(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 552 184**

(51) Int. CI.:

G01R 3/00 (2006.01)
G01R 15/18 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2012 E 12813426 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2795347**

(54) Título: **Disposición flexible de sensor de corriente**

(30) Prioridad:

23.12.2011 GB 201122328

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.11.2015

(73) Titular/es:

SENTEC LTD (100.0%)
5 The Westbrook Centre
Milton Road, Cambridge CB4 1YG, GB

(72) Inventor/es:

DAMES, ANDREW NICHOLAS;
PRICE, MATHEW y
DAVIDSON, ROBERT

(74) Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

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

Disposición flexible de sensor de corriente

Campo

La invención se refiere a una disposición flexible de sensor de corriente.

Antecedentes

Las bobinas de Rogowski flexibles (por ejemplo como se describe en el documento US 3,434,052) proporcionan una forma conveniente de obtener mediciones de corriente AC en situaciones de difícil acceso o monitoreo temporal de corriente. En términos de exactitud ellas sufren de no tener la capacidad de formar un solenoide uniforme y flexible para la alta precisión, limitar la uniformidad del factor calibración dentro del lazo de medición, y limitar el nivel de rechazo alcanzado para corrientes cercanas fuera del lazo. Esto es especialmente válido alrededor del punto donde los dos extremos de la bobina flexible se conectan puesto que el espacio tiene que asignarse para las disposiciones de aislamiento y sujeción mecánica. Otra característica indeseable es la dificultad de obtener buena estabilidad térmica en vista de la flexibilidad de los materiales que definen la sección transversal de las bobinas, y la longitud del lazo, ambas de las cuales afectan directamente la sensibilidad de la medición de corriente.

El documento US 2011/0148561 A1 describe un aparato de sensado de corriente que comprende una bobina de tipo Rogowohi la cual se fabrica en segmentos.

Resumen

En un primer aspecto, esta descripción describe una disposición flexible de sensor de corriente que comprende una pluralidad de elementos de sensado de corriente discretos distribuidos a lo largo de un portador flexible alargado. Los elementos de sensado discretos pueden comprender bobinas de material conductivo depositadas sobre placas de circuito planas. Los elementos de sensado discretos pueden comprender una pluralidad de vueltas de material conductivo enrollado alrededor del portador flexible alargado. Los elementos de sensado discretos pueden comprender vueltas de alambre enrollado alrededor de bobinas, las bobinas que se distribuyen a lo largo del portador. Los elementos de sensado de corriente discretos pueden conectarse eléctricamente en serie entre sí mediante elementos de conexión. Los elementos de conexión se disponen de manera que ellos no aumentan significativamente (o en absoluto) la sensibilidad de la disposición del sensor. Dicho de otra manera, en modalidades en las cuales cada elemento de sensado de corriente comprende una bobina de material eléctricamente conductivo, los elementos de conexión no adicionan un "área de lazo" adicional a las bobinas.

Una sección transversal de cada elemento de sensado puede tener una relación de aspecto desigual. Cada elemento de sensado se configura de manera que exhibe cero sensibilidad a los campos magnéticos uniformes que son paralelos a un plano del sensor. Este plano se referencia como el plano de cero sensibilidad a los campos magnéticos uniformes. La sección transversal del elemento de sensado que tiene la relación de aspecto desigual es paralela al plano de cero sensibilidad del elemento de sensado. La sección transversal que tiene la relación de aspecto desigual puede ser una sección transversal a través de la cual pasa el portador flexible alargado.

El portador flexible alargado puede configurarse de manera que tiene un eje de flexión preferido. El portador flexible alargado puede configurarse de manera que tiene un solo eje de flexión. La flexibilidad del portador flexible alargado en el eje de flexión preferido puede ser asimétrica.

La disposición flexible de sensor de corriente puede configurarse en un lazo que puede abrirse. Cuando la disposición se configura en un lazo, los extremos opuestos del portador flexible pueden estar en el mismo plano que el resto del portador.

Los elementos de sensado discretos pueden separarse sustancialmente de forma equidistante a lo largo del portador flexible alargado.

La disposición flexible de sensor de corriente puede comprender: un primer elemento conector en un primer extremo del portador flexible alargado; y un segundo elemento conector en un segundo extremo del portador flexible alargado, el primer y segundo elementos conectores que se configuran para acoplar de manera liberable entre sí para formar la disposición del sensor en un lazo cerrado, en donde los elementos de sensado discretos se separan equidistantemente alrededor del lazo cerrado. Dicho de otra manera, el primer y segundo elementos conectores pueden configurarse de manera que, cuando acoplan entre sí, los elementos de sensado en cualquier extremo del portador se separan por la misma distancia que los otros elementos de sensado separados equidistantemente.

El portador flexible alargado puede pasar a través de una región central de cada uno de los elementos de sensado de corriente.

La disposición flexible de sensor de corriente puede configurarse de manera que el plano de cero sensibilidad de cada elemento de sensado es de forma local sustancialmente perpendicular al eje longitudinal de una porción del portador sobre la cual este se lleva.

El portador flexible alargado comprende una pluralidad de porciones portadoras conectadas, cada una de las porciones portadoras que se configura para recibir al menos un elemento de sensado de corriente. Cada una de las porciones portadoras puede comprender una parte de la bobina para recibir uno de los elementos de sensado discretos. Los elementos de sensado discretos pueden comprender una pluralidad de vueltas de alambre de cobre enrollado alrededor de la parte de la bobina. La pluralidad de porciones portadoras conectadas pueden conectarse entre sí mediante porciones de articulación. La pluralidad de porciones portadoras conectadas pueden conectarse separablemente entre sí mediante las porciones de articulación. Las porciones de articulación pueden configurarse para minimizar un cambio en la separación de los centros de los elementos de sensor adyacentes cuando los elementos giran alrededor de las porciones de articulación. Las porciones de articulación pueden separarse hacia una dirección de flexión preferida del portador alargado flexible.

Los elementos de sensado de corriente discretos pueden comprender bobinas de placas de circuito montadas centralmente sobre el portador flexible alargado.

En un segundo aspecto, esta descripción describe un miembro flexible alargado para una disposición del sensor de corriente, el miembro flexible alargado que comprende una pluralidad de porciones portadoras conectadas entre sí mediante porciones de articulación, cada porción portadora que se configura para recibir un elemento de sensado de corriente discreto.

En un tercer aspecto, esta descripción describe un método de fabricación de una disposición flexible de sensor de corriente, el método que comprende: proporcionar un portador flexible alargado; y distribuir una pluralidad de elementos de sensado discretos a lo largo del portador flexible alargado.

Breve descripción de las figuras

Para una comprensión más completa de las modalidades de la presente invención, se hace referencia ahora a la siguiente descripción tomada en relación con los dibujos acompañantes en los cuales:

Las Figuras 1A a la 1E son ilustraciones esquemáticas de varios aspectos de una disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con la invención;

Las Figuras 2A a la 2D son ilustraciones esquemáticas de varios aspectos de una disposición flexible de sensor de corriente alternativa de acuerdo con la invención;

La Figura 3 es una ilustración esquemática de una variante de la disposición flexible de sensor de corriente de las Figuras 2A a la 2D;

Las Figuras 4A a la 4F ilustran varios aspectos de un portador flexible alargado que puede usarse para formar una disposición del sensor flexible la cual es similar a la descrita con referencia a las Figuras 1A a la 1E;

La Figura 5 es un gráfico que ilustra un aspecto del portador flexible alargado de las Figuras 4A a la 4F;

Las Figuras 6A a la 6E muestran el portador flexible alargado de las Figuras 4A a la 4F usado junto con el mecanismo de conexión descrito con referencia a las Figuras 1A a la 1E;

Las Figuras 7A a la 7D ilustran aspectos de una variante del portador flexible alargado descrito con referencia a las Figuras 4A a la 4F;

Las Figuras 8A a la 8H ilustran varios aspectos de un portador flexible alargado alternativo que puede usarse para formar una disposición del sensor flexible la cual es similar a la descrita con referencia a las Figuras 1A a la 1E;
las Figuras 9A a la 9E muestran el portador flexible alargado de las Figuras 8A a la 8H usado junto con el mecanismo de conexión descrito con referencia a las Figuras 1A a la 1E;

Las Figuras 10 y 10B ilustran aspectos de una variante del portador flexible alargado de las Figuras 8A a la 8H;

Las Figuras 11A a la 11I ilustran aspectos de una variante alternativa del portador flexible alargado de las Figuras 8A a la 8H;

Las Figuras 12A y 12B ilustran aspectos de una variante del portador flexible alargado descrito con referencia a las Figuras 4A a la 4F;

Las Figuras 13A y 13B ilustran aspectos de una variante del portador flexible alargado descrito con referencia a las Figuras 8A a la 8H;

Las Figuras 14A a la 14D ilustran aspectos de una variante de la disposición flexible de sensor de corriente de las Figuras 1A a la 1E;

Las Figuras 15A a la 15D ilustran aspectos de un portador flexible alargado alternativo; y

Las Figuras 16A a la 16G ilustran aspectos de otro portador flexible alargado alternativo.

Descripción detallada de las modalidades

En la descripción y los dibujos, iguales números de referencia se refieren a iguales elementos en todas partes.

Las Figuras 1A a la 1E son ilustraciones esquemáticas de varios aspectos de una disposición flexible de sensor de corriente 1 de acuerdo con la invención. La disposición flexible de sensor de corriente 1 puede configurarse en un lazo cerrado. Cuando está en uso, el sensor de corriente flexible se forma en un lazo cerrado que rodea un conductor (tal como en una subestación eléctrica) en el cual se requiere sensar la corriente.

Las Figuras 1A y 1B son una vista lateral y una vista en planta respectivamente de la disposición 1 cuando está en su forma abierta y la Figura 1C es una vista en planta de la disposición 1 cuando se configura en su forma de lazo cerrado. La Figura 1D es una vista en sección transversal esquemática a través de un mecanismo de conexión 10A, 10B de la disposición 1 cuando está en su forma cerrada. La Figura 1E es una vista en sección transversal a través de un elemento de sensado discreto 12 de la disposición 1.

La disposición flexible de sensor de corriente 1 de acuerdo con la invención comprende una pluralidad de elementos de sensado de corriente discretos 12 distribuidos, o separados, a lo largo de un portador flexible alargado 14. Los elementos de sensado de corriente discretos 12 se separan uniformemente a lo largo de una longitud del portador flexible 14. La pluralidad de elementos de sensado de corriente discretos 12 pueden referenciarse como una cadena.

Los elementos de sensado de corriente discretos 12 cada uno comprende varias vueltas de material conductivo. En el ejemplo de la Figura 1, los elementos de sensado de corriente discretos 12 comprenden bobinas de alambre de cobre. Sin embargo, como se apreciará de otras modalidades, los elementos de sensado de corriente discretos 12 pueden comprender en cambio, por ejemplo, varias vueltas de material conductivo impreso en una placa de circuito impreso (PCB). En otros ejemplos, los elementos de sensado 12 pueden comprender bobinas preenrolladas proporcionadas en bobinas o núcleos autoportantes. Cada uno de los elementos de sensado discretos 12 es sustancialmente idéntico a cada uno de los otros elementos de sensado 12. Adicionalmente la dirección de enrollado de cada uno de los elementos de sensado 12 es la misma. Como tal, las corrientes que se inducen en cada uno de los elementos de sensado 12 mediante un campo magnético circular variable (tal como sería provocado por una corriente AC que viaja en un alambre) se suman entre sí.

Los elementos de sensado de corriente discretos 12 se configuran de manera que no son sensibles a los campos magnéticos uniformes los cuales son paralelos a un plano particular. Este plano a partir de ahora se referenciará como el plano de cero sensibilidad a los campos magnéticos uniformes. El plano de cero sensibilidad a los campos magnéticos uniformes para uno de los elementos de sensado discretos 12 se muestra en las Figuras 1A y 1B mediante la línea discontinua denotada por el referencial numeral A. Esta configuración se logra mediante la proporción de todas las vueltas del material conductivo del elemento de sensado en el mismo plano, o en planos los cuales son sustancialmente paralelos entre sí. El plano en el cual se proporcionan las vueltas (o al cual las vueltas son paralelas) es además el plano de cero sensibilidad a los campos magnéticos uniformes de los elementos de sensado 12.

La disposición flexible de sensor de corriente 1 se configura de manera que el plano de cero sensibilidad de cada elemento de sensado 1 es sustancialmente perpendicular al eje longitudinal de una porción del portador sobre la cual este se lleva.

En este ejemplo, los elementos de sensado discretos 12 se configuran de manera que la relación de aspecto de una sección transversal a través del plano de cero sensibilidad es desigual. Esto puede verse en la Figura 1E, en la cual la altura del elemento de sensado discreto 12 (denotada "y") es más larga que el ancho (denotado "x") del elemento de sensado 12. En algunos ejemplos, tales como los que se representan en las Figuras, la forma de la sección transversal de los elementos de sensado discretos 12 es sustancialmente rectangular. Esto permite que el grosor de la disposición del sensor flexible 1 sea relativamente pequeño (de manera que la disposición pueda enroscarse sobre conductores fijados a través de aberturas pequeñas), sin perjuicio al área de la bobina de los elementos de sensado discretos 12. En otros ejemplos, los elementos de sensado discretos 12 pueden tener una relación de aspecto de la sección transversal igual.

Los elementos de sensado discretos 12 se distribuyen sobre el portador alargado flexible 14 de manera que sus planos

de cero sensibilidad son sustancialmente perpendiculares al eje longitudinal de la porción del portador en el cual se proporciona el elemento de sensado. En el ejemplo de las Figuras 1A a la 1D y en los ejemplos de las Figuras 2 a la 11, el portador flexible alargado 14 pasa a través de una región central de los elementos de sensado discretos 12. En los ejemplos en los cuales los elementos de sensado discretos 12 comprenden bobinas de alambre, el alambre puede decirse que se enrolla alrededor del portador flexible alargado 14. Esto puede lograrse mediante preformar las bobinas de alambre y después subsecuentemente enroscar el portador flexible alargado a través de la región central 12A de la bobina o alternativamente mediante enrollar las bobinas directamente sobre el portador flexible alargado 14.

Los elementos de sensado discretos 12 se conectan eléctricamente en series entre sí. Los elementos de sensado discretos 12 se conectan eléctricamente entre sí mediante los elementos de conexión eléctrica 18. En los ejemplos en los cuales el portador alargado 14 se enrosca a través de los elementos de sensado discretos 12 o en los cuales los elementos de sensado discretos 12 se enrollan individualmente sobre el portador 14, los elementos de sensado discretos 12 pueden conectarse eléctricamente entre sí después de enroscarse o enrollarse al portador 14. En otros ejemplos, tales como cuando varios elementos de sensado discretos 12 se enrollan sobre el portador desde una sola longitud de material conductivo, los elementos de sensado discretos 12 no requieren la conexión eléctrica subsiguiente entre sí.

Los elementos de conexión eléctrica 18 se disponen de manera que no afectan significativamente la sensibilidad de la disposición del sensor 1. Dicho de otra manera, en modalidades en las cuales cada elemento de sensado de corriente 12 comprende varias vueltas de material eléctricamente conductivo, los elementos de conexión 18 no añaden un "área de lazo" adicional a los elementos de sensado 12. Esto puede lograrse mediante la proporción de los elementos de conexión eléctrica 18 de manera que ellos son sustancialmente paralelos al eje longitudinal del portador alargado 12. Como tal, incluso aunque una pluralidad de los elementos de sensado discretos 12 puede formarse de una sola longitud de alambre, los elementos de sensado 12 pueden decirse que son discretos en que solamente los elementos de sensado 12, y no los elementos de conexión 18, tienen un efecto sobre la sensibilidad de la disposición. En cambio, en disposiciones de sensor tal como la del documento US 3,434,052, toda la longitud del solenoide contribuye a la sensibilidad de la disposición.

Los elementos de conexión eléctrica 18 sustancialmente no tienen efecto sobre la sensibilidad de la disposición 1 a campos magnéticos externos puesto que la sensibilidad de cada elemento de conexión 18 a tales campos se cancela mediante la sensibilidad de un elemento de conexión sobre el lado opuesto del lazo cerrado.

El portador flexible alargado 14 es estable y preferentemente tiene un módulo alto a lo largo de su longitud. Esto evita que el sensor se estire durante la instalación o manejo, o cambio de su longitud con el tiempo. Adicionalmente, el portador flexible alargado 14 tiene un coeficiente térmico bajo a lo largo de su longitud. Idealmente, el coeficiente térmico del portador flexible alargado 14 es dos veces el coeficiente de temperatura lineal de los elementos de sensado discretos 12.

El portador flexible alargado 14 se configura de manera que tiene un eje de flexión preferido. Dicho de otra manera, puede requerirse menor fuerza para doblar el portador alargado 14 en el eje preferido que para doblar el portador alargado 14 en el eje no preferido. En lagunas modalidades, el miembro flexible alargado es capaz de doblarse solamente en un eje. En el ejemplo de la Figura 1A, el eje de flexión preferido es paralelo a la página. En la Figura 1B, el eje de flexión preferido es perpendicular a la página. Preferentemente, el portador alargado 14 es capaz solamente de una cantidad de vueltas limitadas.

En el ejemplo de las Figuras 1A a la 1E, el portador flexible alargado 14 comprende una tira sustancialmente plana de material flexible. Como tal, la longitud y ancho del portador 14 son significativamente mayores que el grosor del portador. Los materiales adecuados para un portador flexible plano 18, tal como el de la Figura 1A a la 1E, incluyen material PCB fino (por ejemplo, FR4 fino o poliamida), tira de resorte metálico no magnético (por ejemplo tira completa dura de cobre de berilio). En algunos ejemplos, el portador 14 puede construirse de varias capas de material. Por ejemplo, el portador 14 puede comprender dos capas de goma con refuerzo de fibra entre las dos capas de goma. El refuerzo de fibra puede comprender, por ejemplo, vidrio, poliamida, carbono o HDPE. Idealmente, las fibras se alinean de forma óptima a lo largo de la longitud del portador, aunque ellas pueden extenderse en ambas direcciones. En otros ejemplos, el portador 14 puede comprender dos capas de goma con una capa de una tira de metal no magnética fina (o malla) proporcionada entre las capas de goma.

Como se mencionó anteriormente, la disposición del sensor flexible 1 puede configurarse en un lazo cerrado. Esto puede verse en la Figura 1C. El lazo puede abrirse y cerrarse según se requiera para permitir a la disposición del sensor flexible 1 ajustarse alrededor de y removerse de los conductores fijados. Esto se logra mediante la proporción de los primero y segundo elementos conectores de lazo 10A, 10B de un mecanismo de conexión en los extremos respectivos del portador flexible alargado 14. Los primer y segundo elementos conectores de lazo 10A, 10B se configuran para conectarse, o acoplarse desmontablemente entre sí. Los primer y segundo elementos conectores de lazo 10A, 10B tienen formas correspondientes de manera que ellos ajustan juntos entre sí. Más específicamente, uno primero de los elementos conectores de lazo 10B incluye al menos una protuberancia 10B-1 y un segundo de los elementos conectores de lazo 10A incluye un número de aberturas correspondiente 10A-1 dentro de las cuales se recibe al menos

una protuberancia 10B-1. Preferentemente, el mecanismo de conexión incluye al menos dos protuberancias 10B-1 y al menos dos aberturas correspondientes 10A-1. Esto restringe la cantidad mediante la cual los primer y segundo elementos conectores de lazo 10A, 10B son capaces de girar uno con respecto al otro. En el ejemplo de las Figuras 1A a la 1E, el mecanismo de conexión de lazo 10A, 10B comprende dos protuberancias 10B-1 y dos aberturas correspondientes 10A-1. Las dimensiones de las protuberancias 10B-1 y las aberturas correspondientes 10A-1 son de manera que la fricción entre los elementos conectores de lazo 10A, 10B mantiene los elementos en su estado conectado hasta que se separan forzadamente. En algunos ejemplos, los elementos conectores de lazo 10A, 10B pueden incluir un mecanismo de bloqueo adicional (no mostrado) para asegurar que los elementos conectores de lazo 10A, 10B no se desacoplan entre sí hasta que esto se requiera.

La Figura 1D es una sección transversal esquemática a través del mecanismo de conexión 10A, 10B cuando los elementos de conexión de lazo 10A, 10B se conectan entre sí. Los primer y segundo elementos conectores de lazo 10A, 10B se configuran de manera que, cuando ellos se conectan, la distancia entre los elementos de sensado 12B, 12C en cada extremo del portador 14 es sustancialmente, y de forma preferente exactamente, la misma que la distancia entre cada elemento de sensado 12 sobre el portador 14 y su(s) vecino(s) inmediato(s). Adicionalmente, el mecanismo de conexión de lazo 10A, 10B se configura de manera que, cuando se conecta para formar el lazo, todos los elementos de sensado discretos 12 en el lazo se proporcionan en el plano único. En el ejemplo, mostrado en la Figura 1C, estas características se logran mediante la recepción de los extremos del portador 14, y además los elementos de sensado 12B, 12C proporcionados en los mismos, dentro de las aberturas 10A-2, 10B-2 formadas en los elementos conectores de lazo 10A, 10B. Los elementos de sensado 12B, 12C recibidos en las aberturas 10A-2, 10B-2 colindan con una pared extremo de su abertura respectiva 10A-2, 10B-2. El grosor de la pared extremo es la mitad de la separación entre los elementos de sensado adyacentes 12B, 12C. Los elementos conectores de lazo 10A, 10B se configuran de manera que, cuando ellos se conectan, las paredes extremo de las aberturas 10A-2, 10B-2 colindan entre sí.

La disposición flexible de sensor de corriente 1 comprende un cable de salida 16 el cual incluye los primer y segundo alambres que transportan señal 16A, 16B. En el ejemplo de las Figuras 1A a la 1E, el cable de salida se proyecta desde uno de los elementos conectores de lazo 10A. Uno primero de los alambres que transportan señal 16A se conecta eléctricamente de forma directa a uno primero de los elementos de sensado discretos 12B. El segundo alambre que transporta señal 16B se conecta eléctricamente de forma directa a un último de los elementos de sensado discretos 12B. Aquí "primero" y "último" se refieren a una posición eléctrica en vez de una posición física en la cadena de elementos de sensado conectados en serie 18. Dicho de otra manera, los primer y último elementos de sensado 12B, 12C en la cadena son esos que se conectan eléctricamente de forma directa con solamente un otro elemento de sensado 12. En el ejemplo de las Figuras 1A a la 1D, los primer y último elementos de sensado 12B, 12C son esos que se reciben en los elementos de conexión de lazo 10A, 10B. Como se muestra esquemáticamente en las Figuras 1D, un elemento de conexión eléctrica de retorno 18A conecta eléctricamente de forma directa el último elemento de sensado 12C en la cadena de elementos de sensado 12 con el cable de salida 16.

Aunque, en el ejemplo de las Figuras 1A a la 1E, el portador flexible alargado 14 comprende una tira plana de material flexible, se apreciará que la tira plana de material puede reemplazarse por cualquiera de los portadores flexibles alargados descritos más abajo con referencia a las Figuras 4 a la 11.

Las Figuras 2A a la 2D son ilustraciones esquemáticas de varios aspectos de una disposición del sensor de corriente alternativa 2 de acuerdo con ejemplos de la invención. Muchas de las propiedades de la disposición del sensor 2 de las Figuras 2A a la 2D son sustancialmente las mismas que esas de la disposición del sensor 2 descrita con referencia a las Figuras 1A a la 1E. Como tal, no todas estas propiedades se describirán con referencia a las Figuras 2A a la 2D. En cambio, la descripción más abajo se concentrará principalmente en las diferencias entre las dos disposiciones de sensor. Las Figuras 2A y 2B muestran una vista lateral y una vista en planta de la disposición flexible de sensor de corriente 2. Las Figuras 2C y 2D son vistas en planta de las caras opuestas de un elemento sensor discreto 22 de la disposición 2.

En el ejemplo de las Figuras 2A a la 2D, los elementos de sensado discretos 22 comprenden una pista conductiva 22A formada de una pluralidad de vueltas de material conductivo depositado sobre una PCB plana 22B. Al igual que con la disposición 1 descrita con referencia a las Figuras 1A a la 1E, los elementos de sensado 22 de la Figura 2 se separan equidistantemente a lo largo del portador 14. El portador 1 es sustancialmente como se describe con referencia a las Figuras 1A a la 1D.

En el ejemplo de las Figuras 2A a la 2D, la pista conductiva 22A se proporciona sobre ambos lados de la PCB 22B. Las pistas conductivas 22A sobre cualquier lado de la PCB 22B se conectan mediante una vía 22C. Las vueltas de las pistas conductivas 22A sobre cualquier lado de la PCB 22B se enrollan opuestamente. Como tal, las señales inducidas en las pistas 22A sobre cualquier lado de la PCB 22B mediante un campo magnético cambiante perpendicular al plano de las pistas 22A se suman positivamente.

Al igual que en el ejemplo de las Figuras 1A a la 1E, el portador flexible alargado 14 pasa a través de una región central 22D del elemento de sensado discreto 22. En este ejemplo, la región central 22D está en la forma de una ranura. Además, la relación de aspecto de las vueltas de material conductivo es desigual. La dimensión de la PCB 22B en la

dirección del doblez o flexión preferida del portador es menor que la dimensión en la dirección perpendicular. Esto permite al sensor insertarse a través de aberturas más pequeñas. Adicionalmente, esto minimiza el efecto sobre la sensibilidad dentro y fuera del lazo de variar la forma del lazo.

La PCB incluye dos proyecciones 22B-1, 22B-2 a las cuales pueden unirse los elementos de conexión eléctrica 28 para conectar eléctricamente los elementos de sensado discretos 22 en series. En este ejemplo, las proyecciones 22B-1, 22B-2 se proyectan hacia fuera desde un borde de extremo de la PCB 22B. Los extremos opuestos del material conductivo del elemento de sensado 22 están en conexión eléctrica directa con los extremos diferentes de las proyecciones. En este ejemplo, las proyecciones 22B-1, 22B-2 tienen muescas para así permitir a los elementos de conexión eléctrica 28, conectarse físicamente más fácil a las proyecciones 22B-1, 22B-2.

Como puede verse en las Figuras 2C y 2D, las proyecciones 22B-1, 22B-2 se separan. Esto permite al elemento de conexión de retorno 28A, el cual conecta eléctricamente de forma directa el último elemento de sensado 22 en la cadena (en este ejemplo en el extremo derecho de la Figura 2A) al cable de salida 16, pasar a través de una región entre las proyecciones 22B-1, 22B-2. Como tal, el alambre del elemento de conexión de retorno 28A no interfiere con los elementos de conexión eléctrica 28 los cuales conectan los elementos de sensado discretos 22 en serie.

Aunque no se muestra en las Figuras 2A a la 2D, esta disposición de ejemplo 2 incluye además un mecanismo de conexión, el cual se configura similarmente al de las Figuras 1 a la 1D para separar los primer y último elementos de sensado en la disposición mediante la distancia de separación de los otros elementos de sensado 22 en la cadena.

En un ejemplo específico, las propiedades de las varias partes de la disposición del sensor flexible 2 pueden ser las siguientes:

- Dimensiones exteriores de la pista conductiva 22A = 9.5 mm x 24 mm;
- Ancho de la pista conductiva 22A = 0.15 mm;
- 10 vueltas de pista conductiva sobre cada lado de la PCB 22B;
- Dimensiones de la región central/ranura interior = 1.6 mm x 14 mm;
- 53 elementos de sensado discretos 22 separados a lo largo del portador flexible alargado con una separación de 4.4 mm;
- Material portador flexible alargado = laminado de goma reforzado de fibra;
- Dimensiones del portador flexible alargado = 1.6 mm x 14 mm x 233 mm;

Una disposición del sensor flexible 1 configurada de esta manera logra una sensibilidad de 0.25 mV/Amp a 50 hz.

La Figura 3 muestra una disposición del sensor 3 que es similar a la de las Figuras 2A a la 2D. La principal diferencia es que los elementos sensores discretos se conectan de forma diferente. Más específicamente, cada elemento de sensado no se conecta eléctricamente de forma directa al elemento adyacente, sino al otro elemento de sensado 32A, 32B siguiente. Los elementos de sensado discretos 32A, 3B de la Figura 3 pueden considerarse aún como una sola cadena conectada en serie. Sin embargo, en este ejemplo, la cadena se dobla efectivamente a la mitad. Una ventaja de esta disposición 3 es que no se requiere un alambre de retorno, desde un extremo del portador alargado 14 hasta el otro. Otra ventaja es que el acoplamiento capacitivo desde un cable se acopla en gran medida igualmente a los elementos de sensado cerca de la salida positiva y negativa, de esta manera que reduce la necesidad de una pantalla electrostática alrededor del sensor.

Las Figuras 4A a la 4F muestran varios aspectos de un portador flexible alargado 4 que puede formar parte de una disposición del sensor la cual es similar a la descrita con referencia a la Figura 1A a la 1E. Las Figuras 4A, 4B y 4C son una vista en planta, una vista lateral y una vista en perspectiva respectivamente del portador flexible alargado 4. Las Figuras 4D y 4E son vistas en sección transversal a través del portador 4. La Figura 4F es una vista en planta aumentada de una porción de articulación del portador 4. Los elementos de sensor discretos y los elementos de conexión eléctrica no se muestran en las Figuras 4A a la 4F. Sin embargo, estos pueden ser sustancialmente como se describe con referencia a las Figuras 1A a la 1E.

El portador flexible alargado 4 comprende una pluralidad de porciones portadoras del elemento de sensado discreto 42. En este ejemplo, la pluralidad de porciones portadoras del elemento de sensado discreto 42 cada una comprender una bobina 42 alrededor de la cual el alambre conductivo (no mostrado en la Figura 4) puede enrollarse para formar un elemento de sensado discreto. El alambre usado para formar los elementos de sensado está aislado. Las porciones portadoras 42 comprenden las pestañas 46 en cualquier extremo de las mismas. Estas aseguran que el alambre conductivo se retiene sobre la porción portadora 42. Las porciones portadoras 42 se separan uniformemente a lo largo de la longitud del portador 4. Las porciones portadoras del elemento de sensado discreto 42 cada una tiene una relación de aspecto desigual (como puede verse en la Figura 4D, la cual es una sección transversal a través de la línea discontinua marcada A' sobre las Figuras 4A y 4B). En consecuencia, cuando el alambre conductivo se enrolla sobre la porción portadora 42, los elementos de sensado discretos resultantes tienen además una relación de aspecto desigual.

En un ejemplo específico, las porciones portadoras 42 se configuran de manera que los elementos de sensado discretos

son de 2 mm de ancho y tienen dos capas de enrollados. Cuando se usa un alambre de cobre esmaltado de 0.1 mm, esto resulta en 40 vueltas por elemento de sensado discreto.

Cada una de la pluralidad de porciones portadoras de elementos de sensado discreto 42 se acopla a al menos una otra de las porciones portadoras 42 mediante una porción de articulación 44. Las porciones de articulación se acoplan permanentemente a las porciones portadoras. Como tal, en este ejemplo, las porciones portadoras adyacentes 42 no pueden separarse entre sí sin romper el portador 4. Las porciones de articulación se alinean entre sí. Las porciones de articulación 42 se configuran para así permitir a las porciones portadoras girar con relación entre sí, de esta manera que permiten al portador flexible alargado doblarse. La porción de articulación 44 comprende las primera y segunda articulaciones 44A, 44B. Las primera y segunda porciones de articulación 44A, 44B se disponen opuestamente a través del eje longitudinal del portador alargado 4. Esto provoca que el portador flexible alargado 4 sea flexible solamente en un eje. Las porciones portadoras 42 son rígidas comparadas con las porciones de articulación 44. Como tal, el portador flexible alargado 4 se dobla en la porción de articulación 44 y no en la porción portadora 42. Aunque el ejemplo de las Figuras 4A a la 4F incluye dos articulaciones 44A y 44B, en algunos ejemplos las porciones portadoras pueden conectarse mediante una sola porción de articulación.

Cada una de las porciones portadoras 42 incluye dos pares de proyecciones 48A, 48B sobre cada lado de estas. Las proyecciones sobre cada lado de la porción portadora se extienden hacia la porción portadora adyacente 42. Los pares de proyecciones 48A, 48B se disponen sobre lados opuestos del eje longitudinal del portador 4 desde uno a otro. Los pares de proyecciones 48A, 48B se disponen sobre lados opuestos de las porciones de articulación 44A, 44B desde uno a otro. Las proyecciones 44A, 44B se configuran para restringir la cantidad mediante la cual los portadores adyacentes 4 son capaces de girar alrededor de la porción de articulación 44. Esto es debido a que, una vez que el ángulo de rotación alcanza un ángulo particular, las proyecciones de un par particular 48A, 48B sobre las porciones portadoras adyacentes 42 entran en contacto físico, de esta manera que restringen la rotación adicional.

En el ejemplo de las Figuras 4A a la 4C, un primer par de proyecciones 44B se extiende más allá del lado de la porción portadora 42 hacia la porción portadora adyacente 42, que el segundo par de proyecciones 44A. Como tal, la separación entre los primeros pares de proyecciones 44B sobre las porciones portadoras adyacentes 42 es menor que la separación entre los segundos pares de proyecciones 44A. Esto puede verse claramente sobre la Figura 4F. En consecuencia, el portador 4 es capaz de doblarse más aún en una dirección del eje de flexión que en la otra. Esto reduce la posibilidad de la disposición del sensor de instalarse incorrectamente. Limitar el posible ángulo de rotación en la dirección de flexión preferida significa que el cambio en la separación centro a centro de los elementos de sensado discretos puede minimizarse. En una modalidad específica, el ángulo de doblez en la dirección de flexión preferida puede limitarse a 20° y a 5° en la dirección opuesta.

Como puede verse en las Figura 4F, cada una de las articulaciones 44A, 44B comprende una porción más gruesa 44A-1 anexa a cualquier extremo mediante una porción más fina 44A-2. Las articulaciones 44A, 44B se conectan a las porciones portadoras 42 en cualquier extremo mediante las porciones más finas 44A-2 de la articulación. Esto significa que las articulaciones son más flexibles en la conexión con la porción portadora que en el medio de la articulación. En consecuencia, los puntos de giro efectivos de cada articulación se cambian hacia las porciones portadoras 42, y así además hacia un centro de los elementos de sensado discretos proporcionados en estos. Esto reduce el cambio en la distancia entre los centros de los elementos de sensado cuando las porciones portadoras 42 giran alrededor de sus articulaciones. Esto mejora el rendimiento de la disposición del sensor.

Además, como puede verse en la Figura 4F, cada una de las articulaciones 44A, 44B se cambia desde el centro de la porción portadora en la dirección de flexión preferida del portador flexible alargado. Dicho de otra manera, las articulaciones 44A, 44B se cambian desde el eje longitudinal hacia los segundos pares de proyecciones 44A (los cuales se extienden menos lejos de la porción portadora que del primer par de proyecciones 44B). Esto sirve para mantener la separación centro a centro de cada uno de los elementos de sensado discretos más cerca a un valor constante, en promedio. Esto puede verse a partir de la Figura 5.

La Figura 5 es un gráfico del ángulo de rotación de las porciones portadoras adyacentes 42 (sobre el eje x) contra la separación centro a centro de las porciones portadoras, y así además la separación centro a centro de los elementos de sensado discretos transportados en estas. La curva plana (con puntos en forma de rombos) muestra la situación ideal en la cual la separación centro a centro no cambia con el ángulo de rotación. La curva pronunciada (con puntos en forma de cuadrados) muestra el cambio en la separación centro a centro cuando la articulación se alinea con el eje longitudinal del portador. La curva final (con los puntos en forma de triángulos) muestra el cambio en la separación centro a centro con una articulación separada, como se muestra en la Figura 4F. Por lo tanto, puede verse que una articulación separada resulta en una separación centro a centro que está más cerca del valor ideal sobre un rango más amplio de ángulos que la articulación central (o neutral).

De regreso ahora a las Figuras 4A a la 4F, cada porción portadora 42 incluye una clavija o guía 49 que se proyecta desde esta. En este ejemplo específico, las guías 49 se proyectan desde cada pestaña 46. Como tal, cada porción portadora 42 comprende un par de guías 49. Estas sirven como guías para los elementos de conexión eléctrica (no mostrados) cuando ellos pasan desde un elemento de sensado discreto al otro. Las guías 49 sobre cada pestaña se

disponen opuestamente entre sí en una dirección que es prácticamente paralela al eje longitudinal del portador 4. Como tal, los elementos de conexión eléctrica son prácticamente paralelos al eje longitudinal del portador 4 y así son además perpendiculares al plano de cero sensibilidad de cada elemento sensor discreto.

Cada una de las porciones portadoras 42 incluye una abertura 43 formada en estas. Las aberturas 43 se combinan para formar un agujero longitudinal continuo el cual se extiende la longitud del portador 4. Como tal el portador flexible alargado 4 puede enroscarse sobre un mandril para así endurecer el portador antes que el alambre conductivo se enrolle sobre las porciones portadoras a la forma de los elementos de sensado discretos.

El portador alargado de la Figura 4 puede construirse de un material plástico moldeable tal como, pero sin limitarse a, poliamida y poliacetal.

Las Figuras 6A a la 6E muestran varias vistas del portador flexible alargado 4 de las Figuras 4A a la 4F usado junto con el mecanismo de conexión 10A, 10B como se describe con referencia a la Figura 1. Más específicamente, las Figuras 6A a la 6C son vistas en perspectiva, en planta y lateral respectivamente del mecanismo de conexión 10. Las Figuras 6D y 6E son vistas en sección transversal a lo largo de las líneas denotadas A" y B" respectivamente.

Puede verse a partir de las Figuras 6D y 6E que el mecanismo de conexión 10A, 10B se configura para mantener las porciones portadoras 42A, 42B en cualquier extremo del portador flexible alargado 4 a una separación que es sustancialmente la misma que la separación entre las porciones portadoras adyacentes del portador flexible alargado 4.

Las Figuras 7A a la 7D muestran una variación del portador flexible alargado 4 discutida con referencia a las Figuras 4A a la 4F. Más específicamente, las Figuras 7A a la 7C muestran vistas en perspectiva, en planta y lateral respectivamente del portador flexible alargado 7. La Figura 7D es una vista en sección transversal a través de una de las porciones portadoras 72 (por ejemplo, a lo largo de la línea discontinua marcada A'").

Al igual que con el portador 4 de la Figura 4, el portador flexible alargado comprende una pluralidad de porciones portadoras de elementos sensor discretos 72 cada una conectada a al menos una porción portadora adyacente 72 mediante una porción de articulación 74. Además al igual que con el portador de la Figura 4, cada porción de articulación 74 comprende las primera y segunda articulaciones 74A, 74B. Las primera y segunda articulaciones 74A, 78B se disponen opuestamente a través del eje longitudinal del portador alargado 7. Las articulaciones 74A, 74B comprenden una porción más gruesa 74A-1 anexa en cada extremo mediante una porción más fina 74A-2. Las articulaciones 74A, 7B se conectan a las porciones portadoras 72 mediante las porciones de articulación más finas 74A-2. Como tal, los puntos de giro de las articulaciones están en cualquier extremo de las articulaciones 74A, 74B.

En este ejemplo, los puntos de giro de las porciones de articulación 74 se localizan dentro del grosor de las porciones portadoras 72. Preferentemente, los puntos de giro se localizan tan cerca como sea posible del centro del grosor de las porciones portadoras 72. Esto minimiza la variación de la separación centro a centro de las porciones portadoras adyacentes (y así además de la separación centro a centro de los elementos de sensado discretos transportados en estas) cuando la rotación relativa de las porciones portadoras adyacentes 72 cambia. En el ejemplo de las Figuras 7A a la 7D, las porciones de articulación 74 pueden alinearse con el eje longitudinal del portador alargado 7 (es decir, pueden no separarse).

Al igual que con el portador 4 de las Figuras 4A a la 4F, las porciones portadoras 72 del portador 7 de las Figuras 7A a la 7D comprenden bobinas sobre las cuales puede enrollarse el alambre conductivo para formar elementos de sensado discretos. Las porciones portadoras 72 comprenden además las pestañas 73 para retener las vueltas de alambre sobre la porción portadora 72. Adicionalmente, cada una de las porciones portadoras 72 incluye una abertura 75 en una región intermedia de estas. Esto permite al miembro alargado enroscarse sobre un mandril. Esto facilita el enrollado del alambre conductivo sobre las porciones portadoras 72 para formar los elementos de sensor discretos.

Aunque no se muestra en las Figuras 7A a la 7D, se apreciará que la variante de la Figura 7 puede configurarse para incluir un número de otras características descritas con referencia al portador 4 de las Figuras 4A a la 4F. Por ejemplo, el portador puede incluir las proyecciones 48A, 48B para imbuir el portador con una dirección de flexión preferida. Adicionalmente o alternativamente, el portador flexible alargado 7 puede incluir guías que se extienden desde este, las guías que son para guiar los elementos de conexión desde un elemento de sensado discreto hasta el próximo.

Las Figuras 8A a la 8H muestran aspectos de un portador flexible alargado alternativo 8 para usar en una disposición del sensor de corriente tal como la descrita con referencia a la Figura 1. La Figura 8A es una vista en perspectiva del portador flexible alargado 8. La Figura 8B muestra vistas en planta y lateral del portador flexible alargado 8. El portador flexible alargado 8 comprende una pluralidad de porciones portadoras de elementos de sensado discretos desmontables (o desacoplables) 82. Las Figuras 8C a la 8H muestran varias vistas de una sola de las porciones portadoras de elementos de sensado discretos desmontables 82.

Cada porción portadora desmontable 82 comprende una parte de la bobina 83. La parte de la bobina 83 se configura para recibir varias vueltas de material conductivo (tal como alambre de cobre), de esta manera para formar un elemento

de sensado discreto (no mostrado en las Figuras 7A a la 7G). La parte de la bobina 83 comprende una pestaña 83-1 en cualquier extremo. Las pestañas 83-1 facilitan la retención de los elementos de sensado discretos sobre la parte de la bobina 83. Cada una de las pestañas 83-1 incluye al menos una muesca 87 para guiar el elemento de conexión eléctrica (no mostrado) desde un elemento de sensado discreto (no mostrado) hasta otro.

La sección transversal de la parte de la bobina 83 tiene una relación de aspecto desigual (como puede verse en la Figura 8H). La parte de la bobina 83 incluye una abertura 86. Como tal, cuando una pluralidad de porciones portadoras 82 se acoplan entre sí para formar un miembro flexible alargado 8, un agujero longitudinal continuo se forma. El portador alargado 8 puede así enroscarse sobre un mandril para facilitar el enrollado de las bobinas sobre las partes de bobina 83. Como puede verse en las Figuras 8A y 8B, cuando una pluralidad de elementos portadores 82 se acoplan juntos en una formación alineada las partes de bobina 83 (y así además los elementos de sensado transportados en estas) se separan uniformemente.

La porción portadora desmontable 82 comprende un par de partes de articulación macho 84 que se extienden desde un primer extremo de la parte de la bobina 83. La porción portadora desmontable 82 comprende además un par de partes de articulación hembra 85 que se extienden desde un segundo extremo de la parte de la bobina 83. Cada parte de articulación macho 84 comprende un pasador de articulación y cada parte de articulación hembra 85 comprende una abertura correspondiente para recibir el pasador de articulación de una porción portadora desmontable. Las dos partes de articulación macho 84 del par se disponen opuestamente a través de la longitud de la abertura 86. Similarmente, dos partes de articulación hembra 85 se disponen opuestamente a través de la longitud de la abertura 86. Cada una del par de partes de articulación macho 84 se dispone opuestamente a una diferente del par de partes de articulación hembra 85 a través del grosor (o profundidad) de la parte de la bobina 83.

Cada uno del par de partes de articulación macho 84 se configura para acoplarse desmontablemente con una del par de partes de articulación hembra 85 de una porción portadora adyacente 82, de esta manera para formar una cadena de porciones portadoras 82. Las porciones portadoras adyacentes 82 pueden desacoplarse mediante impulsar cada una del par de partes de articulación macho 84 lejos de la parte de articulación hembra respectiva 85 a la cual esta se acopla. En el ejemplo específico mostrado en las Figuras 8A a la 8H, las porciones portadoras 82 se configuran de manera que las porciones portadoras adyacentes 82 pueden desacoplarse mediante impulsar el par de partes de articulación macho 84 entre sí. Las partes de articulación macho y hembra 84, 85 se configuran de manera que, cuando se acoplan juntas, la rotación de una porción portadora 82 con respecto a la otra se permite solamente en un eje.

La al menos una muesca 87 en la pestaña 83-1 se alinea con la dirección de extensión de las partes de articulación macho y hembra 84, 85. En el ejemplo de las Figuras 7A a la 7G, la pestaña comprende dos muescas dispuestas opuestamente 87. Esto permite a cada porción portadora discreta usarse en cualquiera de las dos orientaciones. Esto facilita la formación del portador flexible alargado 8 desde la pluralidad de elementos portadores separados 82.

Las Figuras 9A a la 9E muestran varias vistas del portador flexible alargado 8 de las Figuras 8A a la 8H usado junto con el mecanismo de conexión 10A, 10B como se describió con referencia a la Figura 1. Más específicamente, las Figuras 9A a la 9C son vistas en perspectiva, en planta y lateral respectivamente del mecanismo de conexión 10A, 10B. Las Figuras 9D y 9E son vistas en sección transversal a lo largo de las líneas denotadas D y E respectivamente.

Puede verse a partir de las Figuras 9D y 9E que el mecanismo de conexión 10A, 10B se configura para mantener las partes de bobina 83A, 83B en cualquier extremo del portador flexible alargado 8 a una separación que es sustancialmente la misma que la separación entre las partes de bobina adyacentes 83 del portador flexible alargado 8.

Las Figuras 9A a la 9E muestran además los elementos de sensado discretos 12 en su lugar sobre los elementos portadores. Los elementos de conexión eléctrica entre los elementos de sensado discretos 12 no se muestran.

En el portador alargado de las Figuras 8A a la 8H, la separación centro a centro de los elementos de sensado discretos varía con el ángulo de doblez de una manera similar a la curva pronunciada de la Figura 6. Las Figuras 10A y 10B muestran una variante de las porciones portadoras de elementos de sensado desmontables 82 descritas con referencia a la Figura 8. La porción portadora variante 102 es sustancialmente la misma que la descrita con referencia a la Figura 8, pero se configura para mantener una separación centro a centro constante de los elementos de sensado. En el ejemplo de las Figuras 10A y 10B, esto se logra mediante la proporción del par de partes de articulación hembra 105 con las aberturas alargadas 105-1 en lugar de aberturas circulares y mediante la proporción de las partes de articulación macho 104 con una cara de levas 104-1. Como tal, cuando la parte de articulación macho 104 de una porción portadora 102 gira con relación a la parte de articulación hembra 105 de una porción portadora adyacente 102, la cara de levas 104-1 provoca que la parte de articulación macho 104 se deslice en la abertura alargada 105-1 de la parte de articulación hembra 105, de esta manera que mantiene la separación centro a centro de los elementos de sensado discretos. Esto puede verse a partir de una comparación de las Figuras 10A y 10B. En el ejemplo de las Figuras 10A y 10B, la parte de articulación hembra 105 incluye además una cara de levas 105-2. En ejemplos alternativos, sin embargo, una sola cara de levas podría proporcionarse en sólo una de las partes de articulación macho y hembra 104, 105. La imagen muestra características de levas en ambas mitades macho y hembra, aunque solamente la leva macho se etiqueta. (MP). Aunque no se muestra en las Figuras, se apreciará que este ejemplo puede incluir un miembro de

tensado (o medios de empuje) para impulsar las porciones portadoras adyacentes entre sí. En algunos ejemplos, esto puede proporcionarse dentro de la abertura. En otros ejemplos, la tensión puede proporcionarse mediante una vaina aislante proporcionada sobre el exterior de la disposición.

Las Figuras 11A a la 11I muestran otra variante del miembro flexible alargado 8 descrito con referencia a las Figuras 8A a la 8H. La Figura 11A es una vista en perspectiva del portador flexible alargado 11. La Figura 11B es una vista del portador flexible alargado 8 cuando está en una configuración recta. La Figura 11C es una vista lateral del portador flexible alargado cuando está en una configuración recta. La Figura 11D es una vista en planta del portador flexible alargado 11 cuando está en una configuración curva. El portador flexible alargado 11 comprende una pluralidad de porciones portadoras de elementos de sensado discretos desmontables (o desacoplables) 112. Las Figuras 11E a la 11I muestran varias vistas de una sola de las porciones portadoras de elementos de sensado discretos desmontables 112.

Las porciones portadoras de elementos de sensado discretos 112 de las Figuras 11A a la 11I son sustancialmente las mismas que las de la Figura 8A a la 8H. La principal diferencia entre los dos tipos de porción portadora es que en las porciones portadoras 112 de las Figuras 11A a la 11I, las partes de articulación hembra 115 no se extienden desde la porción de bobina 113. En cambio, las partes de articulación hembra 115 incluyen las aberturas 115 formadas en la porción de bobina 113. Las partes de articulación macho 114 de una porción portadora adyacente se extienden dentro de una región interior 113-1 de la porción de bobina y las protuberancias 114-1 formadas sobre las partes de articulación macho 114 acoplan con las aberturas 115 de la parte de articulación hembra 115. De esta manera, el eje de rotación de dos porciones portadoras adyacentes 112 está aproximadamente en el centro del elemento de sensado discreto. Esto provoca que las separaciones centro a centro de los elementos de sensado discretos se mantengan uniformes cuando las porciones portadoras giran con relación entre sí.

Como puede verse a partir de las Figuras 11H y 11I, la región interior 113-1 de la parte de la bobina 113 incluye una porción hundida conformada la cual se configura para permitir a la parte de articulación macho 114 de una porción portadora adyacente 112 girar en esta.

Las Figuras 12A y 12B ilustran aspectos de una variante del portador flexible alargado descrito con referencia a las Figuras 4A a la 4F. La principal diferencia entre el portador 4 de las Figuras 4A a la 4F y el portador 13 de las Figuras 12A y 12B es que la sección transversal de la parte portadora 132 tiene una relación de aspecto igual. En este ejemplo específico, la sección transversal es circular. Muchas de las otras características del portador 4 de las Figuras 4A a la 4F pueden presentarse además en el portador 13 de las Figuras 12 y 12B. Tales características incluyen las porciones de articulación 134 (las cuales pueden o no separarse), las pestañas 136 proporcionadas en extremos opuestos de la parte portadora 132 (las cuales pueden referenciarse a una parte de la bobina), las guías (o clavijas) 138 para guiar los elementos de conexión desde un elemento de sensado discreto hasta el próximo, así como también las aberturas 139 formadas a través del grosor de la parte portadora. Aunque no se muestra en las Figuras 12A y 12B, se apreciará que el portador alargado 13 puede proporcionarse además con proyecciones para proporcionar flexibilidad asimétrica del portador 13.

Las Figuras 13A y 13B ilustran aspectos de una variante del portador flexible alargado descrito con referencia a las Figuras 8A a la 8H. La principal diferencia entre el portador 8 de las Figuras 8A a la 8H y el portador 15 de las Figuras 13A y 13B es que la parte de la bobina de cada porción portadora de elementos de sensado discretos desmontables (o desacoplables) tiene una sección transversal que tiene una relación de aspecto igual. En este ejemplo la sección transversal es circular. Las otras características del portador 15 pueden ser las mismas que las descritas con referencia a las Figuras 8A a la 8H.

Aunque no se ilustra en las Figuras, se apreciará que las partes de bobina de cualquiera de los portadores de las Figuras 7, 10 y 11 pueden tener secciones transversales que tienen una relación de aspecto igual. Similarmente, el elemento de sensado de cualquiera de las otras Figuras descritas en la presente descripción puede configurarse con una sección transversal que tiene una relación de aspecto igual.

Las Figuras 14A a la 14D ilustran aspectos de una variante la disposición flexible de sensor de corriente de las Figuras 1A a la 1E. La disposición del sensor de las Figuras 14A a la 14D es sustancialmente como se describió con referencia a la Figura 1. Sin embargo, en la disposición de las Figuras 14A a la 14D, el portador flexible alargado comprende una PCB flexible alargada. Los elementos de sensado discretos se conectan mecánica y eléctricamente a la PCB flexible 14. Esta PCB 14 actúa para conectar eléctricamente los elementos de sensado discretos en serie. Esto puede evitar la necesidad de un portador separado 14 y elementos de conexión. En las Figuras 14A a la 14D los elementos de sensado discretos 12 son bobinas enrolladas de alambre.

Sin embargo, ellos pueden ser en cambio, por ejemplo, pistas conductivas impresas sobre placas de circuito planas (tal como en el ejemplo de las Figuras 2A a la 2D.

Las Figuras 15A a la 15D ilustran aspectos de un portador flexible alargado alternativo 19 para transportar elementos de sensado discretos. El portador flexible alargado 19 comprende una pluralidad de portadores discretos 192 para transportar un elemento de sensado (no mostrado en las Figuras 15A a la 15D). Cada uno de los portadores discretos

192 comprende una parte de la bobina alrededor de la cual un elemento de sensado discreto puede enrollarse. En este ejemplo, los portadores 192 comprenden pestañas, dispuestas en cualquier extremo de estos, para retener el elemento de sensado sobre el portador discreto 192. Los portadores discretos 192 se distribuyen a lo largo de un portador flexible alargado 14. En este ejemplo, el portador flexible alargado 14 comprende una PCB flexible. Cada uno de los portadores discretos comprende varias (en este ejemplo, dos) proyecciones eléctricamente conductivas 196 que se extienden desde el portador discreto 192. Las proyecciones 196 se conectan mecánica y eléctricamente a la PCB flexible alargada 14. Los extremos de la bobina, los cuales forman cada elemento de sensado discreto, se enrollan alrededor de otros diferentes de las proyecciones conductivas, de esta manera que conectan eléctricamente los elementos de sensado discretos con la PCB flexible y además en serie entre sí. Cada portador discreto tiene una abertura 198 formada a su través. Esto permite a los portadores discretos 192 enroscarse sobre un mandril, de esta manera que facilitan el enrollado de los elementos de sensado discretos sobre los portadores discretos 192.

En el ejemplo de las Figuras 15A a la 15D, las partes de bobina de los portadores discretos tienen una sección transversal que tiene una relación de aspecto igual (específicamente, circular). Sin embargo, ellas pueden configurarse en cambio con una relación de aspecto desigual.

Las Figuras 16A a la 16G ilustran aspectos de otro portador flexible alargado 19 para transportar elementos de sensado discretos. Las Figuras 16 y 16B muestran vistas en perspectiva del portador en configuraciones curva y recta respectivamente. Las Figuras 16C y 16D muestran vistas en planta del portador 20 en las configuraciones curva y recta respectivamente. Las Figuras 16E y 16F muestran vistas en sección transversal a través del portador 20 en sus configuraciones curva y recta respectivamente. La Figura 16G muestra una sección transversal a través del portador 20 a lo largo de, por ejemplo, la línea discontinua denotada G sobre la Figura 16D.

El portador 20 comprende una pluralidad de porciones portadoras 202. En este ejemplo específico, las porciones portadoras están en la forma de carretes para bobinas portadoras de alambre las cuales forman los elementos de sensado discretos. Las porciones portadoras 202 tienen una sección transversal que tiene una relación de aspecto igual. Se apreciará sin embargo, que las porciones portadoras 202 pueden tener en cambio una relación de aspecto de la sección transversal desigual.

El portador 20 comprende además una pluralidad de porciones de unión 204 las cuales unen las porciones portadoras 204 entre sí. Las porciones de unión 204 se reciben en aberturas formadas en las porciones portadoras 202. Las porciones de unión 204 acoplan con porciones de unión adyacentes dentro de las aberturas formadas en las porciones portadoras 204. Las porciones de unión 204 tienen caras de extremo con engranes. Las caras de extremo con engranes son curvas. Las caras de extremo con engranes de las porciones de unión 204 engranan junto con las caras de extremo con engranes de las porciones adyacentes 204, de esta manera que permiten la rotación de las porciones de unión 204 con relación entre sí.

Las porciones de unión se acoplan a las porciones portadoras 202 mediante los elementos de articulación 206 que se extienden desde los lados opuestos de los extremos de las porciones de unión 204. Los elementos de articulación 206 se reciben de manera giratoria en las aberturas formadas en el interior de las porciones portadoras 202. Los dientes alargados de las caras de extremo con engranes se extienden en la misma dirección que los elementos de articulación 206.

Un portador 20 configurado de esta manera controla el ángulo de los elementos de sensado discretos proporcionados sobre las porciones portadoras 202 de manera que los planos de cero sensibilidad en los campos uniformes de los elementos de sensor se dirigen siempre hacia el centro del lazo formado por el portador 20. Esto proporciona una disposición del sensor con alta exactitud.

Aunque no se muestra en ninguna de las figuras, la disposición del sensor flexible puede proporcionarse dentro de una vaina aislada. La vaina aislada puede ser de un material plástico o de goma. La vaina aislada puede incluir una capa de apantallamiento electrostático. La capa de apantallamiento electrostático puede comprender, por ejemplo, una capa semiconductora o un capa de metal, tal como cobre trenzado. Alternativamente o adicionalmente, el cable de salida 16 puede ser coaxial de manera que incluye una capa de apantallamiento de metal. La capa de apantallamiento del cable de salida puede conectarse eléctricamente al elemento de sensado discreto 12 que está en la mitad eléctrica de la cadena de elementos de sensado 12.

En los ejemplos anteriores, el mecanismo de conexión 10A, 10B se configura de manera que la separación de todos los elementos de sensado discretos 12 alrededor del lazo es igual. Sin embargo, en algunos ejemplos, este puede no ser el caso y la separación entre los últimos elementos de sensado en la cadena puede ser mayor que la separación entre los otros elementos de sensado 12. En tales ejemplos, el número de vueltas o el área de los elementos de sensado en cualquier extremo de la cadena puede aumentarse para compensar la separación aumentada. En tales ejemplos, la separación entre cada último elemento de sensado y el elemento adyacente puede aumentarse por la mitad de la diferencia entre la separación de los últimos elementos de sensado y la separación de los otros elementos en la cadena. Alternativamente, los dos últimos elementos de sensado en cada extremo de la cadena pueden moverse uno hacia el otro, mientras mantienen el punto medio entre los elementos de sensado.

Debe notarse que las modalidades anteriores no deben interpretarse como limitantes. Otras variaciones y modificaciones resultarán evidentes para expertos en la técnica después de la lectura de la presente solicitud. Además, la descripción de la presente solicitud debe entenderse para incluir cualquier característica novedosa o cualquier combinación novedosa de características ya sea explícitamente o implícitamente descritas en la en la presente descripción o cualquier generalización de estas y durante la tramitación de la presente solicitud o de acuerdo con cualquier solicitud derivada de esta, pueden formularse reivindicaciones nuevas para cubrir cualquiera de tales características y/o combinaciones de tales características. Como un ejemplo de tal combinación, en algunas modalidades, los elementos de sensado de la PCB de las Figuras 2 y 3 pueden utilizarse con portadores flexibles alargados del tipo descrito con referencia a las Figuras 4 a la 11.

Reivindicaciones

1. Una disposición flexible de sensor de corriente (1) que comprende una pluralidad de elementos de sensado de corriente discretos (12, 22, 32A, 32B) distribuidos a lo largo de un portador flexible alargado (14, 4, 7, 8, 9), el portador flexible alargado que comprende una pluralidad de bobinas (42, 83, 113) conectadas entre sí mediante porciones de unión (204), cada una de las bobinas que se configura para recibir al menos un elemento de sensado de corriente, las porciones de unión que se configuran para permitir la rotación de las bobinas adyacentes alrededor de un eje de rotación, las porciones de unión que se alinean con el eje longitudinal del portador flexible alargado o que se separan del eje longitudinal de manera que, cuando las bobinas adyacentes giran alrededor de las porciones de unión, una separación centro a centro de las bobinas adyacentes se mantiene más cerca de un valor constante promedio que cuando las porciones de unión se alinean con el eje longitudinal.

2. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una sección transversal de cada elemento de sensado, a través de la cual pasa el portador flexible, es más larga en una primera dimensión que en una segunda dimensión, la primera dimensión que es paralela al eje de rotación.

3. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, la disposición flexible de sensor de corriente que puede configurarse en un lazo que puede abrirse.

4. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el portador flexible alargado se configura de manera que tiene un eje de flexión preferido y, opcionalmente, en donde:
el portador flexible alargado se configura de manera que tiene un solo eje de flexión; o
la flexibilidad del portador flexible alargado alrededor del eje de flexión preferido es asimétrica.

5. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con la reivindicación 3, en donde cuando la disposición se configura en un lazo, los extremos opuestos del portador flexible se encuentran en el mismo plano que el resto del portador.

6. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los elementos de sensado discretos están sustancialmente separados de forma equidistante a lo largo del portador flexible alargado.

7. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende:
un primer elemento conector (10A) en un primer extremo del portador flexible alargado;
un segundo elemento conector (10B) en un segundo extremo del portador flexible alargado, el primer y segundo elementos conectores que se configuran para acoplar de manera liberable entre sí para formar la disposición del sensor en un lazo cerrado, en donde los elementos de sensado discretos se separan equidistantemente alrededor del lazo cerrado.

8. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el primer y segundo elementos conectores se configuran de manera que, cuando ellos se conectan entre sí de esta manera configuran la disposición en un lazo cerrado, la distancia entre los elementos de sensado en cada extremo del portador es sustancialmente la misma que la distancia entre cada uno de los otros elementos de sensado sobre el portador y sus vecinos inmediatos.

9. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, el portador flexible alargado que pasa a través de una región central de cada uno de los elementos de sensado de corriente; y/o
cada elemento de sensado de corriente que tiene un plano de cero sensibilidad a los campos magnéticos uniformes, la disposición flexible de sensor de corriente que se configura de manera que el plano de cero sensibilidad de cada elemento de sensado es sustancialmente perpendicular de manera local al eje longitudinal de una porción del portador flexible alargado sobre la cual este se transporta.

10. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los elementos de sensado discretos comprenden una pluralidad de vueltas de alambre de cobre enrollado alrededor de una de las bobinas.

11. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la pluralidad de porciones portadoras conectadas se unen desmontablemente entre sí mediante las porciones de unión; o en donde las porciones de unión se acoplan permanentemente a las bobinas de manera que las bobinas adyacentes no pueden separarse entre sí.

12. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 11, en donde las porciones de unión se configuran para así minimizar un cambio en la separación de los centros de las bobinas adyacentes cuando las bobinas giran alrededor de las porciones de unión; y/o en donde las porciones de unión se separan del eje longitudinal hacia una dirección de flexión preferida del portador alargado flexible.

13. La disposición flexible de sensor de corriente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 9, en donde los elementos de sensado de corriente discretos comprenden bobinas de placa de circuito montadas centralmente sobre el portador flexible alargado.

14. Un miembro flexible alargado (14, 4, 7, 8, 9) para una disposición del sensor de corriente (1), el miembro flexible alargado que comprende una pluralidad de bobinas (42, 83, 113) conectadas entre sí mediante porciones de unión (204), cada bobina que se configura para recibir un elemento de sensado de corriente discreto (12, 22, 32A, 32B), las porciones de unión que permiten la rotación de las bobinas adyacentes alrededor de un eje de rotación, las porciones de unión que se alinean con el eje longitudinal del portador flexible alargado o que se separan del eje longitudinal de manera que, cuando las bobinas adyacentes giran alrededor de las porciones de unión, una separación centro a centro de las bobinas adyacentes se mantiene más cerca de un valor constante promedio que cuando las porciones de unión se alinean con el eje longitudinal.

15. Un método de fabricación de una disposición flexible de sensor de corriente (1), el método que comprende:
proporcionar un portador flexible alargado (14, 4, 7, 8, 9), el portador flexible alargado que comprende una pluralidad de bobinas conectadas entre sí mediante porciones de unión (204), cada una de las bobinas que se configura para recibir al menos un elemento de sensado de corriente (12, 22, 32A, 32B), las porciones de unión que permiten la rotación de las bobinas adyacentes alrededor de un eje de rotación, las porciones de unión que se alinean con el eje longitudinal del portador flexible alargado o que se separan del eje longitudinal de manera que, cuando las bobinas adyacentes giran alrededor de las porciones de unión, una separación centro a centro de las bobinas adyacentes se mantiene más cerca de un valor constante promedio que cuando las porciones de unión se alinean con el eje longitudinal; y
distribuir una pluralidad de elementos de sensado discretos a lo largo del portador flexible alargado.

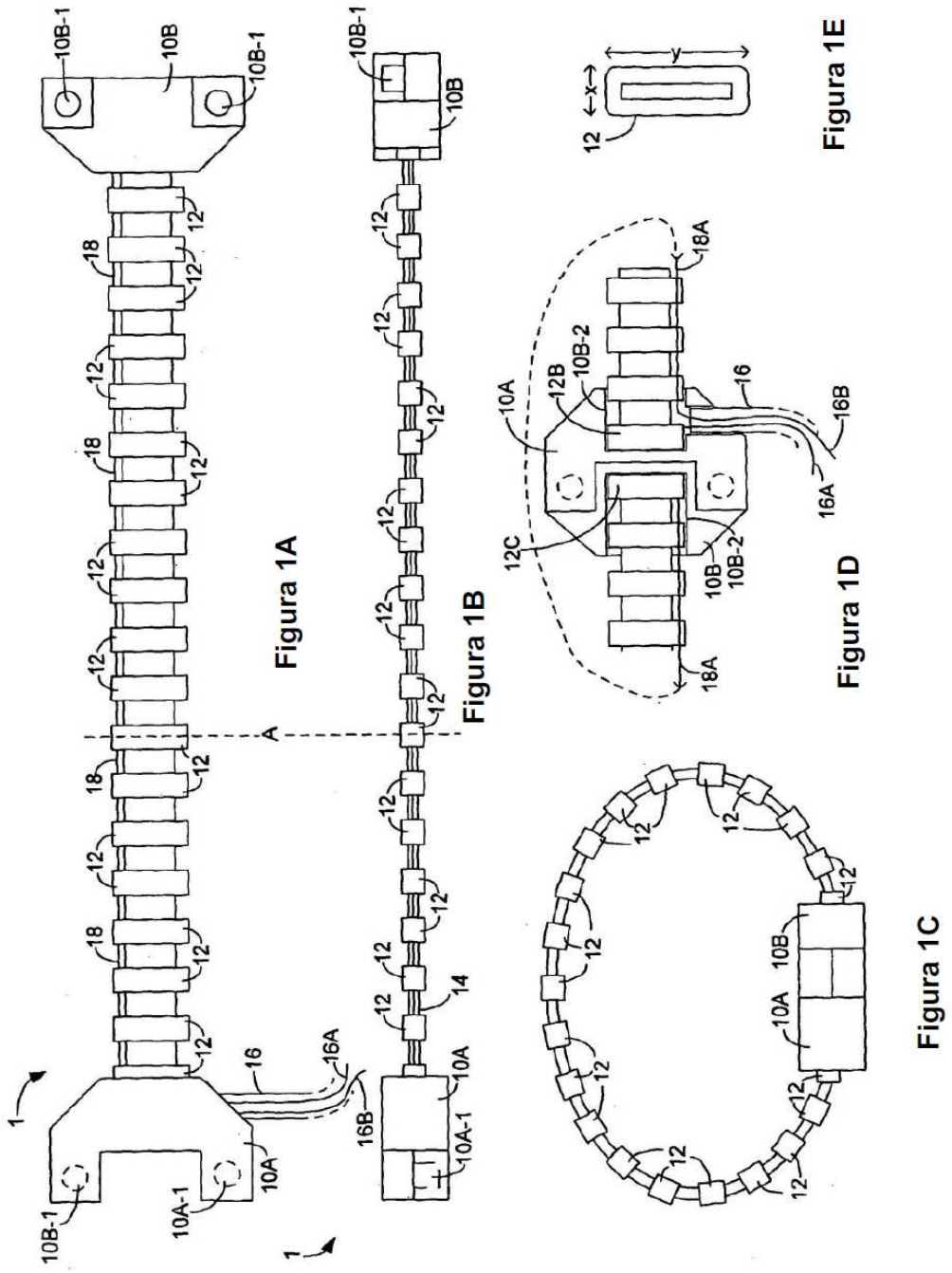


Figura 1A

Figura 1B

Figura 1C

Figura 1D

Figura 1E

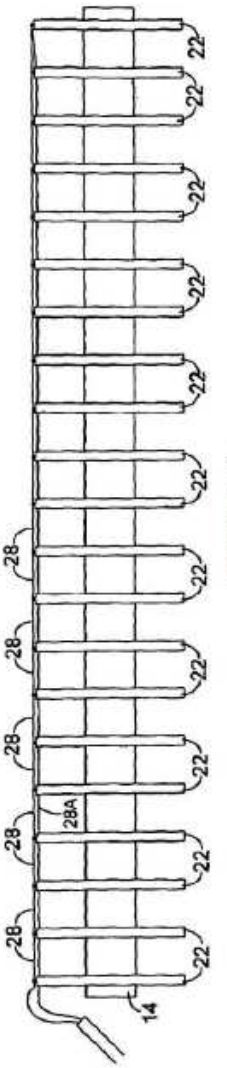


Figura 2A

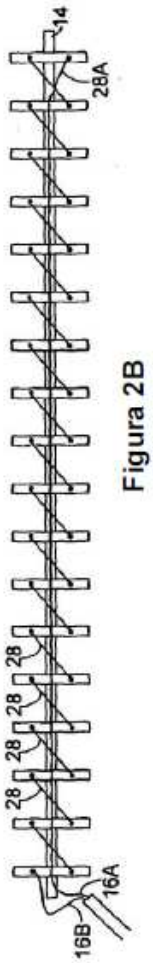


Figura 2B

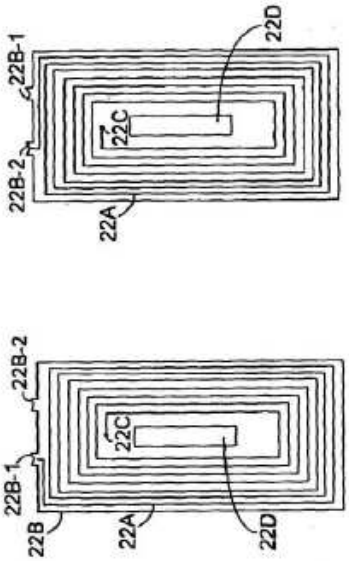


Figura 2D

Figura 2C

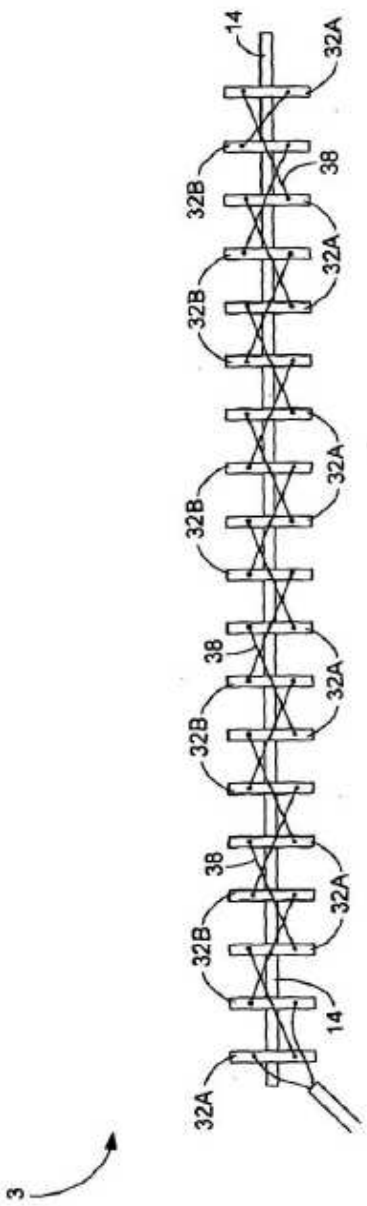
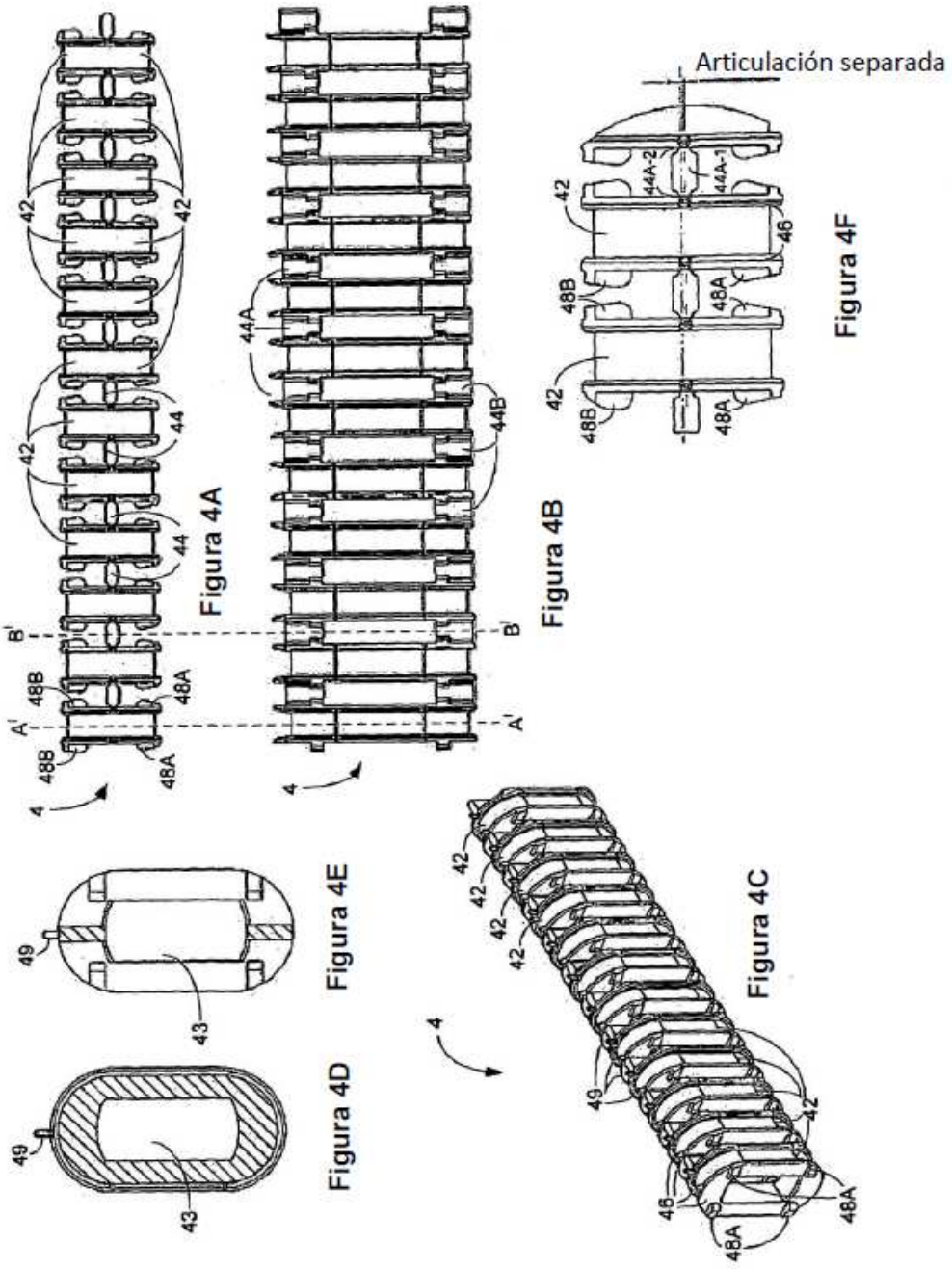


Figura 3


Articulación separada
Figura 4A
Figura 4B
Figura 4C
Figura 4D
Figura 4E
Figura 4F

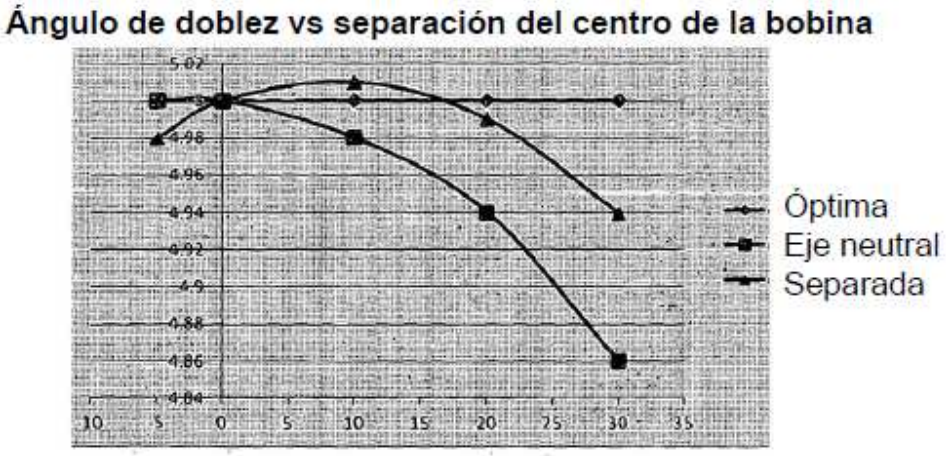
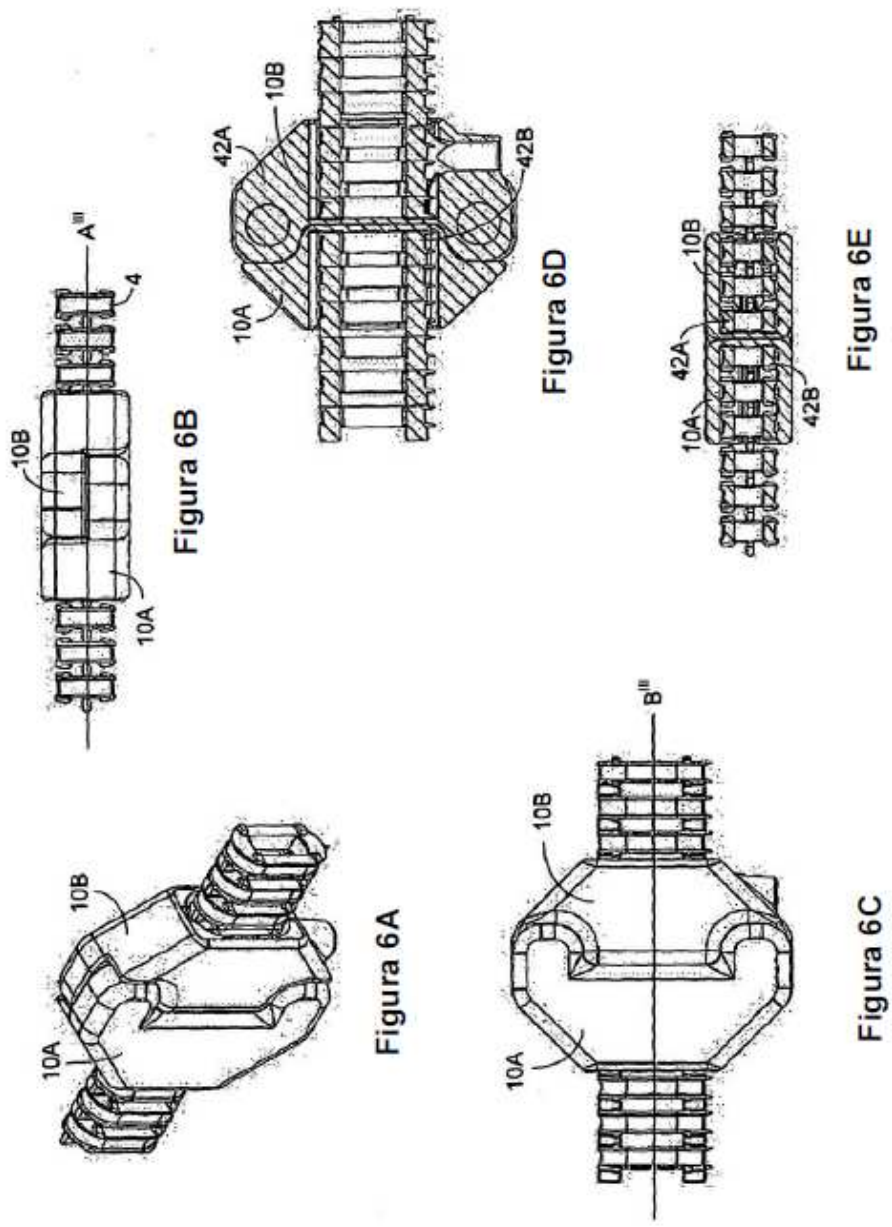

Ángulo de doblez vs separación del centro de la bobina
5.02
5
4.98
4.96
4.94
4.92
4.9
4.88
4.86
4.84
10
5
0
5
10
15
20
25
30
35
Óptima
Eje neutral
Separada

Figura 5


10B
10A
Figura 6A
A'''
4
10B
10A
Figura 6B
B'''
10B
10A
Figura 6C
42A
10B
10A
42B
Figura 6D
42A
10B
10A
42B
Figura 6E

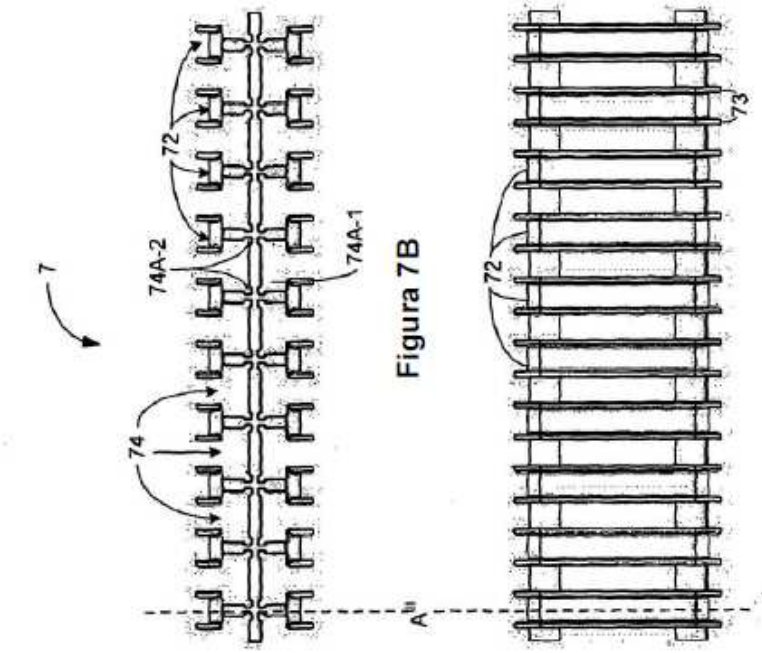


Figura 7B

Figura 7C

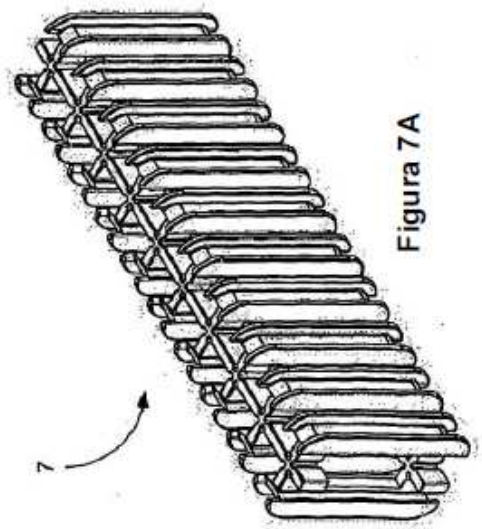


Figura 7A

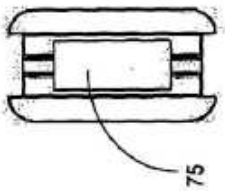


Figura 7D

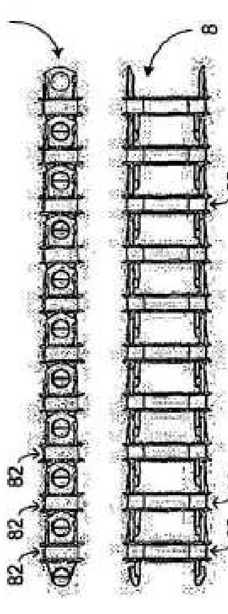


Figura 8B

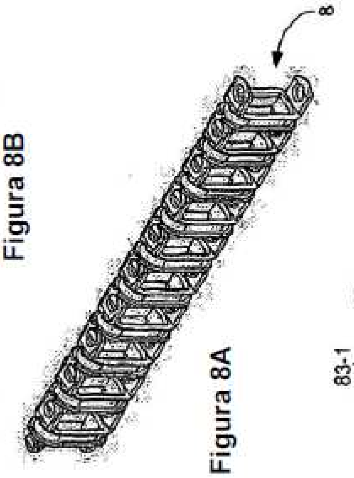


Figura 8A

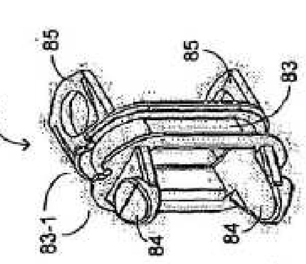


Figura 8C

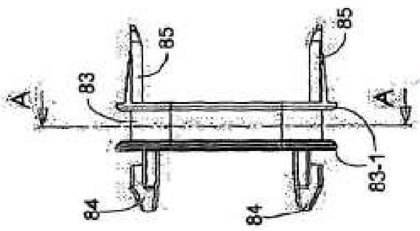


Figura 8G

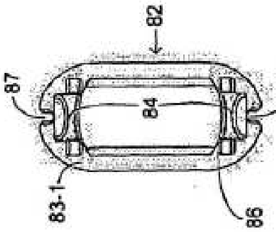


Figura 8D

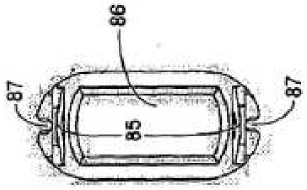


Figura 8E

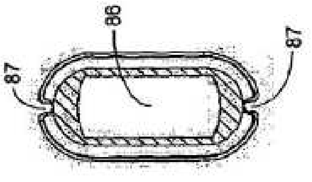


Figura 8F

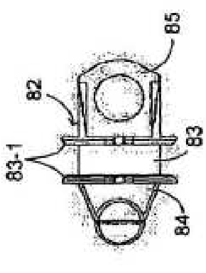


Figura 8F

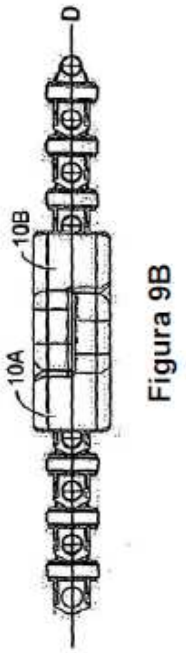


Figura 9B

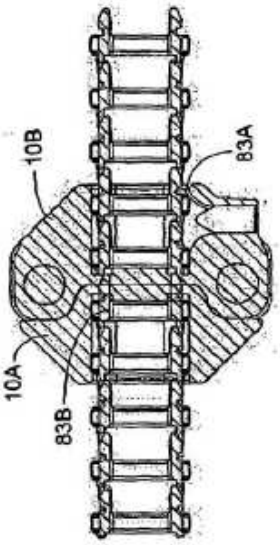


Figura 9D

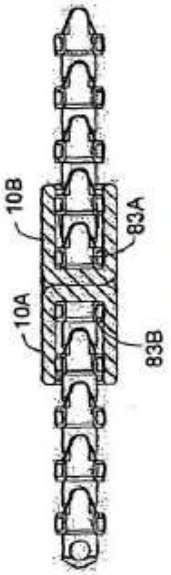


Figura 9E

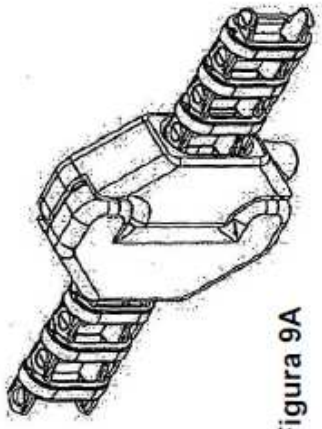


Figura 9A

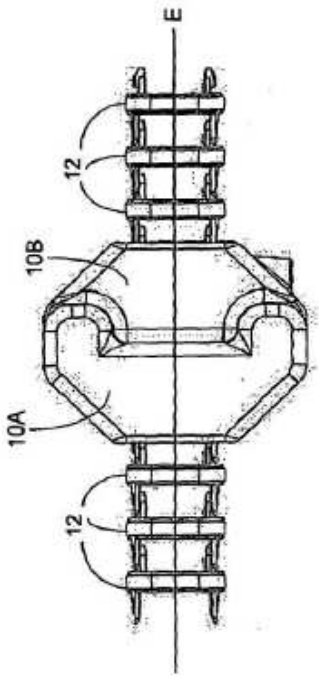


Figura 9C

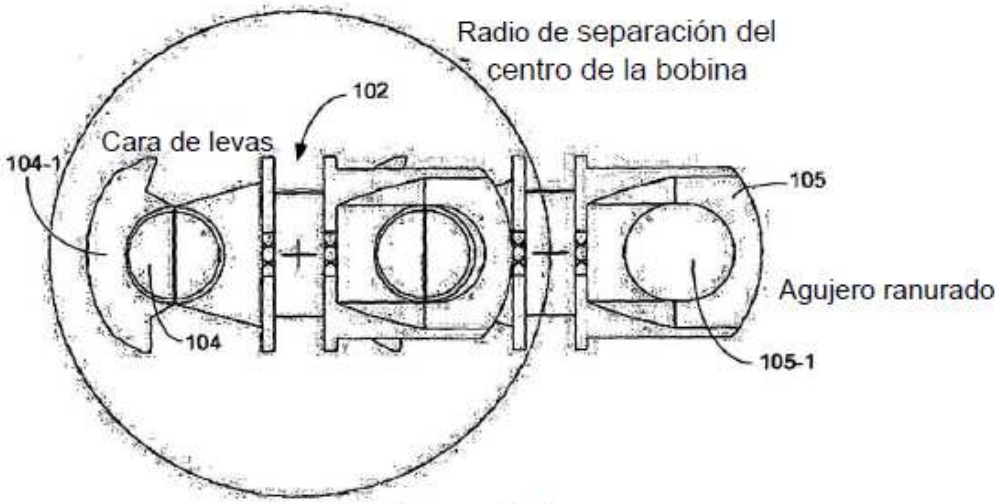


Figura 10A

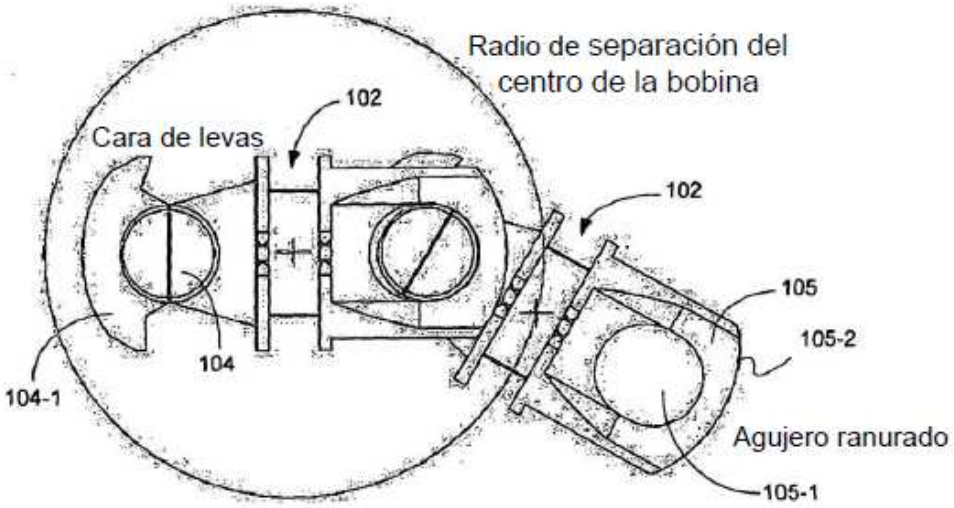


Figura 10B

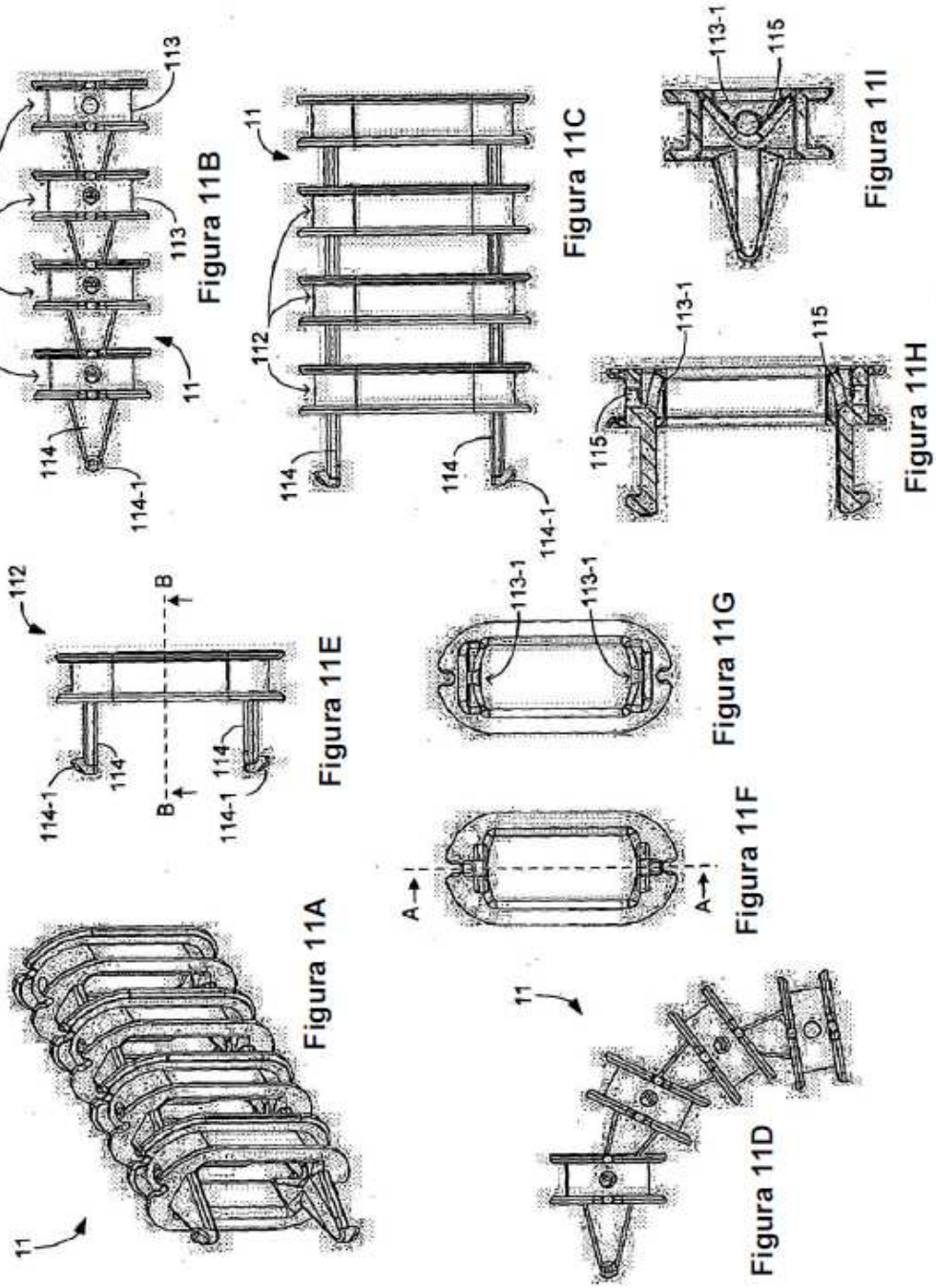


Figura 11A

Figura 11B

Figura 11C

Figura 11D

Figura 11E

Figura 11F

Figura 11G

Figura 11H

Figura 11I

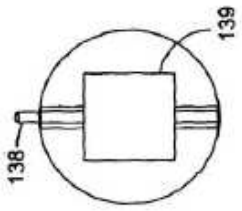


Figura 12B

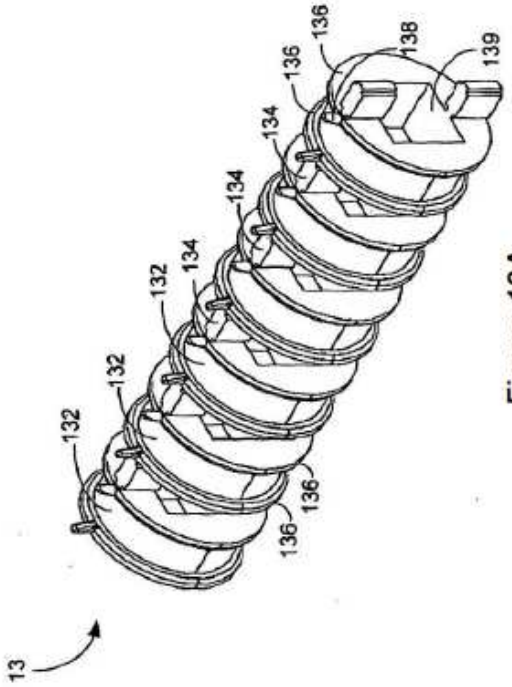


Figura 12A

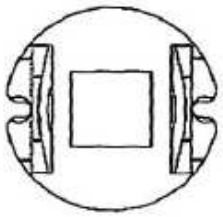


Figura 13B

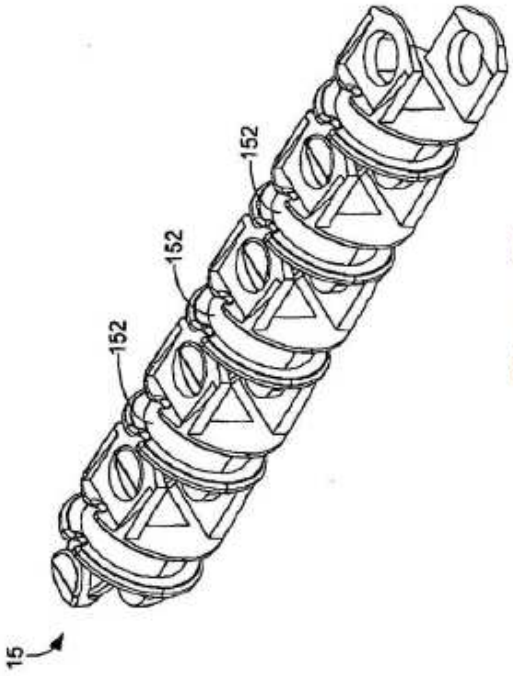


Figura 13A

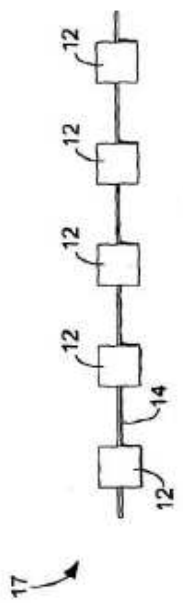


Figura 14B

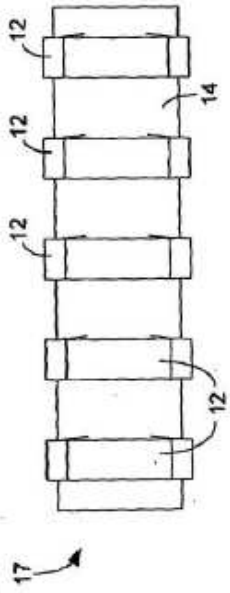


Figura 14C

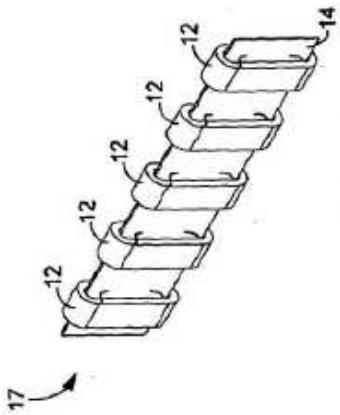


Figura 14A

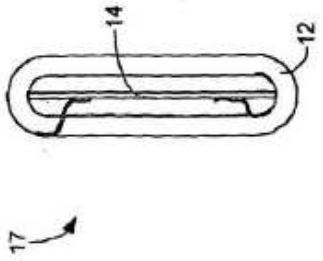


Figura 14D

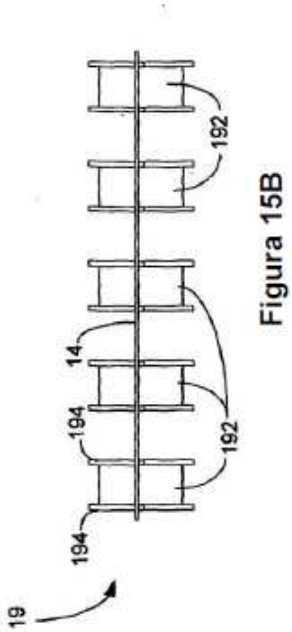


Figura 15B

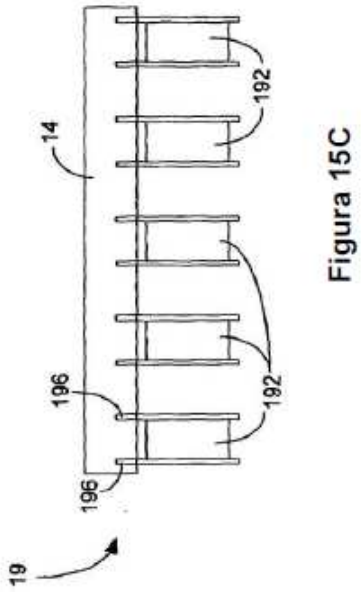


Figura 15C

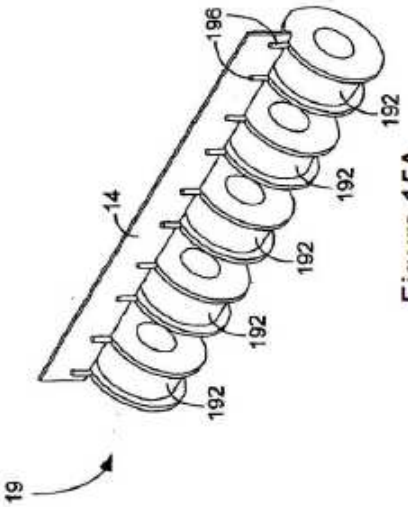


Figura 15A

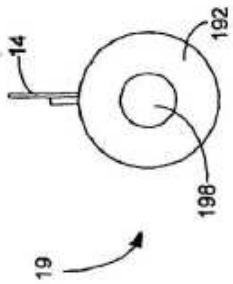


Figura 15D

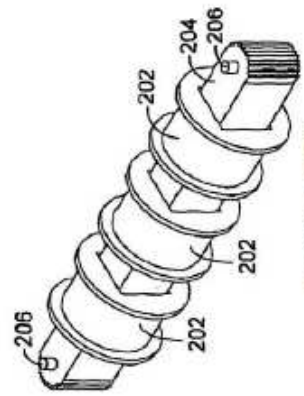


Figura 16B

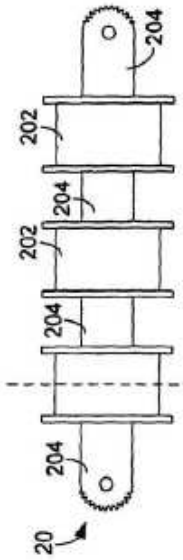


Figura 16D

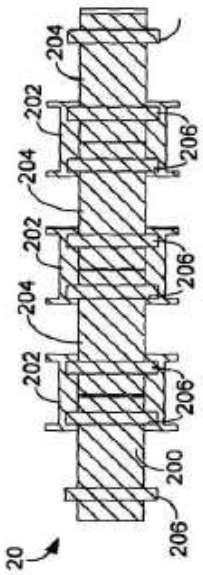


Figura 16F

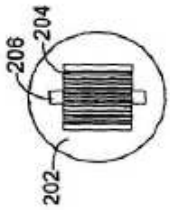


Figura 16G

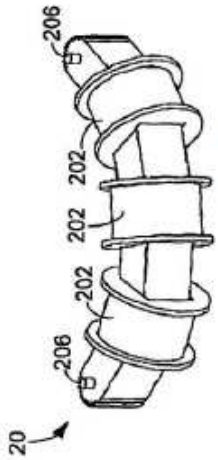


Figura 16A

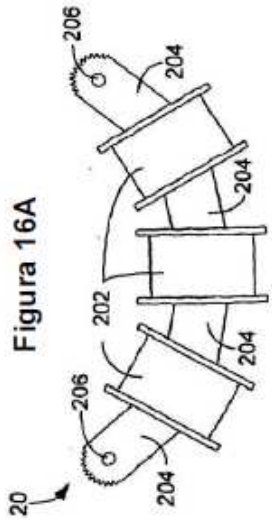


Figura 16C

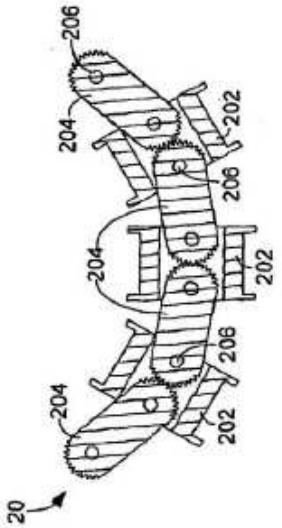


Figura 16E