



411468

Nº 411.468

F.C. 24-9-75

Cl. CI.: <u>GOAC//BG3B</u>

MEMORIA DESCRIPTIVA
correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: KABUSHIKIKAISHA TOKYO KEIKI

Domicilio: 16-46 Minamikamata 2-chome, Ohta-ku,
TOKYO, Japón

Enunciado: PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN
GIROCOMPAS.

Prioridad: De la solicitud de patente japonesa -
nº 15134/1972 del 12 de Febrero de -
1.972.

411468



EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

Un girocompás que tiene un rotor de giroscopio, y un dispositivo para aplicar al rotor del giroscopio alrededor de su eje vertical una fuerza de torsión proporcional a un ángulo de inclinación del eje de rotación del rotor del giroscopio a partir de un plano horizontal para atenuar la acción de orientación hacia el Norte del rotor del giroscopio, en el cual la fuerza de torsión está controlada de manera que sea proporcional al ángulo de inclinación respecto a su componente que varía con un periodo idéntico o parecido al de la acción de orientación hacia el Norte mientras que es aproximadamente nula para una componente del ángulo de inclinación que no varía.

ANTECEDENTES DEL INVENTO

Ambito del Invento

El invento está relacionado de manera general con un girocompás y mas particularmente con un girocompás que está provisto de medios para amortiguar la acción de orientación hacia el Norte del eje de rotación del giroscopio.

Descripción de la Técnica Anterior

Para amortiguar la acción de orientación hacia el Norte del eje de rotación de un giroscopio, los girocompases Anshuetz y Plath bien conocidos, están provistos de un dispositivo de amortiguación, llamado comúnmente botella de amortiguación, en una caja de giroscopio que contiene en ella un giroscopio. No se hará ninguna descripción del principio de este dispositivo convencional de amortiguación pero se conocía ya alrededor del año 1910, y un método similar había sido utilizado en el girocompás anterior Brown. La característica de este método consiste en que la fuerza de torsión

411468



5 producida por la botella de amortiguación con el fin de amortiguar la acción de orientación hacia el Norte del eje de rotación del giroscopio se aplica alrededor de un eje horizontal del giroscopio (por tanto, este sistema se llamará más adelante sistema de amortiguación del eje horizontal) y en que la fase de la fuerza de torsión antecede a la inclinación del eje de rotación del giroscopio respecto al plano horizontal. El compás que utiliza la botella de amortiguación presenta la ventaja de que no se produce ningún error de latitud cuando se estabiliza con relación al Norte geográfico pero presenta el inconveniente de que la inclinación del eje de rotación del giroscopio sobre el plano horizontal es importante y que la circulación de un líquido contenido en la botella de amortiguamiento necesita mucho tiempo y por tanto el tiempo de estabilización es relativamente largo (aproximadamente 5 horas).

15 Además, los barcos de guerra adoptan usualmente un método de desconexión del dispositivo de amortiguación para evitar un error de aceleración en el caso de viraje, pero en este caso, es necesario detener la circulación del líquido en la botella de amortiguación. A este efecto, el método convencional de la botella de amortiguación utiliza una válvula electromagnética en la caja del giroscopio y por tanto su construcción es inevitablemente costosa y complicada.

20 Mientras tanto, los girocompases Sperry utilizan un eje excentrado hacia el Este bien conocido o un peso de amortiguación como dispositivo amortiguador para la acción de orientación hacia el Norte del eje de rotación del giroscopio. Cada uno de estos sistemas es del tipo en el que la fuerza de torsión que sirve para la amortiguación se aplica

25

30

411468



alrededor de un eje vertical del giroscopio (y por tanto se
llamará a continuación sistema de amortiguación de eje verti-
cal). Con este sistema de la técnica anterior, la fuerza de
torsión es proporcional al ángulo de inclinación del eje de
5 rotación del giroscopio a partir del plano horizontal y la
inclinación del giroscopio en el tiempo de estabilización es
mucho más pequeño que en el sistema de botella de amortigua-
ción y no hay líquido en el dispositivo de amortiguación de
modo que el tiempo de estabilización es relativamente corto
10 (3 a 3,5 horas). Sin embargo, este sistema presenta defectos
tales como un error de latitud, un error fijo que resulta de
una fuerza de desequilibrio de masas Norte-Sur del giroscopio
alrededor de su eje horizontal, una dependencia del error
de temperatura debido a un cambio en el desequilibrio de masas
15 Norte-Sur producido por un cambio de temperatura, etc. Además
este sistema presenta el inconveniente de que el eje de rota-
ción del giroscopio produce una deriva en el caso de desconec-
ción del dispositivo de amortiguación.

Con la utilización de un integrador conocido en
20 combinación con un peso de amortiguación, el eje de rotación
se mantiene horizontal durante el tiempo de estabilización,
y el error de latitud así como el error fijo que resulta del
desequilibrio de masas Norte-Sur del giroscopio pueden ser
evitados. Sin embargo, ya que existe la posibilidad de que
25 permanezca un movimiento con importante constante de tiempo
de acuerdo con las condiciones iniciales del integrador, el
tiempo de estabilización es seguramente más corto que el del
sistema de botella de amortiguación pero más largo que el del
sistema de amortiguación usual de eje vertical.

411468



RESUMEN DEL INVENTO

5 Por consiguiente, un objeto del invento consiste en proporcionar un girocompás que utiliza un sistema de amortiguación exento de los defectos mencionados más arriba que presentan los sistemas de amortiguación de la técnica anterior.

10 Otro objeto del invento consiste en proporcionar un girocompás que utiliza un sistema de amortiguación que presenta la ventaja del sistema de amortiguación de eje vertical que consiste en que el tiempo de estabilización es relativamente corto pero que evita el error de latitud, el error fijo resultante del desequilibrio de masas Norte-Sur del giroscopio y el error fijo que depende de la temperatura, los cuales son inevitables en el sistema de amortiguación de eje vertical convencional.

15 Otro objeto del invento consiste en proporcionar un girocompás que utiliza un sistema de amortiguación de eje vertical capaz de conseguir los objetos mencionados en segundo lugar.

20 Otro objeto del invento consiste en proporcionar un girocompás que utiliza un sistema de amortiguación con el cual es posible conectar la amortiguación cuando el barco realiza un viraje solamente por medio del cierre y de la abertura de un contacto eléctrico y que no produce ninguna deriva ni necesita ningún otro dispositivo especial tal como una válvula electromagnética o elemento parecido.

25

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama esquemático que representa la acción de orientación hacia el Norte de un girocompás convencional;

30

La figura 2 es un diagrama esquemático que ilus

411468



tra un ejemplo de un girocompás al cual se aplica el invento;

La figura 3 es un diagrama esquemático que sirve para explicar su funcionamiento;

5 La figura 4 es un diagrama en bloques para explicar un sistema de amortiguación utilizado en el girocompás de la figura 2;

La figura 5 es un diagrama en bloques que representa este invento para los girocompases descritos en las figuras 2 y 7;

10 La figura 6 es un diagrama esquemático que representa la acción de orientación hacia el norte del girocompás que incorpora el invento;

15 Las figuras 7 y 8 son respectivamente unos diagramas esquemáticos que ilustran otros ejemplos de un girocompás al cual puede aplicarse el invento;

La figura 9 es un diagrama en bloques para explicar el funcionamiento del girocompás de la figura 8 cuando se le aplica el invento;

20 Las figuras 10A á 10C, inclusive, son diagramas de conexión de los amplificadores operacionales destinados a ser utilizados con el invento;

Las figuras 11A y 11B son diagramas esquemáticos que representan otros ejemplos del invento;

25 Las figuras 12 y 13 son diagramas esquemáticos, para explicar el funcionamiento de la figura 11; y

La figura 14 es un diagrama esquemático que ilustra otro ejemplo del invento.

DESCRIPCION DE LOS MODOS DE REALIZACION PREFERIDOS

30 Para permitir un entendimiento más claro del invento, se dará en primer lugar una descripción del sistema



411468

convencional de amortiguación de eje vertical. En el giro-
 compás, es necesario que la fuerza de torsión $K\theta$ propor-
 cional al ángulo de inclinación θ del eje de rotación del giroscopio sobre el plano horizontal, siendo K una constante propor-
 5 cional, sea aplicada alrededor de un eje horizontal perpen-
 dicular al eje de rotación del giroscopio, para producir la
 acción de orientación hacia el norte del giroscopio. Un dis-
 positivo para producir la fuerza de torsión $K\theta$ se llamará a
 continuación dispositivo de orientación hacia el Norte. So-
 10 lamente con la utilización del dispositivo de orientación ha-
 cia el Norte, el eje de rotación del giroscopio oscila sinu-
 soidalmente hacia el Este y hacia el Oeste alrededor del Nor-
 te y no se estabiliza hacia el Norte. Al mismo tiempo, la
 inclinación del eje de rotación del giroscopio oscila tam-
 15 bién sinusoidalmente en sincronismo con éste y el centro de
 la oscilación no es horizontal sino que, en el hemisferio Nor-
 te, está en una posición en la cual la extremidad Norte del
 eje de rotación está un poco elevada. El centro del movi-
 miento oscilatorio de la inclinación del eje de rotación del
 20 giroscopio se hace con el ángulo siguiente respecto al plano
 horizontal:

$$\frac{H}{K} \Omega \text{ seno } \varphi$$

siendo en dicha fórmula H el momento angular del giroscopio,
 Ω la velocidad angular de la rotación de la tierra y φ la
 25 latitud del lugar donde está situado el girocompás.

Mientras tanto, suponiendo que el giroscopio no
 esté completamente equilibrado alrededor del eje horizontal
 mencionado más arriba sino que es más pesado en el lado Sur,
 que el giroscopio gira en el sentido horario cuando se ve
 30 desde la extremidad sur y que la fuerza de torsión producida



411468

-9 FEB

alrededor del eje horizontal en razón de este desequilibrio y de la fuerza de la gravedad es M_y el centro de la oscilación de la inclinación del eje de rotación del giroscopio tiene un valor superior al indicado más arriba M_y/K .

5 El sistema de amortiguación de eje vertical es un sistema en el que el movimiento oscilatorio del eje de rotación es amortiguado aplicando alguna fuerza de torsión alrededor de un eje vertical perpendicular al eje de rotación y al eje horizontal y, en la técnica anterior, se utiliza a este efecto una fuerza de torsión proporcional al ángulo de inclinación θ . Si se toma una constante proporcional μ , la fuerza de torsión aplicada alrededor del eje vertical es $\mu\theta$, y esta fuerza amortigua el movimiento del eje de rotación del giroscopio y el eje de rotación se estabiliza orientándose

10 substancialmente hacia el Norte como es bien conocido en esta técnica. A título de ejemplo, la figura 1 representa el caso en el que el acimut del eje de rotación del giroscopio es ϕ_0 en el tiempo $t = 0$ y el ángulo de inclinación θ del eje de rotación es nulo y el eje de rotación está un poco inclinado en el lado Norte. Con el periodo de tiempo t , el acimut ϕ del eje de rotación realiza una oscilación amortiguada y se estabiliza en un ángulo constante ϕ . El ángulo de inclinación θ_a del eje de rotación al estabilizarse tiene el valor que corresponde al centro de la oscilación cuando $\mu = 0$ (cuando el sistema de amortiguación de eje vertical no se utiliza)

15 es decir que el ángulo de inclinación está determinado por la siguiente ecuación:

$$\theta_a = \frac{H}{K} \Omega \text{ seno} + \frac{M_y}{K}$$

siendo en esta fórmula M_y el desequilibrio de masas Norte-Sur del giroscopio.

30



411468

Debe observarse aquí que ya que el ángulo de inclinación θ del eje de rotación no es nulo incluso cuando el giroscopio está estabilizado, la fuerza de torsión T_a alrededor del eje vertical para la amortiguación está determinada por la ecuación siguiente que corresponde al ángulo de inclinación θ :

$$T_a = \mu \left(\frac{H}{K} \Omega \text{seno } \varphi + \frac{My}{K} \right)$$

y puede verse en esta fórmula que el valor no es nulo.

Generalmente, en el girocompás, la fuerza de torsión M_z orientada hacia arriba alrededor del eje vertical y un error de acimut $\Delta \phi$ mientras se estabiliza el giroscopio, tiene la siguiente relación:

$$\Delta \phi = \frac{M_z}{H \Omega \text{coseno } \varphi} \dots \dots \dots (1)$$

El valor de estabilización δ del acimut puede obtenerse a partir de la ecuación (1) que sigue:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{M_z}{H \Omega \text{coseno } \varphi} = \frac{\mu \left(\frac{H}{K} \Omega \text{seno } \varphi + \frac{My}{K} \right)}{H \Omega \text{coseno } \varphi} \\ &= \frac{\mu}{K} \varphi + \frac{\mu}{K} \frac{My}{H \Omega \text{coseno } \varphi} \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

En el caso anterior, el valor de estabilización δ del acimut se hace hacia el Este, El primer término de la ecuación (2) es proporcional a la tangente de la latitud y por tanto se llama error de latitud. Además, el segundo término de la ecuación (2) es proporcional al desequilibrio de masas Norte-Sur My del giroscopio, es decir que se trata de un error fijo que se produce en respuesta al desequilibrio de masas Norte-Sur del giroscopio. Se entenderá de acuerdo con lo que antecede, que la causa de los errores fijos consiste en que la fuerza de torsión de amortiguación sigue te-

411468



niendo la forma de una fuerza de torsión fija alrededor del eje vertical cuando el giroscopio se estabiliza.

Un sistema de amortiguación de acuerdo con el invento puede ser aplicado a varios tipos de girocompases.

5 En lo que sigue se describirá en primer lugar un girocompas propuesto por el Solicitante y a continuación un ejemplo del invento aplicado al girocompás. La figura 2 representa la construcción del girocompás. En la figura, la referencia numérica 1 indica una caja de giroscopio que incluye en ella

10 un rotor de giroscopio que gira a alta velocidad y que es estanca a los líquidos. El número de referencia 2 designa un recipiente tal como un depósito, que rodea la caja 1 del giroscopio, y la referencia 3 un alambre de suspensión para soportar la caja 1 del giroscopio, que está sujeto en sus extremidades superiores e inferiores al depósito 2 y a la caja

15 1 del giroscopio, respectivamente. Las referencias 4N, 4S y 5N, 5S identifican los elementos laterales primario y secundario del detector de desplazamiento sin contacto 6, respectivamente. Los elementos laterales primarios 4N y 4S están mon

20 tados por ejemplo en la superficie de la caja 1 del giroscopio en los puntos de intersección con la prolongación del eje de rotación del giroscopio es decir en los lados Norte y Sur del rotor del giroscopio, respectivamente. Mientras tanto, los elementos laterales secundarios 5N y 5S están situados en el

25 depósito 2 en unas posiciones que corresponden a los elementos laterales primarios 4N y 4S. El número de referencia 7 representa un líquido tal como un aceite de amortiguación de alta viscosidad, que está contenido en el depósito 2. Un par de ejes horizontales 8 y 8' están sujetos en sus primeras extre-

30 midades en el ecuador del depósito 2 en posiciones perpendi-

411468



5 culares al eje de rotación (en los lados Este y Oeste del giroscopio) y las otras extremidades de los ejes horizontales 8 y 8' están montadas de manera giratoria en unos cojinetes 13 y 13' dispuestos en un aro horizontal 12 en emplazamientos que corresponden a los ejes 8 y 8' respectivamente. El número de referencia 10 designa un servomotor para seguimiento horizontal, que está acoplado con el aro horizontal 12. Un engranaje horizontal 9 está montado en el árbol horizontal 8 y está acoplado con un piñón horizontal 11 sujeto en el eje de rotación del servomotor 10. Unos ejes de acoplamiento universal 14, 14' están montados respectivamente en el aro horizontal 12 en posiciones perpendiculares a los cojinetes de eje horizontales 13 y 13' y están montados de manera giratoria en unos cojinetes de eje de acoplamiento universal 15 y 15' dispuestos en un aro seguidor 16 en posiciones que corresponden a estos respectivamente. El aro seguidor 16 lleva sujeto en él hacia arriba y hacia abajo unos ejes seguidores 17 y 17', cuyas extremidades libres están montadas de manera giratoria en unos cojinetes de eje de seguidor 25 y 25' montados en una bitácora 24 en posiciones que corresponden a los ejes de seguidor 17 y 17'. Un engranaje de acimut 21 está sujeto en un eje de seguidor 17. La referencia numérica 19 indica un servomotor seguidor de acimut montado en la bitácora 24 y 20 un piñón de acimut sujeto en el eje giratorio del servomotor 19, estando dicho piñón acoplado con un engranaje de acimut 21. La referencia numérica 22 representa una rosa de los vientos que está montada en el otro eje seguidor 17'. La referencia numérica 23 indica una placa de línea de referencia montada en la parte superior de la bitácora 24 en posición opuesta a la rosa de los vientos 22. La carrera de un vehícu-

10

15

20

25

30

411468



lo en el que está montado el girocompás se lee a partir de la línea de referencia 26 dibujada en la placa de línea de referencia 23 en su centro y en la rosa de los vientos 22.

5 El detector 6 de desplazamiento sin contacto se describirá ahora brevemente. Los flujos de corriente alterna originados a partir de los elementos laterales primarios 4N y 4S son detectados por los elementos laterales secundarios 5N y 5S, detectando así simultáneamente los ángulos de desviación relativa de la caja 1 del giroscopio respecto al depósito 2 alrededor del eje vertical (concretamente alrededor del alambre de suspensión 3) y alrededor de los ejes horizontales 8 y 8'. Una señal eléctrica proporcional al ángulo de desviación relativa de la caja 1 del giroscopio respecto al depósito 2 alrededor del eje vertical (llamándose a continuación esta señal, señal de seguimiento vertical) es amplificada por un servo amplificador de seguimiento vertical 102 (véase figura 4) con el fin de controlar el servomotor 19. La rotación del servomotor 19 es transmitida al depósito 2 a través del piñón 20, del engranaje de acimut 21, del anillo de seguimiento 16, de los árboles 14 y 14', del aro horizontal 12 y de los ejes 8 y 8', por medio de los cuales el depósito 2 gira alrededor del eje vertical de la caja 1 del giroscopio para reducir la desviación relativa del depósito 2 respecto a la caja 1 del giroscopio a un valor nulo en cualquier momento. De manera similar, una señal eléctrica (la cual se llamará más adelante señal de seguimiento horizontal) que corresponde al ángulo de desviación relativa de la caja 1 del giroscopio respecto al depósito 2 alrededor de los ejes horizontales 8 y 8' es aplicada a partir del detector de desplazamiento sin contacto 6 a un servoamplificador de seguimiento horizontal descri

411468 -9



to más adelante y es amplificada por ésta y se aplica a continuación al servomotor 10 para controlarlo. La rotación del servomotor 10 es transmitida al depósito 2 a través del piñón 11, el engranaje 9 y del árbol 8, y de éste modo el depósito 2 está obligado a seguir la caja 1 del giroscopio alrededor de los ejes 8 y 8'.

La figura 3 es un diagrama esquemático para explicar el movimiento de la caja 1 del giroscopio en la dirección del eje de rotación con relación al depósito 2 mientras los servosistemas de seguimiento están en funcionamiento de la manera descrita más arriba. La figura representa el caso en el que la dirección AB del eje de rotación del giroscopio en la caja 1 del giroscopio está inclinada en un ángulo θ respecto al plano horizontal HH'. Los elementos laterales secundarios 5N y 5S del detector de desplazamiento sin contacto 6 se sitúan en las posiciones A' y B' en el depósito 2 y el servosistema de seguimiento horizontal funciona de modo que las posiciones A' y B' estén situadas en la prolongación de la línea recta AB. Mientras tanto, ya que la aceleración de la gravedad actúa sobre la caja 1 del giroscopio, el alambre de suspensión 3 conectado entre un punto P en la parte superior del depósito 2 y la caja 1 del giroscopio se sitúa de manera substancialmente paralela a la línea de gravedad y por tanto la distancia entre B y B' es más corta que la distancia entre A y A'. En concreto, la diferencia de distancia entre A-A' y B-B' es proporcional al ángulo θ .

El detector de desplazamiento sin contacto 6 produce igualmente una señal eléctrica AC que corresponde a la diferencia de distancia entre A-A' y B-B' por la substra-



411468

ción de las señales derivadas de los elementos laterales secundarios 5N y 5S. Esta señal eléctrica es proporcional al ángulo Θ y por tanto se llamará más adelante señal Θ . Si el ángulo Θ es negativo y el punto A' está situado debajo de la línea HH', la distancia entre los puntos A y A' será más corta que la distancia entre los puntos B y B', y la señal Θ tendrá una fase invertida. Huelga decir que si el ángulo Θ es nulo, la distancia entre los puntos A y A' y entre los puntos B y B' son iguales la una a la otra y la señal Θ es nula.

El sistema de amortiguación destinado a ser utilizado con el girocompás de la figura 2 que se ha descrito más arriba es un sistema en el que la señal Θ se añade a la señal de seguimiento vertical en el servo amplificador de seguimiento vertical. Con este sistema, el depósito 2 es desplazado por el servosistema de seguimiento vertical alrededor del eje vertical hasta que el detector de desplazamiento sin contacto 6 produzca una señal de seguimiento vertical cuya magnitud es exactamente igual a la de la señal Θ añadida y de polaridad opuesta a ésta, porque el servomotor 19 no se para hasta que la suma de la señal de seguimiento vertical y de la señal Θ no se haya anulado. Por tanto, el valor de la señal de seguimiento vertical es siempre proporcional a la señal Θ y por tanto al ángulo de inclinación Θ . De este modo, el alambre de suspensión 3 está sometido siempre a una torsión por el servosistema vertical proporcionalmente al ángulo de inclinación Θ . Si se da el valor μ a la constante proporcional entre la fuerza de torsión producida por la torsión del alambre de suspensión 3 y el ángulo de inclinación Θ , la caja 1 del giroscopio recibe una fuerza de



411468

torsión $\mu\theta$ alrededor del eje vertical, de modo que la acción de orientación hacia el Norte del eje de rotación del giroscopio puede ser amortiguada de la manera descrita más arriba respecto al sistema de amortiguación del eje vertical en cuestión. Si el eje de rotación del girocompás es desviado del Norte un ángulo β_0 hacia el Este bajando un poco la extremidad Norte, el eje de rotación realiza exactamente el mismo movimiento que el que se ha descrito más arriba con relación a la figura 1 y finalmente se estabiliza conservando el error fijo δ .

En la figura 4 se ilustra en forma de bloques la relación mútua entre el servosistema de seguimiento vertical y la señal θ en el girocompás representado en la figura 2.

En la figura 4, β indica el acimut del eje de rotación del giroscopio (dirección de la línea recta AB en la figura 3) y β_0 indica el acimut de la línea A'B' del depósito 2. La diferencia ($\beta \sim \beta_0$) entre ellos es transformada por el detector de desplazamiento sin contacto 6 (dotado de una ganancia G_2) en una señal correspondiente de seguimiento vertical, que se añade a la señal θ la cual es igualmente una tensión de salida procedente del detector de desplazamiento sin contacto 6 de ganancia G_1 . La señal resultante se aplica al servomotor 19 a través del servo-amplificador 102 y el ángulo de salida obtenido se aplica a través de un tren de engranajes 101 (con una relación de transmisión $1/N$ del engranaje 17 sobre el piñón 20) al depósito 2 para obtener su acimut β_0 .

La figura 5 ilustra un ejemplo del invento aplicado al girocompás de la figura 2. En la figura 5, los ele-



411468

mentos idénticos a los de la figura 4 han sido identifica-
dos utilizando los mismos números de referencia y por tanto
no se repetirá ninguna descripción de ellos. La diferencia
entre los acimut ϕ y ϕ_0 es transformada por el detector de
5 desplazamiento sin contacto 6 en una señal eléctrica de co-
rriente alterna como en el caso de la figura 4 pero, en el
ejemplo de la figura 5, la señal de corriente alterna es
transformada por un convertidor de corriente alterna-corrien-
te continua 104 en una señal de corriente continua y a conti-
10 nuación es transformada de nuevo por un circuito eléctrico
103 en una señal de corriente alterna. El circuito 103 es-
tá formado por un circuito que incluye un sumador, un acce-
sorio del circuito y un convertidor de corriente continua-
corriente alterna. Mientras tanto, la señal Θ es transfor-
15 mada por el detector 6 en una señal de corriente alterna y
transformada a continuación en una señal de corriente con-
tínua por un convertidor de corriente alterna-corriente con-
tínua 105 similar al convertidor 104 mencionado más arriba,
y se aplica finalmente a un amplificador operacional 106.
20 La salida del amplificador operacional 106 se añade a la se-
ñal de seguimiento vertical en el circuito 103. La carac-
terística del amplificador operacional 106 juega el papel
más importante en el invento. Supondremos que la función
de transferencia del amplificador operacional 106 contiene
25 por lo menos la siguiente característica según se representa
en la figura 5:

$$\frac{T_2 S}{T_1 S + 1}$$

30 en la cual S es el operador de Laplace. Como es bien conoci-
do en la ingeniería de controles automáticos, si el ángulo



de inclinación θ varía sinusoidalmente, la señal de salida derivada del amplificador operacional 106 en este momento puede ser expresada en una forma tal que S sea sustituido por $j\omega$. En este caso, $j^2 = -1$. En concreto, la señal de salida mencionada más arriba puede expresarse de la siguiente manera:

$$\frac{j\omega T_2}{j\omega T_1 + 1}$$

Incluso cuando se elige ω de manera que sea una frecuencia angular que corresponde a un periodo usual del girocompás, es decir aproximadamente 70 a 100 minutos, si se elige T_1 para mantener convenientemente $\omega T_1 > 1$, la señal de salida mencionada más arriba se aproxima a la señal dada por la siguiente ecuación (3):

$$\frac{j\omega T_2}{j\omega T_1 + 1} \approx \frac{j\omega T_2}{j\omega T_1} = \frac{T_2}{T_1} = a \text{ constante (3)}$$

Se ha dicho más arriba que el ángulo θ varía sinusoidalmente mientras el giroscopio se desplaza para orientarse hacia el Norte. Por consiguiente, la señal θ varía en el ciclo de la acción de orientación hacia el Norte durante esta acción de orientación hacia el Norte del giroscopio, de modo que la señal de salida procedente del amplificador operacional 106 está casi compuesta por la señal θ debido a que la función de transferencia del amplificador operacional 106 es casi 1. El servosistema vertical, que recibe la tensión de salida procedente del amplificador operacional 106, que se representa en la figura 5, es substancialmente el mismo que el que se representa en la figura 4 en este movimiento. Por tanto, igualmente con la utilización del servosistema de seguimiento vertical de la figura 5, la fuerza de torsión generada por la torsión del alambre

411468

9



de suspensión 3 es substancialmente $\mu\theta$ como en el caso de la figura 4, y por tanto es posible hacer que el girocompás de la figura 2 realice una oscilación debidamente amortiguada durante su acción de orientación hacia el Norte. Además, esta propiedad es la misma que la que puede ser obtenida con el sistema convencional de amortiguación del eje vertical y por tanto, proporciona la ventaja que consiste en que el tiempo de estabilización es mucho más corto que en el sistema de amortiguación de eje horizontal.

Mientras tanto, cuando el giroscopio se estabiliza progresivamente, la señal θ se aproxima a un valor constante $H\Omega \text{seno } \psi / K$ según se ha descrito más arriba. Sin embargo, ya que la característica del amplificador operacional 106 es aparentemente "una característica diferencial de retardo del primer orden" la diferenciación de un valor constante da un valor nulo y por tanto esta característica básica permanece sin cambios incluso cuando está provista del retardo del primer orden. Por tanto, cuando la señal θ se aproxima al valor constante, la salida procedente del amplificador operacional 106 se aproxima progresivamente a cero. Cuando el giroscopio se ha estabilizado de esta manera, la salida procedente del amplificador operacional 106 toma un valor completamente nulo. Por tanto, en el servosistema de seguimiento vertical el alambre de suspensión 3 deja de estar sometido a torsión alguna cuando el giroscopio está en posición de descanso, de modo que no se aplica ninguna fuerza de torsión alrededor del eje vertical del giroscopio y por tanto $M_z = 0$. Por consiguiente, el valor δ de estabilización del acimut es igualmente 0, no existe error de latitud y el error fijo debido al desequilibrio de masas Norte-

411468



5 -Sur My del giroscopio no son producidos. Por consiguiente, el objeto del invento se consigue, y se obtiene un sistema de amortiguación de eje vertical con un tiempo de estabilización del giroscopio relativamente corto y exento de los errores fijos. La característica de orientación hacia el Norte del girocompás que utiliza el sistema de la figura 5 es la que se representa en la figura 6 y es diferente de la característica de la figura 1 porque no se utiliza el valor δ de estabilización del acimut.

10 En la figura 5, la salida del amplificador operacional 106 se añade bajo la forma de una señal de corriente continua a la señal de seguimiento vertical en la primera etapa del circuito 103 pero, igualmente, es posible transformar la salida del amplificador operacional 106 inmediatamente en una señal de corriente alterna, conservar la señal de seguimiento vertical bajo la forma de una señal de corriente alterna sin aplicarla al convertidor de corriente alterna-corriente continua 104, sumar conjuntamente ambas señales de corriente alterna y aplicar inmediatamente la señal resultante al servo-amplificador vertical 102. En resumen, a este efecto es suficiente que la señal θ pueda recibir la característica $T_2S/(T_1S + 1)$. Pueden practicarse varios métodos con las técnicas de diseño de circuitos y se observará que estos métodos caen en el alcance del invento.

25 El invento puede aplicarse igualmente a otros tipos de girocompases y se describen en lo que sigue unos ejemplos del invento aplicados a dos tipos de girocompases.

30 La figura 7 es un diagrama que sirve para explicar la aplicación de este invento a un girocompás proporcionado por el mismo Solicitante de la presente Solicitud.



411468

En la figura, los números de referencia utilizados corresponden a los de la figura 2.

5 El girocompás de la figura 7 es de construcción idéntica al de la figura 2 por lo que se refiere al aro horizontal 12, los ejes 14 y 14', los cojinetes 15 y 15', el aro seguidor 16, los ejes 17 y 17', los cojinetes 25 y 25', el servomotor 19, el piñón 20 y el engranaje de acimut 21. El girocompás de la figura 7 es diferente del de la figura 2 porque no utiliza servosistema de seguimiento horizontal y 10 los ejes 8 y 8' están soportados de manera giratoria por los cojinetes 13 y 13'. Los ejes 8 y 8' están acoplados a un aro vertical 200 que tiene una base 204 y unos cojinetes 205 y 205'. La caja 1 del giroscopio que lleva en ella el giroscopio tiene unos ejes verticales 206 y 206' en su parte superior y en su parte inferior y los ejes verticales 206 y 206' 15 están soportados de manera giratoria por los cojinetes 205 y 205' mencionados más arriba, respectivamente, y la extremidad superior del eje 206' está colgada del alambre de suspensión 3 a partir de la base 204 del aro vertical 200 en su 20 centro. El girocompás utiliza como dispositivo de orientación hacia el Norte una balística líquida sujeta en el aro vertical 200 y que incluye dos recipientes 203A y 203B, una tubería de comunicación 203C que conecta los recipientes 203A y 203B y un líquido que llena hasta la mitad los recipientes 203A y 203B y que fluye en ellos a través de la tubería 203C. En el ejemplo de la figura 7, un acelerómetro o 25 un nivel electrolítico 207 está montado en el aro vertical 200 para detectar el ángulo de inclinación θ del eje de rotación respecto a un plano horizontal. Representado en forma de bloques, el ejemplo del invento de la figura 7 es simi- 30

411468



-9

lar al de la figura 5 salvo que la señal Θ es una señal de corriente alterna procedente del nivel electrolítico 207 mencionado más arriba y que la detección de la diferencia de acimut ($\phi - \phi_0$) se consigue por medio de un detector sin contacto 201 de la variación del acimut (cuyos elementos 201A y 201B están montados en la caja 1 del giroscopio y en el aro vertical 200 respectivamente). En concreto, la aplicación del sistema de la figura 5 al girocompás de la figura 7 permite la realización de la amortiguación del eje vertical de modo que el valor de estabilización δ del acimut se reduce a cero según se ha descrito más arriba con relación a la figura 6.

La figura 8 ilustra otro ejemplo del girocompás que incorpora el invento. En el ejemplo en cuestión, los ejes 14 y 14' y las piezas situadas en el exterior de los mismos son idénticas a las de las figuras 2 y 7. En el ejemplo ilustrado, el aro horizontal 12 utilizado en los ejemplos anteriores no se emplea pero en su lugar se proporciona un recipiente 300 tal como por ejemplo un receptáculo esférico que se representa parcialmente abierto en la figura 8, y los cojinetes 13 y 13' se sitúan en el interior del recipiente 300 y soportan de manera giratoria los ejes horizontales 8 y 8'. Además, el aro vertical 200 soporta los cojinetes 205 y 205' y es substancialmente idéntico al que se utiliza en la figura 7, estando provisto de los ejes 8 y 8' pero no de la base 204. La caja 1 del giroscopio que lleva incorporado en ella el giroscopio está dotada de los ejes verticales 206 y 206' que están soportados por los cojinetes 205 y 205'. El detector sin contacto 201 del ángulo de desviación de acimut es igualmente idéntico en su construcción al que se utiliza



411468 -9

en la figura 7, y el acelerómetro 207 está montado de manera fija en el aro vertical 200 y se utiliza para detectar el ángulo de inclinación θ como es el caso en el ejemplo de la figura 7. El ejemplo de la figura 8 es diferente del de la figura 7 en primer lugar porque la caja 1 del giroscopio no cuelga del alambre de suspensión 3 utilizado en el ejemplo de la figura 7, sino que es substancialmente esférica y flota en un líquido (no representado) contenido en el recipiente 300, eligiéndose la densidad específica de la caja 1 del giroscopio de manera que sea substancialmente igual a la del líquido contenido en el recipiente 300, y en segundo lugar porque el dispositivo de orientación hacia el Norte es un convertidor de par 302 que sirve para transformar una señal eléctrica en una fuerza de torsión correspondiente; y en tercer lugar porque se utiliza un generador de fuerza de torsión de amortiguación 301. El generador de fuerza de torsión 302 tiene su elemento 302A sujeto al recipiente 300 y su otro elemento 302B sujeto en el eje 8' y está adaptado para generar una fuerza de torsión alrededor del eje 8' que es proporcional a una señal eléctrica aplicada al elemento 302A. Aplicando al generador de fuerza de torsión 302 una señal eléctrica proporcional al ángulo de inclinación θ detectado por el acelerómetro 207 después de amplificarla, se obtiene la fuerza de torsión $K\theta$ para la acción de orientación hacia el Norte. Idénticamente, el generador de fuerza de torsión 301 tiene unos elementos 301A y 301B sujetos en el aro vertical 200 y en el eje 206 respectivamente, y está adaptado para aplicar una fuerza de torsión al giroscopio alrededor de los ejes 206 y 206' cuando se aplica una señal eléctrica al elemento 301A. Aplicando al generador de fuerza



411468

de torsión 301 una señal eléctrica proporcional al ángulo de inclinación θ detectado por el acelerómetro 207 después de amplificarla, se obtiene el sistema de amortiguación de eje vertical convencional. Sin embargo, si se aplica el presente invento al girocompás descrito en la figura 8, su sistema de amortiguación de eje vertical puede ser ilustrado en forma del diagrama en bloques de la figura 9. En concreto, si la señal procedente del acelerómetro 207 es una señal de corriente alterna, esta señal es transformada por el convertidor de corriente alterna-corriente continua 105 en una señal de corriente continua que se aplica al amplificador operacional 106 que tiene por lo menos la característica $T_2S/(T_1S + 1)$ como en la figura 5 y a continuación se aplica a través del convertidor de corriente continua-corriente alterna 103 al servo-amplificador 102 para que sea amplificada por éste y finalmente se aplica la señal amplificada al generador de fuerza de torsión 301. En este caso, la fuerza de torsión de amortiguación se aplica directamente por medio del generador de fuerza de torsión 301 al giroscopio alrededor del eje vertical, y se trata en este caso también de un sistema de amortiguación de eje vertical y la amortiguación necesaria para reducir el valor de estabilización δ del acimut hasta cero, puede ser obtenido para conseguir el objeto propuesto.

En la figura 9, si la tensión de salida del acelerómetro 207 es una tensión de corriente continua y si el generador de fuerza de torsión 301 es un generador de corriente continua, pueden omitirse los convertidores de corriente alterna-corriente continua y de corriente continua-corriente alterna, 105 y 103 respectivamente.

411468



Ahora bien, la diferencia entre el sistema convencional de amortiguación de eje vertical y el sistema del invento se explicará de manera más clara de un modo diferente. Si se da a la fuerza de torsión alrededor del eje vertical necesaria para la amortiguación el valor Q_D , la fuerza de torsión Q_D del sistema de la técnica anterior puede expresarse de la siguiente forma:

5

$$Q_D = \mu \theta \dots\dots\dots (4)$$

Mientras tanto, la relación entre el par Q_D y el ángulo de inclinación θ en el sistema de amortiguación del invento se obtiene por la siguiente ecuación (5):

10

$$\frac{d}{dt} Q_D + \frac{1}{T_1} Q_D = \mu \frac{d}{dt} \theta \dots\dots (5)$$

Si T_1 es muy importante y si el cambio de θ es fuerte, el primer término es suficientemente superior al segundo término en el lado izquierdo de la ecuación (5) y por tanto la ecuación (5) puede escribirse bajo la forma de la siguiente ecuación (6):

15

$$\frac{d}{dt} Q_D \doteq \mu \frac{d}{dt} \theta \dots\dots\dots (6)$$

Por consiguiente, $Q_D = \mu \theta$ y la acción de amortiguación se obtiene y cuando el ángulo θ deja de cambiar, $\frac{d}{dt} \theta = 0$, haciendo que $Q_D = 0$ como se verá claramente en la ecuación (6). Mediante la transformación de Laplace de la ecuación (6) de la relación entre Q_D y θ , en la cual el operador de Laplace es S , dando a Q_D y θ obtenidos por transformación de Laplace los valores $Q_D(S)$ y $\theta(S)$ respectivamente, y siendo las condiciones iniciales todas iguales a cero, se obtiene la siguiente ecuación:

20

25

$$S Q_D(S) + \frac{1}{T_1} Q_D(S) = \mu S \theta(S)$$

30

Por consiguiente, se obtiene inmediatamente la siguiente ecuación:



411468 -9

ción (7):

$$\frac{Q_D(S)}{\Theta(S)} = \frac{\mu S}{S + \frac{1}{T_1}} = \mu \cdot \frac{T_1 S}{T_1 S + 1} = \mu \frac{\alpha T_2 S}{T_1 S + 1} = (\mu \alpha) \frac{T_2 S}{T_1 S + 1} \quad (7)$$

5

en la cual T_1/T_2 es igual a α .

10

15

En general, no es necesario que la función de transferencia del amplificador operacional 106 tenga la misma constante de tiempo T_1 en su denominador y en su numerador, sino que puede expresarse bajo la forma $T_2 S / (T_1 S + 1)$, según se representa en el bloque 106 de las figuras 5 y 9. Sin embargo, en este caso, es necesario multiplicar la ganancia por ejemplo del convertidor de corriente alterna-corriente continua 105 por α de acuerdo con T_2 . En otras palabras, el valor de μ puede ser elegido ajustando la ganancia G_3 del convertidor de corriente alterna-corriente continua 105, de modo que si el convertidor 105 de corriente alterna-corriente continua 105 incluye una sección amplificadora, T_2 pueda ser elegido a voluntad.

20

25

30

El valor de la constante de tiempo T_1 es importante en el presente invento. Basándose sobre el hecho de que el periodo del giroscopio es usualmente de 70 a 120 minutos, si T_1 es igual a varios cientos de segundos, la acción de orientación hacia el Norte está amortiguada, pero la amortiguación es insuficiente en este caso. Cuando T_1 es superior a 1000 segundos, la amortiguación es realizable y si T_1 es de 2000 segundos aproximadamente, puede obtenerse una acción de amortiguación satisfactoria e ideal. Cuanto más importante es T_1 , tanto mejor, pero el efecto no cambia prácticamente cuando se hace T_1 superior a 2000 segundos aproximadamente.



411468 .9

De acuerdo con los experimentos realizados por el Solicitante con el ejemplo del invento aplicado al girocompás de la figura 2, en el cual $T_1 = 2000$ segundos, el ciclo de orientación hacia el Norte era de 80 minutos (en latitud 35° Norte), la relación de amortiguación de la amplitud de cada medio ciclo era casi igual a 0,30 y el error de latitud, el error fijo debido al desequilibrio meridional así como el error fijo debido a cambios de temperatura no se manifestaron.

En lo que sigue se dará una descripción de la manera de realizar concretamente la característica de función de transferencia $T_1S/(T_1S + 1)$, en el amplificador operacional 106. Ya que esta característica es un problema de circuito de amplificador operacional, numerosos son los métodos que pueden ser adoptados. En la figura 10A y 10B se ilustran dos de ellos. Con el sistema de la figura 10A la tensión de salida E'_0 procedente de un amplificador 400 y la tensión de entrada E_i tienen la relación dada por la siguiente ecuación (8):

$$\frac{E'_0}{E_i} = \frac{-R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{R_2CS + 1} \dots\dots\dots (8)$$

Por consiguiente, la relación expresada por la siguiente ecuación (9) existe entre la tensión de salida E_0 procedente de un amplificador 401 y la tensión de entrada E_i :

$$E_0 = R_5 \frac{R_2}{R_1R_3} \cdot \frac{1}{R_2CS + 1} - \frac{1}{R_4} E_i \dots\dots (9)$$

Por tanto, si los valores de resistencia R_1, R_2, R_3, R_4 y R_5 de las resistencias respectivas R'_1, R'_2, R'_3, R'_4 y R'_5 , se eligen para satisfacer la relación $R_1R_3/R_2 = R_4 = R_5$, se obtiene la siguiente ecuación (10):



411468

$$E_0 = (R_5 \frac{1}{R_5} \cdot \frac{1}{R_2CS + 1} - \frac{1}{R_5}) E_i$$

$$= -(1 - \frac{1}{R_2 + 1}) E_i = \frac{-R_2 CS}{R_2CS + 1} E_i \dots\dots (10)$$

5 Por tanto, se obtiene el funcionamiento deseado. En este momento, $T_1 = T_2 = R_2C$, siendo C la capacitancia de un condensador C'.

10 En la figura 10B, la relación entre la salida E_0 y la entrada E_i de un amplificador 402 viene dada por la siguiente ecuación (11):

$$E_0 = - \frac{R_2C_1S}{R_2C_2S + 1} \dots\dots\dots (11)$$

15 Por tanto, el objeto deseado puede ser conseguido igualmente con el circuito de la figura 10B en el cual $T_1 = R_2C_2$ y $T_2 = R_2C_1$ y C_1 y C_2 son las capacitancias de los condensadores C'_1 y C'_2 .

20 La figura 10C representa un ejemplo en el cual se añade un retardo del primer orden. La relación entre la salida E_0 y la entrada E_i de este ejemplo, puede expresarse por medio de la siguiente ecuación (12):

$$E_0 = \frac{R_2C_1S}{(R_1C_1S + 1)(R_2C_2S + 1)} \dots\dots\dots (12)$$

25 Por consiguiente, es posible obtener un funcionamiento similar al del ejemplo de la figura 10B con $C_1=C_2$ y $T_1 = R_2C_2$. Si se satisface la condición $R_1 \ll R_2$ y se elige una constante de tiempo R_1C_1 inferior a varios minutos, la constante de tiempo es demasiado pequeña en comparación con el periodo (70 a 100 minutos) de la acción de orientación hacia el norte del giroscopio, de modo que los ruidos de alta frecuencia contenidos en la señal Θ resultantes de la oscilación o movimientos

30

411468



5 parecidos de un barco puedan ser eliminados sin ejercer influencia alguna sobre la acción de orientación hacia el Norte y sobre la acción de amortiguación basada en $T_1 > 1000$. Por tanto, el sistema de la figura 100 resulta más ventajoso en la práctica.

10 Según se ha descrito más arriba, la característica del término $T_2 S / (T_1 S + 1)$ puede ser obtenida con numerosos otros circuitos y el método que consiste en añadir el filtro de supresión de las frecuencias altas (pasabajo) puede igualmente utilizarse en la práctica del invento.

15 Además, la eliminación de la amortiguación cuando el barco realiza un viraje puede efectuarse tan solo abriendo un interruptor que puede estar intercalado en serie en el bucle de la señal Θ , por ejemplo, en una etapa anterior al amplificador operacional 106 en las figuras 5 y 9. Ya que no hay error fijo, el punto de estabilización del giroscopio es siempre el mismo, independientemente de la presencia de la acción de amortiguación, y por tanto no se produce deriva en el momento de la supresión de la amortiguación.

20 La descripción que antecede ha sido dada con relación al método en el cual el ángulo de inclinación del eje de rotación del giroscopio respecto a un plano horizontal se transforma en primer lugar en una señal eléctrica; se aplica a continuación la señal a un circuito apropiado para
25 obtener una señal que corresponde a la diferenciación en el tiempo del retardo del primer orden; y la señal se aplica bajo la forma de una fuerza de torsión al giroscopio alrededor de su eje vertical por medio de un generador de fuerza de torsión o ejerciendo un efecto de torsión sobre el
30 alambre de suspensión. Sin embargo, el invento no se limita espe

411468



cíficamente al método eléctrico descrito más arriba y puede igualmente ser llevada a la práctica por un método puramente mecánico. Este método se describirá detalladamente en lo que sigue.

5 Las figuras 11A y 11B ilustran una forma modificada del invento en la cual se aplica el método mecánico al girocompás de la figura 7 que es del tipo que utiliza una balística líquida como dispositivo de orientación hacia el Norte. Las figuras 11A y 11B son un diagrama del girocompás visto desde el lado Sur, en el cual las piezas situadas en el interior del aro vertical 200 están representadas a escala ampliada, y una vista lateral, respectivamente. Las piezas que corresponden a las de la descripción que antecede han recibido los mismos números de referencia y no se repetirá su descripción. La figura 11A es una vista lateral a partir del lado Sur del giroscopio, y el rotor del giroscopio gira en el sentido antihorario, según se representa en la figura. Un peso de amortiguación 500, que es similar al que se utiliza en el sistema corriente de amortiguación de eje vertical, está montado en el lado Oeste de la caja 1 del giroscopio y un soporte 501 que lleva sujeto en él el extremo superior de una cinta de suspensión 502 está situado en el lado Este de la caja 1 del giroscopio. El extremo inferior de la cinta de suspensión 502 lleva sujeto en él un peso 503 que está sumergido en el líquido de amortiguación 505 de alta viscosidad contenido en un recipiente 504 montado de manera fija en el aro vertical 200.

La figura 12 es un diagrama que sirve para explicar el principio del aparato representado en las figuras 11A y 11B. Mientras el giroscopio está efectuando la opera-

411468



ción de orientación hacia el Norte, su extremidad que tiende a orientarse hacia el Norte está elevada en un ángulo θ respecto al plano horizontal. Un punto P indica el punto de acoplamiento de la cinta de suspensión 502 y de la caja 1 del giroscopio, un punto Q indica el punto de acoplamiento del peso 503 y de la cinta de suspensión 502 y se ha indicado por ξ la distancia entre el centro del recipiente 504 y el centro de gravedad del peso 503. Para mayor brevedad, se supondrá que la cinta de suspensión 502 es completamente flexible y que el ángulo entre un eje vertical PO y la cinta de suspensión 502 es igual a σ . El peso 503 está sometido a la fuerza de gravedad orientada hacia abajo (vertical) $m'g$ y se desplaza hacia la izquierda en la figura bajo el efecto de la componente f de la fuerza de la gravedad en la dirección del eje de rotación de modo que σ pueda estar de acuerdo con θ , pero el movimiento del peso 503 está extremadamente amortiguado por la resistencia de viscosidad del líquido de amortiguación 505 altamente viscoso, y σ retarda en el tiempo con relación a θ . De este modo, ya que el ángulo de inclinación θ permanece muy pequeño durante la acción de orientación hacia el Norte del giroscopio; el peso efectivo $m'g$ del peso 503 menos la presión hacia arriba ejercida por el líquido de amortiguación 505 actúa como una fuerza de tensión sobre la cinta de suspensión 502 y esta fuerza actúa sobre el punto de acoplamiento P de la cinta de suspensión 502 con la caja 1 del giroscopio y su componente F en la dirección del eje de rotación sirve como fuerza de torsión alrededor del eje vertical. Si se da a la longitud de la cinta de suspensión 502 el valor a , y si se da a la distancia entre el punto de acoplamiento P y el eje vertical el valor r , la componente F es



411468

aproximadamente $r \times F = m'g$, ó $r = m'g \frac{\xi}{a} \times r$ ($\sigma = \frac{\xi}{a}$) y por tanto la fuerza de torsión alrededor del eje vertical producida por el peso 503 depende de σ o de ξ .

5 El movimiento ξ del peso 503 con relación al recipiente 504 en la dirección del eje de rotación viene dado por una componente $f = m'g \theta$ de la gravedad $m'g$ en la dirección del eje de rotación, la resistencia de viscosidad del líquido de amortiguación 505 (siendo c la constante de viscosidad) y una componente $m'g \sigma = m'g \frac{\xi}{a}$ de la fuerza de tensión $m'g$ de la cinta de suspensión 502 en la dirección del eje de rotación. El movimiento se expresa de la siguiente forma:

$$c \xi = m'g\theta - m'g \frac{\xi}{a}$$

15 habiendo sido omitido en esta ecuación el término que corresponde a la inercia porque el término que corresponde a la viscosidad $c \xi$ es extremadamente importante. Transformando la ecuación que antecede, resulta que,

$$\frac{ac}{m'g} \xi + \xi = a\theta$$

20 Utilizando el operador de Laplace A , resulta que:

$$\xi = \frac{a}{TS + 1} \theta$$

25 siendo en dicha fórmula $T = \frac{ac}{m'g}$: una constante de tiempo. Concretamente, ξ o σ es una función del retardo del primer orden del ángulo de inclinación θ del giroscopio y la fuerza de torsión alrededor del eje vertical producida por el peso 503 viene a ser proporcional al retardo del primer orden del ángulo de inclinación θ del giroscopio, es decir:

$$r' \times F = \frac{m'gr'}{TS + 1} \theta$$

30 Mientras tanto, tanto la fuerza de torsión producida por el

411468 -9



peso 503 como la producida por el peso de amortiguación 500 actúan sobre el giroscopio alrededor de su eje vertical, de manera simultánea, según se describe en la figura 13. Como puede verse en esta figura, si se da el valor r a la distancia a partir del eje vertical, la última fuerza de torsión es $mg\theta \times r$, y su signo es opuesto a la que es producida por el peso 503. En general, la fuerza de torsión Q_D aplicada al giroscopio alrededor de su eje vertical es la siguiente:

$$Q_D = mgr\theta - \frac{m'gr'}{TS + 1} \theta$$

y si $mgr = m'gr' = \mu$, resulta que

$$Q_D = \mu \cdot \frac{TS}{TS + 1} \theta$$

lo que está de acuerdo con la ecuación (7) que antecede.

En otras palabras, incluso si el ángulo de inclinación del giroscopio θ existe durante la acción de orientación hacia el Norte del giroscopio, el peso 503 es amortiguado por la elevada viscosidad del líquido amortiguador 505 y no puede desplazarse en la dirección del eje de rotación y por tanto ξ es casi igual a cero. Por tanto, el peso 503 no produce ninguna fuerza de torsión alrededor del eje vertical pero el peso de amortiguación 500 dispuesto en el lado Oeste de la caja 1 del giroscopio genera una fuerza de torsión proporcional al ángulo de inclinación θ del giroscopio de modo que las condiciones durante la acción de orientación hacia el Norte son substancialmente las mismas que las que se obtendrían utilizando solamente el peso de amortiguación 500 y por tanto la acción de orientación hacia el Norte es amortiguada.

Al final de la acción de orientación hacia el Norte, es decir cuando el giroscopio se aproxima a su posi-

411468



5 ción de descanso, el peso 503 se acerca a la línea vertical generando una fuerza de torsión cuya amplitud es igual a la que es producida por el peso de amortiguación 500 pero de dirección opuesta a esta para que se anulen mutuamente. Cuando el giroscopio se ha estabilizado completamente, la fuerza de torsión producida por el peso de amortiguación 500 y la fuerza de torsión producida por el peso 503 presentan magnitudes completamente idénticas y el giroscopio no está sometido a ninguna fuerza de torsión alrededor de su eje vertical.

10 La figura 14 ilustra otro ejemplo de realización del invento que utiliza el método mecánico. Se trata de un diagrama que representa el giroscopio de la figura 7 que incorpora el invento, lo mismo que el ejemplo representado en las figuras 11A y 11B. En esta figura, las piezas que corresponden a las de las figuras 11A y 11B están identificadas por los mismos números de referencia y para mayor sencillez no se repetirá su descripción. El ejemplo de la figura 14 es diferente del de las figuras 11A y 11B porque no se utiliza el peso de amortiguación 500, porque un soporte 501' está sujeto en el aro vertical 200 y porque un recipiente 504' que contiene un líquido amortiguador 505' está montado en la caja 1 del giroscopio. En este caso también, el movimiento del peso 503' con relación al recipiente 504' en la dirección del eje de rotación basado sobre el ángulo de inclinación Θ del giroscopio es exactamente equivalente al del ejemplo de las figuras 11A y 11B y si se expresa por ξ , viene dado por la siguiente ecuación:

$$\xi = \frac{a}{TS + 1} \cdot \Theta$$

30 De hecho, ya que el extremo superior de la cinta de suspensión 502' está sujeto en el aro vertical, su fuer

411468



5 za de tensión no actúa como fuerza de torsión alrededor del
eje vertical del giroscopio. Sin embargo, el recipiente
504' está montado en la caja 1 del giroscopio, de modo que
al desplazarse el peso 503' en la dirección del eje de ro-
tación (es decir perpendicularmente al plano de la hoja)
con relación al recipiente 504', una fuerza viscosa substan-
cialmente proporcional a la velocidad del movimiento del pe-
so 503' actúa a través del líquido de amortiguación 504' en
una posición situada a una distancia r' del eje vertical,
10 aplicándose así una fuerza de torsión alrededor del eje ver-
tical del giroscopio. La velocidad del peso 503' con rela-
ción al recipiente 504' es la diferencial de $\dot{\theta}$ con relación
al tiempo y la fuerza de torsión Q_D aplicada en forma de
constante de viscosidad $c\eta$ alrededor del eje vertical viene
15 dada por la siguiente fórmula:

$$Q_D = \frac{c\eta r'^2 S}{TS + 1} \cdot \theta$$
$$= m'gr' \cdot \frac{TS}{TS + 1} \cdot \theta$$

20 en la cual la constante de tiempo $T = \frac{ac}{m'g}$. Si $m'gr' = \mu$,
como en el ejemplo anterior, resulta que:

$$Q_D = \mu \cdot \frac{TS}{TS + 1} \cdot \theta$$

De este modo, este método proporciona igualmente la caracte-
rística dada por la ecuación anterior (7) y permite la rea-
lización del principio del invento.

25 En resumen, el invento está relacionado con el
sistema de amortiguación llamado de eje vertical, de modo
que la acción de orientación hacia el norte del eje de rota-
ción del giroscopio sea amortiguada mediante la aplicación
alrededor del eje vertical del girocompás de la fuerza de
30 torsión Q_D que es función del ángulo de inclinación θ del eje

411468



5 de rotación del giroscopio sobre un plano vertical, y el invento consiste en proporcionar unos medios para mantener la relación de la ecuación (5) o (7) entre la fuerza de torsión de amortiguación Q_D y el ángulo de inclinación Θ del eje de rotación del giroscopio, pudiendo llevarse a la práctica por varios medios eléctricos y mecánicos.

10 Además, los medios que sirven para asegurar la misma relación entre Q_D y Θ que los que vienen dados por las ecuaciones (5) y (7) basados en el periodo de la acción de orientación hacia el Norte del girocompás en el dispositivo del tipo representado en la figura 10C en la cual la relación entre Q_D y Θ es un poco diferente de la relación entre las ecuaciones (5) y (7) en razón de la adición de un retardo del primer orden, pertenecen todos al invento.

15 En concreto, la función de transferencia entre el ángulo de inclinación Θ del eje de rotación del giroscopio y la fuerza de torsión de amortiguación Q_D no debe limitarse necesariamente a la forma $T_2S/(T_1S + 1)$ sino que, al ser escrita bajo la forma $f(S)/g(S)$, $f(S)$ puede tener la forma de $S \cdot f'(S)$, $g(S)$ viene a ser una constante en la condición límite en la cual S es igual a cero ($S \rightarrow 0$) y $f(S)/g(S)$ tiene una propiedad similar a la de una constante con relación al ángulo Θ que varía durante el ciclo de la acción de orientación hacia el Norte o de un ciclo parecido a este.

20 Las formas de $f(S)/g(S)$ que satisfacen las condiciones indicadas más arriba pueden ser utilizadas todas como función de transferencia del dispositivo de amortiguación para la práctica del invento y están todas incluidas en el alcance del invento.

30 Se observará que pueden realizarse numerosas

41146823



modificaciones y variaciones sin apartarse del alcance de los conceptos nuevos descritos en el invento.

En resumen la Patente de Invención que se solicita deberá recaer sobre las siguiente:

5

REIVINDICACIONES

10

15

20

25

30

1. Perfeccionamientos introducidos en un girocompás que comprende una caja de giroscopio que contiene un rotor de giroscopio, un primer dispositivo para aplicar a dicho rotor de giroscopio alrededor de su eje substancialmente vertical una fuerza de torsión proporcional al ángulo de inclinación del eje de rotación de dicho rotor de giroscopio respecto a un plano horizontal con el fin de atenuar la acción de orientación hacia el norte de dicho rotor de giroscopio, y unos segundos medios para que dicha fuerza de torsión sea substancialmente proporcional a dicho ángulo de inclinación para una componente de dicho ángulo de inclinación que varía con un periodo que es por lo menos parecido al de dicha acción de orientación hacia el norte mientras que dichos segundos medios harán que dicha fuerza de torsión sea aproximadamente igual a cero para una componente de dicho ángulo de inclinación que no varía.

2. Perfeccionamientos según la reivindicación 1, en los que dichos primeros medios incluyen un dispositivo de suspensión, un dispositivo de soporte para sostener dicha caja de giroscopio por medio de dicho dispositivo de suspensión en la dirección de la gravedad, un servomecanismo que sirve para que dicho dispositivo de soporte siga dicha caja de giroscopio en la dirección de la gravedad, un dispositivo detector para determinar un ángulo de desviación del eje de rotación del giroscopio respecto a un plano horizontal, y



411468

23

un dispositivo de transferencia para aplicar la salida pro-
cedente de dicho dispositivo detector a dicho servomecanis-
mo para producir un desplazamiento angular, y unos segun-
dos medios operan para que dicho desplazamiento sea subs-
tancialmente proporcional a la salida de dicho dispositivo
5 detector para una componente de dicha salida que varía con
un periodo que es al menos parecido al de la acción de orien-
tación hacia el Norte de dicha caja de giroscopio, haciendo
a la vez que dicho desplazamiento sea aproximadamente igual
10 a cero para una componente de dicha salida procedente de di-
cho dispositivo detector que no varía.

3. Perfeccionamientos según la reivindicación -
1, en los que dicho primer dispositivo incluye un dispositi-
vo detector para detectar un ángulo de desviación del eje -
de rotación del giroscopio respecto a un plano horizontal,
15 un generador de fuerza de torsión para aplicar a dicha ca-
ja del giroscopio alrededor de su eje vertical una fuerza
de torsión de acuerdo con la salida de dicho dispositivo de-
tector, un dispositivo de transferencia para aplicar la sa-
lida procedente de dicho dispositivo detector a dicho gene-
20 rador de fuerza de torsión y unos segundos medios que ope-
ran para que dicha fuerza de torsión sea substancialmente
proporcional a dicha salida de dicho dispositivo detector -
para una componente de dicha salida que varía con un perio-
do que es al menos parecido al de la acción de orientación
25 hacia el norte de dicha caja de giroscopio, dando a dicha
fuerza de torsión un valor aproximadamente igual a cero pa-
ra una componente de dicha salida procedente de dicho dispo-
sitivo detector que no varía.

5

10

15

20

25

pe

30

4. Perfeccionamientos según la reivindicación -

411468

23 JUN



5 1, en los que dicho primer dispositivo incluye un dispositi-
tivo de soporte para sostener de manera giratoria dicha ca-
ja de giroscopio alrededor de su eje vertical, un servome-
canismo para hacer que dicho dispositivo de soporte siga di-
cha caja de giroscopio alrededor de su eje vertical y un -
generador de fuerza de torsión constituido por un peso, un
dispositivo de suspensión sujeto en dicha caja de giroscopio
en una de sus extremidades y que soporta dicho peso en su -
otra extremidad y un recipiente sujeto en dicho dispositivo
10 de soporte y que contiene en él un líquido viscoso, estando
dicho peso sumergido en dicho líquido de forma que opere co-
mo dichos segundos medios produciendo dicho generador de -
fuerza de torsión una fuerza de torsión que actúa sobre di-
cha caja de giroscopio alrededor de su eje vertical, siendo
15 dicha fuerza de torsión substancialmente proporcional a una
inclinación del eje de rotación del giroscopio respecto a
un plano horizontal para una componente de dicha inclina-
ción que varía con un periodo que es por lo menos similar -
al de la acción de orientación hacia el Norte de dicha caja
20 del giroscopio mientras que toma un valor aproximadamente -
igual a cero para una componente de dicha inclinación que -
no varía.

25 5. Perfeccionamientos según cualquiera de las -
reivindicaciones anteriores en los que la función de trans-
ferencia de dichos segundos medios se expresa bajo la forma
 $f(S)/g(S)$ en la cual una función $f(S)$ debe expresarse bajo
la forma $S \cdot f'(S)$, mientras que la otra función $g(S)$ permane-
ce constante en la condición límite en la cual S se acerca
a cero, actuando dicha función de transferencia $f(S)/g(S)$ -
30 como una constante para un periodo de oscilación de la ac-

pe



411468

ción de orientación hacia el Norte de dicho girocompás.

5 6. Perfeccionamientos según la reivindicación 5, caracterizado porque dicha función de transferencia es $T_2S/(T_1S + 1)$ en la cual T_1 y T_2 son constantes y S es el operador de Laplace.

7. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN GIROCOMPAS.

10 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de treinta y nueve páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 9 de Febrero de 1.973

BERNARDO UNGRIA
P.P.

15

20

25

30

411468



27 MAR 1973

Fig-1

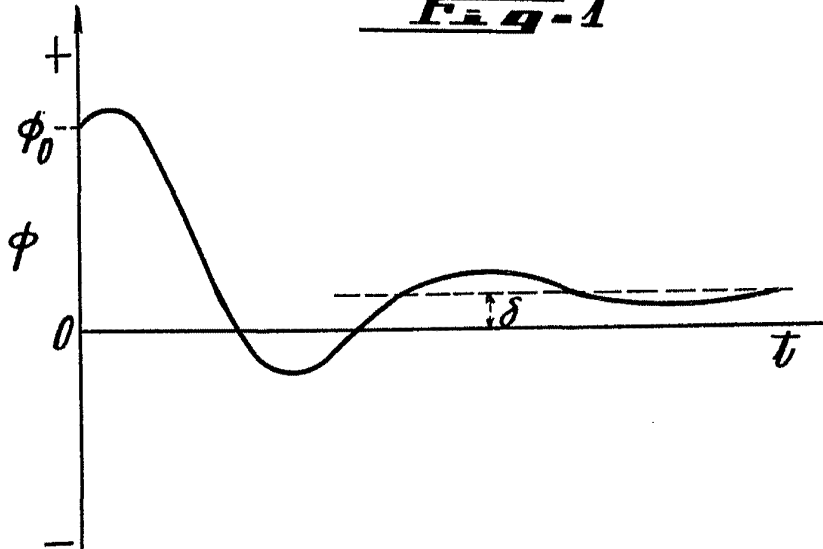
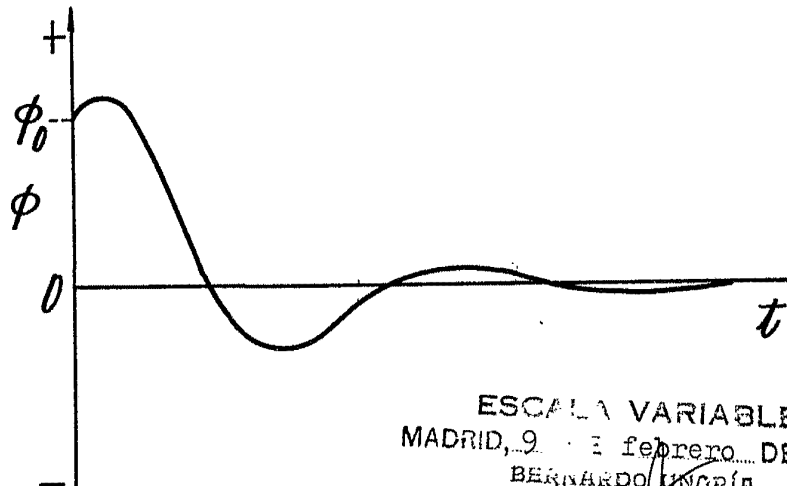


Fig-6

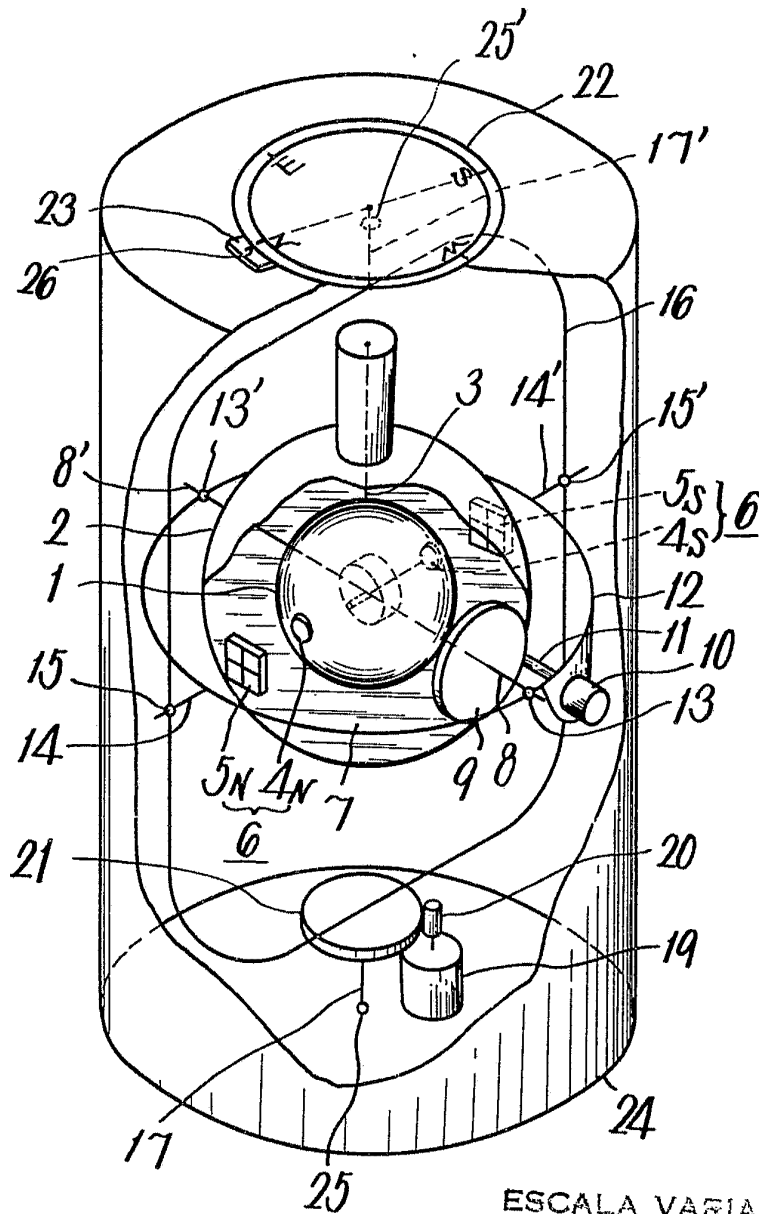


ESCALA VARIABLE
MADRID, 9 de febrero DE 1973
BERNARDO UNGRIA
P. P.

411468



Fig. 2



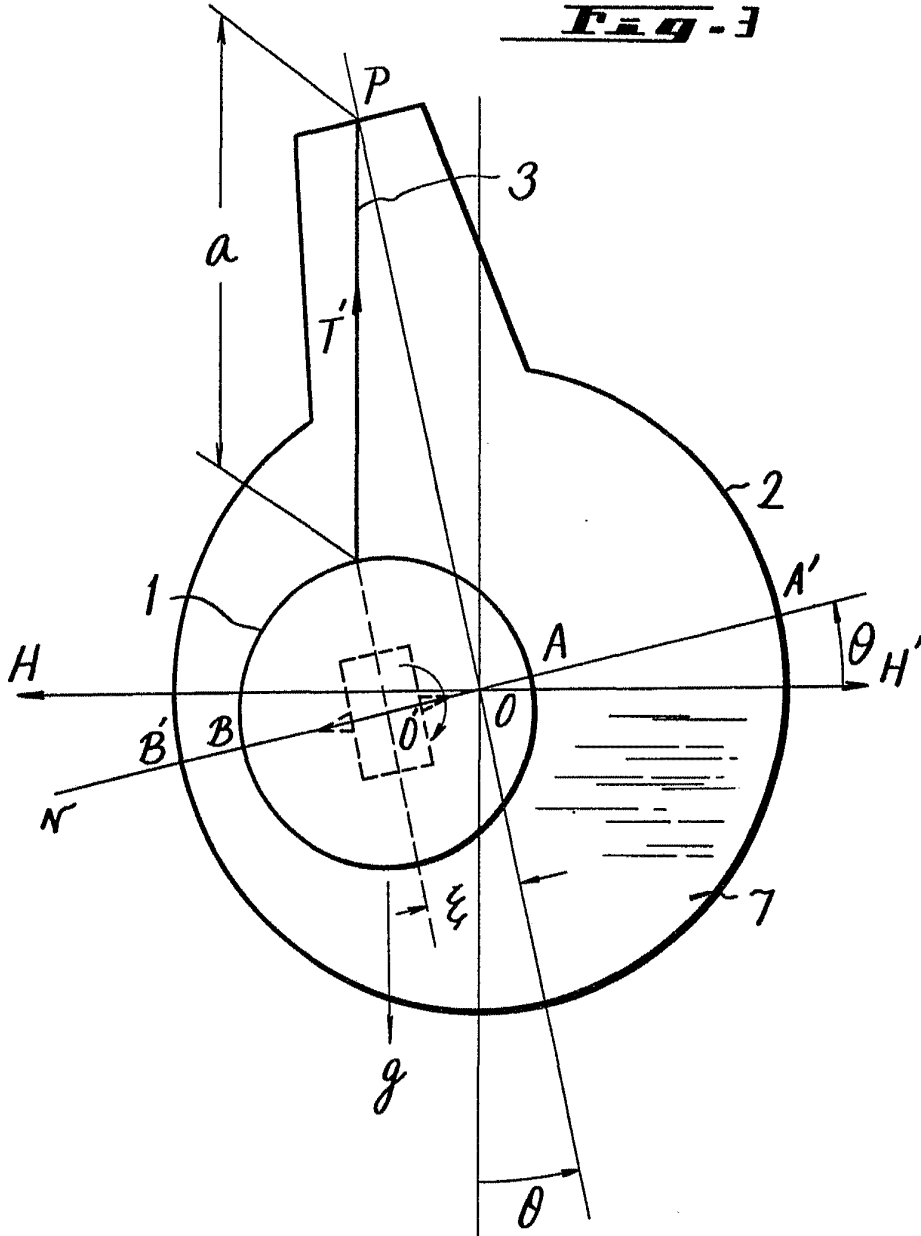
ESCALA VARIABLE
 MADRID, 9 DE febrero DE 1973
 BERNARDO UNGRÍA
 P. P.

411468

27



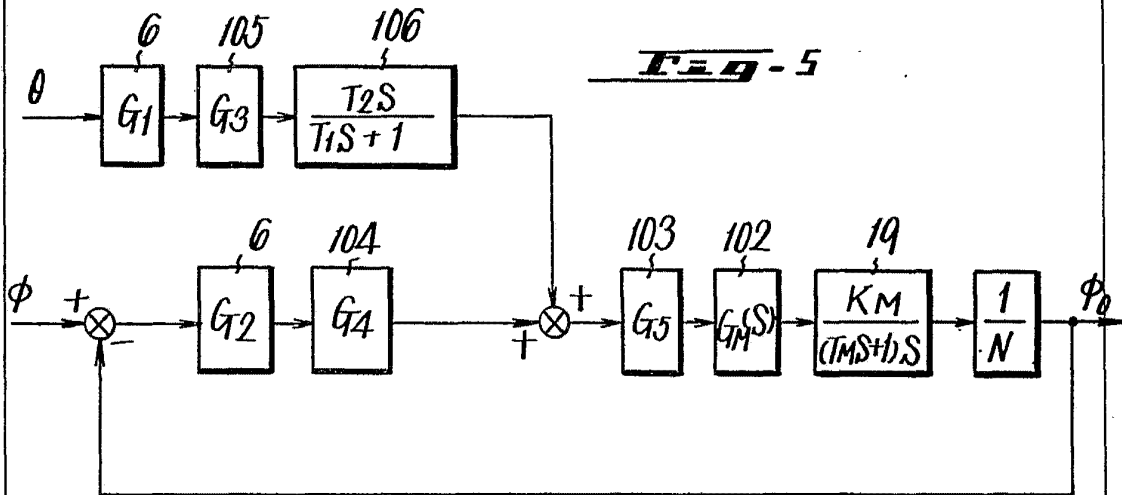
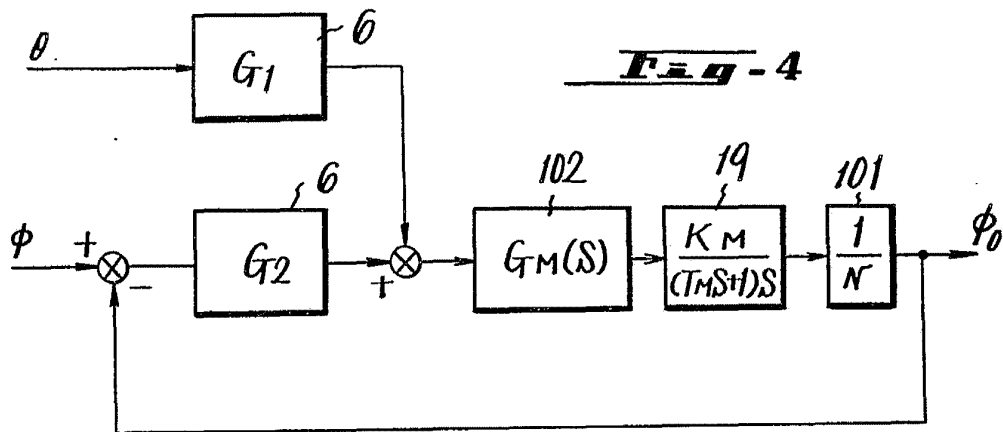
Fig. 3



ESCALA VARIABLE
MADRID, 9 DE febrero DE 19...73
BERNARDO UNGRIA
P. P.

411468

27

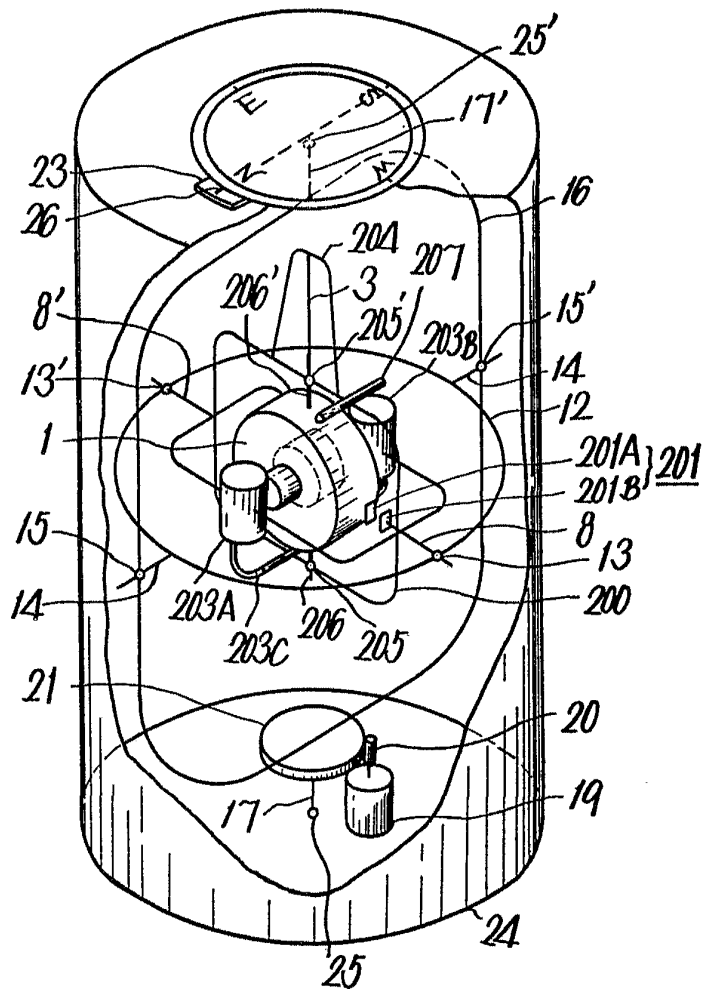


ESCALA VARIABLE
 MADRID, 9 de febrero DE 1973
 BERNARDO UNGRIA
 P. P.

411468



Fig. 1

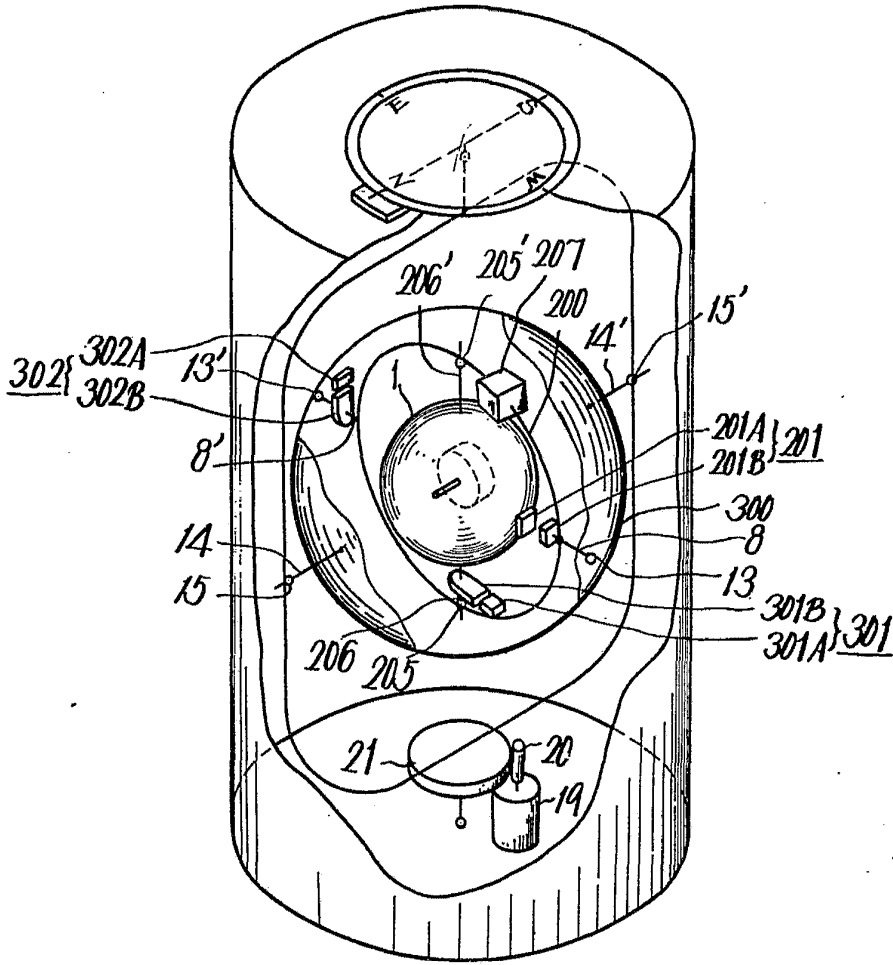


ESCALA VARIABLE
MADRID, 9 de febrero de 1973
BERNARDI UNO S.A.
P. R.

411468



Fig. 8



ESCALA VARIABLE
 MADRID, 9 de febrero de 1973
 P. N.

411468



Fig. 10A

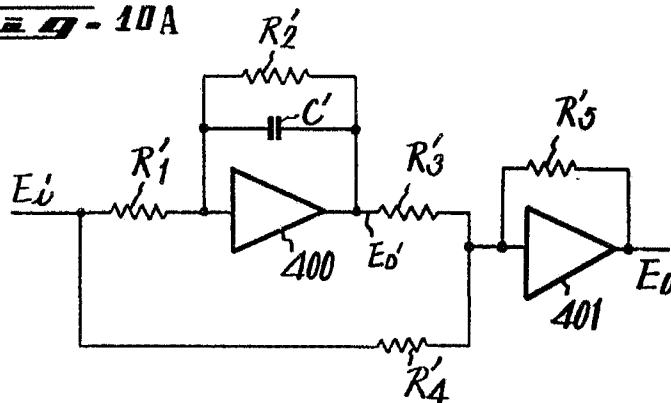


Fig. 10B

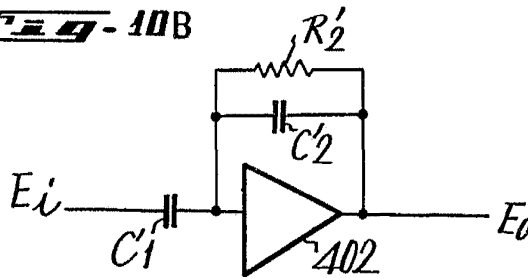
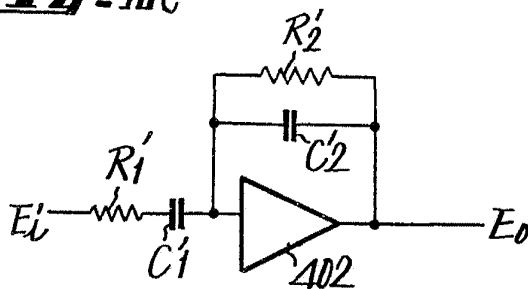


Fig. 10C



ESCALA VARIABLE
MADRID, 9 de febrero de 1973.

P. P.

411468

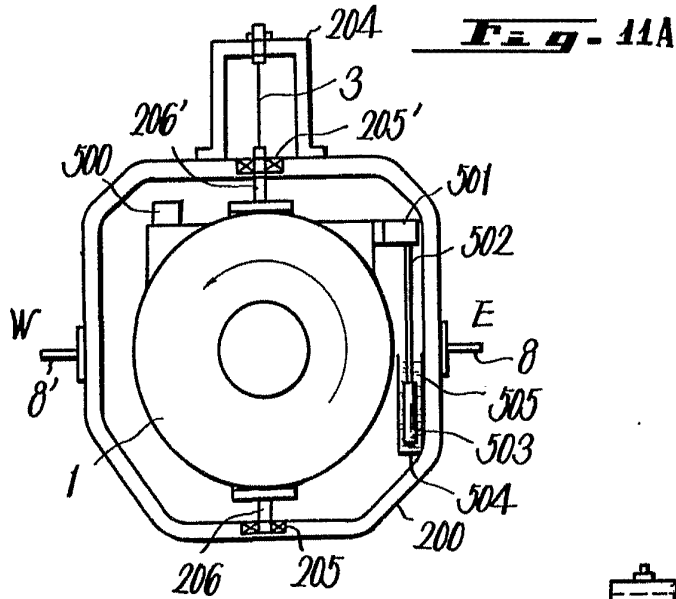
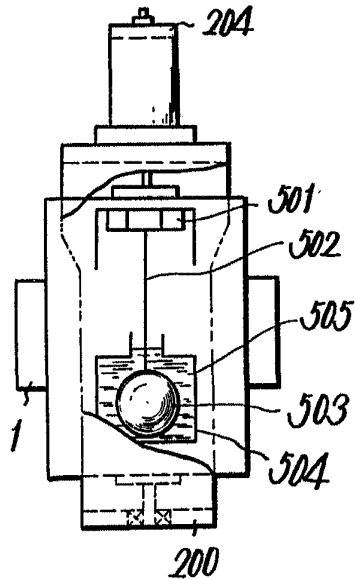


Fig. 11B



ESCALA VARIABLE
MADRID, 9 DE febrero 73
BERNARDO UNO:
P. P.

