

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 516**

51 Int. Cl.:

H01M 50/202	(2011.01)	H01M 10/052	(2010.01)
H01M 50/24	(2011.01)	H01M 10/658	(2014.01)
H01M 50/284	(2011.01)	H02P 6/182	(2006.01)
A61B 17/16	(2006.01)	H02P 6/185	(2006.01)
A61B 17/00	(2006.01)	H02P 6/20	(2006.01)
A61B 90/00	(2006.01)	H02P 6/21	(2006.01)
H01M 10/42	(2006.01)	H05K 1/02	(2006.01)
H01M 10/6235	(2014.01)	H05K 1/18	(2006.01)
H02P 1/16	(2006.01)	H02P 6/22	(2006.01)
H02P 27/12	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2016** **E 20173280 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2024** **EP 3709389**

54 Título: **Método de control del motor de una herramienta quirúrgica manual motorizada alimentada por batería y tolerante al autoclave**

30 Prioridad:

03.04.2015 US 201562142595 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.10.2024

73 Titular/es:

CONMED CORPORATION (100.0%)
525 French Road
Utica, NY 13502, US

72 Inventor/es:

MACDONALD, ALISTAIR M.;
SIEH, JOHN K.;
DECESARE, MICHAEL J.;
KIENMAN, RICHARD E.;
GONZALEZ, DAVID y
MEDERO, RICHARD

74 Agente/Representante:

URÍZAR VILLATE, Ignacio

ES 2 983 516 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de control del motor de una herramienta quirúrgica manual motorizada alimentada por batería y tolerante al autoclave

Campo de la solicitud

La solicitud se refiere a herramientas quirúrgicas y más particularmente a herramientas quirúrgicas motorizadas que funcionan con baterías.

Antecedentes

En la técnica se conocen bien herramientas quirúrgicas motorizadas, incluidas las herramientas que funcionan con baterías. Para desarrollar la potencia del motor necesaria, como por ejemplo para una sierra quirúrgica portátil, las herramientas quirúrgicas motorizadas convencionales, por lo general, utilizan una pluralidad de baterías conectadas en serie o en paralelo. Sin embargo, la inclusión de varias baterías aumenta enormemente el peso del dispositivo, lo que dificulta sostenerlo y maniobrarlo con precisión durante los procedimientos quirúrgicos. En consecuencia, existe la necesidad en la técnica de un dispositivo quirúrgico que tenga una sola batería (o múltiples baterías más pequeñas) que sea relativamente liviano de modo que sea fácil de maniobrar durante los procedimientos quirúrgicos.

Otro problema con los instrumentos quirúrgicos convencionales alimentados con baterías recargables es que los paquetes de baterías deben esterilizarse entre procedimientos médicos mediante el proceso de esterilización en autoclave. Los paquetes convencionales de baterías de múltiples celdas de iones de litio deben tratarse con cierto cuidado para no dañar el paquete de baterías durante la esterilización. En algunos casos, solo se puede utilizar esterilización a baja temperatura, normalmente mediante esterilización química, como por ejemplo exponiendo el paquete a un plasma de gas peróxido. En otros casos, se pueden colocar paquetes de baterías de múltiples celdas en un autoclave, sin embargo, sólo durante un período de tiempo muy corto (por ejemplo, menos de cuatro minutos de exposición) y en tiempos y temperaturas de secado limitados. Por el contrario, algunos protocolos de esterilización médica tienen un requisito mínimo de exposición a altas temperaturas de 18 minutos seguido de un ciclo de autoclave con tiempo de secado en caliente de 45 minutos, lo que impide que los paquetes de baterías convencionales cumplan con los protocolos de esterilización necesarios. Además, muchos sistemas de autoclave utilizan una serie de ciclos de temperatura y presión que incluyen varios períodos de alta temperatura y presión de vacío que los paquetes de baterías no fueron diseñados para soportar. En consecuencia, existe la necesidad en la técnica de una unidad de alimentación que pueda soportar el proceso de autoclave.

En diseños convencionales de dispositivos quirúrgicos portátiles que utilizan clavijas para proporcionar una conexión eléctrica entre circuitos electrónicos, que deben protegerse y sellarse lejos del entorno extremo del autoclave, las clavijas estaban sobremoldeadas o encapsuladas. Sin embargo, cada clavija proporciona una vía potencial para que el vapor a alta presión del autoclave ingrese a la carcasa, por lo tanto, reducir la cantidad de clavijas mejorará la fiabilidad al reducir la cantidad de posibles vías de filtración, como se describe a continuación en la descripción detallada. En consecuencia, existe una necesidad en la técnica de reducir el número de clavijas que deben sellarse y que proporcionan una vía potencial para el vapor a alta presión.

Los motores de las herramientas quirúrgicas también deben poder girar de una manera cuidadosamente controlada y predecible en respuesta a los movimientos de una palanca de control de velocidad del motor por parte del cirujano. A la complejidad del proceso de arranque se suma que la carga de torsión puede variar desde el atascarse si el filo de la broca de la herramienta está, por ejemplo, sobre un hueso, a prácticamente no tener carga de torsión si la broca o la hoja de sierra están en el aire y aún no están colocadas sobre la superficie que se va a cortar. Algunas herramientas quirúrgicas convencionales aplican una secuencia nominal de arranque que funciona bien en promedio. Sin embargo, dicho arranque puede ser brusco y también puede provocar un movimiento de tirón de la herramienta y/o de la broca. En consecuencia, existe la necesidad en la técnica de un método para un arranque suave del motor sin un movimiento de tirón de la herramienta o broca.

La velocidad máxima de un motor está determinada por el voltaje aplicado a través de sus terminales. Si está siendo alimentado con una batería que utiliza tecnología de plomo ácido o níquel, la caída del voltaje de la batería se percibe casi directamente desde el punto de carga completa. Una de las ventajas de las baterías de tecnología de litio es que mantienen mucho mejor su voltaje, hasta el último porcentaje de carga restante. Una aplicación de accionamiento de motor con control electrónico de velocidad compensará además la caída de voltaje ajustando la duración de los pulsos de control del motor. A menudo, el primer indicio que tiene el usuario de que la carga se ha agotado es que el motor se detiene repentinamente. Esto podría resultar extremadamente inconveniente si este evento ocurriera en medio de una maniobra delicada durante un procedimiento.

Un indicador de advertencia visual, por ejemplo, un indicador de carga, un LED intermitente, es problemático ya que puede quedar oculto debido a la forma de sujetar la herramienta manual o al hecho de que el cirujano se concentre por completo en su trabajo. Un sensor de audio es una posibilidad, aunque existen importantes limitaciones de espacio, de transmisión de sonido a través de una funda de batería y de falta de transductores con características de

temperatura adecuadas. Se puede hacer que el propio motor suene, pero esto sólo puede funcionar mientras el motor está parado y, por lo tanto, interrumpiría el procedimiento. Con las características de arranque relativamente deficientes de un motor sin sensores, también existe el riesgo de que no se pueda reiniciar después. En consecuencia, existe la necesidad de notificar al usuario de la batería baja sin depender de un indicador visual o

5
10
15
20

En el documento CN 103 997 268 A se divulga un método de control sin sensor de posición para un robot de patrulla de una subestación transformadora. El método comprende que las etapas de que, antes de arrancar el robot, se aplican pulsos de voltaje a un motor de accionamiento del robot dos veces, se resuelve un valor de inductancia sensible de acuerdo con la tasa de cambio de corriente detectada por un sensor de corriente, y luego se obtiene el ángulo de posición del rotor del motor de accionamiento antes de arrancar el robot combinando un método de evaluación de un polo magnético del rotor del motor, de acuerdo con la relación de función del ángulo de posición del motor y el valor de la inductancia. Después de que el robot funcione, el accionamiento del motor se basa en la tecnología de control SVPWM (Modulación por ancho de pulsos de vector espacial, por sus siglas del inglés), existen tres vectores de voltaje diferentes en el período PWM (Modulación por ancho de pulsos, por sus siglas del inglés) de cada tiempo, los vectores de voltaje corresponden a diferentes valores de cambio de fase de corriente, la fuerza electromotriz contraria se obtiene midiendo los valores de cambio de fase de corriente correspondientes a los diferentes vectores de voltaje y combinando los valores de voltaje, y por último la posición de la celda activa del motor de accionamiento del robot se obtiene en tiempo real. De acuerdo con el método, la información de posición del motor de accionamiento del robot se puede obtener de forma precisa y eficaz.

25
30
35

En el documento CN 103 762 913 A se divulga un método de arranque del tipo de tres etapas sin sensor para una bomba de pistón de pozo profundo. La bomba de pistón es impulsada por un motor sin escobillas de corriente continua y el método de arranque incluye las etapas siguientes donde S1, la posición actual de un rotor se determina basándose en la detección y el posicionamiento de pulsos de corta duración, y se controla un inversor de acuerdo con una estrategia de control correspondiente a la posición; S2, se repite la etapa S1 hasta que la velocidad de rotación alcanza un primer valor umbral; S3, el momento de inversión se determina basándose en una pendiente de corriente del estator de modulación de ancho de pulso, y en el momento de inversión, se utiliza una estrategia de control de un sector siguiente para controlar el inversor; S4, la etapa S3 se repite hasta que la velocidad de rotación alcanza un segundo valor umbral que es mayor que el primer valor umbral; S5, el momento de inversión se determina basándose en la detección del punto de paso cero de la fuerza electromotriz inversa, y en el momento de inversión, se utiliza una estrategia de control de un sector siguiente para controlar el inversor. El método de arranque se puede utilizar para un sistema de bombeo de agua fotovoltaico de gran altura y puede mejorar la tasa de éxito del arranque del sistema.

40
45
50

En el documento CN 102 868 350 A se divulga un método de arranque en bucle casi cerrado de un motor de corriente continua sin escobillas y sin sensor de posición, es decir, un método de arranque de tres etapas de bucle casi cerrado con posicionamiento previo preciso de la posición inicial del rotor y posicionamiento de optimización en el proceso de aceleración combinados. En el devanado de un motor se ejercen vectores de voltaje de pulsos de corta duración, la posición del rotor se puede bloquear en un intervalo dentro de ángulos eléctricos de 60 grados mediante la detección de corriente continua del bus, y el posicionamiento previo preciso del rotor se completa electrificando un devanado designado, detectando corriente y comparando la corriente sobre la base del bloqueo de la posición del rotor. Después del posicionamiento previo de la posición del rotor, los rotores entran en la etapa de optimización de posicionamiento y aceleración, los diferenciales de corriente sirven como condiciones de cambio de fase en el intervalo umbral, de modo que se garantiza que los rotores cambien de fase con precisión en el proceso de aceleración, y un sistema cambia a un estado de operación de fuerza electromotriz contraria. Los resultados experimentales muestran que el método de arranque de tres etapas de circuito casi cerrado es de bajo costo y alta confiabilidad, y puede garantizar que el sistema esté en el estado de funcionamiento de circuito casi cerrado durante todo el proceso de arranque y no pueda tener fallos en las etapas de salida y de arranque.

55
60

En el documento EP 2 510 891 A1 se divulga un conjunto de batería para usar con un dispositivo quirúrgico que tiene un terminal de batería y los parámetros operativos incluyen una cubierta que tiene una forma conformada para conectarse de forma extraíble con el terminal. La cubierta contiene una batería modular que se puede operar para suministrar energía al dispositivo en la terminal y tiene un circuito de control con un microprocesador, una memoria y un reloj en tiempo real. El circuito de control está acoplado comunicativamente a la batería y es operable para detectar una identidad del dispositivo quirúrgico, para determinar al menos una pieza de información perteneciente a al menos uno de los parámetros operativos del dispositivo quirúrgico en base a la identidad detectada, para registrar la información al menos en la memoria, y permitir o impedir selectivamente que la batería suministre energía al dispositivo quirúrgico dependiendo de la información.

65

En el documento EP 0 649 217 A1 se divulga un sistema de control de motor totalmente digital para instrumentos quirúrgicos. El procesador de señal y el controlador de accionamiento se comunican digitalmente a través de fibras ópticas. El sistema proporciona un apagado a prueba de fallas en caso de que la comunicación cese por más tiempo que un tiempo predeterminado, una limitación de torsión y control de patrones de movimiento complejos.

En el documento CN 102 868 350 A se divulga las siguientes características de la reivindicación independiente 1:

Un método para arrancar un motor de corriente continua sin escobillas de una herramienta motorizada, en donde el método comprende las etapas de: primero proporcionar una herramienta motorizada que comprende un motor de corriente continua sin escobillas que tiene un rotor configurado para rotar en al menos una dirección y un estator que comprende una pluralidad de fases, en donde, para cualquier posición dada del rotor, al menos dos combinaciones de la pluralidad de fases están situadas para, cuando está encendido, inducir la rotación del rotor; después de eso, aplicar un voltaje a al menos una primera combinación de fases de una pluralidad de fases y una segunda combinación de fases de la pluralidad de fases, en donde tanto la primera combinación de fases como la segunda combinación de fases inducen al rotor a rotar en la primera dirección cuando está encendido; después de eso, comparar una primera corriente consumida por la primera combinación de fases y una segunda corriente consumida por la segunda combinación de fases; y después de eso, aplicar un voltaje a al menos una tercera combinación de fases de la pluralidad de fases y la segunda combinación de fases de la pluralidad de fases al determinar que la corriente consumida por la segunda combinación de fases es menor que la corriente consumida por la primera combinación de fases.

Sumario

La presente invención se define en la reivindicación independiente 1.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una vista en sección de una realización ilustrativa de una unidad de alimentación, de acuerdo con una realización;

la Figura 2 muestra un esquema de un dispositivo, de acuerdo con una realización.

La Figura 3 muestra un pulso de voltaje y una corriente medidos para determinar la posición estática del rotor del motor, de acuerdo con una realización;

la Figura 4 muestra un patrón de conmutación, de acuerdo con una realización;

la Figura 5 muestra un patrón de conmutación, de acuerdo con una realización;

la Figura 6 muestra los voltajes de fase actual y siguiente, de acuerdo con una realización;

la Figura 7 muestra formas de onda ascendentes y descendentes, de acuerdo con una realización;

la Figura 8 muestra una serie de conmutaciones utilizando un esquema de conmutación más convencional, de acuerdo con una realización;

la Figura 9 muestra un dibujo isométrico de una realización ilustrativa de una herramienta quirúrgica manual que tiene una unidad de alimentación y una unidad motorizada, de acuerdo con una realización;

la Figura 10 muestra una vista en sección de una herramienta quirúrgica manual que tiene una unidad de alimentación y una unidad motorizada de la Figura 9, de acuerdo con una realización;

la Figura 11 muestra una vista en sección parcial de una realización ilustrativa de una herramienta quirúrgica motorizada con un interruptor de seguridad, de acuerdo con una realización;

la Figura 12 muestra un diagrama de flujo de un método de arranque para un motor eléctrico, de acuerdo con una realización; y

la Figura 13 muestra un diagrama de flujo para la comunicación, con el motor, de un estado u otro mensaje, de acuerdo con una realización.

La Figura 14 muestra la comparativa de corrientes de diferentes fases, de acuerdo con una realización.

La Figura 15, un esquema de circuito del convertidor elevador, de acuerdo con una realización.

Descripción detallada

Con referencia a las figuras, se muestra en la Figura 1 una realización de una unidad de alimentación 100 tolerante a autoclave para alimentación, entre otras cosas, de una herramienta quirúrgica. La unidad de alimentación 100 puede comprender una batería 101, una placa de circuito impreso 103, aislamiento 105 y una carcasa de unidad de alimentación 109. En una realización, la carcasa 109 está sellada herméticamente para proteger la batería 101 y la placa de circuito impreso 103 durante el proceso de autoclave. En una realización, la placa de circuito impreso 103 puede incluir (como se muestra en la Figura 2) un medio de almacenamiento no transitorio (es decir, una memoria) configurado para almacenar una pluralidad de instrucciones de programa, y un procesador configurado para ejecutar las instrucciones de programa almacenadas en la memoria. Además, la placa de circuito impreso 103 puede configurarse para controlar las funciones de gestión de la batería y el control del motor (de un motor adjunto o incluido de otro modo), así como otras operaciones y características descritas en esta divulgación.

La unidad de alimentación 100 puede también comprender el conector 131, incluyendo una pluralidad de clavijas 133, extendiéndose fuera de la carcasa de la unidad 109 y configurado para, al menos, suministrar energía desde la batería 101 a un motor adjunto (u otro implemento), tal como se describe junto con la Figura 9 a continuación. La unidad de alimentación 100 puede incluir además una válvula de retención unidireccional 141 para refrescar el vacío durante el proceso de autoclave.

Como se muestra en la Figura 1, en una realización, la unidad de alimentación 100 puede estructurarse en una configuración de múltiples niveles para proporcionar aislamiento térmico a la batería 101 durante el proceso de

autoclave. En una realización, la configuración de múltiples niveles puede incluir una placa de circuito impreso 103, aislamiento 105 y carcasa 109, cada uno dispuesto en al menos una relación de cobertura parcial con la batería 101, de modo que la placa de circuito impreso 103, el aislamiento 105 y la carcasa 109 sirven cada uno para, en parte, aislar térmicamente la batería 101. Asimismo, en una realización, la batería 101 puede estar completamente encerrada por cada capa. En una realización alternativa, la placa de circuito impreso 103 y/o el aislamiento 105 pueden encerrar cada uno parcialmente la batería 101.

En una realización, la placa de circuito impreso 103 puede envolver completamente alrededor de la batería 101, de modo que la batería 101 esté completamente dispuesta dentro de la placa de circuito impreso 103. Por ejemplo, si la batería 101 es cilíndrica, la placa de circuito impreso 103 puede formarse en un cilindro (o una forma similar) con un diámetro mayor que el diámetro de la batería 101, de modo que la batería 101 pueda disponerse completamente dentro de la placa de circuito impreso 103. La placa de circuito impreso 103 puede adoptar cualquier forma que pueda encerrar completamente la batería 101 (por ejemplo, el circuito impreso 103 puede adoptar una forma de caja que tenga una altura y un ancho lo suficientemente grandes como para encerrar completamente la batería 101). Además de proporcionar aislamiento térmico a la batería, este enfoque minimiza el volumen requerido de la cubierta de la unidad de alimentación, porque la placa de circuito impreso está formada para encajar dentro de la carcasa.

En una realización alternativa, se puede formar una placa de circuito impreso para cubrir o encerrar parcialmente la batería 101. Por ejemplo, la placa de circuito impreso 103 puede adoptar una forma de caja de tres lados que está dispuesta alrededor de la batería 101, pero que deja al menos una parte abierta por un lado. Un experto habitual apreciará, junto con una revisión de esta divulgación, que esa placa de circuito impreso 103 puede adoptar cualquier forma que permita a la placa de circuito impreso cubrir o encerrar al menos parcialmente la batería 101 de manera que la placa de circuito impreso pueda contribuir a aislar la batería 101 durante el proceso de esterilización en autoclave.

La placa de circuito impreso 103 puede formarse a partir de un material de placa de circuito impreso flexible, de manera que la placa de circuito impreso 103 pueda envolverse de manera flexible alrededor de la batería 101. En una realización alternativa, la placa de circuito impreso 103 puede formarse a partir de un material de placa de circuito rígido, que está formado integralmente o construido a partir de una pluralidad de paneles en la forma deseada. Por ejemplo, la placa de circuito impreso 103 puede estar formada por una pluralidad de paneles rectangulares y conectados entre sí para formar una carcasa con una sección transversal hexagonal. En otro ejemplo, la placa de circuito impreso 103 puede estar formada por cuatro paneles rectangulares y conectados en forma de caja. En otra realización, la placa de circuito impreso 103 puede formarse a partir de secciones tanto flexibles como rígidas. Por ejemplo, la placa de circuito impreso 103 puede incluir paneles rígidos que están conectados por porciones flexibles, de manera que los paneles rígidos puedan situarse y formarse en la forma deseada. Por lo tanto, la placa de circuito impreso 103 puede proporcionar una primera capa de aislamiento para la batería 101.

En una realización, la capa aislante 105 puede estar al menos parcialmente envuelta alrededor de la placa de circuito impreso 103. En una realización, la capa aislante 105 puede envolverse alrededor de la placa de circuito impreso 103 de manera que quede situada entre la placa de circuito impreso 103 y la superficie interior de la carcasa 109. En una realización alternativa, se puede insertar una capa aislante 105 entre la placa de circuito impreso 103 y la batería 101. En otra realización más, la unidad de alimentación 100 puede incluir dos capas de aislamiento: una primera capa entre la placa de circuito impreso 103 y la batería 101, y una segunda capa entre la placa de circuito impreso 103 y la carcasa 109. En cualquiera de las realizaciones anteriores, no importa dónde se coloque la capa aislante 105, puede encerrar completamente la batería 101 o solo parcialmente encerrar la batería 101. Por ejemplo, en una realización, la capa aislante 105 está completamente envuelta alrededor de la placa de circuito impreso 103. En otro ejemplo, la capa aislante 105 está parcialmente envuelta alrededor de la placa de circuito impreso 103, de manera que la capa aislante 105 no cubra una porción de la batería 101.

En una realización, la capa de aislamiento 105 puede estar compuesta por cualquier capa de aislamiento térmico adecuada para aislar la batería 101. Por ejemplo, la capa aislante 105 puede estar compuesta de Aislamiento Térmico Insulfrax[®] comercializado por Unifrax I LLC de Tonawanda N.Y. En una realización alternativa, se puede utilizar un aislamiento de aerogel de sílice. Por ejemplo, se puede utilizar aerogel de carbono, que es un buen aislante radiativo porque el carbono absorbe la radiación infrarroja que transfiere el calor. Alternativamente, se puede utilizar aerogel de sílice al que se le ha añadido carbón, un aislante aún mejor. Alternativamente, puede utilizarse aerogel de poliimida, que es un excelente aislante, es plegable en láminas finas, mecanizable y es menos frágil que el aerogel de sílice. Un ejemplo de un aerogel de poliimida es AeroZero.[®] comercializado por Blueshift 6110 Rittiman Road, San Antonio, Texas 78218. En otra realización, se puede utilizar una capa de lámina metálica, de mylar metalizado u otro material adecuado como barrera reflectante junto con otra capa aislante o sola. En otra realización más, la capa aislante 105 puede estar compuesta de un material de cambio de fase. Un ejemplo de tal material aislante PCM (Material de Cambio de Fase, por sus siglas del inglés), que podría moldearse o dispensarse, es Latent Heat Storage (LHS) (Almacenamiento de Calor Latente, por sus siglas del inglés), comercializado por Outlast Technologies, LLC, 831 Pine Ridge Road, Golden, CO. Este tipo de aislamiento proporciona un medio de bajo coste y eficaz para el control térmico pasivo.

La carcasa 109 puede estar hecha de cualquier material adecuado para prácticamente todos los ciclos de autoclave estándar. Normalmente, la propia carcasa 109 proporciona otra capa más de aislamiento térmico, aunque con menor resistencia térmica que las capas aislantes de su interior. La carcasa 109 puede estar hecha de cualquier material adecuado, tales como, por ejemplo, poliéter éter cetona (PEEK, por sus siglas del inglés), polietierimida (PEI o Ultem™) y polifenilsulfona (PPSU o Radel®).

Como se ha descrito anteriormente, el paquete de batería 100 puede incluir el conector 131, incluyendo las clavijas 133. El conector 131 puede estar compuesto de vidrio hermético para sellar las clavijas 133, de modo que la batería y la electrónica interna de la unidad de alimentación 100 no queden expuestas directamente al ambiente de calor extremo y de vapor durante el proceso de autoclave. El conector hermético 131, con clavijas eléctricas 133, puede ser cualquier conector eléctrico sellado herméticamente adecuado para uso en herramientas médicas. Por ejemplo, se pueden utilizar conectores de vidrio herméticos con clavijas Kovar o de aleación 52 que tengan un coeficiente de expansión térmica compatible con un cabezal de vidrio. En otra realización más, la unidad de alimentación de celda única incluye además una pluralidad de clavijas/zócalos que utilizan un tipo de conector Hiperbólico o Hiperboloide utilizado para aplicaciones de alta vibración y alta confiabilidad tales como las comercializadas por IEH Corporation, Calle 140 58.^a, Brooklyn, NY. Debería observarse que el término clavija, zócalo o el zócalo de clavija se usan indistintamente para definir un lado de una conexión eléctrica que se puede separar del otro lado de una conexión eléctrica. Cuando una clavija y un zócalo están acoplados, existe una conexión eléctrica entre los dos lados. Cuando la pareja está físicamente desconectada, entonces la conexión eléctrica entre los dos lados está abierta. Por lo tanto, el conector hermético 131 puede contener clavijas 133 o, alternativamente, puede contener un zócalo para recibir clavijas (por ejemplo, de un conector asociado con la unidad motorizada 900). En una realización, el conector hermético 131 puede tener clavijas 133 y zócalos.

En una realización, la unidad de alimentación 100 puede también comprender un mamparo 125 (mostrado en la Figura 9), circundante, en una relación herméticamente cerrada, con el conector hermético 131. La unión entre la carcasa 109 y el mamparo 125 puede sellarse herméticamente con una junta tórica. En una realización, la junta tórica puede ser un sello radial que sigue una trayectoria circular. Asimismo, la superficie de sellado del mamparo que contiene el conector (es decir, la superficie que está junto a la carcasa) puede ser una junta tórica de sellado radial que sigue una trayectoria no circular (es decir, estirada en una trayectoria no circular). En una realización alternativa, el conector hermético puede extenderse directamente y sellarse herméticamente con la carcasa 109 sin el uso del mamparo 125.

En una realización, el número de clavijas se puede reducir realizando al menos dos funciones independientes con al menos una de las clavijas. Dicho de otra forma, cada clavija, o al menos una de las clavijas, puede configurarse o estructurarse para realizar múltiples funciones no relacionadas. Esto puede lograrse, en una realización, multiplexando diferentes funciones en la misma clavija.

Por ejemplo, en una realización, se pueden usar dos clavijas de las clavijas 133 juntas para comunicarse con el cargador de batería o el dispositivo de prueba de fábrica. Estas clavijas también se pueden usar para detectar cuando la unidad de alimentación está conectada a una unidad motorizada, cargador de batería o dispositivo de prueba de fábrica. Basándose en las señales que se detectan en estas clavijas, la unidad de alimentación puede programarse para responder adecuadamente. En las unidades motorizadas, se puede conectar una resistencia a estas clavijas, cuyo valor se mide, para que la unidad de alimentación pueda determinar qué unidad motorizada está conectada y limitar la velocidad máxima u otros parámetros de su funcionamiento. Estas clavijas también se pueden usar para detectar cuando la unidad de alimentación está desconectada de modo que la unidad de alimentación pueda entrar en un estado de suspensión para conservar la energía de la batería cuando no sea necesaria para operar la unidad motorizada.

Con respecto a las clavijas restantes, en una realización, puede haber dos clavijas de fase del motor dedicadas de las clavijas 133 en el conector 131, mientras que una tercera clavija de fase del motor puede actuar como conexión a tierra para la unidad de alimentación cuando se conecta a un cargador de batería o a un dispositivo de prueba de fábrica. Se puede utilizar otra clavija del conector para cargar la batería bajo control del microprocesador en condiciones normales o en casos de batería extremadamente descargada; cargará la batería incluso cuando el microcontrolador no responda. Normalmente, el microcontrolador debería responder para cargar la batería. Esta clavija también se puede utilizar para reiniciar el microcontrolador en circunstancias extremas. Para realizar el reinicio, el cargador de batería puede aplicar aproximadamente 8V a la clavija de carga, (o cualquier otro voltaje que sea superior al voltaje de carga normal) durante un tiempo predeterminado, como por ejemplo ocho segundos. Si el microcontrolador no se comunica con el cargador de batería para reducir el voltaje de carga dentro del período de tiempo predeterminado, un circuito interno a la unidad de alimentación puede proporcionar un reinicio del hardware del microcontrolador. De este modo, si el microcontrolador no responde a la conexión externa del cargador de batería, se reiniciará automáticamente.

Debido a que se puede lograr un menor número de clavijas multiplexando múltiples funciones en al menos una clavija y, por lo tanto, colapsando la funcionalidad de múltiples clavijas en una sola clavija, cada clavija se puede hacer más grande: proporcionando más área de superficie y puntos de contacto entre cada clavija y conector para realizar una conexión eléctrica y mejorar la confiabilidad. Las clavijas más grandes también pueden adaptarse a una

mayor tolerancia mecánica entre las clavijas y los zócalos. Las clavijas más grandes también pueden calentarse menos a una corriente de motor determinada que las clavijas más pequeñas, mejorando aún más la confiabilidad. Asimismo, el número de clavijas minimizado puede reducir la transferencia de calor desde el autoclave a la carcasa debido al diámetro total más pequeño del conector y a la menor área de sección transversal de las clavijas, lo que

La unidad de alimentación 100 puede comprender una válvula de retención de presión unidireccional 141 para que se pueda crear el vacío dentro de la carcasa 109. La válvula de retención unidireccional 141 puede estar en comunicación con el interior de la carcasa 109 y el exterior de la carcasa 109, de manera que la válvula de retención 141 pueda refrescar el vacío dentro de la unidad de alimentación 100 cada vez que la unidad de alimentación 100 pase por un ciclo de autoclave con bombeo de vacío como parte del proceso de esterilización en autoclave. El vacío puede proporcionar aún otro aspecto de aislamiento térmico entre la superficie exterior de la cubierta de la unidad de alimentación y la única celda de batería de alta temperatura dispuesta dentro de la unidad de alimentación limitando tanto la conducción térmica como la convección térmica entre la única celda de batería y la superficie exterior de la cubierta de la unidad de alimentación. Por ejemplo, una válvula de retención en forma de U como la 626-115 comercializada por Precision Associates, Inc. de Minneapolis, MN, se puede usar.

Alguien con habilidades ordinarias debería apreciar, junto con una revisión de esta divulgación, que la válvula de retención 141 en forma de U mostrada en la Figura 1 es sólo una realización de una válvula de retención unidireccional de baja presión que se puede usar para crear un vacío dentro de la carcasa 109 de la unidad de alimentación, que de otro modo estaría sellado herméticamente. Otros ejemplos de válvulas de retención que pueden usarse incluyen válvulas de retención de bola, válvulas de retención tipo paraguas y válvulas de retención tipo pico de pato.

La batería 101, en una realización, puede ser una batería de una única celda, permitiendo que la unidad de alimentación 100 permanezca relativamente ligera y compacta. Asimismo, en una realización, la batería 101 puede ser una batería de alta temperatura (tal como que sea capaz de soportar más de 100 °C) capaz de soportar las temperaturas del proceso de esterilización en autoclave sin sobrecalentarse. Por ejemplo, la batería 101 puede ser una celda cerámica de iones de litio, como las desarrolladas para los coches de carreras de Fórmula 1. Estas baterías de celda única tienen una densidad de energía relativamente alta y son capaces de soportar altas temperaturas. Múltiples baterías de densidades de energía más pequeña y tolerantes a altas temperaturas también se contemplan en el presente documento. Ciertamente, alguien con habilidades ordinarias apreciará que múltiples, baterías más pequeñas (o incluso varias baterías de tamaño similar, o baterías grandes, aunque esto resultará en un dispositivo más pesado y difícil de maniobrar) se puede usar en lugar de una batería de una única celda, siempre y cuando las baterías se puedan utilizar en dispositivos portátiles, médicos y eléctricos.

Las baterías de alta temperatura (por ejemplo, celdas cerámicas de iones de Litio) como se han descrito anteriormente, tienen una tolerancia a la temperatura relativamente alta, por ejemplo, para sobrevivir sin daño, altas corrientes de carga y descarga asociadas con sistemas de recuperación de energía cinética (KERS, por sus siglas del inglés), como se usa en los automóviles. Incluso, si se montan solas en cubiertas de baterías de calidad médica estándar, estas celdas todavía no podrían sobrevivir a la mayoría de los ciclos de autoclave estándar sin medios de protección adicionales. En una realización, la batería de alta temperatura puede tener una impedancia interna baja, de modo que sea capaz de producir 22 A a 2,5 V mientras está casi descargada. Un experto habitual apreciará, junto con una revisión de esta divulgación, que se puede utilizar cualquier celda única adecuada de alta densidad de energía, tales como, por ejemplo, una única celda de iones de Litio que incluye una química de alta temperatura como LIPON (oxinitruro de fósforo, hierro y litio) y electrolito sólido de tipos de electrolitos sólidos, como el LSPS (sulfuro de fósforo, estaño y litio). Asimismo, un experto habitual apreciará que las temperaturas que la batería 101 puede soportar dependen, en parte, del aislamiento proporcionado por la unidad de alimentación 100. Dicho de otra forma, la batería 101 solo necesita soportar temperaturas permitidas por la estructura de aislamiento descrita en esta divulgación (u otra estructura de aislamiento no descrita en el presente documento).

Sin embargo, la mayoría de las baterías de una única celda solo son capaces de producir voltajes entre 3,3-3,6 V, lo cual es insuficiente para la mayoría de los motores de herramientas médicas portátiles estándar. En consecuencia, en una realización, se puede agregar un convertidor elevador para aumentar el voltaje proporcionado a la unidad motorizada 900. Dicha topología de conversión elevadora es conocida en la técnica y puede optimizarse para pequeños tamaños, pesos y eficiencias energéticas de la unidad de alimentación 100. En una realización, el convertidor puede elevar el voltaje a 10 V o más. En una realización, la conversión elevadora, junto con una batería de una única celda con una impedancia interna baja, como una batería cerámica de iones de Litio, puede producir 50 W de potencia para impulsar la unidad motorizada 900. En una realización, la combinación puede proporcionar aproximadamente 5 A de corriente.

La Figura 15 muestra un ejemplo de dicho convertidor. Como se muestra en la Figura 15, el transistor de

conmutación del lado de alta Q5 integra un diodo Schottky (o un diodo que funciona de manera similar a un diodo Schottky) para minimizar la caída de voltaje mientras que el controlador U13 tiene este transistor apagado para mejorar la eficiencia. La eficiencia permite un tiempo de funcionamiento más prolongado y reduce el calor generado dentro de la unidad de alimentación para mejorar la confiabilidad. El transistor inferior Q6 no incluye este diodo tipo Schottky para reducir la corriente de reposo de la batería mientras el convertidor está apagado. El divisor de resistencias de retroalimentación R67 y R69 también es desconectado por Q7B mientras el convertidor está apagado para minimizar la corriente de reposo de la batería. La reducción de la corriente de reposo de la batería permite un mayor tiempo entre recargas de la batería mientras no se utiliza.

En una realización, la batería 101 puede estar unida directamente a la placa de circuito impreso 103. En una realización, sólo el terminal positivo está conectado directamente a la placa de circuito impreso 103. En una realización alternativa, tanto el terminal positivo como el negativo están conectados directamente a la placa de circuito impreso 103. En una realización, la batería 101 puede estar unida mediante lengüetas fundidas, soldadas o conectadas de otro modo (es decir, para permitir el flujo de corriente), a sus extremos y que están soldadas directamente a la PCB (Placa de Circuito Impreso, por sus siglas del inglés), estando medidas y dimensionadas las lengüetas para mitigar una ondulación en el voltaje suministrado por la batería 101. En una realización, el área entre las lengüetas contiene el circuito de refuerzo y el inversor (controlador) del motor trifásico para utilizar mejor el espacio entre las lengüetas y reducir la necesidad de capacitancia en el lado de entrada del convertidor elevador. Si la batería 101 está separada de la placa de circuito impreso y está conectada, por ejemplo, por cables, se pueden formar ondulaciones en el voltaje proporcionado por la batería 101. Estas ondulaciones pueden mitigarse con, por ejemplo, un condensador grande (es decir, un filtro). Sin embargo, conectar directamente la batería 101 reduce la necesidad de un condensador tan grande. Asimismo, conectar directamente la batería 101 a la placa de circuito impreso utiliza eficientemente el espacio dentro de la carcasa 109 y evita el uso de componentes y cables adicionales.

Como un ejemplo, la unidad de alimentación 100 como se ha descrito anteriormente se puede fabricar de la siguiente manera. La batería 101 de iones de Litio de una única celda puede residir dentro y alrededor del centro de la carcasa de la unidad de alimentación 109. Se puede utilizar cualquier celda única adecuada de alta densidad de energía, tales como, por ejemplo, una única celda de iones de Litio que incluye una estructura cerámica interna para corrientes de carga y descarga relativamente altas. En algunas implementaciones de prototipos, la batería AHR18700m1Ultra comercializada por A123 Systems de Watertown, MA, se ha utilizado. Rodeando la batería puede haber una PCB 103 rígida/flexible que incluye componentes electrónicos de control descritos con más detalle en el presente documento. Rodeando la PCB 103 flexible, puede haber una o más capas de cualquier aislamiento 105 adecuado dispuestas entre la PCB 103 flexible y las superficies internas de la carcasa de la unidad de alimentación 109. En algunas implementaciones de prototipos, el aislamiento utilizado fue papel Insulfrax de 1/8", comercializado por Unifrax I LLC de Tonawanda, NY. La carcasa de la unidad de alimentación 109 puede fabricarse de cualquier material adecuado para soportar ciclos de presión y temperatura de autoclave estándar. En algunas implementaciones de prototipos, la carcasa de la unidad de alimentación 109 estaba hecha de Uitem™ 1000 comercializado por Sabic (Saudi Basic Industries Corporation) de Pittsfield, MA.

Como se muestra en la Figura 9, de acuerdo con una realización, la unidad de alimentación 100 puede configurarse para acoplarse y conectarse operativamente a una unidad motorizada 900. La unidad motorizada 900 puede incluir un motor 950 (mostrado en la Figura 10) para accionar un instrumento quirúrgico. En una realización, el motor 950 puede recibir energía y funcionar de acuerdo con las señales recibidas de las clavijas 133. Un experto habitual apreciará que la unidad de alimentación 100 puede acoplarse a cualquier número de unidades motorizadas, incluidos otros dispositivos médicos alimentados por DC (corriente continua, por sus siglas del inglés) y la unidad motorizada 900 es sólo una realización de uno de dichos posibles accesorios. Otros accesorios pueden incluir, pero sin limitación, taladros de velocidad media y alta, así como sierras sagitales, oscilantes y recíprocas.

Según la línea de flecha 910, la unidad de alimentación 100 puede separarse de la unidad motorizada 900 por cualquier motivo, como reemplazar la unidad de alimentación 100, reemplazar la batería 101, esterilizar cada parte, etc. Se puede utilizar cualquier estructura adecuada conocida en la técnica para unir de forma extraíble la unidad de alimentación 100 a la unidad motorizada 900. Por ejemplo, un mecanismo de cierre de tipo "clic" por fricción puede basarse en un cierre de resorte inclinado. Un ejemplo de tales resortes inclinados, los cuales pueden disponerse, por ejemplo, en una ranura en la cubierta de la unidad de alimentación, está comercializado por Bal Seal Engineering, Inc. de Foothill Ranch, CA.

De acuerdo con una realización, la velocidad del motor puede controlarse basándose en la posición de la palanca 901 alrededor del punto de pivote 905. Más particularmente, la proximidad del imán 903 al sensor 920 puede dictar la velocidad del motor 950. De acuerdo con una realización, cuando la palanca 901, que puede estar desviada por resorte a una posición abierta donde la palanca 901 está más alejada de la unidad motorizada 900, se presiona hacia la unidad motorizada 900, el imán 903 se aleja del sensor magnético 920 (por ejemplo, un sensor Hall) dispuesto en la cubierta de la unidad de alimentación 100. A medida que aumenta la distancia del imán 903 al sensor 920, el controlador del motor puede hacer que la velocidad del motor de la unidad motorizada 900 disminuya (o, en una realización alternativa, aumente). Más particularmente, a medida que la fuerza del campo magnético producido por el imán 903 y detectado por el sensor magnético 901 aumenta o disminuye, la velocidad del motor

puede variar. Por ejemplo, a medida que aumenta la fuerza del campo magnético detectado por el sensor 920, la velocidad del motor puede disminuir.

Un experto habitual apreciará que la configuración y posición de la palanca 901 se pueden alterar. Por ejemplo, en una realización alternativa, el sensor 920 puede estar dispuesto en la unidad de alimentación 100 y el imán 903 puede estar dispuesto en la palanca 901. Además, en una realización alternativa, la palanca 901 puede montarse en la unidad de alimentación 100. En otra realización más, palanca 901, el imán 903 y el sensor 920 pueden estar dispuestos cada uno en la unidad de alimentación 100.

Para evitar acoplar involuntariamente el motor 950 mientras la unidad de alimentación 100 está separada de la unidad motorizada 900, el imán 930 puede tener un tamaño, dimensiones y posición de manera que el sensor 920 pueda permanecer sustancialmente cerca del imán 903 mientras las dos unidades se separan en una dirección axial (a lo largo de la línea de flecha 910). En una realización, el imán 903 puede ser lo suficientemente largo como para que, mientras que la unidad de alimentación 100 se desacople de la unidad motorizada 900, el sensor pueda continuar detectando el campo magnético del imán 930 hasta que la unidad motorizada 900 se separe completamente de la unidad de alimentación 100. Por lo tanto, el motor 950 está configurado para no comenzar a rotar cuando la unidad motorizada se retira de la unidad de alimentación a lo largo de la línea de flecha 910.

En una realización alternativa, como se muestra en la Figura 2, la unidad de alimentación 100 puede incluir un transceptor inalámbrico en comunicación y controlado por una placa de circuito impreso 103 o un controlador separado capaz de comunicarse con un dispositivo de control fuera de la unidad de alimentación. El transceptor inalámbrico 121 y el circuito de control asociado, pueden comunicarse con el dispositivo de control exterior a través de cualquier protocolo de comunicaciones conocido en la técnica. Usando el transceptor inalámbrico, el dispositivo de control puede controlar la velocidad del motor conectado a la unidad de alimentación a través de, por ejemplo, un pedal presionado por un usuario. Alternativamente, el transceptor se puede utilizar para conectarse a un dispositivo informático, como un teléfono inteligente, una tableta, un ordenador portátil, un ordenador de escritorio o un servidor. El teléfono móvil o la computadora conectados se pueden utilizar para establecer cualquiera de una serie de configuraciones posibles (por ejemplo, velocidad máxima o mínima del motor), para ver métricas medidas (por ejemplo, niveles de batería) o para controlar el dispositivo (por ejemplo, controlar la velocidad del motor con un dispositivo móvil).

La comunicación/transmisión inalámbrica puede realizarse a través de una red, que puede ser cualquier red cableada o inalámbrica adecuada capaz de transmitir comunicaciones, incluyendo, no de forma limitativa, una red telefónica, internet, intranet, una red de área local, ethernet, comunicación en línea, comunicaciones fuera de línea, comunicaciones inalámbricas y/o medios de comunicación similares. La transmisión inalámbrica se puede realizar a través de cualquier protocolo/tecnología inalámbrica, incluyendo, aunque no de forma limitativa, protocolos basados en estándares ZigBee, tecnología Bluetooth y/o tecnología Wi-Fi. Los dispositivos pueden ubicarse en la misma habitación, en una habitación diferente en el mismo edificio, y/o en un edificio y ubicación completamente diferentes entre sí. Un usuario que utiliza un ordenador host (o un ordenador diferente) puede enviar transmisión de datos, señales de control o comunicación a la unidad de alimentación 100 para iniciar o realizar cualquiera de las funciones descritas en el presente documento.

La Figura 11 muestra una vista en sección parcial de una realización de una unidad motorizada 900. Como se muestra, la unidad motorizada 900 puede comprender un interruptor de seguridad 1101, configurado para anular la función de control de velocidad del motor de la palanca 901. En una realización, el interruptor de seguridad 1101 incluye un imán 1102 que interactúa con el sensor de campo magnético en la unidad de alimentación. Cuando el interruptor de seguridad 1101 de imán 1102 se mueve axialmente (por ejemplo, deslizándolo) de modo que el imán 1102 quede adyacente al sensor 920, el interruptor de seguridad 1101 de imán 1102 satura el sensor 920, un sensor de representación 920, siendo incapaz de detectar cualquier cambio en el campo magnético de la palanca 901 de imán 903, de modo que el motor 950 permanecerá apagado independientemente de la posición de la palanca 901. Asimismo, en una realización, el interruptor de seguridad 1101 puede interferir mecánicamente con la palanca 901, cuando está acoplada en la posición segura, obstruyendo el movimiento de la palanca 901 para proporcionar retroalimentación adicional al usuario de que el dispositivo está en un estado inoperativo.

Haciendo referencia ahora a la Figura 12, se muestra una realización de un método 1200 (o algoritmo) para un arranque suave, es decir, sin un motor de DC sin escobillas (BLDC, por sus siglas del inglés) que lo acompañe. En una realización, el método 1200 puede implementarse mediante un motor BLDC, tal como el motor 950 como se describe en esta divulgación, junto con una unidad de procesamiento programada para ejecutar las etapas del método 1200, tal como el procesador descrito junto con la unidad de alimentación 100. Si bien el método 1200 se describe en relación con la unidad de alimentación 100 y la unidad motorizada 900, un experto habitual apreciará, junto con una revisión de esta divulgación, que este método se puede implementar con cualquier motor BLDC en cualquier contexto donde se requiera o sea deseable un arranque suave.

En la etapa 1202, en una realización, se puede determinar la posición estática del rotor de un motor BLDC. En una realización, esto se puede lograr girando el rotor eléctricamente desde su posición inicial desconocida a una segunda posición estática conocida. Sin embargo, mover el rotor a la posición conocida puede provocar en sí mismo

un tirón indeseable del mango, ya que requiere que el rotor rote primero desde una posición desconocida. En otra realización, se puede determinar la posición estática de un rotor al detectar, por ejemplo con un sensor de efecto Hall, la posición del rotor de acuerdo con métodos conocidos en la técnica. En otra realización más, la posición del rotor se puede determinar comparando la corriente relativa consumida a través de diferentes combinaciones de fases. Dicho método se ha descrito en *"Start-up Control Algorithm for Sensorless and Variable Load BLDC Control Using Variable Inductance Sensing Method"*, (AP08018), por Infineon Technologies AG de Munich, Alemania, cuya divulgación completa se describe brevemente a continuación.

De acuerdo con esta realización, la posición estática del rotor se puede determinar midiendo la corriente consumida por cada combinación de fases en respuesta a un voltaje de prueba. Debido a que los imanes permanentes del rotor afectarán la inductancia de cada fase, cada combinación de fases consumirá una corriente diferente en respuesta al voltaje de prueba. (Además, porque los pulsos aplicados a la bobina son de muy corta duración, el rotor del motor no se mueve en una cantidad significativa y, por lo tanto, el cirujano que sostiene la herramienta no siente ningún tirón durante esta etapa de detección de posición estática). Por lo tanto, por ejemplo, en un motor BLDC trifásico, se puede aplicar un voltaje de prueba a la fase A, mientras que las fases B y C están conectadas a tierra y se mide la corriente resultante. A continuación, el proceso se invierte de modo que A pueda conectarse a tierra mientras se aplica un voltaje de prueba a B y C y se mide nuevamente la corriente resultante. El proceso puede arrancarse nuevamente con la fase C: se puede aplicar un voltaje de prueba a C mientras A y B están conectados a tierra, etc. Esto puede repetirse hasta que se haya medido la corriente consumida por todas las combinaciones de fases (6 en total para el motor BLDC trifásico).

Un experto habitual apreciará, junto con una revisión de esta divulgación, que otros motores BLDC pueden tener más, o menos, fases, y que cada fase puede probarse. En consecuencia, un motor BLDC con seis fases puede tener doce combinaciones comprobables. Un experto habitual también apreciará que no es necesario probar cada combinación comprobable; aunque, probar menos combinaciones dará como resultado una medición más gruesa de la posición del rotor y, por lo tanto, es ventajoso probar el máximo de combinaciones posibles.

Al comparar las corrientes resultantes, cada combinación de fases se puede comparar con su inversa: por lo tanto, la corriente asociada con las fases A alta y B y C baja se puede comparar con la corriente asociada con las fases B y C alta y A baja. Se puede suponer que la corriente más grande viaja en la dirección del campo magnético. Por lo tanto, si la corriente asociada con A alta y B y C baja es mayor que la corriente asociada con B y C alta y A baja, el campo magnético está en la dirección de la corriente que viaja desde la fase A a B y C, y se puede suponer que el polo norte del rotor está más cerca de la fase A que de las fases B y C. Por lo tanto, la posición del rotor se puede estrechar aproximadamente 180°. Realizar una comparación similar entre sí con combinaciones de fases reducirá la ubicación del rotor a 60°. Combinaciones de motores BLDC con más fases y, por lo tanto, más combinaciones de fases, puede reducir la ubicación del rotor a intervalos de 30° o incluso menores.

La Figura 3 muestra un pulso de voltaje de ejemplo en la Fase A (trazo 301) mientras la Fase B (trazo 303) y C (trazo 305) se mantienen bajas. Para la etapa 1202, la corriente es de la forma de onda triangular (trazado 307). La escala de tiempo horizontal es 5ps/div. La corriente se puede medir mediante el uso de un amplificador de alta velocidad colocado a través de una resistencia de derivación de bajo valor. Luego se puede invertir la polaridad de las fases para obtener un pulso igual y opuesto para evitar la magnetización del núcleo del estator. Luego se realiza el mismo procedimiento para la Fase B y luego la C para un total de seis pulsos. Dependiendo de la magnitud relativa de los pulsos, una tabla de búsqueda puede indicar en cuál de las seis posibles combinaciones de conmutación, o sectores, el rotor se encuentra. Cada combinación se repite dos veces durante una rotación mecánica del rotor, por lo que hay 12 sectores, y por lo tanto 12 conmutaciones, por revolución completa.

En la etapa 1204, una vez conocida la posición del rotor, una secuencia de potencia predeterminada puede comenzar a impulsar el rotor en una dirección deseada. En una realización, al menos una fase (es decir, la fase que se correlaciona con la ubicación actual del rotor) puede ser encendida. En una realización, la fase puede ser encendida por un voltaje modulado en ancho de pulso (por ejemplo, una onda cuadrada). En una realización, se puede accionar más de una fase a la vez.

Para esta discusión, es útil describir primero un patrón de conmutación común de un motor BLDC trifásico. Un experto habitual apreciará que el patrón de conmutación descrito en el presente documento es sólo uno de muchos patrones posibles. Para un motor eléctrico trifásico, durante una rotación completa del rotor, el motor se puede conmutar entre seis combinaciones de fases diferentes. A los efectos de esta divulgación, se entenderá que la combinación A-B significa que la fase A está acoplada a la fuente de voltaje mientras que B está acoplada a tierra. Por el contrario, se entenderá que B-A significa que la fase B está acoplada a la fuente de voltaje mientras que A está acoplada a tierra, y así sucesivamente. Las combinaciones de fases activas durante cualquier período de tiempo determinado pueden denominarse "estados". Por lo tanto, como se muestra en la Figura 4, durante la rotación completa del rotor, el motor podrá conmutar de fase a fase en el siguiente orden:

TABLA 1 - Patrón de Conmutación de Combinación Monofásica

Estado	Combinación de Fases
--------	----------------------

ES 2 983 516 T3

Estado 1	A-C
Estado 2	B-C
Estado 3	B-A
Estado 4	C-A
Estado 5	C-B

(continuación)

Estado	Combinación de Fases
Estado 6	A-B

Sin embargo, en cualquier punto dado durante la rotación, al menos dos combinaciones de fases pueden agregar torsión positiva al rotor. Por ejemplo, cuando un rotor se acerca a un cierto punto en su trayectoria, tanto la combinación de fases "actual" (es decir, la combinación de fases que agrega la mayor torsión al rotor) como la combinación de fases "siguiente" (es decir, la combinación de fases que está programada para comenzar a continuación) agregarán torsión positiva al rotor. (Esta explicación supone que las direcciones de corriente y combinaciones de fases necesarias han sido preseleccionadas en un patrón de conmutación ventajoso que inicia una combinación de fases "actual" y programa una combinación de fases "siguiente", se puede ver un ejemplo de tal patrón de conmutación en la TABLA 1 anterior). Por ejemplo, si el motor 950 está en el estado 1 y el rotor está siendo accionado por una combinación de fases A-C, en algún momento durante la rotación del rotor, tanto A-C como B-C (es decir, tanto la combinación de fases actual como la siguiente combinación de fases programada) agregarán torsión positiva al rotor. Asimismo, una vez que el rotor pasa al estado 2, en algún momento durante la rotación del rotor, A-C dejará de agregar torsión positiva al rotor y, en cambio, B-A (del estado 3) comenzará a agregar torsión positiva. De acuerdo con una realización, las combinaciones de fases pueden por lo tanto ser alimentadas como se muestra en la Figura 5, y de acuerdo con la siguiente tabla:

TABLA 2 - Patrón de Conmutación de Combinación Bifásica

Estado	Combinación de Fases 1	Combinación de Fases 2
Estado 1	A-C	B-C
Estado 2	B-C	B-A
Estado 3	B-A	C-A
Estado 4	C-A	C-B
Estado 5	C-B	A-B
Estado 6	A-B	A-C

Por lo tanto, para un estado dado, tanto la combinación de fases "actual" como la "siguiente" pueden estar encendidas. Por supuesto, para motores que tengan más de tres fases, cualquier número de combinaciones de fases que agreguen torsión positiva al rotor pueden estar encendidas en cualquier momento dado.

De acuerdo con una realización, ambas combinaciones de fases pueden estar encendidas con un voltaje sustancialmente constante. En otra realización, ambas combinaciones de fases pueden estar encendidas con una señal alternada modulada en ancho de pulso. Dicho de otra forma, los pulsos de la señal modulada en ancho de pulso pueden alternarse entre cada combinación de fases. Por ejemplo, si, para una posición dada del rotor, las dos combinaciones de fases alimentadas son A-C y B-C, el primer pulso de la señal modulada en ancho de pulso puede suministrarse a A-C, el segundo pulso a B-C, el tercer pulso a A-C, etc. Asimismo, los pulsos no necesitan alternarse directamente entre cada combinación de fases, sino que puede dividirse en cualquier proporción entre las combinaciones de fases. Por ejemplo, por cada cuatro pulsos suministrados a una de las fases, sólo uno podrá suministrarse al otro. La proporción y el orden de los pulsos de fase también se pueden variar con el tiempo o a medida que el rotor avanza de una fase a otra. Un experto habitual apreciará, junto con una revisión de esta divulgación, que la energía puede suministrarse de acuerdo con otros esquemas de modulación, y cualquier esquema adecuado puede usarse para dividir la energía entre los pares de combinaciones de fases.

A medida que el rotor avanza en su trayectoria y se acerca y luego se aleja de cada fase, por supuesto, es necesario conmutar entre diferentes pares de combinaciones de fases. Por ejemplo, como se muestra en la Tabla 2 anterior, y en la Figura 5, en algún momento, el motor 950 conmutará desde el Estado 1, donde A-C y B-C reciben energía, al Estado 2, donde B-C y B-A reciben energía.

Por lo tanto, el motor 950 conmuta desde un par de combinación de primera fase a un par de combinación de segunda fase. En una realización, la conmutación puede ocurrir cuando la corriente consumida por la combinación de fases "siguiente" cae por debajo de la corriente consumida por la combinación de fases "actual". Un experto habitual apreciará que para la mayoría de los motores BLDC, la inductancia de una combinación de fases dada aumenta a medida que el imán del rotor se acerca a ella y, por lo tanto, la tasa de cambio de corriente disminuye. Lo contrario ocurre cuando el rotor pasa la combinación de fases y la distancia aumenta. A medida que cae la inductancia de la combinación de fases "actual", la inductancia de la "siguiente" combinación de fases aumenta. El efecto sobre la corriente de fase durante esta rotación se ilustra en la Figura 14 a, b y c. En la Figura 14a, el imán del rotor está más cerca de la combinación de fases "actual" que de la combinación de fases "siguiente". En la figura

14b, el rotor está equidistante entre las dos combinaciones de fases. En la figura 14c, el rotor ahora está más cerca de la "siguiente" combinación de fases. En consecuencia, el motor 950 puede conmutar desde un primer par de combinaciones de fases al siguiente par de combinaciones de fases cuando la corriente de una de las combinaciones de fases cae por debajo de la corriente de la otra.

Dicho de otra manera, en un motor BLDC trifásico y como se ha descrito anteriormente, se puede concebir que un par dado de combinaciones de fases tiene una combinación de fases "actual" y una combinación de fases "siguiente". En una realización, la conmutación puede ocurrir cuando la corriente de la combinación de fases "siguiente" cae por debajo de la corriente de la combinación de fases "actual". En este punto, las combinaciones de fases "siguiente" se convierten en las combinaciones de fases "actual", mientras que la próxima combinación de fases programada se convierte en la combinación de fases "siguiente" y la combinación de fases "actual" original ya no recibe energía. Por ejemplo, si durante un estado dado, las combinaciones de fases A-C y B-C están encendidas, se puede controlar la corriente consumida por cada una. Cuando la corriente consumida por B-C cae por debajo de la corriente consumida por A-C, el motor puede conmutar al siguiente estado: dejar de enviar energía a A-C y, en su lugar, comenzar a enviar energía a B-A además de B-C. Por lo tanto, en una realización, ambos pares de combinaciones de fases (es decir, cada estado consecutivo) comparten al menos un par de combinaciones de fases. En el primer estado de cualquier conmutación, la combinación común es la combinación de fase "siguiente", y en el segundo estado, la combinación común es la combinación de fases "actual". Este método de conmutación dará como resultado una transición suave entre estados, lo que resulta especialmente beneficioso a bajas velocidades.

Un experto habitual en la materia apreciará que no es necesario que la conmutación se produzca en el momento preciso en que la corriente en la "siguiente" combinación de fases caiga por debajo de la corriente de la combinación de fases "actual". En cambio, la conmutación puede ocurrir si la "siguiente" corriente es sustancialmente igual o dentro de un porcentaje definido de la corriente "actual". Por ejemplo, si la corriente de la combinación de fases "siguiente" está dentro de 100 de la combinación de fases "actual", el motor puede conmutar al estado. En una realización alternativa, la conmutación puede ocurrir dentro de un período de tiempo predeterminado después de que la corriente de la "siguiente" fase caiga por debajo (o sea sustancialmente igual a, o dentro de un porcentaje definido de) la corriente de la combinación de fases "actual". En una realización alternativa, la conmutación puede ocurrir después de que la corriente "siguiente" haya caído por debajo de la corriente "actual" para un número determinado de pares de pulsos.

La Figura 6 muestra un ejemplo de combinación de fases "actual" B-C, mientras que la "siguiente" combinación de fases es B-A. Para mayor claridad, la fase C ha sido sustituida por una señal que indica cuándo el software ha decidido conmutar. Empezando por la izquierda, se puede ver que los números de secuencia impares ("actual") son al principio más pequeños que los pares ("siguiente"), después iguales, y después, por último, mayores. Cuando el "siguiente" ha estado menos que el "actual" durante una serie de pares de pulsos para confirmación, se produce la conmutación.

El método descrito no es óptimo en cuanto a eficiencia, que se obtiene cuando el motor es alimentado por la combinación de fases "actual". Por encima de cierta velocidad, que varía para un motor determinado, se puede emplear otro método llamado Detección de Paso por Cero EMF (Fuerza Electromotriz, por sus siglas del inglés) contraria. Cuando un motor gira, la rotación de los imanes del rotor interactúa con las bobinas del estator para formar un generador.

La Figura 7 muestra formas de onda ascendentes y descendentes ilustrativas (aproximadamente 1 ms entre los dos cursores de tiempo verticales). (Tenga en cuenta que esta figura muestra un esquema de modulación ligeramente diferente de los demás (bipolar en lugar de unipolar) para mayor claridad). El voltaje generado aumenta con el aumento de velocidad, de modo que la velocidad máxima del motor, 30.000 RPM a 10 V en este caso, se obtiene cuando el voltaje generado es igual y opuesto al voltaje aplicado, es decir, es un voltaje inverso ya que se opone a la rotación. En el funcionamiento normal del motor, sólo dos de las tres fases se energizan a la vez, y esta EMF contraria se puede observar en la tercera fase. Cuando la forma de onda ascendente o descendente cruza el punto medio del voltaje de suministro, el rotor está a medio camino entre el último punto de conmutación y el siguiente, y es sencillo utilizar un temporizador para determinar exactamente cuándo debe ocurrir la conmutación.

En una realización, las próximas combinaciones de fases programadas pueden recuperarse de la memoria donde se almacenan en una tabla de consulta o en algún otro esquema de almacenamiento ventajoso.

Asimismo, un experto habitual en la materia apreciará, junto con una revisión de esta divulgación, que este método puede ampliarse para cualquier número de fases y combinaciones de fases.

En la etapa 1206, una vez que la velocidad del rotor del motor 950 pasa una velocidad angular predeterminada, el funcionamiento del motor, en una realización, puede pasar a un método de conmutación de voltaje más convencional. La velocidad angular del rotor se puede determinar midiendo el tiempo entre cada conmutación y midiendo por lo tanto la velocidad a la que el rotor pasa por cada sector. Una vez que hay suficiente voltaje generado por el imán permanente del rotor que pasa por los devanados del estator del motor, de modo que un voltaje de una fase de las tres fases que no esté encendida durante cualquier período dado entre conmutaciones

puede usarse como señal de retroalimentación para controlar la velocidad del motor. En una realización alternativa, las conmutaciones pueden continuar ocurriendo sustancialmente en el momento en que la corriente de la "siguiente" fase cae por debajo de la corriente de combinación de fases "actual", independientemente de la velocidad angular del rotor.

La Figura 8 muestra una serie de conmutaciones con más detalle (200 ps/div) utilizando un esquema de conmutación más convencional. Todas las formas de onda se cortan debido al PWM. En el centro, la forma de onda ascendente se puede ver en la Fase C abierta, mientras la Fase A está energizada y la Fase B está conectada a tierra. Además, se puede ver la variación de la corriente dentro de un sector, así como el pronunciado desfase de los picos respecto al punto de conmutación.

La Figura 13 muestra una realización de un método 1300, o algoritmo, para notificar a un usuario sobre una batería baja (u otro mensaje, en realizaciones alternativas). En la etapa 1302, se mide el estado de la batería 101 u otro estado. Por ejemplo, se puede medir el voltaje actual producido por la batería 101. En una realización alternativa, se puede medir una métrica que indica el funcionamiento adecuado del motor 950.

En la etapa 1304, el valor medido puede compararse con un valor predeterminado. Por ejemplo, si el voltaje producido por la batería 101 se mide en la etapa 1302, luego se puede comparar con un valor de voltaje predeterminado para determinar si la batería está baja. Alternativamente, la corriente puede integrarse a lo largo del tiempo y medirse frente a un valor predeterminado para controlar la carga de la batería.

Si la batería está baja (o el otro estado medido requiere la notificación del usuario), en la etapa 1306, la velocidad del motor puede cambiarse de acuerdo con un patrón perceptible, para informar al usuario de la batería baja. Por ejemplo, el motor 950 puede comenzar a una primera velocidad y después de un período de tiempo predeterminado, cambiar a una segunda velocidad. En una realización, la primera velocidad puede ser una velocidad máxima, una velocidad mínima, la velocidad indicada por el usuario, o cualquier otra velocidad. La segunda velocidad puede ser cualquier velocidad que sea detectablemente diferente de la primera velocidad. Por lo tanto, si la primera velocidad es la velocidad máxima del motor, la segunda velocidad puede ser menor que la primera. Por el contrario, si la primera velocidad es baja, la segunda velocidad puede ser mayor que la primera.

En una realización, cuanto más baja sea la batería, mayor será el cambio en la velocidad. En una realización alternativa, el tiempo entre la primera velocidad y el cambio a la segunda velocidad puede variarse de modo que menos carga signifique menos tiempo antes de que se reduzca la velocidad (o, alternativamente, más tiempo significa menos carga). Como alternativa, la velocidad podría cambiarse durante un tiempo muy corto en una realización, sólo unas pocas decenas de milisegundos, para "cortar" la velocidad. Esto proporcionaría información auditiva y táctil al usuario. En una realización, el número de señales puede representar la carga o algún otro mensaje para el usuario. Por ejemplo, más señales pueden significar menos carga. Este método podría utilizarse independientemente de la fase de arranque, siendo la secuencia de señales repetida cada diez segundos, por ejemplo.

En una realización alternativa, o además del método descrito en relación con la Figura 13, la energía suministrada al motor 950 puede ser pulsada para hacer que el motor 950 emita un sonido audible. Este sonido podrá modificarse tanto en tono, amplitud y duración para producir una serie de pitidos codificados para transmitir información. Alternativamente, el sonido se puede modificar a música o mensajes hablados pregrabados. Este sonido puede usarse para transmitir niveles de batería, configuraciones, estados, etc.

Las realizaciones descritas anteriormente del objeto descrito se pueden implementar de cualquiera de numerosas maneras. Por ejemplo, algunas realizaciones pueden implementarse usando hardware, software o una combinación de los mismos. Cuando cualquier aspecto de una realización se implementa al menos en parte en software, el código de software puede ejecutarse en cualquier procesador adecuado o conjunto de procesadores, ya sea en un único dispositivo u ordenador o distribuido entre varios dispositivos u ordenadores.

REIVINDICACIONES

1. Un método para arrancar un motor (950) de corriente continua sin escobillas de una herramienta quirúrgica motorizada,
- 5 en donde la herramienta quirúrgica motorizada tiene una unidad de alimentación (100), comprendiendo la unidad de alimentación (100):
- una carcasa exterior (109) que define una cavidad interior; y
- 10 al menos una celda de batería completamente dispuesta dentro de dicha cavidad interior,
- en donde la unidad de alimentación (100) además comprende una placa de circuito impreso (103) dispuesta dentro de dicha cavidad interior,
- en donde el método comprende las etapas de:
- 15 proporcionar en primer lugar una herramienta quirúrgica motorizada que comprende un motor (950) de corriente continua sin escobillas que tiene un rotor configurado para rotar en al menos una dirección y un estator que comprende una pluralidad de fases, en donde, para cualquier posición dada del rotor, al menos dos combinaciones de la pluralidad de fases están situadas para, cuando está encendido, inducir la rotación del rotor;
- 20 después de eso, aplicar un voltaje a al menos una primera combinación de fases de una pluralidad de fases y una segunda combinación de fases de la pluralidad de fases, en donde tanto la primera combinación de fases como la segunda combinación de fases inducen al rotor a rotar en la primera dirección cuando está encendido;
- después de eso, comparar una primera corriente consumida por la primera combinación de fases y una segunda corriente consumida por la segunda combinación de fases; y
- 25 después de eso, aplicar un voltaje a al menos una tercera combinación de fases de la pluralidad de fases y la segunda combinación de fases de la pluralidad de fases al determinar que la corriente consumida por la segunda combinación de fases es menor que la corriente consumida por la primera combinación de fases.
2. El método de la reivindicación 1, en donde la primera combinación de fases y la segunda combinación de fases se
- 30 seleccionan de la pluralidad de fases de acuerdo con una posición inicial del rotor.
3. El método de la reivindicación 2, en donde la posición inicial del rotor se determina midiendo la corriente consumida por una pluralidad de combinaciones de fases de la pluralidad de fases, en respuesta a un voltaje aplicado a cada una de la pluralidad de combinaciones de fases.
- 35 4. El método de la reivindicación 1, en donde la corriente consumida por la primera combinación de fases y la segunda combinación de fases se mide de acuerdo con la caída de voltaje a través de una resistencia de derivación.

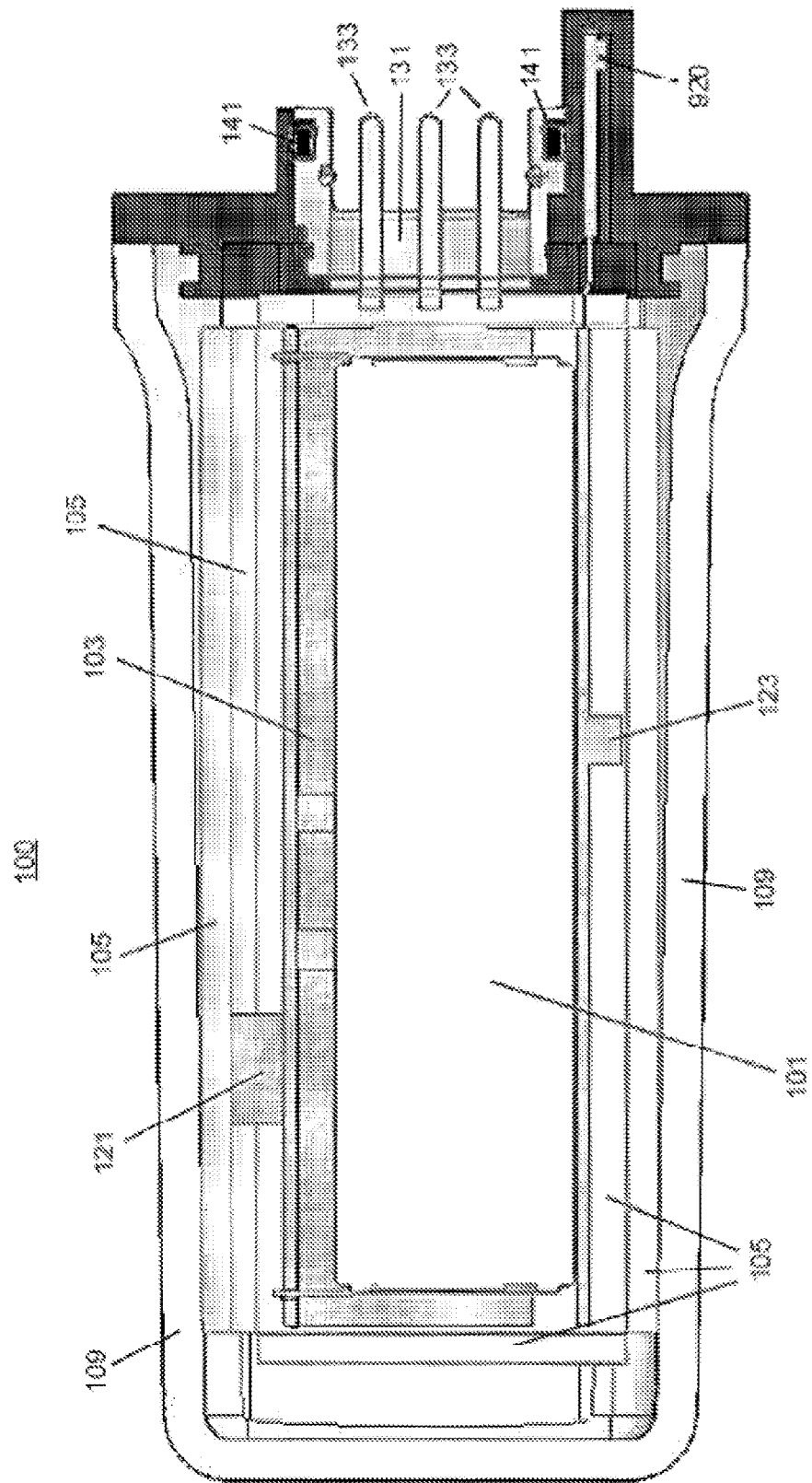


FIG. 1

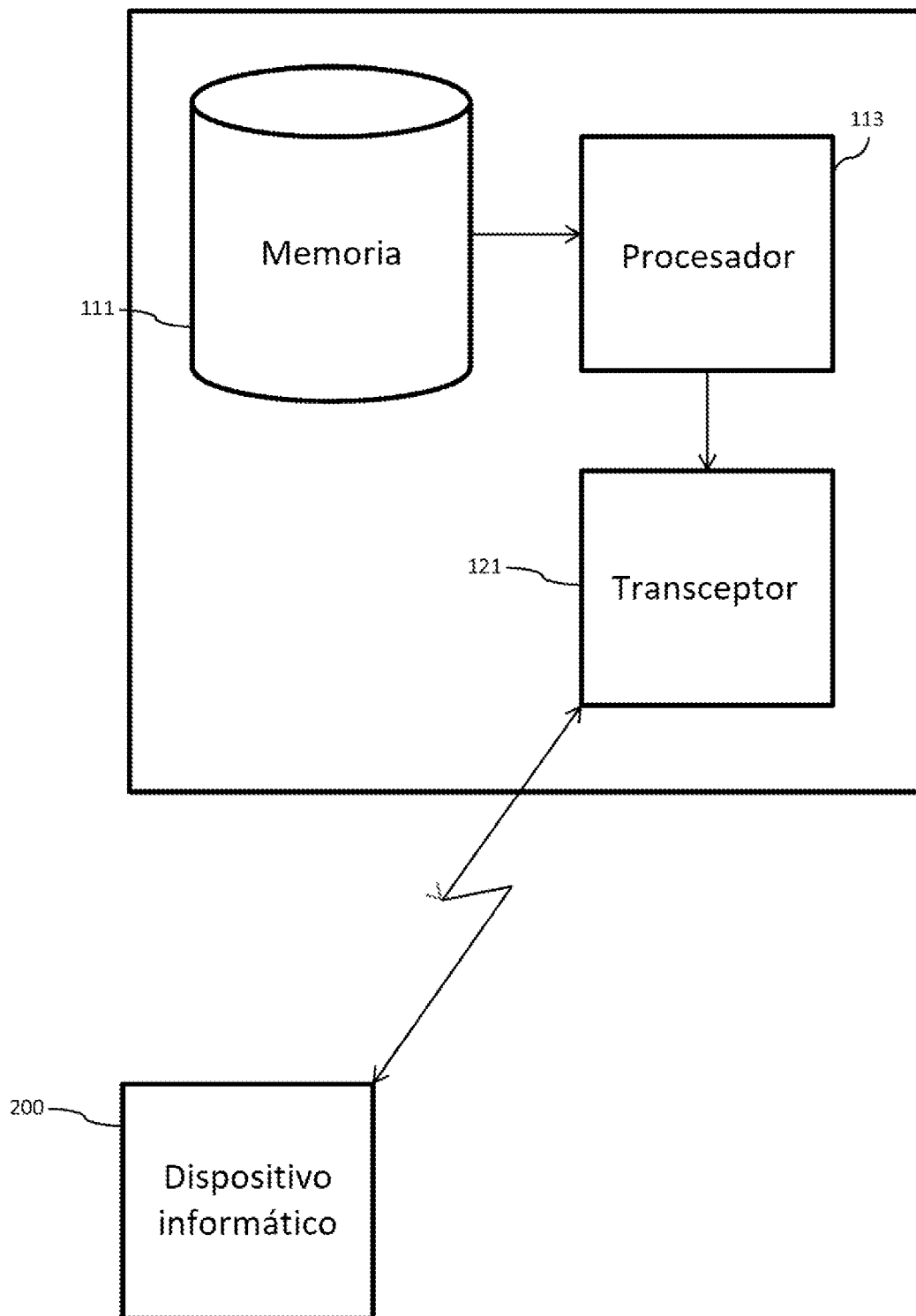


FIG. 2

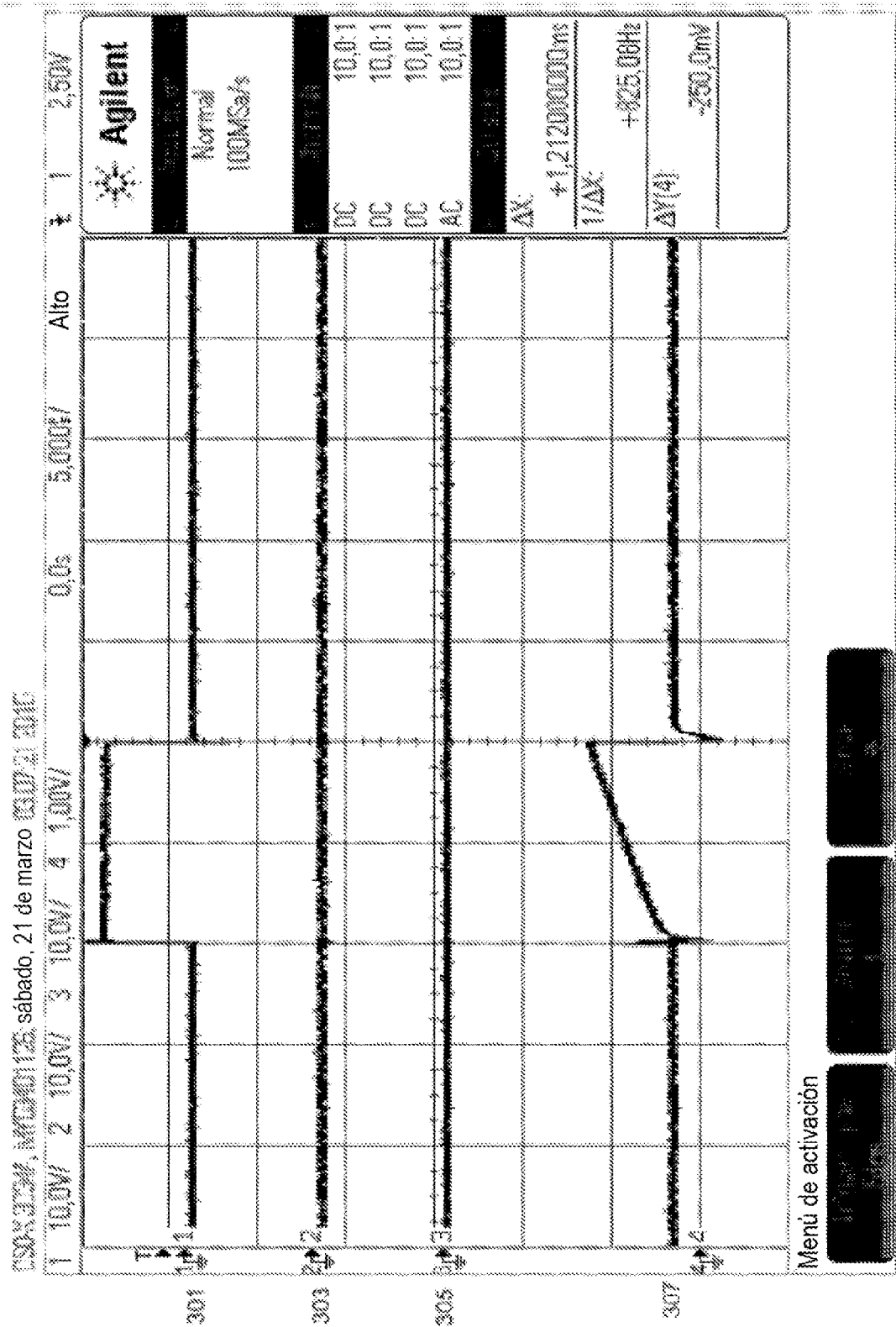


FIG. 3

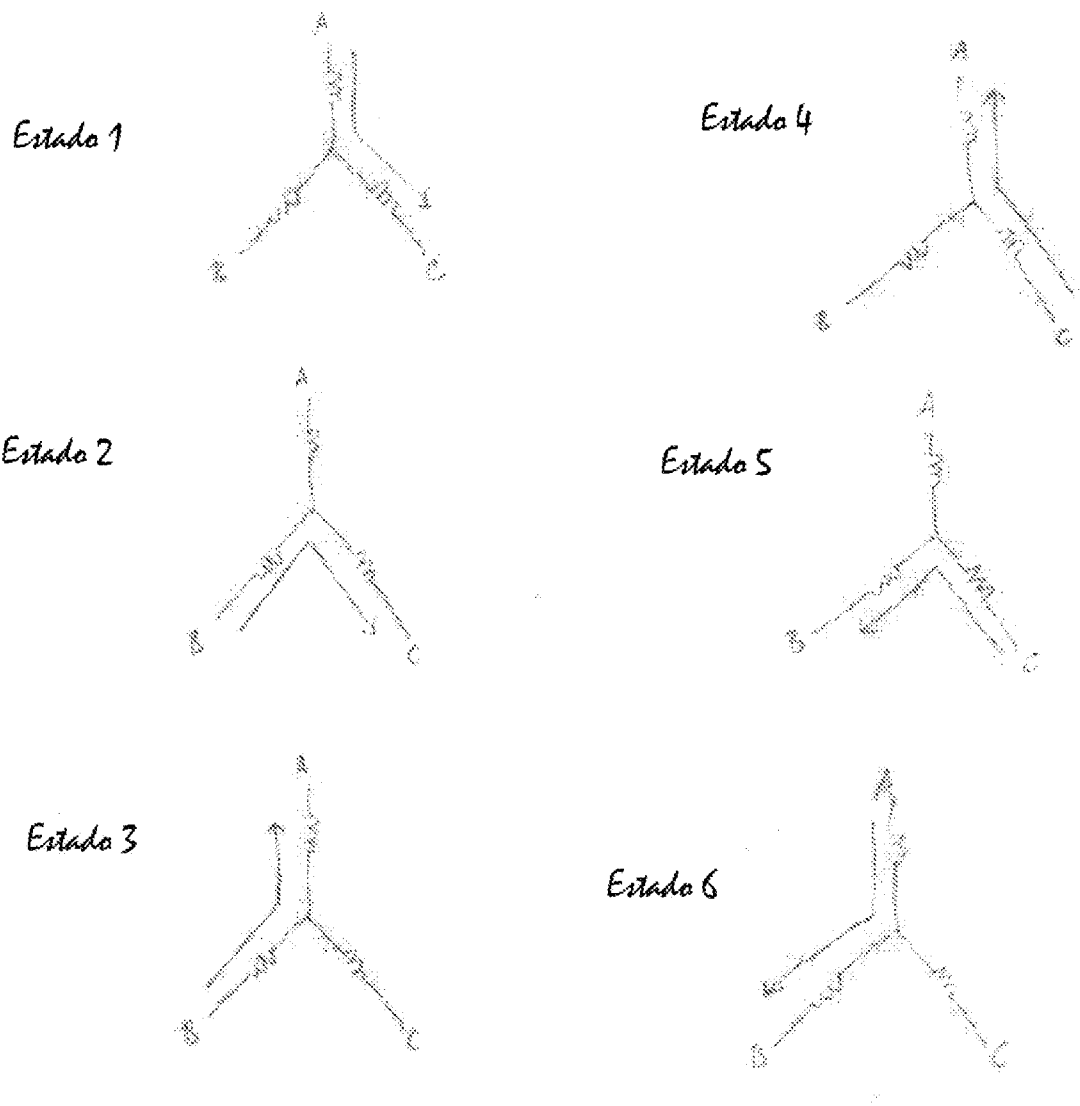


FIG. 4

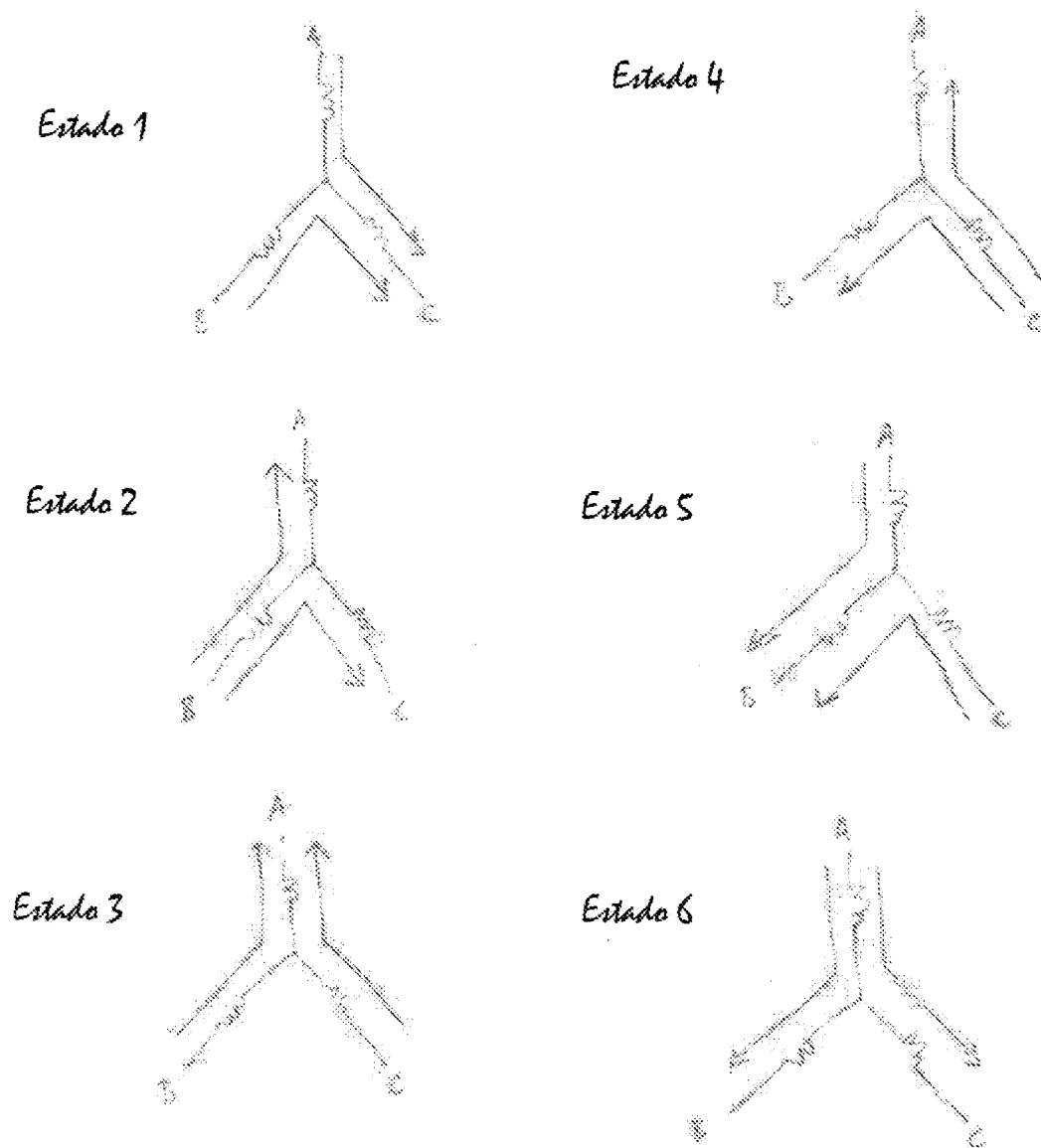


FIG. 5

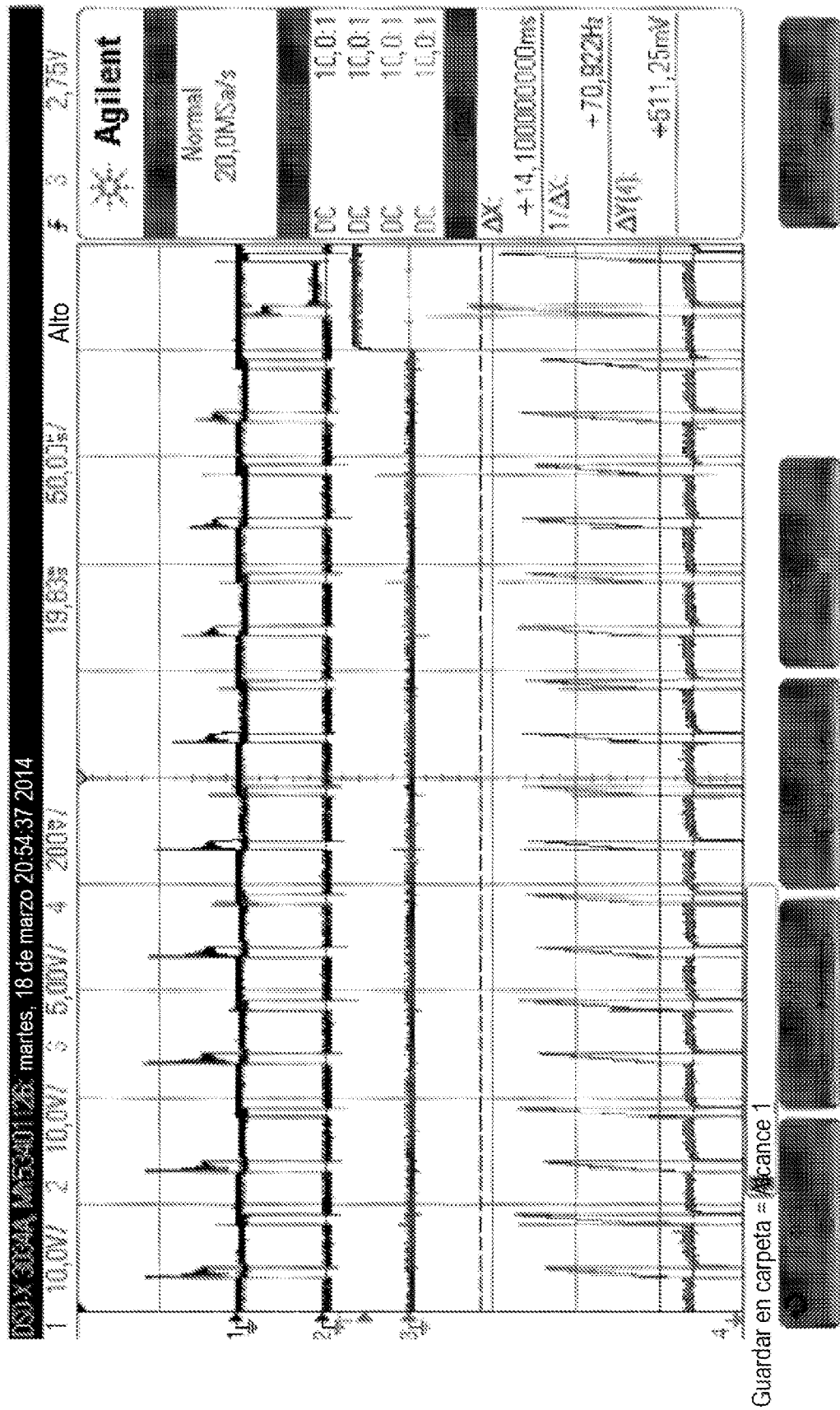


FIG. 6

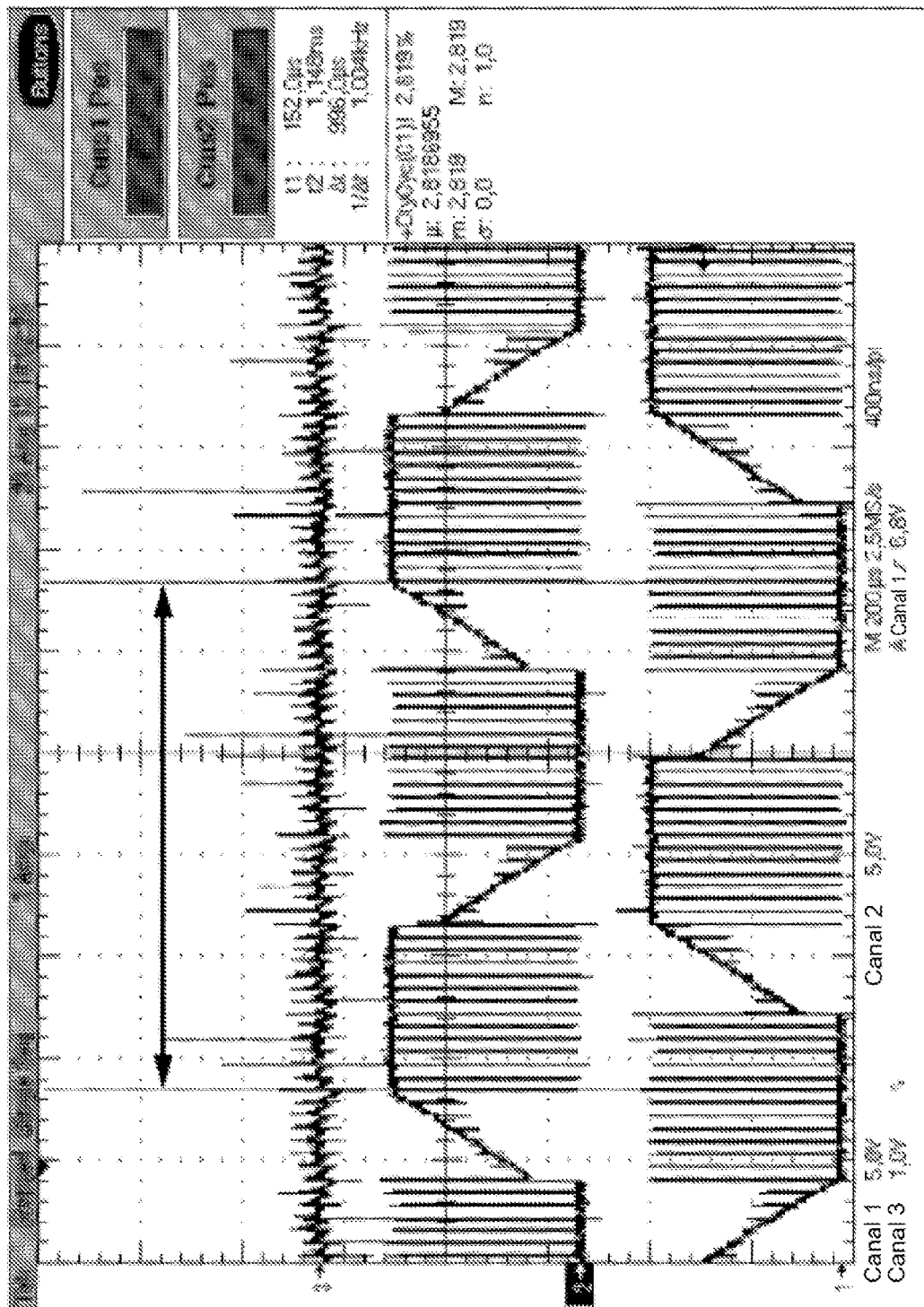


FIG. 7

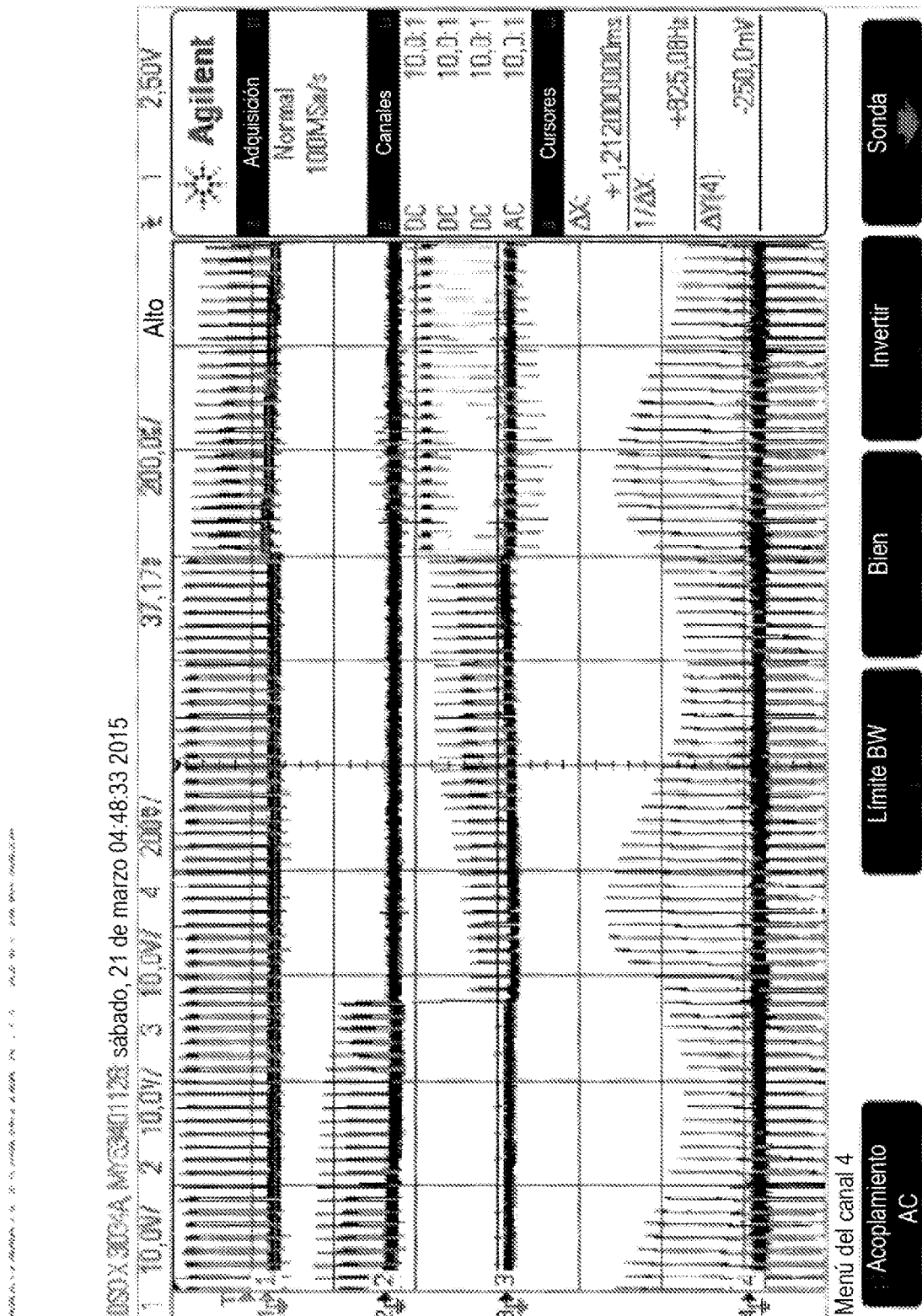


FIG. 8

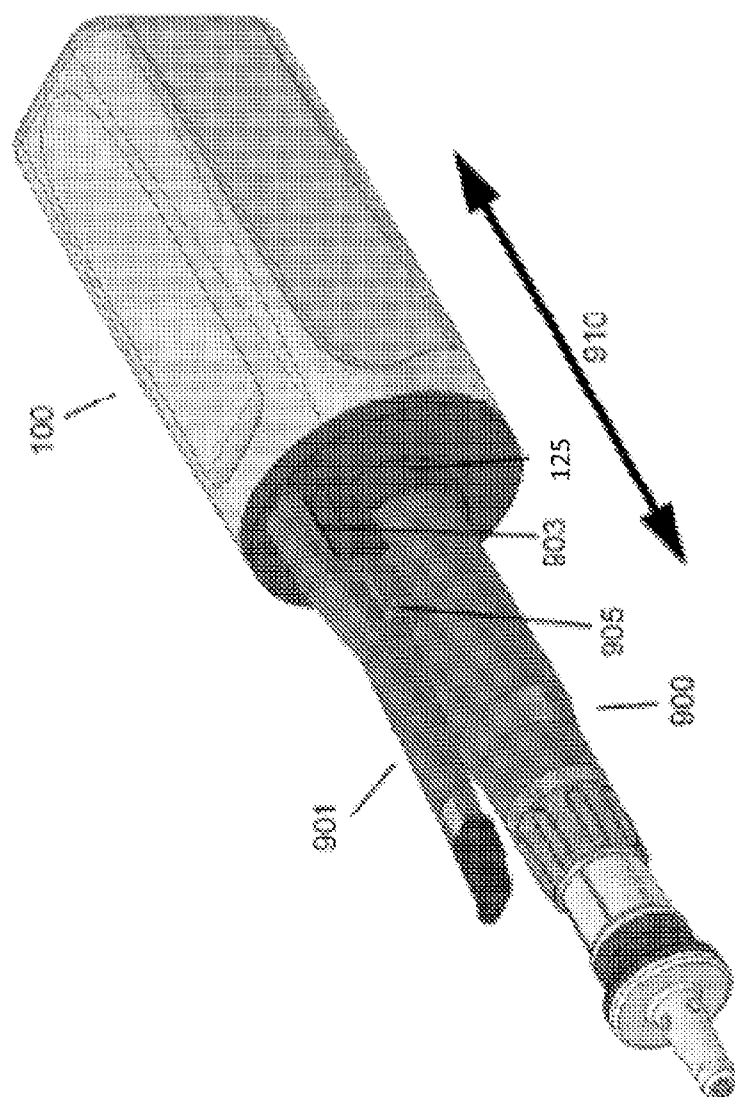


FIG. 9

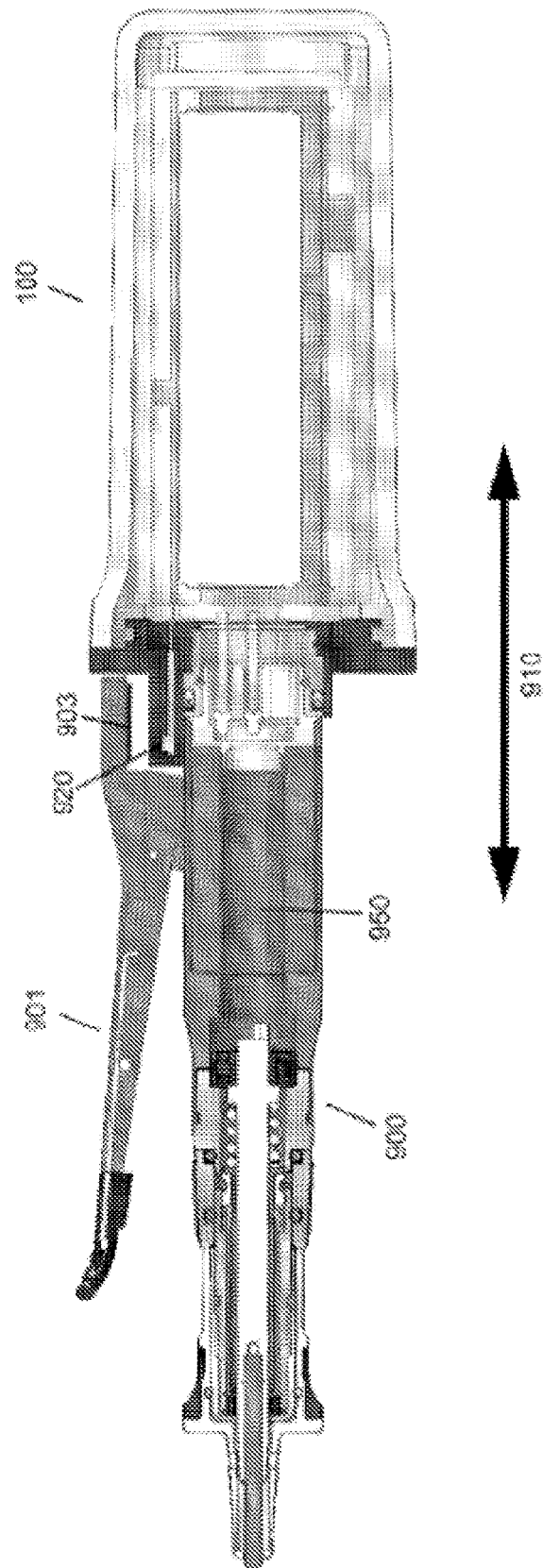


FIG. 10

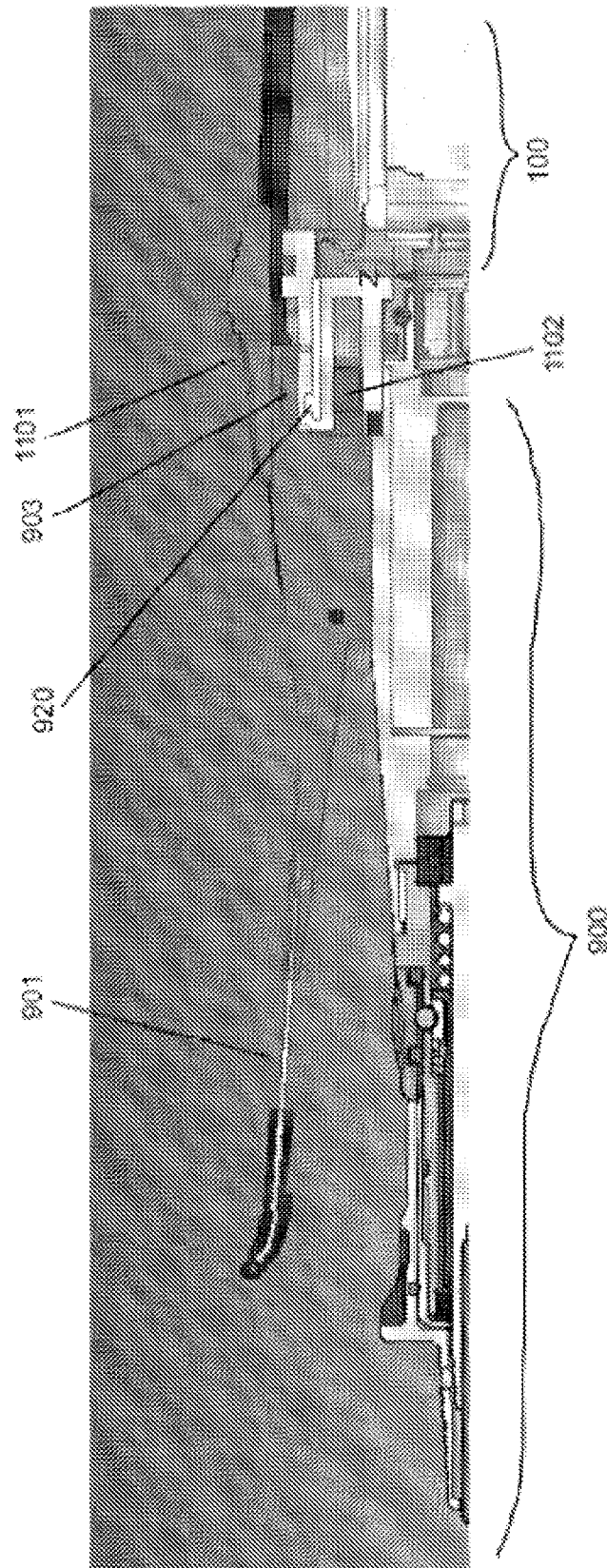


FIG. 11

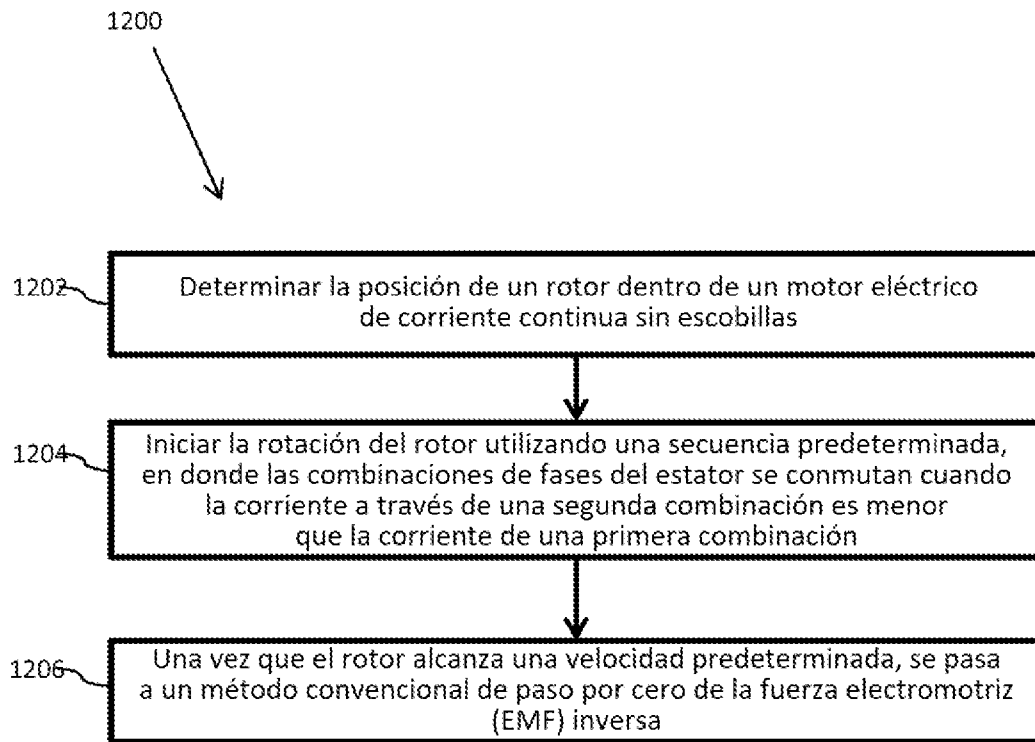


FIG. 12

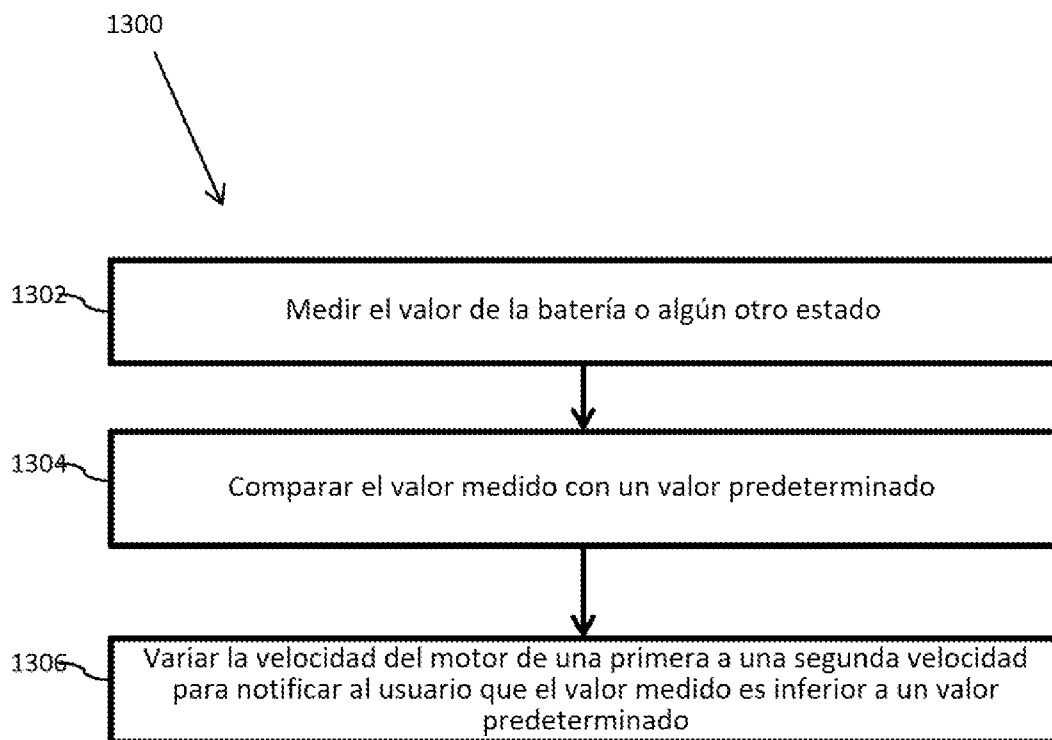


FIG. 13

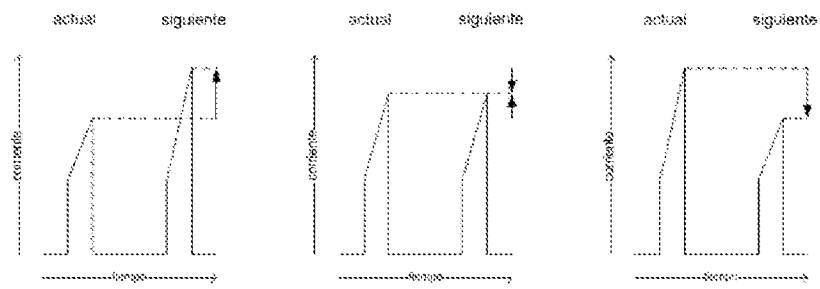


FIG. 14

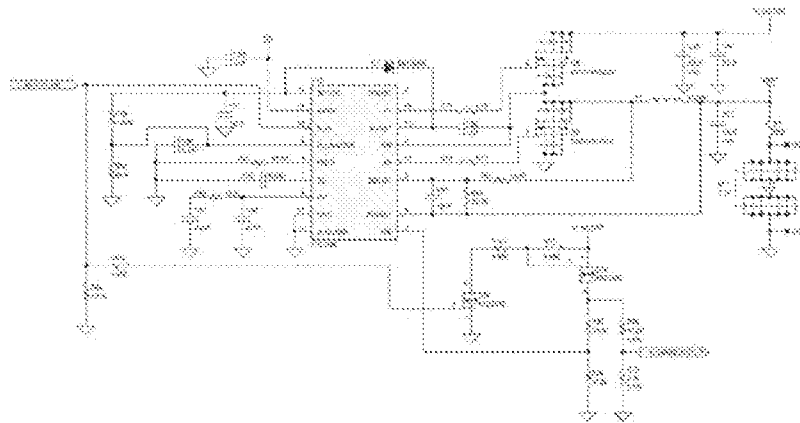


FIG. 15