

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 114**

51 Int. Cl.:

F01B 25/00 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

G01S 13/50 (2006.01)

G01S 7/41 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2007 E 07852378 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **18.02.2009 EP 2024604**

54 Título: **Detección de pico y reducción de ecos parásitos para un sensor de microondas**

30 Prioridad:

01.06.2006 US 810105 P

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

21.01.2013

73 Titular/es:

**RADATEC, INC. (100.0%)
144 HARVEY ROAD
LONDONDERRY, NH NEW HAMPSHIRE 03053,
US**

72 Inventor/es:

**GEISHEIMER, JONATHAN, L. y
HOLST, THOMAS**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 394 114 T3

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

DESCRIPCIÓN

Detección de pico y reducción de ecos parásitos para un sensor de microondas

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a sensores de microondas y más especialmente a la detección de pico en sensores de microondas para medir palas de turbina u objetos modelados de forma similar.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Se conocen técnicas de microondas para medir ciertos parámetros físicos dentro de un motor de turbina de gas, como una holgura de la punta de una pala, que es la distancia entre el extremo de la pala y la carcasa de la turbina. Los motores de turbina de gas proporcionan algunos de los entornos más calientes para las mediciones de temperatura. Las temperaturas de la ruta del gas pueden exceder los 1093 °C (2000 °F), que se halla más allá de los puntos de fusión de la mayoría de los metales.

Habitualmente se usan antenas para transmitir y recibir energía electromagnética dentro de entornos de temperatura ambiente y en conexión con una variedad de dispositivos, como teléfonos móviles, radios, receptores de posicionamiento global y sistemas de radar. Los sensores de microondas también pueden incluir una o más antenas para sustentar la propagación de señales de microondas dentro del entorno de medición deseado de un motor de turbina de gas. Como una onda electromagnética, la señal de microondas habitualmente se ramificará y cubrirá un área más grande a medida que la energía se propague aún más lejos de la antena. La característica de ancho de haz de una antena se mide habitualmente como el ángulo en el que la potencia transmitida es 3 dB por debajo de la potencia en el eje o en la línea central de trayectoria. Las antenas usadas con sensores de microondas para mediciones de motores de turbina de gas pueden tener anchos de haz que sean de 90 grados o mayores.

Los motores de turbina habitualmente tienen diversos escalones internos que comprenden un conjunto de palas unidas a un disco rotatorio. Un sensor de microondas se puede montar a través de un orificio o unir al interior de la carcasa del motor para permitir que la antena proyecte su haz hacia las palas, que estarán rotando al lado de la antena durante la operación del motor. Las palas rotan cerca de la posición del sensor dentro de la carcasa, habitualmente en el intervalo de separación de 2,54 a 25,4 mm (0,1 a 1 pulgada) entre cada pala y la posición del sensor. Para mediciones exactas, como la holgura de la punta de la pala o el tiempo de llegada, es deseable recibir energía sólo del área de la punta de la pala. Las señales de microondas se desplazan a distancias mucho más lejanas que 25,4 mm (1 pulgada), sin embargo, dando como resultado la transmisión de señales de microondas que se desplazan más allá de las puntas de las palas hasta los bordes de la pala u otras partes del motor. Por lo tanto, la señal resultante recibida por el sensor de microondas a menudo contiene reflexiones de otros objetos que no son el objetivo de interés, comúnmente denominadas ecos parásitos.

Las técnicas convencionales para eliminar ecos parásitos incluyen (i) la selección de ecos en un alcance reducido o (ii) la creación de un modelo de estadística de ecos parásitos y la aplicación de técnicas de sustracción para eliminar la influencia de la señal que interfiere. A menudo, los ecos parásitos se hallan cerca del objetivo de interés, a algunas pulgadas o menos. Por ejemplo, para el escenario de una medición típica de un motor de turbina, el ancho de banda para la selección de ecos en un alcance reducido sería de varios GHz o más, lo cual es poco práctico debido al coste y a las dificultades en el diseño de la antena. Las técnicas de sustracción de ecos parásitos son insuficientes para las mediciones típicas de un motor de turbina puesto que la medición de las palas de la turbina usando un sensor de microondas requiere exactitudes de fase de menos de un grado. Las técnicas actuales de eliminación de ecos parásitos no son capaces de abordar este requisito de exactitud de fase. Por lo tanto, es deseable otro procedimiento de eliminar ecos parásitos a partir de mediciones por sensor de microondas para el entorno de operación de un motor de turbina de gas.

Las formas de onda de salida de un sensor de microondas típico usado para mediciones de palas de un motor de turbina de gas tienen características complejas como resultado de la interacción de señales de microondas con una geometría de pala de turbina compleja. La identificación de un único punto en una forma de onda de salida para las mediciones de la holgura de la punta o del tiempo de llegada puede ser difícil como resultado de las características de señal complejas. Los procedimientos típicos de detección de pico, como un ajuste de curva polinómica, son muy intensivos desde el punto de vista computacional para la medición de las palas en tiempo real. Los procedimientos para encontrar un único punto en la pala con la señal de retorno más elevada pueden presentar resultados variables ya que la pala gira y cambia dimensionalmente durante la operación normal. Sin embargo, es deseable un punto bien definido repetible para la pala del motor para la mayoría de las aplicaciones de mediciones de puntas de palas.

El documento US 4 346 383 describe:

un procedimiento para completar una medición de palas para palas rotatorias dentro de una carcasa de un motor de turbina, que comprende las etapas de:

transmitir energía de microondas a través de una antena dentro de la carcasa del motor de turbina;

recopilar datos asociados con la energía de microondas reflejada por las palas y la carcasa;

5 detectar la diferencia de fase entre la señal transmitida y la recibida;

procesar los datos de las palas usando la diferencia de fase.

En vista de lo anterior, hay una necesidad en la técnica de adaptar el uso de un sensor de microondas para
10 conseguir mediciones de palas que se basen en un punto repetible para la punta de la pala minimizando la influencia de señales de ecos parásitos que interfieren.

RESUMEN DE LA INVENCION

15 La invención se indica en la reivindicación 1. Una forma de realización preferida se indica en la reivindicación 2.

La presente invención proporciona una metodología efectiva para reducir la influencia de ecos parásitos que surgen de un entorno de señales complejo representativa del uso de un sensor de microondas con un motor de turbina de gas mientras se consigue la detección exacta de señales de pico para las mediciones de palas obtenidas por el
20 sensor de microondas.

En conexión con un proceso innovador de medición de palas, una señal coherente es emitida por un sensor de microondas unido a una antena ubicada dentro de un motor de turbina de gas u otra máquina similar. El motor de turbina de gas incluye uno o más escalones de palas rotatorias dentro de un entorno de operación confinado
25 formado por la carcasa del motor. La antena se ubica habitualmente en estrecha proximidad con la punta de la pala, a menudo con una holgura de no más de 2,54 a 25,4 mm (0.1 a 1 pulgadas). La señal de microondas coherente es convertida a formato digital y una Transformada Rápida de Fourier (FFT) compleja se lleva a cabo en la señal digitalizada. La salida del cálculo de la FFT se divide entonces en componentes que comprenden velocidades que representan el acercamiento de las palas a la antena y velocidades que representan el distanciamiento de las palas
30 con respecto a la antena. Estos componentes individuales son procesados por una Transformada Rápida de Fourier inversa (IFFT) para convertir los componentes del dominio de frecuencia al dominio de tiempo. Las señales del dominio de tiempo complejas resultantes representan componentes de velocidad de aproximación y de alejamiento.

Las señales del dominio de tiempo complejas son convertidas en componentes de magnitud y de fase asociados con
35 las velocidades de aproximación y de alejamiento. Los componentes de magnitud representan la cantidad de energía reflejada recibida por la antena del sensor y los componentes de fase representan la distancia a los objetos reflectantes. Para determinar si una pala está presente en los datos de los componentes, la intensidad de señal de los componentes de magnitud se compara con un umbral predefinido para detectar cuándo está pasando una pala por debajo de la antena del sensor de microondas.

40 Al detectarse la región de la pala, los componentes de fase asociados con las velocidades de aproximación y de alejamiento se comparan para determinar un punto en el que los dos valores son iguales. Este punto es considerado el punto de velocidad cero - el punto en el que, desde una perspectiva electromagnética, la pala se halla directamente por debajo de la antena. En el punto de velocidad cero, la medición de fase se tiene en cuenta para su
45 uso como un índice para el procesamiento de datos de la pala. Todas las mediciones para la pala se pueden tomar en el índice de datos apropiado para los datos filtrados de velocidad o bien los datos coherentes originales. Este proceso se puede repetir para la siguiente pala en una sucesión de palas para el motor de turbina.

Otros sistemas, procedimientos, características, y ventajas de la presente invención serán o se harán evidentes para
50 alguien con conocimientos en la materia al examinar los siguientes dibujos y las descripciones detalladas. Se pretende que todos estos sistemas, procedimientos, características, y ventajas adicionales se incluyan dentro de esta descripción, se hallen dentro del ámbito de la presente invención, y estén protegidos por las reivindicaciones anexas.

55 BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Muchos aspectos de la invención se pueden entender mejor con referencia a los siguientes dibujos. Los componentes en los dibujos no son necesariamente a escala, haciéndose énfasis en cambio en una clara ilustración de los principios de las formas de realización ejemplares de la presente invención. Además, en los dibujos, los
60 números de referencia designan partes correspondientes a lo largo de las diversas vistas.

La **FIG. 1** es la vista de corte de una instalación ejemplar de un sensor de microondas y una representación de señales de ecos parásitos que interfieren retornadas a la antena de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

65 La **FIG. 2a** es una representación de una pala de un motor de turbina que es medida por un sensor de microondas,

donde la pala de interés (la pala central) se mueve con una velocidad de aproximación con respecto a la antena del sensor de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La **FIG. 2b** es una representación de una pala de un motor de turbina que es medida por un sensor de microondas, donde la pala de interés (la pala central) se posiciona en el punto de velocidad cero con respecto a la antena del sensor de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La **FIG. 2c** es una representación de una pala de un motor de turbina que es medida por un sensor de microondas, donde la pala de interés (la pala central) se mueve con una velocidad de alejamiento con respecto a la antena del sensor de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La **FIG. 3** es una representación gráfica de la velocidad de la pala frente al tiempo para una única pala cuando pasa por la antena de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La **FIG. 4** es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para una medición de puntas de palas de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente invención.

La **FIG. 5** es una ilustración de una salida de magnitud de la FFT para los datos coherentes del sensor de microondas recibidos que muestra las frecuencias de aproximación (positivas) y de alejamiento (negativas) de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La **FIG. 6** es un gráfico ejemplar que muestra una metodología para seleccionar áreas de pala y elegir el punto de velocidad cero para las mediciones de palas de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

25 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN EJEMPLARES

Las formas de realización ejemplares de la presente invención se describirán ahora más a fondo en lo sucesivo con referencia a las **FIGS. 1 – 6**. La **FIG. 1** es la vista de corte de una instalación ejemplar de un sensor de microondas y una representación de señales de ecos parásitos que interfieren retornadas a la antena de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. La **FIG. 2a** es una representación de una pala que es medida por un sensor de microondas, donde la pala de interés (la pala central) se mueve con una velocidad de aproximación con respecto a la antena del sensor de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. La **FIG. 2b** es una representación de una pala que es medida por un sensor de microondas, donde la pala de interés (la pala central) se posiciona en el punto de velocidad cero con respecto a la antena del sensor de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. La **FIG. 2c** es una representación de una pala que es medida por un sensor de microondas, donde la pala de interés (la pala central) se mueve con una velocidad de alejamiento con respecto a la antena del sensor de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. La **FIG. 3** es una representación gráfica de la velocidad de la pala frente al tiempo para una única pala cuando pasa por la antena del sensor de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. La **FIG. 4** es un diagrama de flujo de un proceso para una medición de palas de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente invención. La **FIG. 5** es una salida de magnitud de la FFT para los datos coherentes del sensor de microondas recibidos que muestra las frecuencias de aproximación (positivas) y de alejamiento (negativas) de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. La **FIG. 6** es un gráfico ejemplar que muestra una metodología para seleccionar áreas de pala y elegir el punto de velocidad cero para las mediciones de palas de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

Esta invención se puede representar de muchas formas diferentes y no se debería interpretar como limitada a las formas de realización expuestas en este documento; más bien, estas formas de realización se proporcionan de manera que esta divulgación sea detallada y completa, y transmitirá completamente el ámbito de la invención a aquellos con conocimientos básicos en la materia. Asimismo, todos los "ejemplos" representativos dados en este documento están destinados a no ser limitadores, y entre otros, estar sustentados por formas de realización ejemplares de la presente invención.

La **FIG. 1** muestra una antena de microondas ejemplar **105** instalada dentro de la carcasa de un motor de turbina **115** para medir una pala de interés particular, como la pala **121**, que rota dentro de la carcasa. La pala **121** tiene la pala **120** y la pala **122** a cada lado de ella. La antena **105** se conecta a la electrónica del sensor **140** a través de un cable coaxial o una guía de onda **110**. La antena **105** comprende una antena que puede perdurar dentro del entorno de operación del motor de turbina **115**, habitualmente a una temperatura de al menos 310 °C (600 °F), y transmitir señales de microondas que serían reflejadas por las palas. En su forma de realización preferida, la antena es una antena de parche microstrip fabricada sobre sustrato cerámico con un alojamiento metálico hecho de una aleación de alta temperatura como inconel. La combinación de la antena **105** y la electrónica del sensor **140** habitualmente se denominan sensor de microondas.

Para una forma de realización ejemplar, la electrónica del sensor **140** comprende tres subcomponentes principales, un transceptor de microondas **145**, un convertidor de acondicionamiento de señales y analógico-digital **150**, y un procesador de señal **155**. El transceptor de microondas **145** transmite energía de microondas a la antena para la

transmisión dentro de la carcasa del motor de turbina y recibe energía reflejada de vuelta desde las palas rotatorias. En una forma de realización preferida, el componente receptor del transceptor **145** se implementa como una configuración homodina de conversión directa. Otros tipos de receptores, como un superheterodino, un Doppler pulsado o un receptor en fase y cuadratura digital, se pueden usar para las mediciones de palas analizadas en este documento. El receptor es capaz de medir tanto la magnitud como la fase de la señal recibida, es decir, el receptor presenta un diseño coherente. En la configuración homodina de conversión directa preferida, hay disponibles dos canales, un canal en fase y un canal en cuadratura, como salidas de banda base del receptor.

El módulo convertidor de acondicionamiento de señales y analógico-digital **150** comprende habitualmente un filtrado paso bajo para eliminar el ruido antes de la etapa de conversión de analógico a digital y la amplificación y el ajuste de desviación de CC para optimizar el rango dinámico del convertidor analógico-digital. En una forma de realización preferida, las frecuencias de corte típicas de paso bajo para el filtro paso bajo se fijan a varios MHz y hasta 50 MHz dependiendo de la velocidad máxima de las puntas de la palas del motor. La función de acondicionamiento de señales procesa las señales analógicas del canal en fase y en cuadratura emitidas por el transceptor **145**. A su vez, el convertidor analógico-digital convierte estas señales a un formato digital a la velocidad de al menos el doble de la frecuencia de corte de paso bajo. Esto garantiza que el ruido térmico dentro del sistema de medición general sea minimizado. Las señales digitalizadas son procesadas por un procesador de señal **155**. El procesador de señal **155** puede ser implementado por un microprocesador, como un procesador PowerPC **405**, o un procesador digital de señal (DSP), como un procesador Texas Instrument TMS320c6414. Una vez que se han procesado las señales digitalizadas y se ha realizado una medición, la información de las palas se envía a un visualizador de salida o un dispositivo de recopilación de datos externos **160**. Los datos se pueden emitir al dispositivo de recopilación de datos **160** en forma digital a través de RS-232, MODBUS, TCP/IP u otro protocolo de comunicaciones digital similar. Como alternativa, los datos se pueden emitir como una señal analógica como una salida de 0-20 mA o de tensión para el registro por otro sistema.

La **FIG. 1** también ilustra una condición en la que la energía de microondas **125** que emana de la antena **105** rebota en el lado de la pala **121** más que en una punta de pala deseada. En este escenario, la energía de transmisión **125** choca con el lado de la pala **121** dando como resultado la reflexión **135** que, a su vez, choca con la pala **122** antes de que la reflexión **130** vuelva de nuevo a la antena **105**. Se puede causar una interferencia con la medición primaria cuando la antena **105** recibe reflexiones que representan reflexiones de señales procedentes del lado de una pala más que de la punta de una pala. Las técnicas de medición representativas para el entorno de operación de un motor de turbina de gas se dan a conocer en la Patente estadounidense núm. 6.489.917.

La **FIG. 2a** es una representación de una pala que es medida por un sensor de microondas en la condición en la que la pala de interés tiene una velocidad positiva hacia la antena del sensor. La pala **121** es la pala que será medida; la pala **122** acaba de pasar por la antena **105**; y la pala **120** será la próxima pala que será medida. En el escenario de la **FIG. 2a**, la pala de interés, la pala **121** se está aproximando a la antena **105**. La pala **121** tendrá una velocidad positiva hacia la antena, mientras que la pala **122** tendrá una velocidad negativa puesto que ya ha pasado por la antena **105**. Puesto que la línea central de trayectoria de la antena **105** se halla entre las palas **121** y **122**, la mayoría de la energía reflejada recibida por la antena se deriva de los lados de estas dos palas.

La **FIG. 2b** es una representación de una pala que es medida por un sensor de microondas donde la pala de interés tiene velocidad cero con respecto a la antena del sensor. La pala **122** tiene una velocidad negativa puesto que se está distanciando aún más de la antena **105** y la pala **120** tiene una velocidad positiva. La mayoría de la energía reflejada de vuelta a la antena **105** procede de la punta de pala de la pala **121**. Puesto que la pala **121** está posicionada exactamente por debajo de la antena **105**, la pala tiene una velocidad cero - no se está ni acercando ni distanciando de la antena.

La **FIG. 2c** es una representación de una pala que es medida por un sensor de microondas donde la pala de interés tiene velocidad negativa con respecto a la antena del sensor. La pala **122** tiene una velocidad negativa puesto que se está distanciando aún más de la antena **105** y la pala **120** tiene una velocidad positiva. Para esta secuencia de palas rotatorias, sin embargo, la pala **120** ahora se está distanciando de la antena **105** y tiene una velocidad negativa.

La **FIG. 3** es una representación gráfica de la velocidad de la pala con respecto a la antena de un sensor microondas. Un gráfico **300** representa el tiempo en el eje x y la velocidad en el eje y. La velocidad positiva se representa por la pala que se aproxima a la antena **105** mientras que la velocidad negativa se representa por la pala que se distancia de la antena. La velocidad real se puede calcular multiplicando la velocidad radial por el coseno del ángulo entre la pala y la antena **105**. Como se muestra en el gráfico **300**, la pala comienza a su velocidad positiva máxima **305** mientras se aproxima a la antena **105**. A medida que la pala se acerca a la ubicación de la antena **105**, la velocidad disminuye hasta un punto en el que alcanza una velocidad cero **315**. Cuando la pala empieza a distanciarse de la antena **105**, la velocidad pasa a ser negativa y finalmente alcanza una velocidad negativa máxima **310**.

La **FIG. 4** es un diagrama de flujo lógico que muestra un proceso ejemplar **400** para mediciones de puntas de palas. En general, el proceso 400 puede detectar picos de señal, filtrar señales extrañas, como ecos parásitos, e identificar

componentes de velocidad en apoyo a la eliminación de distorsiones de señal creados por cada pala en cada lado de la pala de interés. El proceso **400** se puede implementar en software o firmware que opere en el procesador de señal **155**.

- 5 Para la primera etapa **405**, el procesador de señal **155** recopila datos en fase y en cuadratura coherentes del convertidor analógico-digital del módulo **150**. En la siguiente etapa **410**, se calcula una Transformada Rápida de Fourier (FFT) compleja para los componentes de señal en fase y en cuadratura. Se entenderá por los expertos en la materia que los datos de los componentes pueden ser completados con ceros a una potencia de dos según se requiera para acelerar el algoritmo de la FFT estándar. Además, las funciones ventana de la FFT estándar se
- 10 pueden usar para reducir las características de lóbulos laterales. La salida de la FFT compleja genera información en el espacio de frecuencias tanto positivas como negativas. Las frecuencias positivas representan el contenido de frecuencia de las palas que se aproximan a la antena **105**; las frecuencias negativas representan el contenido de frecuencia de las palas que se distancian de la antena **105**.
- 15 En la etapa **415**, los componentes de frecuencia positiva y negativa se separan. Esto se puede lograr haciendo dos copias de las matrices de datos de la FFT y añadiendo ceros a una mitad del espectro o la otra mitad. Por ejemplo, si las frecuencias positivas se invierten, entonces todos los valores de datos correspondientes a la porción de frecuencia negativa del espectro se fijarían a cero y viceversa.
- 20 En la etapa **420**, una Transformada Rápida de Fourier inversa (IFFT) se lleva a cabo en las frecuencias positivas y los componentes de frecuencia negativa separadas. Si se llevara a cabo una función ventana durante la etapa **410**, sin embargo, entonces se debería invertir la ventana para los datos de salida de la IFFT. La salida final comprende dos conjuntos complejos de datos del dominio de tiempo, uno que representa el contenido de la pala que se aproxima y uno que representa el contenido de la pala que se aleja.
- 25 En la etapa **425**, los conjuntos de datos del dominio de tiempo son convertidos en valores de magnitud y de fase. Esto se puede lograr usando una conversión estándar rectangular a polar conocida para los versados en la materia.
- 30 En la etapa **430**, las áreas de los datos del dominio de tiempo donde las palas están presentes se pueden identificar identificando las áreas en las que la intensidad de señal retornada (el valor de magnitud de la etapa **425**) cruza un umbral predefinido. A su vez, las secciones de datos correspondientes a las palas se pasan a la etapa **435**, donde el punto de medición es identificado por la ubicación en la que las fases positiva y negativa son iguales. El punto de velocidad cero se puede seleccionar completando una sustracción de vectores entre los dos conjuntos de datos y determinando el punto mínimo. En la práctica, se pueden usar datos de fase para detectar el punto donde las dos
- 35 fases se cruzan entre sí. Esta técnica basada en datos de fase puede conseguir un rechazo de ruido adicional. El índice de los datos del dominio de tiempo se define por el punto de velocidad cero, donde la fase de aproximación es igual a la fase de alejamiento.
- 40 El índice de velocidad cero se pasa a un módulo de procesamiento de palas (no mostrado) donde, en la etapa **440**, un algoritmo de procesamiento de palas convencional, como se conoce por los versados en la materia, se puede ejecutar en los datos de las palas. El procesamiento típico incluiría calcular la holgura de la punta de la pala según la fase de la señal, o el tiempo de llegada según el índice y conocer la frecuencia de muestreo del sistema.

La FIG. 5 muestra un resultado de la Transformada de Fourier representativo derivado de los datos de las palas, como la salida de datos de las palas en la etapa **410** del proceso **400**. Puesto que los datos del dominio de tiempo para las palas a menudo parecen una señal interrumpida cuando las palas se ponen delante y después se distancian de la antena del sensor, el espectro tiende a tener un gran número de armónicos. Los armónicos de frecuencia positiva **515**, **520**, y **525** y los armónicos de frecuencia negativa **530**, **535**, y **540** se pueden observar en el gráfico **500**. Todo el contenido de frecuencia positiva **510** en el lado derecho del gráfico **500** procede de los datos del dominio de tiempo de las palas que se aproximan a la antena **105**. Todo el contenido de frecuencia negativa **505** en el lado izquierdo del gráfico **500** procede de los datos del dominio de tiempo de las palas que se alejan desde la antena **105**.

La FIG. 6 muestra una metodología ejemplar para detectar la presencia de palas (etapa **430**) y definir el punto de velocidad cero (etapa **435**). El gráfico **630** muestra un trazo de la magnitud de la pala frente al tiempo. Cada vez que pasa una pala por la antena del sensor, la magnitud ascenderá a un valor máximo y después empezará a disminuir de nuevo cuando la pala se distancie. Debido a la geometría compleja de la pala, sin embargo, la ubicación de la amplitud máxima no es necesariamente el punto de velocidad cero.

60 Cuando la magnitud de la señal de la pala **635** cruza un umbral predefinido, en el punto **650**, una pala está presente. Cuando la magnitud de la señal de la pala cae por debajo del umbral, en el punto **655**, se considera que la pala no está presente. El resultado es un área de tiempo donde la pala está presente entre los puntos **650** y **655**, denominado la región de búsqueda **640** o la región de la pala. Una vez que se define la región de búsqueda, la misma área de tiempo es examinada en el trazo de la fase de la pala **605**. El área de tiempo que examinar en el trazo de la fase de la pala se indica entre los puntos **660** y **665**. Este gráfico muestra dos trazos separados: la fase de la señal del dominio de tiempo de aproximación **610** y la fase de la señal del dominio de tiempo de alejamiento

615. La señal del dominio de tiempo de aproximación sigue una trayectoria monótona decreciente, excepto cuando se producen enrollados de fase entre $+\pi$ a $-\pi$ (ó 0 a 2π dependiendo de cómo se define la fase). La señal del dominio de tiempo de alejamiento sigue una trayectoria monótona creciente, excepto cuando se producen enrollados de fase entre $+\pi$ y $-\pi$ (ó 0 y 2π dependiendo de cómo se define la fase). Para cada pala, hay un único punto 620 donde se cruzan los valores de fase de aproximación y de alejamiento. Esto se define como el punto de velocidad cero que se usa para el procesamiento de datos de la pala, como los datos de la punta de la pala. Un procedimiento de detección de cruce estándar conocido para alguien versado en la materia se puede usar para sustentar las tareas de procesamiento mostradas en las gráficas de la FIG. 6.

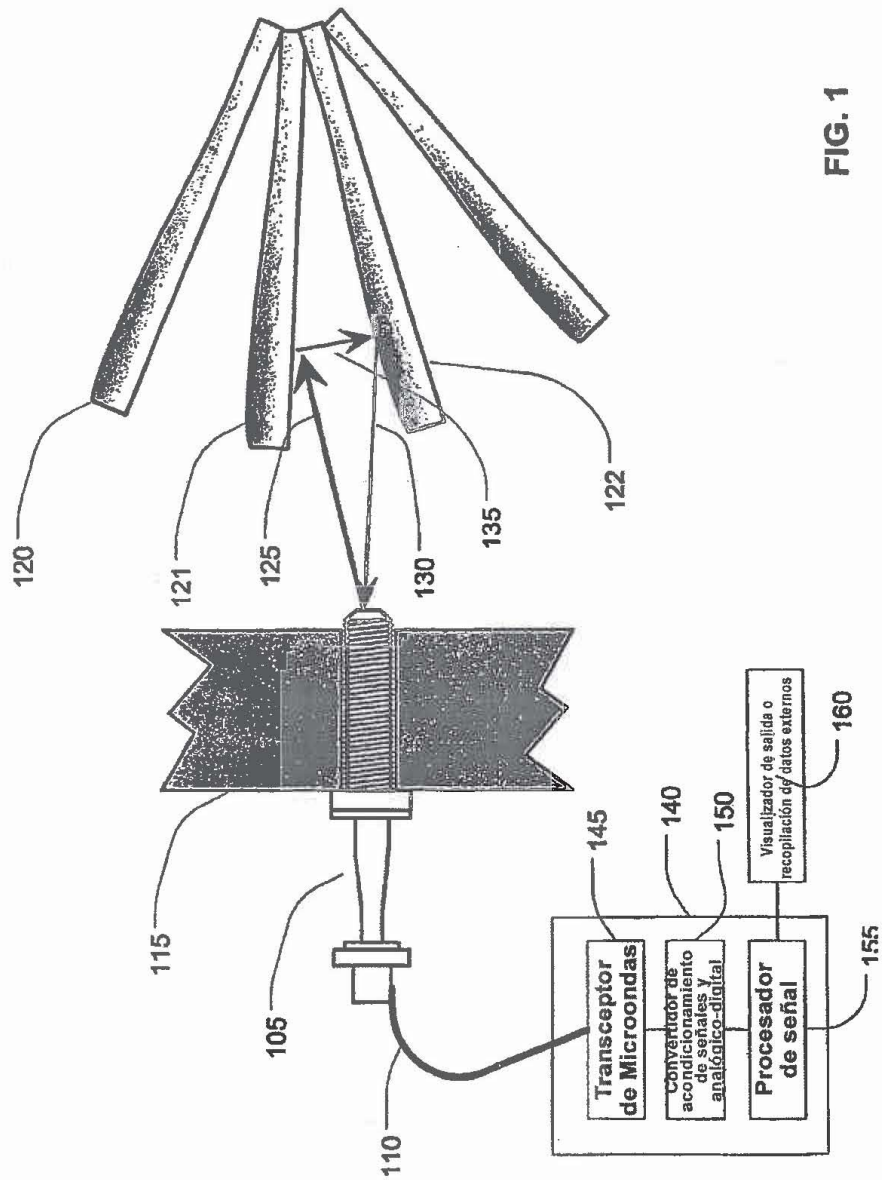
- 10 En resumen, la presente invención proporciona un procedimiento para llevar a cabo una medición de palas para palas rotatorias dentro de una carcasa de un motor de turbina. Una antena acoplada a un sensor de microondas emite energía de microondas a través de una antena dentro de la carcasa del motor de turbina. Los datos en fase y en cuadratura son recopilados por un receptor del sensor de microondas, asociados los datos con, al menos en parte, la energía de microondas reflejada por las palas y la carcasa. Una Transformada Rápida de Fourier (FFT) 15 compleja se lleva a cabo en los datos en fase (I) y en cuadratura (Q) para generar componentes de frecuencia positiva y componentes de frecuencia negativa. Los componentes de frecuencia positiva son separados de los componentes de frecuencia negativa. A su vez, una FFT inversa se lleva a cabo en cada uno de los componentes de frecuencia positiva y los componentes de frecuencia negativa para generar datos del dominio de tiempo complejos asociados con componentes de velocidad de aproximación y de alejamiento. Los datos del dominio de tiempo 20 complejos son convertidos a valores de magnitud y de fase, comprendiendo los valores de magnitud valores de magnitud de aproximación y de alejamiento y comprendiendo los valores de fase valores de fase de aproximación y de alejamiento. Una región de pala asociada con una ubicación para una de las palas próximas a la antena se define por un par de cruces de los valores de magnitud con un umbral predeterminado. Un punto de velocidad cero es identificado como el punto donde uno de los valores de fase de aproximación es igual a uno de los valores de fase 25 de alejamiento. En el contexto de la región de la pala, el punto de velocidad cero representa una ubicación de la pala directamente por debajo de la antena, es decir, la pala de interés.

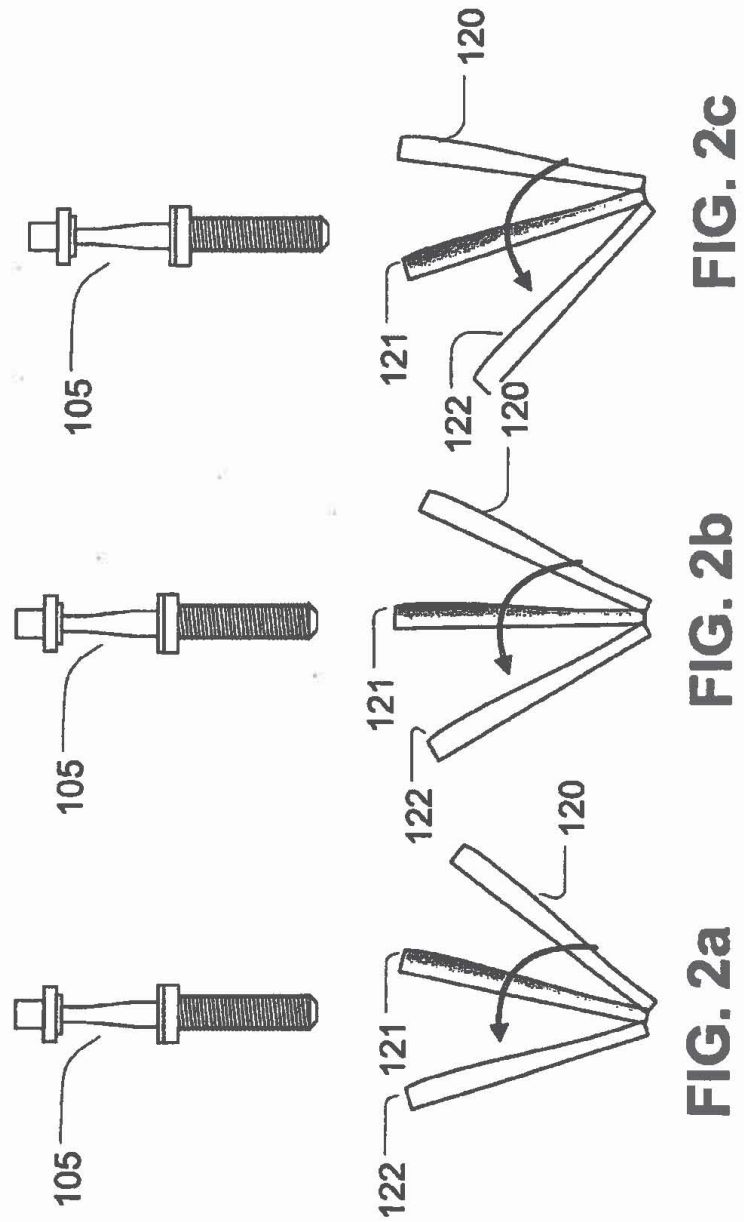
Los datos de la pala para la pala de interés pueden ser procesados usando el punto de velocidad cero como un índice. Los datos de la pala se representan por parámetros que se pueden generar por los datos de los 30 componentes en fase y en cuadratura, incluyendo fase, magnitud, y tiempo del pico de la pala detectado. Por ejemplo, la fase puede ser convertida a la distancia o la holgura de la punta de la pala. La magnitud es proporcional a la cantidad de energía reflejada de vuelta por la pala (calculada por la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de los datos en fase y en cuadratura). El tiempo de llegada se puede calcular teniendo en cuenta la muestra cuando se produjese el pico y calculando el tiempo entre el último pico conociendo la frecuencia de muestreo.

35

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para llevar a cabo una medición de palas para palas rotatorias (120, 121, 122) dentro de una carcasa de un motor de turbina (115) que comprende las etapas de:
 - 5 transmitir energía de microondas a través de una antena (105) dentro de la carcasa del motor de turbina;
recopilar (405) datos en fase y en cuadratura asociados con la energía de microondas reflejada por las palas y la carcasa;
 - 10 llevar a cabo (410) una Transformada Rápida de Fourier (FFT) compleja en los datos en fase y en cuadratura para generar componentes de frecuencia positiva y componentes de frecuencia negativa;
separar (415) los componentes de frecuencia positiva de los componentes de frecuencia negativa;
 - 15 llevar a cabo (420) una FFT inversa en cada uno de los componentes de frecuencia positiva y los componentes de frecuencia negativa para generar datos del dominio de tiempo complejos asociados con componentes de velocidad de aproximación y de alejamiento;
 - 20 convertir (425) los datos del dominio de tiempo complejos a valores de magnitud y de fase, comprendiendo los valores de magnitud valores de magnitud de aproximación y de alejamiento y comprendiendo los valores de fase valores de fase de aproximación y de alejamiento;
 - 25 identificar (430) cada cruce de los valores de magnitud con un umbral predeterminado para definir una región de pala asociada con una ubicación para una de las palas próximas a la antena;
para la región de la pala, identificar (435) un punto de velocidad cero como el punto donde uno de los valores de fase de aproximación es igual a uno de los valores de fase de alejamiento, representando el punto de velocidad cero una ubicación de la pala directamente por debajo de la antena; y
 - 30 procesar (440) los datos de la pala usando el punto de velocidad cero como un índice.
2. El procedimiento de la Reivindicación 1 que comprende además la repetición de cada una de las etapas identificadas anteriormente para otra de las palas.





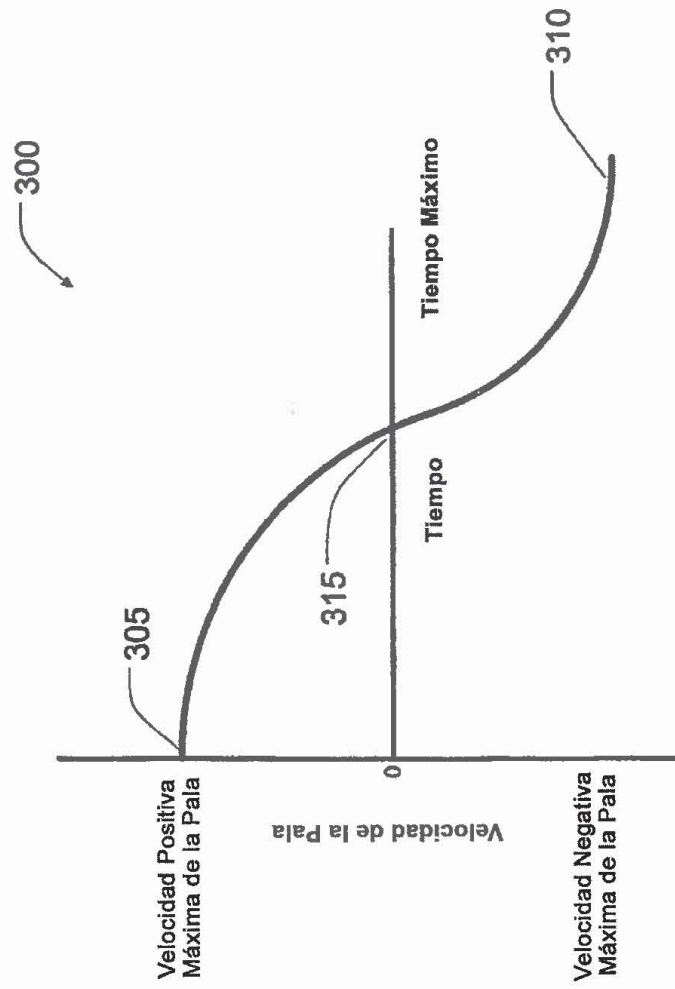


FIG. 3

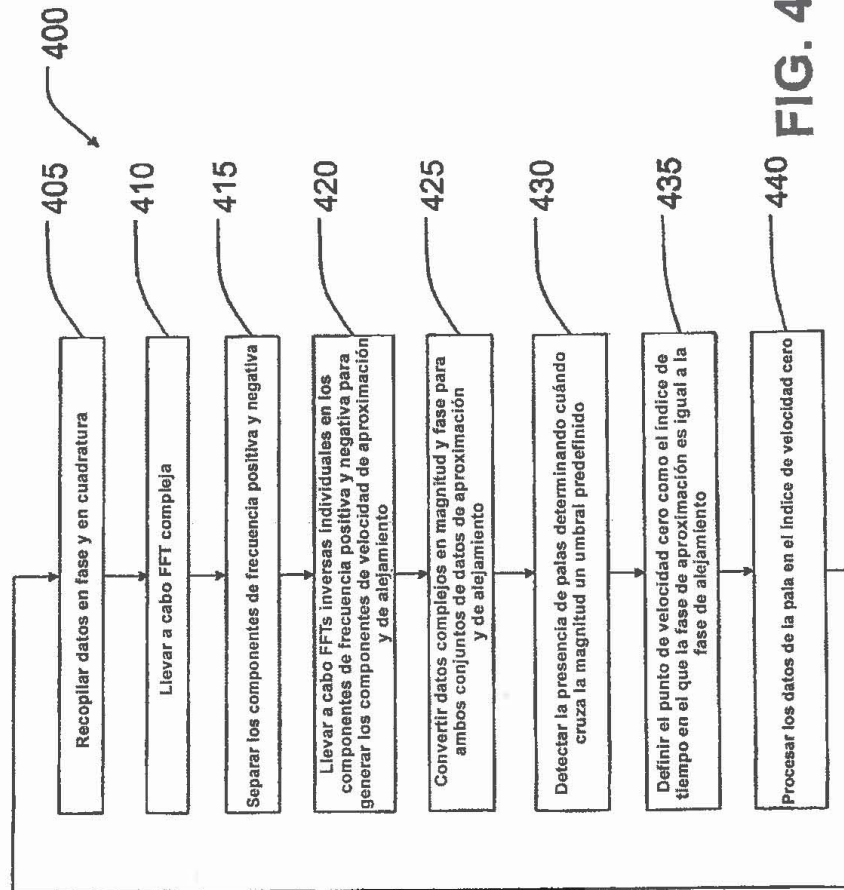


FIG. 4

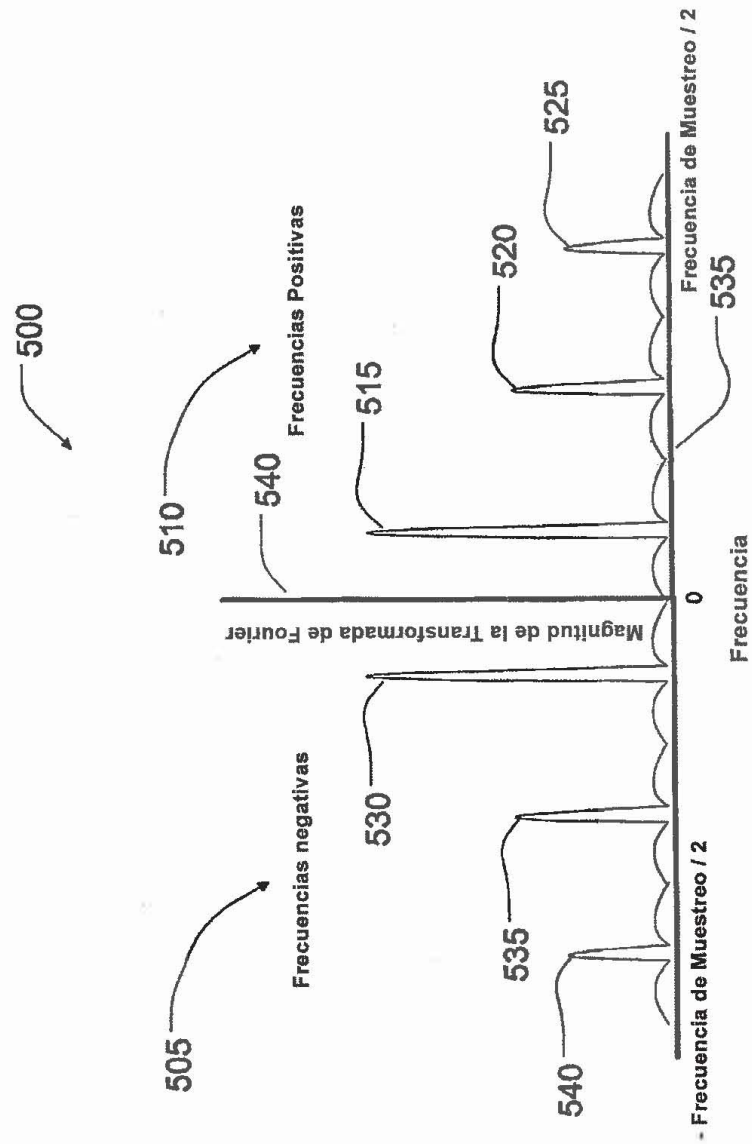


FIG. 5

FIG. 6

