

328530

P - 32.040

JL. CBI - 3417-66-

C.E.A.- D/2164/2349 B

"Magnétomètre á deux  
particules III"



328530

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solícitar

C E R T I F I C A D O D E A D I C I O N

en

E S P A Ñ A

a nombre de COMMISSARIAT A L' ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa establecida en 29, rue de la Fédération, Paris, Francia, por:

"MEJORAS INTRODUCIDAS EN EL OBJETO DE LA PATENTE PRINCIPAL" N<sup>o</sup> 306.796, SOLICITADA EL 5 DE DICIEMBRE DE 1964, POR:  
"UN PROCEDIMIENTO PARA MEDIR LA INTENSIDAD DEL CAMPO MAGNETICO , ESPECIALMENTE DEL CAMPO MAGNETICO DEBIL".

-----  
El presente invento tiene por objeto perfeccionamientos en el magnetómetro de resonancias magnéticas descrito en la patente principal.

5 Conciérne más particularmente a un magnetómetro para la medición de la intensidad de los campos magnéticos, especialmente de los campos magnéticos débiles (inferiores a un gauss) y de sus variaciones, a bordo de un móvil (avión, aeronave, ingenio, etc. ...).

328530



Se conocen actualmente diferentes tipos de magnétómetros que emplean la resonancia magnética. Tales dispositivos están basados en la medición de la frecuencia de precesión, denominada frecuencia de Larmor, del momento magnético generalmente nuclear de una partícula subatómica, generalmente de un núcleo atómico y más particularmente del protón, en el campo magnético a medir, siendo esta frecuencia proporcional a la intensidad del campo magnético en el cual está colocada dicha partícula subatómica.

Si se denomina  $H$  la intensidad (en gauss) del campo magnético a medir, en el cual está colocada la partícula subatómica,  $\gamma$  la relación giromagnética de la partícula (la existencia de una relación  $\gamma$  bien determinada significa que el momento cinético o spin, y por lo tanto el momento magnético de la partícula, no son nulos) y  $F_0$  la frecuencia de precesión o de Larmor (en hertz), se tiene

$$2 \pi F_0 = \gamma H \quad (1)$$

La relación giromagnética  $\gamma$  (en gauss/segundo) se conoce con una precisión muy grande para numerosos núcleos atómicos; en particular, la relación giromagnética del protón en el agua desoxigenada se conoce con una precisión de  $10^{-6}$  y es igual a 26.751,3 gauss/segundo.

La radiación electromagnética de frecuencia  $F$  está polarizada circularmente, apareciendo la resonancia como una rotación del momento magnético total alrededor de la dirección del campo magnético. El campo gira-

328530



torio de radiación electromagnética es detectado por me-  
dio de, al menos, un bobinado, dispuesto alrededor de las  
partículas subatómicas, en el cual el campo giratorio ge-  
nera una tensión eléctrica alterna. De esto resulta que,  
5 si el bobinado se encuentra a bordo de un móvil que tiene  
una cierta velocidad angular instantánea  $\omega$  de rotación  
alrededor de la dirección del campo magnético, el bobina-  
do es arrastrado a su vez a esta velocidad angular y  
la frecuencia de la tensión alterna, que es generada en  
10 el bobinado por resonancia magnética, no estará ya dada  
por la fórmula (1) citada, que corresponde a la rotación  
absoluta del momento magnético total con relación a un  
sistema de referencia fijo, sino que corresponderá a la  
rotación relativa de este momento referida a un sistema  
15 de referencia ligado al móvil, y, por lo tanto, al bobina-  
do. En otros términos, de acuerdo con la ley de compo-  
sición de las velocidades angulares, se tendrá, denominan-  
do  $f$  la frecuencia en caso de rotación a la velocidad  
angular instantánea  $\omega$

20 
$$2 \pi f = \gamma H - \omega \quad (2)$$

Si se desea en particular medir con una gran  
precisión un campo magnético débil, tal como el campo  
magnético terrestre, y sus variaciones, con un magnetó-  
metro de resonancia magnética de tipo anterior, la me-  
25 dición es falseada, porque se desprecia la influencia  
de  $\omega$  aplicando la fórmula 1; ahora bien,  $\omega$  puede  
tomar valores relativamente importantes y muy variables  
cuando la medición se hace a bordo de un avión, astro-  
30 nave o ingenio que puede girar alrededor del eje del

328530



campo magnético. Es muy difícil, si no imposible, efectuar la corrección de  $\omega$ , precisamente debido a la variabilidad del valor de  $\omega$ , de donde se derivan errores muy molestos en el valor de H y, sobre todo en sus variaciones.

5

Los estudios de magnetismo y las investigaciones geofísicas de sustancias minerales basadas en las variaciones de H amenazan, pues, con ser falseados si se desprecia la influencia de  $\omega$ .

10

Se ha descrito en la patente principal un magnetómetro que palia los inconvenientes citados, incluyendo este magnetómetro partículas subatómicas de momentos magnéticos y cinético no nulos, medios aptos para excitar y para detectar su resonancia magnética, y medios de medición de la frecuencia de la señal así detectada, y estando caracterizado esencialmente porque, por una parte, las partículas cuya resonancia es detectada son de dos especies que presentan valores diferentes para la relación de dichos momentos, y, por otra parte, incluye medios para medir la diferencia algebraica de las dos frecuencias de resonancia magnética correspondiente estando afectada cada una de estas frecuencias por el signo de la relación de dichos momentos correspondiente.

15

20

25

30

En efecto, si se denomina  $f'$  y  $f''$  por una parte y  $\gamma'$  y  $\gamma''$ , por otra parte, los valores de  $f$  y de  $\gamma$  para las dos especies de partículas que están constituidas, por ejemplo, por protones, para los cuales  $\gamma'$  es positivo y núcleos de fluor para los cuales  $\gamma''$  es igualmente positivo pero inferior a  $\gamma'$ , la igualdad (2) se escribe como sigue para

328530

30 JUN



los dos núcleos:

$$2 \mu f' = \gamma' H - \omega \quad (3)$$

$$2 \mu f'' = \gamma'' H - \omega \quad (4)$$

5 Si se denomina  $F'''$  la diferencia de las frecuencias  $f'$  y  $f''$ , se tiene la relación:

10 
$$2 \mu f''' = 2 \mu f' - 2 \mu f'' = (\gamma' - \gamma'') H = GH \quad (5)$$
 denominando  $G$  a la diferencia  $\gamma' - \gamma''$  y suponiendo que  $\gamma'$  es superior a  $\gamma''$ . Siendo los valores de  $\gamma'$  y  $\gamma''$  conocidos con una gran precisión,  $G$  lo es igualmente.

15 La ecuación (5) sustituye por consiguiente a la ecuación (1), con la ventaja de que la frecuencia  $f''$ , es estrictamente proporcional a  $H$  incluso si el magnetómetro es arrastrado en rotación alrededor de la dirección de  $H$  con la velocidad  $\omega$ .

20 En el caso en que  $\gamma'$  y  $\gamma''$  no son de igual signo, siendo por ejemplo  $\gamma'$  positivo y  $\gamma''$  negativo, la igualdad (3) sigue siendo verdadera, mientras que las relaciones 4 y 5 son sustituidas por las relaciones siguientes:

$$2 \mu f'' = \omega - \gamma'' \cdot H \quad (4a)$$

$$2 \mu (f' + f'') = (\gamma' - \gamma'') H = GH \quad (5a)$$

25 denominando en todos los casos  $G$  a la diferencia algebraica de las dos relaciones giromagnéticas.

30 Como pares de partículas subatómicas que convienen para la puesta en práctica del invento que constituye el objeto de la patente principal, se pueden citar los pares siguientes:



- protones y núcleos de fluor
- protones y núcleos de fósforo
- protones y núcleos de helio 3

5 (Todos estos núcleos tienen relaciones giromagnéticas positivas, aparte del helio 3 que presenta una relación giromagnética negativa).

10 Se ha indicado igualmente en la patente principal que en los modos de realización preferidos (esto es, especialmente cierto para los dos primeros pares) se recurre al proceso de polarización dinámica por bombeo electrónico que constituye el objeto de la patente española número 241089 presentada el 29 de marzo de 1958 es decir, a muestras líquidas que incluyen en solución, en un disolvente que contiene dichos núcleos (protones, núcleos de fluor, núcleos de fósforo), un radical paramagnético que incluye un electrón no emparejado, aumentando la saturación de una raya de resonancia electrónica la intensidad de la señal nuclear.

15 En cuanto a cada una de las sondas del magnetómetro, se realiza ventajosamente en la patente principal en forma de un oscilador de spin del tipo descrito en la patente española número 294882 del 27 de diciembre de 1963.

20 En la patente principal, las dos sondas o cabezas de medición del magnetómetro estaban dispuestas lado a lado y eran solidarias una de otra.

25 Ahora bien, la solicitante acaba de comprobar que disponiendo las dos sondas, no ya lado a lado, sino a una cierta distancia una de otra, especialmente una detrás de otra en el plano vertical de simetría del móvil,

30

328530

30 JUN



tal como un avión, que las lleva, era posible compensar las perturbaciones de medición de la intensidad del campo magnético terrestre, debidas no solo al "efecto giroscópico" producido por la rotación del avión, sino igualmente al campo magnético parásito "permanente" producido por las imantaciones pertinentes y las corrientes que alimentan los equipos de a bordo del avión, variando la intensidad de este campo parásito de un punto a otro del avión.

El invento consiste en elegir las posiciones de las dos sondas, cuyas sustancias activas incluyen partículas subatómicas de relaciones giromagnéticas diferentes para que, en estas dos posiciones, se tenga sensiblemente el mismo valor para el producto de la intensidad, en una posición del campo magnético parásito permanente, por la relación giromagnética de las partículas de la sonda que está colocada en esta posición.

El invento concierne más particularmente, aunque no limitativamente, a la aplicación de los magnetómetros destinados a medir las variaciones a bordo de un avión del campo magnético terrestre, es decir, a los magnetovariómetros.

Y podrá ser de todos modos bien comprendido con ayuda del complemento de descripción que sigue, así como de los dibujos anejos, cuyos complemento y dibujos están dados, naturalmente, sobre todo a título de indicación.

La figura 1 de estos dibujos ilustra esquemáticamente y en alzado lateral con corte parcial un avión en el cual está dispuesto un magnetómetro que

328530



emplea los perfeccionamientos según el invento .

La figura 2 representa esencialmente en forma de bloques funcionales un magnetómetro dotado de los perfeccionamientos según el invento.

5 Al proponerse establecer un magnetómetro con resonancias magnéticas, que compensa tanto los efectos de rotación del avión u otro móvil en el cual está dispuesto el magnetómetro, como el campo magnético parásito permanente generado en el avión o móvil, se procede como sigue o de una manera análoga.

10 Haciendo referencia en primer lugar a la figura 1, en la cual se ha representado esquemáticamente un avión con su morro N, su fuselaje F, sus alas L, sus timones G del empenaje E y su cola Z, se sabe que la mayor parte de los aparatos de a bordo (motores, equipos eléctricos y electrónicos pañoles, depósitos, etc..) que necesitan una compensación magnética permanente están contenidos en una zona sensiblemente esférica R situada hacia delante del avión, estando el centro de esta zona R sensiblemente confundido con el varicentro M de las masas magnéticas del avión. Los aparatos de esta zona influyen más una sonda de medición dispuesta en B a una distancia  $d$  de este varicentro M que una sonda de medición dispuesta en A a la distancia suplementaria  $a$  del varicentro M. En la figura se ha previsto que A se encuentra en la cola Q del avión, mientras que B se encuentra entre dicha cola y la zona R, constituyendo por lo demás estas dos posiciones de A y B posiciones preferidas para las dos sondas.

30 Si se disponen las sondas como se indica

328530



en A y B y si se recoge la fórmula (5) citada, se tiene

$$2 \pi f_3'' = (\gamma' - \gamma'') H$$

5 si H es la misma en A y B. Pero si, como se supone, la intensidad del campo magnético en A y B comprende de hecho dos términos, a saber un primer término común  $H_0$  igual al campo magnético "terrestre" a medir, que no varía en absoluto entre A y B, y un segundo término  $h_A$  en el punto A y  $h_B$  en el punto B, debido a las perturbaciones magnéticas permanentes generadas en el avión esencialmente a partir de los circuitos y otros equipos de la zona R, la fórmula (5) pasa a ser

$$15 \quad 2 \pi f_3'' = \gamma' (H_0 + \xi h_A) - \gamma'' (H_0 + \xi h_B) \quad (6)$$

poniendo  $\xi = \pm 1$  y suponiendo que  $\gamma'$  es la relación giromagnética de los núcleos atómicos de la sonda colocada en el punto A e  $\gamma''$  es la relación giromagnética de los núcleos atómicos de la sonda colocada en el punto B.

20 La fórmula (6) puede describirse todavía

$$2 \pi f_3'' = (\gamma' - \gamma'') H_0 + \xi (\gamma' h_A - \gamma'' h_B) \quad (7)$$

La fórmula (7) incluye, con relación a la fórmula (5) un término correctivo

$$25 \quad \xi (\gamma' h_A - \gamma'' h_B)$$

Conforme al invento, se eligen los puntos A y B para que este término correctivo sea nulo, es decir, para que se tenga

$$30 \quad \gamma' h_A = \gamma'' h_B \quad (8)$$

328530



es decir, se eligen las posiciones de las dos sondas, cuyas sustancias activas incluyen partículas subatómicas (especialmente núcleos atómicos) de relaciones giromagnéticas diferentes para que, en estas dos posiciones, se tenga  
5 sensiblemente el mismo valor para el producto de la intensidad del campo magnético parásito permanente, en una posición, por la relación giromagnética de las partículas (o núcleos) de la sonda que está colocada en esta posición.

10 Se observará, en primer lugar, que se dispone en el punto tal como A, en que la intensidad del campo magnético parásito es menor, la sonda cuyos núcleos atómicos tienen la relación giromagnética más elevada.

15 Es ventajoso además, aunque no indispensable, colocar la sonda cuya relación giromagnética es más elevada cerca de la cola (en el punto A) y la otra sonda en la proximidad de la que está en B y una distancia  $a$  pequeña frente a la distancia  $d$ , de manera que  
20  $H_0$  sea efectivamente la misma en estos dos puntos.

Se observará igualmente que el funcionamiento correcto del magnetómetro supone que la relación  $h_A/h_B$  (que ha de permanecer igual a la relación  $Y''/Y'$ ) siga siendo invariable, es decir, que el varicentro magnético M (próximo al centro de la zona R) permanezca invariable. Se ha comprobado efectivamente que en los aviones habituales este varicentro se desplaza muy poco.

25 En la figura 2 se ha ilustrado un modo de realización de un magnetómetro apto para poner en  
30 práctica el invento del tipo descrito en la patente

328530



principal y utilizando el bombeo electrónico según la patente española número 241089 presentada el 29 de marzo de 1958.

5 El magnetómetro ilustrado en la figura 2 comprende dos generadores de resonancia magnética la dispuesta en A y lb dispuesto en B, apto para generar dos tensiones de frecuencia  $f'$  y  $f''$  iguales a la frecuencia de Larmor para dos partículas subatómicas, especialmente dos núcleos atómicos, de relaciones giromagnéticas  $\gamma'$  y  $\gamma''$  diferentes.

10 Cada uno de los generadores la, lb de resonancia magnética incluye un recipiente 2a, 2b que contiene una solución 3a, 3b que comprende, por una parte, un disolvente que contiene núcleos atómicos (diferentes para los dos recipientes) de momento magnético y de momento cinético no nulos y, por consiguiente, de relación giromagnética bien determinada y, que por otra parte, disuelto en este disolvente, un radical libre paramagnético que presenta una diferencia hiperfina (es decir, una frecuencia de resonancia en campo magnético nulo) relativamente elevada y un acoplamiento dipolar entre los spins de los electrones no emparejados del radical libre y los spins de los núcleos atómicos del disolvente, aumentando la saturación de una raya de resonancia electrónica de tal radical, por efecto Oberhauser-Abragam la intensidad de la señal, a la frecuencia de Larmor, de los núcleos atómicos.

25 A título de ejemplo, el recipiente 2a contiene una solución 3a de 200 cm<sup>3</sup> de agua que contiene en solución 0,5 g. de sulfato de peroxilamina (SO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NOK<sub>2</sub>, cuya frecuencia de resonancia en campo nulo es

328530



del orden de 56 MHz, mientras que el recipiente 2b contiene una solución 3b de 200 cm<sup>3</sup> de C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(EF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, en forma neta, saturada de sulfato de peróxilamina.

5            Los dos recipientes 2a, 2b están dispuestos a una cierta distancia a (de preferencia pequeña) uno de otro, siendo esta distancia de preferencia regulable, por ejemplo por desplazamiento de por lo menos uno de los recipientes, sobre una barra 2, y la raya de resonancia electrónica a 56 MHz del (SO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NOK<sub>2</sub>, Fremy,  
10            contenida en cada uno de los recipientes, es saturada por medio de una bobina 4a, 4b dispuesta en dicho recipiente y alimentada a través de un cable coaxial 5 por un generador u oscilador de alta frecuencia 6 que suministra una tensión sinusoidal de frecuencia igual a  
15            56 MHz, siendo la potencia consumida por el oscilador, por ejemplo, del orden de un watio.

                  Debido a la saturación de la raya de resonancia electrónica a 56 MHz del (SO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NOK<sub>2</sub>, la señal de resonancia magnética de los protones de la solución  
20            3a, por una parte, y de los núcleos de fluor de la solución 3b, por otra parte, en el campo magnético H que existe en la zona 7 ocupada por los recipientes 2a y 2b, presenta una intensidad mayor por el efecto Oberhauser-Abraham.

25            La señal a la frecuencia de Larmor en cada recipiente 2a y 2b es descubierta por medio de un montaje de tipo oscilador de spins.

                  Cada uno de estos montajes comprende dos bobinados 8a y 8b y 9a y 9b que rodean el recipiente y  
30            que pueden incluir, por ejemplo, respectivamente 6000 y

328530



200 espiras. Entre los bobinados externos 8a, 8b y 9a, 9b, por una parte, y las bobinas internas 4a, 4b, por otra parte, está prevista una pantalla eléctrica (no representada) que de tipo conocido, prácticamente impermeable a la radiación electromagnética a 56 MHz pero permeable a la radiación de resonancia magnética a la fre-

5

$$\text{cuencia } f' = \frac{\gamma'}{2} \cdot H, f'' = \frac{\gamma''}{2} \cdot H, \text{ respectiva-}$$

10

mente

Es solamente para la claridad del dibujo por lo que se han representado los bobinados 8a, 8b y 9a, 9b separados del recipiente 2a, 2b.

15

Entre los bornes de cada uno de los bobinados 8a, 8b está montado un condensador 10a, 10b, constituyendo el conjunto 8a-10a, 8b-10b un circuito resonante sintonizado a la frecuencia de Larmor  $f'$ ,  $f''$ , respectivamente.

20

Cada bobinado 8a, 8b está conectado a un amplificador lineal 11a, 11b, sin distorsión de fase, siendo este amplificador, de preferencia, un amplificador selectivo de banda pasante estrecha, centrada sobre  $f'$  o  $f''$ , respectivamente; en este caso, la selectividad del circuito resonante (cuyo factor de sobretensión o coeficiente de calidad puede ser del orden de 4 a 6 con objeto de reducir el arrastre de frecuencia o "pulling") y del amplificador elimina una gran parte del ruido de fondo y aumenta por consiguiente la relación señal/ruido.

25

El amplificador 11a, 11b, que puede tener



una ganancia del orden de 70 decibelios, suministrada a través de una resistencia 13a, 13b (que presenta una gran impedancia óhmica con relación a la impedancia sélfica de 9a, 9b, por ejemplo del orden de 100.000 ohmios), en el bobinado 9a, 9b. Los puntos centrales de los bobinados 8a, 8b y 9a, 9b y del amplificador 11a, 11b de cada vía están puestos a la masa.

Los ejes de los bobinados 8a, 8b y 9a, 9b son perpendiculares entre sí, con objeto de realizar un desacoplamiento eléctrico entre cada par de bobinados 8a-9a, y 8b-9b; el acoplamiento residual es hecho mínimo con ayuda de un potenciómetro de equilibrado 14a, 14b de 25.000 ohmios. En estas condiciones de desacoplamiento, solo el fenómeno de resonancia nuclear puede acoplar los bobinados 8a-9a, por una parte, y 8b-9b, por otra parte. Cuando el bobinado 8a, 8b es la sede de una f.e.m. alternativa de inducción nuclear a la frecuencia de Larmor correspondiente al campo magnético  $H (= H_0 + h_A \text{ o } H_0 + h_B)$  y la relación giromagnética  $\gamma' \text{ o } \gamma''$ , respectivamente está f.e.m., es amplificada por el amplificador 11a, 11b, y luego aplicada al bobinado 9a, 9b cuyo campo magnético asegura la permanencia de esta f.e.m. lo que realiza el entretenimiento de las oscilaciones. Se puede decir que el conjunto 8a-11a-9a con el recipiente 2a, por una parte, y 8b-11b-9b con el recipiente 2b, por otra parte, constituye un verdadero oscilador cuántico correspondiente a un oscilador clásico de reacción en el cual la curva de resonancia nuclear desempeña la misión de la curva del circuito oscilante en los osciladores clásicos; teniendo lugar el acopla-

328530



miento a la frecuencia de Larmor, el oscilador oscila a esta frecuencia.

5 En resumen, si se supone  $H = 0$ , ninguna corriente pasaría por el amplificador 11a, 11b debido al desacoplamiento entre los bobinados 8a-9a-, 8b-9b; por el contrario, cuando  $H$  es diferente de cero, los momentos magnéticos de los núcleos de hidrógeno de la solución 3a y de los núcleos de fluor de la solución 3b sufren una precesión a la frecuencia de Larmor y cada generador u oscilador nuclear 1a, 1b, en particular cada amplificador 11a, 11b, suministra una tensión de frecuencia igual a dicha frecuencia de Larmor, o sea  $f'$  para 11a y  $f''$  para 11b.

10 Un mezclador 15 recibe las tensiones, de frecuencias  $f'$  y  $f''$ , suministradas por las salidas 12a y 12b y suministra en su salida 24 una señal que presenta las frecuencias  $f'$ ,  $f''$ ,  $f' + f''$  y  $f' - f''$ . Un filtro pasabandas 16 no deja pasar más que la frecuencia  $f' - f''$  (cuando  $\gamma'$  y  $\gamma''$  son positivas como en el ejemplo elegido) sobre la cual está centrada su banda pasante.

15 De acuerdo con la fórmula 5, la frecuencia  $f'''$  de la tensión que sale del filtro 16 es estrictamente proporcional a la intensidad  $H_0$  del campo magnético a medir en la zona 7 e independiente de  $\omega$ . Además, conforme al invento, cuando la condición 8 es respetada,  $f'''$  es independiente de los campos magnéticos parásitos permanentes  $h_A$  en A y  $h_B$  en B.

20 La frecuencia  $f'''$  se mide en un frecuenciómetro 17 de tipo conocido y el valor de esta

328530 30 JUN 1965



frecuencia se registra por medio de un registrador 18.

En el ejemplo elegido y en el caso en que se mide la intensidad  $H$  (del orden de 0,5 Gauss) del campo magnético terrestre:  $f' = 2.100$  Hz,  $f'' = 1975$  Hz y  $f''' = 125$  Hz aproximadamente.

En una variante del montaje de la figura 2, el recipiente 2a podría contener una solución de  $(SO_3)_2^{NOK}_2$ , saturada de metafosfato de sodio, siendo entonces la segunda partícula el fósforo. Solo las frecuencias  $f''$  y  $f'''$  de sintonización son diferentes.

La medición de la frecuencia es, como en la patente principal, relativamente delicada si se quiere obtener una gran precisión, porque esta frecuencia es relativamente pequeña (se trata de una diferencia de frecuencias:  $f''' = f' - f''$  que es del orden de 125 Hz para el campo magnético terrestre en nuestra latitud cuando los núcleos atómicos son protones, por una parte, y núcleos de fluor, por otra parte).

Para medir tal frecuencia débil, es particularmente ventajoso utilizar el frecuenciómetro para bajas frecuencias descrito en la primera adición a la patente principal presentada el 22 de abril de 1965 con el número PV 14.224.

Aunque se haya ilustrado el invento en el caso de la utilización de dos osciladores de spins, especialmente con conjuntos de protones, por una parte, y conjuntos de núcleos de fósforo o de fluor, por otra parte, el invento puede ser puesto en práctica igualmente con estos mismos conjuntos de partículas, con otros tipos de generadores de resonancia magnética, por ejem-

328530



plo con los generadores del tipo Maser descritos en la patente española número 241089 presentada el 29 de marzo de 1958, o los generadores de precesión libre descritos en la patente francesa número 1.221.637 presentada el 23 de diciembre de 1958, utilizando estos dos tipos de generadores ventajosamente el efecto Overhauser-Abragam.

Por otra parte, se ha indicado, a título de ejemplo de solución de radical libre paramagnético (es decir con electrón no emparejado) utilizada en los recipientes 2a 2b una solución de  $(SO_3)_2NOK_2$ . En lugar de tal solución, se podrían utilizar soluciones de difenilpicrilhidracil o de un radical libre que incluya un grupo nitroxido radicalar cuya átomo de nitrógeno está unido por lo demás exclusivamente a dos átomos de carbono unidos cada uno a otros tres átomos de carbono (del tipo descrito en la patente belga número 514.472). Naturalmente, la frecuencia de saturación de la raya de resonancia electrónica, que es de 56 MHz en el caso del  $(SO_3)_2NOK_2$ , varía de un radical libre paramagnético a otro.

Finalmente, en el caso en que uno de los conjuntos de partículas subatómicas están constituido por un conjunto de núcleos de helio 3, el generador de la frecuencia de Larmor correspondiente a estos núcleos está constituido ventajosamente por un generador de bombeo óptico del tipo descrito por L.D. Schearer en "Advances in Quantum Electronics" en las páginas 239 a 251 (Editor J.R. Singer-Columbia University Press, Nueva York y Londres, 1961).

Se establece así un magnetómetro con

328530



resonancias magnéticas que presenta, con relación a los magnetómetros de la técnica anterior, numerosas ventajas, especialmente las siguientes:

5 En primer lugar, sus mediciones son independientes de las rotaciones del magnetómetro con relación a la dirección del campo magnético a medir.

10 Sus mediciones son igualmente independientes de los campos magnéticos parásitos permanentes generados por las imantaciones permanentes y las corrientes que alimentan los equipos de a bordo en el avión.

15 Las mediciones son absolutas si se compensan igualmente las otras perturbaciones a bordo del avión (campos inducidos por el campo magnético terrestre en los materiales ferromagnéticos, campos transitorios que aparecen durante el cierre o la apertura de un circuito eléctrico a bordo y campos inducidos por las corrientes de Foucault) por los medios clásicos conocidos.

20 El magnetómetro permite el registro automático de las variaciones de valor absoluto del campo magnético terrestre.

25 Como es evidente y como resulta ya además de lo que precede, el invento no se limita en absoluto a aquellos modos de aplicación, así como tampoco a aquellos modos de realización de sus diversas partes que han sido más especialmente considerados; abarca, por el contrario, todas las variantes.

30 Esta solicitud que corresponde a la presentada en Francia, el día 4 de febrero de 1966, bajo el número 48.472, se acoge a los beneficios del artículo 51 del

328530



vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- N O T A -

5                   1.- Mejoras introducidas en el objeto de la  
patente principal nº 306796 solicitada el 5 de diciembre  
de 1964, por "un procedimiento para medir la intensidad  
del campo magnético, especialmente del campo magnético  
débil" y concretamente en el dispositivo magnetómetro  
10 con resonancias magnéticas que realiza la compensación,  
no solo, como en la patente principal, del "efecto gi-  
roscópico" producido por la rotación del avión u otro  
móvil que lleva el magnetómetro, sino igualmente del  
campo magnético "permanente" producido por las imanta-  
15 ciones permanentes y las corrientes que alimentan los  
equipos de abordaje de un avión, comprendiendo este magne-  
tómetro, como en la patente principal, dos sondas que  
incluyen cada una una especie de partículas subatómi-  
cas de momentos magnéticos y cinético no nulos, teniendo  
20 estas dos especies de partículas relaciones giromagnéti-  
cas diferentes, medios aptos para excitar y descubrir  
la resonancia magnética de estas especies de partícu-  
las, medios de medición de las dos frecuencias de reso-  
nancia magnética de estas dos especies de partículas y  
25 medios para medir la diferencia algebraica de las dos  
frecuencias de resonancia magnética, y estando caracte-  
rizado por el hecho de que las dos sondas están dis-  
puestas en dos posiciones tales que se tiene sensible-  
mente el mismo valor en estas dos posiciones para el  
30 producto de la intensidad, en una posición, del campo

328530



magnético parásito permanente por la relación giromagnética de las partículas de la sonda que está colocada en esta posición.

5                   2.- Las mejoras según la reivindicación 1,  
estando el magnetómetro dispuesto en un avión, caracterizado por el hecho de que la sonda con las partículas de relación giromagnética más elevada está dispuesta en la cola del avión, mientras que la otra sonda está dispuesta a poca distancia de la primera sonda, entre ésta  
10                   y el varicentro de las masas magnéticas del avión.

                  3.- Mejoras introducidas en el objeto de la patente principal nº 306.796, solicitada el 5 de diciembre de 1964, por: "Un procedimiento para medir la intensidad del campo magnético, especialmente del campo  
15                   magnético débil".

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y con los fines que se han especificado.

20                   Esta Memoria consta de veinte hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 30 JUN 1966

P.A.

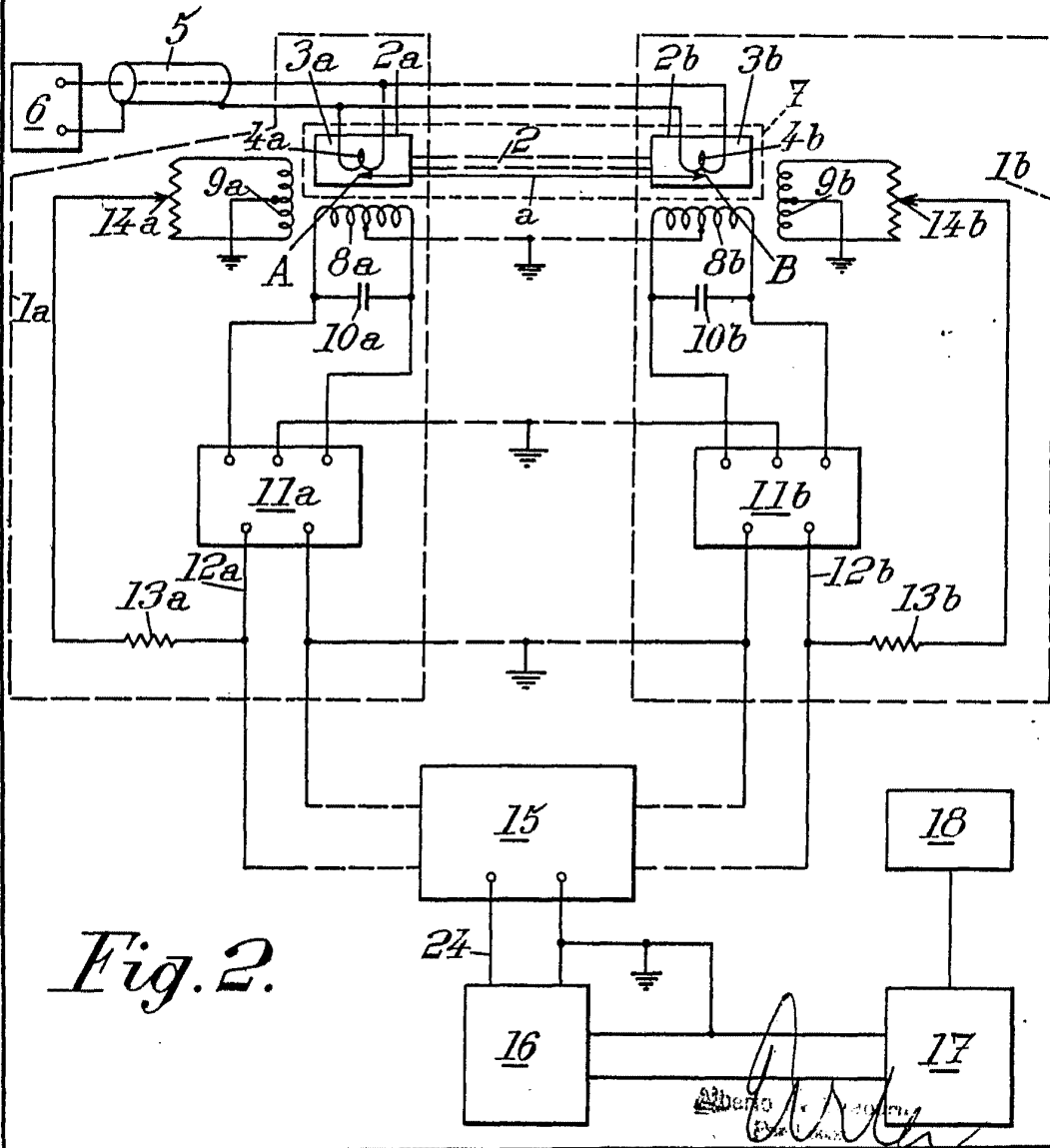
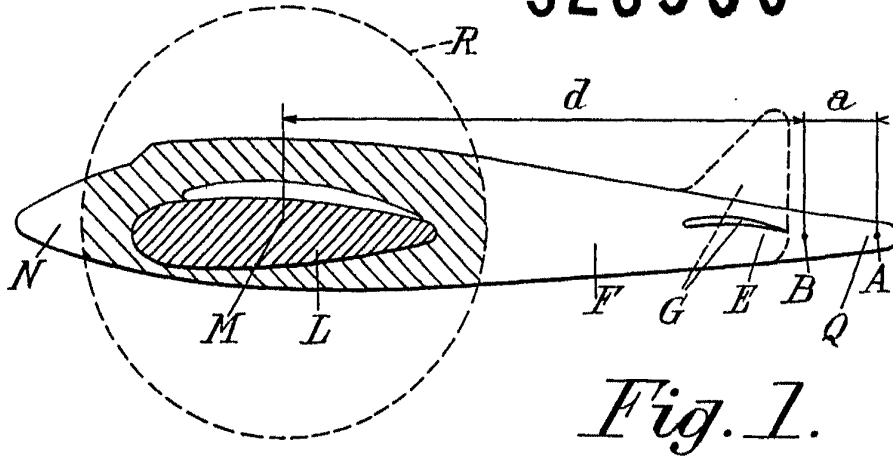
Alberto de Izaburu  
Por Poder

fb.

*M 24*



328530



Alberto ...