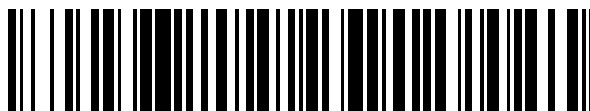


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 451**

51 Int. Cl.:

**H01F 38/14** (2006.01)

**H01F 30/16** (2006.01)

**H04B 3/54** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2013 PCT/EP2013/003366**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2014 WO14072063**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2013 E 13795998 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2917923**

54 Título: **Dispositivo para acoplamiento inductivo bidireccional de señales de datos a una línea eléctrica**

30 Prioridad:

**12.11.2012 ES 201231738**

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

**25.07.2017**

73 Titular/es:

**PREMO, S.L. (100.0%)  
Av. Severo Ochoa, 47  
29590 Campanillas (Malaga), ES**

72 Inventor/es:

**COBOS REYES, SERGIO;  
NAVARRO PÉREZ, FRANCISCO EZEQUIEL y  
ROJAS CUEVAS, ANTONIO**

74 Agente/Representante:

**SALIS, Eli**

ES 2 626 451 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 para acoplamiento inductivo bidireccional de señales de datos a una línea eléctrica

5 Campo de la técnica

La presente invención concierne a la tecnología de transmisión de datos a través de una línea de transporte de energía eléctrica, conocida por las siglas PLC por la expresión en inglés "Power Line Communication", mediante un acoplamiento inductivo bidireccional de señales de datos (portadoras de datos) a dicha línea de transporte de energía eléctrica. De acuerdo con este principio una red eléctrica de media tensión existente puede transmitir simultáneamente energía eléctrica, por medio de una señal a una frecuencia estándar de por ejemplo 50 Hz (o 60 Hz) y un flujo de datos a una frecuencia en general mayor.

En particular, la presente invención se refiere a un interfaz inductivo de comunicación consistente en un transformador de corriente que actúa de interfaz con la red de transporte de energía eléctrica de media tensión en un rango de frecuencia entre, por ejemplo, los 50 KHz y los 600 KHz.

Este transformador permite la inyección de una señal de datos de baja frecuencia (entre 50 KHz y 600 KHz) en una red de transmisión de corriente eléctrica mediante la utilización de un núcleo magnético tubular que se ensambla alrededor de una línea de dicha red. Para facilidad de instalación de dicho núcleo a la línea de red se debe disponer de un núcleo dividido en, al menos dos partes, de manera que se pueda separar el núcleo, disponerlo alrededor de la línea eléctrica y, finalmente, cerrar el núcleo y fijar dichas dos partes, sin que sea necesaria la desconexión de la línea eléctrica para su instalación.

25 Estado de la técnica

En la patente EP-B1-1406369 (EICHHOFF) se describe un dispositivo para acoplamiento inductivo de señales eléctricas a una línea de alimentación de tensión mediante un núcleo magnético del tipo citado, previsto para acoplar o desacoplar a dicha línea señales portadoras de datos de alta frecuencia, entre aproximadamente 2 hasta 20 MHz.

En la patente EP-B1-1895673 (DIMAT) se describe un dispositivo de acoplamiento inductivo para transmisión de datos a una fase de una línea eléctrica de potencia que comprende igualmente un núcleo magnético anular formado por al menos dos partes aptas para separarse una de otra o cerrarse y previsto para transmitir a través de dicha línea eléctrica de potencia una señal de datos con un rango de frecuencias o ancho de banda comprendido entre 1 MHz y 40 MHz.

La patente US-B2-7859378 (AMBIENT CO.) describe un dispositivo de acoplamiento inductivo para PLC en donde las señales de datos a transmitir son superiores a 1 MHz.

El documento KR 100 542 137 B1 describe un dispositivo para acoplamiento inductivo bidireccional de señales de datos según el preámbulo de la reivindicación 1.

En todos los dispositivos explicados dado que la frecuencia de las señales portadoras de datos que se transmiten son muy altas, éstas no se ven afectadas por las frecuencias de transmisión de la red eléctrica que son entre 50 Hz y 60 Hz.

A diferencia de dichos antecedentes el dispositivo para acoplamiento inductivo bidireccional de la invención está previsto para operar con señales portadoras de datos de banda estrecha hasta 600 KHz, con una atenuación comprendida entre 8 y 5 dB y controlada. Así, mientras que con los dispositivos descritos del estado de la técnica el alcance de la señal transmitida no va más allá de 2-3 Km con el presente dispositivo de acoplamiento inductivo, al operar a frecuencias más bajas, el alcance del enlace puede llegar hasta 10-15 Km.

El dispositivo que se propone está previsto además para operar en redes eléctricas situadas a la intemperie y a tal efecto se ha dotado de medios para hacerlo resistente al agua.

55 Divulgación de la invención

La invención propuesta consta de un dispositivo para acoplamiento inductivo bidireccional de señales de datos a una línea de transporte de energía eléctrica de baja o media tensión, en particular apto para transmitir y recibir señales de datos provenientes de un modulador/demodulador y que circulan por una red eléctrica. De este modo se puede utilizar en redes inteligentes (en inglés "smart grids") permitiendo el uso de protocolos G3-PLC, PRIME y otros representando una alternativa a comunicaciones 3G, punto a punto u otras.

El dispositivo para acoplamiento inductivo propuesto comprende:

5 - un núcleo magnético anular, dividido en al menos un primer segmento anular del núcleo y un segundo segmento anular del núcleo, articulados entre sí, definiendo dicho núcleo magnético anular una abertura para disposición a su través de dicha línea de energía eléctrica y teniendo cada uno de dichos segmentos anulares del núcleo dos caras planas extremas que, estando enfrentadas, y con dichos segmentos anulares del núcleo rodeando dicha línea de energía eléctrica definen unos intersticios de separación;

10 - un conector para un cable coaxial para conexión a una interfaz de comunicación de una señal de datos de baja frecuencia (de 50 KHz a 600 KHz) que se quiere transmitir a través de la línea eléctrica; y

15 - un devanado arrollado sobre dicho núcleo magnético anular que recibe dicha señal de datos del conector y que determina junto con la línea eléctrica un transformador de corriente que acopla dicha señal de datos entre dicha línea eléctrica y dicho devanado a través del núcleo magnético anular.

Para poder operar en las condiciones explicadas con señales de datos de baja frecuencia (de 50 KHz a 600 KHz), la invención propone que:

20 - el citado núcleo magnético anular es ferromagnético con las siguientes propiedades:

- $1500 < \mu_i < 150000$
- $1,2 \text{ T} < B_{\text{sat}} < 1,6 \text{ T}$
- $4,8 \text{ uH} < A1 < 6 \text{ uH}$
- $-1 < H < +1 \text{ (A/cm)}$

25 siendo:

- $\mu_i$ , la permeabilidad magnética inicial,
- $B_{\text{sat}}$ , la inducción magnética de saturación expresada en teslas (T),
- A1, el factor de inductancia, y
- H, la excitación magnética

30 - el citado devanado está formado por una lámina de cobre con dos espiras planas de arrollamiento proporcionando una relación de transformación de 2:1 en relación a dicha línea de transporte de energía eléctrica;

35 - entre esta lámina de cobre y el núcleo magnético anular se dispone un aislante eléctrico;

- las caras planas de los segmentos del núcleo magnético anular, enfrentadas cuando el núcleo está cerrado, están cortadas con un pulido de acabado espejo; y

40 - el conjunto del núcleo magnético anular y el devanado está rodeado por una envolvente termoplástica sobremoldeada con una rigidez dieléctrica de; 190kV/cm.

45 La citada interfaz de comunicación integra un circuito que dispone de un transformador de señal para convertir la señal que se recibe a través del conector a una señal adecuada para ser inducida. La circuitería para dicho acoplamiento inductivo es bien conocida y puede materializarse por ejemplo mediante un capacitor conectado en serie entre un devanado del transformador de señal y el devanado del núcleo magnético anular del dispositivo inductor que rodea a la línea eléctrica. Esta interfaz con el transformador de señal queda igualmente rodeada por la citada envolvente termoplástica sobremoldeada, y ubicada sobre una de las caras extremas de uno de los segmentos anulares del núcleo.

50 De acuerdo con una realización preferida del dispositivo propuesto se ha previsto asimismo que:

• el grosor de la pared de cada segmento del núcleo magnético anular está comprendido entre 20 y 30 mm.

55 • el grosor de pared de dicha envolvente termoplástica, en la cara interior que rodea a la línea eléctrica es de aproximadamente 4 mm.

Además el diámetro exterior del dispositivo es igual o inferior a 100 mm.

60 Por su parte la citada lámina de cobre tiene un ancho comprendido entre 8 mm y 12 mm.

La elección de materiales de alta inducción de saturación permite reducir el tamaño y peso de los segmentos del núcleo necesarios (y por ende, del dispositivo completo) para su instalación en líneas eléctricas por las que circulan corrientes de hasta 300 amperios.

5 Los citados primer y segundo segmentos del núcleo están diseñados para que su factor de forma sea óptimo en cuanto a permitir una baja atenuación de la señal de baja frecuencia transmitida a la red eléctrica cuando ambos segmentos de núcleo se encuentran en contacto rodeando a la línea de transporte de energía eléctrica. El corte y acabado pulido de las superficies libres de ambos segmentos de núcleo cuando el dispositivo se encuentra instalado en una línea de transporte de energía eléctrica permite que la señal de baja frecuencia transmitida a dicha línea eléctrica mediante la inducción por efecto transformador de corriente, sufra una atenuación muy baja. Como atenuación muy baja se entiende aquí atenuaciones en el entorno de 8 a 10 dB en la franja de 100 a 250 kHz y de 4 a 6 dB en la franja de 250 a 600 kHz.

15 Tales características de atenuación se consiguen además mediante un ajuste controlado de la separación de los dos segmentos anulares del núcleo, una vez cerrados. Se han previsto a tal efecto unas cintas de espesor controlado adheridas a ambas caras libres de los dos segmentos del núcleo.

20 Por otra parte, es necesario aportar un intersticio entre los segmentos del núcleo para evitar la saturación del núcleo magnético anular cuando por su interior circula una corriente elevada. Para ello en la presente invención, de manera preferente, se dispone de un aislante eléctrico. Dicho aislante eléctrico puede ser escogido para que, además, ofrezca una protección mecánica entre los segmentos anulares del núcleo y evite que se produzcan daños ofreciendo un mecanismo amortiguador. En una realización de la presente invención, el aislante es una cinta adhesiva de poliéster que, por una parte, se une fácilmente a las caras libres de los segmentos del núcleo destinadas a entrar en contacto, y además, funciona como amortiguador y aislante eléctrico.

25 Para permitir la utilización del dispositivo en líneas eléctricas situadas a la intemperie, el conector para cable coaxial se encuentra aislado frente al agua ("waterproof"), y el conector coaxial del cable que se utiliza para conducir la señal de baja frecuencia en el dispositivo también está aislado frente al agua. El citado material de sobremoldeo (poliamida o similar) proporciona a su vez un aislamiento frente al agua de los segmentos del núcleo y la circuitería o interfaz del dispositivo.

30 La estanqueidad durante el cierre de ambos segmentos del núcleo se consigue además añadiendo una junta de un material flexible (goma, silicona o similar) alrededor de las superficies de los dos segmentos de núcleo, de tal modo que al realizar el cierre mediante medios elásticos tal junta se comprime proporcionando una estanqueidad y evitando que cualquier contacto de humedad o partículas del entorno con los núcleos del dispositivo.

#### Breve descripción de las figuras

40 Las anteriores y otras ventajas y características de la invención se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción de un ejemplo de realización ejemplar con referencia a los dibujos adjuntos, que deben tomarse a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

la Fig. 1 es una vista axonométrica del dispositivo de acoplamiento inductivo en posición cerrada;

45 la Fig. 2 muestra una axonometría del dispositivo de acoplamiento inductivo en posición abierta, para proceder a su disposición alrededor de un cable;

50 la Fig. 3 es una vista axonométrica de un ejemplo de realización ejemplar del dispositivo de acoplamiento inductivo en posición cerrada, estando dicho dispositivo dotado de unos tabiques en media caña, para la protección de los intersticios de separación en caso de instalarse el dispositivo alrededor de una línea eléctrica de cable desnudo;

la Fig. 4 es una vista axonométrica del dispositivo de acoplamiento inductivo en posición abierta, estando dotado de los citados tabiques en media caña;

55 La Fig. 5 es una vista en perspectiva del interior de un segmento del núcleo mostrando el devanado y un circuito de interfaz, sin la envolvente termoplástica sobremoldeada; y

La Fig. 6 es una gráfica que muestra la atenuación asociada a las señales de datos transmitidas mediante el dispositivo inductivo de esta invención.

60 Descripción de un ejemplo de realización ejemplar

Según un primer ejemplo de realización ejemplar mostrado en las Fig. 1 y 2, el dispositivo de acoplamiento inductivo 1 propuesto consta de un núcleo magnético anular 10, que rodea una abertura 15 dimensionada para poder disponer a su través una línea de transporte de energía eléctrica 2, quedando dicho núcleo magnético anular 10 rodeando a dicha línea eléctrica 2.

Para poder situar y retirar el dispositivo de acoplamiento inductivo 1 sin tener que actuar sobre la línea eléctrica 2, dicho núcleo magnético anular 10 está dividido en dos segmentos, según puede apreciarse en las Figs. 1 y 2, comprendiendo un primer segmento anular del núcleo A y un segundo segmento anular del núcleo B, que están articulados entre sí.

El primer segmento anular del núcleo A presenta una zona sobre-elevada en uno de los extremos en forma de arco, en donde se ubica la citada interfaz de comunicación que comprende un circuito con un transformador de señal instalado sobre una placa de soporte 70, ilustrado esquematizado en la Fig. 5.

El primer segmento anular del núcleo A tiene dos caras planas 11A y 12A, libres, que lo delimitan, complementarias de dos caras planas 11B y 12B, libres, equivalentes, dispuestas en el segundo segmento anular del núcleo B, mostradas en la Fig. 2.

Estando el dispositivo anular 1 en posición acoplada (Fig. 1), dichas caras planas 11A y 11B quedan enfrentadas y adyacentes y definen un intersticio de separación 11. De igual modo las caras planas 12A y 12B, quedan adyacentes y definen un intersticio de separación 12.

En la Fig. 5 se muestra uno de los segmentos A del núcleo magnético anular 10, sin la envolvente plástica sobremoldeada permitiendo apreciar el devanado que está formado por una lámina de cobre 60 con dos espiras planas de arrollamiento sobre dicho segmento de núcleo A, estando dicha lámina conectada a través de una placa de circuito 70 con dicho conector 30 para un cable coaxial que permite conducir una señal de datos de baja frecuencia de forma bidireccional. No se han indicado detalles adicionales del citado circuito instalado sobre la placa 70 dada su constitución en sí conocida por lo referido anteriormente, si bien se ha indicado una toma de tierra 31 que aparece en las restantes figuras.

En una forma también en sí conocida la lámina 60 del devanado del segmento del núcleo magnético A recibe dicha señal de datos del conector 30 y determina junto con la línea eléctrica 2 un transformador de corriente. Esta disposición permite acoplar la señal de datos a dicha línea eléctrica 2, mediante la modulación magnética de dicho devanado y dicho núcleo magnético. 10.

Tanto los dos segmentos A y B del núcleo magnético anular 10 como el devanado 60 están protegidos mediante una envolvente termoplástica sobremoldeada, que permite resguardar su contenido tanto del agua como de descargas eléctricas accidentales. Solamente quedan expuestas dichas caras planas 11A, 11B, 12A y 12B, cuando el dispositivo de acoplamiento inductivo 1 está en posición abierta, como puede verse en la Fig. 2. Ventajosamente, dicha envolvente termoplástica está hecha de una poliamida con cargas resistente a UV.

Para evitar la entrada de agua en los intersticios de separación 11 y 12, dichas caras planas 11A, 11B, 12A y 12B están totalmente rodeadas por unos medios de estanqueidad 13, que en el caso de este ejemplo de realización están formados por una junta tórica elástica, que permite que, al situar el dispositivo de acoplamiento inductivo 1 en posición acoplada, los intersticios de separación 11 y 12 queden sellados.

Además, cada una de dichas caras planas finales 11A, 11B y 12A, 12B de los dos segmentos A, B de núcleo anular, incorporan una lámina (20) superpuesta hecha de un material aislante eléctrico tal como una lámina de poliéster proporcionando adicionalmente un efecto amortiguador cuando dichas caras están opuestas y muy cerca una de la otra.

En el caso de disponer el dispositivo de acoplamiento inductivo 1 alrededor de una línea eléctrica 2 de cable desnudo, se han previsto opcionalmente unos tabiques de media caña 40 interpuestos entre el núcleo magnético anular 10 y dicho cable desnudo, en una posición coincidente con dichos intersticios de separación 11 y 12, de modo que estos tabiques de media caña 40 impidan que una descarga eléctrica proveniente de dicha línea eléctrica pudiera acceder a dichos intersticios de separación 11 y 12. Esta realización se muestra en las Fig. 3 y 4. Estos tabiques en media caña 40 están fijados a uno de los segmentos anulares A, a lo largo de una arista de contacto.

En el ejemplo de realización mostrado en las figuras adjuntas, el primer segmento anular del núcleo A y el segundo segmento anular del núcleo B están fijados en su posición acoplada mediante una brida 50, en sí conocida, que hace de abrazadera rodeando el núcleo magnético anular 10, y que se cierra mediante un cierre de palomilla.

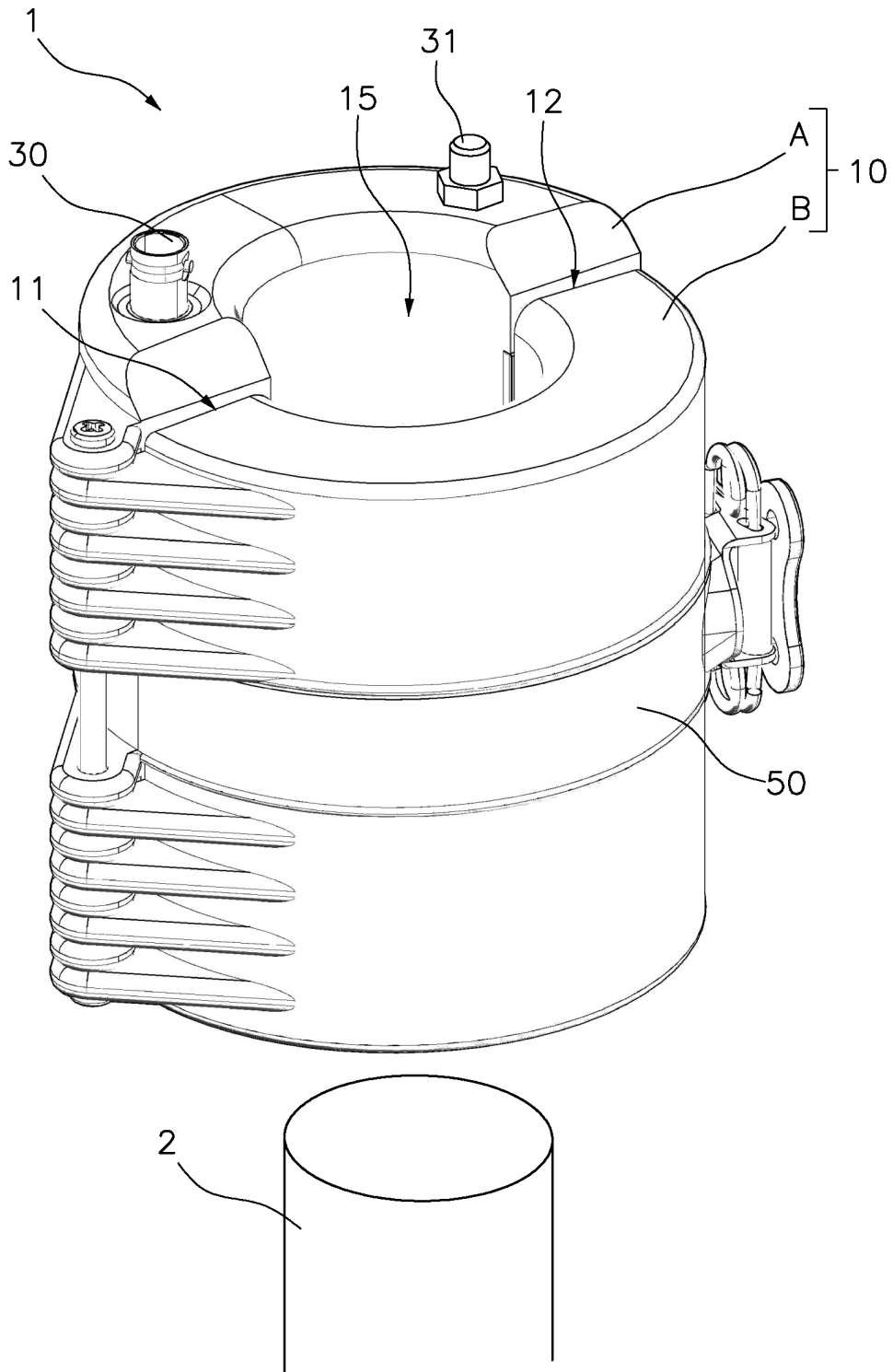
En la Fig. 6 se muestra la distribución de la atenuación (en dB) de las señales de datos transmitidas mediante el dispositivo de acoplamiento inductivo de la invención, en dependencia de la frecuencia de las mismas (en KHz).

**REIVINDICACIONES**

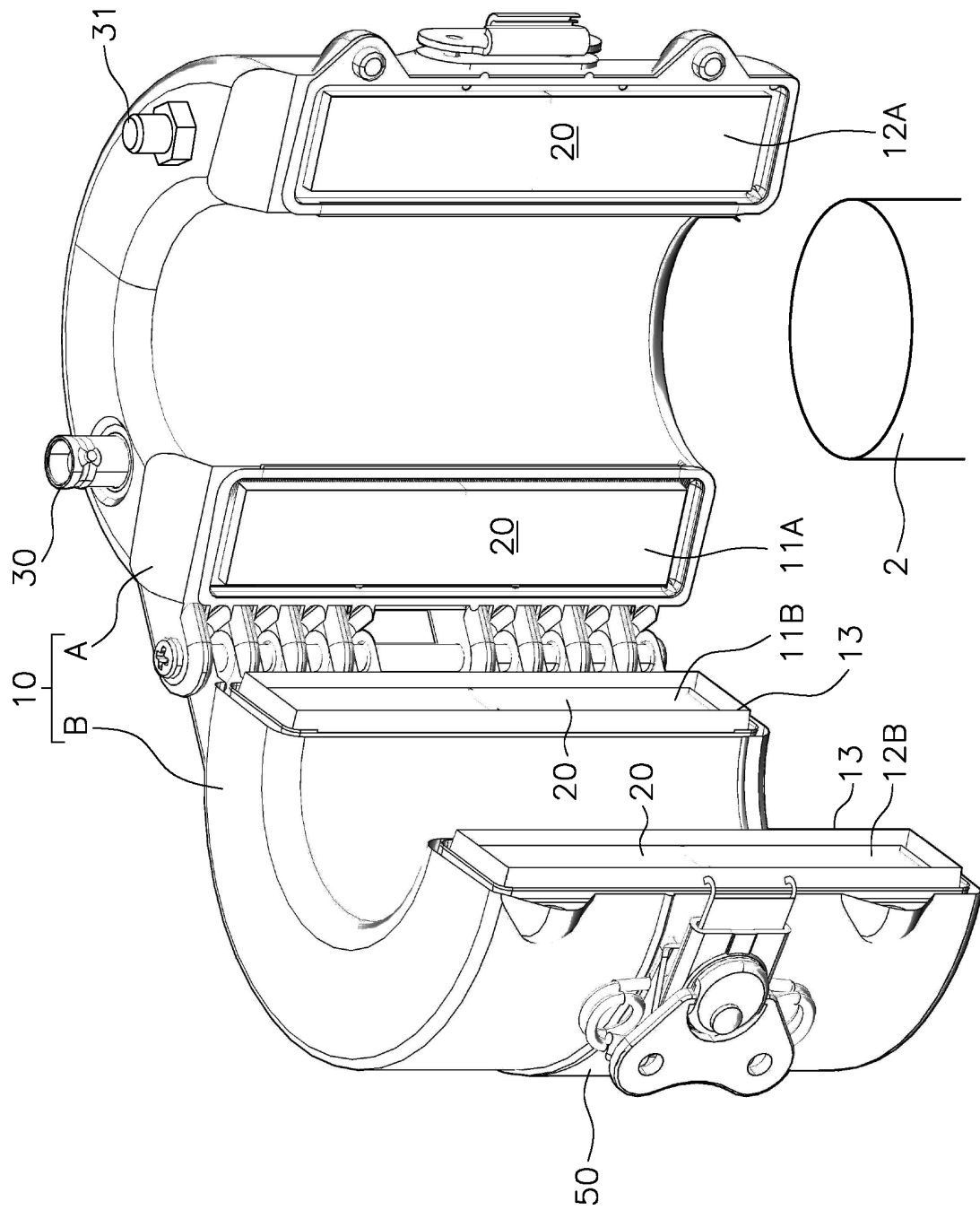
- 5 1.- Dispositivo para acoplamiento inductivo bidireccional de señales de datos a una línea eléctrica (2) de baja o media tensión, que comprende:
- 10 - un núcleo magnético anular (10), dividido en al menos un primer segmento anular del núcleo (A) y un segundo segmento anular del núcleo (B), articulados entre sí, definiendo dicho núcleo magnético anular (10) una abertura (15) para disposición a su través de dicha línea eléctrica (2) y definiendo cada uno de dichos segmentos anulares del núcleo (A, B) dos caras planas (11A, 12A, 11B, 12B) extremas que, estando enfrentadas, y estando dichos segmentos anulares del núcleo rodeando dicha línea de energía eléctrica (2) definen unos intersticios de separación (11) y (12);
- 15 - un conector (30) para un cable coaxial para introducción y conducción de dicha señal de datos de baja frecuencia; y
- 20 - un devanado arrollado sobre dicho núcleo magnético anular (10) que recibe dicha señal de datos del conector (30) y que determina junto con la línea eléctrica (2) un transformador de corriente que acopla dicha señal de datos entre dicha línea eléctrica (2) y dicho devanado a través del núcleo magnético anular (10);
- caracterizado por que dicho núcleo magnético anular (10) es de un material ferromagnético con las siguientes propiedades:
- 25
  - $1500 < \mu_i < 150000$
  - $1,2 \text{ T} < B_{\text{sat}} < 1,6 \text{ T}$
  - $4,8 \text{ uH} < A1 < 6\text{uH}$
  - $-1 < H < +1 \text{ (A/cm)}$
- siendo:
- 30
  - $\mu_i$ , la permeabilidad magnética inicial,
  - $B_{\text{sat}}$ , la inducción magnética de saturación expresada en teslas (T),
  - A1, el factor de inductancia, y
  - H, la excitación magnética
- 35 - dicho devanado esta formado por una lámina de cobre con dos espiras planas de arrollamiento proporcionando una relación de transformación de 2:1 en relación a dicha línea eléctrica (2);
- entre dicha lámina de cobre y el núcleo magnético anular (10) se dispone un aislante eléctrico;
- 40 - dichas caras planas (11A, 11B, 12A, 12B) enfrentadas de los segmentos del núcleo magnético anular (A, B) están cortadas con un pulido de acabado espejo; y
- 45 - el conjunto del núcleo magnético anular (10) y el devanado está rodeado por una envolvente termoplástica sobremoldeada con una rigidez dieléctrica de 190 Kv/cm;
- de manera que el dispositivo queda configurado para operar con señales de datos de baja frecuencia entre 50 Khz y 600 Khz con una atenuación de 8 a 10 dB en una franja de 100 a 250 kHz y de 4 a 6 dB en una franja de 250 a 600 kHz.
- 50 2.- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que el diámetro exterior del dispositivo es igual o inferior a 100 mm.
- 3.- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que el grosor de la pared de cada segmento del núcleo magnético anular está comprendido entre 20 y 30 mm.
- 55 4.- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que el grosor de pared de dicha envolvente termoplástica en la cara interior que rodea a la línea eléctrica (2) es de aproximadamente 4 mm.
- 60 5.- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que dicha lámina de cobre tiene un ancho comprendido entre 8 mm y 12 mm.

- 6.- Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que integra unos medios de estanqueidad (13) que impermeabilizan dicho intersticio de separación (11 y 12) formado por el enfrentamiento de dos caras planas (11A, 11B) y (12A, 12B) extremas de cada segmento anular del núcleo (A, B) cuando están enfrentadas.
- 5 7.- Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado por que dichos medios de estanqueidad (13) comprenden unas juntas que rodean en continuidad los bordes de dichas dos caras planas (11A, 11B) y (12A, 12B) enfrentadas de los segmentos anulares del núcleo (A, B).
- 10 8.- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que dicho conector (30) para un cable coaxial está protegido frente al agua.
- 15 9.- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por integrar unos medios de estanqueidad (13) que impermeabilizan dichos intersticios de separación (11 y 12) formados por el enfrentamiento de dos caras planas (11A, 11B) y (12A, 12B) extremas de cada segmento anular del núcleo (A, B) cuando están enfrentadas y por que dicho conector (30) para un cable coaxial está protegido contra el agua con resistencia a inmersión en un líquido.
- 20 10.- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que dicha envolvente termoplástica sobremoldeada sobre el núcleo magnético anular (10) y devanado está obtenida por una poliamida con cargas resistente a UV.
- 25 11.- Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que cada una de dichas caras planas (11A, 11B) y (12A, 12B) extremas de los dos segmentos anulares del núcleo (A, B) incorporan una lámina (20) superpuesta de un material aislante eléctrico que proporciona además un efecto amortiguador, cuando dichas caras quedan enfrentadas y muy próximas.
- 30 12.- Dispositivo según la reivindicación 11 caracterizado por que dicha lámina (20) de un material aislante eléctrico se obtiene a partir de una lámina de poliéster.
- 35 13.- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por comprender además dos tabiques en media caña (40) enfrentados y distanciados, unidos a uno de los segmentos anulares del núcleo magnético (A o B) de modo que, cuando dichos dos segmentos cierran alrededor de la abertura (15) cubren las aristas interiores de los intersticios de separación (11 y 12) para su aplicación en líneas eléctricas de cable desnudo.
- 14.- Dispositivo según la reivindicación 13, caracterizado porque dichos tabiques en media caña (40) son de mayor longitud que el núcleo magnético anular (10) y se extienden en voladizo más allá de las dos caras de dichos segmentos del núcleo magnético (A, B), perpendiculares a la línea eléctrica (2).

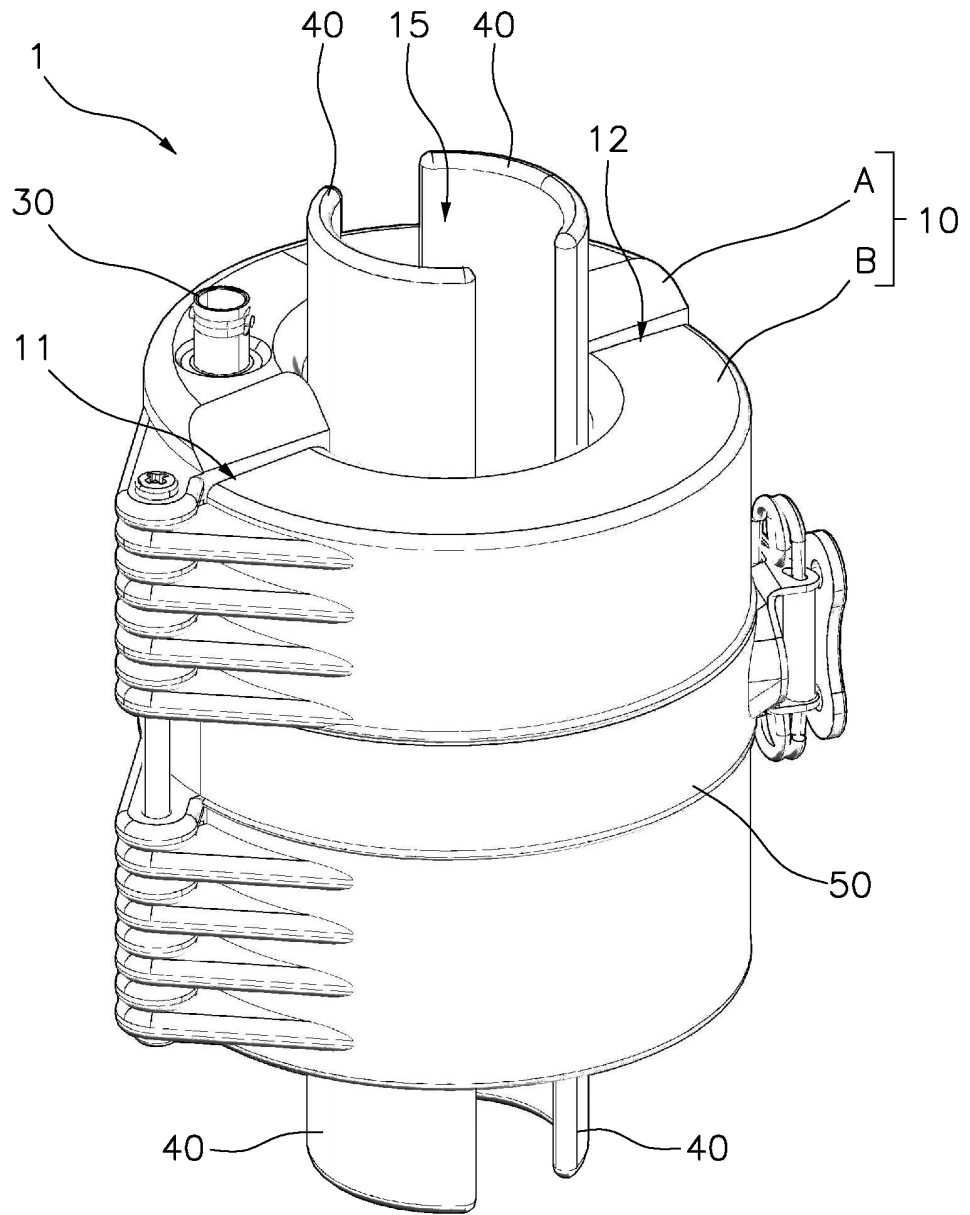




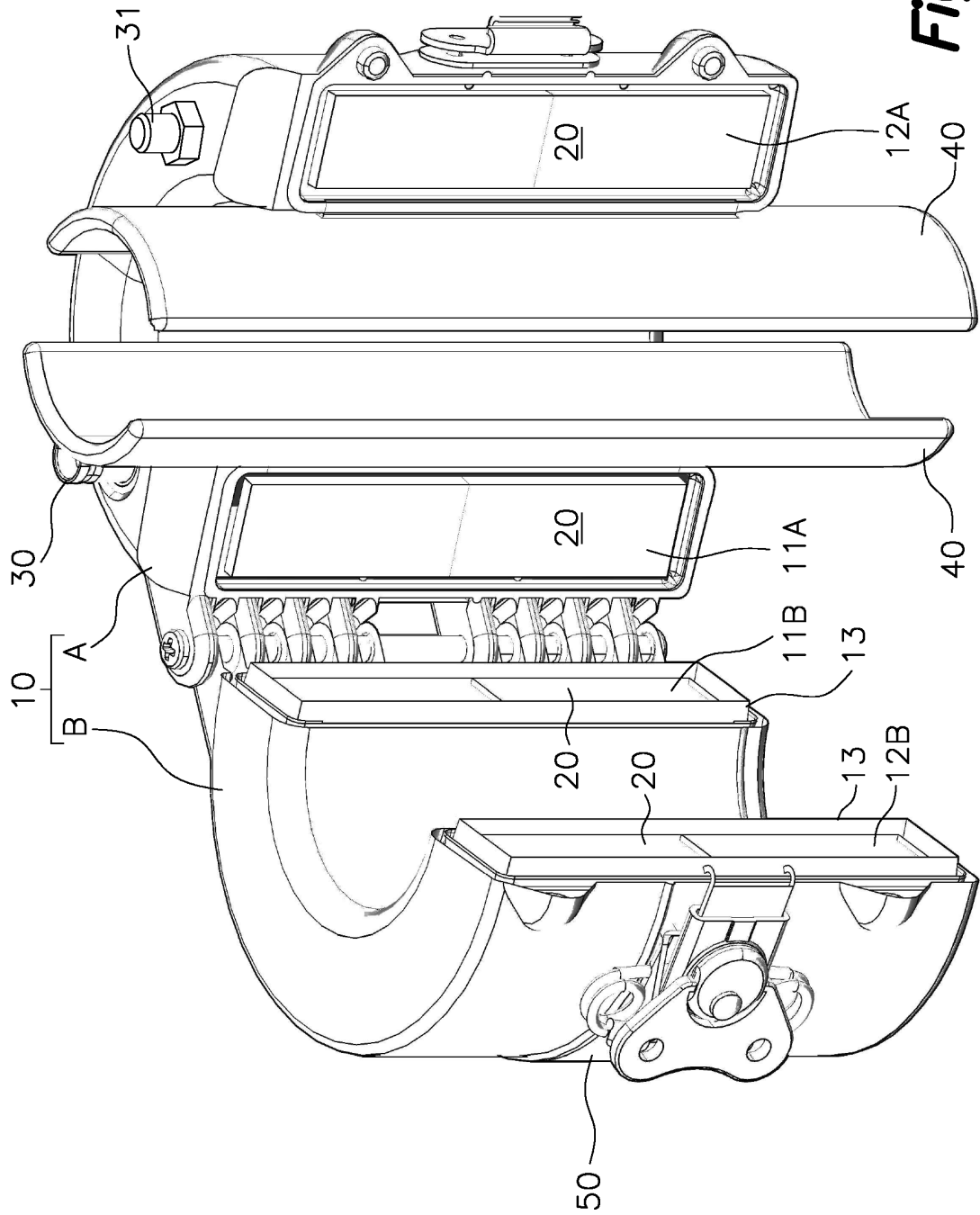
**Fig. 1**



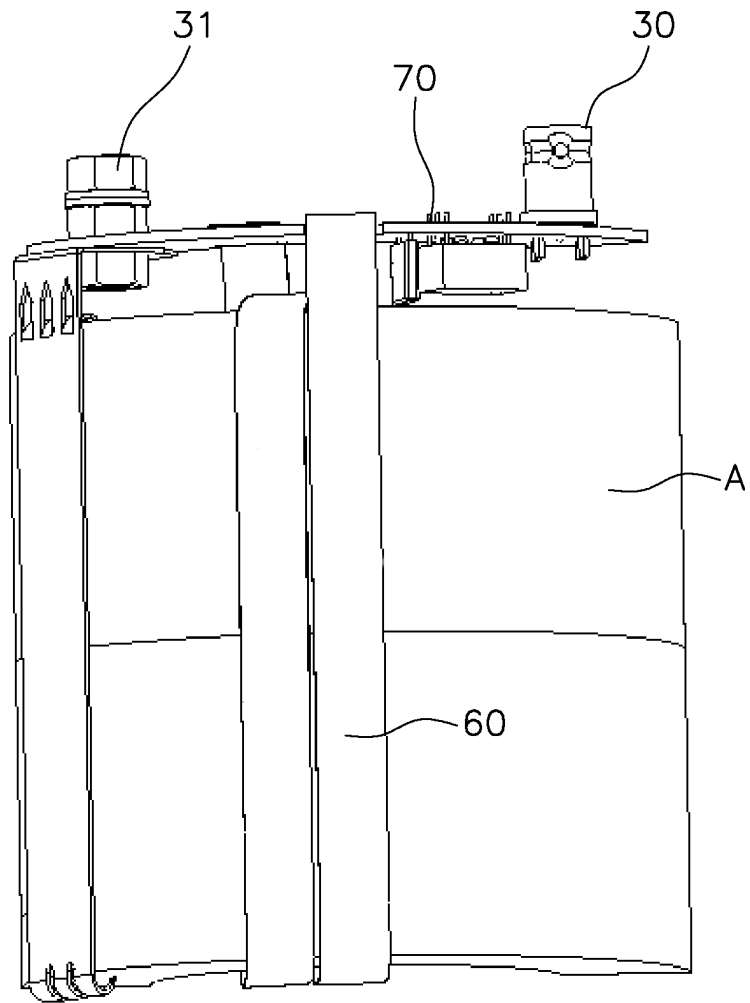
**Fig.2**



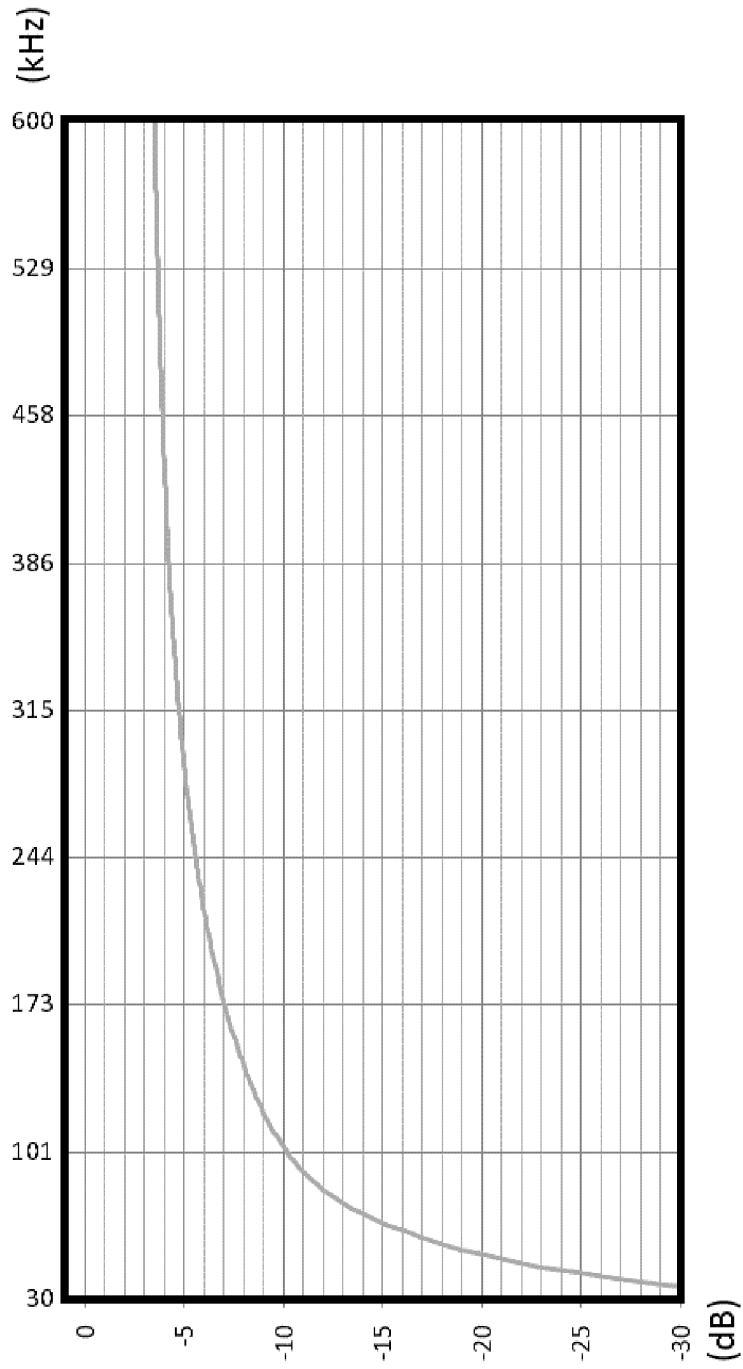
**Fig.3**



**Fig. 4**



**Fig.5**



**Fig.6**