jam} - 2\delta_{s,com}), \text{ cuando } |\delta_{4,jam} - 2\delta_{s,com}| > 45^\circ \quad \text{Fórmula 49}$$

En un procedimiento alternativo, se da la prioridad al rumbo, varía la profundidad de inmersión. En este procedimiento alternativo, se ejecutan las siguientes etapas:

- 10 h') probar si la magnitud del timón lateral especificado previamente es mayor que 1° y la magnitud del timón lateral con escalamiento es menor que 1° ,
- i') cuando h') es negativo, entonces ejecutar un ajuste con timón lateral con escalamiento y timón de profundidad con escalamiento,
- j') cuando h') es positivo, entonces realizar escalamiento considerando el timón de movimiento,
- 15 k') determinar el timón de profundidad con nuevo escalamiento, el timón lateral con nuevo escalamiento y del timón de movimiento con nuevo escalamiento,
- l') entonces ejecutar un ajuste con timón de profundidad con nuevo escalamiento, timón lateral con nuevo escalamiento y timón de movimiento con nuevo escalamiento,

m) cuando e) sea negativo o después de i') o después de l') actuar sobre las palas de timón.

En ese caso, el cálculo ocurre de manera análoga al procedimiento precedente, cuando se dio prioridad a la profundidad de inmersión y con ello al timón de profundidad.

5 A continuación se ilustra en más detalle el procedimiento de acuerdo con la invención, en virtud de un ejemplo de realización representaban el dibujo.

Fig. 1 diagrama de procedimiento

Fig. 2 disposición del timón

En la Fig. 1 se muestra un diagrama de procedimiento para el control de palas de timón de un timón en forma de X.

10 En la etapa A se especifica previamente el valor para el timón lateral $\bar{\delta}_{r,com}$ y el valor para el timón de profundidad $\bar{\delta}_{s,com}$.

En la etapa B se convierten los valores en el ángulo de control $\bar{\delta}_i$ de las cuatro palas de timón, correspondiente con la fórmula 2.

En la etapa C se prueba si una pala de timón está bloqueada. Si ninguna pala de timón está bloqueada, se procede con la etapa N, si una pala de timón está bloqueada entonces se procede con la etapa D.

15 En la etapa N se prueba si uno de los ángulos $\bar{\delta}_i$ de control de las cuatro palas de timón es mayor que el ángulo máximo de control. Si este es el caso, entonces se procede con la etapa O, si este no es el caso, entonces se procede con la etapa K.

20 En la etapa O se escalan los ángulos $\bar{\delta}_i$ de control de las cuatro palas de timón, de modo que se adopta el máximo valor del ángulo $\bar{\delta}_i$ de control de las cuatro palas de timón al valor del ángulo máximo de control. A continuación se procede con la etapa K.

En la etapa D se prueba cual pala de timón está bloqueada y en cual ángulo $\bar{\delta}_i$ está bloqueada la pala bloqueada de timón.

En la etapa E se calculan los ángulos de control para las tres palas de timón remanentes, para compensar la pala de timón bloqueada. El cálculo ocurre de manera correspondiente a las fórmulas 5 a 8.

25 En la etapa F se prueba si uno de los ángulos $\bar{\delta}_i$ de control de las cuatro palas de timón es mayor que el máximo ángulo de control. Si este es el caso, se procede con la etapa G, si este no es el caso, entonces se procede con la etapa K.

En la etapa G se determina cual pala de timón exhibe el máximo ángulo de control que compensa.

30 En la etapa H se escala el ángulo de control, para reducir el máximo ángulo de control que compensa, al máximo ángulo de control. El escalamiento ocurre mediante las fórmulas 10 a 33.

En la etapa I se prueba si la magnitud del timón de profundidad preestablecido es mayor o igual que 1 y si la magnitud del timón de profundidad con escalamiento es menor que 1. Si este es el caso, se procede con la etapa L, si este no es el caso entonces se procede con la etapa J.

35 En la etapa J se calculan las posiciones de timón individual para los ángulos de control con escalamiento de la etapa H. El cálculo ocurre de manera correspondiente a las fórmulas 34 a 37.

En la etapa L se calculan los ángulos de control con timón de movimiento variable, por medio de las fórmulas 38 a 49.

En la etapa M se calculan las posiciones de timón individual para las magnitudes de control con escalamiento, de acuerdo con las fórmulas 5 a 8 o de acuerdo con las fórmulas 34 a 37.

En la etapa K se actúa sobre las palas de timón.

40 En la Fig. 2 se muestran las cuatro palas de timón así como el timón 50 virtual lateral y el timón 60 virtual de profundidad, en lo cual aquí se ve en dirección de movimiento desde atrás del submarino.

Se ven la pala 1 de timón 10, pala 2 de timón 20, pala 3 de timón 30 y pala 4 de timón 40 así como el timón 50 virtual lateral y el timón 60 virtual de profundidad.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la compensación del bloqueo de una pala de timón en un timón en forma de X de un submarino, en donde el procedimiento exhibe las siguientes etapas:

- a) probar si una pala de timón está bloqueada,
- 5 b) determinar cuál pala de timón está bloqueada,
- c) determinar en cual ángulo está bloqueada la pala de timón bloqueada,
- d) compensar el ángulo de control para las tres palas de timón remanentes,
- m) actuar sobre las palas de timón,

en el que después de la etapa d) se ejecutan las siguientes etapas:

- 10 e) probar si uno de los ángulos de control que compensan es mayor que el máximo ángulo permisible de control,
- f) cuando e) es positivo, entonces determinar cuál ángulo de control que compensa exhibe la máxima deflexión,
- g) escalar el ángulo de control que compensa,
- m) cuando e) sea negativo o después de g), actuar sobre las palas de timón,

en el que después de la etapa g) se ejecutan las siguientes etapas:

- 15 h) probar si la magnitud del timón preestablecido de profundidad es mayor o igual a 1° y si la magnitud del timón de profundidad con escalamiento es inferior a 1° ,
- i) cuando h) sea negativo, entonces ejecutar un ajuste con timón lateral con escalamiento y timón de profundidad con escalamiento de acuerdo con la etapa g) y continuar con la etapa m),
- j) cuando h) sea positivo, entonces escalar de nuevo considerando el timón de movimiento,
- 20 k) determinar el timón lateral con nuevo escalamiento, el timón de profundidad con nuevo escalamiento y el timón de movimiento con nuevo escalamiento,
- l) entonces ejecutar un ajuste con timón lateral con nuevo escalamiento, timón de profundidad con nuevo escalamiento y timón de movimiento con nuevo escalamiento,
- m) cuando e) sea negativo o después de i) o después de l) actuar sobre las palas de timón.

25

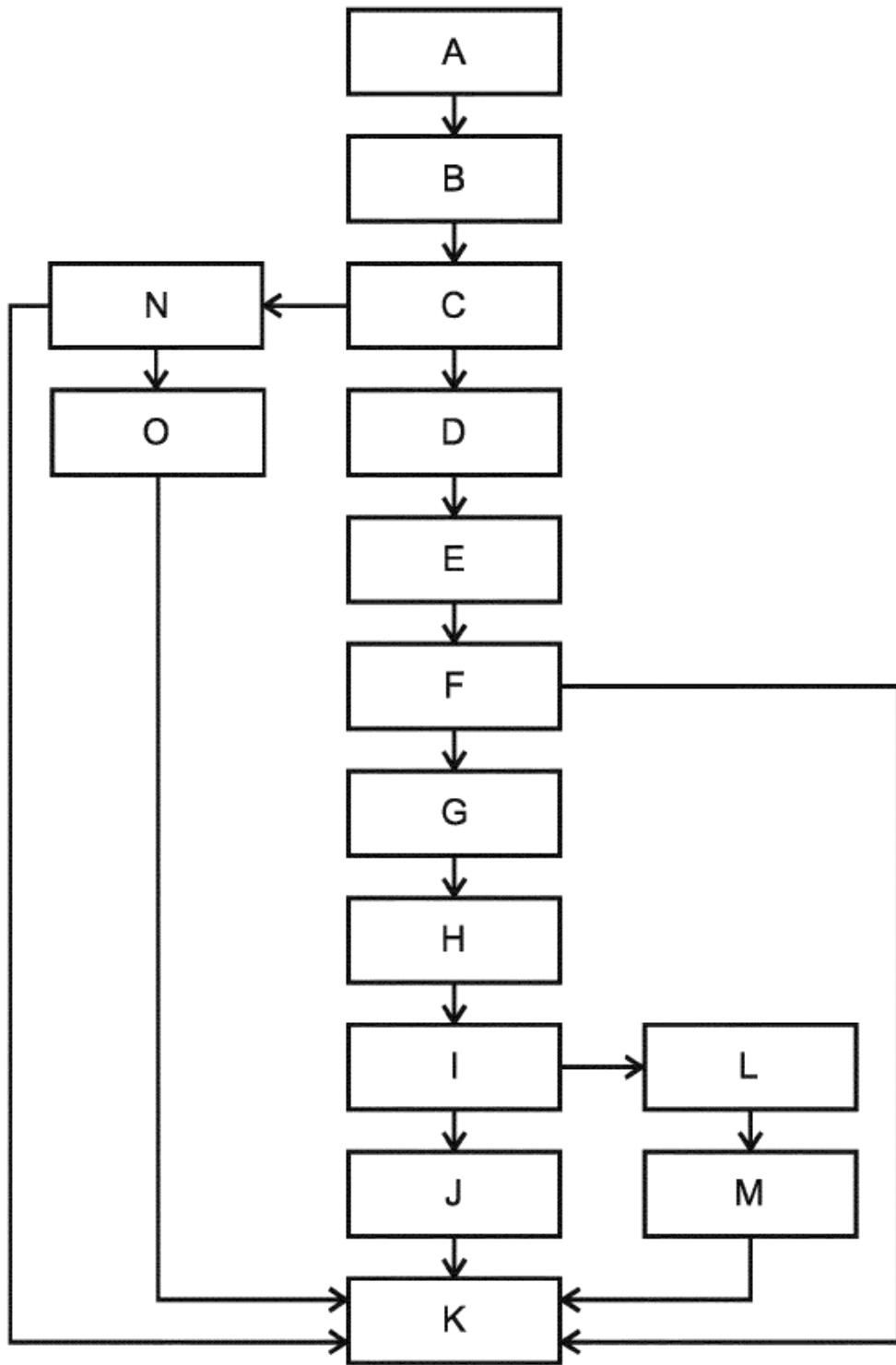


Fig. 1

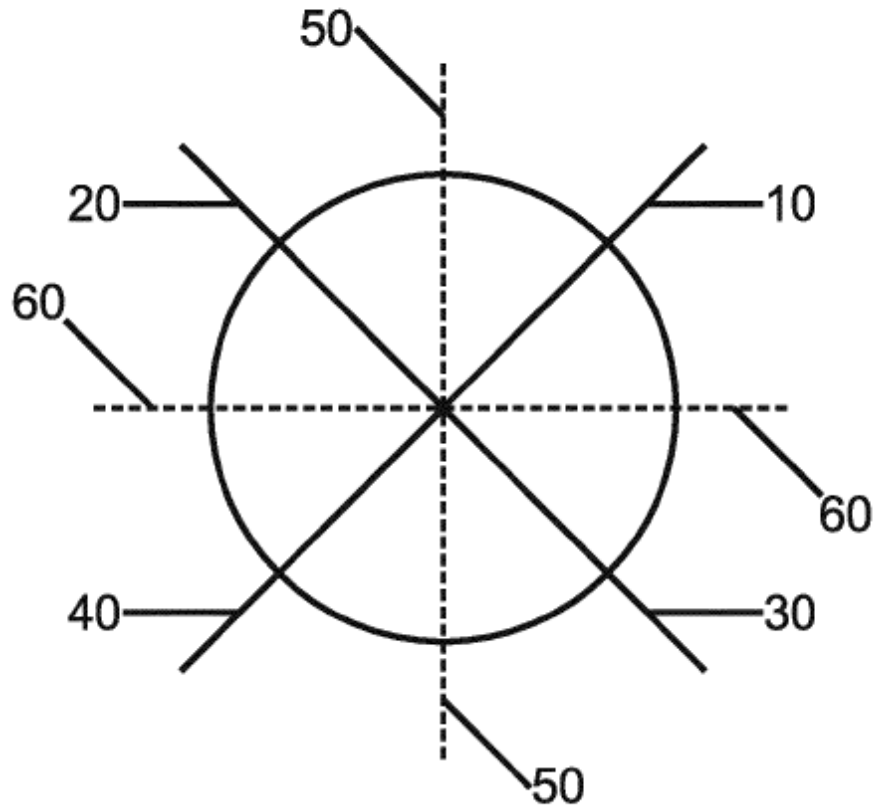


Fig. 2