



184398

30 JUN. 1948

MEMORIA DESCRIPTIVA

184398

para solicitar

PATENTE DE INVENCION

en

ESPAÑA

por VEINTE años

a nombre de GULF RESEARCH & DEVELOPMENT COMPANY, entidad norteamericana, establecida en Gulf Building, 7th Avenue and Grant Street, Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos de América, por:

"UN METODO, CON EL APARATO CORRESPONDIENTE, PARA MEDIR CAMPOS MAGNETICOS".-

Esta invención se refiere a mejoras en aparatos para medir campos magnéticos y de un modo particular a un magnetómetro que es estabilizado por giroscopio con respecto al horizonte magnético por cuyo medio pueden hacerse continuamente mediciones exactas de la intensidad magnética desde vehículos en movimiento relativamente no firmes como

5



184398

los aeroplanos, hidroaviones.

5 La medición de los campos magnéticos de ambiente con la precisión máxima posible envuelve muchos problemas prácticos. Por ejemplo, en la exploración geofísica es conveniente trazar en mapas la intensidad del campo magnético de la tierra con vista a determinar la existencia y situación exacta de variaciones anómalas de la fuerza del campo, las cuales son indicativas de anomalías geológicas. Para ser de valer, tales mediciones deben ser seguras hasta 10 dentro de 1 gamma aproximadamente, que es aproximadamente 1 parte en 50.000 de la intensidad total del campo de la tierra. En otros casos, es conveniente localizar masas ocultas tales como submarinos sumergidos u otras parecidas.

15 En todos esos casos, el único valor del aparato de medir reside en su habilidad para detectar y trazar un mapa de las anomalías magnéticas mientras esté atravesando rápidamente el área por medio de aviones o vehículos de superficie. Sin embargo, como las anomalías magnéticas que han de ser detectadas son de muy pequeña intensidad y están superpuestas al campo total de la tierra, pueden observarse las 20 variaciones locales deseadas solo como pequeñas perturbaciones en la intensidad magnética total. De esta manera, existe el problema de mantener la orientación del aparato de medición a un grado muy alto de precisión con respecto al campo de la tierra; de otra manera, los meros cambios en la 25 orientación debidos a la maniebra normal del avión conductor darían lugar a indicaciones falsas enmascarando completamente las verdaderas anomalías magnéticas.



184398

3 0

5 Se han ideado instrumentos en los cuales el elemento magnéticamente sensible consiste en una unidad electromagnética que no tiene partes que se muevan, siendo tal la construcción que cuando sea excitada cíclicamente por una fuente de energía conveniente, la producción eléctrica del aparato dependa de la intensidad magnética del ambiente. Estos aparatos, frecuentemente llamados magnetómetros de "pase de flujo", representan el tipo general de elementos magnéticamente sensibles que son el objeto de la presente invención. Como los instrumentos de la clase de paso de flujo no contienen partes móviles mecánicamente dentro del mismo aparato medidor, ellos se adaptan de un modo singular a los medidores de intensidad magnética para usar sobre vehículos en movimiento, y de hecho han sido adoptados para tales aparatos.

10

15

En el caso de un instrumento que se intente usar para trazar en mapas el campo magnético de la tierra o cualesquiera anomalías naturales o artificiales superpuestas al mismo, el elemento magnetométrico sensible quedará sometido a la intensidad total de ese campo si se mantiene con su eje en orientación fijada paralelamente al vector de intensidad total. Será evidente también que en esta posición, con respecto al vector total, una falta de alineación axial dará por resultado una disminución en la intensidad magnética observada en una cantidad proporcional al coseno del ángulo del error de alineación. Así, suponiendo una intensidad total de 50.000 gammas, sería producida una anomalía falsa ascendente a 1 gamma aun por una falta de alineación momentánea de 22 minutos de arco aproximadamente.

20

25



184398

Se ha demostrado ahora que es posible usar elementos de magnetómetro de la clase de pase de flujo, con dispositivos electrónicos auxiliares convenientes e instrumentos indicadores y registradores asociados, para medir los cambios en la intensidad del campo magnético de ambiente dentro de 1 gamma. Sin embargo, cuando tal instrumento esté montado sobre un vehículo en movimiento sometido a orientaciones del espacio a la ventura, el problema de mantener el eje del elemento magnético en posición fija paralela al vector de la tierra dentro de unos pocos minutos de arco se hace muy serio. Este requisito de exactitud debe ser satisfecho por servomecanismos operados mecánicamente, y el objeto de esta invención es proveer un método y medios mejorados para satisfacer el requisito con un alto grado de exactitud y estabilidad. De esta manera, mientras puede hacerse que un servomecanismo mantenga la orientación dentro de casi una amplitud arbitrariamente pequeña, tal precesión es obtenida solamente sacrificando la velocidad de operación, pues ambas, la velocidad y la precesión juntas son incompatibles en la operación de un servomecanismo, y una puede ser obtenida solamente sacrificando la otra.

Será evidente que en el caso de un magnetómetro del tipo anterior transportado sobre un vehículo en movimiento, puede haber cambios muy frecuentes en la orientación en el espacio del vehículo que deben ser erradicados mediante una respuesta igualmente rápida del servomecanismo que mantenga la alineación del magnetómetro. En los aparatos hasta ahora conocidos la sensibilidad obtenible del magnetómetro depende



184398

de la estabilidad de operación inherente del vehículo usado para el transporte. Cambios muy lentos en la orientación del vehículo se han prestado a una corrección precisa mediante servomecanismos magnetométricos conocidos, mientras que las fluctuaciones rápidas pueden ser solo manejadas sacrificando la sensibilidad en la operación del magnetómetro.

Es el objeto de la presente invención eliminar el problema presentado por las características del vehículo manteniendo el elemento magnetométrico en un soporte estabilizado por giroscopio. Como la orientación de un giroscopio puede ser cambiada solamente por fenómenos de precesión los cuales de un modo característico son variaciones de período muy lento, el mismo giroscopio facilitará una orientación de primer orden del magnetómetro completamente independiente de los cambios rápidos en la desviación lateral o inclinación en pendiente del vehículo transportador. Esos cambios que ocurren en el elemento estabilizado por giroscopio representarán el efecto integrado de precesión de desviación lateral e inclinación en declive (movimiento lateral y vertical) transmitidos al giroscopio a través de la resistencia a la fricción de los cojinetes de soporte de los balancines y de eslabonamientos de relación entre ellos, o de efectos de precesión similares debidos al equilibrio imperfecto de gravitación del sistema.

De esta manera, mientras la estabilización por giroscopio del magnetómetro no mantendrá por sí misma la orientación apropiada durante períodos de tiempo prolongados, el giroscopio servirá para limitar la proporción en que pueda



184398

ocurrir la falta de alineación. En efecto el giroscopio mantiene una estabilización de primer orden que impide que todas las fluctuaciones rápidas lleguen al elemento magnetómetro dejando así al equipo servomagnético los servicios de alineación solamente en periodos prolongados los cuales está mejor adaptado para satisfacer sin un sacrificio indebido de la exactitud.

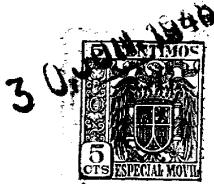
En consecuencia es un objeto de esta invención proveer un método de estabilizar un magnetómetro contra grandes y rápidos movimientos del vehículo por medio del cual es transportado.

Otro objeto de esta invención es proveer medios por los cuales un magnetómetro puede ser mantenido dentro del vector magnético a un grado muy alto de exactitud independientemente de la magnitud y rapidéz de los cambios de orientación del vehículo por el cual el mismo es transportado.

Un objeto más de esta invención es proveer un magnetómetro cuya estabilidad en el espacio sea tal que puedan hacerse mediciones substancialmente continuas de la intensidad magnética con un alto grado de exactitud.

La invención consiste en combinar la estabilización giroscópica para un elemento magnetométrico de paso de flujo, con elementos auxiliares de paso de flujo dispuestos para gobernar la precesión del giroscopio de modo que mantenga el magnetómetro dentro del vector magnético en todos los momentos.

La invención proporciona también una excitación en pulsaciones en orden sucesivo de los diferentes elementos magnetométricos de paso de flujo que comprende el aparato,



184398

eliminando así la acción mutua entre ellos.

La invención proporciona también un servodispositivo no magnético que gobierna la orientación magnética del elemento magnetométrico estabilizado por giroscopio, eliminando así todos los efectos magnéticos falsos producidos por la operación de servodispositivos.

Un carácter más de esta invención es la provisión de una válvula diferencial electro-térmica de aire usada en conjunción con el magnetómetro de horizonte magnético estabilizado por giroscopio, teniendo dicho dispositivo electro-térmico una capacidad térmica baja y estando substancialmente desprovisto de campo magnético perdido extraño.

El objeto de la invención es obtenido de la manera descrita en la descripción que sigue la cual puede ser comprendida de un modo más completo haciendo referencia a los dibujos adjuntos que forman parte de la misma y en los cuales:

La figura 1 es un diagrama geométrico esquemático para representar el principio en que descansa mi invención.

La figura 2 muestra un tipo de magnetómetro de paso de flujo que puede ser usado en mi invención.

La figura 3 es un diagrama de circuito de un amplificador que puede ser usado para amplificar la producción del paso de flujo.

La figura 4 es un diagrama de circuito de un circuito de gobierno que puede ser usado para suministrar energía de -c-a- regulada a una válvula diferencial.

Las figuras 5 y 6 son dibujos de una forma de magnetómetro estabilizado a la manera de mi invención.



# 184398

Las figuras 7 y 8 muestran una forma de conexiones eléctricas flexibles que pueden usarse.

Las figuras 9 y 10 muestran una forma de válvula diferencial que puede usarse.

5 La figura 11 es un diagrama de circuito de un generador de pulsaciones en orden sucesivo que puede ser usado para excitar los elementos magnetométricos de paso de flujo, y

10 La figura 12 es un diagrama en esquema de rectángulos que representa una forma de mi invención.

En la figura 1 es mostrado esquemáticamente un método por el cual puede obtenerse la estabilización completa de un magnetómetro de tipo de paso de flujo en el cual se efectúa una estabilización de primer orden solo por medio del giroscopio. Sin embargo, aquellas perturbaciones de período lento que lleguen al elemento magnético a través del movimiento precesional del giroscopio debidas al equilibrio imperfecto o a la fricción o a otras fuerzas en los cojinetes de los balancines, son eliminadas por medio de servofuerzas impuestas sobre el giroscopio que dan por resultado movimientos precesionales correctivos. Las servofuerzas correctivas necesarias son impuestas por medio de indicaciones magnéticas derivadas de elementos magnetométricos convenientemente dispuestos según se explica de un modo más completo más adelante.

25 En la figura 1,  $\phi$  representa la dirección en el espacio del vector magnético total de la tierra y ABCD es el horizonte magnético, esto es, un plano normal a ese vector; l es un elemento magnetométrico conveniente para la medición



184398

de la intensidad magnética según su eje y el cual debe ser  
mantenido normal al plano ABCD y por lo tanto paralelo al  
vector magnético  $\phi$ ; 4 es un giroscopio libre (de montaje de  
doble balancín) cuyos balancines están mecánicamente referi-  
dos a un plano A'B'C'D' tal que la orientación en el espa-  
cio de este plano es determinada por la orientación del giro-  
scopio. El elemento magnetométrico 1 está unido rígidamente  
al plano A'B'C'D'. Sobre el plano A'B'C'D' están monta-  
dos elementos magnetométricos adicionales 2 y 3 con sus  
ejes en ángulo recto uno con otro y con sus ejes paralelos a  
ese plano.

El funcionamiento de este sistema representado es-  
quemáticamente es como sigue. Supongamos que inicialmente  
A'B'C'D' y ABCD están en un mismo plano, y sin ninguna fuer-  
za exterior que actúe, el giroscopio 4 mantiene esta posición  
en un mismo plano. El elemento magnetométrico 1 quedará en-  
tonces paralelo al vector magnético total de la tierra  $\phi$  y  
su producción será una medida de la intensidad magnética total  
según se desea. Los elementos magnetométricos 2 y 3, cada  
uno de cuyos ejes son normales al vector magnético, observa-  
rán la intensidad magnética cero.

Dejemos ahora que una perturbación accidental trans-  
mita una fuerza precesional al giroscopio. El giroscopio  
responderá mediante una precesión lenta, que hace inclinar  
el plano A'B'C'D' fuera de su posición deseada, pero inme-  
diatamente los elementos magnetométricos 2 y 3 no permane-  
cen más normales al vector  $\phi$  y experimentarán una intensi-  
dad magnética igual a  $\phi$  multiplicado por el seno del error

30 JUN. 1948



184398

de orientación. Como resultado habrá una producción eléctrica de estos elementos que será proporcional al error de alineación la cual puede ser aplicada, por medio de dispositivos electrónicos convenientes, al giroscopio como una fuerza precesional correctiva.

5

Así, suponiendo que el elemento 2 es inclinado fuera del plano ABCD por una inclinación extraña del giroscopio 4, la producción eléctrica resultante del elemento 2 puede ser aplicada como una fuerza  $f_2$  que actúe alrededor del eje de balancín  $3'$  produciendo una precesión correctiva del giroscopio alrededor del eje  $2'$ . Este movimiento correctivo continuará hasta que el elemento 2 sea puesto otra vez en alineación en el plano ABCD cuando el mismo no experimente campo magnético y su producción eléctrica caiga hasta cero y elimine la fuerza de precesión  $f_2$ . Como no existe inercia precesional en el giroscopio, su movimiento correctivo cesará cuando la fuerza  $f_2$  sea eliminada y no ocurrirá ningún exceso de movimiento a menos que haya retardaciones de tiempo en el eslabonamiento mecánico y electrónico entre el elemento 2 y el aplicador de fuerza.

10

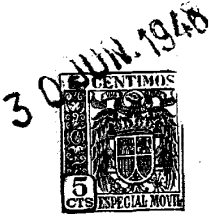
15

20

De una manera análoga, si el elemento 3 es inclinado separándose de su propio plano, es puesta en acción una fuerza precesional  $f_3$  alrededor del eje de balancín  $2'$  que dá por resultado una precesión correctiva alrededor del eje  $3'$  la cual vuelve a poner el elemento 3 en el plano apropiado ABCD.

25

Las acciones anteriores pueden ocurrir solas o simultáneamente de modo que el plano  $A'B'C'D'$  de los elementos



184398

2 y 3 sea mantenido por servección en un plano siempre pa-  
ralelo al plano ABCD, y como el elemento de medición 1  
está fijado normalmente al plano A'B'C'D' el mismo es man-  
tenido paralelamente al vector magnético o según es requere-  
5 rido para mediciones exactas.

Se llama la atención hacia el hecho de que para  
una desviación pequeña extraña dada del plano A'B'C'D' se-  
parándose del plano ABCD, la producción de los elementos  
2 y 3, aplicable a los servedispositivos para corrección, es  
10 grande comparada con la producción extraña introducida en el  
elemento de medición 1. Así, suponiendo que la intensidad  
total de la tierra sea 50.000 gammas, la componente de inten-  
sidad magnética experimentada por uno de los dos elementos  
2 o 3 cuando se inclina fuera del horizonte magnético en un  
15 pequeño ángulo  $\theta$  es

$$\Delta\phi_{2,3} = 50,000 \text{ seno } \theta = 0.242 \theta$$

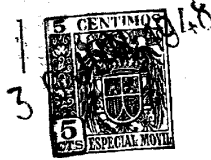
en la que  $\theta$  es expresado en segundos de arco.

Por otra parte la sensibilidad del elemento de me-  
dicción 1 en las separaciones de paralelismo con el vector  $\phi$  es,

$$\Delta\phi_1 = 50,000 (1 - \text{coseno } \theta) = 0.588 \times 10^{-6} \theta^2,$$

en la que  $\theta$  es expresado en segundos de arco.

Así, mientras es requerida una inclinación de 22  
minutos de arco para producir una indicación falsa de 1 gamma  
en el elemento de medición 1, una inclinación de solo 4 segun-  
25 dos de arco producirá una señal de 1 gamma en los elementos  
de servegierno 2 o 3. Evidentemente ésta es una condición  
muy favorable bajo el punto de vista de asegurar una alinea-  
ción suficientemente exacta del elemento 1 para permitir medi-



184398

ciones seguras de pequeñas anomalías en el campo magnético de la tierra.

La operación ha sido descrita bajo el principio del montaje magnetométrico que comprende un magnetómetro o elemento medidor de campo montado normal a un plano que contiene dos elementos magnéticamente sensibles adicionales cuyos ejes se extienden en ese plano pero mutuamente a ángulos rectos uno con respecto al otro y paralelos respectivamente a los ejes de los balancines exterior e interior de un giroscopio estabilizador. El medio por el cual dicho plano es matemáticamente orientado y el giroscopio estabilizado en el horizonte magnético, como es requerido, será explicado detalladamente con referencia a las figuras 2 a la 12.

En la figura 2 es mostrada esquemáticamente la construcción de los elementos magnetométricos 1, 2 y 3 de la figura 1, los cuales son del tipo de "pase de flujo" o de "válvula de flujo". En las figuras 2, 5 y 6 hay un par de núcleos de transformador paralelos que consisten en tiras sencillas de un material magnético muy delgado que tiene requisitos de alta permeabilidad y baja energía para la saturación. Los materiales convenientes son el Hypernik, el metal Nu o el Permalloy u otro parecido. Los núcleos están provistos con enrollamientos primarios enrollados o conectados de modo que las magnetizaciones de los núcleos estén en direcciones opuestas cuando sea aplicada una corriente excitadora a los terminales 6 y 7. Para la mejor ejecución estos enrollamientos primarios deben estar bien equilibrados eléctricamente. Los núcleos de transformador pueden ser dejados abiertos o, de un



184398

modo alternativo y con alguna ventaja, el núcleo ferromagnético puede ser cerrado en los extremos formando un circuito magnético primario cerrado. Rodeando ambos núcleos está un solo enrollamiento secundario de muchas vueltas y de baja capacidad distribuida con terminales 8, 9.

El funcionamiento de este elemento sensible es descrito brevemente. Los terminales 6, 7 del primario son conectados a una fuente de corriente alterna, o de un modo preferible a una fuente de pulsaciones de corriente que tenga suficiente magnitud para llevar la magnetización del núcleo bien más allá del punto de saturación. La frecuencia de la c-a o de las pulsaciones puede tener un valor razonable desde unos pocos ciclos por segundo hasta 1.000 ciclos o más. Cuanto más alta es la frecuencia usada más sencillo es el problema de diseñar los circuitos electrónicos auxiliares, excepto, que si la frecuencia es hecha demasiado alta, puede encontrarse dificultad en manejar las pulsaciones excesivamente violentas que son producidas en el secundario. Se encuentra práctica una frecuencia de varios cientos a 1000 ciclos.

Cuando los enrollamientos primarios son excitados de la manera descrita anteriormente, y si el elemento transformador, figura 2, está en el campo magnético cero, entonces la producción en los terminales 8,9 del secundario será cero o substancialmente así, si los núcleos y los enrollamientos están bien equilibrados eléctricamente. Sin embargo, si el elemento transformador es expuesto a un campo magnético de ambiente que tenga una componente paralela a los núcleos que



184398

suba solamente a unas pocas gammas, entonces aparecerá en los terminales del secundario una violenta pulsación de voltaje esencialmente de una sola dirección. La magnitud de la pulsación será proporcional a la intensidad del campo magnético de ambiente y su polaridad dependerá de la dirección del campo magnético.

A fin de hacer un uso práctico de la producción del elemento magnetómetro, bien para fines de medición o para accionar servomecanismos, las pulsaciones violentas derivadas del magnetómetro pueden ser acentuadas mediante amplificadores electrónicos convenientes y hechas pasar a rectificadores por medio de los cuales puede ser obtenida energía útil de una manera análoga a la operación de los voltímetros electrónicos de punto máximo.

La figura 3 muestra esquemáticamente un amplificador conveniente para la amplificación de las pulsaciones de voltaje del magnetómetro. Los terminales de entrada 10 y 11 son conectados a los terminales 8 y 9 del magnetómetro de la figura 2. El transformador 12, del tipo de núcleo de hierro en miniatura conveniente para altas frecuencias, traslada estas pulsaciones con una elevación de voltaje conveniente a la rejilla del tubo 15. Solo pulsaciones positivas son deseadas en la rejilla del tubo 15 y para eliminar ciertas señales inconvenientes que aparecen en el secundario del magnetómetro, un rectificador 14 hace pasar a través de una resistencia 13 (de 0.2 megohms próximamente), cualquier pulsación negativa y de ese modo atenúa las mismas considerablemente como se vé por la rejilla del tubo 15. La producción de pul-

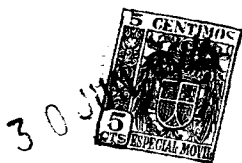


184398

saciones del tubo 15 es además amplificada haciéndola pasar a través del transformador 16 al tubo 17, de aquí a través del transformador 18 a la rejilla del tubo 19. El circuito de placa del tubo 19 que contiene el transformador 20 incluye un circuito rectificador completo convencional de onda con filtro 22,23 de modo que la producción final del amplificador aparezca en los terminales 24 y 25 como un voltaje directo cuya magnitud sea proporcional al voltaje de punto máximo de la producción del elemento magnetómetro.

Los tubos 15,16 y 17 pueden ser los tipos conocidos, por ejemplo el 15 y el 16 pueden ser del tipo 6sq7 y el 17 puede ser del tipo 6sq7.

Como el grado de sensibilidad de los elementos magnetométricos es limitado por los efectos de saturación en los núcleos de permeabilidad muy alta, no pueden usarse los mismos en toda la escala del campo de la tierra. De aquí que, en el elemento magnetómetro 1 de la figura 1, el cual queda expuesto a la total intensidad del vector  $\phi$ , la magnetización a la cual quedan expuestos los núcleos debe estar mantenida dentro de límites razonables. Por otra parte, sería impracticable diseñar un amplificador o indicador contador asociado que dé lecturas de significación hasta dentro de unas pocas gammas si los circuitos manipularan señales equivalentes hasta unas 50.000 gammas. Pueden obviarse estas circunstancias mediante el uso de circuitos de compensación por los cuales sea aplicado un campo de compensación ajustable al núcleo 5, figuras 2, del elemento magnetómetro, siendo ajustado el campo de compensación para salvar no todo sino una parte razona-



184398

5 blemente pequeña del campo de la tierra en el ambiente. Se  
obtiene de un modo conveniente este campo de compensación  
como se muestra en la figura 3. Así, se introduce un con-  
densador 26 en serie con el circuito primario del transforma-  
dor de entrada 12. Este condensador permite la inserción  
de una fuente de c-d 28 y de un reostato 27 por cuyo medio  
puede ser impuesta sobre el secundario 8,9, figura 2, del  
elemento magnetómetro una corriente directa de cualquier va-  
lor deseado, siendo ajustada dicha corriente directa por el  
10 reostato 27 a un valor tal que el campo resultante aplicado  
a los núcleos 5,5' sea casi igual al campo de la tierra en  
el ambiente. Un interruptor de inversión 126 sirve para go-  
bernar la polaridad del campo aplicado de modo que esté en  
oposición al campo de ambiente. Se observará que el conden-  
sador 26 sirve como de desviación para las señales de pulsa-  
ciones de alta frecuencia de modo que el circuito de compen-  
sación auxiliar de c-d no afecte de un modo apreciable la  
15 entrada al amplificador.

20 Como la intensidad de campo magnético medida por  
los elementos del tipo descrito es demostrada por la amplitud  
de las violentas pulsaciones de voltaje que aparecen en los  
terminales del secundario, es conveniente proveer una desvia-  
ción ajustable para los tubos 15 y 17. Esta desviación pro-  
porciona una interrupción que elimina algunos pequeños puntos  
25 máximos extraños que aparecen en los terminales del secunda-  
rio de los elementos magnéticos debidos al equilibrio eléc-  
trico imperfecto de las dos secciones del núcleo. Así, me-  
diante un ajuste apropiado de esta desviación son certadas



184398

las pequeñas señales extrañas y solo llegan a las rejillas de los tubos amplificadores los puntos máximos de voltaje deseados. Un método de proveer esta desviación es mostrado en la figura 3 en la cual el divisor de voltaje que comprende elementos 29, 30 y 32 permite que sea aplicado un voltaje ajustable a los terminales de cátodo y a tierra, aplicando así una desviación negativa correspondiente a las rejillas. Este equipo de desviación es mostrado conteniendo resistores adicionales 31 y 33 por medio de los cuales puede ser obtenido un voltaje de desviación ajustable similar en el terminal 35 para usar en otra canal que comprenda un amplificador idéntico. El uso de un amplificador de dos canales del tipo anterior será evidente en relación con el equipo descrito en la figura 12.

Un elemento sensible del tipo descrito en la figura 2 y usado en conjunción con un amplificador del tipo mostrado en la figura 3 junto con un contador indicador o registrador convenientemente sensible 38 de un tipo bien conocido en el arte que funcione desde los terminales 24, 25, figura 3, servirá evidentemente como magnetómetro sensible en el cual las pequeñas variaciones del campo de ambiente impuestas sobre el elemento sensible serán demostradas en las lecturas del contador 38. Este conjunto corresponde al elemento magnetómetro 1, mostrado esquemáticamente en la figura 1. Falta por mostrar cómo los elementos 2 y 3 sirven para mantener el elemento 1 paralelo al vector magnético  $\beta$ .

En la figura 4 es mostrada una unidad de circuito de gobierno adicional destinada a producir una producción de



184398

30

c-a regulada por la producción de c-d del amplificador de la figura 3. En principio, el circuito funciona usando la acción rectificadora gobernada por rejilla de los tubos 80 y 81, los cuales pueden ser por ejemplo del tipo 6V6. Se conectan como se muestra otros dos tubos 83 y 84 que pueden ser del tipo 5Y3GT/G. El suministro de c-a al transformador de energía 82 proporciona voltajes convenientes x-x, y-y y z-z a los filamentos de los tubos 83, 84, 80 y 81, así como un alto voltaje precedente del secundario 85 el cual excita los circuitos de placa de los tubos. El transformador 86 está en serie con el secundario 85, y comprende un enrollamiento primario 87 de impedancia conveniente que iguale la impedancia del circuito de los tubos y un enrollamiento secundario 88 que iguale a una carga de baja resistencia conectada a los terminales 90.

Será evidente que durante una mitad del ciclo de energía de c-a el circuito secundario es completado por vía de uno de los tubos de gas de baja impedancia 83, 84, y de los tubos 6V6 opuestas 80, 81, mientras que en la otra mitad del ciclo el circuito es completado por vía del otro par de tubos. Como el transformador 86 está en serie con este circuito secundario, aparecerá una producción de c-a en los terminales 90 de su secundario 88. Sin embargo, si las rejillas de los tubos 6V6 80, 81 tienen una alta desviación negativa, las mismas quedarán cerradas y no pasará ninguna corriente a través del circuito de placa y no aparecerá ningún voltaje en los terminales 90 del secundario del transformador 86. Para un valor intermedio de desviación negativa



184398

de las rejillas, la corriente pasará por los circuitos de placa en una porción del ciclo de c-a como en la acción bien conocida de tal rectificador gobernado por rejilla. Así, la cantidad de energía de c-a suministrada al primario 87 del transformador de producción 86 será regulada por la magnitud de la desviación de c-d aplicada a las rejillas de los tubos 6V6 80 y 81. La naturaleza no sinusoidal de la corriente aplicada al transformador 86 por este circuito puede ser considerablemente atenuada poniendo en derivación su enrollamiento primario 87 con un condensador 89 el cual sintoniza el primario a aproximadamente la frecuencia de la fuente de c-a. La fuente de c-a puede ser convenientemente de 110 volts., y energía de 60 ciclos.

Para uso en las servocanales es la intención que el rectificador amplificador de c-a gobernado por rejilla de la figura 4 sea usado en conjunción con el amplificador y rectificador de pulsaciones de la figura 3 mediante conexión en sus terminales comunes 24 y 25. Los terminales 10 y 11 de la figura 3 son a su vez conectados con los terminales 8 y 9 de producción del secundario de uno de los elementos magnéticamente sensibles de la figura 2. Esta combinación, que comprende la porción eléctrica de una servocanal completa, demuestra suficiente sensibilidad para que cuando el elemento magnético (figura 2) esté en el horizonte magnético de la tierra y por lo tanto en campo de ambiente cero, proximately 10 watts de producción eléctrica pueden derivarse en los terminales de carga 90 del amplificador final, pero cuando el elemento magnético se incline separándose



184398

del horizonte magnético en 30 minutos aproximadamente de arco, las rejillas de los tubos 6V6, 80,81, figura 4, quedarán completamente cerradas y la producción del amplificador final cae hasta cero. De esta manera, un error de 30 minutos en la orientación del elemento magnético proporciona unos 10 watts de energía eléctrica utilizables para accionar un servomecanismo orientador.

Ahora es el objeto en principio de esta invención presentar un medio servo-orientador en el cual esté asegurada una estabilización de primer orden de los elementos magnéticos en el horizonte magnético solo mediante una acción de giroscopio, y en el cual la orientación automática es asegurada y mantenida de un modo exacto superponiendo la servoacción necesaria sobre el giroscopio a través de la acción precesional del giroscopio. Así, la servoacción es puesta en acción solamente para corregir las faltas de alineación relativamente de largo período que no sean enderezadas por el mismo giroscopio. Habiendo descrito los circuitos eléctricos esenciales que comprenden una sola servocanal, pueden describirse los arreglos mecánicos del sistema giroscópico y del servomecanismo relacionado con el mismo.

Las figuras 5 y 6 muestran el arreglo mecánico de una forma de los principios que constituyen el objeto de esta invención. En estas figuras, el número 39 indica un soporte que porta cojinetes de bolas no magnéticas en 50,50<sup>1</sup> y que forman el soporte para el balancín exterior 40. Este balancín porta a su vez cojinetes análogos como en 53 que soportan el balancín interior que consiste en una caja de gires-

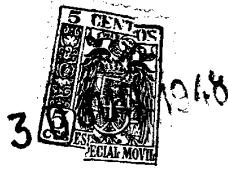


184398

copie 41 dentro de la cual está alojado un giroscopio convencional movido por el aire cuyo eje de rotación está a ángulo recto con el eje del balancín interior o caja 41.

5 Montado rígidamente en la caja de giroscopio y en un plano paralelo al plano de rotación de la rueda del giroscopio está el miembro de soporte 49. En un extremo de este miembro de soporte está el par de elementos magnéticos 2 y 3 cuyos ejes son paralelos respectivamente al eje 50-50' del balancín exterior y al eje 53 del balancín interior. En el 10 otro extremo del soporte 49 está montado el elemento magnetómetro 1 retenido dentro de una abrazadera anular de goma 150 que permite la alineación ajustable del eje del magnetómetro por el ajuste de los tornillos 52 en el anillo de soporte 151 unido rígidamente al soporte 49. Este ajuste del eje 15 del magnetómetro es necesario para que el mismo pueda ser hecho exactamente normal a un plano paralelo a los ejes de los elementos 2 y 3.

Se observará en la figura 6 que la sección del fondo de la caja del giroscopio tiene una forma hemisférica 41 20 que presenta estrías circunferenciales paralelas al eje y que cubren toda la superficie del hemisferio. En el centro inmediatamente debajo del hemisferio 41 y montado en un soporte 39 está un equipo de boquilla de doble chorro alimentado por tubos de aire 43 y 44. Estas boquillas proporcionan 25 chorros que chocan en direcciones opuestas sobre el hemisferio y en ángulo recto con las estrías. De esta manera, cuando sea admitido aire a través de la abertura 44 el chorro correspondiente hace mover la caja del giroscopio en la direc



184398

ción del movimiento de las agujas de un reloj mientras que el aire que penetra a través de la abertura 43 hará mover el mismo en la dirección opuesta.

5 De un modo análogo, en el eje del balancín exterior está montado un disco 45 que en una cara presenta estrías acordenadas convenientes para hacer mover el balancín exterior en dirección contraria al movimiento de las agujas de un reloj cuando un chorro procedente de la abertura 47 choque sobre la cara del disco desde una bequilla en el equipo de bequillas 48. Sobre la cara opuesta del disco 45 hay 10 un juego análogo de estrías y una bequilla que hace mover el disco en la dirección opuesta cuando es aplicado aire a través de la abertura 46.

15 La rueda de giroscopio contenida dentro de la caja 41 puede ser un tipo bien conocido en el arte movida por el aire y deriva su fuerza de chorros de aire suministrados a través de la abertura 149 y de aquí a través de la caja del cojinete 50', a través del balancín hueco 40, a través de la caja del cojinete 53 del balancín interior 53 hasta la caja 20 del giroscopio. Los detalles mecánicos de estos cojinetes son bien conocidos en el arte.

25 Como en todas las aplicaciones del giroscopio, todos los cojinetes deben ser diseñados para una fricción mínima y en este caso deben ser construídos de material no magnético tal como el monel-K o cobre con glucinio de dureza conveniente. De igual manera, todo el montaje de los balancines debe estar cuidadosamente equilibrado a la gravitación. Además, los conductores eléctricos necesarios deben ser lle-



184398

vados hasta dentro de los elementos magnéticos de tal manera que presenten la torsión espúrea mínima posible a los balancines. Esto puede conseguirse por el medio bien conocido representado en las figuras 7 y 8 pero no mostrade en las

5 figuras de conjunto 5 y 6 en interés de la claridad de las partes esenciales. Las figuras 7 y 8 muestran como una serie de terminales eléctricos 91 que vienen de los elementos magnetométricos 1, 2 y 3 sobre el miembro de soporte 49 pueden ser conectados con los terminales 92 sobre un soporte fijo

10 sin introducir torsiones espúreas. Los terminales 91 consisten en muelles de contacto de muchas hojas aislados uno de otro. Estos están en contacto con los muelles de contacto fijos 92, quedando limitado el contacto a una pequeña área 93, quedando cada área de contacto en el eje 94 de rotación del

15 balancín. Así los contactos 91 pueden ser hechos girar con respecto a los contactos 92 en el eje 94 del balancín con sólo un mínimo de fricción y con ninguna torsión extraña. El balancín 95 es mostrade en línea de trazo y punto en la figura 7 pues lo mismo comprende el balancín interior que el

20 exterior, los cuales ambos requieren un sistema de contactos tal como el mostrade en las figuras 7 y 8.

Como es bien sabido por la teoría de la acción giroscópica, el funcionamiento del montaje del giroscopio de la figura 6 será como sigue: Una señal precedente del elemento 2 indicando que el mismo se ha inclinado separándose del

25 horizonte magnético puede ser aplicada a una válvula conveniente que suministre aire comprimido a la abertura 47. La reacción de este chorro de aire sobre la rueda 45 pone una

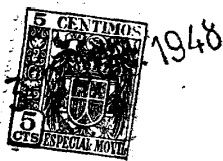


184398

5 torsión sobre el balancín 40 la cual es demostrada como una rotación tal de la caja interior y por lo tanto del elemento 2 que hace volver el elemento al horizonte magnético. Ningún movimiento del balancín 40 será demostrado aunque haya sido aplicada una torsión al mismo. De un modo análogo, si el elemento 2 se ha inclinado fuera del horizonte magnético en la dirección opuesta, una acción conveniente de válvula habría aplicado aire a través de la abertura 46 produciendo una torsión opuesta sobre el balancín 40 y una precesión inversa resultante del giroscopio tal que haga volver el elemento 2 al horizonte magnético.

15 De una manera análoga, las indicaciones precedentes del elemento 3 producen chorros desde las aberturas 43 o 44 que reaccionan sobre la superficie estriada del hemisferio 41 del balancín interior produciendo torsiones que reaccionan sobre el giroscopio produciendo una precesión alrededor del eje del balancín exterior, haciendo volver así el elemento 3 al horizonte magnético.

20 Será evidente ahora que con el soporte del giroscopio mantenido estacionario, y con los elementos magnéticamente sensibles 2 y 3 acoplados al servomecanismo de chorros de aire en fase apropiada, el balancín interior o giroscopio automáticamente precesará en tal orientación que coloque los ejes de estos elementos en el horizonte magnético normal al vector magnético de la tierra o de ambiente, porque ésta es la única orientación a la cual su producción eléctrica será cero. Será también evidente que el soporte 39 puede estar  
25 sometido a movimientos de desviación lateral y de inclinación



184398

en pendiente, lentos o rápidos, y la orientación de los elementos magnéticos permanecerá sin alterar dentro del alcance de las fuerzas de estabilización giroscópica. Efectivamente, la fricción de los cojinetes y las torsiones consiguientes producirán una precesión extraña del giroscopio, el grado de la cual dependerá del momento giroscópico con relación a las torsiones extrañas desarrolladas. Sin embargo, si las torsiones precesionales puestas en juego por los chorros servomotores son relativamente grandes comparadas con las producidas por el movimiento del soporte, la desviación resultante de los elementos 2 y 3 del horizonte magnético puede ser hecha muy pequeña. De esta manera, el elemento magnetométrico 1 es mantenido exactamente paralelo al vector magnético total según es requerido.

El medio por el cual los elementos magnéticos 2 y 3 son acoplados a los chorros servomotores puede tener una cualquiera de un número de formas y no limite este medio a un método específico. Sin embargo, como es bien sabido en el arte de los servomotores, los retardos de tiempo entre las señales accionadoras y la aplicación o remoción de la energía servomotora deben ser hechos tan pequeños como sea posible para evitar la acción de seguimiento. Al usar el movimiento precesional del giroscopio como parte del servomecanismo se gana la ventaja de que el movimiento precesional es agotado. De aquí que el problema se resuelva por sí mismo convirtiéndose en la eliminación de retardos de tiempo entre las señales precedentes de los elementos magnéticos y la aplicación o remoción de las torsiones en los balancines, esto es, entre las



184398

señales eléctricas y los chorros de aire. Considerando los retardos de tiempo en hacer que el aire atraviere los tubos que conectan las válvulas necesarias y las boquillas, es evidente que son deseables una presión relativamente alta y tubos y aberturas de válvula grandes. Per otra parte, debe ser disminuída la longitud de los conductos entre las válvulas y las boquillas.

Otro requisito evidente es que el accionador de las válvulas no debe producir disturbios magnéticos los cuales serían detectados por los elementos magnetométricos. Per esta última razón, es conveniente usar corriente alterna en cualesquiera circuitos accionadores que puedan dar lugar a campos magnéticos extraños pues para una intensidad dada del campo extraño, el efecto del campo de c-a sobre la producción final de los circuitos asociados será menor que el producido por un campo de una sola dirección. El efecto de un campo de corriente alterna será producir una modulación de amplitud sobre la producción del amplificador que a su vez será reflejada en el circuito de producción del rectificador. La modulación presente en la producción del amplificador será la mejor frecuencia entre el campo extraño y la frecuencia de las pulsaciones de corriente excitadora aplicadas a los primarios de los elementos magnéticos.

Un método por el cual pueden ser accionadas las válvulas de aire con una producción mínima de campos desca- rriadores es mostrado en la figura 9. En esta figura se muestra una base 54 que porta un soporte de material aislador 55, un montaje de válvula 56 y varillas de conexión 57 y



184398

58 que sirven para mantener una distancia fija entre 55 y 56. El montaje de válvula 56, mostrade más claramente en sección en la figura 10, comprende dos aberturas 67 y 67' que terminan en aberturas de conexión con mangueras no mostradas debajo de la base 54. Estas aberturas terminan en ranuras rectangulares estrechas en puntos diametralmente opuestos sobre la cara interior de la sección cilíndrica de 56. Los ejes longitudinales de las ranuras son paralelos al eje de giro del miembro rotor 66. Aletas cilíndricas en cada extremo del miembro 66 sirven para cubrir las aberturas de válvula de un modo tal que un pequeño giro de 66 en la dirección del movimiento de las agujas de un reloj cierra la abertura 67 mientras descubre la abertura 67'. En la posición neutral, esto es, cuando el miembro 66 está colocado simétricamente, los bordes sobresalientes de las aletas de la válvula descubren 1/2 de las aberturas 67 y 67' de modo de permitir una circulación simétrica de aire a través de estas aberturas.

El miembro giratorio de válvula 66 es accionado en la dirección del movimiento de las agujas de un reloj por el resorte 65 unido al punto 72 y provisto con una varilla empujadora de ajuste 63 sujeta por tornillos 64. La tensión del resorte 65 es puesta por la tensión de la vuelta de una herquilla continua de alambre fino 69 soportada sobre un pie aislador 68 fijo al miembro de válvula 66 y en el extremo opuesto por miembros opuestos 59 y 60 que tienen tornillos de ajuste convenientes y tuercas 61 y 62. Los miembros 59 y 60 están conectados eléctricamente con los bornes terminales 70 y 71 de un modo tal que cuando sea aplicada una corriente



184398

5 a estos terminales la horquilla de alambre fino 69 soporta esta corriente y es calentada por la misma hasta una temperatura relativamente elevada. Es de importancia que se use un alambre fino no solamente para obtener sensibilidad, sino que la capacidad calorífica del elemento accionador 5 térmico debe ser reducida de modo de reducir los retardos de tiempo que inducirían una acción de seguimiento en el sistema. El material de este alambre debe ser tal que las propiedades de tensión no sean seriamente alteradas por las 10 altas temperaturas pues el ajuste apropiado de la válvula depende de mantener una longitud fija de alambre independientemente de muchos ciclos de calentamiento y de enfriamiento del alambre. El alambre de níquel y cromo ha sido hallado satisfactorio.

15 Será ahora evidente que el montaje de válvula puede ser ajustado de modo que con una pequeña corriente aplicada a los terminales 70 y 71 la temperatura de la horquilla de alambre 69 sea baja y el alambre se contraiga tirando contra el resorte 65 y haciendo girar la válvula en dirección 20 contraria al movimiento de las agujas de un reloj abriendo la abertura 67 y cerrando la abertura 67'. Por otra parte, una corriente suficientemente grande calentará la horquilla de alambre fino la cual por expansión térmica permitirá que el resorte 65 haga girar la válvula en la dirección del movimiento de las agujas de un reloj, cerrando así la puer- 25 ta 67 y descubriendo la 67'.

El espacio entre las caras cilíndricas giratoria y fija de la válvula es hecho tan pequeño como sea posible sin



30

1948

184398

que produzca un contacto efectivo. Esto evita la fricción.

Todo el montaje accionador de válvula es cubierto por una caja cerrada herméticamente contra el aire (no mostrada) la cual ajusta herméticamente contra la base 54 excepto en la abertura 73 que abre en una conexión conveniente con manguera no mostrada por debajo de la base. A la abertura 73 es aplicada una fuente de presión de aire que mantiene la presión dentro de la caja y que consiste en la fuente de aire que pasa a través de las puertas 67 y 67' o ambas y sale por las mismas, dependiendo de las áreas relativas de las aberturas determinadas por la posición angular del miembro de válvula 66.

Según ya se ha explicado, en la posición neutral de la válvula saldrá una cantidad igual de aire por las aberturas 67 y 67' y cualquier desviación angular del miembro 66 de la posición neutral dará por resultado un desequilibrio en la circulación del aire a través de estas aberturas.

Haciendo referencia ahora a las figuras 5 y 6, si las aberturas 67 y 67' están conectadas por un conducto conveniente a las aberturas 46 y 47 del montaje del giroscopio, chocará una corriente de aire sobre el disco 45 procedente de los chorros asociados con 46 o 47. Si la abertura 47 suministra más aire al chorro 48, será impuesta sobre el balancín exterior 40 una torsión de dirección contraria al movimiento de las agujas de un reloj la cual hará precesar el balancín interior. De igual manera, un desequilibrio a la inversa de los chorros de aire invertirá la dirección de precesión del balancín interior. Sin embargo, si la corriente de aire a



184398

los chorros se equilibre, no se desarrolla ninguna torsión y no existe acción alguna sobre el giroscopio.

5 Evidentemente puede usarse un arreglo similar de válvula para suministrar aire a las aberturas 43 y 44 de la figura 5 y de la figura 6 el cual permitiría un gobierno si-  
milar del balancín exterior por medio de las fuerzas de tor-  
sion precesionales aplicadas a la esfera estriada de la caja  
de balancín interior del giroscopio. De esta manera, median-  
10 te el uso de dos canales independientes cada una de las cua-  
les comprenda un elemento magnético 2 o 3 de la figura 1, am-  
plificadores tales como los de las figuras 3 y 4, y una vál-  
vula de aire accionada eléctricamente como la de la figura  
9, el giroscopio puede ser estabilizada automáticamente y  
15 completamente de modo que su plano de rotación sea siempre  
paralelo al horizonte magnético. Así el elemento magnete-  
métrico 1 de las figuras 1 y 5 montado fijamente normal a  
ese plano será mantenido paralelamente al vector magnético  
total de la tierra según es requerido.

20 Se llama la atención hacia los ajustes necesarios  
en cada servocanal a fin de que pueda ser hecha la orienta-  
ción servo-estabilizada del elemento magnetométrico paralela  
al vector magnético según se desee. Una consideración de  
lo dicho anteriormente hará evidente que las señales prece-  
25 dentes de los elementos magnéticos operarán el servomecanis-  
mo solamente en una dirección. Pues, mientras que las seña-  
les procedentes de los elementos tendrán una polaridad inver-  
tida si el campo de ambiente es invertido, el amplificador de



1948

184398

pulsaciones asociado operará solamente por señales positivas en las rejillas debidas a los voltajes de desviación impuestos. Por otra parte, es un hecho que al pasar a través de un campo cerca los elementos de paso de flujo no son satisfactorios debido a la presencia de señales extrañas de pequeña amplitud. Por lo tanto es conveniente operar los elementos de paso de flujo por encima de cierto nivel magnético en que las señales sean limpias y distintas mejor que intentar estabilizar en exactamente el campo cero, esto es, con los elementos paralelos al horizonte magnético. De esta manera, en la práctica son hechos los ajustes de los accionadores de la válvula de aire y de sensibilidad a las señales de los canales de amplificadores de modo que los elementos magnéticos estén estabilizados a un pequeño ángulo con el horizonte magnético. Recordando que toda la sensibilidad de las servo-canales es tal que la torsión completa en una dirección hasta la torsión completa en la dirección opuesta implica un cambio en el ángulo del elemento magnético de solo 30 minutos de arco, el punto operativo efectivo de la posición estabilizada del elemento puede estar dentro digamos de 15 minutos de arco de la posición paralela al verdadero horizonte magnético.

En la descripción de la forma de los elementos magnéticos de la figura 2 se ha mencionado que los enrollamientos primarios de estos elementos son excitados por c-a o por pulsaciones de corriente que tengan una magnitud suficiente para llevar los núcleos bien más allá de su punto de saturación, todo como se ha descrito en una solicitud de Vacquier presentada



184398

30 JUN 1948

antes que ésta. Sin embargo, se ha mencionado que en algunos respectos debe preferirse la excitación por pulsaciones. En el arreglo de los elementos magnéticos necesarios para realizar los fines de esta invención, la excitación por pulsaciones es definitivamente preferible. Se observará que especialmente en el caso de los elementos 2 y 3, figuras 1, 5 y 6, los mismos son más convenientemente montados en proximidad cerrada uno al otro bajo la cual condición los campos extraños precedentes de la excitación en el primario de un elemento puede someter al otro a un campo magnético extraño resultante. Y aunque estos elementos deben ser montados luego normalmente en ángulo recto uno al otro en cuyo caso la inducción mutua entre ellos sería cero, este ajuste pudiera no ser exacto. Este problema es eliminado usando la excitación por pulsaciones con un intervalo de tiempo inactivo entre las pulsaciones. Cada uno de los tres elementos pueden ser entonces excitado a diferentes tiempos meramente cambiando la fase de las tres pulsaciones primarias. Así, en el instante en que un elemento sea activado, los otros quedan inactivos y no puede existir ningún campo extraño debido a su excitación primaria.

La figura 11 muestra un método de producir las pulsaciones requeridas. Un oscilador maestro 101 que opera a la frecuencia deseada de pulsaciones, digamos de 200 a 1000 ciclos por segundo, opera tres tubos 102, 103 y 104 que son disparados por el oscilador maestro. Los tubos 102, 103 y 104 pueden ser tubos de gas del tipo 2050. Como se vé por la figura 11, las rejillas de los tubos de disparo 103 y 104



184398

que alimentan los elementos magnetométricos 2 y 3 están conectadas al transformador de producción 105 del oscilador maestro en una relación de fase de  $180^\circ$ . Y como la acción de disparo tiene lugar solamente en la mitad positiva de la excitación de la rejilla, los circuitos de los tubos 103 y 104 serán activados y producirán pulsaciones en sus circuitos primarios respectivos de los elementos magnetométricos 2 y 3 en orden sucesivo alternado. De un modo análogo, la energía de disparo alimentada a la rejilla del circuito del tube 102 es cambiada en tiempo con respecto a la del 103 o 104 por medio del cambiador de fase 106 de capacidad-resistencia ajustable como se ha indicado. El ajuste de los tres circuitos de disparo para hacer cierto que ninguno de dos de ellos dispara en fase puede ser determinado fácilmente observando la pulsación de producción en un oscilógrafo y después de esto es mantenido fijo el ajuste del cambiador de fase. El circuito disparador de tubos del tipo 2050 no es descrito detalladamente pues puede usarse cualquier circuito convencional de este tipo, siendo mostrados en la figura 11 valores de circuito sugeridos. El carácter importante es que las pulsaciones son en orden de sucesión, no simultáneas.

La figura 12 muestra esquemáticamente por medio de diagramas de rectángulos un montaje completo de componentes comprendiendo un magnetómetro estabilizado por giroscopio en el horizonte magnético a la manera de esta invención. Los elementos magnetométricos 1, 2, 3 son los mismos indicados en la figura 1 con los mismos números. Un oscilador de pul-



184398

3

saciones 110 que consiste en el circuito de la figura 11 excita el primario de cada uno de los elementos 1,2,3 de la manera en orden de sucesión descrita. Las señales del secundario de los elementos 2 y 3 se usan para influenciar el giroscopio 4 de modo que su precesión mantenga el magnetómetro 1 en el vector magnético si influencias exteriores producen cualquier separación del mismo. Esto se obtiene haciendo pasar estas señales al amplificador 111 similar al de la figura 3, cuya producción gobierna la c-a pasada por los reguladores 112 que son mostrados en detalle en la figura 4. La producción de c-a opera entonces la válvula diferencial de aire 113 similar a la de la figura 9 la cual a su vez gobierna los chorros de aire que suministran las torsiones necesarias al giroscopio. Debe observarse que estas torsiones de chorros de aire no restablecen ellas mismas la orientación como sería el caso en un sencillo mecanismo servomotor. Las torsiones de los chorros de aire meramente obligan al giroscopio a precesar de modo de restablecer su orientación magnética, siendo suministrado el movimiento restablecedor efectivo por el mismo giroscopio. De esta manera los chorros de aire 114, figura 12, meramente impulsan el balancín exterior 40 dando por resultado el restablecimiento de la orientación del elemento 3 por la rotación inducida por precesión del balancín 41. De un modo análogo los chorros de aire 115 impulsan al balancín interior 41 dando por resultado el restablecimiento de la orientación del elemento 2 por la rotación inducida por precesión del balancín 40. Alternativamente pueden ser empleados otros medios diferentes de los



184398

5 chorros de aire, para suministrar las torsiones apropiadas que impulsan al giroscopio. Habiendo mantenido de esta manera el elemento magnetométrico 1 dentro del vector magnético, la producción de su secundario puede ser amplificada por el amplificador 116, similar al de la figura 3, e indicada e registrada en el contador 38 de una manera usual.

10 Aquí ha sido descrito un método de realizar el objeto de la presente invención el cual es asegurar una estabilización de primer orden de un elemento magnetométrico de paso de flujo por medio de la estabilización giroscópica solamente, siendo esta a su vez suplementada por la orientación automática por medio de precesión del giroscopio gobernada por un par de elementos de paso de flujo que determinan un plano que tiene una posición angular fija con el horizonte magnético.

15 Evidentemente son posibles modificaciones de los detalles de la invención sin salirse de la misma.

20 Esta solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 5 de julio de 1945, bajo el número 603.309, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto de Propiedad Industrial y a los derivados de los Decretos de Moratoria del 7 de febrero y 4 de julio de 1947.



1948

184398

- N O T A -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

5           1.- Un método de medir campos magnéticos estabilizando un magnetómetro con respecto a una orientación magnética fija, que consiste en mantener giroscópicamente dicha orientación a una aproximación de primer orden y aplicar fuerzas que hagan que dicho giroscopio precese hacia la orienta-  
10           ción deseada, siendo dichas fuerzas determinadas electromagnéticamente en respuesta al error de orientación.

          2.- Un aparato para llevar a cabo el método señalado en la reivindicación 1 que consiste en un magnetómetro estabilizado con respecto a una orientación fija con el horizonte magnético que comprende medios de medición e indicación  
15           magnetométricos, y un giroscopio asociado mecánicamente con los mismos, caracterizado por estar el giroscopio dispuesto para mantener la orientación del magnetómetro solo a una aproximación de primer orden, y por un par de servomecanismos que  
20           aplican fuerzas a dicho giroscopio haciendo precesar el mismo hacia la orientación más exacta deseada, y un par de elementos magnetométricos electromagnéticos que accionan dichos servo-



1948

184398

mecanismos en respuesta al error de orientación con respecto al horizonte magnético.

3.- Un aparato para llevar a cabo el método señalado en la reivindicación 1 y según la reivindicación 2, en el cual un elemento magnetométrico principal de paso de flujo está asociado mecánicamente en posición fija con respecto al eje del giroscopio libre, y los elementos magnetométricos que accionan el par de servomecanismos son un par de elementos magnetométricos de paso de flujo auxiliares cruzados, estando provistos medios excitadores para los tres elementos magnetométricos de paso de flujo antes citados, y estando los medios indicadores conectados para mostrar la producción del primer elemento magnetométrico.

4.- Un aparato para llevar a cabo el método señalado en la reivindicación 1 y según la reivindicación 3, en el cual los elementos magnetométricos principal y auxiliares están conectados eléctricamente con medios amplificadores y con medios excitadores de pulsaciones en orden sucesivo, estando los servomecanismos conectados eléctricamente con dichos amplificadores y funcionando diferencialmente en respuesta a la producción amplificada de cada uno de los elementos magnetométricos de gobierno cruzados, accionando dichos servomecanismos los balancines del giroscopio antes citado haciendo restablecer la orientación deseada del montaje mecánico por medio del movimiento precesional del giroscopio.

5.- Un aparato para llevar a cabo el método señalado en la reivindicación 1 y según la reivindicación 4, en el cual el giroscopio libre está montado en balancines dobles



184398

5 y determina un plano de referencia, los dos elementos magnetométricos de paso de flujo auxiliares están montados con sus ejes substancialmente a ángulo recto uno con otro y en dicho plano, siendo dichos ejes respectivamente paralelos a los ejes de los balancines interior y exterior del giroscopio, los servomecanismos están dispuestos para aplicar torsiones de un modo independiente a los balancines interior y exterior, los medios amplificadores tienen canales amplificadoras independientes a través de las cuales las señales precedentes de cada uno de los dos elementos de paso de flujo auxiliares pueden accionar sus servomecanismos asociados para por torsiones producir la precesión del giroscopio, el elemento magnetométrico de paso de flujo principal está montado normal al plano de referencia anterior y sus medios amplificadores e indicadores asociados están dispuestos para medir la componente de campo magnético de ambiente en la dirección del eje del magnetómetro, siendo obligado el giroscopio que mantiene una estabilización de primer orden por los dos medios servomotores que responden a las componentes y están asociados con los elementos magnetométricos auxiliares situados en el mismo plano a mantener una orientación fija con respecto al horizonte magnético independientemente de cualquier maniobra del vehículo de transporte.

25 6.- Un aparato para llevar a cabo el método señalado en la reivindicación 1 y según la reivindicación 5, en el cual los medios generadores de excitaciones para los elementos de paso de flujo están adaptados para aplicar pulsaciones en orden de sucesión a los elementos magnetométricos de



184398

manera tal que des no sean excitados simultáneamente por cuyo medio es substancialmente eliminado el efecto de campos extraños precedente de la excitación en el primario de señales de cualquier elemento e elemento cercano.

5                   7.- Un aparato para llevar a cabo el método señalado en la reivindicación 1 y según la reivindicación 5 e 6, en el cual los servomecanismos son dispositivos accionados eléctricamente dispuestos para aplicar torsiones de un modo independiente a los balancines interior y exterior, consistiendo los medios productores de torsión en chorros de aire que chocan sobre impulsores independientes asociados con los balancines exterior e interior del montaje del giroscopio.

15                   8.- Un aparato para llevar a cabo el método señalado en la reivindicación 1 y según la reivindicación 7, en el cual los chorros de aire que chocan sobre los impulsores son gobernados por válvulas diferenciales de aire de baja capacidad térmica operadas por corriente alterna, e incluyen conexiones conductoras de señales precedentes de cada una de los dos elementos de paso de flujo auxiliares para accionar su válvula diferencial asociada y producir por torsión chorros de aire para producir la precesión del giroscopio.

20                   9.- Un método con el aparato correspondiente, para medir campos magnéticos.

25                   Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede representado en los dibujos que se acompañan y con los

184398



JUN. 1948

fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de cuarenta hojas escritas por una sola cara.

Madrid, 30 JUN. 1948

P. A.

Alberto de Elizaburu  
Por Poder

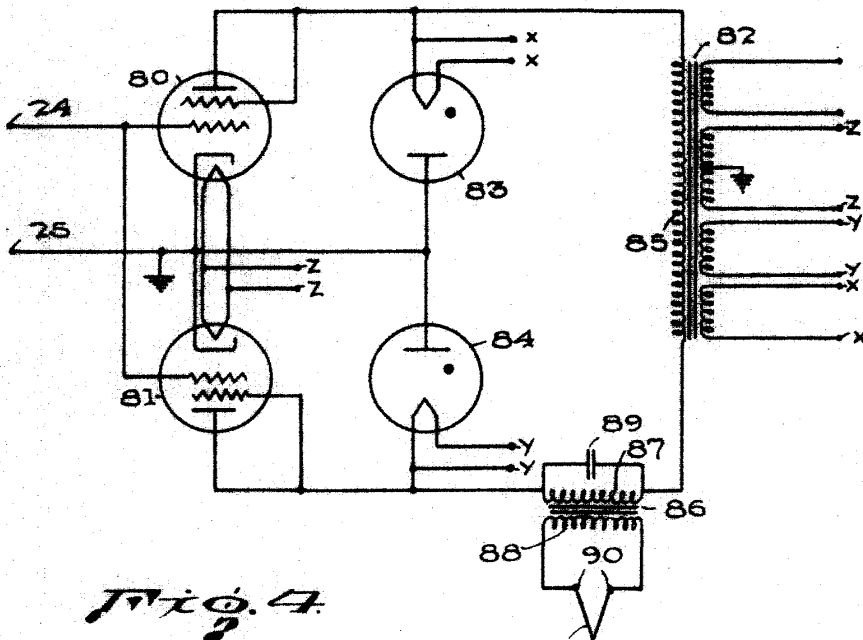
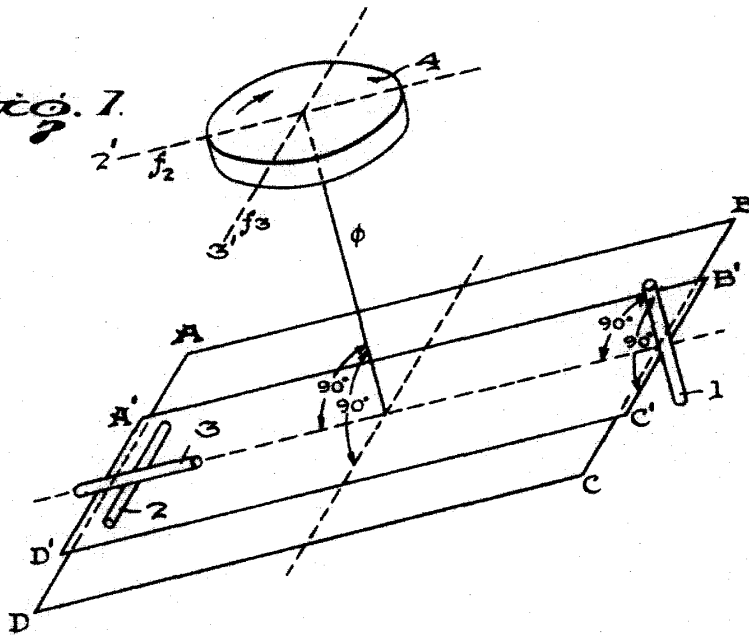
5

Ch/.

184398



Fig. 1.



P. A.  
Alberto de Elizaburu  
Inventor



SPAIN

ESCALA VARIABLE.- GULF RESEARCH & DEVELOPMENT COMPANY.-

PG 46 III/VII.



1968

184398

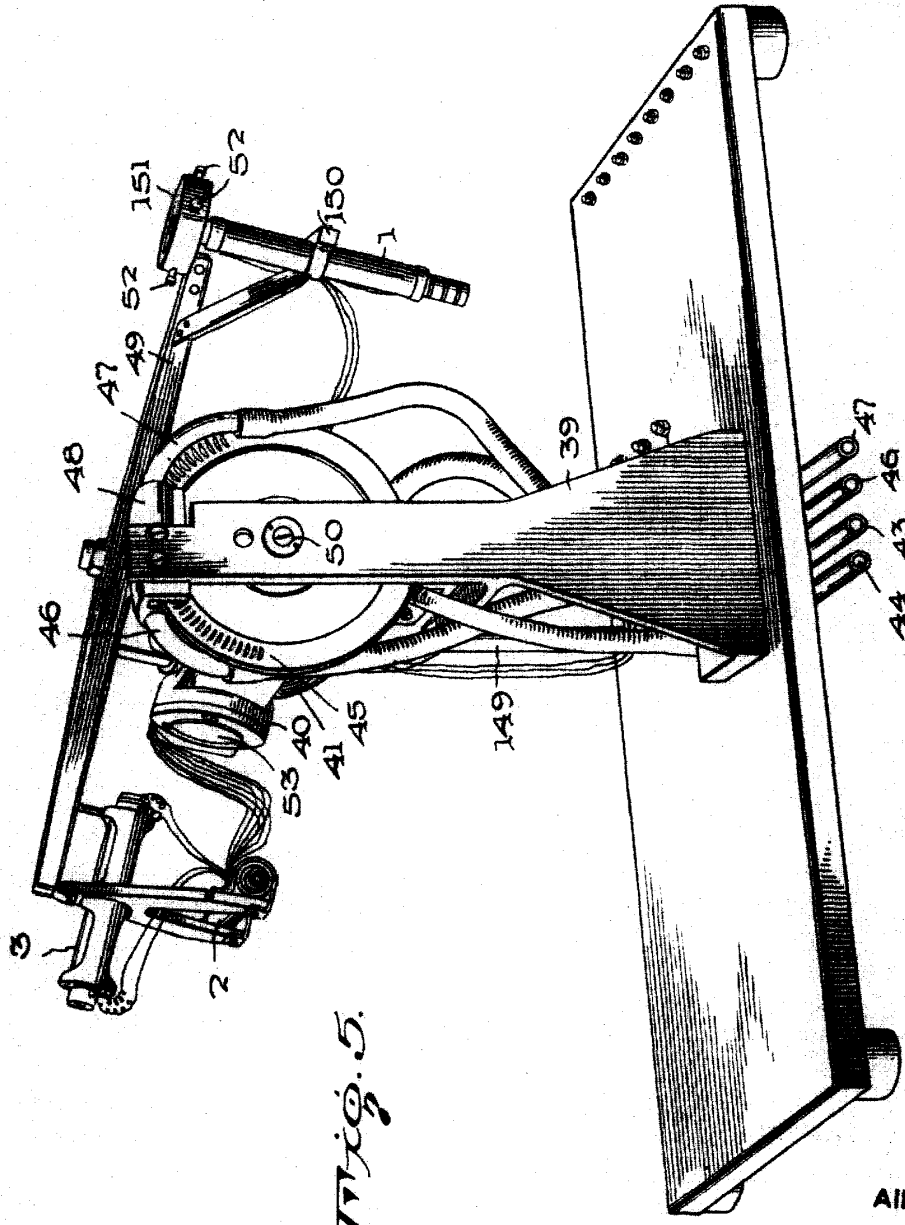


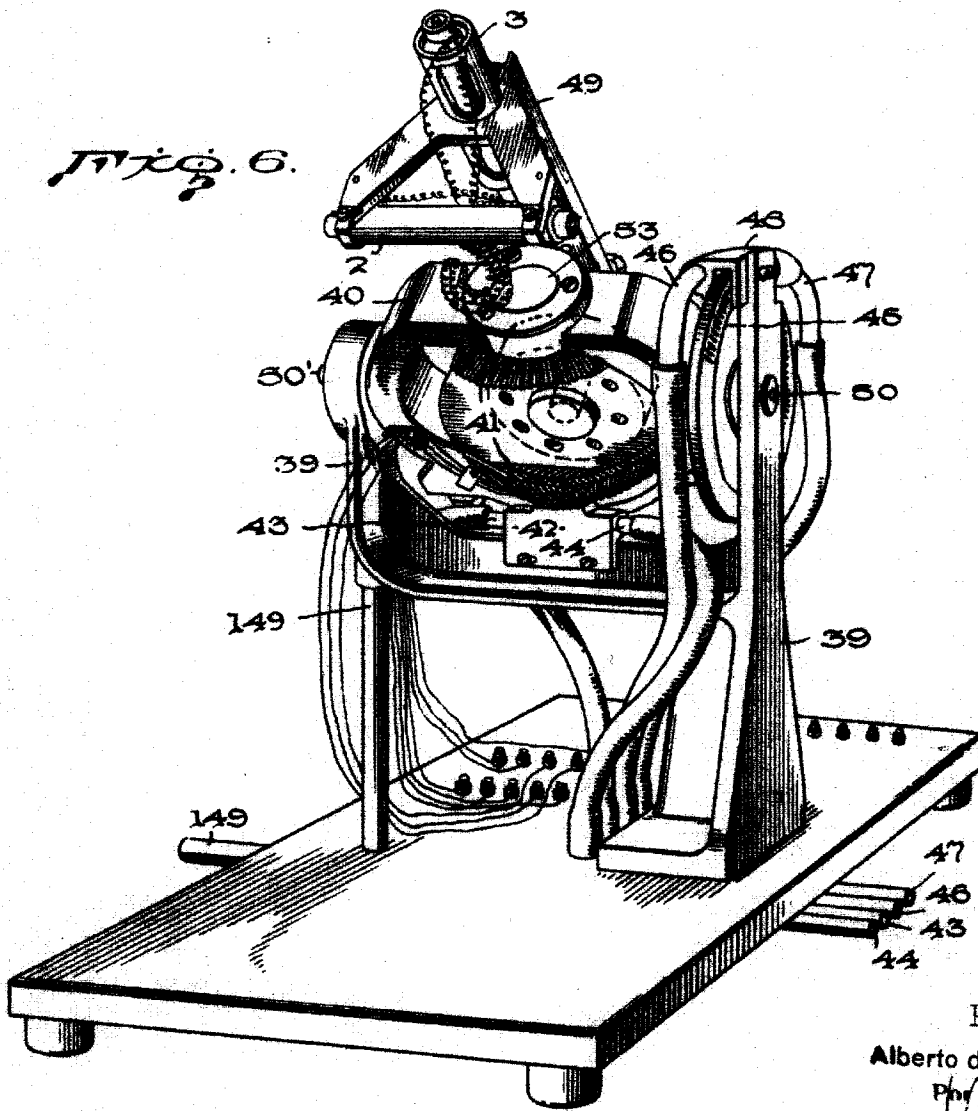
Fig. 5.

P. A. Alberto de Elizaburu For Peder



184398

Fig. 6.



P. A.  
Alberto de Elizaburu  
Phy. Eng.  
*[Signature]*



184398

Fig. 7

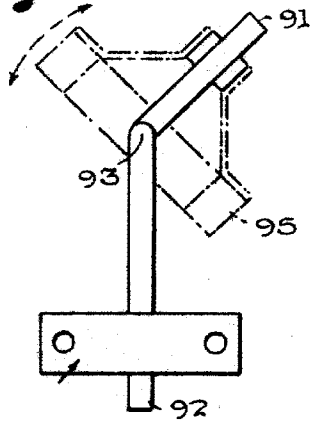


Fig. 8

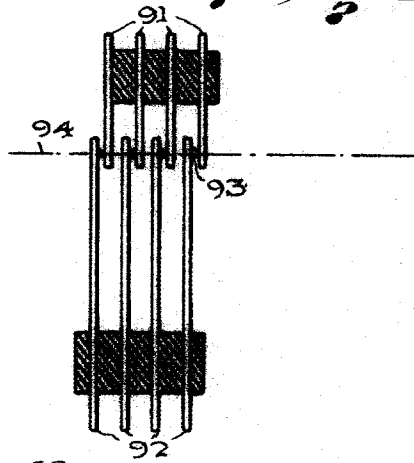


Fig. 9

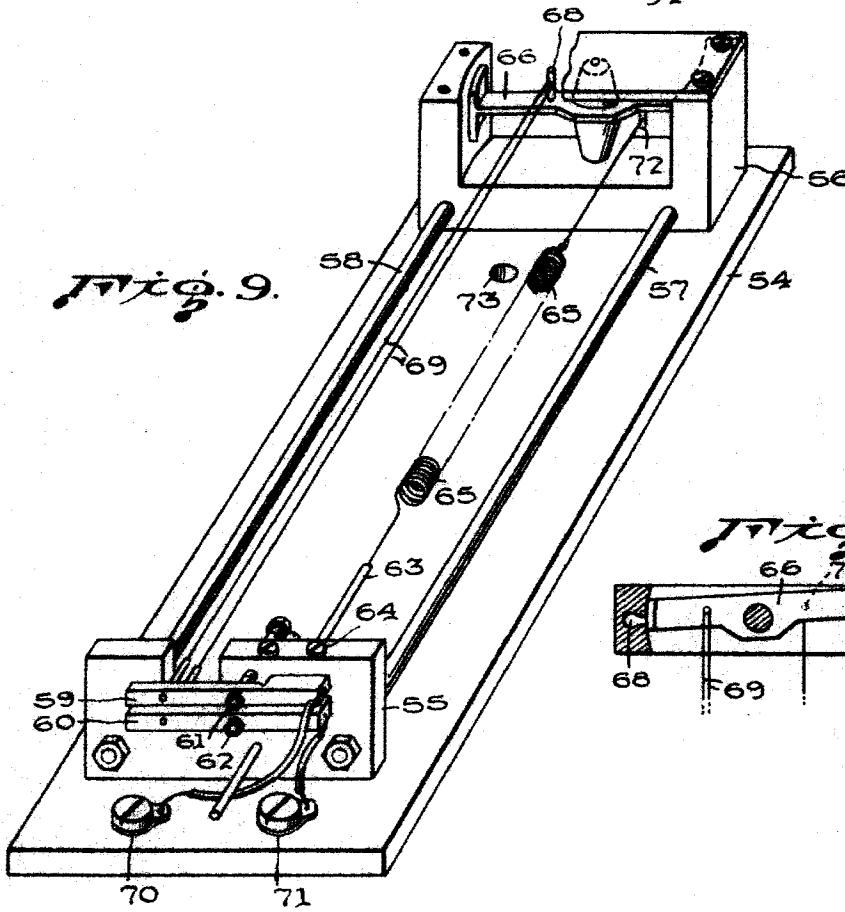
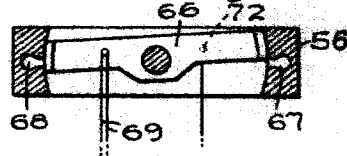
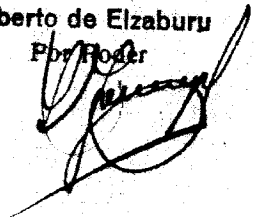


Fig. 10



P. A.  
Alberto de Elzaburu  
Per Roger

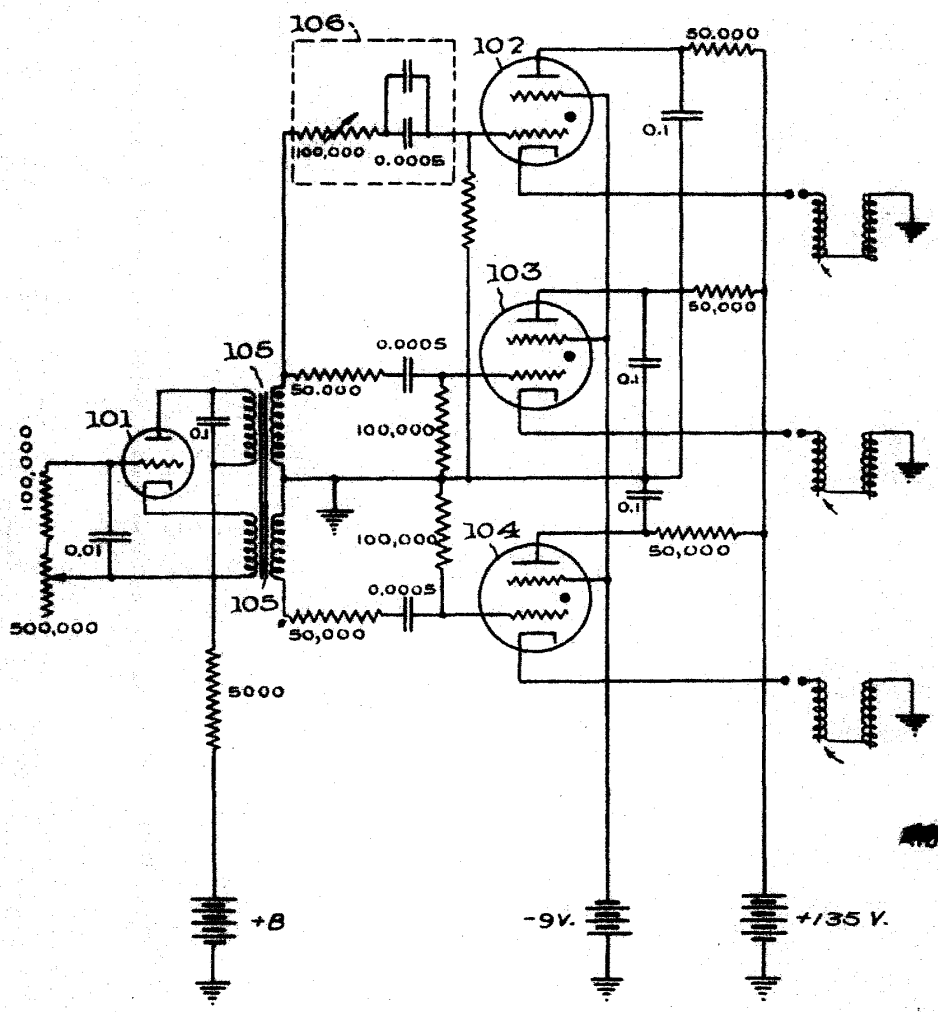


P6646

184398



Fig. 11.



P. A.

Alberto de Elizaburu  
Por Poder

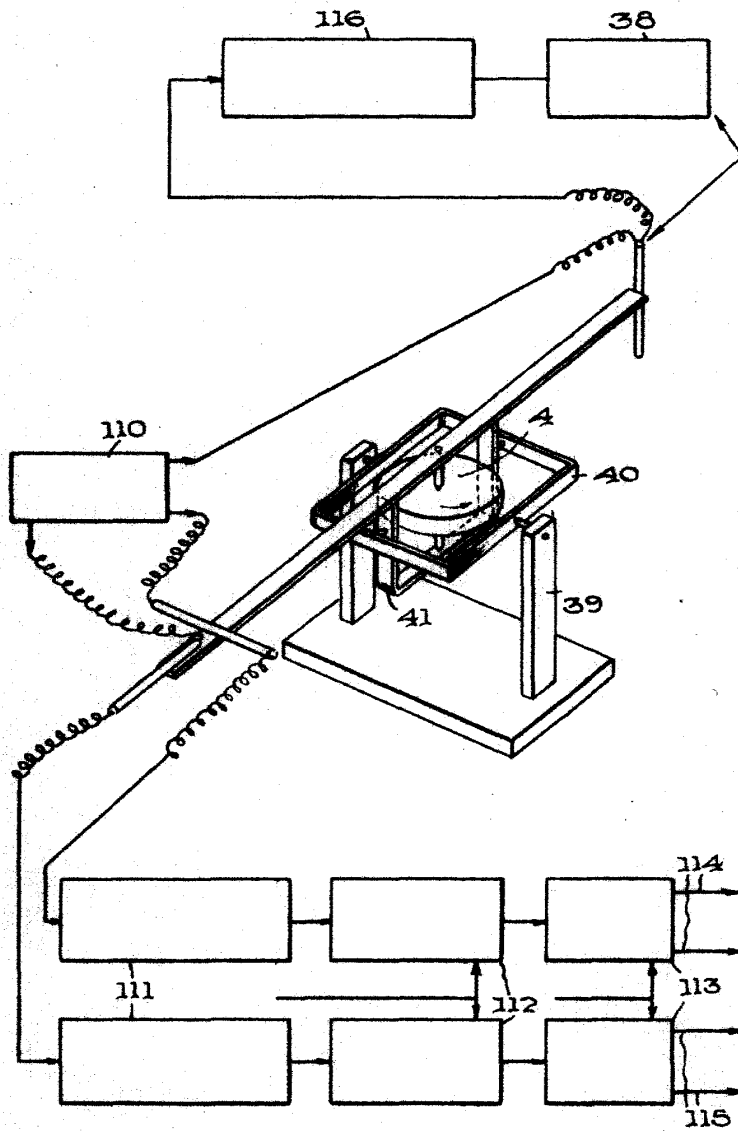
ESCALA VARIABLE.- GULF RESEARCH & DEVELOPMENT COMPANY.-

P6846 VII/VII.

184398



Fig. 12.



P. A.

Alberto de Elzaburu  
Por Poder