



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 296 351**

51 Int. Cl.:
G01B 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **98966209 .3**

86 Fecha de presentación : **15.12.1998**

87 Número de publicación de la solicitud: **1040316**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **04.10.2000**

54 Título: **Dispositivo de medición de distancias y procedimiento para determinar una distancia.**

30 Prioridad: **15.12.1997 DE 197 55 648**
31.03.1998 DE 198 14 448
23.07.1998 DE 198 33 220

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2008

73 Titular/es: **Astyx GmbH**
Lise-Meitner-Strasse 2a
85521 Ottobrunn, DE
Festo AG. & Co.

72 Inventor/es: **Trummer, Günther;**
Seitz, Armin;
Neugebauer, Alfred y
Förster, Karl

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 296 351 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

Dispositivo de medición de distancias y procedimiento para determinar una distancia.

5 El presente invento se refiere a un dispositivo de medición de distancias según el preámbulo de la reivindicación 1 así como a un procedimiento para determinar una distancia.

10 Entre otras cosas los dispositivos de medición de distancias convencionales se emplean por ejemplo para detectar la posición del émbolo de accionamientos lineales fluidos, por ejemplo cilindros neumáticos e hidráulicos. El registro de la posición del émbolo en el cilindro puede efectuarse tanto de forma discreta, es decir, en puntos discretos, como también continua, es decir, constantemente durante el funcionamiento.

15 La determinación discreta de la posición del émbolo se necesita por regla general para avisar de la realización o conclusión de un movimiento del émbolo en un control de desarrollo de un proceso (por ejemplo SPS (controlador de lógica programable, PLC), para por lo tanto por ejemplo poder iniciar el siguiente paso de desarrollo del proceso.

20 Para esto se emplean en su mayoría sensores sensibles a los campos magnéticos o instalaciones de sensores que detectan el campo magnético de un imán permanente que se encuentra en el émbolo del cilindro. Los sensores empleados en ello se montan externamente en el tubo cilíndrico del cilindro del émbolo. Si el émbolo se mueve en la zona de registro de un sensor semejante, éste reconoce la presencia del émbolo del cilindro, a través del tubo cilíndrico. Para ello en su mayoría se requiere el empleo de materiales no ferromagnéticos y por lo tanto se limitan las características constructivas o las aplicaciones del accionamiento.

25 Si en cambio tiene que ser detectada otra posición, el sensor tiene que ser ajustado mecánicamente de forma adecuada. Para cada posición adicional a registrar debe en consecuencia montarse otro sensor, y por cierto con los costes adicionales de material, montaje, ajuste e instalación asociados con ello.

Además para estos sensores adosados externamente se necesita espacio de montaje adicional. Para que puedan garantizarse la accesibilidad y robustez del sensor, es necesario con frecuencia un gasto de construcción adicional.

30 Este tipo de sensores están realizados en su mayoría como sensores sensibles a los campos magnéticos y son conocidos como conmutadores tipo Reed, conmutadores magnetorresistivos (MR), magnetorresistivos gigantes (GMR), conmutadores Hall o conmutadores de aproximación magnetoinductivos.

35 Debido a la detección del campo magnético se requiere una costosa sintonización del imán con el sensor o con la instalación de sensores. Además debido a este principio de medición se limitan las aplicaciones posibles debido a campos magnéticos estáticos y dinámicos perturbadores (EMV (compatibilidad electromagnética), campo de un cilindro próximo), así como el comportamiento a temperatura del sensor.

40 Para la medida continua de la posición del émbolo se emplean normalmente sistemas de medición que trabajan potenciométricamente, según el principio LVDT (transformador diferencial de variación lineal) o según el principio de los ultrasonidos. La posición del émbolo en estos sistemas es emitida continuamente y en su mayoría como señal de tensión analógica. Como complemento a estos sistemas son conocidas también las mediciones incrementales del desplazamiento. Estos sistemas se ponen en práctica por ejemplo mediante la codificación del vástago de émbolo y por lo tanto sólo pueden emplearse para la medición relativa del desplazamiento.

45 Tanto la determinación de la posición del émbolo discreta como continua no pueden ser integradas en un cilindro o sólo lo pueden ser con considerable gasto de construcción y los altos costes asociados con ello. El considerable gasto de construcción se motiva porque todos los principios de sensor de uso corriente descritos tienen que ser adaptados a la correspondiente longitud del cilindro, puesto que tienen una zona de registro demasiado corta.

50 Frente a los procedimientos para la medición de distancias conocidos en general, en el documento WO 93/01470 se realiza una determinación de distancia mediante la medición de la frecuencia de resonancia en una estructura de línea. La determinación de la distancia puede aquí precisarse únicamente en puntos discretos en correspondencia a las frecuencias de resonancia que se ajusten. Es desventajoso en esto sin embargo que en el caso de la aplicación de la frecuencia de resonancia del émbolo configurado como estructura de línea para la medición del alejamiento no es realizable una determinación de distancia continua, puesto que el espacio del cilindro con una situación del émbolo fija sólo cumple la condición de resonancia en una frecuencia determinada, y por lo tanto siempre sólo para una posición del émbolo discreta. Por el manual general "Skolnik, Introduction to Radar Systems", Second Edition, McGraw-Hill International, 1981; páginas 82-87 está dado a conocer cómo se comportan los elementos electromagnéticos en un sistema de radar modulado en frecuencia de onda continua. Por principio se establece en el manual que una simple señal de onda continua no es apropiada para realizar una determinación de zona. Sin embargo en el manual se da a conocer que la frecuencia portadora puede ser modulada en frecuencia, utilizándose para la determinación de zona las diferencias de frecuencia entre señal de emisión y señal de eco.

65 El problema del presente invento es por lo tanto proporcionar un dispositivo de medición de distancias y un procedimiento para determinar la distancia, el cual o los cuales superen los inconvenientes arriba mencionados y permitan una determinación de distancia continua y por lo tanto realizable de forma discreta, una manipulación sencilla y múltiples posibilidades de empleo.

ES 2 296 351 T3

Este problema es solucionado con las particularidades técnicas del dispositivo de la reivindicación 1 y con las particularidades técnicas del procedimiento de la reivindicación 16.

Según el invento se pone a disposición un dispositivo de medición de distancias y un procedimiento para determinar una distancia, presentando la instalación de sensores una sonda de acoplamiento, que sirve para mediante radiación y recepción de ondas medir una determinada distancia por ejemplo en una estructura de línea, integrándose por ejemplo la sonda de acoplamiento en la estructura de línea. Debido a esta integración de la sonda de acoplamiento se consigue que el dispositivo de medición de distancias sea de construcción pequeña y no se hagan necesarias casi ninguna o pocas medidas de reforma. La estructura total del dispositivo de distancias según la solicitud puede presentar por lo tanto un diseño nítido, liso, debido a la supresión de una posibilidad de montaje para instalaciones de sensores exteriores, o no influye en la apariencia exterior. Con el dispositivo de medición de distancias según la solicitud se obtiene una economía de instalación, puesto que el cilindro prefabricado únicamente presenta un cable de conexión para el control y registro de datos. De este modo se obtiene además una separación de la instalación de sensores de la electrónica de evaluación, la cual puede estar dispuesta exteriormente y separada del dispositivo de medición de distancias, y que controla la sonda de acoplamiento. Un empleo a alta temperatura, en particular un empleo hasta unos 300°C o 1000°C es posible sin problemas. Según el procedimiento de acuerdo con la solicitud la longitud de la estructura de línea se mide hasta un cortocircuito, que dado el caso también es desplazable. La señal de emisión proporcionada conforme al procedimiento de acuerdo con la solicitud es introducida en una estructura de línea y reflejada por una determinada parte de la estructura de línea, preferentemente de un cortocircuito. De este modo se realiza la medición de la distancia entre el punto de alimentación definido por la sonda de acoplamiento y la parte predeterminada de la estructura de línea. La distancia a medir resulta aquí por una medición de la duración del recorrido de la señal de emisión.

Si por ejemplo se utiliza una señal de emisión modulada en frecuencia, la distancia a medir resulta según la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia} = n \times \text{velocidad de la luz} / 2 \times \text{desviación de frecuencia};$$

con $n = 1, 2, 3$ etc.

Debido a esta determinación de la distancia a medir se obtiene una precisión de la mitad de la longitud de onda de la señal de emisión. El procedimiento así realizado para la determinación de la distancia a una parte predeterminada de la estructura de línea puede ser designado como el denominado procedimiento de búsqueda.

Otras configuraciones ventajosas del objeto según la solicitud son tema de las reivindicaciones subordinadas.

Si según la reivindicación 2 se proporciona una sonda de acoplamiento, que posibilita un acoplamiento magnético o eléctrico o un acoplamiento por ranura, la estructura de línea actúa de guíaondas o como una línea coaxial.

Según el modo pretendido de acuerdo con la reivindicación 3 se alimenta mediante la sonda de acoplamiento una onda electromagnética en la gama de alta frecuencia preferentemente entre 10 MHz hasta 25 GHz, para permitir una evaluación de señal lo mejor posible. Dependiendo de las dimensiones o medidas de la estructura de línea, pueden emplearse frecuencias límite inferiores, a partir de las cuales el modo que sigue en altura es susceptible de propagación. La práctica ha demostrado que en particular en la aplicación en lo que se refiere a un émbolo de cilindro según la reivindicación 4 es ventajosa una propagación monomodal, preferentemente en el modo TEM. En este modo el tipo de campo TE11 especialmente como modo que sigue en altura es susceptible de propagación. Las frecuencias límite que resultan de ello por ejemplo en caso de un cilindro de émbolo con diámetro de cilindro D y el diámetro d del vástago de émbolo para D = 10 mm y d = 4 mm son aproximadamente 14 GHz para una frecuencia límite inferior del modo TE11 o para D = 25 mm y d = 10 mm unos 5,5 GHz para una frecuencia límite inferior del modo TE11.

A propósito de esto se mencionaría que el modo TE11 sin embargo es suprimido en el émbolo del cilindro por doble simetría axial especialmente recta tanto de la excitación de campo como del espacio de campo. Debido a esta simetría axial el ancho de la banda de frecuencias, en la que no son susceptibles de propagación tipos de campo superiores ninguno, puede ser aproximadamente duplicado. El modo que sigue en altura susceptible de propagación en el ejemplo es entonces el modo TE21. Aquí debe tenerse en cuenta sin embargo que en cilindros con vástago de émbolo continuo además de los tipos de campo del conductor coaxial se presentan también tipos de campo en el guíaondas redondo. La frecuencia límite de este tipo de campo en el guíaondas redondo es para todos los cilindros mayor que los correspondientes valores límite del tipo de campo en el conductor coaxial cilíndrico. Si se emplea por ejemplo una frecuencia de servicio en la cual sólo el tipo de campo TEM es susceptible de propagación en el conductor coaxial, en todo el cilindro no son susceptibles de propagación tipos de campo ninguno del guíaondas.

Si según la reivindicación 5 en el caso del acoplamiento se trata de un acoplamiento singular, es decir, asimétrico, en un cilindro coaxial en este ejemplo el modo TE11 es susceptible de propagación. Si por el contrario se emplean varios puntos de alimentación con acoplamiento axialmente simétrico, por ejemplo en el cilindro coaxial se suprime el modo TE11, por lo que en caso de empleo de dos sondas de acoplamiento desplazadas 180° ambas sondas de acoplamiento son abastecidas por un punto de alimentación mediante desdoblamiento de la señal de HF a través de un acoplador de potencia o un divisor de potencia de 3 db, por ejemplo Wilkinson, en caso de cuatro sondas

ES 2 296 351 T3

de acoplamiento desplazadas 90° se emplean dos acopladores de 3 db y en caso de ocho sondas de acoplamiento desplazadas 45° se proveen cuatro acopladores de 3 db. La ventaja de la alimentación axialmente simétrica consiste en la supresión del modo que sigue en altura y por lo tanto en la posibilidad de poder emplear una frecuencia de emisión más alta. Gracias a la frecuencia de emisión más alta y con ello al mayor ancho de banda se puede conseguir además una mayor precisión de medición.

Si según la reivindicación 6 se proporciona un dispositivo de medición de distancias que presenta una red de adaptación, se obtiene la ventaja de que con esta red de adaptación, preferentemente red de adaptación de alta frecuencia, se eleva el ancho de banda de frecuencias de la sonda y así es posible la radiación o recepción de una señal de emisión modulada en frecuencia. Con una red de adaptación semejante se proporciona la condición previa de, mediante el proceso de búsqueda o el correspondiente algoritmo de búsqueda, poder definir la determinación de alejamiento con una gran precisión. Preferentemente tanto la sonda de acoplamiento como la red de adaptación están previstas como estructuras de línea pasivas, que se fabrican de preferencia galvánicamente en forma de una capa fina de oro, por ejemplo de 15 mm. Por razones puramente prácticas puede ser también ventajoso prever el acoplamiento singular asimétrico con respecto al eje axial y renunciar a la ventaja del acoplamiento simétrico de la más alta frecuencia de emisión y con ello la mayor precisión de medición. Esto tiene la ventaja de que para casi todas las estructuras de línea de uso corriente, especialmente tamaños de cilindro de émbolo, puede emplearse una sonda de acoplamiento idéntica.

El acoplamiento simétrico según la reivindicación 8 con varias sondas de acoplamiento tiene la ventaja adicional de que receptor y emisor ya pueden separarse del lado de la antena. Para ello por ejemplo en el caso de cuatro sondas de acoplamiento se emplean respectivamente dos sondas de acoplamiento opuestas para emisión y recepción. Si no se realiza ninguna separación de la rama de emisión y la de recepción, se puede entonces además de la sonda de acoplamiento utilizar también la estructura de línea del emisor para el receptor hasta la separación por medio del acoplador. Puesto que la sonda de acoplamiento tiene una atenuación de inserción, esto tiene por consecuencia que una parte de la señal de emisión se refleja en la sonda de acoplamiento y con ello se recibe en el receptor. Allí la componente reflejada de la señal de emisión se superpone con la propia señal de recepción y empeora la precisión de medición. Esto se evita ya en el lado de antena con la separación de la rama de emisión y la de recepción.

La separación en una antena de emisión y de recepción tiene la ventaja adicional de que según la reivindicación 9 pueden emplearse o combinarse en cada caso diferentes formas de realización como antenas emisoras o receptoras, es decir, sondas eléctricas o magnéticas o un acoplamiento por ranura. Con ello se puede obtener un sobreacoplamiento directo de la señal de emisión en el receptor y por lo tanto una mejora de la calidad de la señal.

Si está prevista preferentemente según la reivindicación 11 la electrónica de alta frecuencia de la instalación de sensores dividida en una rama de emisión y una de recepción, cuya rama de recepción se compone de un mezclador y/o al menos cuatro diodos de alta frecuencia, en razón del número de los diodos de alta frecuencia puede calcularse tanto el reconocimiento de dirección de un movimiento de una parte predeterminada de la estructura de línea como una inequívoca modificación de alejamiento de esta parte.

Si se prevé según la reivindicación 12 un bucle de regulación cerrado, por ejemplo una frecuencia separada de la rama de emisión por ejemplo del oscilador controlado por tensión (VCO) puede no utilizarse directamente como magnitud de resultado, sino emplearse en una regulación de frecuencia y de fase. De esta manera está garantizado un procesamiento directo y simplificado particularmente rápido de las señales y la evaluación para la determinación de la distancia.

Según la reivindicación 13 esta regulación de frecuencia dinámica puede ser ajustada por ejemplo mediante un circuito de enganche de fase (PLL), que está constituido por al menos un divisor de frecuencia, un discriminador de fase y un filtro de paso bajo, predeterminándose la frecuencia nominal mediante un sintetizador digital directo.

Si la rama de recepción comprende según la reivindicación 15 un detector IQ (detector en cuadratura de fase), se proporciona asimismo una disposición especial, con la cual se posibilita un reconocimiento de dirección de un movimiento de una parte predeterminada de la estructura de línea.

Una ventajosa forma de realización simplificada para el modo de búsqueda resulta si tanto la desviación de frecuencia del oscilador como la longitud de la línea de retardo se proyectan de manera que correspondan a un alejamiento predeterminado fijo de la sonda de acoplamiento con respecto a un punto de la estructura de línea, por ejemplo en un émbolo, es decir, si según la reivindicación 19 un punto de sincronización está preajustado en la estructura de línea. Si el punto de sincronización es pasado por ejemplo por un émbolo de cilindro, el sensor se sincroniza de inmediato, se conmuta al modo de seguimiento y se encarga de la altamente dinámica determinación de posición del émbolo.

Si además de esto el punto de sincronización se elige relativamente lejos de la sonda de acoplamiento, entonces este procedimiento tiene la ventaja de que tanto la línea de retardo puede realizarse como línea de pieza corta, por ejemplo en forma impresa sobre la parte posterior de la sonda de acoplamiento y la desviación de frecuencia puede mantenerse pequeña.

Otras formas de realización ventajosas son objeto de las restantes reivindicaciones subordinadas.

ES 2 296 351 T3

Con referencia a los dibujos adjuntos está representado un ejemplo de realización preferido en particular para la aplicación en un émbolo de cilindro.

5 La Figura 1 muestra un dibujo en sección lateral de una integración del dispositivo de medición de distancias en un émbolo de cilindro;

la Figura 2 muestra una vista frontal del dispositivo de medición de distancias según el invento;

10 la Figura 3 muestra una curva de distribución de frecuencias con y sin red de adaptación según una forma de realización del presente invento;

la Figura 4 muestra un diagrama de bloques de la electrónica de alta frecuencia con una primera rama de recepción para la determinación de la distancia;

15 la Figura 5a muestra otra forma de realización de una electrónica de alta frecuencia para el reconocimiento de dirección de una parte predeterminada que se mueve en la estructura de línea;

20 la Figura 5b muestra otra forma de realización de una electrónica de alta frecuencia para el reconocimiento de dirección de una parte predeterminada que se mueve en la estructura de línea;

la Figura 6 muestra otra forma de realización de una electrónica de alta frecuencia para la determinación de la distancia.

25 La Figura 1 muestra un ejemplo de aplicación del dispositivo de medición de distancias según la solicitud tal como puede emplearse por ejemplo en un cilindro de vástago de émbolo, el cual por ejemplo puede hacerse funcionar en un accionamiento lineal tanto hidráulico como neumático. La instalación de sensores está dispuesta axialmente simétrica alrededor del vástago de émbolo 2 en una tapa de cojinete 4 para el vástago de émbolo 2. Como puede observarse en la Figura 1, en esta forma de realización se define una estructura de línea mediante el vástago de émbolo 2, el émbolo 11 así como la camisa 3 del cilindro y la tapa de cojinete 4. La sonda de acoplamiento 7 prevista en la instalación de sensores está integrada en la tapa de cojinete 4 y dirigida en la dirección de la estructura de línea 5. Además en la tapa de cojinete 4 están previstos conductos 13, que están integrados para las líneas de alimentación eléctricas de la instalación de sensores y terminan en una conexión de enchufe 9 prevista en la periferia de la tapa de cojinete 4.

30 El tubo del cilindro y por lo tanto el propio cilindro del vástago de émbolo puede estar configurado de múltiples formas. Es esencial sin embargo que se proporcione una especie de estructura de línea 5, que posibilite una reflexión de la señal de emisión. La reflexión en el ejemplo de realización según la Figura 1 se posibilita por ejemplo mediante el émbolo 11, que asimismo actúa como cortocircuito. Para la protección de la instalación de sensores o de la sonda de acoplamiento 7 puede estar previsto por ejemplo también un tope de guarnición 14 para amortiguar el choque del émbolo sobre la tapa de cojinete. En la tapa 5 puede haber por ejemplo tanto un campo de servicio como un campo de indicaciones 8, con el cual pueden indicarse o regularse puntos de conmutación individuales.

35 En la Figura 2 está representada una vista frontal de la tapa de cojinete 4, que en el dispositivo de distancias según la solicitud muestra comprendida la instalación de sensores. En esta forma de realización representada en la Figura 2 ha sido concebida la aplicación para un émbolo de cilindro circular. La instalación de sensores presenta por ejemplo un disco de cerámica 21 de varias capas, sobre cuyo lado anterior está configurada la sonda de acoplamiento 7 y cuyo lado posterior sirve como sustrato de soporte para los elementos de construcción electrónicos. La toma de contacto continua 23 de la línea de emisión-recepción con la sonda de acoplamiento 7 se efectúa de preferencia galvánicamente o mediante un acoplamiento de apertura. Para poder sintonizar de forma continua una gama de frecuencias mayor está prevista una red de adaptación 25, que está dispuesta entre el punto de alimentación, que está predeterminado por la toma de contacto continua 23, y la sonda de acoplamiento 7.

40 La Figura 3 muestra claramente qué influencia puede tener la red de adaptación sobre una distribución de frecuencias. Puede observarse claramente que la gama de las frecuencias que pueden ser sintonizadas de forma continua, es decir, la anchura del lóbulo, se duplica con red de adaptación. En este punto debería señalarse que el disco cerámico no debe desarrollarse en general alrededor del vástago de émbolo, sino que también se compone de un pequeño sustrato circular, que está introducido asimétricamente en un punto del vástago de émbolo. En general sin embargo también la sonda de acoplamiento puede componerse de varias, por ejemplo de dos tomas de contacto y de una pieza de línea impresa sobre el lado anterior del sustrato, la cual conecta una con otra las dos tomas de contacto continuas.

45 Aquí la forma de realización más sencilla se compone de una sonda de acoplamiento magnética de una pieza de línea coaxial, en caso de frecuencias más altas preferentemente de una denominada línea semirrígida. La línea coaxial se guía mecánicamente a través de la tapa de cojinete. El conductor interior abierto se lleva a continuación al aire mediante un bucle corto y se suelda en la tapa de cojinete y por lo tanto se pone en cortocircuito.

60 De modo similar a la sonda eléctrica la magnética puede ser realizada también como línea de cinta impresa. Aquí las guías de línea se disponen desde dentro hacia fuera en forma de estrella con respecto a los vástagos de émbolo. La toma de contacto continua conecta de nuevo la electrónica sobre el lado posterior del sustrato con la línea de cinta impresa sobre el lado anterior. En el extremo interior de la línea de cinta impresa se encuentra la toma de contacto

ES 2 296 351 T3

continua, y en el extremo exterior la línea está en cortocircuito con la carcasa del cilindro. Pueden concebirse otras formas de realización, por ejemplo las de mediante acoplamiento por ranura. Por lo demás pueden emplearse todas las posibilidades de variación con respecto a la simetría coaxial como en el caso de la sonda de acoplamiento eléctrica.

5 En la Figura 4 está representada la electrónica de evaluación junto con la electrónica de alta frecuencia. Aquí puede observarse que la sonda de acoplamiento 7 está mandada por un oscilador 31, preferentemente un oscilador controlado por tensión (VCO), produciéndose la tensión de sintonización mediante un control de rampa de la electrónica de control y evaluación 33. La señal de emisión es alimentada a la estructura de línea (rama de emisión) a través de una sonda de acoplamiento magnética o eléctrica. En un primer paso se mide la distancia absoluta entre punto de
10 alimentación absoluto y émbolo. Aquí se evalúa una medición de la duración de recorrido de la señal de emisión modulada en frecuencia. Resulta la relación representada según la ecuación 1.

La evaluación de la señal recibida y reducida en la frecuencia en el mezclador 35 proporciona la distancia absoluta entre punto de alimentación y posición del émbolo, o de una parte predeterminada en una estructura de línea, con una
15 precisión de al menos la mitad de la longitud de onda de la señal de emisión. Este procedimiento se designa como procedimiento de búsqueda. Después de que la posición del émbolo se ha calculado inequívocamente con la suficiente precisión, se conmuta al denominado modo de seguimiento. Aquí se acopla en el cilindro una señal de onda continua, por ejemplo a 5 GHz. Debido al acoplamiento se configura una onda estacionaria, cuyo desplazamiento se efectúa por el movimiento del émbolo y se calcula mediante una evaluación de fase de la señal reducida en frecuencia. Este
20 procedimiento posibilita la determinación de la distancia al émbolo con la precisión en el campo submilimétrico. La electrónica de alta frecuencia dividida en general en una rama de emisión y de recepción se compone conforme a la Figura 4 de un oscilador controlado por tensión (VCO) y de uno o varios divisores de frecuencia. El oscilador es sintonizado de forma continua mediante la tensión de sintonización de un diodo varactor en la frecuencia por ejemplo de entre 4 y 6 GHz. Una parte de la energía es desacoplada de forma resistiva de la rama de emisión y dividida mediante
25 divisores de frecuencia, por ejemplo a 30 MHz, de manera que la frecuencia de emisión es conocida en cada instante. El receptor se compone de un mezclador 35, que transforma la señal de recepción mediante mezclado con una señal de emisión en una gama de frecuencias hasta señales de unos pocos kHz. Puesto que durante la fase de seguimiento sólo se envía una señal de onda continua, en el caso del mezclador tiene que tratarse de un mezclador acoplado en corriente continua.

30 En la Figura 5a en lugar del mezclador según la Figura 4 está prevista una disposición de diodos detectores 45. Para poder fijar tanto el reconocimiento de dirección como una inequívoca variación de alejamiento de la posición del émbolo mediante desplazamiento de la onda estacionaria, deben emplearse al menos cuatro diodos detectores, que tienen que estar distanciados conforme a la ecuación 2:

$$35 \text{ Distancia de los diodos} = n (\text{longitud de onda} / 2) + \text{longitud de onda} / 16, \quad \text{con } n = 1, 2, \dots \quad (2)$$

Para la explicación de la determinación de alejamiento se señala que hay dos fases de la evaluación de señal. Tras la
40 conexión del sensor o tras una perturbación del servicio, por ejemplo debido a una falta de tensión, en el denominado modo de búsqueda se realiza una determinación absoluta de alejamiento con respecto al émbolo del cilindro o a la parte predeterminada en la estructura de línea.

Aquí el oscilador (VCO) se modula en su frecuencia, por ejemplo dentro de un ancho de banda de 1,5 GHz. La
45 distancia de la sonda de acoplamiento con respecto al émbolo del cilindro puede entonces determinarse mediante cálculo de una FFT (Transformación Rápida de Fourier) con subsiguiente cálculo de la DFT (Transformación Discreta de Fourier) de la señal de vídeo con una precisión de la determinación de alejamiento de la mitad de la longitud de onda o mediante un sencillo cómputo de la posición cero o mínima o máxima.

50 Aquí es válido:

$$\text{Longitud del cilindro} = n \times \text{velocidad de la luz} / 2 \times \text{desviación de frecuencia}$$

55 De esta ecuación se desprende fácilmente que una longitud de cilindro interna 0 (el émbolo se encuentra en el tope en el punto de alimentación) requeriría una desviación de frecuencia infinitamente grande. Por esa razón entre el receptor y el punto de alimentación se necesita una línea de retardo de 50 Q. La longitud de la línea de retardo limita también en caso de tope del émbolo la desviación de frecuencia requerida a una magnitud realizable de por ejemplo el 20% de la frecuencia de emisión.

60 La frecuencia del VCO se regula aquí en la forma de realización más sencilla según la Figura 4 estáticamente mediante un microcontrolador o electrónica discreta. Para ello una parte de la señal de emisión es desacoplada por ejemplo de forma resistiva de la rama de emisión y opcionalmente reducida en la frecuencia mediante al menos un divisor de frecuencia 37 hasta el punto que la frecuencia resultante entonces pueda determinarse por medio de un
65 simple contador digital. La diferencia entre frecuencia nominal y frecuencia real del oscilador se regula a continuación mediante variación de la tensión de sintonización en el oscilador, emitiéndose el correspondiente valor de tensión por ejemplo mediante transformación digital/analógica. Este procedimiento para determinar la regulación de frecuencia se denomina "regulación de frecuencia estática".

ES 2 296 351 T3

En la Figura 5b está mostrada otra posibilidad de poder realizar durante la determinación de distancia también un reconocimiento de dirección. En lugar de un mezclador 35 según la Figura 4 y de una disposición de diodos detectores 45 según la Figura 5a se emplea aquí como rama de recepción un detector IQ. El detector IQ se compone de dos mezcladores 55 y 65, cuyos por ejemplo osciladores locales tienen un desplazamiento de fase de 90°. Por lo tanto se obtienen dos señales de recepción, en fase (componente seno) y cuadratura (componente coseno). Debido a las relaciones de ambas una con otra, es entonces posible diferenciar el movimiento hacia delante del movimiento hacia atrás del émbolo (reconocimiento de dirección). El procedimiento se utiliza preferentemente en el modo de seguimiento, si se radia una señal CW (en una frecuencia). Las diferencias de longitud de conducción de 90° entre los dos osciladores locales son válidas sólo en caso de una frecuencia de emisión fija. Ésta debe mantenerse también en el modo de seguimiento.

En la Figura 6 está mostrada la regulación de frecuencia dinámica, cuya diferencia esencial consiste en que la frecuencia del VCO dividida mediante el divisor de frecuencia 37 no sirve directamente como magnitud de resultado, sino que se emplea en una regulación de frecuencia y de fase y por lo tanto forma un circuito de regulación cerrado. Mediante por ejemplo un microcontrolador se regula un sintetizador digital directo (DDS) 71 a una frecuencia que como magnitud piloto, a través de un discriminador de fase 73, el cual discrimina la señal procedente del sintetizador digital 71 y la señal de frecuencia dividida, entra en el bucle de regulación cerrado. Tras la determinación del alejamiento absoluto con una de las regulaciones mencionadas antes el sensor conmuta al modo de seguimiento, para mejorar la precisión de la medición de alejamiento y posibilitar la observación altamente dinámica del émbolo en funcionamiento.

En el modo de seguimiento se emite ahora una señal CW. Se forma entonces en el cilindro una onda estacionaria, cuya variación en el receptor mediante el detector IQ antes descrito o una disposición de diodos detectores 45 o del mezclador 35 se reduce en la banda base, por ejemplo de 0 a 100 kHz, y a continuación se evalúa mediante la electrónica postconectada.

Si se elige la frecuencia de emisión en el modo de seguimiento tan pequeña que la mitad de la longitud de onda corresponda justamente a la máxima longitud del cilindro, entonces mediante la simple medición de CW puede realizarse una inequívoca determinación de alejamiento y prescindirse por completo del modo de rastreo o modo de búsqueda.

Este procedimiento puede emplearse de manera especialmente ventajosa en cilindros de carrera larga. Es entonces problemático solamente que se considere un gran número de diferentes tamaños de cilindro y la frecuencia de emisión tenga que mantenerse para todos los tipos de cilindro (sensores de empleo universal), especialmente puesto que la frecuencia de emisión, para poder realizar una inequívoca determinación de alejamiento, debe elegirse en correspondencia al cilindro más largo. Para cilindros muy pequeños la determinación de alejamiento se hace entonces muy imprecisa.

Gracias al microcontrolador empleado y a la construcción del cilindro resulta una gran multiplicidad de las posibles realizaciones eléctricas y mecánicas así como la implementación de funciones auxiliares.

Así para la disposición de las uniones de conexión eléctricas puede emplearse cada punto cualquiera de las partes del cilindro estacionarias. La alimentación interna se efectúa entonces a través de conductos adecuados del perfil de la carcasa. Esto es válido también para un punto de interfase de servicio que se necesite parcialmente para indicación y regulación de los puntos de conmutación del cilindro. Este punto de interfase puede componerse de indicaciones LED, LCD, y ofrece una posibilidad de regulación de los puntos de conmutación mediante teclas de programación o potenciómetros.

Además este campo de servicio también puede estar separado del cilindro, por lo que se obtiene una mejora de la accesibilidad.

Funciones auxiliares que este sistema de sensores empleado en el dispositivo de distancias permite adicionalmente en comparación con el estado de la técnica son por ejemplo la diagnosis de errores y la autodiagnosis, la libre configuración de las salidas, el control adicional directo de otros componentes como por ejemplo bobinas de reactancia o reguladores conmutables, así como de un nudo de conexiones bus. Bajo libre configuración de las salidas debe entenderse que por ejemplo cada salida de conmutación puede disponerse como señal de error, para la detección externa de rotura de cables, como indicador de intervalo de servicio o como salida analógica de característica libremente definible.

La conexión eléctrica es preferentemente enchufable, pudiendo superponerse a las líneas de alimentación de tensión una señal de comunicación bidireccional modulada adicional. De esta manera es posible sin gasto adicional una parametrización o instalación con un aparato externo. Además de esta técnica de conexión es también concebible una técnica de conexión bus pura, que idealmente ya esté llevada o integrada a través de las conexiones neumáticas. Además es posible una emisión de señales inalámbrica.

Para ampliar inequívocamente el campo de aplicación, en particular en el campo de la alta y baja temperatura del cilindro, es posible una electrónica de evaluación separada, es decir, no integrada. La conexión entre sonda de acoplamiento y electrónica de evaluación se efectúa a través de conductores de cinta o líneas coaxiales de alta frecuencia.

ES 2 296 351 T3

Puesto que entonces junto a o dentro del cilindro no se encuentran componentes electrónicos ninguno, las aplicaciones en el campo de la alta temperatura son posibles de manera fácil.

5 El procedimiento según la solicitud tiene aún otra ventaja en el campo de la medición del nivel de llenado, especialmente de capas de separación. Si en la estructura de línea, por ejemplo de un tubo de inmersión de un depósito, se encuentran varios líquidos de constantes dieléctricas diferentes, es posible entonces la determinación de la capa límite entre los líquidos.

10 Una aplicación frecuente para ello se encuentra por ejemplo en depósitos de petróleo. Con el tiempo se forma agua de condensación en el fondo del depósito que debe ser vaciada por succión, sin tener que vaciar el depósito. Aquí el petróleo con una constante dieléctrica de aproximadamente 2 a 10 flota sobre la superficie del agua con una constante dieléctrica de aproximadamente 88.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de medición de distancias con una instalación de sensores y una electrónica de evaluación, en el cual la instalación de sensores comprende al menos una sonda de acoplamiento para la alimentación de una señal de emisión en una estructura de línea, **caracterizado** porque la sonda de acoplamiento alimenta una señal de onda continua de alta frecuencia modulada en frecuencia para determinar la distancia continuamente, efectuándose la medición de la distancia entre el punto de alimentación definido por la sonda de acoplamiento y una parte predeterminada de la estructura de línea por una medición de la duración del recorrido de la señal de emisión.
- 10 2. Dispositivo de medición de distancias según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la sonda de acoplamiento posibilita un acoplamiento magnético o eléctrico o un acoplamiento por ranura en un guíaondas o en una línea coaxial como estructura de línea.
- 15 3. Dispositivo de medición de distancias según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque mediante la sonda de acoplamiento se alimenta una onda electromagnética en la gama de alta frecuencia entre 10 MHz hasta 25 GHz.
- 20 4. Dispositivo de medición de distancias según la reivindicación 3, **caracterizado** porque la onda electromagnética acoplada presenta una propagación monomodal, preferentemente en el modo TEM en estructuras coaxiales.
- 25 5. Dispositivo de medición de distancias según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque en el caso del acoplamiento se trata de un acoplamiento singular y/o un acoplamiento axialmente simétrico con varias sondas de acoplamiento.
- 30 6. Dispositivo de medición de distancias según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque está prevista una red de adaptación.
- 35 7. Dispositivo de medición de distancias según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la instalación de sensores presenta una electrónica de alta frecuencia con una rama de emisión y una rama de recepción.
- 40 8. Dispositivo de medición de distancias según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque están previstas varias sondas de acoplamiento, estando cada mitad de las sondas de acoplamiento prevista para el emisor y respectivamente para el receptor.
- 45 9. Dispositivo de medición de distancias según la reivindicación 8, **caracterizado** porque para las antenas emisoras previstas para el emisor y para las antenas receptoras previstas para el receptor se emplean diferentes tipos de sondas de acoplamiento.
- 50 10. Dispositivo de medición de distancias según una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado** porque la rama de emisión se compone de un oscilador, preferentemente de un oscilador controlado por tensión (VCO).
- 55 11. Dispositivo de medición de distancias según una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado** porque la rama de recepción se compone de un mezclador o de al menos cuatro diodos de alta frecuencia.
- 60 12. Dispositivo de medición de distancias según la reivindicación 10, **caracterizado** porque está previsto un bucle de regulación cerrado.
- 65 13. Dispositivo de medición de distancias según la reivindicación 12, **caracterizado** porque el bucle de regulación es un circuito de enganche de fase (PLL) y se compone de al menos un divisor de frecuencia, un discriminador de fase y un filtro de paso bajo, y la frecuencia nominal se predetermina mediante un DDS (Sintetizador Digital Directo) (regulación/determinación de frecuencia dinámica).
14. Dispositivo de medición de distancias según la reivindicación 12, **caracterizado** porque el bucle de regulación se compone de al menos un divisor de frecuencia, y se cierra mediante un contador de frecuencia, microcontrolador y transformador digital-analógico (regulación/determinación de frecuencia estática).
15. Dispositivo de medición de distancias según una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado** porque la rama de recepción se compone de un detector en cuadratura de fase.
16. Procedimiento para la determinación de una distancia, en particular empleando un dispositivo de medición de distancias según una de las reivindicaciones 1 a 15; con los siguientes pasos
- a) Preparación de una señal de emisión, que mediante una sonda de acoplamiento es introducida en una estructura de línea;
 - b) Medición de la distancia entre el punto de alimentación definido por la sonda de acoplamiento y una parte predeterminada de la estructura de línea;

ES 2 296 351 T3

c) Preparación de una señal de onda continua de alta frecuencia modulada en frecuencia, que es alimentada por la sonda de acoplamiento en la estructura de línea, y con la cual se determina continuamente la distancia a medir;

5 d) Determinación de la distancia a medir entre el punto de alimentación definido por la sonda de acoplamiento y la parte predeterminada de la estructura de línea mediante una medición de la duración del recorrido de la señal de emisión.

10 17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el cual en el paso a) se emplea una señal de emisión monomodal, preferentemente en el modo TEM en estructuras coaxiales.

18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 17, **caracterizado** porque como estructura de línea se emplea un guíaondas o una línea coaxial.

15 19. Empleo del dispositivo de medición de distancias según una de las reivindicaciones 1 a 15, en particular utilizando el procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 18, en un émbolo de cilindro.

20 20. Empleo según la reivindicación 19, en el cual se utiliza un accionamiento lineal neumático en forma de un émbolo.

21. Empleo según la reivindicación 19, en el cual se utiliza un accionamiento lineal hidráulico en forma de un émbolo.

25 22. Empleo según la reivindicación 21, en el cual se usa un tubo de inmersión en un depósito.

30

35

40

45

50

55

60

65

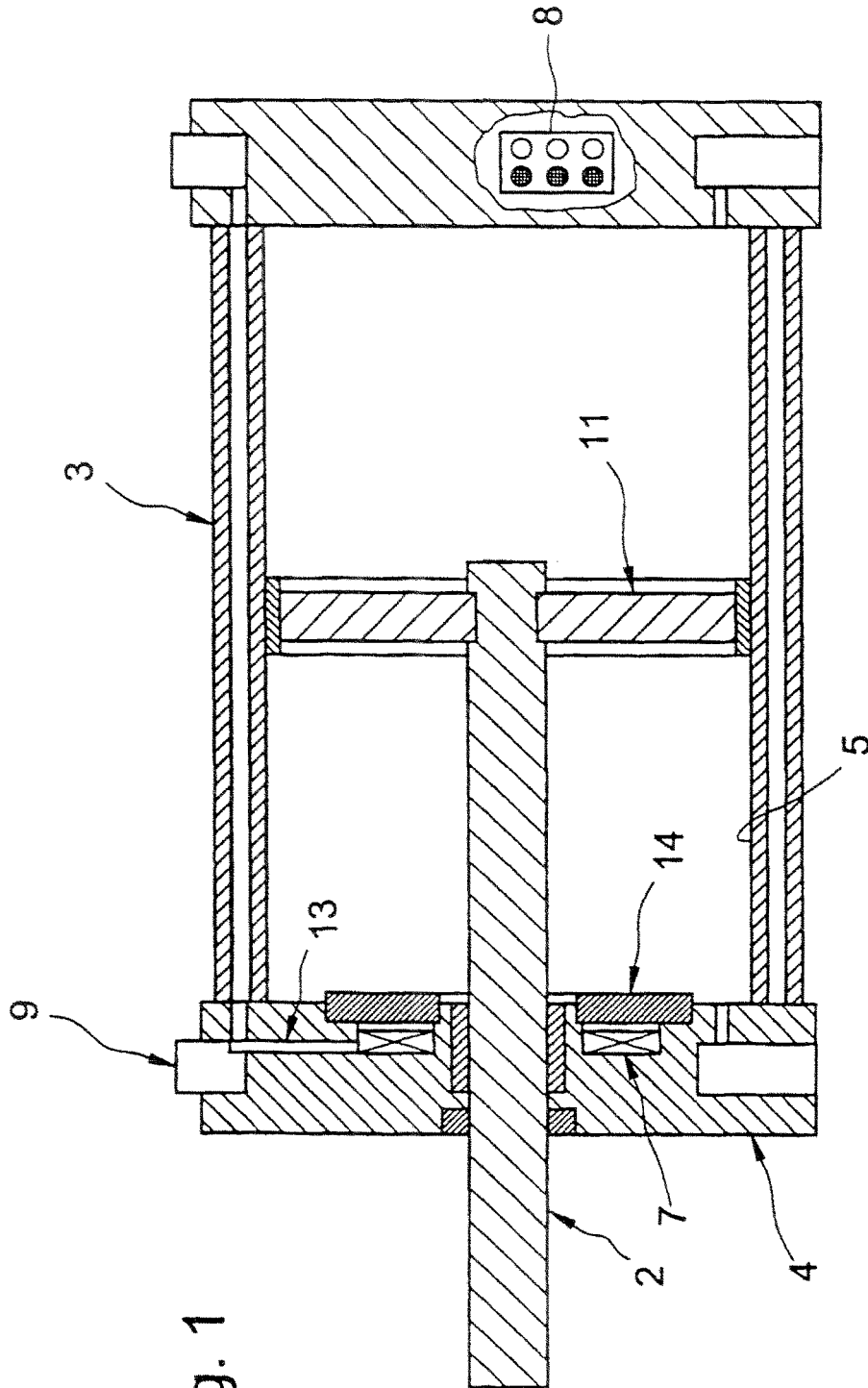


Fig. 1

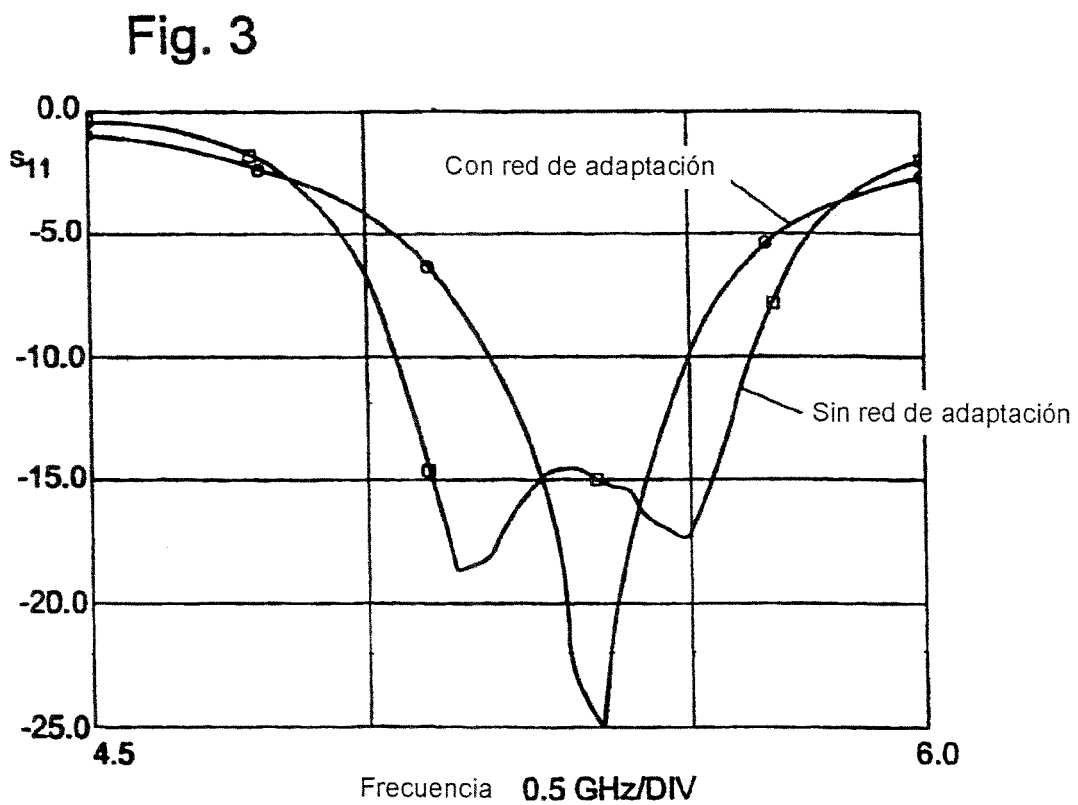
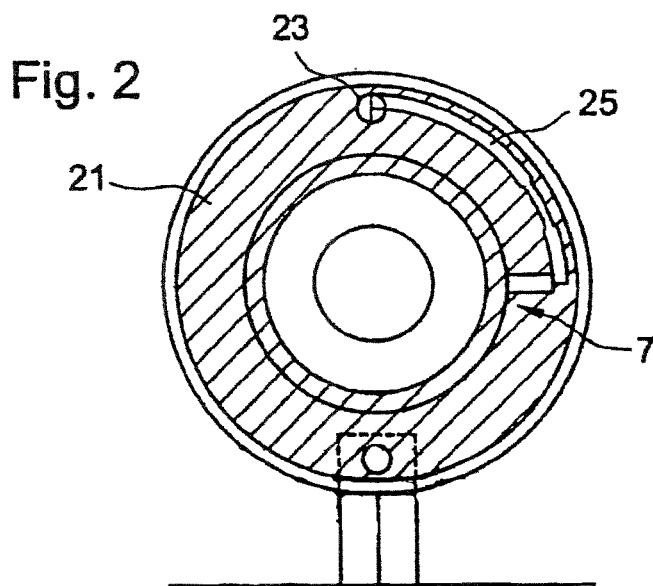


Fig. 4

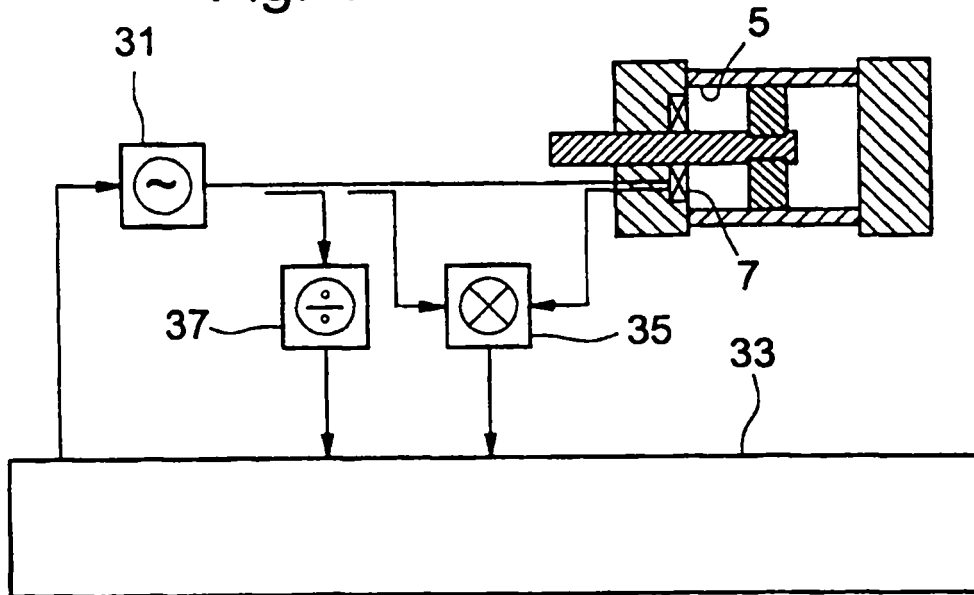


Fig. 5a

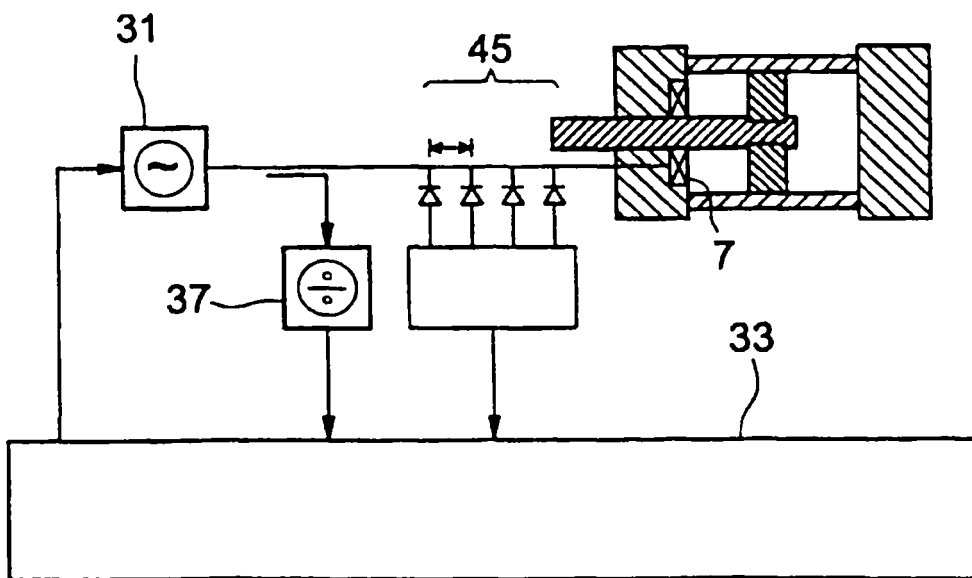


Fig. 5b

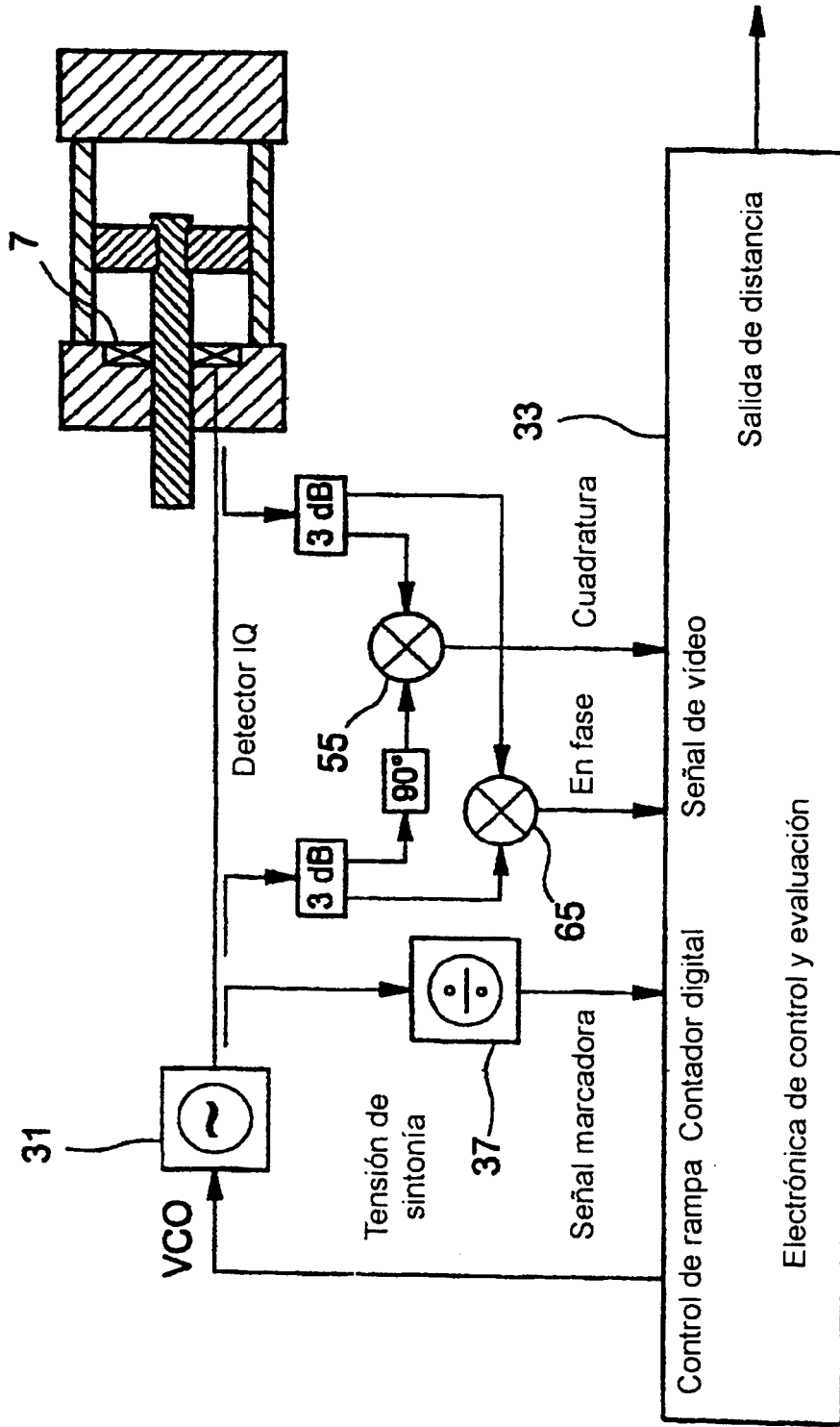


Fig. 6

