



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 297 738**

51 Int. Cl.:

G01B 11/14 (2006.01)

G01B 21/16 (2006.01)

G01B 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **05767914 .4**

86 Fecha de presentación : **04.07.2005**

87 Número de publicación de la solicitud: **1766327**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **28.03.2007**

54 Título: **Determinación de la medida de un intersticio radial.**

30 Prioridad: **12.07.2004 EP 04016357**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2008

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es: **Pfeifer, Uwe y
Zidorn, Michael**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 297 738 T3

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

ES 2 297 738 T3

DESCRIPCIÓN

Determinación de la medida de un intersticio radial.

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la determinación de la medida de un intersticio radial entre componentes giratorios y fijos contra giro, especialmente entre los de una máquina de flujo continuo. Además, la invención se refiere a una máquina de flujo continuo con un dispositivo de este tipo.

10 Las máquinas de circulación, como por ejemplo compresores o turbinas, presentan en el canal de circulación alternando, respectivamente, una pala de guía fijas contra giro dispuestas en coronas y unas palas de circulación conectadas fijamente con el rotor giratorio de la máquina de flujo continuo. Las puntas radialmente externas de las palas de circulación forman intersticios radiales con una superficie de limitación, dispuesta radialmente en el exterior, del canal de circulación. Dado el caso, las puntas de las palas de guía forman intersticios radiales con la superficie de limitación interior del canal de circulación, que se forma por la superficie exterior del rotor. Para la medición de estos
15 intersticios radiales durante el funcionamiento existen diferentes procedimientos.

El documento US 4.383.819 describe una medición del intersticio radial por medio de microondas, que son reflejadas por un componente giratorio.

20 El documento US 4.326.804 describe un procedimiento para la medición del intersticio radial entre el anillo de guía y las palas de circulación de una turbina. En cada punta de las palas de circulación está previsto un medio de reflexión de la luz, que refleja un radio de luz de medición, con preferencia luz láser. A través de un sistema de lentes se desvía el rayo de luz reflejado en cada caso sobre un detector de la posición del punto de luz. Este foco aparece en función del intersticio radial en el detector en una posición, a partir de la cual se determina el intersticio radial. En este
25 caso, se realiza una medición para cada pala de circulación por cada revolución.

Se conoce, además, a partir del documento DE 27 30 508 un procedimiento óptico para la determinación de la distancia entre un componente fijo estacionario y un componente giratorio. En virtud de un rayo de luz cónico, emitido por una fuente de luz, éste proyecta, en función de la medida del intersticio, sobre un receptor intensivo de luz, una mancha de luz de diferente tamaño, que es evaluada para la medición de la distancia.
30

Además, la publicación de patente DE 196 01 225 C1 publica un dispositivo para la supervisión del intersticio radial de una turbina, en el que sobre una pala de turbina está previsto un punto de referencia de medición para la reflexión de la luz, que está dirigido desde una sonda de fibras de vidrio, guiada a través de la carcasa de la turbina, sobre el punto de referencia de medición. Durante el funcionamiento de la turbina se comparan las diferencias de intensidad detectadas realmente entre la luz emitida y la luz recibida con las diferencias de la intensidad calculadas durante una medición de referencia y a partir de la desviación de la diferencia de la intensidad entre la medición real y la referencia, se calcula el tamaño del intersticio radial.
35

40 Se conoce, además, a partir del documento EP 492 381 A2 un procedimiento para la medición del juego de las puntas en palas de turbinas con un emisor y un receptor ópticos, en el que el receptor recibe la luz reflejada por las palas de la turbina y en este caso evalúa el desarrollo temporal de la intensidad de la reflexión.

Estos procedimientos se basan en la colocación de un emisor y de un receptor configurado como sensor en el sistema en reposo, por ejemplo en la pared de limitación exterior o en la carcasa, para reconocer, utilizando efectos ópticos, el componente giratorio y, por lo tanto, que pasa por delante del receptor o por delante de la punta del sensor, o bien para determinar la distancia con respecto al mismo en este instante.
45

En general, estos procedimientos se caracterizan porque los receptores o bien sensores empleados no se pueden miniaturizar por debajo de un límite determinado y, por lo tanto, poseen una medida no insignificante. Además, algunos procedimientos necesitan una electrónica de alimentación o bien de emisión costosa.
50

Estos sensores no se pueden montar en la punta de una pala de guía libre de una máquina de flujo continuo, puesto que un sensor de este tipo influiría de forma negativa en el comportamiento de oscilación propia de las palas de guía. Éstas podrían ser excitadas a oscilaciones durante el funcionamiento, lo que reduce la duración de vida útil de las palas.
55

Una disposición de sensores en el sistema giratorio no es posible o requiere un gasto alto injustificado para alimentar la electrónica la mayoría de las veces costosa. Si están previstos sensores, o especialmente receptores, en el sistema giratorio, puede ser necesaria, para la derivación de la información a partir del sistema giratorio, una instalación de telemetría intensiva de costes o propensa a fallos, lo que eleva el gasto general.
60

El cometido de la invención es indicar un procedimiento de coste favorable y fiable y un dispositivo para la determinación de la medida de un intersticio radial entre componentes giratorios y fijos contra giro, que presenta sensores con masa comparativamente reducida y volumen reducido.
65

Además, el dispositivo y el procedimiento deberían presentar requerimientos generales, como por ejemplo una insensibilidad frente a la presión y la temperatura, una zona de trabajo grande, es decir, dinámica, con respecto a la

ES 2 297 738 T3

temperatura de aplicación así como el número de revoluciones y/o deberían estar libres de ajuste o calibración. Otro cometido de la invención es indicar la utilización de tal dispositivo para la supervisión del intersticio radial.

5 El cometido referido al procedimiento se soluciona a través de las características de la reivindicación 1 o a través de las características de la reivindicación 2. El último cometido mencionado se soluciona a través de las características de la reivindicación 18. Las configuraciones ventajosas se indican, respectivamente, en las reivindicaciones dependientes.

10 Una solución del cometido referido al procedimiento prevé que para la determinación de la medida de un intersticio radial entre componentes giratorios y fijos contra giro, especialmente entre los de una máquina de flujo continuo, una señal original difundida como onda de radio por una instalación de emisión dispuesta en la superficie del componente giratorio es recibida por una instalación de recepción dispuesta sobre el componente fijo contra giro y es transmitida a una instalación de evaluación, cuya instalación de evaluación determina y representa a partir de la señal de recepción, a través de la determinación de los parámetros de la curva de la trayectoria (determinación de la trayectoria) de la
15 instalación de emisión giratoria, la medida del intersticio radial.

Otra solución del cometido referido al procedimiento prevé que para la determinación de la medida de un intersticio radial entre componentes giratorios y fijos contra giro, especialmente entre los de una máquina de flujo continuo, una señal original difundida o bien emitida como onda de radio por una instalación de emisión dispuesta en el componente fijo contra giro es reflejada modificada por una estructura de reflexión dispuesta sobre el componente giratorio, de manera que esta señal es recibida como señal de recepción por una instalación de recepción dispuesta sobre el componente fijo contra giro y es transmitida a una instalación de evaluación, cuya instalación de evaluación evalúa a partir de la señal de recepción, su modificación con respecto a la señal original para la determinación de los parámetros de la curva de la trayectoria (determinación de la trayectoria) de la estructura de reflexión giratoria, con el fin de determinar
25 y representar la medida del intersticio radial.

Las dos soluciones se basan en la idea de la invención de que a través de la determinación de los parámetros de la curva de la trayectoria de un punto definido, dispuesto sobre el componente giratorio, es decir, a través de la determinación de su trayectoria, se puede determinar la medida del intersticio radial. A tal fin sirve la posición de la
30 instalación de recepción como punto de referencia fijo.

Al menos temporalmente se detecta la distancia variable con el tiempo entre el punto definido giratorio, que puede ser, por una parte, la instalación de emisión dispuesta sobre el componente giratorio o, por otra parte, la estructura de reflexión, y la posición de la instalación de recepción como punto de referencia estacionario, en función del ángulo de giro del componente giratorio. El grafo de la función del valor absoluto de la distancia en función del ángulo de giro se deriva a través de la instalación de evaluación (determinación de la trayectoria), a partir de la cual se determina el parámetro deseado, a saber, la distancia mínima entre la instalación de emisión giratoria y la instalación de recepción dispuesta fija contra giro, que corresponde al intersticio radial entre el componente giratorio y el componente fijo
40 contra giro.

Las ondas de radio presentan, frente a las ondas ópticas, la ventaja de que se pueden generar, transmitir, difundir, recibir y procesar adicionalmente con componentes electrónicos comparativamente sencillos. Además, a través del empleo de ondas de radio se consigue un campo de aplicación especialmente grande, es decir, dinámica.

45 En una configuración ventajosa, las señales son ondas de radio electromagnéticas de alta frecuencia (HF) con una frecuencia en el intervalo entre 0,5 MHz y 100 GHz, especialmente con una frecuencia en el intervalo de 100 MHz a 10 GHz. A través de la utilización de ondas de radio electromagnéticas se consigue una independencia general frente al medio que se encuentra en el intersticio radial. Además, para las ondas de radio electromagnéticas están disponibles a coste favorable unos componentes de emisión y recepción comparativamente pequeños y pobres de masas con una alta resolución, dinámica, que posibilitan a altos números de revoluciones, como aparecen, por ejemplo, durante el funcionamiento de una máquina de flujo continuo, una medición diferencial del intersticio radial.

De acuerdo con otra configuración ventajosa, la instalación de evaluación para la determinación de la distancia entre el punto giratorio y el punto de referencia evalúa la intensidad de campo o bien la intensidad de la señal de recepción. La instalación de emisión circundante, es decir, giratoria como punto definido se aproxima y se aleja periódicamente sobre su trayectoria circular de la instalación de recepción fija estacionaria, de manera que, en función de la distancia de las dos instalaciones entre sí, se recibe una intensidad de campo variable continuamente o bien una intensidad de la señal de recepción por la instalación de recepción. En este caso, la intensidad de campo o bien la intensidad de la señal de recepción es máxima en el lugar en el que la instalación de emisión y la instalación de recepción están colocadas opuestas bajo la formación de la distancia mínima posible. En el caso de aplicación de ondas electromagnéticas como señales se evalúa la intensidad de campo.

En lugar de la instalación de emisión, puede estar prevista sobre el componente giratorio una estructura de reflexión, que refleja una señal original difundida como onda de radio por la instalación de emisión montada ahora de forma fija contra giro hacia la instalación de recepción montada de forma fija contra giro y en este caso lleva a cabo una manipulación, es decir, una modificación de la señal original, que es reconocida por la instalación de evaluación. La instalación de evaluación está equipada, además, de una manera similar a la primera solución.

ES 2 297 738 T3

La determinación de la trayectoria, es decir, los parámetros de la curva de la trayectoria de un punto definido sobre una trayectoria circular giratoria, se puede determinar de una manera alternativa, evaluando, en lugar de la medición de la intensidad o bien de la intensidad de campo, el desplazamiento de la frecuencia de la señal de recepción provocado por el efecto de Doppler. En el caso de una instalación de emisión móvil, se modula la señal original emitida por ella como onda de radio a través del efecto de Doppler.

De acuerdo con una propuesta ventajosa, la instalación de evaluación filtra la frecuencia Doppler, es decir, la frecuencia diferencial de la señal de recepción a través de demodulación de frecuencia a partir de la señal de recepción. Sobre la base de la duración temporal de la modificación de la frecuencia diferencial se puede determinar a partir de ella la medida del intersticio radial.

La primera solución del cometido referido al dispositivo prevé que para la realización del procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 3 a 7, para la determinación del intersticio radial entre componentes giratorios y fijos contra giro, especialmente entre los de una máquina de flujo continuo, sobre el componente giratorio esté dispuesta una instalación de emisión que difunde ondas de radio de alta frecuencia y sobre el componente fijo contra giro esté dispuesta una instalación de recepción que recibe ondas de radio de alta frecuencia, que está en conexión de comunicación con una instalación de evaluación.

En una configuración ventajosa del dispositivo, la instalación de emisión se puede alimentar con energía por medio de un acoplamiento inductivo desde el componente fijo contra giro. De una manera alternativa a ello, la instalación de emisión puede ser alimentada con energía a través de una batería dispuesta de la misma manera sobre el componente giratorio. De este modo es posible una alimentación de energía sin contacto y, por lo tanto, libre de desgaste de la instalación de emisión. En virtud de la configuración de la instalación de emisión económica, la capacidad de una batería es suficiente para alimentar con energía la instalación de emisión durante varios años, por ejemplo hasta que el mantenimiento de la máquina de flujo continuo posibilita la liberación del rotor y, por lo tanto, la sustitución de la batería.

Una segunda solución del cometido relacionado con el dispositivo prevé que para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 7, para la determinación del intersticio radial entre componentes giratorios y fijos contra giro, especialmente entre los de una máquina de flujo continuo, sobre el componente giratorio esté dispuesta una estructura de reflexión, desde la que se pueden recibir y difundir ondas de radio de alta frecuencia, así como sobre el componente fijo contra giro esté dispuesta una instalación de emisión, que emite ondas de radio de alta frecuencia y con una instalación de recepción que procesa ondas de radio de alta frecuencia, cuya instalación de recepción está en conexión de comunicación con una instalación de evaluación.

De una manera más conveniente, la estructura de reflexión está formada por un dipolo, dispuesto sobre una capa de soporte aislada, con un diodo de HF, que está configurado de una manera preferida como dipolo pasivo no lineal. El dipolo recibe la señal original difundida por la instalación de emisión y emite por medio del diodo de HF una onda electromagnética de retorno con una frecuencia aproximadamente duplicada que es modulada, además, a través de la rotación con el efecto de Doppler. La instalación de recepción filtra, a partir de la señal de recepción, la onda electromagnética con una frecuencia de emisión duplicada y la transmite a la instalación de evaluación. De esta manera, se ignoran las ondas electromagnéticas reflejadas de todos modos por una superficie metálica o bien plana del componente giratorio, que presentan la misma frecuencia que la señal original. Las instalaciones trabajan con ondas de radio, cuyas frecuencias se encuentran en el intervalo entre 0,5 MHz y 100 GHz, de una manera preferida entre 100 MHz y 10 GHz.

Se puede conseguir una disposición lo más coaxial posible de la instalación de emisión y de recepción cuando la instalación de emisión y la instalación de recepción comprenden en cada caso una antena de emisión y una antena de recepción, respectivamente, que presenta una curva característica de rayo puntual o bien una curva característica de rayo lineal.

Para la solución del cometido relacionado con la utilización, la invención propone que una máquina de flujo continuo con un dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 13 ó 14 a 17 esté equipada de tal manera que se pueda realizar un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7. De esta manera, se pueden supervisar intersticios radiales de la máquina de flujo continuo configurada como turbina de gas con preferencia estacionaria, que puede adoptar valores críticos especialmente en el caso de un arranque en caliente de la máquina de flujo continuo. Además, se puede realizar de una manera especialmente exacta un desplazamiento axial, realizado para el incremento del rendimiento, del rotor de una máquina de flujo continuo, que presenta un canal de circulación cónico. El medio de circulación de la máquina de flujo continuo se conduce de esta manera, de acuerdo con las disposiciones, por delante de las palas de circulación de la máquina de flujo continuo, pudiendo reducirse al mínimo las pérdidas de circulación en el medio de circulación, provocadas por medio de las puntas de las palas a través del intersticio radial.

La invención se explica con la ayuda de un dibujo. En este caso:

La figura 1 muestra de forma esquemática una disposición de medición para la determinación de los parámetros de la curva de la trayectoria relativa de un punto giratorio.

La figura 2 muestra un diagrama de la función de la distancia $s = f(\varphi)$.

ES 2 297 738 T3

La figura 3 muestra un diagrama de la función de la velocidad $ds/d(\varphi)$.

La figura 4 muestra la frecuencia diferencial de una señal de ondas acústicas, modulada a través del efecto de Doppler, de una instalación de emisión móvil.

La figura 5 muestra la frecuencia diferencial de una señal de HF electromagnética modulada a través del efecto de Doppler, de una instalación de emisión móvil.

La figura 6 muestra una representación esquemática de una máquina de flujo continuo configurada como turbina de gas.

La figura 7 muestra un dispositivo de acuerdo con la invención para la determinación de la medida del intersticio radial, y

La figura 8 muestra un dispositivo de acuerdo con la invención, configurado de forma alternativa, para la determinación del intersticio radial.

La figura 6 muestra una máquina de flujo continuo 1 de acuerdo con la invención como turbina de gas con un compresor 3, una cámara de combustión 5 y una unidad de turbinas 7. En el compresor 3, en el rotor 9 de la turbina de gas están dispuestas unas palas de circulación 13, que comprimen con las palas de guía 11 fijadas en la carcasa 10 la corriente de aire 15 aspirada en el canal de circulación 6. En la cámara de combustión 5 se quema la corriente de aire 15 comprimida bajo la adición de un combustible para obtener un gas caliente 7, que se expande prestando trabajo en la unidad de turbinas 7 en las palas de guía 11 y en las palas de circulación 13. En este caso, se acciona el rotor 9, que acciona también una máquina de trabajo, por ejemplo, un generador eléctrico.

La figura 2 muestra un fragmento de la disposición de medición del procedimiento de trayectoria propuesto. Alrededor del origen de las coordenadas $P(0,0)$ del sistema cartesiano de coordenadas $P(x, y)$, a través del cual se extiende el eje de giro 2 del rotor 9 de la turbina de gas, gira con un radio r una instalación de emisión 22 sobre una trayectoria circular K . La instalación de emisión 22 puede estar dispuesta, por ejemplo, en la superficie del rotor 9, que forma la superficie de limitación interior para el canal de circulación 6 de la turbina de gas.

Una instalación de recepción 24 dispuesta de forma fija contra giro se encuentra en este caso fuera de la trayectoria circular K , por ejemplo en el extremo libre de una pala de guía 11 fija estacionaria de la turbina de gas, que está colocada opuesta a la superficie de limitación interior bajo la formación de un intersticio radial 18 (figura 6).

La distancia s entre la posición continuamente variable de la instalación de emisión 22 y la instalación de recepción 24 se calcula al menos temporalmente. El valor absoluto mínimo de la distancia s es la distancia s_0 a supervisar y a determinar, que se puede determinar en la turbina de gas como medida del intersticio radial 18 entre los componentes fijos contra giro y giratorios.

En la rotación del rotor 9 con velocidad angular constante se obtiene para la distancia s con resolución de tiempo y resolución de lugar una dependencia funcional del ángulo de giro del rotor 9 y de la distancia s_0 :

$$s = f(\varphi, s_0), \quad (1)$$

que se representa al menos parcialmente en el diagrama de la figura 2. El fragmento considerado del ángulo de giro se extiende desde 86° hasta 94° , en el supuesto de que la posición de la instalación de recepción 24 fijada en la pala de guía fija estacionaria se encuentre en el punto $P(0, y_E)$, es decir, que la instalación de recepción 24 está dispuesta sobre la ordenada.

En el caso de una disposición de medición con un radio $r = 0,5$ m del rotor, la figura 2 muestra la dependencia de la distancia a desde el ángulo de giro para tres distancias s_0 diferentes, de manera que se obtienen tres curvas de trayectorias relativas diferentes. Los tres grafos de la función de la distancia 26 que resultan de ello se representan en la figura 2. Cada grafo de la función de la distancia 26 presenta, con un ángulo de $\varphi = 90^\circ$, un mínimo relativo 27 de la curva de la trayectoria calculada de la instalación de emisión 24.

Puesto que la distancia s_0 debe medirse durante el funcionamiento, es conveniente no medir la distancia s , sino la velocidad de la instalación de emisión 24 a través de la primera derivación $ds/d(\varphi)$ de la distancia s .

La primera derivación de la función de la distancia representada en la figura 2 se representa como función de la velocidad en la figura 3. De acuerdo con la distancia mínima s_0 existente, los gradientes de los grafos de la función de la velocidad 28 están empujados de forma diferente. Los grafos de la función de la velocidad 28 se aplanan tanto más cuanto mayor es la distancia mínima s_0 existente entre la instalación de emisión 22 y la instalación de recepción 24 con un ángulo de $\varphi = 90^\circ$.

A través del cálculo de un ángulo de giro necesario $\Delta\varphi$, en el que el grafo de la función de la velocidad 28 se encuentra dentro de un intervalo $[G_u, G_o)$ definido por un límite inferior de la velocidad G_u y por un límite superior

ES 2 297 738 T3

de la velocidad G_0 , se puede determinar la medida del intersticio. El ángulo de giro $\Delta\varphi$ calculado de esta manera es proporcional a la medida del intersticio radial 18, es decir a la distancia s_0 . A través de la velocidad angular constante del rotor 9, que es forzosamente necesaria para la generación de la corriente con máquinas estacionarias de flujo continuo, se puede calcular el ángulo de giro $\Delta\varphi$ por medio de un cálculo lineal en una duración de tiempo.

Para la medición de la distancia se pueden utilizar diferentes formas de la señal, es decir, medios de soporte y diferentes procedimientos de detección. Como medios de soporte sirven ondas acústicas o bien ondas ultrasónicas o ondas de radio electromagnéticas. Como procedimiento de detección se puede emplear, por una parte, la medición de la intensidad en las ondas acústicas o, por otra parte, la medición de la intensidad de campo en el caso de ondas de radio electromagnéticas. Además, se puede utilizar el efecto de Doppler como procedimiento de detección para ambos medios de soporte.

Con la ayuda del efecto de Doppler se describe a continuación el procedimiento de detección.

La figura 4 muestra las frecuencias diferenciales eliminadas por filtración desde la señal de recepción en el caso de empleo de instalaciones de emisión y de recepción 22, 24 basadas en ultrasonidos. Si se calcula el intersticio radial, por ejemplo, con una frecuencia de emisión de $f_0 = 40$ kHz, un radio de $r = 0,5$ m y un número de revoluciones de $n = 3600$ min^{-1} utilizando las instalaciones de emisión y de recepción basadas en ultrasonidos, entonces se puede reconocer que es previsible una señal de recepción útil y diferenciable solamente en el intervalo del ángulo de giro de $\Delta\varphi = \pm 2^\circ$. En el caso de una frecuencia de emisión de $f_0 = 40$ KHz, sin embargo, en este intervalo solamente caen aproximadamente de 4 a 6 oscilaciones, con lo que solamente es posible con condiciones una diferenciación suficientemente exacta de los grafos de la función de la frecuencia de Doppler 30 para la aplicación en una máquina de flujo continuo con un número de revoluciones de $n = 3600$ min^{-1} . Si deben supervisarse intersticios radiales 18 con números de revoluciones menores, entonces puede ser suficiente el empleo de coste favorable de instalaciones de emisión y de recepción 22, 24 basadas en ultrasonido.

En el supuesto de una velocidad constante de propagación de las ondas, la consideración de la ecuación de Doppler

$$f = \frac{f_0}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)} \quad (2)$$

en la aproximación y

$$f = \frac{f_0}{\left(1 + \frac{v}{c}\right)} \quad (2)$$

a distancia, muestra que el alcance previsible de la frecuencia, es decir, el intervalo de la frecuencia, en el que se encuentran las frecuencias diferenciales previsible, es proporcional a la frecuencia de emisión. Por lo tanto, es favorable una frecuencia de emisión lo más alta posible para obtener una señal de recepción especialmente bien evaluable.

Si se emplea, en lugar de la instalación de emisión y de recepción basada en ultrasonidos una instalación de emisión y de recepción de alta frecuencia (HF), por ejemplo con una frecuencia de emisión de $f_0 = 435$ MHz, es posible una diferenciación suficientemente exacta del grafo de la función de la frecuencia de Doppler 30 calculada por la instalación de evaluación. Por lo tanto, en este caso se pueden eliminar por filtración de la frecuencia de recepción las frecuencias de Doppler especialmente bien evaluables. Para el ejemplo seleccionado, presentan una gama de frecuencias de $[-280\text{Hz}, 280 \text{ Hz}]$.

A este respecto, la figura 5 muestra los grafos de la función de la frecuencia de Doppler 30 con parámetros idénticos a la figura 4. A partir de la pendiente de los grafos de la función de la frecuencia de Doppler 30', 30'', 30''' respectivos o bien de sus gradientes se puede calcular la medida correspondiente del intersticio y, por lo tanto, la distancia s_0 .

La frecuencia de emisión $f_0 = 435$ MHz seleccionada en el ejemplo está liberada para telemetría. Además, están disponibles en el comercio componentes de emisión/recepción económicos, optimizados en la función y miniaturizados como SMD (Dispositivo Montado en la Superficie), cuyas medidas son insignificantes con relación a una pala de guía libre. En este caso son deseables y se pueden conseguir también frecuencias más elevadas.

La frecuencia diferencial se puede obtener a través de demodulación de la frecuencia a partir de la señal de recepción. La determinación de la medida del intersticio buscada se puede derivar a partir de la determinación del ángulo de giro $\Delta\varphi$, que se puede determinar a partir de la duración, en la que se encuentra el grafo de la función de la frecuencia diferencial 30 en el intervalo de frecuencias $[-200 \text{ Hz}, + 200 \text{ Hz}]$. Para la evaluación de la señal se puede utilizar, por ejemplo, un procesador de señales.

ES 2 297 738 T3

De una manera más conveniente, para la instalación de emisión y de recepción 22, 24 es suficiente un alcance de aproximadamente 20 cm, de manera que solamente son necesarias potencias de emisión extraordinariamente reducidas en la zona Sub-mW. Como consecuencia de ello, es previsible un consumo de corriente muy reducido de la instalación de emisión, lo que posibilita un montaje en el sistema giratorio. La energía de alimentación necesaria se puede acoplar sin contacto (inductiva) en el sistema giratorio. De una manera alternativa, es concebible también una alimentación con batería con células de aluminio habituales en el comercio, con las que se pueden conseguir tiempos de funcionamiento suficientes. Además, a través del alcance limitado se calcula sólo temporalmente el intersticio radial.

Hay que indicar que en lugar de la frecuencia diferencial se puede utilizar también la intensidad de campo de una señal electromagnética o la intensidad de una onda acústica de una manera similar para la determinación de la función de la distancia $s = f(\varphi, s_0)$.

La conversión técnica para la determinación de la función de la distancia se describe a continuación con la ayuda del efecto de Doppler, puesto que éste aparece de una manera independiente de la forma de la señal seleccionada. Después del cálculo de la curva de la intensidad de campo, de la curva de la intensidad o bien del desplazamiento de la frecuencia se aplica para todas las conversiones técnicas el procedimiento de la trayectoria para la determinación de la medida del intersticio.

Las figuras 7 y 8 muestran de forma esquemática varias estructuras de una cadena de medición para la determinación de la medida de un intersticio radial entre un sistema giratorio y un sistema estacionario, es decir, entre un componente giratorio y un componente estacionario.

La figura 7 muestra una configuración de la invención, en la que la instalación de emisión 22, incluida la alimentación de energía, está dispuesta sobre el sistema giratorio, es decir, sobre el rotor. La instalación de emisión 22 presenta una fuente de energía 32, un generador de frecuencia 34 y una antena de emisión 36.

El sistema estacionario presenta, por su parte, una antena de recepción 40. Sobre la base del efecto de Doppler, la instalación de recepción 24' presenta un demodulador de FM 41 y un oscilador de HF 42. Si se evalúa, en lugar del efecto de Doppler, la intensidad de campo o bien la intensidad de la señal de recepción, la instalación de recepción 24' comprende, además de la antena de recepción 40, un detector de la intensidad de campo 43.

La instalación de recepción 24 está acoplada a una instalación de evaluación 48, en la que se lleva a cabo la determinación de la trayectoria.

La figura 8 muestra una configuración alternativa. Una instalación combinada de emisión y de recepción 50 está dispuesta fija estacionaria, la cual está conectada en una instalación de evaluación 48.

Cuando la frecuencia diferencial provocada a través del efecto de Doppler debe ser evaluada para la determinación de la medida del intersticio, la instalación combinada de emisión y de recepción 50' presenta, además, de la antena de emisión y la antena de recepción 51, un oscilador de HF 42, un generador de frecuencia 34 y un demodulador de FM 41. Si como procedimiento de detección sirve la medición de la intensidad de campo o bien la medición de la intensidad, entonces la instalación combinada de emisión y de recepción 50' comprende un generador de frecuencia 34 y un detector de la intensidad de campo 43.

Para modificar la señal original, difundida por la instalación de emisión y de recepción 50, con una frecuencia f_s a través del sistema giratorio, está dispuesta en este sistema una estructura de reflexión 52, por ejemplo un dipolo pasivo no lineal con un diodo de HF, que está dispuesto sobre una capa de aislamiento o bien capa de soporte que no refleja la onda de radio electromagnética. El dipolo recibe la señal original, si ésta se encuentra en el alcance de la antena de emisión y de recepción 51. El dipolo no lineal duplica, con la ayuda del diodo de HF, la frecuencia f_s de la señal original recibida y emite una señal con frecuencia duplicada f_E como señal de recepción de retorno a la instalación de recepción. A través del movimiento del dipolo, que se encuentra sobre la trayectoria circular K, se modula la señal retornada, de manera que la antena de emisión y de recepción 51 puede recibir la señal de recepción duplicada en la frecuencia y modulada con el efecto de Doppler. La instalación de recepción 50 extrae, es decir, filtra a partir del espectro de frecuencias recibido, solamente la señal con la frecuencia f_E duplicada y la transmite a la instalación de evaluación 48. La instalación de evaluación 48 determina, por medio de la intensidad de campo variable o bien por medio de la frecuencia Doppler variable de la señal de recepción, los parámetros de la curva de la trayectoria (determinación de la trayectoria), a partir de los cuales se puede determinar la medida del intersticio radial entre el sistema o bien el componente giratorio y el estacionario.

Las reflexiones de la señal original, que se producen a través de las superficies lisas o de otra manera, que presentan esencialmente la misma frecuencia que la señal original, son ignoradas o bien eliminadas por filtración por la instalación de recepción.

Los dispositivos de acuerdo con la invención tienen la ventaja de que se pueden emplear en un intervalo de temperatura de 0°C a 450°C. Además, el procedimiento de detección es independiente de la naturaleza de la superficie, de la propiedad geométrica y de las propiedades físicas del componente giratorio. Además, los dispositivos están libres de ajuste y solamente después del montaje por primera vez requieren una calibración, que es suficiente entonces para toda la duración de vida útil del dispositivo.

ES 2 297 738 T3

En virtud de los sensores comparativamente pobres de masa y pequeños, se puede medir de esta manera el intersticio radial que existe entre la punta de una pala de guía libre y el cubo del rotor. Naturalmente, también es concebible una utilización, en la que en la punta de una pala de circulación, libre o con cinta de cubierta, está prevista una instalación de reflexión o una instalación de emisión, y al menos la antena de recepción de la instalación de recepción está prevista en la superficie de limitación exterior.

5

Cuando, por ejemplo, cada pala de circulación de una corona de palas de circulación presenta una instalación de emisión, y/o varias antenas de recepción están distribuidas sobre la periferia, se puede realizar una determinación mejorada o bien simultánea en varios lugares de la medida del intersticio.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de la medida de un intersticio radial (18) entre componentes giratorios y fijos contra giro, especialmente entre los de una máquina de flujo continuo (1), en el que una señal original difundida como onda de radio por una instalación de emisión (22) dispuesta en la superficie del componente giratorio es recibida por una instalación de recepción (24) dispuesta sobre el componente fijo contra giro y es transmitida a una instalación de evaluación (48), cuya instalación de evaluación (48) determina y representa a partir de la señal de recepción, a través de la determinación de los parámetros de la curva de la trayectoria, por lo tanto, a través de la determinación de la trayectoria, de la instalación de emisión giratoria (22), la medida del intersticio radial (18).

2. Procedimiento para la determinación de la medida de un intersticio radial (18) entre componentes giratorios y fijos contra giro, especialmente entre los de una máquina de flujo continuo (1), en el que una señal original difundida o bien emitida como onda de radio por una instalación de emisión (50) dispuesta en el componente fijo contra giro es reflejada modificada por una estructura de reflexión (52) dispuesta sobre el componente giratorio, de manera que esta señal es recibida como señal de recepción por una instalación de recepción (50) dispuesta sobre el componente fijo contra giro y es transmitida a una instalación de evaluación (48), cuya instalación de evaluación (48) evalúa a partir de la señal de recepción, su modificación con respecto a la señal original para la determinación de los parámetros de la curva de la trayectoria, es decir, para la determinación de la trayectoria, de la estructura de reflexión giratoria (52) con el fin de determinar y representar la medida del intersticio radial (18).

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que las señales son ondas de radio electromagnéticas de alta frecuencia con una frecuencia en el intervalo entre 0,5 MHz y 100 GHz, especialmente entre 1 GHz y 10 GHz.

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que la instalación de evaluación (48) para la determinación de la trayectoria evalúa la intensidad de campo o bien la intensidad de la señal de recepción.

5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que la instalación de evaluación (48) para la determinación de la trayectoria evalúa el desplazamiento de la frecuencia de la señal de recepción provocado a través del efecto de Doppler.

6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la instalación de evaluación (48) elimina por filtración la frecuencia Doppler, es decir, la diferencia de la señal de recepción, a través de demodulación de frecuencia, desde la señal de recepción.

7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la medida del intersticio radial (18) se determina a partir de la duración de tiempo de la modificación de la frecuencia diferencial.

8. Dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 3 a 7, en el que las reivindicaciones 3 a 5 dependen de la reivindicación 1, para la determinación del intersticio radial (18) entre componentes giratorios y fijos contra giro, especialmente entre los de una máquina de flujo continuo (1), con una instalación de emisión (22) dispuesta sobre el componente giratorio y que difunde ondas de radio de alta frecuencia y con una instalación de recepción (24) dispuesta sobre el componente fijo contra giro y que recibe ondas de radio de alta frecuencia, que está en conexión de comunicación con una instalación de evaluación (48).

9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la instalación de emisión (22) dispuesta sobre el componente giratorio puede ser alimentada con energía por medio de un acoplamiento inductivo desde el componente fijo contra giro.

10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la instalación de emisión (22) dispuesta sobre el componente giratorio puede ser alimentada con energía a través de una batería dispuesta sobre el componente giratorio.

11. Dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 7, en el que las reivindicaciones 3 a 5 dependen de la reivindicación 2, para la determinación del intersticio radial (18) entre componentes giratorios y fijos contra giro, especialmente entre los de una máquina de flujo continuo (1), con una estructura de reflexión (52) dispuesta sobre el componente giratorio, desde la que se pueden recibir y difundir ondas de radio de alta frecuencia, con una instalación de emisión dispuesta sobre el componente fijo contra giro, que emite ondas de radio de alta frecuencia y con una instalación de recepción (50) que recibe ondas de radio de alta frecuencia, que está en conexión de comunicación con una instalación de evaluación (48).

12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la estructura de reflexión (52) está formada por un dipolo, dispuesto sobre una capa de soporte aislante, con un diodo de HF.

13. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el dipolo está configurado como dipolo pasivo, no lineal.

ES 2 297 738 T3

14. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13, en el que la estructura de reflexión (52) puede difundir la onda de radio reflejada, remitida, con una frecuencia (f_s), que es doble que la frecuencia (f_E) de la señal original recibida por ella.

5 15. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 13, en el que se pueden difundir ondas de radio con una frecuencia en el intervalo de 0,5 MHz y 100 GHz desde la instalación de emisión y pueden ser recibidas por la instalación de recepción.

10 16. Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 9 a 15, en el que la instalación de emisión y la instalación de recepción comprenden, respectivamente, una antena de emisión y una antena de recepción (51, 36, 40), que presenta una curva característica de rayo puntual o bien una curva característica de rayo lineal.

15 17. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 17, en el que el componente giratorio es un rotor (9) de una máquina de flujo continuo (1) y el componente giratorio es una pala de guía (11) libre opuesta al rotor (9).

18. Utilización de un dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 14, ó 15 a 17, en una máquina de flujo continuo, especialmente en una turbina de gas estacionaria.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

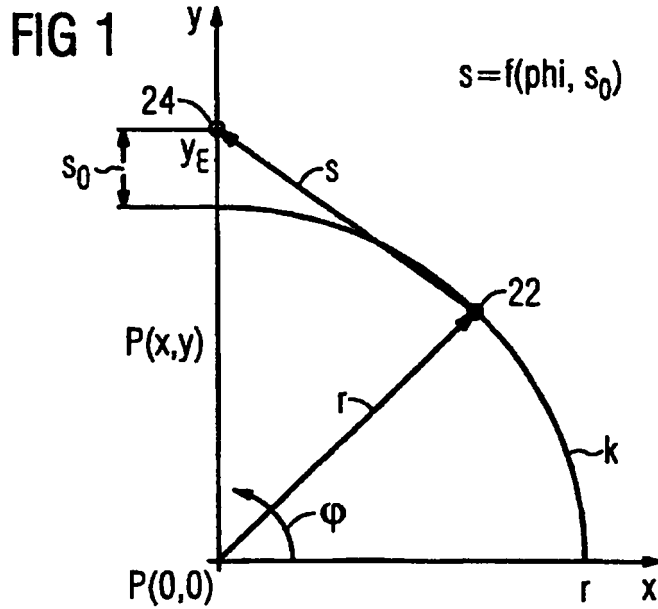


FIG 2

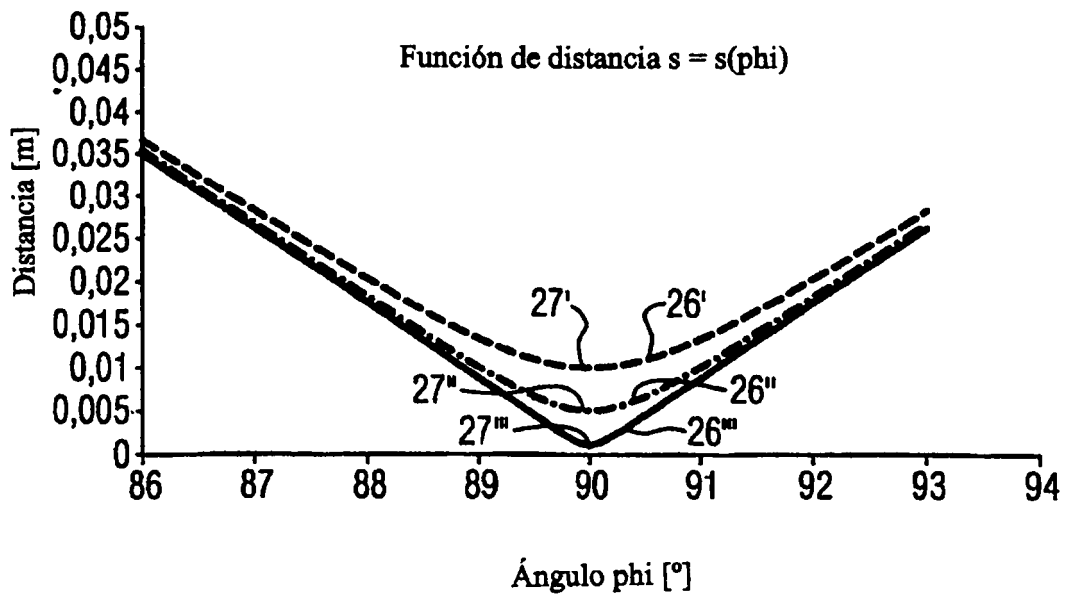


FIG 3

Función de velocidad $ds/d(\phi)$

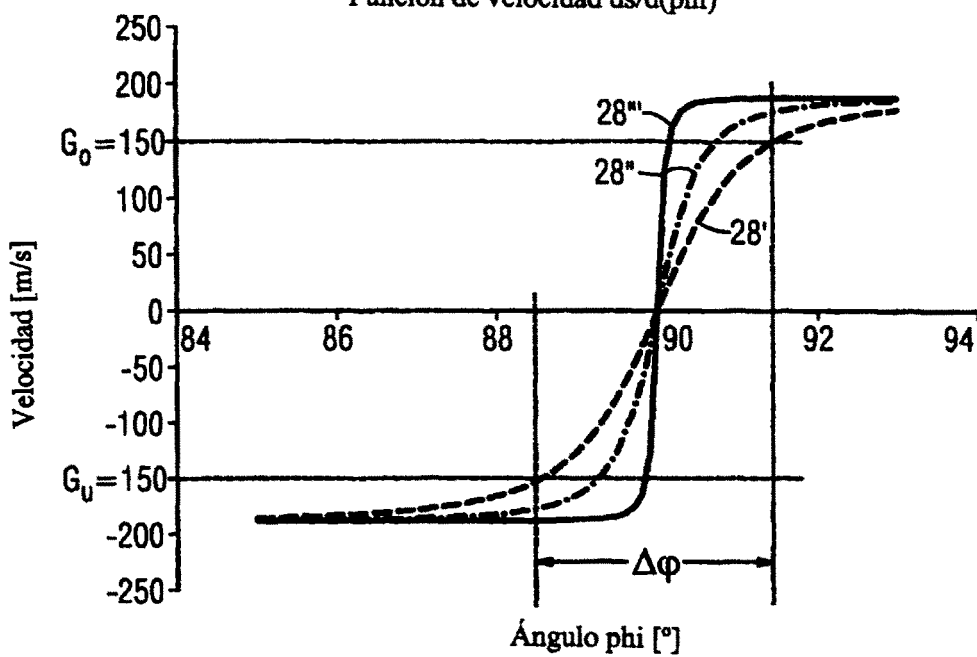
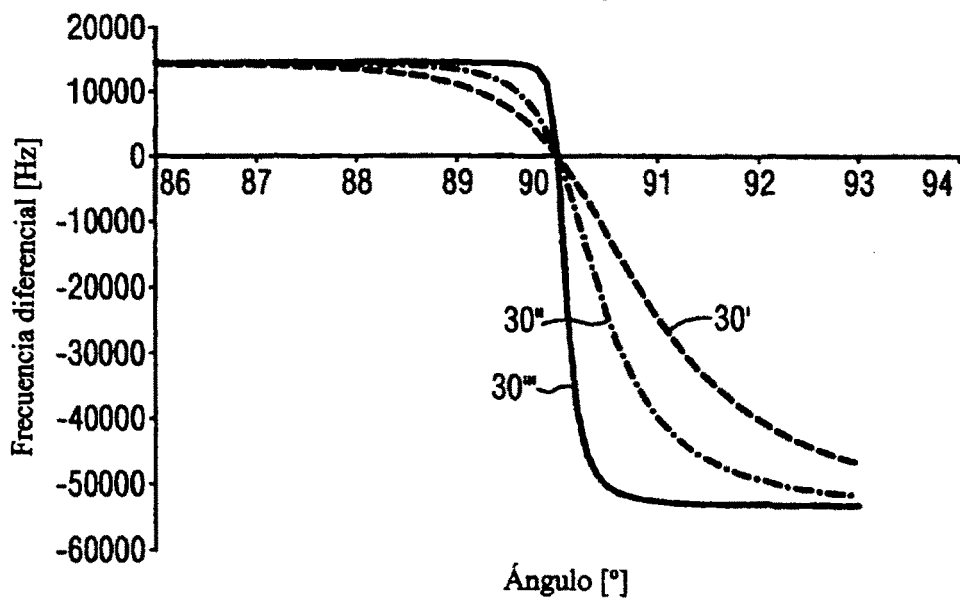
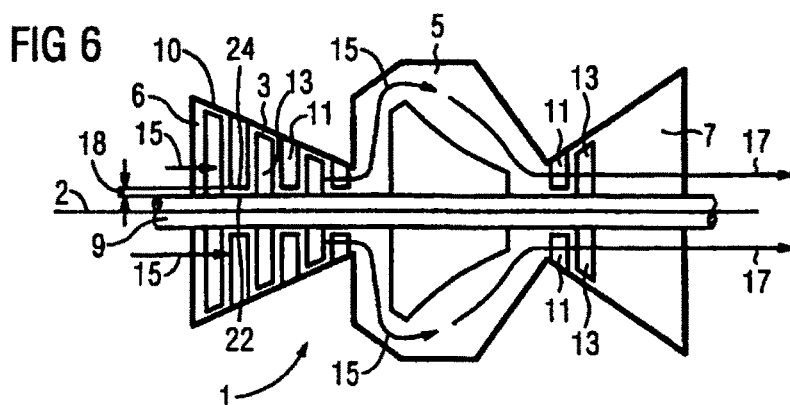
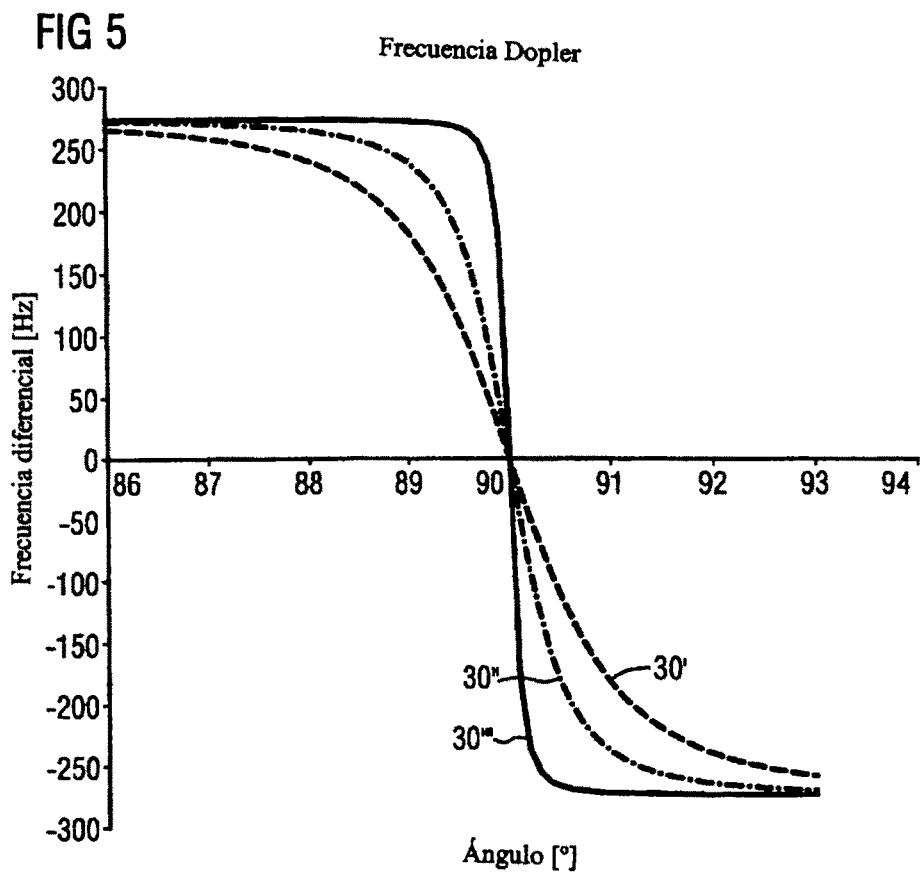


FIG 4

Frecuencia Doppler





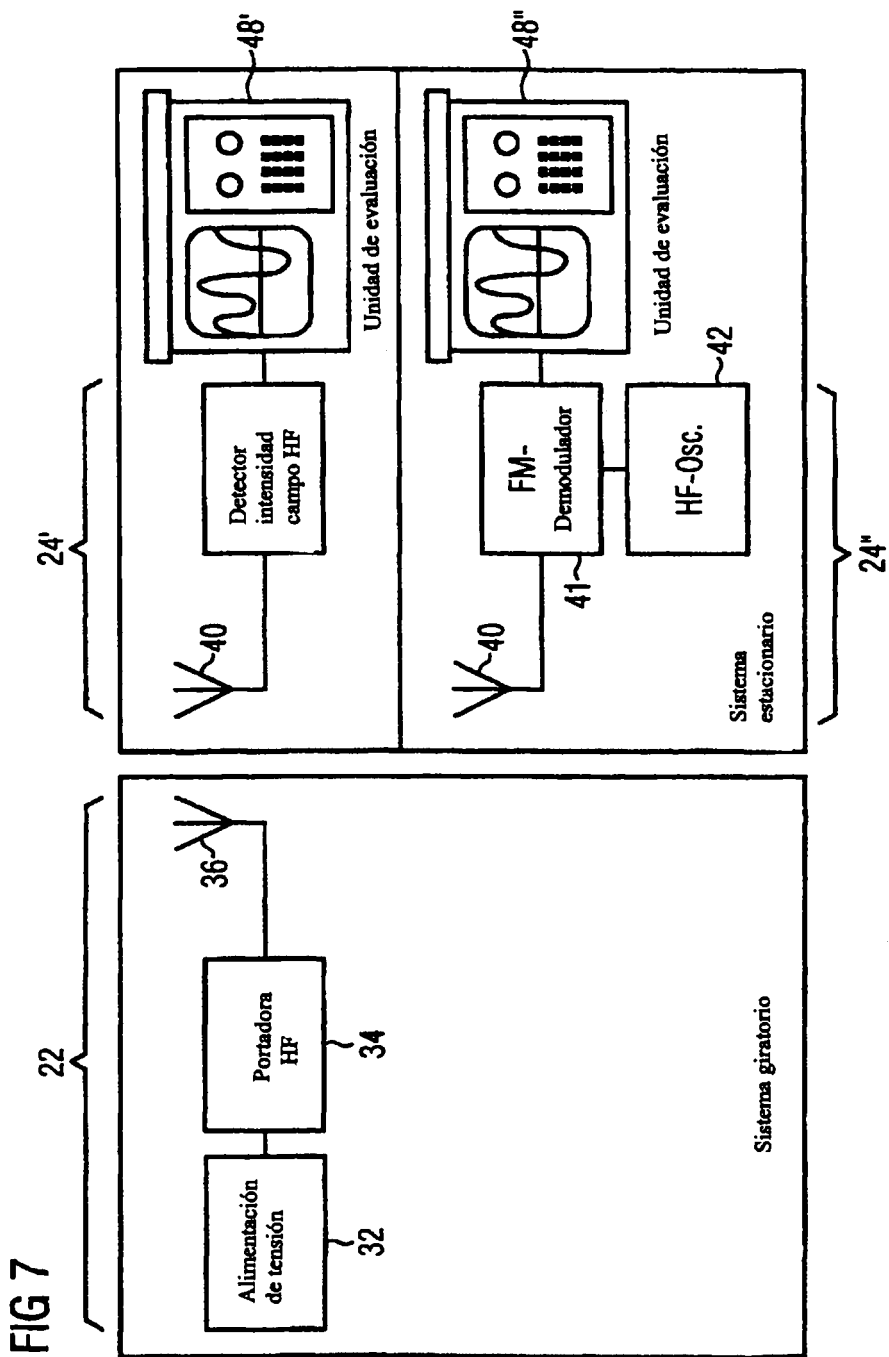


FIG 8

