(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 708 837**

(51) Int. CI.:

***G01R 21/133*** (2006.01)
***G01R 21/06*** (2006.01)
***G01R 21/10*** (2006.01)
***G01R 19/00*** (2006.01)
***G01R 15/14*** (2006.01)
***G01R 15/16*** (2006.01)
***G01R 15/18*** (2006.01)
***H05K 1/02*** (2006.01)
***H05K 1/03*** (2006.01)
***H05K 1/16*** (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2005 PCT/CA2005/000927**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2005 WO05124374**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2005 E 05759537 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 1766424**

(54) Título: **Monitor de potencia no intrusivo**

(30) Prioridad:

**15.06.2004 US 868374**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
**11.04.2019**

(73) Titular/es:

**POWER MEASUREMENT LTD (100.0%)**
**2195 Keating Cross Road, Saanichton**
**British Columbia V8M 2A5, CA**

(72) Inventor/es:

**LIGHTBODY, SIMON H.;**
**TEACHMAN, MICHAEL E.;**
**GUNN, COLIN N. y**
**HUBER, BENEDIKT T.**

(74) Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

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

Monitor de potencia no intrusivo

**Antecedentes de la invención**

**El campo de la Invención**

La presente invención está relacionada con el campo de la medición de potencia. Más en concreto, la presente invención está relacionada con sistemas y métodos para monitorizar potencia eléctrica.

**Tecnología relacionada**

La electricidad se ha convertido en una parte indispensable de las vidas de la gente y la electricidad se utiliza en muchos aspectos de la vida. Hogares, negocios, fábricas, y comunidades utilizan todos ellos cantidades variables de electricidad. En términos prácticos, todos los dispositivos, máquinas, motores, equipos de acondicionamiento de aire, ventiladores, equipos de fabricación, otros equipos industriales alimentados eléctricamente, etc., que necesitan electricidad para operar se pueden ver como algún tipo de carga.

Aunque la electricidad proporcionada a una entidad concreta suele ser medida por la compañía eléctrica con diferentes fines incluidos fines de facturación, la monitorización del consumo de potencia eléctrica de una carga individual no suele ser realizada por la compañía eléctrica. De hecho, la monitorización del consumo de potencia de una carga individual a menudo no es rentable para el propietario de la carga. Esto se puede deber al hecho de que el coste de capital y el coste de instalación de un dispositivo de monitorización tal como un medidor de potencia es demasiado grande con relación a la cantidad de potencia que es consumida por la carga.

Aunque el coste de la potencia que es consumida por la carga puede no justificar la instalación de un medidor de potencia, los costes asociados con el fallo de la carga pueden ser muchas veces mayores. Esto significa que después de sufrir un fallo, muchos clientes industriales “desean” que ellos hubieran tenido equipo de monitorización instalado aunque los costes no fueran justificables inicialmente. Posibles fallos eléctricos incluyen aquellos debidos a caída de tensión, perforación de aislamiento de motores, etc. Muchos fallos inminentes se pueden detectar si está presente equipo de monitorización apropiado. Si se está monitorizando la potencia, entonces se pueden emprender acciones apropiadas cuando se producen ciertas situaciones. Esto puede impedir el fallo de una carga o puede reducir el tiempo de inactividad de la carga. Como se ha indicado anteriormente, a menudo no se instala equipo de monitorización de potencia debido al coste asociado. Gran parte del coste de instalar un dispositivo de monitorización tal como un medidor de potencia puede ser debido a los costes de cablear conexiones de tensión, de corriente y de comunicaciones.

Además de los costes asociados con un medidor de potencia, los medidores de potencia no se utilizan porque también son difíciles de instalar y de utilizar. Por ejemplo, a menudo los conductores se deben desconectar temporalmente de la carga y/o desenergizar en el proceso de instalar el dispositivo de monitorización. Dicho de otra manera, la instalación del dispositivo de monitorización produce como resultado tiempo de inactividad para la carga. El desmontaje del dispositivo de monitorización también puede requerir que los conductores se desconecten temporalmente de la carga y/o se desenergizen. Además, el tiempo necesario tanto para instalar como para desmontar el medidor de potencia de una carga concreta hace que éste sea difícil de utilizar para diferentes cargas. Dicho de otra manera, cada carga experimenta tiempo de inactividad cuando este tipo de medidor de potencia está siendo Un sensor de corriente de la técnica anterior se conoce a partir del documento WO00/72027.

**Breve resumen de la invención**

Estas y otras limitaciones son superadas por realizaciones de la presente invención, las cuales están relacionadas con la monitorización de potencia eléctrica, incluidas tensión y/o corriente.

De acuerdo con la invención, un sistema de monitorización de potencia monitoriza características eléctricas de un conductor a través del cual se suministra potencia eléctrica a una carga. El sistema incluye un circuito flexible que tiene una pluralidad de capas y un módulo que recibe señales producidas por el circuito flexible. El circuito flexible es operativo para ser acoplado con un conductor de tal manera que las trazas forman una estructura de bobina alrededor del conductor. Las señales producidas por el circuito flexible son procesadas por el módulo para determinar al menos una de una tensión, una corriente, y una cantidad de energía proporcionada a una carga a través del conductor.

En otra realización, un sistema de monitorización de potencia incluye un módulo y un circuito flexible acoplado al módulo. El circuito flexible tiene una capa de detección de tensión y una capa de bobina y está configurado para enrollarse alrededor de un conductor. Una primera entrada en el módulo recibe una señal de tensión procedente de la capa de detección de tensión y determina una tensión del conductor a partir de la señal de tensión. Una segunda entrada en el módulo recibe otra señal de tensión procedente de la capa de bobina y esta señal de tensión se integra para determinar una corriente del conductor.

En otra realización de la invención, un circuito flexible que se puede enrollar de forma desmontable alrededor de un conductor para monitorizar al menos una de una tensión y una corriente del conductor incluye una capa de detección de tensión, una capa de tierra, y una pluralidad de trazas. La capa de detección de tensión es adyacente a un aislamiento del conductor cuando el circuito flexible está enrollado alrededor del conductor. La capa de tierra está situada por encima de la capa de detección de tensión. La pluralidad de trazas están situadas en una o más capas entre la capa de detección de tensión y la capa de tierra. Las trazas forman además un único camino conductor de la electricidad que forma una estructura de bobina cuando el circuito flexible está enrollado alrededor del conductor.

En una realización, un sistema de monitorización de potencia que monitoriza al menos un parámetro de potencia en un conductor que proporciona potencia eléctrica a una carga incluye una capa metálica, una batería de condensadores, y un procesador. La capa metálica es operativa para ser enrollada alrededor de un conductor al mismo tiempo que sigue estando eléctricamente aislada del conductor. La batería de condensadores está acoplada entre la capa metálica y un punto de tierra. La batería de condensadores es operativa para aplicar diferentes capacitancias entre la capa metálica y el punto de tierra. El procesador puede ajustar la capacitancia de la batería de condensadores. El procesador mide tensiones a través de la batería de condensadores para al menos dos capacitancias diferentes y calcula la tensión en el conductor a partir de ellas.

Rasgos y ventajas adicionales de la invención se describirán en la descripción que sigue, y en parte serán obvios a partir de la descripción, o se pueden aprender mediante la puesta en práctica de la invención. Los rasgos y ventajas de la invención se pueden realizar y obtener por medio de los instrumentos y combinaciones mostrados particularmente en las reivindicaciones adjuntas. Estos y otros rasgos de la presente invención resultarán más completamente evidentes a partir de la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas, o se pueden aprender mediante la puesta en práctica de la invención como se describe posteriormente en esta memoria.

**Breve descripción de los dibujos**

Para aclarar aún más las ventajas y rasgos anteriores y otros de la presente invención, se proporcionará una descripción más particular de la invención por referencia a realizaciones específicas de la misma que se ilustran en los dibujos adjuntos. Se aprecia que estos dibujos representan sólo realizaciones típicas de la invención y por lo tanto no se deben considerar limitativos de su alcance. La invención se describirá y se explicará con especificidad y detalles adicionales por medio del uso de los dibujos adjuntos, en los cuales:

La Figura 1A ilustra un ejemplo de un circuito flexible en una posición abierta antes de ser enrollado alrededor de un conductor;

La Figura 1B ilustra un ejemplo de un circuito flexible en una posición cerrada y enrollado alrededor de un conductor;

La Figura 2A ilustra otra realización de un circuito flexible en una posición abierta y acoplado a un módulo que interpreta señales procedentes del circuito flexible;

La Figura 2B ilustra el circuito flexible de la Figura 2A en una posición cerrada;

La Figura 3A ilustra una vista en perspectiva expandida de una realización de las capas en un circuito flexible e ilustra las trazas conductoras de la electricidad que forman o aproximan la estructura de una bobina cuando el circuito flexible está enrollado alrededor de un conductor;

La Figura 3B ilustra una vista en perspectiva de una realización de un circuito flexible que está enrollado operativamente alrededor de un conductor e ilustra un ejemplo de una bobina o una estructura similar a una bobina formada por trazas en el circuito flexible;

La Figura 4 ilustra una realización de circuitos utilizados para procesar las señales recibidas procedentes del circuito flexible ilustrado en las Figuras 3A y 3B;

La Figura 5 ilustraba circuitos adicionales que pueden estar incluidos en un módulo utilizado para procesar señales procedentes de un circuito flexible; y

La Figura 6 ilustra un circuito de conmutación que permite que el módulo pueda admitir un amplio rango de tensiones y corrientes permitiendo que se puedan incluir diferentes capacitancias en el divisor de tensión capacitivo.

**Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

Para aclarar el uso en las reivindicaciones pendientes y para proporcionar de este modo aviso al público, las frases “al menos uno de <A>, <B>, … y <N>” o “al menos uno de <A>, <B>, … <N>, o combinaciones de los mismos” son definidas por el Demandante en el sentido más amplio, sustituyendo a cualquier otra definición implícita anterior o posterior a menos que el Demandante afirme expresamente lo contrario, para hacer referencia a uno o más elementos seleccionados del grupo que comprende A, B, … y N, es decir, cualquier combinación de uno o más de

los elementos A, B, … o N que incluya cualquier elemento solo o en combinación con uno o más de los otros elementos que también pueden incluir, en combinación, elementos adicionales no enumerados.

En los sistemas eléctricos, típicamente se proporciona potencia eléctrica a una carga a través de un conductor. A menudo las prestaciones de la carga se ven afectadas por las características (tensión, corriente, energía, por ejemplo) de la potencia eléctrica o de la fuente de potencia. Por lo tanto, es útil monitorizar estas características para maximizar las prestaciones de la carga. Desgraciadamente, los inconvenientes de los medidores de potencia convencionales a menudo pesan más que las ventajas de los medidores de potencia aunque monitorizando el suministro de potencia, los fallos de potencia se pueden predecir o incluso evitar.

Las realizaciones de la presente invención pueden medir características eléctricas de la potencia eléctrica que es suministrada a una carga midiendo la tensión y/o la corriente en un conductor que está acoplado a una carga. Ventajosamente, las características eléctricas se pueden medir sin tener que desconectar el conductor o desenergizar la carga. Las realizaciones de la invención son portátiles y se pueden utilizar para monitorizar la potencia eléctrica que está siendo proporcionada a múltiples cargas. Esto se consigue en un ejemplo con un circuito flexible que está adaptado para enrollarse de forma desmontable alrededor de un conductor. De forma alternativa, el circuito flexible puede tener la capacidad de poderse montar de forma permanente en un conductor utilizando adhesivo apropiado, sistemas de montaje, y similares.

El circuito flexible tiene múltiples capas que proporcionan señales a un módulo de potencia que procesa e interpreta las señales procedentes del circuito flexible para determinar características eléctricas tales como tensión, corriente, y energía. Al menos una de las capas del circuito flexible genera una señal que se utiliza para determinar la tensión de un conductor mientras al menos otra capa se utiliza para generar una señal utilizada para determinar la corriente en el conductor. De forma alternativa, el circuito flexible puede estar provisto de capas para determinar sólo tensión o sólo corriente. En una realización, cuando el circuito flexible está montado o acoplado de forma permanente al conductor, el circuito flexible puede incluir un conector que permite que el módulo de potencia se pueda conectar/desconectar del circuito flexible.

Las Figuras 1A y 1B ilustran realizaciones ejemplares de la invención e ilustran además la facilidad con la cual un circuito flexible se puede acoplar a un conductor para monitorizar las características o parámetros eléctricos del conductor incluidas la tensión y/o la corriente. La Figura 1A ilustra un conductor 102 que conecta una fuente de potencia a una carga. El conductor 102 es la conexión eléctrica a través de la cual se suministra potencia eléctrica a una carga. Las realizaciones de la invención monitorizan la potencia eléctrica o, más específicamente, monitorizan la tensión y/o la corriente que se proporciona a una carga a través del conductor 102.

El monitor de potencia incluye un circuito flexible 104 que está acoplado a un módulo 100 a través de un cable 108. El módulo 100 incluye componentes y circuitos que interaccionan con el circuito flexible y que realizan cálculos sobre las señales recibidas procedentes del circuito flexible para determinar diferentes características eléctricas incluidas, por ejemplo, corriente, tensión, energía y/o potencia.

En la Figura 1A, el circuito flexible 104 se muestra en una posición abierta. La Figura 1B ilustra el circuito flexible 104 en una posición cerrada alrededor del conductor 102. En una posición cerrada, el circuito flexible está enrollado alrededor del conductor 102. El circuito flexible 104 incluye conectores 106 que permiten que el circuito flexible se pueda fijar de forma segura y desmontable alrededor del conductor 102. De forma alternativa, el circuito flexible 104 se puede acoplar al conductor 102 utilizando cualquier otro medio de fijación apropiado tal como un adhesivo, cinta, etc. Preferiblemente, el circuito flexible 104 se fija al conductor 102 de tal manera que el circuito flexible 102 es adyacente al aislamiento del conductor 102 o lo toca. De forma alternativa, si el conductor 102 no tiene aislamiento, se puede proporcionar una capa aislante apropiada entre el circuito flexible 104 y el conductor 102. Un experto en la técnica puede apreciar que el circuito flexible 104 también se puede colocar con holgura alrededor del conductor 102.

El cable 108 conecta el circuito flexible 104 con el módulo 100 tanto eléctricamente como mecánicamente. Las Figuras 2A y 2B ilustran una realización en la que el cable que conecta el circuito flexible 104 con el módulo 100 no está presente o es más corto. De forma alternativa, los circuitos del módulo 100 pueden estar montados sobre una extensión del circuito flexible 104. En este ejemplo, el circuito flexible 104 interacciona directamente con el módulo 100. De hecho, el módulo 100 puede estar configurado para desconectarse del circuito flexible 104. Esto permite que el circuito flexible 104 se pueda dejar unido al conductor 102. Como se ha indicado anteriormente, el circuito flexible 104 puede estar acoplado de forma permanente al conductor 102 en algunas realizaciones.

La Figura 3A ilustra una vista en perspectiva expandida de un circuito flexible 104. Este ejemplo de un circuito flexible 104 incluye cuatro capas que típicamente están aisladas unas de otras. La capa 150 y la capa 152 son planos conductores y corresponden, dependiendo de la orientación del circuito flexible 104, a la capa de detección de tensión y la capa de tierra. La capa 150 y la capa 152 pueden ser capas metálicas o conductoras.

La capa de bobina, la cual incluye la capa 194 y la capa 196 en este ejemplo, incluye múltiples trazas que están configuradas para conformar un único camino conductor. Cuando el circuito flexible 104 está enrollado alrededor de un conductor, las trazas de las capas 194 y 196 forman una estructura que se aproxima a una bobina. En una

realización, las trazas de las capas 194 y 196 se aproximan a la estructura de una bobina de Rogowski. Por facilidad de ilustración, en la Figura 3 se han mostrado un número limitado de trazas de bobina. Un ejemplo más típico puede incluir aproximadamente 50 o más trazas y vías. Las dimensiones típicas son variables, pero un ejemplo puede incluir una longitud 105 de 60 mm, una anchura 107 de 35 mm y una altura 109 de 0,25 mm.

En esta realización, el circuito flexible 104 tiene vías 174, 176, 178 y 180 situadas en un primer extremo del circuito flexible 104. Vías 182, 184, 186, y 188 están situadas en un extremo del circuito flexible 104 opuesto al primer extremo. Las vías se conectan utilizando trazas conductoras situadas dentro del circuito flexible en dos capas diferentes. Como se ha indicado previamente, las trazas conductoras están situadas de tal manera que una bobina o una estructura que aproxima una bobina está formada por las trazas conductoras en las capas 194 y 196 cuando el circuito flexible 104 está enrollado alrededor de un conductor.

En este ejemplo, las vías 190, 192 están acopladas a o están configuradas para interaccionar con el módulo 100 ya sea directamente o a través de un conector apropiado. Las capas 150 y 152 también pueden interaccionar con el módulo 100. Las vías 190 y 192 corresponden a los extremos de la bobina o estructura similar a una bobina que está formada por las trazas en el circuito flexible 104. En la Figura 3A, una traza conductora 154 procedente de la vía 190 conduce hasta la vía 174 de la capa 196. La vía 174 conecta de forma conductora la traza 154 con la traza 158 de la capa 194. La traza 158 conduce hasta la vía 188 en el otro extremo del circuito flexible 104 y la vía 188 conecta de forma conductora la traza 158 con la traza conductora 160. La traza conductora 160 conduce hasta la vía 176, la cual conecta de forma conductora la traza 160 con la traza conductora 162. La Figura 3A ilustra que este patrón continúa hasta que la traza conductora 172 conduce de vuelta a la vía 192, completando de ese modo un único camino conductor a través de las capas 194, 196 que empezó en la vía 190.

De forma más general, las trazas conductoras en el circuito flexible 104 están conformadas en dos capas 194, 196 que están situadas entre las capas 150, 152. Un experto en la técnica puede apreciar que las trazas conductoras pueden estar conformadas en una única capa. Un experto en la técnica también puede apreciar que las trazas conductoras pueden estar conformadas en más de dos capas y en posiciones relativas diferentes a las capas 150, 152. Si las trazas conductoras se siguen en un camino que va desde la vía 190 hasta la vía 192, entonces las trazas conductoras que van desde las vías 174, 176, 178, y 180 hasta las vías 182, 184, 186, y 188 están en la capa 194. Las trazas conductoras que van desde las vías 182, 184, 186, y 188 hasta las vías 174, 176, 178, y 180 están en la capa 196. Como se ha indicado previamente, las trazas en las capas 194, 196 están aisladas para conformar la bobina o la estructura aproximada de bobina cuando el circuito flexible está enrollado alrededor de un conductor.

La anchura 107 del circuito flexible 104 se selecciona típicamente de tal manera que la bobina conformada por las trazas no se solapa consigo misma. Dicho de otra manera, los extremos 171, 173 del circuito flexible 104 deberían ser adyacentes cuando el circuito flexible 104 se enrolla alrededor de un conductor. De esta manera, la circunferencia del conductor se puede utilizar para seleccionar un circuito flexible de una anchura 107 apropiada. Sin embargo, las características eléctricas del conductor todavía se pueden medir incluso si la anchura 107 del circuito flexible es demasiado corta o demasiado larga.

El ejemplo del circuito flexible 104 ilustrado en la Figura 3A se puede utilizar para detectar la tensión de un conductor y/o la corriente en el conductor. Cuando se utiliza como un sensor de tensión, una de las capas de plano se utiliza como una capa de detección de tensión y la otra capa de plano es una capa de tierra. Cuando el circuito flexible 104 está unido a un conductor, la capa de detección de tensión se suele colocar lo más cerca del conductor. Dicho de otra manera, la capa de plano interior es el plano de detección de tensión.

La Figura 3B ilustra además una vista en perspectiva de una realización de un circuito flexible que está operativamente acoplado a un conductor. El circuito flexible 303 es similar al circuito flexible 104. Como se muestra en la Figura 3B, el circuito flexible 303 está enrollado alrededor del conductor 102. Una capa 302 de detección de tensión del circuito flexible 303 es la más cercana al conductor 102. Un plano de tierra o capa de tierra 304 está situada por encima de la capa 302 de detección de tensión. Las vías 308 conformadas en el circuito flexible 303 están en un primer extremo y las vías 306 están en un extremo opuesto del circuito flexible 303 a las vías 308. Las trazas 310 están conectadas a las vías 306, 308 como se ha descrito previamente. Las trazas 310 forman una bobina o una estructura similar a una bobina cuando el circuito flexible está enrollado alrededor del conductor 102. Las trazas 310 son substancialmente paralelas al conductor 102. En este ejemplo, el extremo 312 es adyacente al extremo 314 cuando el circuito flexible 303 está acoplado al conductor 102.

En una realización, el circuito flexible 104 utiliza un divisor de tensión capacitivo para detectar la tensión asociada con el conductor 102. Cuando el circuito flexible 104 está enrollado alrededor de un conductor (La Figura 3B ilustra una realización de un circuito flexible enrollado alrededor de un conductor), el conductor 102 forma la primera placa de un primer condensador. La capa 152 de detección de tensión o la capa interior del circuito flexible 104 es la segunda placa del primer condensador.

Un segundo condensador 411 (mostrado en la Figura 4) es un condensador físico situado en el módulo 100 y tiene una capacitancia que típicamente es conocida. Un tercer condensador puede estar formado por el plano de tierra 152 del circuito flexible 104 y del módulo a una tierra (tal como equipo de conmutación u otro chasis de puesta a tierra). De forma alternativa, el plano de tierra 152 puede estar puesto a tierra a la tierra del sistema y por lo tanto el

tercer condensador no está presente. La tensión a través del segundo condensador es proporcional a y está en fase con la tensión entre el conductor que está siendo monitorizado y tierra. Esta señal de tensión procedente de la capa de detección de tensión se puede amplificar en el módulo 100 y se puede analizar para identificar la tensión del conductor.

El circuito flexible de las Figuras 1A – 3B también se puede utilizar para detectar corriente en un conductor. Con referencia a la Figura 3A, la capa de bobina del circuito flexible 102, la cual incluye las capas interiores 194, 196, como se ha explicado anteriormente, forman una bobina, arrollamientos de bobina o una estructura similar a una bobina cuando el circuito flexible está enrollado alrededor de un conductor. Las trazas en el circuito flexible, dicho de otra manera, forman un núcleo devanado con un área de ventana delgada pero larga. La longitud de la bobina puede depender de las dimensiones del circuito flexible y el número de vueltas también puede depender de las dimensiones del circuito flexible. La tensión a través de la bobina también puede ser amplificada y analizada por el módulo como se describe más adelante.

La Figura 4 ilustra una realización de los circuitos que pueden estar incluidos en un módulo tal como el módulo 100 mostrado en las Figuras 1A y 1B. Circuitos adicionales necesarios para la operación de un circuito de monitorización de potencia conocido en la técnica se han omitido por claridad. La capa 150 se acopla a la entrada 402 y la capa 152 se acopla a la entrada 404. De forma alternativa, la capa 152 no está presente y la entrada 404 se acopla a la tierra del sistema. La tensión procedente de la capa 150 de detección de tensión es amplificada en este ejemplo por un amplificador operacional 410 y la tensión amplificada 420 se proporciona como entrada a un circuito 422 integrado medidor de potencia. El circuito 422 integrado medidor de potencia puede muestrear la señal de tensión y convertir el valor analógico en un valor digital que puede ser proporcionado como salida en serie por el circuito 422 integrado medidor de potencia.

Los extremos de la bobina formados por las trazas en el circuito flexible están acoplados con las entradas 406 y 408. Por ejemplo, la vía 190 se acopla a la entrada 406 y la vía 192 se acopla a la entrada 408. La bobina formada por las trazas experimenta una densidad de flujo de un campo magnético que es inducido por la corriente en el conductor. Cambios en la densidad de flujo generan una señal de tensión entre las entradas 406 y 408 que es proporcional a la di/dt de la corriente. La señal de tensión es amplificada por el amplificador operacional 414 y proporcionada como entrada al circuito 422 integrado medidor de potencia. El circuito 422 integrado medidor de potencia incluye un integrador que es capaz de recuperar la corriente a partir de la señal de tensión que es proporcional a la di/dt de la corriente.

El circuito 422 integrado medidor de potencia puede calcular energía activa, energía reactiva, $V_{rms}$, e $I_{rms}$ u otros parámetros eléctricos o de potencia. La salida del circuito 422 integrado medidor de potencia está conectada típicamente a un procesador 500 mostrado en la Figura 5. De forma alternativa, el procesador 500 puede implementar la funcionalidad del circuito 422 integrado medidor de potencia o calcular parámetros de potencia adicionales basados en la salida del circuito 422 integrado medidor de potencia (tales como kW, kVAR, kVA, armónicos, frecuencia, etc.) El procesador 500 está acoplado al circuito 422 integrado medidor de potencia en este ejemplo y proporciona señales de control al circuito 422 integrado medidor de potencia y recibe la salida procedente del circuito 422 integrado medidor de potencia para procesamiento adicional. Al menos las señales 424, las cuales incluyen entrada de datos y salida de datos, están acopladas al procesador 500. Un ejemplo del circuito 422 integrado medidor de potencia es un convertidor de datos de Analog Devices Inc. situada en Cambridge, Massachusetts e identificado por el número de chip ADE7753. Un ejemplo del procesador 500 es el modelo PIC18F1320 de Microchip Technology Inc. situada en Chandler, Arizona.

El módulo 426 es un circuito integrado de comunicaciones y se puede utilizar como un puerto para enviar datos desde el procesador 500 a un dispositivo de visualización en el módulo 100. De forma alternativa, el módulo 426 puede enviar y recibir datos de monitorización de potencia a través de enlaces de comunicaciones por cable o inalámbricas a un ordenador remoto. El dispositivo de visualización, por ejemplo, puede visualizar la corriente, la tensión, y o la energía determinada por el módulo 100 a partir de las señales recibidas desde el circuito flexible 104. El módulo puede hacer grabaciones de parámetros de potencia en una memoria. Dichas grabaciones pueden incluir secuencia de eventos, forma de onda y/o grabaciones de eventos. El módulo 426 puede interaccionar con una red apropiada para comunicaciones con software de gestión de potencia remoto.

La Figura 6 representa una batería 601 de condensadores conmutados que es una realización del condensador 411 mostrada en la Figura 4. Se proporcionan varios conmutadores 600 analógicos que son controlados por el procesador 500 a través de las líneas de control 602. Cada conmutador 600 analógico está acoplado a al menos uno de los condensadores 604. Los conmutadores 600 analógicos permiten que se pueda determinar la capacitancia asociada con el circuito flexible y con el conductor. Más específicamente, la batería 601 de condensadores conmutados se puede configurar a una primera capacitancia conocida y entonces se mide la $V_{rms}$ a través de la batería 601 de condensadores conmutados. A continuación, la batería 601 de condensadores conmutados se configura a una segunda capacitancia y se mide la $V_{rms}$. Los conmutadores analógicos 600 pueden ser por ejemplo transistores MOSFET espalda con espalda tales como los proporcionados por el modelo SN74HC4066D fabricado por Texas Instruments Inc. situada en Dallas, Texas.

Debido al hecho de que la capacitancia formada entre la capa 150 y el conductor 102 depende de la instalación (es decir, el espesor y material del aislante que cubre el conductor 102, la estanqueidad de conexión, el hueco de aire, la orientación, etc. de instalación pueden afectar a la capacitancia) es deseable “eliminar por calibración” estos efectos. Una vez que el circuito flexible está instalado o acoplado al conductor, la capacitancia debería permanecer relativamente estable (al menos durante un cierto periodo de tiempo). Por lo tanto, la capacitancia se puede determinar utilizando el siguiente procedimiento y este valor de capacitancia se puede utilizar en cálculos posteriores de la tensión en el conductor 102.

La $V_{rms}$ se puede medir utilizando la señal de tensión procedente de la capa de detección de tensión cuando sólo se conoce la capacitancia del condensador 411 (o de la batería 601 de condensadores). Con la información proporcionada utilizando diferentes capacidades en la batería 601 de condensadores, se puede derivar la capacitancia asociada con las capas de plano del circuito flexible. Esto permite que se pueda medir la tensión del conductor a medida que ésta cambia. La batería 601 de condensadores conmutados también permite que el módulo realice calibración automática y autodetección de la tensión en el conductor. La capacitancia de placa o capa 150 a conductor 102 más la capacitancia de placa o capa 152 a tierra (si está presente) se puede calcular a partir de la siguiente fórmula cuando la tensión en el conductor 102 es aproximadamente constante.

$$C = \frac{V1*C1-V2*C2}{V2-V1}$$ donde:

V1 es la tensión medida a través de la batería 601 de condensadores cuando la batería 601 de condensadores tiene un valor de C1 y

V2 es la tensión medida a través de la batería 601 de condensadores cuando la batería 601 de condensadores tiene un valor de C2.

Después de esto, la tensión en el conductor 102 se puede medir utilizando la siguiente fórmula:

$$V = V_{cb} * \left(1 + \frac{C_{cb}}{C}\right)$$ donde:

V es la tensión en el conductor 102,

$V_{cb}$ es la tensión medida a través de la batería 601 de condensadores y

$C_{cb}$ es la capacitancia de la batería 601 de condensadores.

Para que la señal a través de la batería 601 de condensadores no supere el rango de entrada del convertidor A/D dentro del procesador 500 o del circuito integrado medidor de potencia, la capacitancia de la batería 601 de condensadores se configura primero a un valor grande. Esto garantiza una caída de tensión mínima a través de la batería 601 de condensadores. A continuación, el valor de la batería de condensadores se puede incrementar hasta un valor óptimo para medida de tensión en una instalación concreta. De esta manera, el circuito es de calibración automática. Los condensadores individuales dentro de la batería 601 de condensadores pueden estar ponderados en binario de tal manera que el primer condensador tiene un valor de 1000 pF, el segundo 2000 pF, etc., para eficiencia, rango amplio y facilidad en la selección de un valor de capacitancia para la batería 601 de condensadores.

Un sistema de monitorización trifásico se puede implementar utilizando tres conjuntos de circuitos flexibles 104 como el descrito anteriormente. Estos circuitos flexibles 104 pueden estar acoplados a un módulo 100 común o a módulos 100 individuales para cada circuito flexible 104. En esta configuración, el circuito 422 medidor de potencia y/o el procesador 500 pueden calcular parámetros de monitorización de potencia trifásica tales como voltios línea a línea, kW totales, etc. En una realización en la que cada circuito flexible 104 está acoplado al mismo módulo 100, el módulo 100 puede proporcionar entradas independientes para cada circuito flexible.

La presente invención se puede implementar en otras formas específicas sin alejarse de sus características esenciales. Las realizaciones descritas se deben considerar en todos los sentidos sólo como ilustrativas y no restrictivas. El alcance de la invención es, por lo tanto, indicado por las reivindicaciones adjuntas en lugar de por la descripción anterior. Todos los cambios que entran dentro del significado y rango de equivalencia de las reivindicaciones deben ser abarcados dentro de su alcance.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de monitorización de potencia para monitorizar características eléctricas de un conductor (102) a través del cual se suministra potencia eléctrica a una carga, comprendiendo el sistema:

un circuito flexible (104) que tiene una pluralidad de capas, en el cual el circuito flexible es operativo para ser acoplado con un conductor de tal manera que una pluralidad de trazas en el circuito flexible forman una estructura de bobina alrededor del conductor; y un módulo (100) que recibe señales producidas por el circuito flexible, en el cual el módulo procesa las señales para determinar al menos una de una tensión, una corriente, y una cantidad de energía proporcionada a una carga a través del conductor.

2. Un sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 1, en el cual la pluralidad de capas en el circuito flexible comprenden además:

una capa de detección de tensión que incluye un plano de conducción que es la más cercana al conductor cuando el circuito flexible está acoplado con el conductor, en el cual la capa de detección de tensión forma una primera capacitancia con el conductor;

una capa de detección de corriente que incluye una capa de bobina adyacente a la capa de detección de tensión, en donde la capa de bobina incluye una o más capas de trazas conductoras; y

una capa de tierra adyacente a la capa de bobina.

3. Un sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 2, en el cual la capa de bobina proporciona una señal de tensión al módulo, integrando el módulo la entrada de tensión para determinar una corriente del conductor.

4. Un sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 2, en el cual la capa de detección de tensión proporciona una señal de tensión que es utilizada por el módulo para determinar una tensión del conductor.

5. Un sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 2, en el cual la capa de bobina comprende además una pluralidad de trazas en una o más capas.

6. Un sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 2, en el cual el circuito flexible comprende además primeras vías en un extremo del circuito flexible y segundas vías en un segundo extremo del circuito flexible opuesto al primer extremo, en donde las primeras vías y las segundas vías conectan eléctricamente trazas en una primera capa de la capa de bobina con trazas en una segunda capa de la capa de bobina.

7. Un sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 6, en el cual la pluralidad de trazas incluye las trazas en la primera capa y las trazas en la segunda capa de tal manera que la pluralidad de trazas forma un único camino conductor de la electricidad en la capa de bobina.

8. Un sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 2, en el cual el módulo comprende además una batería de condensadores conmutados acoplada a una primera capacitancia entre la capa de detección de tensión y el conductor.

9. Un sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 1, en el cual la batería de condensadores conmutados comprende además una pluralidad de conmutadores controlados por un procesador de tal manera que una capacitancia de la batería de condensadores conmutados se puede ajustar, permitiendo de este modo que el módulo pueda realizar calibración automática y autodetección de la tensión del conductor.

10. Un sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 1, en el cual el módulo utiliza la batería de condensadores conmutados para determinar un valor de la primera capacitancia.

11. El sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 1, en el cual el módulo utiliza la batería de condensadores conmutados para determinar un valor de la primera capacitancia en combinación con una capacitancia entre la capa de tierra del circuito flexible y una tierra de la carga.

12. El sistema de monitorización de potencia como se define en la reivindicación 11, en el cual el valor y la capacitancia de la batería de condensadores conmutados para determinar la tensión en el conductor.

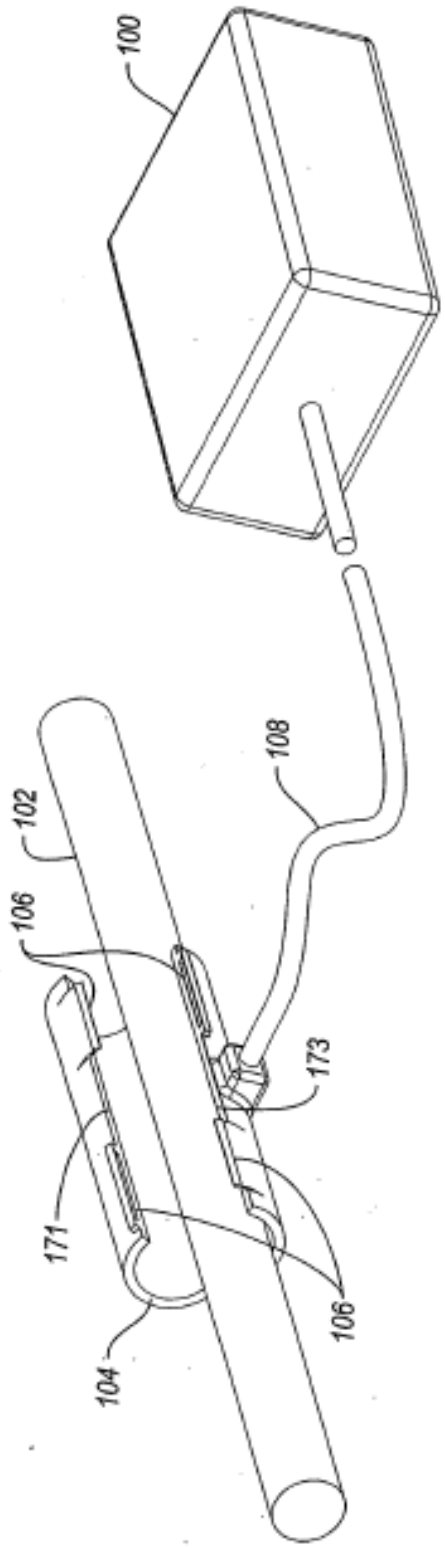


Fig. 1A

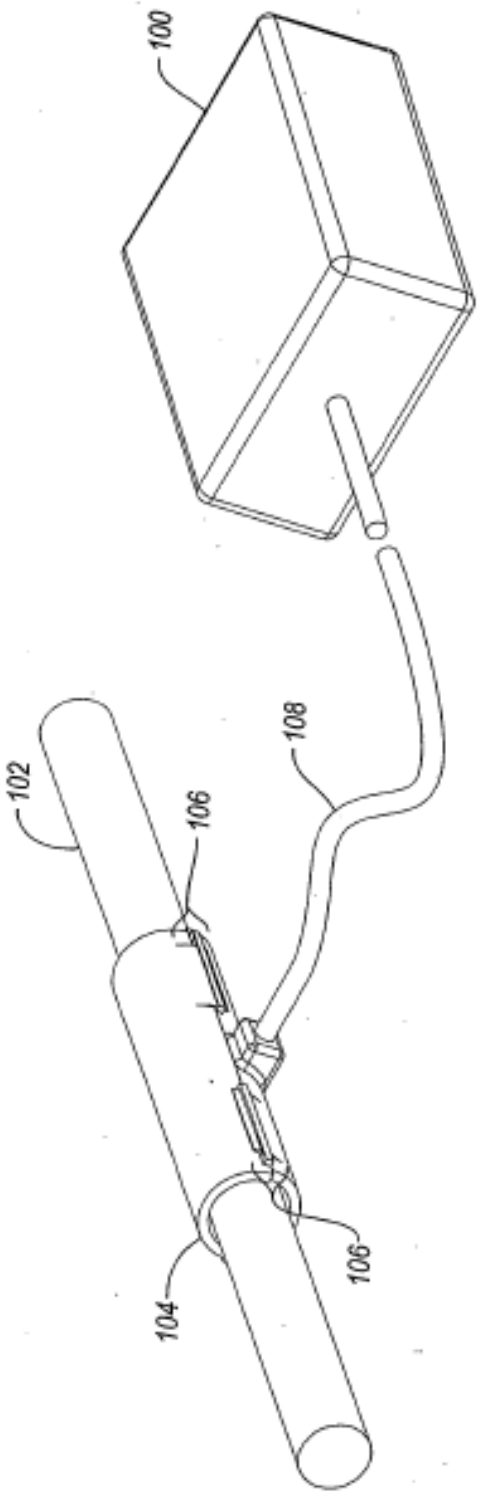


Fig. 1B

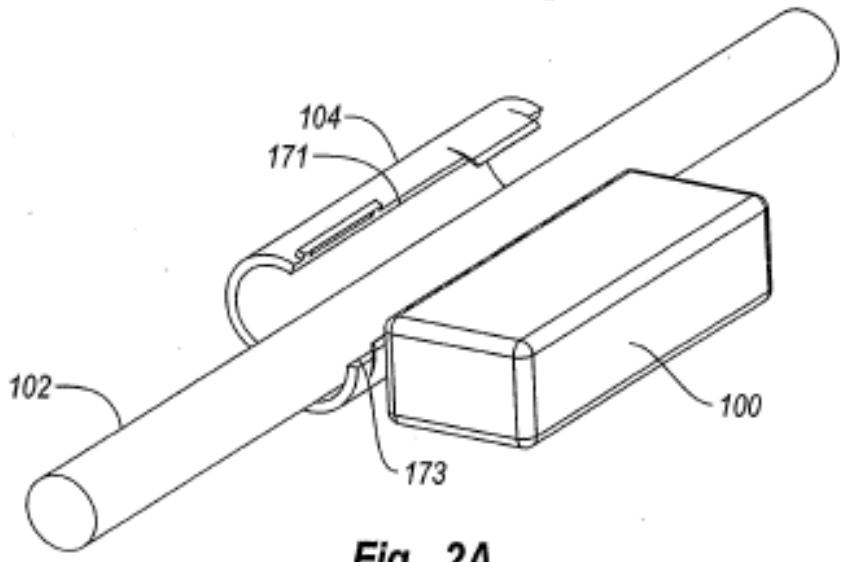


Fig. 2A

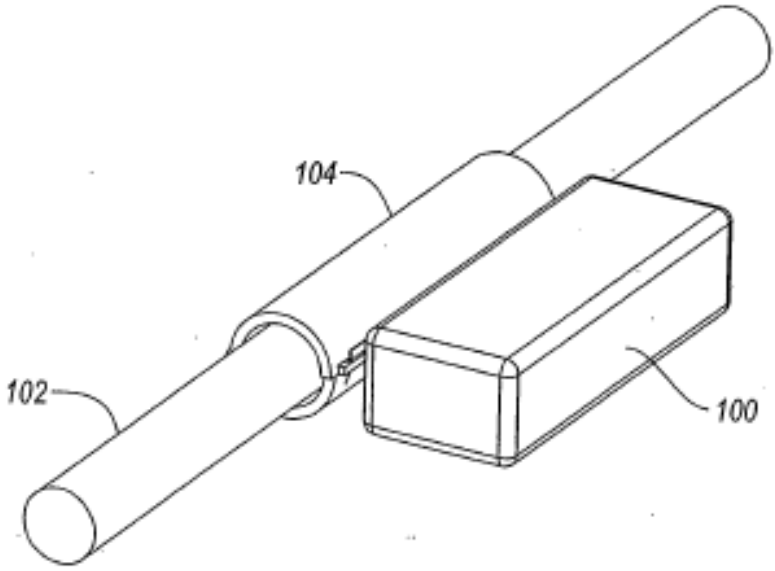


Fig. 2B

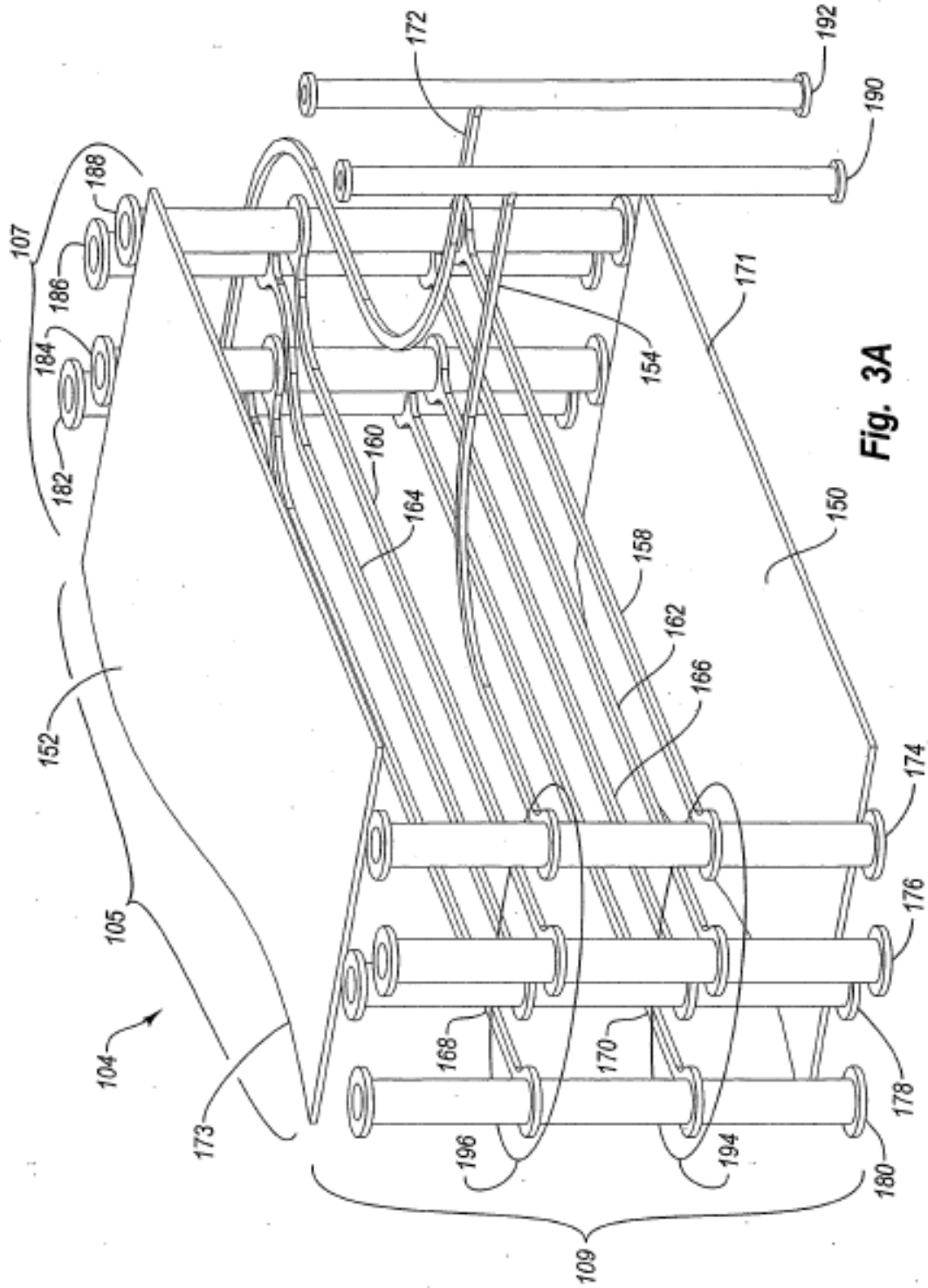
172
192
190
188
107
186
184
182
154
171
160
164
158
150
162
166
152
174
105
176
104
168
170
178
173
196
194
180
109

Fig. 3A

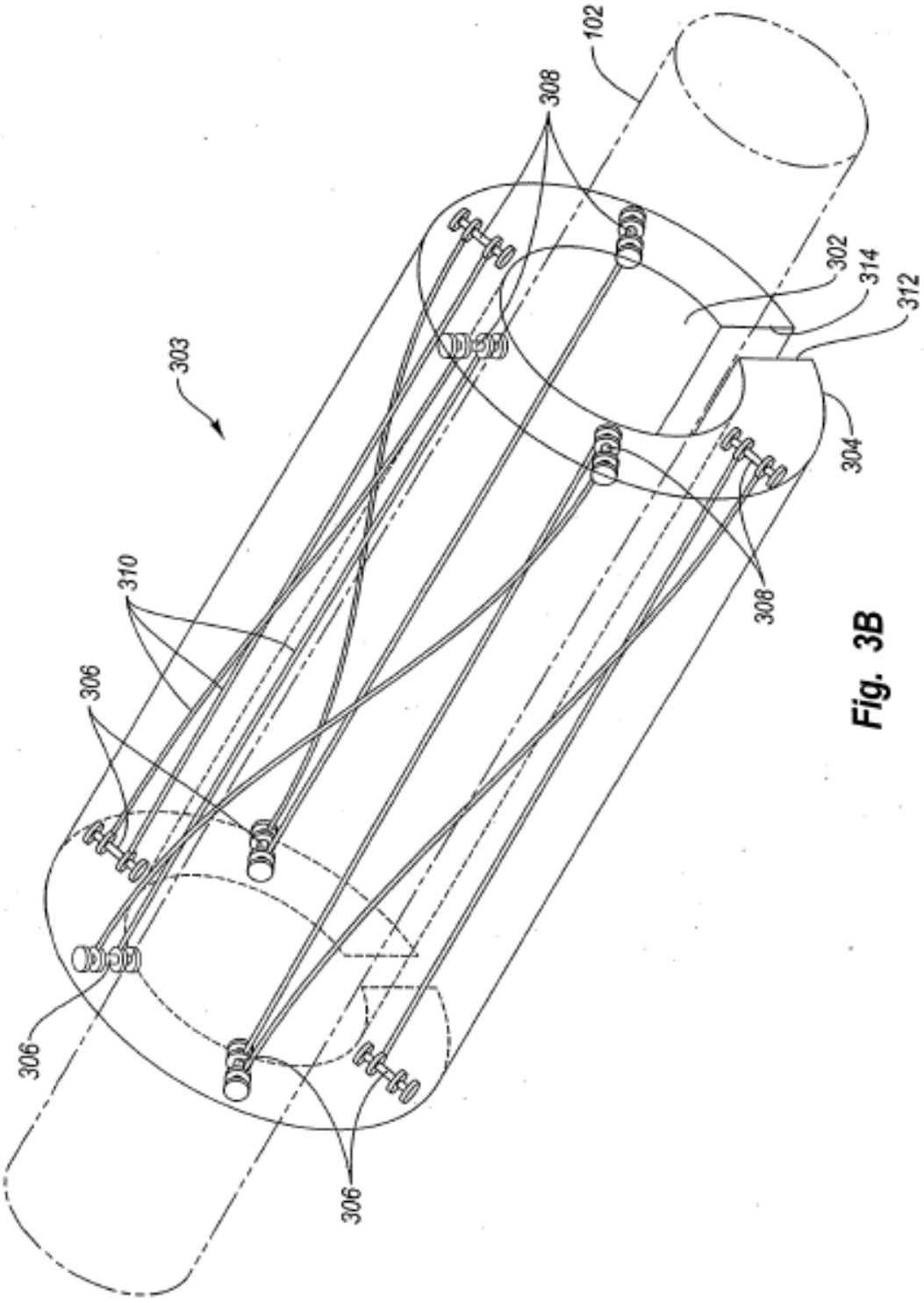


Fig. 3B

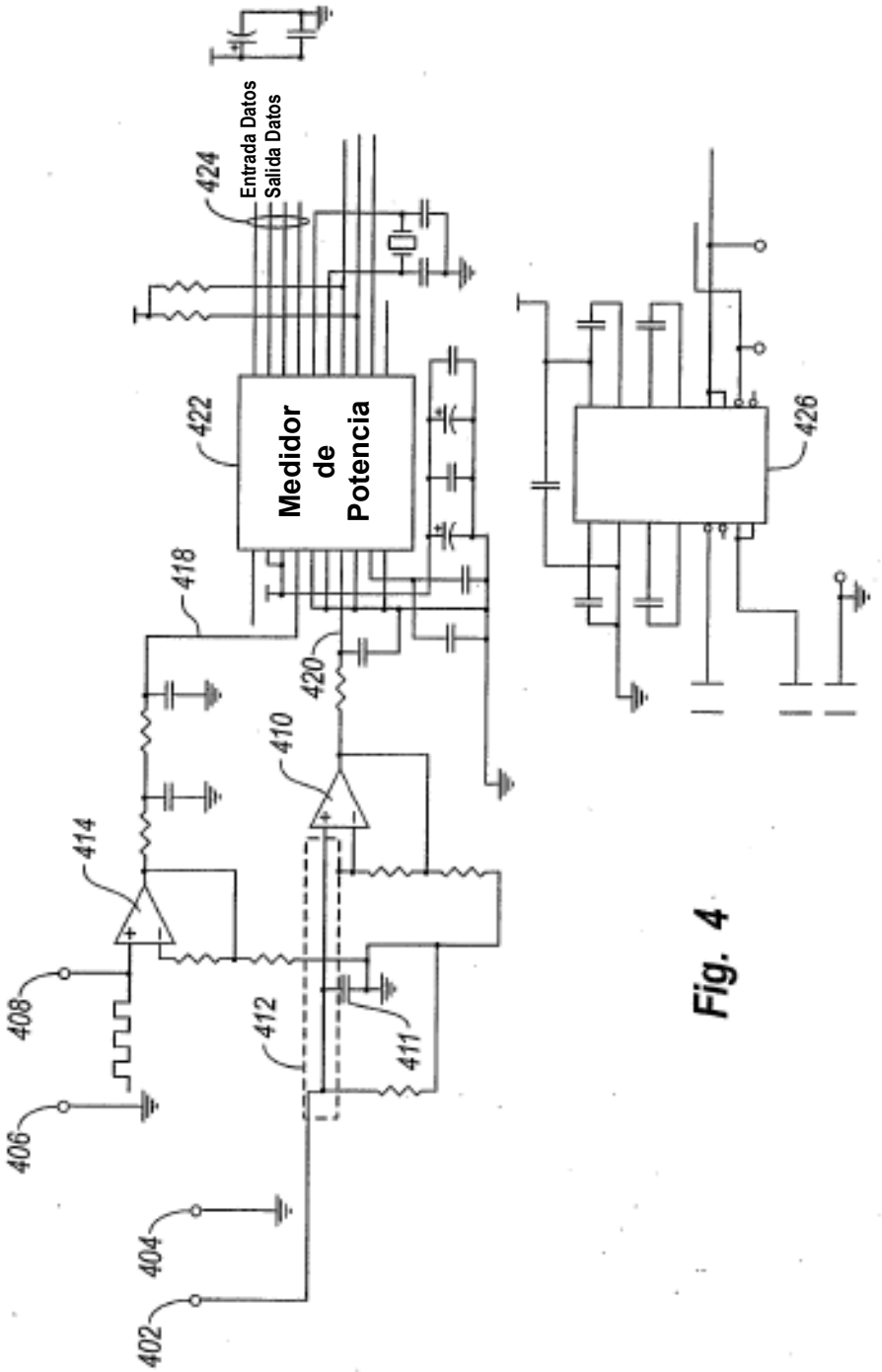
Entrada Datos
Salida Datos
424
422
Medidor de Potencia
426
418
420
410
414
408
406
404
402
412
411

Fig. 4

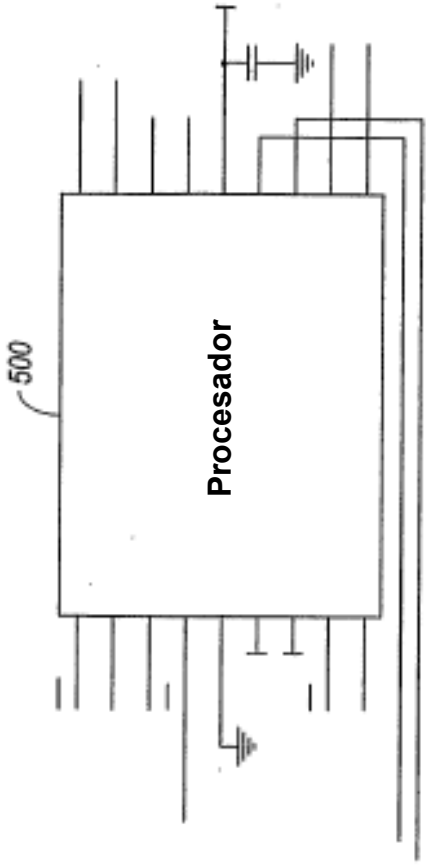


Fig. 5

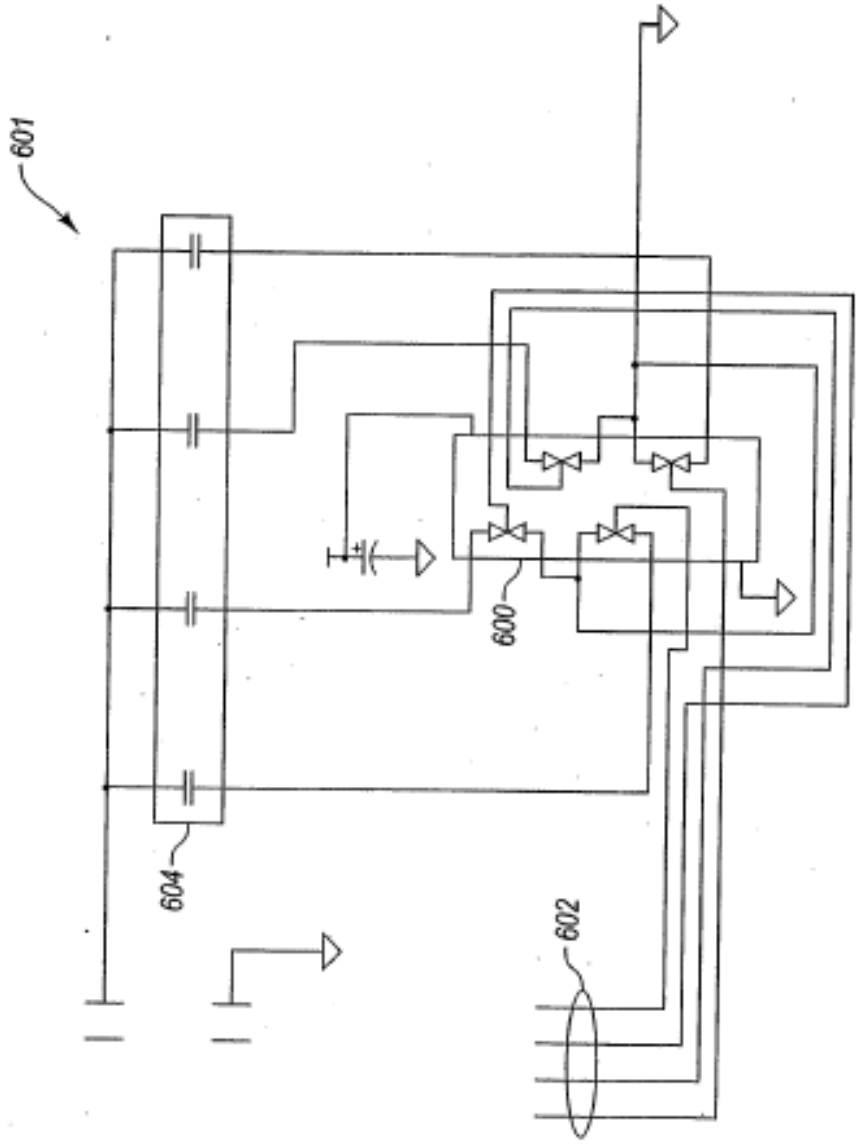


Fig. 6