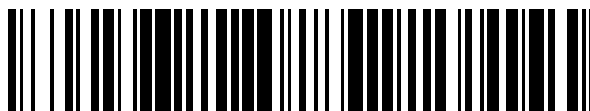


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 098**

51 Int. Cl.:
G01R 15/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06381049 .3**
96 Fecha de presentación: **16.11.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1923709**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.05.2008**

54 Título: **Transductor activo lineal de corriente**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.09.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.09.2012

73 Titular/es:
CIRPROTEC, S.L.
C/ LEPANTO, 49
08223 TERRASSA, ES

72 Inventor/es:
Pons Gonzalez, Carlos

74 Agente/Representante:
Hernández Hernández, Carlos

ES 2 387 098 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

Transductor activo lineal de corriente.

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

El objeto de esta invención es un transductor activo lineal de corriente basado en el principio de los sensores de Rogowski.

10 Estos transductores se utilizan para medir la corriente alterna mediante la detección del campo magnético generado por la corriente que circula a través de un conductor sin necesidad de disponer de un contacto eléctrico con el conductor.

15 El principio de funcionamiento de las bobinas de Rogowski se basa en la colocación de una bobina con núcleo de aire alrededor del conductor de tal manera que el campo magnético generado por la corriente, que fluye a través del conductor, induzca un voltaje en la bobina.

Este transductor activo lineal de corriente se caracteriza también, además de en basarse en el principio de los sensores de Rogowski, en el hecho de fabricarse en una placa de circuito impreso.

20 El transductor objeto de la invención se caracteriza también por el hecho de integrar, junto con el transductor, la electrónica requerida para la amplificación, la integración, el filtrado y la medición de los parámetros de calidad de la red, así como el sistema de selección automática del rango de medición, almacenamiento y transmisión.

25 Por consiguiente, esta invención se circunscribe al ámbito de los dispositivos de medición utilizados para medir corriente alterna y, más concretamente, al de los que se realizan sobre una placa de circuito impreso y basan sus mediciones en el principio de funcionamiento de la bobina de Rogowski.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

30 Hasta ahora se han utilizado diversos dispositivos para medir corrientes alternas, que se explicarán y comentarán brevemente a continuación.

35 Un dispositivo utilizado para medir corrientes alternas es el shunt de corriente de baja resistencia, que constituye el modo más económico de obtener una lectura sencilla con buena precisión. Si embargo, para la medición de corrientes con gran precisión, en el shunt aparecen inductancias parasitarias que, aunque afectan a la magnitud de la impedancia a frecuencias relativamente elevadas, son suficientes para producir un error significativos a un factor de potencia bajo.

40 Dado que su principio de medición se basa en el paso de la corriente a través de un elemento resistivo, y puesto que la pérdida de potencia es proporcional al cuadrado de la corriente que pasa por la resistencia, no es aplicable entre los medidores de potencia de corriente alta; por otro lado, en caso de cortocircuitos y sobrecorrientes, la respuesta es la apertura del bucle de corriente de modo que el equipo que dependa del bucle quede sin corriente.

45 Otra solución se basa en un transformador de corriente, que utiliza el principio de inducción de corriente, transformando una corriente primaria elevada en una corriente secundaria más baja. El inconveniente de este método es que el material férreo del núcleo puede quedar saturado si la corriente primaria es muy elevada o si en la corriente existe una componente de corriente continua, lo cual causa errores significativos en la medición final del nivel de corriente.

50 Una vez queda saturado el núcleo, su precisión se deteriora a menos que el núcleo vuelva a desmagnetizarse, para lo cual hay que abrir el circuito principal, desconectando el equipo o fuente de alimentación para su instalación. Por otra parte, los rangos de medición obtenidos son estrechos, de modo que para cubrir con precisión niveles de decenas de amperios a kilo amperios, es necesario utilizar varios transformadores.

55 Además, la medición con transformadores de corriente presenta una respuesta limitada a frecuencias bajas, situación en la que no es posible realizar un análisis de la calidad de la red.

Otra solución para la medición de corriente alterna parecida a la anterior es mediante un transformador de corriente con un núcleo abierto, que presenta la ventaja de ser fácilmente instalable, aunque, al obligar a abrir el circuito a medir, obtiene una menor precisión; además, su coste es el triple del del transformador de núcleo cerrado.

60 Otro método para medir corrientes alternas es mediante un sensor de efecto Hall, que presenta una excelente respuesta de frecuencia y resulta adecuado para medir corrientes muy altas. Sin embargo, presenta una desviación elevada con la temperatura y obliga a depender de circuitos de control externos, normalmente situados a varios metros del sensor y que tienen, además, un coste relativamente elevado.

Otra solución son las bobinas con núcleo de aire, o bobinas de Rogowski, que no requieren ningún contacto con el conductor para medir la corriente, y con las cuales su medición se basa en la colocación de una bobina con núcleo de aire alrededor del conductor de tal manera que el campo magnético generado por la corriente, que fluye a través del conductor, induzca un voltaje en la bobina. Su ventaja es la mínima influencia de las corrientes y los campos externos. Sin embargo, no es adecuada para la medición de corrientes del nivel de los miliamperios a bajas frecuencias. Por otra parte, su fabricación exige un alto grado de precisión, lo cual implica un alto coste de producción. Por otra parte, requiere la integración de su señal de salida para obtener el valor de la corriente, lo cual exige el uso de un dispositivo externo, cosa que implica pérdidas por afectación y atenuación por interferencias.

Otra solución reconocida para medir corrientes alternas consiste en un sensor de corriente con áreas iguales constituido por dos capas simétricas cada una de las cuales está formada por dos secciones bobinadas concéntricas de direcciones opuestas, de manera que las áreas interiores y exteriores son iguales, todo ello diseñado sobre una placa de circuito impreso, obteniéndose una señal de voltaje de salida proporcional a di/dt , igual que en las bobinas de Rogowski. No obstante, es un sensor intrusivo, ya que, para funcionar, la corriente tiene que circular a través del sensor, lo que exige abrir el circuito a medir. Otro inconveniente de este método de medición es el estrecho rango de medición, de entre decenas y centenares de amperios. Además, dado que se conecta en serie, en caso de cortocircuito o sobrecorrientes, provocaría la ruptura del sensor y el paso de corriente por el circuito a medir.

En el estado de la técnica, se conoce un dispositivo con una banda de paso ancha para medir la intensidad de la corriente eléctrica en un conductor, como el revelado en WO 9848287, en el cual la corriente a medir pasa por un conductor rodeado por una bobina de Rogowski y en cuya proximidad hay dispuesta una serie de detectores de campo magnético (3). La suma de las señales de estos detectores, formadas en el dispositivo, y la señal suministrada por la bobina de Rogowski se aplican a un procesador de señal. El procesador (7) comprende, por ejemplo, un dispositivo de retardo de primer orden conectado a la salida de la bobina de Rogowski y un medio para ampliar/reducir las señales, seguido de un medio de suma, seleccionándose la constante de tiempo de retardo y los factores de ampliación/reducción de tal manera que la señal de salida del dispositivo sea proporcional a la intensidad de la corriente a medir en un rango de frecuencias muy amplio, es decir, de 0 a más de 10 MHz.

También se conoce un sensor de corriente basado en una placa de circuito impreso como el revelado en US 2003/137388, según el cual se dispone una bobina ranurada de adquisición de corriente según el principio de Rogowski, en el cual la base de la placa de circuito impreso de la bobina de medición puede abrirse para insertar un conductor eléctrico a medir sin tener que interrumpir este último. A tal efecto, se abren los dos segmentos de placa de circuito impreso unidos mediante una bisagra. Retorciendo una placa de circuito impreso de una sola pieza también se puede abrir el dispositivo para insertar el conductor a medir.

En WO 00/72027 se revela un sensor de corriente eléctrica para medir una corriente eléctrica variable en el tiempo (I_m) en una porción de conductor primario, sensor que incluye un conductor sensor que comprende unos extremos primero y segundo para la conexión a un circuito de procesamiento de señal, una primera porción de conductor que se extiende desde el primer extremo y contiene una serie de bobinados para formar una primera porción de bobina, y una segunda porción de conductor que vuelve al segundo extremo.

En el documento EP 1596206 se revela un dispositivo que comprende tres bobinas conectadas en serie en una disposición poligonal cerrada diseñada para rodear un conductor para realizar la medición de la corriente. La inductancia local de uno de los extremos de las bobinas es superior a la inductancia local en la parte central de las bobinas. Los extremos de las bobinas tienen un número mayor de vueltas de hilo por unidad de longitud que el número de vueltas de hilo por unidad de longitud en la parte central de las bobinas.

En consecuencia, una vez explicados los diferentes métodos para la medición de corrientes alternas y los inconvenientes de cada uno de ellos, el objeto de esta invención es el desarrollo de un sistema de medición de corrientes alternas que reúna las siguientes características:

- medición de un amplio rango de corrientes, desde los mA hasta las decenas de kA.
- el ajuste de la señal se realiza íntegramente en el transductor.
- el transductor posee una alta sensibilidad.
- está equipado con una geometría variable y se adapta en función de la aplicación.
- su coste de fabricación es bajo.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención propuesta para el transductor activo lineal de corriente permite la medición de una corriente alterna que circule a través de un conductor sin tener un contacto eléctrico con el mismo, cuyo funcionamiento se basa en la bobina de Rogowski, y la bobina va montada en una placa de circuito impresa, además de integrar la electrónica necesaria para el ajuste de la señal medida.

El transductor objeto de la invención se caracteriza también por el hecho de integrar, junto con el transductor, la electrónica requerida para la amplificación, la integración, el filtrado y la medición de los parámetros de calidad de la red, así como el sistema de selección automática del rango de medición, almacenamiento y transmisión.

5 La integración de la electrónica para el ajuste de la señal elimina el problema de la atenuación de la señal y la captura de interferencias en el hilo que uniría el sensor y la electrónica en caso de estar separados.

El transductor está diseñado en una placa de circuito impreso multicapa geoméricamente compensada para rechazar la influencia de los campos externos.

10 El transductor puede presentarse de dos modos, con contorno cerrado o abierto. En el segundo caso, se ha desarrollado un método de compensación para el efecto negativo del espacio o «gap» creado en el punto de unión de las piezas al cerrarse, mediante la inclusión de una capa de material cuya permeabilidad relativa es muy elevada, a fin de crear un incremento del campo inducido en los puntos de la unión en los que se hayan depositado los planos de este material.

15 La geometría o forma que puede presentar el transductor, tanto en configuración cerrada como abierta, puede ser cualquiera de las formas posibles que el diseñador pueda imaginar, lo que no supone ninguna limitación para la forma concreta que adopte el transductor.

20 El transductor de contorno abierto es ideal para aplicaciones en las que no sea posible abrir el primario, o en las que el hecho de abrirlo sea muy costoso.

25 Gracias a la integración de la electrónica de ajuste de la señal medida es posible disponer de una señal procedente de la salida del transductor que sea adecuada para la medición con dispositivos estándar, como voltímetros, osciloscopios, sistemas de adquisición de datos, intercambios de mediciones de alta precisión, cuyo objetivo es el control y la supervisión de los principales parámetros eléctricos en redes monofásicas y/o trifásicas, entre otras.

30 Además, el transductor no tiene ningún efecto negativo sobre los circuitos primarios, ya que la impedancia inyectada en el transductor activo es de tan sólo unos pocos henrios, por lo que no hay pérdida de potencia.

35 Otra ventaja derivada del transductor activo lineal objeto de esta invención es que permite la medición de corrientes alternas dentro de un rango muy amplio, que se extiende desde los mA hasta los centenares de KA. Además, dada su naturaleza no intrusiva en relación con el circuito que debe medir, proporciona una respuesta medible en caso de cortocircuitos o sobrecorrientes. Por ello es posible adoptar medidas de protección que prevengan los efectos adversos sobre el primario, que no se ve afectado por estar galvánicamente aislado del primario.

40 Por otra parte, dado que no tiene un núcleo de hierro que pueda saturarse, presenta una elevada linealidad en la medición de altas intensidades. Gracias a ello es capaz de medir desde unos pocos mA hasta varios centenares de KA.

Al carecer de un núcleo de hierro, el error de desplazamiento de fase es muy reducido y no depende de la intensidad, un inconveniente que sí existe en los transformadores de corriente.

45 Dado que el transductor de esta invención no mide corriente continua, puede medir corrientes alternas pequeñas en presencia de componentes que presenten corrientes continuas. Por otra parte, su gran amplitud de banda le permite trabajar a frecuencias altas y bajas.

50 Dado que el transductor se fabrica sobre una placa de circuito impreso y se aísla mediante una carcasa, no existe riesgo de degradación de las propiedades del sensor en relación con la medición, presentando una gran estabilidad frente a la temperatura.

55 Debido a que, como ya se ha mencionado, el transductor se fabrica sobre una placa de circuito impreso, se tiene un perfecto control sobre la densidad de las vueltas, de su sección y disposición, en función de la aplicación, es decir, de todos los parámetros que condicionan el nivel de salida del sensor, lo cual permite obtener transductores desde unos pocos hasta centenares de centímetros de longitud, aunque el límite dependerá del proceso de fabricación de la placa de circuito impreso.

60 La placa de circuito impreso sobre la que se fabrique el transductor está formada por al menos tres capas, dos extremos que configuran las vueltas de la bobina, y una capa central de retorno en la dirección eléctrica contraria a la de la bobina, la cual permite eliminar la influencia de los campos externos. Del mismo modo, la geometría del transductor está diseñada con el objetivo de minimizar la influencia de la posición del conductor sobre la señal de salida.

65 Las capas extremas que configuran las vueltas de la bobina están conectadas mediante varios caminos conductores que atraviesan la capa central de retorno.

Además de las tres capas descritas, el transductor puede ir equipado con una capa adicional de un material de alta permeabilidad relativa, que consigue incrementar la sensibilidad de todo el sensor, que puede medir una amplia gama de valores de corriente alterna, de entre mA y kA. Además, esta capa intermedia de material de alta permeabilidad puede incrementarse en puntos específicos mediante planos más grandes del mismo material, por ejemplo, para el control de los espacios o «gaps» que se crean en los transductores abiertos.

EXPLICACIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se realizará y con el objetivo de facilitar una mejor comprensión de las características de la invención, se ha adjuntado a este informe descriptivo un conjunto de planos en cuyas figuras se representan los detalles más significativos de la invención de modo ilustrativo pero no limitativo.

La figura 1 muestra la representación de las capas que forman la placa de circuito impreso que sirven para la construcción del transductor.

La figura 2 es una representación detallada de la sección de la placa de circuito impreso en la que se observan los diferentes detalles del conjunto de vueltas.

La figura 3 es una representación que permite observar la representación del área aproximada de cada vuelta.

La figura 4 es una representación simbólica del conjunto de un transductor de contorno abierto.

La figura 5 muestra la carcasa del transductor en una realización de contorno abierto.

La figura 6 muestra la representación detallada de las conexiones de cada una de las secciones del transductor en una realización de contorno abierto.

La figura 7 muestra la representación de los bloques que comprenden la electrónica del transductor activo lineal objeto de la invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A la vista de las figuras mencionadas, el modo de realización preferente de la invención y la explicación de los dibujos se describen a continuación.

Como se ha indicado anteriormente, el transductor activo lineal de corriente se caracteriza por el hecho de fabricarse sobre una placa de circuito impreso y por el hecho de integrar la electrónica requerida para el procesamiento de la señal en la misma carcasa.

En la figura 1 podemos observar, en una realización de la invención, las diferentes capas que forman la placa de circuito impreso sobre la que se construye el transductor. Una capa es la capa (1) de vueltas superiores. Otra de las capas es la capa (2) de vueltas inferiores. Entre ambas existe una capa de retorno (3) dispuesta en la dirección eléctrica opuesta a la bobina, lo que permite eliminar la influencia de los campos externos. Si se desea, es posible disponer una cuarta capa adicional (4) de material de permeabilidad relativa elevada a fin de incrementar la sensibilidad de todo el sensor, que puede medir desde mA hasta varios centenares de kA.

La figura 2 muestra cómo se realiza la conexión entre la capa superior (1) y la capa inferior (2), realizada mediante unos caminos conductores (5) que se extienden desde la capa superior (1) hasta la capa inferior (2). El nivel de voltaje de la salida del sensor es igual a:

$$V_{\text{sensor}} = d\phi/dt = \mu n A di/dt$$

Donde:

- μ es la permeabilidad.
- n es el número de vueltas
- A es el área de cada vuelta.

Dado que el transductor se fabrica sobre una placa de circuito impreso, es posible controlar todos los parámetros que condicionan el nivel de salida del sensor, como muestra la figura 3, en la que se observa muy claramente el área (6) ocupada por una vuelta.

Por otra parte, dado que la electrónica responsable del acondicionamiento de la señal está integrada en la misma carcasa que el sensor, la medición no se verá afectada por interferencias, atenuación o efectos inductivos, ya que la distancia a los circuitos electrónicos es mínima.

La integración de la electrónica de condicionamiento de la señal obtenida por el sensor puede realizarse sobre la misma placa de circuito impreso en la cual se construya el sensor o en una placa distinta pero adyacente. En todas las formas de realización expresadas, el sensor y la electrónica de condicionamiento de la señal se alojan en la misma carcasa.

5 En la figura 4 observamos el sensor del transductor en una realización de contorno abierto, en la cual se puede observar una separación o «gap» (7) entre las dos secciones que componen el transductor.

10 La configuración del transductor de contorno abierto permite insertar el transductor en un circuito a medir sin interrumpirlo. Sin embargo, esta configuración de dos partes o secciones conlleva el efecto negativo de una pérdida de sensibilidad en el punto de unión, ya que crea una separación o «gap». Para contrarrestar este efecto hay que aumentar la permeabilidad relativa de los puntos de unión. Esto se hace en base a los planos ampliados que empiezan en el plano de retorno de la capa intermedia de la capa de permeabilidad alta, de manera que la inducción magnética sea mayor, compensando así la pérdida de sensibilidad. Asimismo, se pueden crear más niveles intermedios e incrementar la permeabilidad relativa con nuevos planos.

15 La figura 5 muestra el transductor con una configuración de contorno abierta, formada por dos partes (8) y (9) entre las que se ha definido una separación o «gap» (7). La figura 6 muestra cómo, en una de las partes –concretamente la (8)–, existen un par de elementos protuberantes (10) en cada una de las superficies de contacto que encajan en varias perforaciones complementarias (11) realizadas en las superficies de contacto de la parte a la que se conecta. La carcasa de ambas secciones va provista de varios elementos de unión (12) que permiten que una sección encaje en la otra.

20 Finalmente, la figura 7 muestra los principales elementos que componen la electrónica integrada junto con el sensor que constituye el transductor objeto de la invención y que es responsable del condicionamiento de la señal. Esta electrónica, tras la recepción de la señal (17) del sensor, se equipa con una etapa de amplificación (13) con un filtro pasa alta, seguida de una etapa integradora, seguida de otra etapa amplificadora (15), junto con el filtro pasa baja (16). Acoplados a esta última etapa existen varios dispositivos de acoplamiento del rango de medición (18) junto con otros dispositivos de comunicación (19) que proporcionan una salida digital (20) y otra salida analógica (21).

25 No se considera necesario realizar una descripción más extensa para que cualquier experto en la materia pueda entender el ámbito de la invención y las ventajas que se derivan de ella.

30 Los materiales, la forma, el tamaño y la disposición de los elementos puede variar, siempre que no se altere la esencia de la invención.

35 Los términos en los que se ha descrito este informe deben entenderse siempre en su sentido más amplio, y no limitativo.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un transductor activo lineal de corriente basado en el principio de los sensores de Rogowski caracterizado por una bobina construida sobre una placa de circuito impreso y que integra la electrónica de acondicionamiento de la señal junto con la bobina. La placa de circuito impreso está formada por tres capas (1, 2, 3). Las dos capas exteriores (1, 2) contienen las vueltas superiores e inferiores de la bobina, conectadas mediante caminos conductores (5) y una capa (3) que proporciona un retorno en la dirección opuesta a la bobina. Además, la placa de circuito impreso va equipada con otra capa (4) de permeabilidad relativa muy elevada, situada entre la capa de retorno (3) y una de las capas (1, 2) de las vueltas y presenta una configuración de contorno abierto que presenta un «gap» (7), caracterizado por el hecho de que el efecto negativo del «gap» (7) queda cancelado por un aumento del campo inducido incrementando la permeabilidad relativa en los extremos de los puntos de contacto del transductor.
- 10
- 15 2.- El transductor activo lineal de corriente según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el transductor está formado por dos partes (8, 9) entre las que existe un «gap» (7), y por el hecho de que en una de las partes (8, 9) existe un par de elementos protuberantes (10) en cada una de las superficies de contacto que encajan en varias perforaciones complementarias (11) realizadas en las superficies de contacto de la parte a la que se conecte, y por el hecho de que en la carcasa de ambas partes existan varios dispositivos de acoplamiento (12) que permiten a una parte encajar en la otra y mantenerse ambas unidas.
- 20 3.- El transductor activo lineal de corriente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que la electrónica responsable del acondicionamiento de la señal está integrada en la misma placa de circuito impreso en la que se integra la bobina.
- 25 4.- El transductor activo lineal de corriente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que la electrónica responsable del acondicionamiento de la señal está integrada en una placa de circuito impreso distinta a la bobina, dentro de la misma carcasa.
- 30 5.- El transductor activo lineal de corriente según las reivindicaciones 3 o 4, caracterizado por el hecho de que la electrónica de acondicionamiento de la señal es responsable de la integración, la amplificación, el filtrado y la medición de los parámetros de la red, así como el sistema de selección automática del rango de medición, almacenamiento y transmisión.

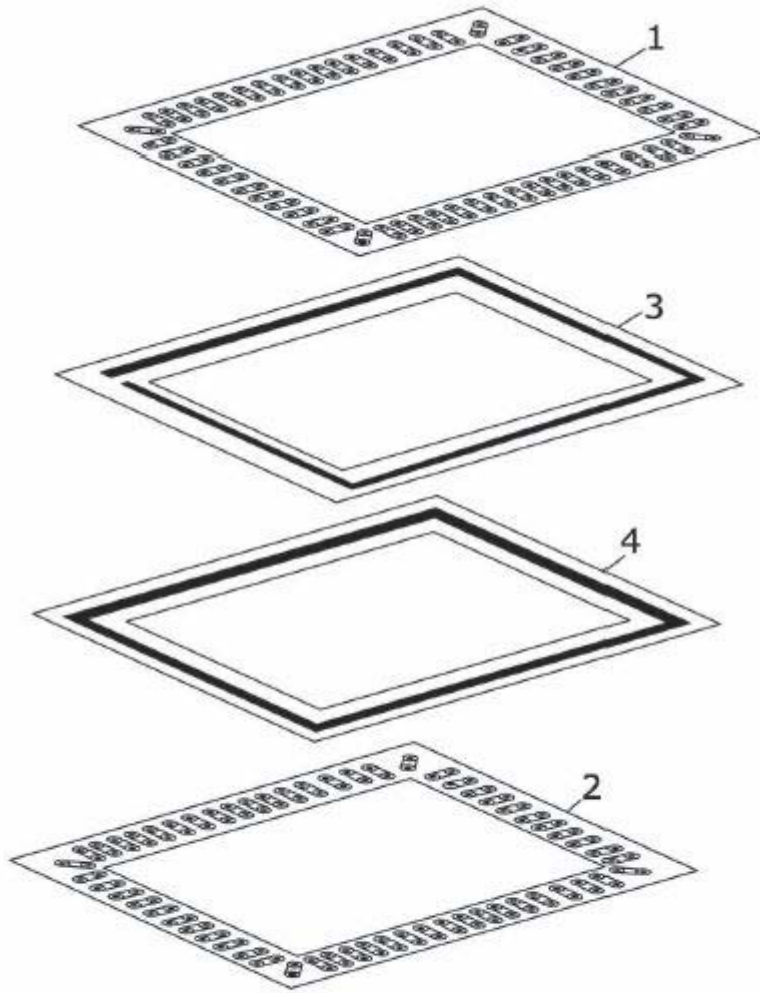


FIG.1

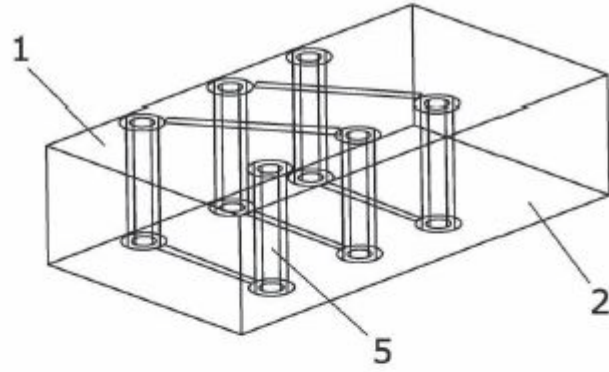


FIG. 2

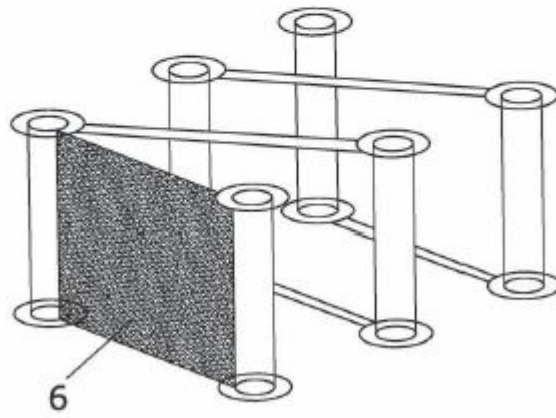


FIG. 3

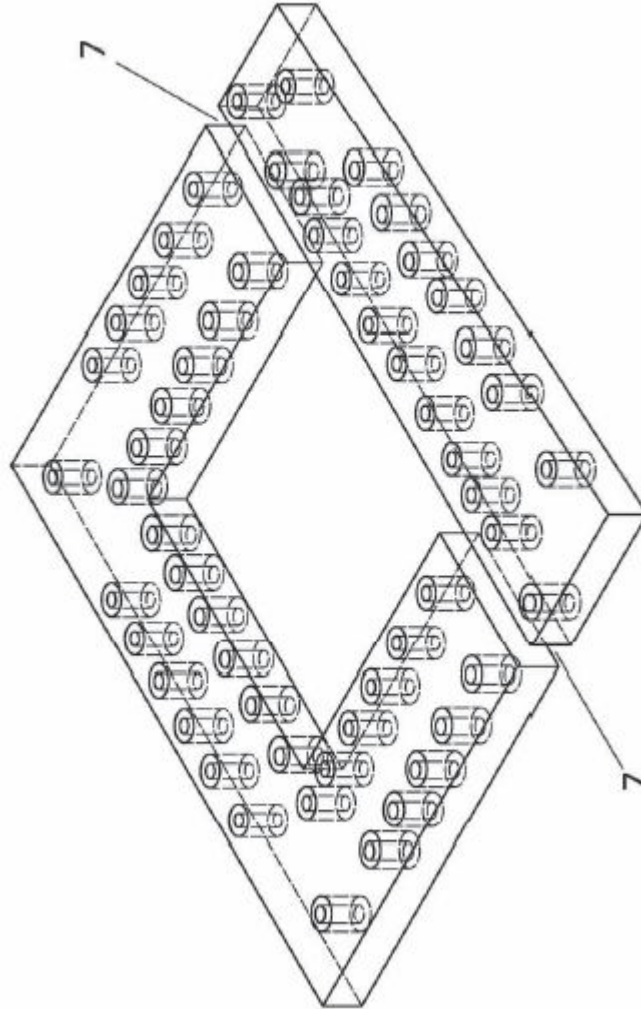


FIG.4

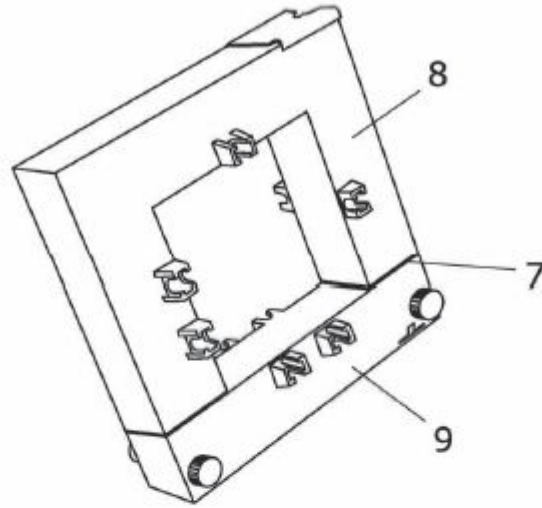


FIG. 5

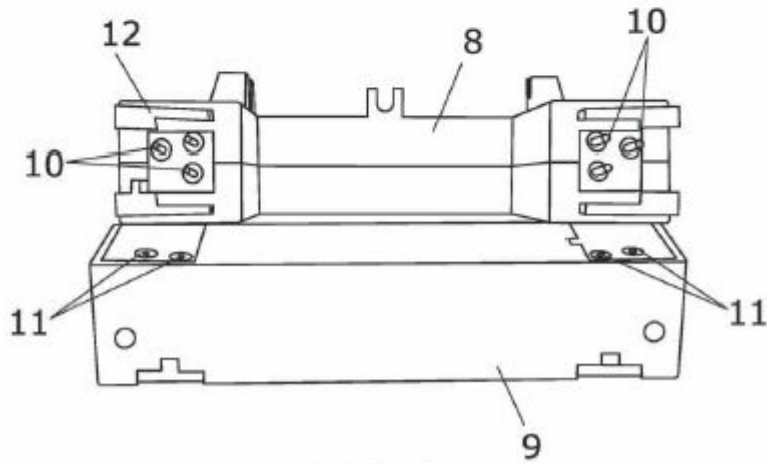


FIG. 6

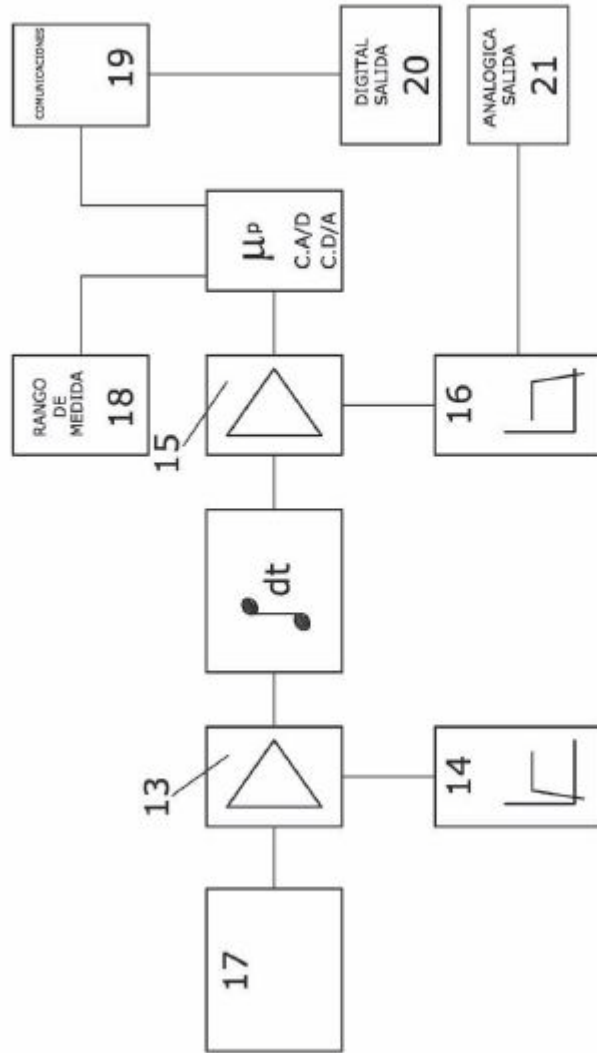


FIG.7