



REPÚBLICA ARGENTINA
PODER EJECUTIVO NACIONAL
MINISTERIO de ECONOMÍA y PRODUCCIÓN
SECRETARÍA de INDUSTRIA, COMERCIO y de la PEQUEÑA y MEDIANA EMPRESA
INSTITUTO NACIONAL de la PROPIEDAD INDUSTRIAL



TÍTULO DE
PATENTE DE INVENCION

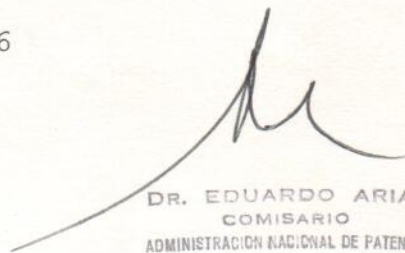
AR014670B1

LA ADMINISTRACION NACIONAL DE PATENTES, CONFORME LO RESUELTO EN EL EXPEDIENTE RESPECTIVO Y EN VIRTUD DE LO DISPUESTO POR LA LEY 24.481 (T.O. 1996), Y SU DECRETO REGULATORIO (DECRETO 260/96, ANEXO II), EXTIENDE EN NOMBRE DE LA NACION ARGENTINA EL PRESENTE TITULO A COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (CNEA) ;

QUE ACREDITA LA CONCESION DE PATENTE DE INVENCION SOBRE MEDIDOR INDUCTIVO DE POSICION.

CUYA DOCUMENTACION ANEXA ES COPIA FIEL DE LA DEPOSITADA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL CONFORME A LO ESTABLECIDO EN EL ART. 35 DE LA LEY 24.481 (DECRETO 260/96 - ANEXO I), EL TERMINO POR EL QUE SE ACUERDA LA PATENTE ES POR VEINTE AÑOS IMPRORRIGABLES CONTADOS A PARTIR DE LA PRESENTACION DE LA SOLICITUD, POR LO CUAL EXPIRARA EL DIA:
2 DE MARZO DE 2019

BUENOS AIRES, 21 DE JUNIO DE 2006


DR. EDUARDO ARIAS
COMISARIO
ADMINISTRACION NACIONAL DE PATENTES



Patentes de Invención
Modelos de Utilidad



Marcas



Modelos y Diseños
Industriales



Transferencia de
Tecnología



Información
Tecnológica



INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
ARGENTINA



Memoria Descriptiva de la Patente de Invención

denominada

"MEDIDOR INDUCTIVO DE POSICION"

Solicitada por

Comisión Nacional de Energía Atómica, residente en
Av. del Libertador 8250, Capital Federal, República Argentina.

INVENTOR: ESPARZA Daniel A.
D'OVIDIO Claudio A.

Por el plazo de 20 años



La presente patente de invención se refiere a un nuevo tipo de medidor inductivo de posición, especialmente para medir largas carreras, basado en un principio de inducción.

El sistema más usado para la medición de pequeños y grandes desplazamientos es el denominado Transformador Lineal Variable Diferencial, mas conocido por sus siglas en inglés: LVDT (Linear Variable Differential Transformer). Este método de medición de desplazamientos permite medir el recorrido de un núcleo magnético, y consiste en una cantidad de primarios y secundarios distribuidos a lo largo de la distancia a medir con número de vueltas variable, las que se conectan en serie. Tiene el inconveniente de requerir muchas bobinas de gran número de vueltas. También requiere al menos 4 cables para las conexiones con el demodulador.

La presente invención consiste en una bobina no uniforme de un largo similar al rango de medición deseado con un núcleo magnético en su interior cuya posición queremos medir. Al ser la bobina no uniforme, el núcleo privilegiará zonas con mayor o menor densidad de espiras, traduciéndose en una inductancia variable dependiente de la posición. Esta inductancia puede ser medida por métodos convencionales y con equipamiento standard.

El medidor de la invención tiene la ventaja de requerir un bobinado único, donde lo novedoso es la particular disposición de las espiras de la bobina que no es uniforme a lo largo de la misma. Por tener una única bobina se necesitan sólo dos cables para conectar el dispositivo al lector electrónico. No hay limitaciones para la longitud que puede ser de algunos centímetros a varios metros. Una ventaja adicional es que permite medir posición sin contacto, lo cual lo hace particularmente útil para medir posiciones desde fuera de un equipo de vacío, dentro de un reactor nuclear, en un satélite etc. Al no haber contacto también se evita el desgaste del dispositivo siendo su vida prácticamente ilimitada.



23 MAR 1999

Es sabido que la inductancia de un solenoide de devanado uniforme puede ser aumentada introduciendo un núcleo magnético en su interior, si este núcleo tiene una longitud menor que la del solenoide la inductancia va a depender de la posición de dicho núcleo a lo largo del eje del solenoide de modo tal que será máxima cuando el núcleo se encuentre en el centro de la bobina y decrecerá al mover el núcleo hacia ambos extremos. Esta variación de la inductancia con la posición es claramente no lineal y hay dos posiciones simétricas con respecto al centro de la bobina que dan el mismo valor, por lo que midiendo sólo el valor de la inductancia no podemos determinar unívocamente la posición. También notaremos que la inductancia varía muy poco cerca del centro y que esta variación recién es importante cuando el núcleo se acerca a los bordes.

La presente invención consiste en una única bobina larga con un número de espiras por unidad de longitud variable y un núcleo magnético que se mueve en su interior siendo la posición de éste determinada por el valor de la inductancia de la bobina. Las espiras de la bobina están separadas en forma creciente a partir de un extremo siguiendo una ley matemática, de modo que las espiras están muy juntas en un extremo de la bobina y muy espaciadas en el otro extremo.

Hemos encontrado una ecuación empírica que nos da la posición de cada espira a lo largo de la bobina de modo que la variación de la inductancia (L) con la posición del núcleo (z) es lineal del tipo: $L = L_0 + A z$ la ecuación es la siguiente:

$$N = [1 / 75B] [C^{3/2} - (C - B x)^{3/2}] \quad [1]$$

y su ecuación inversa:

$$x = [1/B] [C - (C^{3/2} - 75 B N)^{2/3}] \quad [2]$$

donde B y C son constantes, x es la coordenada paralela al eje de la bobina y N es el número de espira. Para N enteros 1,2,3 etc., usando la ecuación [2], existe un valor de x que cumple la ecuación, sean estos

valores de x : x_1 para $N=1$, x_2 para $N=2$ y así sucesivamente hasta x_n para $N=n$. Estos valores x_1 a x_n son las posiciones sobre la bobina de las espiras 1 a n . Siguiendo esta ley matemática se puede construir un dispositivo que es lineal en casi todo el rango de la bobina. En los extremos de la bobina la respuesta deja de ser lineal debido a los efectos del borde de la bobina, inclusive en el extremo de mayor densidad de vueltas se encuentra un pequeño máximo. Por este motivo es necesario construir la bobina un poco más larga que el rango lineal requerido. Construir una bobina con una separación de espiras continuamente variable es una tarea que requiere precisión y un trabajo muy artesanal o una máquina de control numérico. Es posible para simplificar la construcción agrupar espiras y ubicar este grupo sobre la bobina en la posición que le correspondería a la espira central del grupo. Por ejemplo si agrupamos de a 5 espiras, debemos colocar estos grupos en las posiciones correspondientes a las espiras 3, 8, 13, 18 etc., y hemos comprobado que esta simplificación en la construcción no produce detrimento en la linealidad. Otra variante consiste en colocar grupos de espiras a distancias iguales sobre la bobina por ejemplo cada 5 cm en este caso el número de vueltas de cada grupo será variable y para tener precisión será necesario tener número de vueltas fraccional. En ambas variantes, se pueden calcular tanto las posiciones de grupos de espiras iguales, para la variante 1, como el número de vueltas de cada grupo colocados a distancias iguales, para la variante 2, usando las ecuaciones [1] y [2].

En algunas aplicaciones puede ser conveniente tener más sensibilidad en una zona que en otra. En tal caso el dispositivo dejará de ser lineal y no serán aplicables las ecuaciones [1] y [2]. Deberán deducirse ya sea empíricamente o exactamente ecuaciones particulares que respondan a esta característica no lineal.



El núcleo que se desplaza por el interior de la bobina debe ser de un material magnético de permeabilidad relativamente alta, ya sea ferromagnético como el hierro dulce de bajo carbono, los aceros inoxidables martensíticos serie 400 o las aleaciones tipo permalloy o ya sea ferrimagnético como las ferritas de Mn-Zn y Ni-Zn. Las dimensiones de este núcleo deben guardar relación con las dimensiones de la bobina y con la separación de las espiras. Si el núcleo es muy corto se observa una variación de la inductancia con el desplazamiento del tipo de diente de sierra coincidente con la posición de las espiras o de los grupos de espiras. Si el núcleo es muy largo se reduce el rango lineal del dispositivo pues los extremos del mismo alcanzan a ambos bordes de la bobina con menor desplazamiento. El diámetro del núcleo no es crítico, sin embargo si el diámetro es pequeño la inductancia será menor en detrimento de la sensibilidad y resolución.

El alambre de las espiras puede ser cualquier metal o aleación conductora, en particular cobre, sin embargo la resistividad no debe ser muy grande pues se incrementa la componente resistiva de la señal de la inductancia dificultando la medición.

La forma de la bobina sobre la que se devanan las espiras puede ser de cualquier material no magnético, incluso metálico con las consideraciones de frecuencia de medición que hacemos más adelante.

La inductancia puede ser medida por métodos convencionales entre los que podemos mencionar los medidores LCR (inductancia, capacidad y resistencia) comerciales, puente de impedancias, analizadores de impedancia vectoriales o con un amplificador sensible a fase (lock-in amplifier). Es importante tomar en consideración la frecuencia de medición ya que todos los métodos de medición de inductancias operan en corriente alterna. Si la frecuencia es muy alta disminuye drásticamente la sensibilidad por la presencia de corrientes parásitas en el núcleo debido a la conductividad eléctrica del mismo. Para aumentar la frecuencia sin

perder sensibilidad es necesario usar núcleos magnéticos aislantes como lo son las ferritas.

En caso de tener que usar una camisa metálica conductora entre la bobina y el núcleo o como forma de la bobina, es necesario bajar aún más la frecuencia de medición pues a las corrientes parásitas del núcleo se le suma la influencia de las corrientes parásitas inducidas en la camisa, ya que los blindajes conductores interpuestos entre la bobina y el núcleo disminuyen la sensibilidad. Dado que los medidores de inductancia comerciales miden con frecuencias relativamente altas, a partir de 40 Hz, para estos casos fue necesario construir un medidor de inductancias vectorial basado en un amplificador sensible a fase (lock-in amplifier) que opera a frecuencias menores. Se pudo medir los desplazamientos con un blindaje de acero inoxidable de 13 mm de grosor interpuesto entre la bobina y el núcleo, a frecuencias tan bajas como 5 Hz, aunque ya la señal eléctrica es pequeña comparada con el ruido (baja relación señal-ruido).

En caso de que la bobina deba funcionar en un ambiente hostil, por ejemplo dentro del recipiente de presión del reactor donde la temperatura es alta, las espiras deben ser de un material resistente a la corrosión como la plata y estar convenientemente aisladas con una funda de fibra de vidrio o cerámica, alternativamente puede usarse el alambre conductor de la espira envainado en una aleación resistente a la corrosión como el acero inoxidable con aislación de polvo cerámico hecho por co-trefilación.

La construcción de estas bobinas no es una tarea crítica. Se construyeron dos bobinas idénticas con arrollamientos agrupados de a 10 espiras en las posiciones calculadas medidas con una cinta métrica y la repetibilidad de las medidas de posición del núcleo coincidieron dentro del 1%, por lo que se puede asegurar esa precisión sin una calibración individual. En caso de requerirse una mayor precisión, puede realizarse una calibración específica.



La novedad del medidor inductivo de posición de la invención, es que consta de una única bobina larga con un número de espiras por unidad de longitud variable y un núcleo magnético que se mueve en su interior siendo la posición de éste determinada por el valor de la inductancia de la bobina, siendo necesarios sólo dos cables para conectar el dispositivo a un lector electrónico.

El objetivo principal del medidor inductivo de posición de la invención, es poder medir con un bobinado único, con sólo dos cables para conectar el dispositivo al lector electrónico, longitudes desde algunos centímetros a varios metros.

Un segundo objetivo del medidor inductivo de posición de la invención es permitir la medición de la posición sin contacto y, al no haber contacto, evitar el desgaste del dispositivo.

Una aplicación de la presente invención es la medición de posiciones dentro de un reactor nuclear.

Otra aplicación es la medición de posiciones desde fuera de un equipo de vacío.

Otro uso es la medición de posiciones en un satélite.

A fin de una mejor comprensión de la presente invención y mayor entendimiento de las ventajas comentadas, más las que los entendidos en la especialidad podrán agregar, se realiza a continuación la descripción detallada de un ejemplo preferido de realización del medidor inductivo de posición de la presente invención, en base a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura N° 1 muestra una vista de un ejemplo de realización de un medidor inductivo de posición según la invención.

En la figura N° 2 se grafica la variación de inductancia con la posición.



En la figura N° 1 se observa un medidor inductivo de posición para largas carreras que contiene una única bobina (1) con grupos de espiras conectados en serie (2), cuya disposición de las espiras no es uniforme a lo largo de la misma, espaciadas de acuerdo a la ecuación [1]. Las espiras son de cable con aislación y se arrollan sobre un tubo (4). El núcleo (3) es una barra de material magnético, de permeabilidad relativamente alta, que se mueve en su interior siendo la posición de éste determinada por el valor de la inductancia de la bobina. Se mide la inductancia a medida que se desplaza el núcleo (3) por el centro de la bobina a ciertos intervalos determinados, conectando el dispositivo por medio de dos cables (5), a un lector electrónico.

Para mayor aclaración de la presente invención, y la manera que la misma ha de ser llevada a la práctica, se explican a continuación dos ejemplos de aplicación de la invención:

EJEMPLO N° 1:

Se construye una bobina con grupos de 10 espiras conectados en serie, espaciadas de acuerdo a la ecuación [1] y según el detalle suministrado en la tabla I. En dicha tabla se dan las posiciones de los grupos de espiras y la cantidad de espiras acumuladas que son múltiplos de 10. Las espiras son de cable multifilar de 1 mm^2 de sección con aislación de PVC y se arrollan sobre un tubo de PVC de 110 mm de diámetro. El núcleo es una barra de hierro dulce de 70 mm de diámetro y 280 mm de largo. Se mide la inductancia a medida que se desplaza el núcleo por el centro de la bobina a intervalos de 50 mm. En la figura 2 se grafica la variación de inductancia con la posición. En la misma puede observarse la notable linealidad obtenida (coeficiente de correlación $R=0,99994$) en el rango que excluye al máximo. Se incluye en la figura 2 una recta calculada por mínimos cuadrados, cuya ecuación es:



$L = 0,4088 - 0,00231 X$

$X = 177 - 432,9 L$

TABLA I

POSICIÓN DEL GRUPO [mm.]	NUMERO DE ESPIRAS	ESPIRAS ACUMULADAS
0	10	10
31.4	10	20
63.1	10	30
95.0	10	40
127.3	10	50
159.8	10	60
192.7	10	70
225.9	10	80
259.5	10	90
293.5	10	100
327.8	10	110
362.5	10	120
397.7	10	130
433.3	10	140
469.3	10	150
505.9	10	160
542.9	10	170
580.6	10	180

618.8	10	190
657.6	10	200
697.1	10	210
737.2	10	220
778.2	10	230
820.0	10	240
862.7	10	250
906.3	10	260
951.1	10	270
997.0	10	280
1044.3	10	290
1093.1	10	300
1143.5	10	310
1196.0	10	320
1250.8	10	330
1308.4	10	340
1369.5	10	350
1435.2	10	360
1507.1	10	370
1588.9	10	380

EJEMPLO N° 2

Describiremos un ejemplo de aplicación de este dispositivo para medir la posición de las barras de control en un reactor nuclear tipo CAREM.

Este tipo de reactor posee un actuador hidráulico para el posicionamiento de las barras de control, que consiste básicamente en un émbolo de acero inoxidable martensítico magnético que se desplaza en el



interior de un cilindro actuador de acero inoxidable no magnético. En la cara externa del cilindro actuador se construye una bobina similar a la descrita en el ejemplo N° 1. El cilindro de acero inoxidable que es de pared gruesa representa un blindaje para el efecto inductivo del dispositivo por lo que la frecuencia de medición de la inductancia de la bobina debe ser suficientemente baja para mantener una sensibilidad adecuada. Se seleccionó la frecuencia de 20 Hz como buen compromiso entre la pérdida de sensibilidad a altas frecuencias y la reducida relación señal-ruído a bajas frecuencias. Se usó un medidor de inductancia vectorial construido con un amplificador sensible a fase (lock-in amplifier) juntamente con un supresor de tensión en fase para compensar la componente de tensión resistiva. Así se pudo dar más ganancia al amplificador de entrada, evitando la saturación del mismo. El dispositivo del ejemplo funciona en el modelo del reactor CAREM midiendo la posición de las barras de control en un rango de desplazamiento de 1500 mm y con una precisión de +/- 0,5 mm.

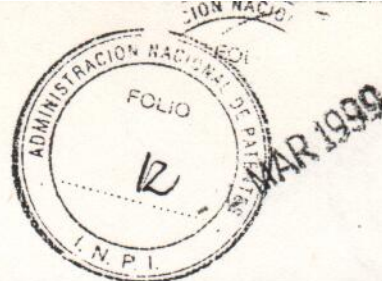
Siguen 18 reivindicaciones en página 11.



REIVINDICACIONES

Habiendo descripto y determinado la naturaleza y alcance de la presente invención, y la manera que la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara lo que se reivindica como invención y de propiedad exclusiva:

1. Medidor inductivo de posición, especialmente para medir largas carreras, basado en un principio de inducción, del tipo en que contiene bobinas de un largo similar al rango de medición deseado con un núcleo magnético, que se desplaza por su interior, cuya posición se quiere medir, caracterizado porque consta de una única bobina, con espiras con una disposición variable a lo largo de la bobina.
2. Medidor inductivo de posición, según la reivindicación 1, caracterizado porque dichas espiras de la bobina están agrupadas y separadas en forma creciente a partir de un extremo, de modo que los grupos de espiras están juntos en un extremo de la bobina y más espaciados en el otro extremo.
3. Medidor inductivo de posición, según la reivindicación 2, caracterizado porque dichos grupos de espiras de la bobina separadas en forma creciente tienen igual número de vueltas o cantidad de espiras.
4. Medidor inductivo de posición, según la reivindicaciones 2 ó 3, caracterizado porque la separación de dichos grupos de espiras de la bobina sigue una ley matemática.
5. Medidor inductivo de posición, según la reivindicación 1, caracterizado porque dichas espiras de la bobina están dispuestas a distancias iguales sobre la bobina y agrupadas, siendo variable el número de vueltas, o espiras, de cada grupo.



6. Medidor inductivo de posición, según la reivindicación 5, caracterizado porque uno o más de dichos números variables de vueltas de cada grupo de espiras es un número de vueltas fraccional.
7. Medidor inductivo de posición, según las reivindicaciones 5 ó 6, caracterizado porque dichos números variables de vueltas de cada grupo de espiras están determinados por una ley matemática.
8. Medidor inductivo de posición, según las reivindicaciones 4 ó 7, caracterizado porque dicha ley matemática está dada por una ecuación empírica, que nos da la posición de cada grupo de espiras a lo largo de la bobina o el número de vueltas de cada grupo de espiras, de modo que la variación de la inductancia (L) con la posición del núcleo (z) es lineal del tipo: $L = L_0 + A z$, la ecuación es la siguiente:

$$N = [1 / 75B] [C^{3/2} - (C - B x)^{3/2}]$$

y su ecuación inversa:

$$x = [1/B] [C - (C^{3/2} - 75 B N)^{2/3}]$$

donde B y C son constantes, x es la coordenada paralela al eje de la bobina y N es el número de espiras.

9. Medidor inductivo de posición, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho núcleo y dicha única bobina están en distintos medios ambientes.
10. Medidor inductivo de posición, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho núcleo es de un material magnético de permeabilidad relativamente alta, como ser: hierro dulce de bajo carbono, acero inoxidable martensítico serie 400 ó aleación tipo permalloy.

11. Medidor inductivo de posición, según cualquiera de reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque dicho núcleo magnético es de un material aislante, como lo son las ferritas.
12. Medidor inductivo de posición, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha única bobina está conectada con sólo dos cables a un lector electrónico.
13. Medidor inductivo de posición, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque posee una camisa metálica conductora entre la bobina y el núcleo.
14. Medidor inductivo de posición, según la reivindicación 13, caracterizado porque dicha camisa metálica conductora es un blindaje de acero inoxidable, interpuesto entre la bobina y el núcleo.
15. Medidor inductivo de posición, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dichas espiras son de un material resistente a la corrosión, como la plata, y están aisladas con una funda de fibra de vidrio o cerámica.
16. Medidor inductivo de posición, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque el alambre conductor de dicha espira está envainado en una aleación resistente a la corrosión, como el acero inoxidable, con aislación de polvo cerámico hecho por co-trefilación.
17. Medidor inductivo de posición, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque es utilizado en la medición de la posición de las barras de control de un reactor.
18. Medidor inductivo de posición, según la reivindicación 17, caracterizado porque en dicha medición de la posición de las barras de

control de un reactor, el pistón del sistema de posicionamiento hidráulico hace de núcleo y se dispone la bobina alrededor del cilindro del actuador hidráulico.



Ing. Jorge Aníbal Fernández
Responsable de Patentes
Comisión Nacional de Energía Atómica

FIGURA 1

15
-2 MAR 1999

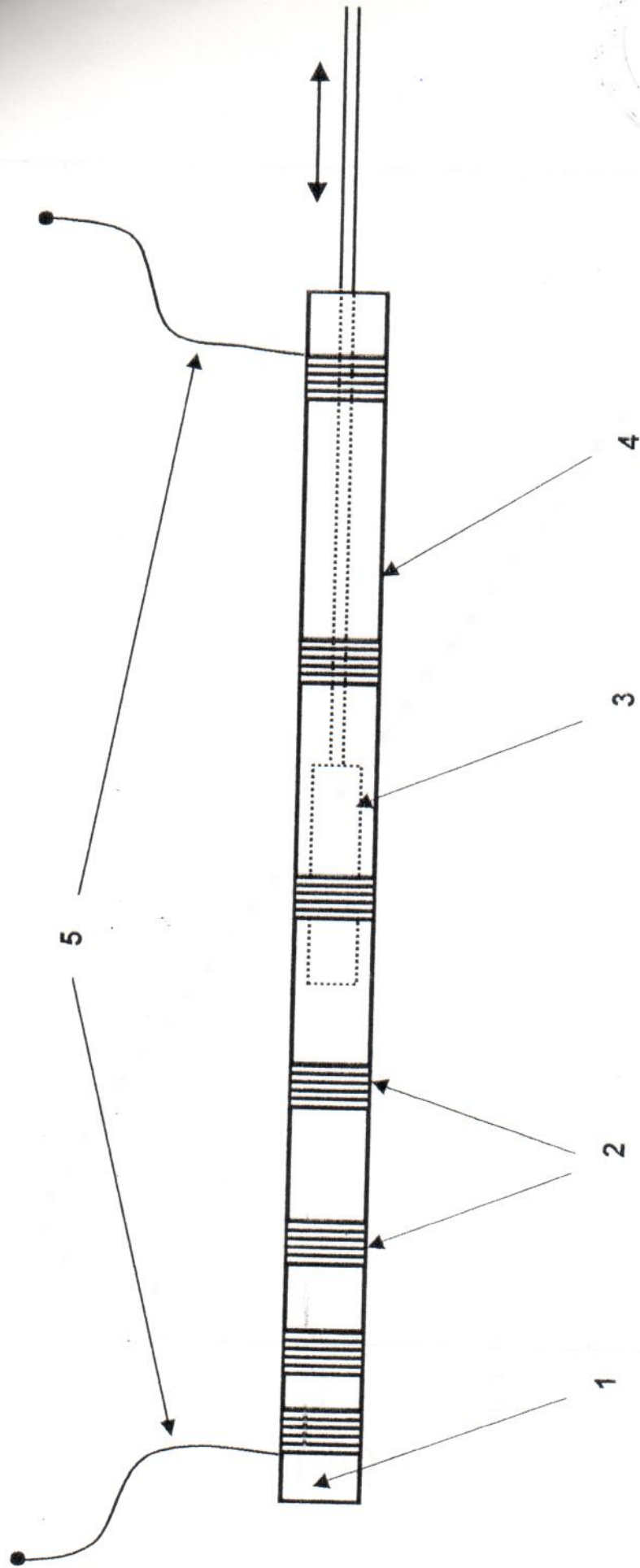


FIGURA 1

FIGURA 2

16
- 2 MAR 1999

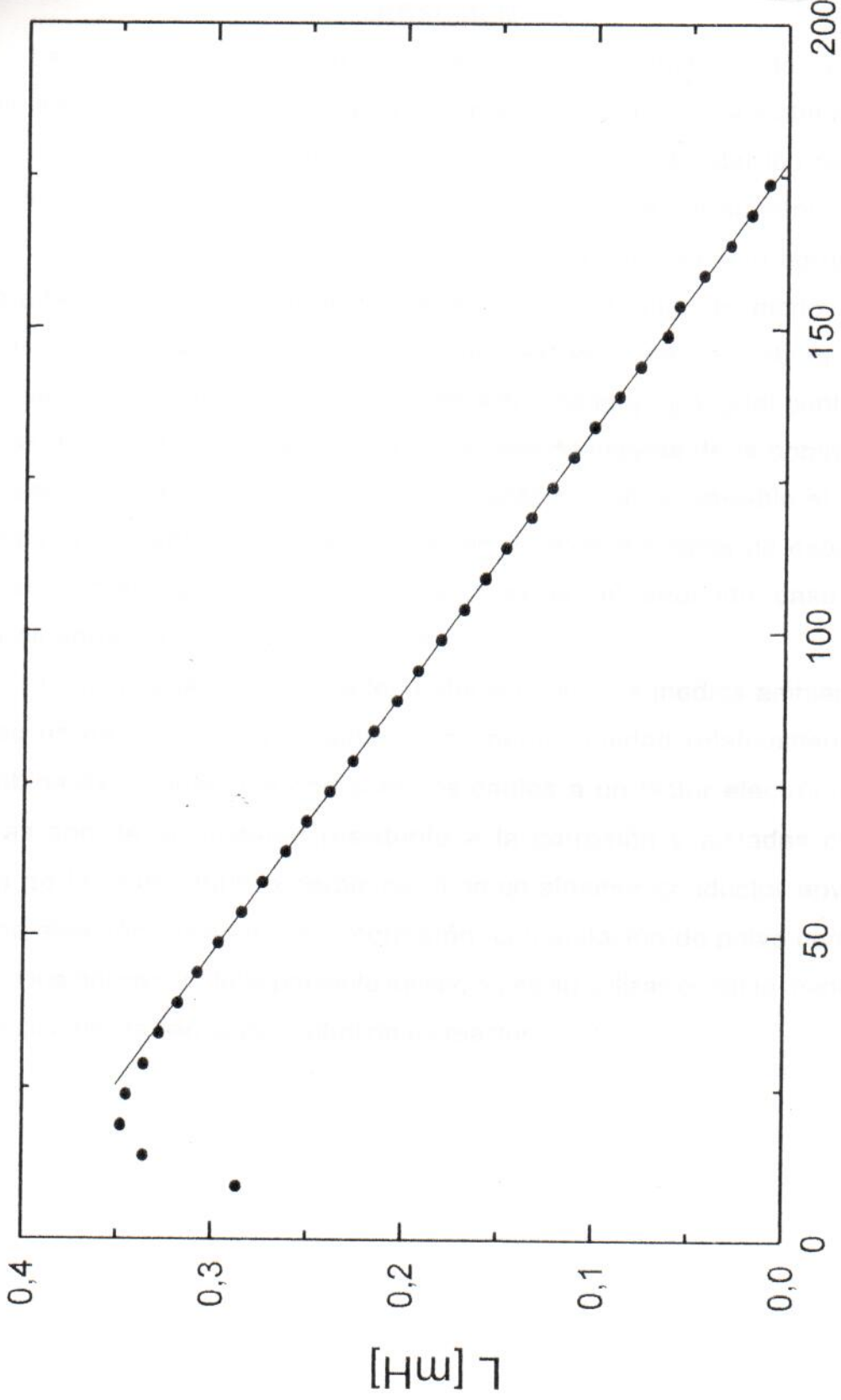


FIGURA 2



RESUMEN

La invención se refiere a un medidor inductivo de posición, especialmente para medir largas carreras, con una única bobina de un largo similar al rango de medición deseado, con una distribución de espiras no uniforme, con un núcleo magnético que se desplaza por su interior.

En una forma de realización las espiras de la bobina están agrupadas y separadas en forma creciente a partir de un extremo, de modo que los grupos de espiras están juntos en un extremo de la bobina y más espaciados en el otro extremo, y conteniendo cada grupo igual cantidad de espiras. En otra forma de realización los grupos de espiras de la bobina están dispuestas a distancias iguales sobre la bobina, siendo variable el número de espiras de cada grupo. La separación de dichos grupos de espiras, en el primer caso, y la cantidad de espiras en el segundo caso, están determinados por una ley matemática.

El núcleo y la bobina pueden estar en distintos medios ambientes. El núcleo es de un material magnético de permeabilidad relativamente alta. La bobina está conectada con sólo dos cables a un lector electrónico. Las espiras son de un material resistente a la corrosión y aisladas con una funda de fibra de vidrio o cerámica, ó de un alambre conductor envainado en una aleación resistente a la corrosión, con aislación de polvo cerámico.

Una aplicación de la presente invención es su utilización en la medición de la posición de las barras de control de un reactor.



REPÚBLICA ARGENTINA

(10) PATENTE DE INVENCION
(11) RESOLUCION NUMERO : AR014670B1
(24) FECHA DE RESOLUCION : 21/06/2006
(--) FECHA DE VENCIMIENTO : 02/03/2019
(21) ACTA NUMERO : P19990100870
(22) FECHA DE PRESENTACION : 02/03/1999
(51) INT.CL.7 :G01B 7/00
(30) PRIORIDAD CONVENIO DE PARIS
(54) TITULO : MEDIDOR INDUCTIVO DE POSICION.
(71) TITULAR :
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (CNEA)
---- CON RESIDENCIA EN :
AV. DEL LIBERTADOR 8250, CAPITAL FEDERAL 1429, Pais AR
(74) AGENTE: 0

