

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 510 066**

51 Int. Cl.:

H02N 2/14 (2006.01)

H02N 2/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2008 E 08800584 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.08.2014 EP 2216894**

54 Título: **Método de accionamiento de motor ultrasónico**

30 Prioridad:

26.10.2007 CN 200710124086

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

20.10.2014

73 Titular/es:

**BOLY MEDIA COMMUNICATIONS (SHENZHEN)
CO., LTD (100.0%)
Suite A, B, C, D & E, Floor 9, Jialitai Building
North of Gongye 6th Road, West of Yanshan
Road Nanshan District
Shenzhen, Guangdong 518067, CN**

72 Inventor/es:

**LI, YI;
PENG, YONG y
HU, XIAOPING**

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 510 066 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 accionamiento de motor ultrasónico

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método para accionar un motor ultrasónico.

Antecedentes técnicos

10

El motor ultrasónico es un mecanismo de accionamiento que se forma mediante el uso de los efectos piezoeléctricos inversos de materiales piezoeléctricos para incorporar una pluralidad de elementos piezoeléctricos en una estructura particular. Generalmente comprende componentes funcionales, tales como un estator y un rotor etc. Los elementos piezoeléctricos que tienen efectos electrostrictivos se fijan al estator. El motor ultrasónico en la técnica anterior se proporciona generalmente con cuatro (o un múltiplo entero de cuatro) elementos piezoeléctricos, y se acciona por una fuente de alimentación sinusoidal de cuatro fases o dos fases en ortogonal. Es decir, en un primer método, las señales de potencia de $\sin \omega t$, $\cos \omega t$, $-\sin \omega t$ y $-\cos \omega t$ se aplican a los cuatro elementos piezoeléctricos en el mismo grupo, respectivamente. Alternativamente, en un segundo método, dos elementos piezoeléctricos del mismo grupo se conectan en serie inversa, y entonces se proporcionan con las señales de potencia de $\sin \omega t$ y $\cos \omega t$, como se muestra en la Fig. 1, de manera que las ondas viajeras se generan en el motor ultrasónico para hacer girar el motor.

15

20

25

30

El segundo método ahorra dos fuentes de alimentación más que el primer método, y por lo tanto se utiliza más a menudo que el primer método en la práctica. Sin embargo, de acuerdo con el segundo método, los elementos piezoeléctricos del motor ultrasónico deben utilizar las señales de potencia de $\sin \omega t$ y $\cos \omega t$ en serie inversa para reemplazar las señales de potencia originales de $-\sin \omega t$ y $-\cos \omega t$. La fuente de alimentación necesita un voltaje diploide para alimentar los elementos piezoeléctricos en serie. Además, el propio elemento piezoeléctrico necesita una amplitud de accionamiento relativamente alta, de modo que la amplitud de voltaje de una fuente de alimentación es relativamente alta, a menudo entre varias decenas y varios cientos de voltios, cuando el elemento piezoeléctrico se alimenta por la fuente de alimentación sinusoidal bifásica en ortogonal. Particularmente, para los dispositivos portátiles alimentados por baterías, se aumenta la dificultad en el diseño de la fuente de alimentación.

35

40

En un motor ultrasónico conocido como se muestra en la Fig. 1, el estator se forma por un cilindro de metal hueco, fuera del cual se unen las cerámicas piezoeléctricas. La superficie externa del elemento piezoeléctrico forma un electrodo después de la metalización, la superficie interna del mismo que está en corte por el cilindro de metal a fin de convertirse en un terminal de tierra común. Los elementos piezoeléctricos 11-14 como se muestra en la Fig. 1 se polarizan en una dirección hacia adelante (indicada por "+" que significa que la polarización se dirige al cilindro de metal interior desde el exterior) respectivamente. Una señal de potencia de $2A\sin\omega t$ se aplica entonces a través de los elementos piezoeléctricos 11 y 13, y se aplica una señal de potencia de $2A\cos\omega t$ a través de los elementos piezoeléctricos 12 y 14, como líneas discontinuas mostradas en la Fig. 1, en donde A es la amplitud del voltaje requerida para accionar un solo elemento piezoeléctrico de manera que el motor ultrasónico comienza a funcionar.

45

50

Los circuitos para formar la fuente de alimentación sinusoidal son complejos, particularmente, la fuente de alimentación necesita un circuito de filtro voluminoso, por lo que se prefiere seleccionar un circuito inverso con una estructura de circuito más simple para producir las ondas cuadradas de frecuencias y fases idénticas. Como se muestra en la Fig. 2, se utilizan dos puentes monofásicos H independientemente controlados para producir dos ondas cuadradas, la diferencia de fase de los cuales es 90° , en lugar de la fuente de alimentación sinusoidal como se muestra en la Fig. 1 (con referencia a la línea continua mostrada en la Fig. 1), de manera que el motor ultrasónico también puede comenzar a funcionar. En ese momento, la parte efectiva real de la onda cuadrada es solamente el componente fundamental, la amplitud de la cual es $1.27 (=4/\pi)$ veces de la amplitud de voltaje de la onda cuadrada. Los componentes armónicos restantes son inservibles para accionar el motor, por lo que podrían restringirse de varias maneras.

55

60

Cuando se acciona el motor ultrasónico antes mencionado por dos fuentes de alimentación de ondas sinusoidales o cuadrada bifásica en ortogonal, la fuente de alimentación alimenta dos elementos piezoeléctricos en serie y produce un voltaje con la amplitud de $2A$, en donde A es la amplitud del voltaje requerida para accionar un solo elemento piezoeléctrico. Adicionalmente, en la aplicación de dispositivos portátiles, con el fin de accionar el motor ultrasónico con una batería, debe anteponerse un circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC a fin de elevar el voltaje de la batería hasta el voltaje requerido por el motor ultrasónico. Un circuito inverso como se muestra en la Fig. 2 se usa para convertir el voltaje reforzado en el voltaje bifásico en ortogonal requerido por el motor ultrasónico. Cuando se fija el voltaje de la batería y aumenta la amplitud de la entrada de voltaje al motor, en consecuencia aumenta la relación de refuerzo del circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC, de manera que es más difícil que el motor produzca.

EP 0 740 354 A1 describe un elemento de conversión de energía de tipo de pila que incluye un primer elemento de

conversión de energía electromecánico que tiene una pluralidad de electrodos de accionamiento como un primer grupo, todos los cuales se polarizan en una primera dirección, y un segundo elemento de conversión de energía electromecánico que tiene una pluralidad de electrodos de accionamiento como un segundo grupo, todos los cuales se polarizan en una segunda dirección en la que se obtiene una característica inversa a la de la primera dirección, en donde los primero y segundo elementos de conversión de energía se apilan unos sobre otros de manera que las fases de los electrodos del primer grupo se desplazan a partir de las de los electrodos del segundo grupo.

US 2006/0049720 A1 describe un ensamble óptico que contiene un dispositivo óptico móvil unido a un aparato para accionar un ensamble de eje roscado. El aparato contiene un eje roscado con un eje de rotación y, unido con el mismo, una tuerca roscada. El ensamble contiene un dispositivo para sujetar la tuerca roscada a las vibraciones ultrasónicas y provocando de este modo que el eje gire y se traslade simultáneamente en la dirección axial.

CN 1 874 134 A describe un motor ultrasónico y su método de accionamiento. El motor comprende el rotor y el estator, y los elementos piezoeléctricos se forman en el estator o rotor, el número de los elementos piezoeléctricos es 3, 5, 7 o múltiplos enteros de ellos. El método de accionamiento comprende las siguientes etapas: adquirir la fuente polifásica, la fuente tiene M fases, en las que M es 3, 5, 7 o múltiplos enteros de ellos, en los que la diferencia de fase es $2\pi/M$; y aplicar las fases voltaje en la fuente respectivamente a los elementos piezoeléctricos.

JP2004120840 describe un primer elemento de conmutación y un cuarto elemento de conmutación que funciona en un par, un segundo elemento de conmutación y un tercer elemento de conmutación que funciona en un par, y un primer elemento piezoeléctrico se acciona por cada par que se conmuta en la fase inversa. Un tercer elemento de conmutación y un quinto elemento de conmutación funcionan en un par, y el cuarto elemento de conmutación y el sexto elemento de conmutación funcionan en un par. El segundo elemento piezoeléctrico se acciona por cada par que se conmuta en la fase inversa, y se pone en tal estado que una junta a2 y una junta a3 están en cortocircuito en todo momento. El primer elemento piezoeléctrico y el segundo elemento piezoeléctrico se accionan individualmente usando el mismo circuito de accionamiento.

Sumario de la invención

Un objetivo que debe resolver la presente solicitud es proporcionar un método para accionar un motor ultrasónico usando un circuito de accionamiento simplificado.

Otro objetivo que debe resolver la presente solicitud es proporcionar un método para accionar un motor ultrasónico usando más de un circuito de accionamiento simplificado que es más fácil de integrar.

Aún otro objetivo que debe resolver la presente solicitud es proporcionar un método para accionar un motor ultrasónico con un circuito de accionamiento simplificado, en donde se mejora la eficacia de los elementos pasivos en el circuito de accionamiento.

Todavía otro objetivo que debe resolver la presente solicitud es proporcionar un método para accionar un motor ultrasónico usando la mayor parte del circuito de accionamiento simplificado.

El primer objetivo de la presente invención se alcanza proporcionando un método de accionamiento de motor ultrasónico que comprende:

- A. accionar los elementos piezoeléctricos del motor ultrasónico en grupos de dos en dos, conectar un terminal de un primer elemento piezoeléctrico en cada grupo a un primer nodo, el otro terminal del primer elemento piezoeléctrico a un segundo nodo, conectar un terminal de un segundo elemento piezoeléctrico en cada grupo a un tercer nodo, el otro terminal del segundo elemento piezoeléctrico al segundo nodo, y en donde el segundo nodo es un terminal de tierra común para cada uno de los elementos piezoeléctricos, cada uno de los cuatro elementos piezoeléctricos adyacentes que se polarizan en la secuencia de "+ + - -";
- B. utilizar un circuito inverso de puente trifásico que comprende una primera pata, una segunda pata y una tercera pata, un terminal de salida de cada una de las primera, segunda y tercera patas que se conecta con el primer nodo, el segundo nodo y el tercer nodo del motor ultrasónico, respectivamente;
- C. controlar la primera pata con una señal de manera que un transistor superior y un transistor inferior de la primera pata sean conductores de forma simétrica y complementaria, controlar la tercera pata con una señal que tiene una forma de onda, una fase de la cual se invierte con relación a la señal para controlar la primera pata, y controlar la segunda pata con una señal que tiene una forma de onda, una fase de la cual queda atrás o hace avanzar la señal para la primera pata por un ángulo eléctrico de 90° ; y

- 5 D. generar un primer voltaje de onda cuadrada alterno entre el primer nodo y el segundo nodo, y un segundo voltaje de onda cuadrada alterno entre el tercer nodo y el segundo nodo, en donde una fase del primer voltaje de onda cuadrada alterno difiere de la fase del segundo voltaje de onda cuadrada alterno por un ángulo eléctrico de 90°, y cada uno de los primer y segundo voltaje de onda cuadrada alterno tiene una frecuencia en la que resuena el motor ultrasónico.

Un circuito de conmutación de DC/DC se dispone anterior al circuito inverso de puente trifásico, de manera que el voltaje de alimentación se convierte a un voltaje requerido por los elementos piezoeléctricos.

- 10 El segundo objetivo de la presente invención se alcanza proporcionando un método de accionamiento de motor ultrasónico que comprende:

- 15 A. accionar los elementos piezoeléctricos del motor ultrasónico en grupos de tres en tres, conectar un terminal de un primer elemento piezoeléctrico en cada grupo a un primer nodo, el otro terminal del primer elemento piezoeléctrico a un cuarto nodo, conectar un terminal de un segundo elemento piezoeléctrico en cada grupo a un segundo nodo, el otro terminal del segundo elemento piezoeléctrico al cuarto nodo, conectar un terminal de un tercer elemento piezoeléctrico en cada grupo a un tercer nodo, el otro terminal del tercer elemento piezoeléctrico al cuarto nodo, en donde el cuarto nodo es un terminal de tierra común para cada elemento piezoeléctrico, los elementos piezoeléctricos que se polarizan todos en dirección hacia adelante;
- 20 B. utilizar un circuito inverso de puente trifásico que comprende una primera pata, una segunda pata y una tercera pata, los terminales de salida de las tres patas que se conectan con el primer nodo, el segundo nodo y el tercer nodo del motor ultrasónico, respectivamente;
- 25 C. controlar la primera pata con una señal de manera que un transistor superior y un transistor inferior de la primera pata sean conductores de forma simétrica y complementaria, controlar la segunda pata con una señal que tiene una forma de onda, una fase de la cual queda atrás o hace avanzar la de la primera pata por un ángulo eléctrico de 120°, y controlar la tercera pata con una señal que tiene una forma de onda, una fase de la cual queda atrás o hace avanzar la de la primera pata por un ángulo eléctrico de 240°; y
- 30 D. generar un primer voltaje de onda cuadrada alterno entre el primer nodo y el segundo nodo, un segundo voltaje de onda cuadrada alterno entre el segundo nodo y el tercer nodo, y un tercer voltaje de onda cuadrada alterno entre el tercer nodo y el primer nodo, respectivamente, en donde las fases de los primer, segundo y tercer voltajes de onda cuadrada alternos difieren uno con respecto al otro por un ángulo eléctrico de 120°, y cada uno de los primer, segundo y tercer voltajes de onda cuadrada alternos tiene una frecuencia en la que resuena el motor ultrasónico.
- 35

40 Un circuito de conmutación de DC/DC se dispone anterior al circuito inverso de puente trifásico, de manera que el voltaje de alimentación se convierte a un voltaje requerido por los elementos piezoeléctricos.

- 40 El tercer objetivo de la presente invención se alcanza proporcionando un método de accionamiento de motor ultrasónico que comprende:

- 45 A. accionar los elementos piezoeléctricos del motor ultrasónico en grupos de dos en dos, conectar un terminal de un primer elemento piezoeléctrico en cada grupo a un primer nodo, el otro terminal del primer elemento piezoeléctrico a un tercer nodo, conectar un terminal de un segundo elemento piezoeléctrico en cada grupo a un segundo nodo, el otro terminal del segundo elemento piezoeléctrico al tercer nodo, y en donde el tercer nodo es un terminal de tierra común para cada uno de los elementos piezoeléctricos, cada uno de los cuatro adyacente los elementos piezoeléctricos que se polarizan en la secuencia de "+ + - -";
- 50 B. utilizar dos circuitos de puente medio que comprenden una primera pata y una segunda pata, los terminales de salida de las primera y segunda patas que se conectan con el primer nodo y el segundo nodo del motor ultrasónico, respectivamente, y el terminal de tierra del circuito de puente medio que se conecta con el tercer nodo del motor ultrasónico;
- 55 C. controlar que un transistor superior y un transistor inferior de la primera pata sean conductores en un intervalo particular de los ángulos de conducción, respectivamente, controlar la segunda pata con una señal que tiene una forma de onda, una fase de la cual queda atrás o hace avanzar la de la primera pata por un ángulo eléctrico de 90°; y
- 60 D. generar dos voltajes de ondulación de DC, uno de los cuales difiere del otro por un ángulo de fase de 90°, en donde cada uno de los dos voltajes de ondulación de DC tiene una frecuencia en la que resuena el motor ultrasónico.

Un circuito de conmutación de DC/DC se dispone anterior a los dos circuitos de puente medio, de manera que el voltaje de alimentación se convierte a un voltaje requerido por los elementos piezoeléctricos.

5 El cuarto objetivo de la presente invención se alcanza proporcionando un método de accionamiento de motor ultrasónico que comprende:

- A. accionar los elementos piezoeléctricos del motor ultrasónico en grupos de dos en dos, conectar un terminal de un primer elemento piezoeléctrico en cada grupo a un primer nodo, el otro terminal del primer elemento piezoeléctrico a un tercer nodo,
- 10 conectar un terminal de un segundo elemento piezoeléctrico en cada grupo a un segundo nodo, el otro terminal del segundo elemento piezoeléctrico al tercer nodo, y en donde el tercer nodo es un terminal de tierra común para cada uno de los elementos piezoeléctricos, cada uno de los cuatro elementos piezoeléctricos adyacentes que se polarizan en la secuencia de "+ + - -";
- 15 B. utilizar un primer circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC y un segundo circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC para invertir el voltaje de alimentación en el voltaje requerido por el motor ultrasónico, los terminales de salida de los dos circuitos de conmutación de refuerzo de DC/DC que se conectan con el primer nodo y el segundo nodo del motor ultrasónico, respectivamente;
- C. cada uno de los circuitos de conmutación de refuerzo de DC/DC comprende un inductor, un transistor y un diodo, un extremo del inductor que se conecta al terminal de salida de la fuente de alimentación, el otro extremo del inductor que se conecta al colector del transistor y el ánodo del diodo, el transistor que se conecta entre el terminal de salida del inductor y el terminal de tierra, y el diodo que se conecta entre el terminal de salida del inductor y el terminal de salida de todo el circuito;
- 20 D. controlar el primer circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC para trabajar a una frecuencia de ondulación particular, una frecuencia de ondulación en la que trabaja el segundo circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC queda atrás o hace avanzar la del primer circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC por un cuarto de período; y
- 25 E. generar dos voltajes de ondulación de DC, uno de los cuales tiene una fase que difiere del otro por un cuarto de período,

30 en donde cada uno de los dos voltajes de ondulación de DC tiene una amplitud de voltajes de salida de los primer y segundo circuitos de conmutación de refuerzo de DC/DC, y una frecuencia de ondulación en la que resuena el motor ultrasónico.

35 Se conecta un transistor entre un terminal de salida de cada uno de los circuitos de conmutación de refuerzo de DC/DC y el terminal de tierra, el transistor que puede controlarse para descargar periódicamente los elementos piezoeléctricos en la frecuencia de ondulación a fin de acelerar la velocidad de descarga.

40 Un diodo está en conexión en paralelo inversa con el transistor de cada uno de los circuitos de conmutación de refuerzo de DC/DC, mientras que cada diodo está en conexión en paralelo inversa con un transistor adicional. Por lo tanto, se forma un circuito reductor de DC/DC entre el motor ultrasónico hasta la fuente de alimentación. La energía eléctrica del motor ultrasónico se realimenta de la fuente de alimentación.

45 La ventaja del método de accionamiento de motor ultrasónico de acuerdo con la presente invención es que solamente se requieren seis transistores de conmutación. La polarización en la secuencia de "+ + - -" puede disminuir la amplitud de voltaje de la fuente de alimentación. Por lo tanto se simplifica el circuito de accionamiento y podría mejorarse la eficacia del mismo, y por lo tanto se reduce el coste. Es especialmente ventajoso para el motor ultrasónico que se use en los dispositivos portátiles alimentados por baterías.

50 Otra ventaja de generar un voltaje bifásico en ortogonal por el circuito de puente trifásico es que este circuito también puede generar un voltaje trifásico en simetría con otro método de control. Como resultado, cuando el motor piezoeléctrico es una estructura trifásica o una estructura compatible bifásica/trifásica, el motor puede accionarse por un voltaje trifásico. Por lo tanto, un mismo conjunto de circuito de accionamiento proporciona otra opción para el mismo motor, o el mismo conjunto de circuitos de accionamiento acciona dos o más rotores del mismo tipo.

55 La ventaja de generar un voltaje bifásico en ortogonal por el circuito de puente trifásico es que solamente se requieren seis transistores de conmutación. El circuito es simple a fin de que se integre, con la corriente de entrada automáticamente equilibrada, poca fluctuación del torque de salida, y la posibilidad de aplicación en el exterior.

60 La ventaja de usar un doble circuito de ondulación directa de puente medio como la fuente de alimentación es que se reducen el número de tubos de conmutación y el volumen de la fuente de alimentación.

La ventaja de dos circuitos de conmutación de refuerzo de DC/DC como un circuito de accionamiento es que, solamente

se requieren cuatro transistores junto con el circuito periférico adecuado, a fin de accionar el motor ultrasónico. Además, a medida que se genera la señal directa, la frecuencia de conmutación del transistor podría mejorarse de manera significativa, tal como, para cientos de kHz o millones de kHz, de manera que la inducción y la capacitancia requerida por el circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC y su volumen se reducen para promover la miniaturización e integración del circuito de accionamiento. Incluso en una situación determinada, los dos transistores usados para descargar los elementos piezoeléctricos pueden omitirse para obtener el circuito más simple, de manera que la energía eléctrica del motor ultrasónico puede realimentarse además de la fuente de alimentación de manera que el motor funciona en dos cuadrantes.

10 Breve descripción de los dibujos

De aquí en adelante, la presente invención se explica más aún en detalle con referencia a los ejemplos y dibujos acompañantes, en los cuales:

- 15 La Fig. 1 es una vista esquemática que muestra un motor ultrasónico conocido y sus formas polarización y accionamiento;
 La Fig. 2 es una vista esquemática que muestra un circuito de accionamiento de doble puente H accionado por una onda cuadrada bifásica en ortogonal;
 20 La Fig. 3a es una vista de la estructura frontal que muestra un motor ultrasónico integrado que tiene forma de poliedro y se acciona por roscas de tornillo, y un ensamble de lentes ópticos accionados directamente;
 La Fig. 3b es una vista de la estructura lateral que muestra un motor ultrasónico integrado que tiene forma de poliedro y se acciona por roscas de tornillo, y un ensamble de lentes ópticos accionados directamente;
 La Fig. 4 es una vista esquemática que muestra la polarización y cableado de cada elemento piezoeléctrico en el motor ultrasónico de acuerdo con la presente solicitud;
 25 La Fig. 5a es un diagrama de circuito esquemático que muestra que dos patas del circuito de accionamiento de doble puente H como se muestra en la Fig. 2 está en corte a través del terminal de tierra común del motor ultrasónico;
 La Fig. 5b es un diagrama de circuito esquemático que muestra que un voltaje bifásico en ortogonal se genera a partir de un circuito de accionamiento de puente trifásico;
 30 La Fig. 6a es una vista esquemática que muestra la forma de onda de la señal de control para las tres patas;
 La Fig. 6b es una vista esquemática que muestra la forma de onda del voltaje de salida cuando se usa la señal de control de las tres patas;
 La Fig. 7 es un diagrama de circuito esquemático que muestra que el circuito de accionamiento como se muestra en la Fig. 5b se dispone anterior a un circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC;
 35 Las Figs. 8a y 8b son vistas que muestran otro motor ultrasónico integrado que tiene poliedro y se acciona por la rosca de tornillo y un ensamble de lentes ópticos accionados directamente por el motor ultrasónico integrado;
 La Fig. 9 es una vista esquemática que muestra la polarización y cableado de cada elemento piezoeléctrico del motor ultrasónico accionado por un voltaje trifásico de acuerdo con la presente invención;
 La Fig. 10a y 10b son diagramas de forma de onda esquemáticos que muestran una señal de control y un voltaje de salida de las tres patas, respectivamente, cuando un voltaje trifásico en ortogonal se genera un circuito de accionamiento de puente trifásico;
 40 La Fig. 11 es una vista esquemática que muestra la polarización y cableado de cada elemento piezoeléctrico del motor ultrasónico accionado por un voltaje de accionamiento de ondulación directa bifásico de unipolaridad;
 La Fig. 12 es una vista esquemática que muestra un circuito para generar un voltaje de accionamiento de ondulación directa bifásico de unipolaridad;
 45 La Fig. 13 es un diagrama de forma de onda esquemático que muestra la señal de control para cada pata como se muestra en la Fig. 12;
 La Fig. 14 es una vista esquemática que muestra el circuito de accionamiento como se muestra en la Fig. 12 con un circuito de accionamiento de refuerzo de DC/DC anterior;
 50 La Fig. 15 es una vista esquemática que muestra otro circuito para generar un voltaje de accionamiento de ondulación directa bifásico de unipolaridad;
 La Fig. 16 es una vista esquemática que muestra un circuito para generar un voltaje de accionamiento de ondulación directa bifásico de unipolaridad, en el que se requieren solamente dos transistores; y
 La Fig. 17 es una vista esquemática que muestra un circuito para generar un voltaje de accionamiento de ondulación directa bifásico de unipolaridad, en el que puede realimentarse la energía eléctrica.

Descripción detallada de la invención

60 Las Figs. 3a y 3b ilustran un motor ultrasónico integrado que tiene una forma de poliedro y se acciona por roscas de tornillo, y un ensamble de lentes ópticos accionados directamente por el motor ultrasónico integrado. El motor ultrasónico comprende un estator 31 y un rotor 33, cada uno de los cuales se proporciona con un agujero circular central. El estator 31 tiene un cuerpo de metal cilíndrico hueco, el que se asegura con una pluralidad de elementos

piezoeléctricos 32. El rotor 33 consiste de una lámina giratoria dentro de la cual se incorpora un ensamble de lentes ópticos 34. El cuerpo del estator 31 se hace coincidir con el rotor 33 por la rosca de tornillo 35. Es decir, la pared interna del agujero circular central del estator 31 se configura con roscas de tornillo internas, mientras que la superficie externa del rotor 33 se configura con las roscas de tornillo externas correspondientes. Las dos roscas de tornillo tienen el mismo paso. El cuerpo del estator 31 tiene una forma de poliedro o cilindro, así como también una pared interna hueca. El estator 31 se forma con materiales de metal de manera que los elementos piezoeléctricos 32 colocados en el mismo tienen un nodo común que se llama el terminal de tierra común. El motor ultrasónico integrado como se muestra en la Fig. 3a se polariza de manera que los elementos piezoeléctricos adyacentes en un grupo de dos en dos se polarizan en la secuencia de "+ + - -" (los dos elementos piezoeléctricos adyacentes se polarizan en dirección hacia adelante, mientras que los otros dos elementos piezoeléctricos se polarizan en dirección hacia atrás). Como se muestra en la Fig. 4, cada uno de los elementos piezoeléctricos 32 consiste de parches piezoeléctricos 41-48 que se polarizan en la secuencia de "+ + - - + + - -". Además, un voltaje de accionamiento para accionar el elemento piezoeléctrico 32 ya no se aplica a través de dos parches piezoeléctricos, sino que se aplica a través de cada parche piezoeléctrico y el anillo interno de metal (el terminal de tierra común). Como resultado, con referencia a la Fig. 4 de nuevo, dentro de un grupo, ya no se alimentan en serie un parche piezoeléctrico polarizado en dirección hacia adelante y el otro parche piezoeléctrico correspondiente polarizado en dirección hacia atrás, sino que se alimentan en paralelo. Es decir, se aplica una señal de potencia $A \sin \omega t$ a través de uno de los parches piezoeléctricos 41, 43, 45, 47 y el terminal de tierra común, y se aplica una señal de potencia $A \cos \omega t$ a través de uno de los parches piezoeléctricos 42, 44, 46, 48 y el terminal de tierra común, en donde A es la amplitud del voltaje requerida para accionar un solo parche piezoeléctrico. Por lo tanto, en este método de accionamiento, el voltaje de alimentación requerido por el motor ultrasónico es la mitad del que se requiere en otros métodos de accionamiento, y por lo tanto se reduce de manera eficaz la amplitud del voltaje de accionamiento.

Sin embargo, puesto que el anillo interno de metal está en corte en el motor ultrasónico, la solución de doble puente H como se muestra en la Fig. 2 no puede aplicarse directamente al motor ultrasónico como se muestra en la Fig. 3 si se aplica el voltaje de onda cuadrada en ortogonal en lugar del voltaje de onda sinusoidal antes mencionado. La razón es que, en esta situación, como se muestra en la Fig. 5, el anillo interno de metal del motor ultrasónico conecta brevemente una pata 22 con una pata 24 en sus puntos medios, como se muestra con la línea discontinua en la Fig. 5a, y por lo tanto los transistores de conmutación en las patas 22 y 24 no podrían controlarse lo suficiente, respectivamente.

En realidad, debido a la conexión en corte del anillo interno de metal, el circuito mostrado en la Fig. 5a puede convertirse al circuito mostrado en la Fig. 5b en el que solamente las tres patas efectivas están a la izquierda, y como resultado el circuito se convierte en un circuito de puente completo trifásico. Para este fin, la presente invención proporciona un método para generar voltaje bifásico en ortogonal mediante el control de un circuito inverso de puente trifásico.

Para el motor ultrasónico que tiene el anillo interno de metal, con los elementos piezoeléctricos del mismo que se conectan al terminal de tierra común, como se muestra en la Fig. 3a, se emplea la polarización como se muestra en la Fig. 4. Particularmente, un terminal de cada uno de los parches piezoeléctricos 41, 43, 45 y 47 se conecta a un primer nodo A, y el otro terminal de cada uno de los parches piezoeléctricos 41, 43, 45 y 47 se conecta a un segundo nodo B. Además, uno de los terminales de cada uno de los parches piezoeléctricos 42, 44, 46 y 48 se conecta a un tercer nodo C, y el otro terminal de cada uno de los parches piezoeléctricos 42, 44, 46 y 48 se conectan también al segundo nodo B. El segundo nodo B es el terminal de tierra común para cada elemento piezoeléctrico. Adicionalmente, el circuito inverso de puente trifásico como se muestra en la Fig. 5b se usa como un circuito de accionamiento, que comprende una primera pata 51, una segunda pata 52 y una tercera pata 53. Los terminales de salida de estas tres patas se conectan al primer nodo A, el segundo nodo B y el tercer nodo C, respectivamente;

El método para controlar las tres patas es como sigue:

1. Cada pata se aplica con una señal de control cuadrada de 180° (Fig. 6a) a una frecuencia durante la cual resonará el motor ultrasónico. Los transistores superior e inferior de cada pata se conducen complementariamente. Sin embargo, en la práctica, se establece cierto tiempo muerto para evitar que los transistores superior e inferior se conduzcan directamente.
2. El ángulo de fase original de la primera pata 51 es 0° (Fig. 6a-A). Las fases de la tercera pata 53 y la primera pata 51 son inversas (Fig. 6a-C). La fase de la segunda pata 52 queda atrás de la primera pata 51 por un ángulo eléctrico de 90° (Fig. 6a-B). Alternativamente, la fase de la segunda pata 52 hace avanzar la fase de la primera pata 51 por un ángulo eléctrico de 90° . Por lo tanto, el motor ultrasónico gira en sentido inverso.
3. Dos voltajes de onda cuadrada alternos (Fig. 6a), que tienen una diferencia de fase de 90° , se generan a partir de un nodo que está entre el punto medio de la primera pata 51 y el punto medio de la segunda pata 52 (AB), o entre el punto medio de la tercera pata 53 y el punto medio de la segunda pata 52 (CB). Los voltajes de onda cuadrada alternos tienen unas amplitudes que se requieren por un solo parche piezoeléctrico, y frecuencias en las que puede resonar el motor ultrasónico.

4. Un circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC se dispone anterior al circuito inverso del puente, como se muestra en la Fig. 7, para invertir el voltaje de alimentación en un voltaje requerido. Por ejemplo, cuando el motor ultrasónico se alimenta por una batería, el voltaje de alimentación de la batería se eleva como un voltaje de valor específico por el circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC. El circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC comprende un inductor L, un transistor, un diodo D1 y un capacitor C2. Particularmente, un extremo del inductor L se conecta al terminal de entrada de la fuente de alimentación, y el otro extremo del mismo se conecta al colector del transistor y el ánodo del diodo D1. Además, el transistor se conecta entre el terminal de salida del inductor L y el terminal de tierra; el diodo D1 se conecta entre el terminal de salida del inductor L y el terminal de salida de todo el circuito; y el capacitor C2 se conecta entre el terminal de salida de todo el circuito y el terminal de tierra.

Adicionalmente, pueden utilizarse varios PWM tales como SPWM y SVPWM para reemplazar el control de onda cuadrada, de manera que la forma de onda de salida se aproxima más a la forma de la onda sinusoidal.

La ventaja de generar un voltaje bifásico en ortogonal mediante el uso del circuito de puente trifásico es que solamente se requieren seis transistores de conmutación. La polarización en la secuencia de "++-" puede disminuir la amplitud de voltaje de la fuente de alimentación. Por lo tanto se simplifica el circuito de accionamiento y podría mejorarse la eficacia del mismo, y como resultado se reduce el coste. Es ventajoso particularmente usar el ultrasónico en los dispositivos portátiles alimentados por baterías.

Otra ventaja de generar un voltaje bifásico en ortogonal mediante el uso del circuito de puente trifásico es que este circuito también puede generar un voltaje trifásico en simetría mediante el uso de otro método de control. Como resultado, cuando el motor piezoeléctrico es de una estructura trifásica o una estructura compatible bifásica/trifásica, el motor puede accionarse por un voltaje trifásico. Por lo tanto, un mismo conjunto de circuito de accionamiento proporciona otra opción para el mismo motor. Alternativamente, el mismo conjunto de circuitos de accionamiento puede accionar dos o más rotores del mismo tipo.

Con referencia a las Figs. 8a y 8b, un motor ultrasónico de estructura trifásica mostrado en las mismas comprende un estator 81 y un rotor 83, ambos de los cuales se proporcionan con agujeros circulares centrales. El estator 81 tiene un cuerpo de metal cilíndrico hueco, que se asegura con una pluralidad de elementos piezoeléctricos 82. El rotor 83 consiste de una lámina giratoria dentro de la cual se incorpora un ensamble de lentes ópticos 84. El sustrato del estator 81 se hace coincidir con el rotor 83 a través de la rosca de tornillo 85. Es decir, la pared interna del agujero circular central del estator 81 se proporciona con roscas de tornillo internas, mientras que la superficie externa del rotor 83 se proporciona con las roscas de tornillo externas correspondientes. Las roscas de tornillo interna y externa tienen el mismo paso. El sustrato del estator 83 tiene una forma de poliedro o cilindro, así como también una pared interna hueca. Debido al material de metal del estator 81, los elementos piezoeléctricos en el estator 83 tienen un nodo común el cual se llama el terminal de tierra común. A medida que el motor ultrasónico se acciona por un circuito de accionamiento bifásico o trifásico, el número de elementos piezoeléctricos en el mismo son generalmente múltiplos de 4 o 3. La estructura en este ejemplo tiene seis elementos piezoeléctricos que se muestran como parches piezoeléctricos 92, 93, 94, 96, 97 y 98 en la Fig. 9. Es decir, dos elementos cerámicos piezoeléctricos se eliminan aún más de la estructura mostrada en la Fig. 4. Cuando el motor ultrasónico se acciona por un circuito de accionamiento trifásico, la polarización y el cableado del motor se muestran en la Fig. 9, el circuito de accionamiento sigue siendo el mismo que el mostrado en la Fig. 5b, y la forma de onda de la señal de accionamiento se muestra en la Fig. 10.

Para el motor ultrasónico que tiene el anillo interno de metal, con los elementos piezoeléctricos del mismo que se conectan al terminal de tierra común como se muestra en la Fig. 8, se emplea la polarización como se muestra en la Fig. 9. Como se muestra, los parches piezoeléctricos 92, 93, 94, 96, 97 y 98 se polarizan en la secuencia de "+ + + + +". Particularmente, un terminal de cada uno de los parches piezoeléctricos 92 y 96 se conecta a un primer nodo A, y el otro terminal del mismo se conecta al terminal de tierra común; un terminal de cada uno de los parches piezoeléctricos 93 y 97 se conecta a un segundo nodo B, y el otro terminal del mismo se conecta al terminal de tierra común. Además, un terminal de cada uno de los parches piezoeléctricos 94 y 98 se conecta a un tercer nodo C, y el otro terminal del mismo es el terminal de tierra común. Adicionalmente, el circuito inverso de puente trifásico como se muestra en la Fig. 5b se usa como el circuito de accionamiento, y comprende una primera pata 51, una segunda pata 52 y una tercera pata 53. Los terminales de salida de estas tres patas se conectan al primer nodo A, el segundo nodo B y el tercer nodo C, respectivamente. El método para controlar las tres patas es como sigue:

1. Cada pata usa una señal de control cuadrada de 180° (Fig. 10a) o 120° a una frecuencia en la que puede resonar el motor ultrasónico. Los transistores superior e inferior de cada pata se conducen complementariamente, sin embargo, en la práctica, puede establecerse cierto tiempo muerto para evitar que los transistores superior e inferior se conduzcan directamente.

2. El ángulo de fase original de la primera pata 51 es 0 (10a-A). La fase de la segunda pata 52 queda atrás de la primera pata 51 en un ángulo eléctrico de 120° (Fig. 10a-B), y la fase de la tercera pata 53 queda atrás de la

segunda pata 52 por un ángulo eléctrico de 120° (Fig. 5a-C). Alternativamente, la fase de la segunda pata 52 puede hacer avanzar la fase de la primera pata 51 por un ángulo eléctrico de 120°, y la fase de la tercera pata 53 puede hacer avanzar la fase de la segunda pata 52 por un ángulo eléctrico de 120°, (no se muestra en las Figs.). En esta condición, el motor ultrasónico gira en sentido inverso.

3. Los tres voltajes alternos (Fig. 10b), que tienen diferencias de fase de 120° entre sí, se generan a partir de los puntos medios de las primera, segunda y tercera patas 51, 52 y 53 y se conectan en forma de "Y". Los dos voltajes alternos tienen amplitudes que se requieren por dos parches piezoeléctricos en serie, y las frecuencias en las que el motor ultrasónico está en la zona de resonancia.

4. Un circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC se dispone anterior al circuito inverso del puente, para elevar el voltaje hasta el valor requerido. Por ejemplo, cuando el motor ultrasónico se alimenta por una batería, el voltaje se eleva hasta un voltaje de un valor específico por el circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC (Fig. 7).

Además, se utilizan varios PWM tales como SPWM y SVPWM para reemplazar el control de onda cuadrada, de manera que la forma de onda de salida se aproxima más a la forma de la señal de onda sinusoidal.

La ventaja de generar un voltaje bifásico en ortogonal mediante el uso del circuito de puente trifásico es que solamente se requieren seis transistores de conmutación. El circuito es simple a fin de que se integre y la corriente de entrada al circuito puede equilibrarse automáticamente con poca fluctuación del torque de salida, y la posibilidad de aplicación en el exterior.

En el método de control de motor ultrasónico tradicional y el método de control del motor ultrasónico mejorado anteriormente, las fuentes de alimentación usadas ambas son ambipolares, es decir, los voltajes de salida son voltajes alternos. Como resultado, en la implementación del circuito, debe emplearse un circuito inverso. El número de los transistores que se requiere por el circuito inverso es 8 (para un doble puente H) o 6 (para la salida bifásica en ortogonal del puente trifásico). La frecuencia de salida del circuito inverso está por encima del intervalo de la frecuencia de audio, tales como 15 kHz a 200 kHz. Este intervalo es adecuado para los elementos pasivos en el circuito, tales como el inductor y el capacitor. Con el fin de mejorar aún más la frecuencia de funcionamiento del elemento pasivo en el circuito y disminuir el volumen de la fuente de alimentación, la presente invención proporciona además un método para alimentar el motor ultrasónico por la fuente de alimentación de unipolaridad, como se muestra en la Fig. 11. Para el motor ultrasónico que tiene el anillo interno de metal como se muestra en la Fig. 3, todavía se emplea la polarización en la secuencia de "+ + - -", en la que los parches piezoeléctricos 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118 y 111 se polarizan en la secuencia de "+ + - - + + - -". Particularmente, un terminal de cada uno de los parches piezoeléctricos 112, 114, 116 y 118 se conecta a un primer nodo A, y el otro terminal del mismo se conecta a un tercer nodo C. Además, un terminal de cada uno de los parches piezoeléctricos 111, 113, 115 y 117 se conecta a un segundo nodo B, y el otro terminal del mismo se conecta al tercer nodo C. El tercer nodo C es el terminal de tierra común. La etapa de salida de la fuente de alimentación se alimenta por un voltaje de alimentación de ondulación directa de doble puente medio, el circuito del cual se muestra en la Fig. 12, que comprende una primera pata 121 y una segunda pata 122. Los terminales de salida de las dos patas se conectan con el primer nodo A y el segundo nodo B, respectivamente. El método para controlar cada pata es como sigue:

1. El transistor superior de cada pata usa una señal de control cuadrada de 180° (Fig. 13) u otros ángulos. Los transistores superior e inferior de la pata se conducen complementariamente (en la práctica, se establece cierto tiempo muerto para evitar que los transistores superior e inferior se conduzcan directamente).

2. El ángulo de fase original de la primera pata 121 es 0 (Fig. 13-A). La fase de la segunda pata 122 puede quedarse atrás de la fase de la primera pata 121 por un ángulo eléctrico de 90° (Fig. 13-B). Alternativamente, la fase de la segunda pata 122 puede hacer avanzar la fase de la primera pata 121 por un ángulo eléctrico de 90° (no se muestra en la Fig. 13). En consecuencia, el motor ultrasónico gira en sentido inverso.

3. Dos voltajes de onda cuadrada de ondulación de DC con una diferencia de fase de un cuarto del período se recuperaron a partir de un nodo entre el punto medio de la primera pata 121 y el terminal de tierra común, o entre el punto medio de la segunda pata 122 y el terminal de tierra común. Cada uno de los dos voltajes de onda cuadrada de ondulación de DC tiene una amplitud que es igual a la señal de salida del circuito de conmutación de DC/DC, y una frecuencia en la que puede resonar el motor ultrasónico.

4. Un circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC se dispone anterior al circuito de ondulación de DC de doble puente medio para elevar el voltaje al voltaje requerido. Por ejemplo, cuando el motor ultrasónico se alimenta por la batería, el voltaje se eleva hasta un voltaje de valor específico por el circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC, como se muestra en la Fig. 14.

Además, se utilizan varios PWM tales como SPWM y SVPWM para reemplazar la onda cuadrada, de manera que la forma de onda de salida del circuito de DC de doble puente medio se aproxima más a la forma de la onda sinusoidal.

Aunque el circuito mostrado en la Fig. 12 es un circuito de salida de unipolaridad, aún se usan cuatro transistores para

alcanzar las dos salidas con ondulación de DC. Con un circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC anterior, se requieren en total cinco transistores para el circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC. De acuerdo con el principio de trabajo del circuito de unipolaridad, debe entenderse que al menos se requiere un transistor para generar una salida directa, y dos transistores para dos salidas directas.

5 Como se muestra en la Fig. 15, se simplifica el circuito de accionamiento en dos circuitos de conmutación de refuerzo de DC/DC, cuyas dos señales de salida de ondulación de DC con una diferencia de fase de un cuarto de período. Cada circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC comprende un inductor, un transistor, un diodo y un capacitor. Particularmente, un extremo del inductor se conecta al terminal de entrada de la fuente de alimentación, y el otro extremo del mismo se conecta al colector del transistor y al ánodo del diodo. Además, el transistor se conecta entre el terminal de salida del inductor y el terminal de tierra. Adicionalmente, el diodo se conecta entre el terminal de salida del inductor y el terminal de salida de todo el circuito, y el capacitor se conecta entre el terminal de salida de todo el circuito y el terminal de tierra. Con el fin de generar una señal de ondulación, los transistores Q3 y Q4 se conectan, respectivamente, entre el terminal de salida de todo el circuito y el terminal de tierra, para descargar los capacitores de los elementos piezoeléctricos.

El método solamente requiere cuatro transistores junto con el circuito periférico adecuado, a fin de accionar el motor ultrasónico. Además, a medida que se genera una señal de DC, la frecuencia de conmutación del transistor podría mejorarse de manera significativa, tales como para cientos de kHz o millones de kHz, de manera que la inducción y capacitancia requeridos por el circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC y su volumen se disminuyen para promover la miniaturización e integración del circuito de accionamiento.

En cierta situación, pueden omitirse los dos transistores Q3 y Q4 para descargar los elementos piezoeléctricos, de manera que se realiza el circuito más simple como se muestra en la Fig. 16.

25 Alternativamente, mientras que se emplea un circuito como se muestra en la Fig. 17, un diodo puede estar en conexión paralela inversa con el transistor de cada circuito de refuerzo. Y un transistor está en conexión en paralelo inversa con el diodo de cada circuito de refuerzo. La energía eléctrica del elemento piezoeléctrico puede realimentarse de la fuente de alimentación de entrada mediante el control del transistor paralelo inverso, y como resultado podría mejorarse la eficacia del circuito.

El circuito mencionado anteriormente alimentado por el voltaje de ondulación de unipolaridad de DC podría reemplazar la salida alterna convencional. Con el voltaje de salida de DC, la frecuencia de conmutación del transistor podría mejorarse de manera significativa, tal como, para cientos de kHz hasta incluso millones de Hz, a fin de promover la miniaturización e integración del circuito de accionamiento.

A continuación, se describen los motores ultrasónicos ilustrativos.

Ejemplo 1

40 De acuerdo con la Fig. 3, el motor ultrasónico en el ejemplo comprende un estator 31 y un rotor 33, ambos de los cuales se proporcionan con un agujero circular central. El estator 31 tiene un cuerpo de metal cilíndrico hueco y una pluralidad de elementos piezoeléctricos 32 asegurados en el mismo. El rotor 33 comprende una lámina giratoria dentro de la cual se incorpora un ensamble de lentes ópticos 34. El cuerpo del estator 31 se hace coincidir con el rotor 33 a través de la rosca de tornillo 35. Es decir, la pared interna del agujero circular central del estator 31 se proporciona con rosca de tornillo interna, mientras que la superficie externa del rotor 33 se proporciona con la rosca de tornillo externa correspondiente. Las dos roscas tienen el mismo paso y un diámetro nominal. El cuerpo del estator 31 tiene una forma de poliedro o cilindro, así como también una pared interna hueca. Debido al material de metal del estator 31, los elementos piezoeléctricos 32 en el mismo tienen un nodo común, que se llama el terminal de tierra común. La superficie de la rosca de tornillo está bajo tratamiento resistente al desgaste o recubierta con material resistente al desgaste. La sección de la rosca de tornillo puede ser cualquiera o la combinación de triángulo, trapecio, rectángulo o convexidad. El recorrido de la rosca de tornillo puede ser de curva continua, curva en sección o una curva de trayectoria particular.

55 La polarización de los elementos piezoeléctricos y el cableado de la fuente de alimentación de accionamiento se muestran en la Fig. 4. Los parches piezoeléctricos 41-48 se polarizan en la secuencia de "+ + - - + + - -", y entonces se conectan a los puntos medios de las primer y tercera patas 51 y 53 en el circuito como se muestra en la Fig. 5b. El punto medio de la segunda pata 52 se conecta al terminal de tierra común del estator. Los parches piezoeléctricos entonces se activan y generan ondas viajeras de vibración que rotan en la dirección en el sentido de las manecillas del reloj. Las ondas viajeras accionan el rotor para hacerlo girar bajo fricción entre las mismas. Cuando el estator y el rotor se hacen coincidir a través de la rosca de tornillo, el rotor puede moverse también axialmente en el momento de rotación. En consecuencia, el ensamble de lentes ópticos en el rotor se acciona directamente para cambiar su localización a fin de ajustar el enfoque de la lente.

En este ejemplo, el método para controlar la primera pata 51, la segunda pata 52 y la tercera pata 53 se muestra en la Fig. 6a, mientras que la Fig. 6b muestra las formas de onda reales de U_{AB} y U_{CB} de los voltajes aplicados a través de cada elemento piezoeléctrico y el terminal de tierra común.

5

Ejemplo 2

La solución de acuerdo con el Ejemplo 2 difiere de la solución del ejemplo 1 en que solamente es diferente el circuito para accionar la fuente de alimentación. Como se muestra en la Fig. 7, un circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC se dispone anterior al circuito inverso de puente como se muestra en la Fig. 5b a fin de elevar el voltaje de alimentación. Por ejemplo, mientras que se usa una batería como la fuente de alimentación, el voltaje de la batería se eleva por el circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC a un voltaje de valor particular.

10

Por supuesto, si el voltaje de alimentación es mayor que el voltaje de accionamiento requerido por el elemento piezoeléctrico, el voltaje podría disminuirse por un circuito reductor de DC/DC de forma similar.

15

Ejemplo 3

El motor ultrasónico de acuerdo con el Ejemplo 3 de la presente solicitud se muestra en la Fig. 8. El motor de acuerdo con el ejemplo 3 de la presente solicitud difiere del motor de la Fig. 3 en que solamente es diferente el número de los elementos piezoeléctricos. Particularmente, el motor de acuerdo con el ejemplo 3 de la presente solicitud tiene 6 elementos piezoeléctricos, de manera que el motor se acciona usando una fuente de alimentación trifásica como se describirá a continuación.

20

La polarización de los elementos piezoeléctricos y el cableado de la fuente de alimentación de accionamiento se muestran en la Fig. 9. Los parches piezoeléctricos 92-94 y 96-98 se polarizan todos en dirección hacia adelante, y entonces se conectan a los puntos medios de las primer, segunda y tercera patas 51, 52 y 53 en el circuito como se muestra en la Fig. 5b. Después de eso, los parches piezoeléctricos se activan y generan ondas viajeras de vibración que rotan en la dirección en el sentido de las manecillas del reloj. Las ondas viajeras accionan el rotor para hacerlo girar bajo fricción entre las mismas. Cuando el estator y el rotor se hacen coincidir a través de la rosca de tornillo, el rotor puede moverse también axialmente en el momento de rotación.

25

30

En este ejemplo, el método para controlar la primera pata 51, la segunda pata 52 y la tercera pata 53 se muestra en la Fig. 10a, mientras que la Fig. 10b muestra las formas de onda reales de U_{AB} , U_{BC} y U_{CA} de los voltajes aplicados a través de cada elemento piezoeléctrico y el terminal de tierra común.

35

Ejemplo 4

La configuración del motor ultrasónico de acuerdo con el Ejemplo 4 de la presente solicitud y la polarización del mismo son los mismos que en el ejemplo 1. El cableado de la fuente de alimentación de accionamiento para el motor de acuerdo con el ejemplo 4 se muestra en la Fig. 11. Los parches piezoeléctricos se conectan a los puntos medios de las primera y segunda patas 121 y 122 en el circuito como se muestra en la Fig. 12. Mientras tanto, el terminal de tierra común del motor se conecta con el terminal de tierra de la fuente de alimentación. Entonces los parches piezoeléctricos se activan y generan ondas viajeras de vibración que rotan en la dirección en el sentido de las manecillas del reloj. Las ondas viajeras accionan el rotor para hacerlo girar bajo fricción entre las mismas. Cuando el estator y el rotor se hacen coincidir a través de la rosca de tornillo, el rotor puede moverse también axialmente en el momento de rotación.

40

45

En este ejemplo, el método para controlar las primera y segunda patas 121 y 122 se muestra en la Fig. 13.

50

Ejemplo 5

El Ejemplo 5 difiere del Ejemplo 4 en que solamente es diferente el circuito para accionar la fuente de alimentación. Como se muestra en la Fig. 14, un circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC se dispone anterior al circuito de puente como se muestra en la Fig. 13 para elevar el voltaje de alimentación. Por ejemplo, mientras que se usa una batería como la fuente de alimentación, el voltaje se eleva por el circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC a un voltaje de valor particular.

55

Por supuesto, si el voltaje de alimentación es mayor que el voltaje de accionamiento requerido por los elementos piezoeléctricos, el voltaje podría disminuirse por un circuito reductor de DC/DC de forma similar.

60

Ejemplo 6

5 En el Ejemplo 6, el motor ultrasónico y la polarización del mismo son los mismos que en el ejemplo 1. El cableado del circuito para accionar la fuente de alimentación se muestra en la Fig. 15. Los parches piezoeléctricos se conectan a los terminales de salida del circuito como se muestra en la Fig. 15, y el terminal de tierra común del motor se conecta con el terminal de tierra de la fuente de alimentación. Entonces los parches piezoeléctricos se activan y generan ondas viajeras de vibración que rotan en la dirección en el sentido de las manecillas del reloj. Las ondas viajeras accionan el rotor para hacerlo girar bajo fricción entre las mismas. Cuando el estator y el rotor se hacen coincidir a través de la rosca, el rotor puede moverse también axialmente en el momento de rotación.

10 Ejemplo 7

La solución de acuerdo con el Ejemplo 7 como se muestra en la Fig. 16 difiere de la solución de acuerdo con el ejemplo 6 solamente en el circuito para accionar la fuente de alimentación de accionamiento.

15 Ejemplo 8

La solución de acuerdo con el Ejemplo 8 como se muestra en la Fig. 17 difiere de la solución de acuerdo con el ejemplo 6 solamente en el circuito de la fuente de alimentación de accionamiento.

Reivindicaciones

- 5 1. Un método para accionar un motor ultrasónico que utiliza un circuito inverso de puente trifásico, el circuito inverso de puente trifásico que comprende una primera pata (51), una segunda pata (52) y una tercera pata (53), el motor ultrasónico que comprende una pluralidad de elementos piezoeléctricos (PZT) divididos en grupos de dos en dos cada uno que comprende un primer elemento piezoeléctrico y un segundo elemento piezoeléctrico, y cada uno de los cuatro elementos piezoeléctricos adyacentes (41-44, 45-48) se polarizan en la secuencia de "++--", el método que comprende:
- 10 conectar un terminal del primer elemento piezoeléctrico (41; 43; 45; 47) al terminal de salida (A) de la primera pata (51), el otro terminal del primer elemento piezoeléctrico a un terminal común (B), en donde el terminal común (B) es el terminal de salida de la segunda pata;
- 15 conectar un terminal del segundo elemento piezoeléctrico (42; 44; 46; 48) al terminal de salida (C) de la tercera pata (53), el otro terminal del segundo elemento piezoeléctrico al terminal común (B),
- 20 controlar las primera, segunda y tercera patas de manera que una fase de un primer voltaje alterno entre los terminales de salida de las primera y segunda patas difiere de la fase de un segundo voltaje alterno entre los terminales de salida de las tercera y segunda patas por un ángulo de 90°, y cada uno de los primer y segundo voltajes alternos tienen una frecuencia en la que resuena el motor ultrasónico.
- 25 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde, cada una de las primera, segunda y tercera patas comprende un primer transistor y un segundo transistor en serie, y en donde, la etapa de controlar las primera, segunda y tercera patas comprende:
- 30 controlar las primera, segunda y tercera patas con las señales de manera que el primer transistor y el segundo transistor de cada una de las primera, segunda y tercera patas sean conductores de forma complementaria, en donde la señal para controlar la segunda pata tiene una fase que difiere de la señal para controlar la primera pata por un ángulo de 90°, y la señal para controlar la tercera pata tiene una fase que es inversa con relación a la fase de la señal para controlar la primera pata.
- 35 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:
- 40 disponer un circuito de conmutación de DC/DC anterior al circuito inverso de puente trifásico, de manera que el voltaje de alimentación se convierte a un voltaje requerido por cada uno de los elementos piezoeléctricos.
- 45 4. Un método para accionar un motor ultrasónico que utiliza un circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC, el circuito de conmutación de refuerzo de DC/DC que comprende un primer circuito de conmutación de DC/DC y un segundo circuito de conmutación de DC/DC, el motor ultrasónico que comprende una pluralidad de elementos piezoeléctricos divididos en grupos de dos en dos cada uno que comprende un primer elemento piezoeléctrico y un segundo elemento piezoeléctrico, en donde cada uno de los cuatro elementos piezoeléctricos adyacentes se polarizan en la secuencia de "++--", el método que comprende:
- 50 conectar un terminal del primer elemento piezoeléctrico al terminal de salida (A) del primer circuito de conmutación de DC/DC, el otro terminal del primer elemento piezoeléctrico a un terminal de tierra común (C);
- 55 conectar un terminal del segundo elemento piezoeléctrico al terminal de salida (B) del segundo circuito de conmutación de DC/DC, el otro terminal del segundo elemento piezoeléctrico al terminal de tierra común (C); y
- 60 controlar los primer y segundo circuitos de conmutación de DC/DC para trabajar a una frecuencia de ondulación particular a fin de generar un primer y segundo voltajes de ondulación de DC respectivamente, en donde, el primer voltaje de ondulación de DC tiene una frecuencia que es la misma que la frecuencia del segundo voltaje de ondulación de DC, pero una fase que difiere de la del segundo voltaje de ondulación de DC por un cuarto de período, y en donde los primer y segundo voltajes de ondulación de DC tienen amplitudes de voltajes de salida de los primer y segundo circuitos de conmutación de refuerzo de DC/DC, y una frecuencia de ondulación en la que resuena el motor ultrasónico.
5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde, cada uno de los primer y segundo circuitos de conmutación de DC/DC comprende un inductor, un primer transistor y un primer diodo, un extremo del inductor que se conecta al terminal de salida de la fuente de alimentación, el otro extremo del inductor que se conecta al colector del primer transistor y el ánodo del primer diodo, el primer transistor que se conecta entre el terminal de salida del inductor y el terminal de tierra, y el primer diodo que se conecta entre el terminal de salida del inductor y el terminal de salida de todo el circuito, un segundo transistor que se conecta entre un terminal de

salida de cada uno de los primer y segundo circuitos de conmutación de DC/DC y el terminal de tierra, un segundo diodo que está en conexión paralela inversa con el primer transistor, el método que comprende además:

5 controlar el segundo transistor para descargar periódicamente cada uno de los elementos piezoeléctricos en la frecuencia de ondulación.

6. Un motor ultrasónico, que comprende:

10 un rotor;
 un estator que comprende un cuerpo de metal cilíndrico hueco, unido con el rotor por roscas de tornillo, en donde una pluralidad de elementos piezoeléctricos divididos en grupos de dos en dos cada uno formado de un primer elemento piezoeléctrico y un segundo elemento piezoeléctrico se proporcionan en el estator, en donde cada uno de los cuatro elementos piezoeléctricos adyacentes (41-44, 45-48) se configura para polarizarse en la secuencia de "++--", y el estator forma el terminal común para la pluralidad de elementos piezoeléctricos; y
 15 un circuito inverso de puente trifásico que comprende una primera pata (51), una segunda pata (52) y una tercera pata (53),
 en donde, un terminal del primer elemento piezoeléctrico (41, 43, 45, 47) se conecta al terminal de salida (A) de la primera pata (51), el otro terminal del primer elemento piezoeléctrico que se conecta a un terminal común (B), en donde el terminal común es el terminal de salida de la segunda pata, en donde, un terminal del segundo elemento piezoeléctrico se conecta al terminal de salida (C) de la tercera pata (53), el otro terminal del segundo elemento piezoeléctrico que se conecta al terminal común (B) ; y
 20 en donde, una fase de un primer voltaje alterno entre los terminales de salida de las primera y segunda patas difiere de la fase de un segundo voltaje alterno entre los terminales de salida de las tercera y segunda patas por un ángulo de 90°; y cada uno de los primer y segundo voltajes alternos tienen una frecuencia en la que resuena el motor ultrasónico.

7. Un motor ultrasónico, que comprende:

30 un rotor;
 un estator que comprende un cuerpo de metal cilíndrico hueco, unido con el rotor por roscas de tornillo, en donde una pluralidad de elementos piezoeléctricos divididos en grupos de dos en dos cada uno que comprende un primer elemento piezoeléctrico y un segundo elemento piezoeléctrico se proporcionan en el estator, en donde cada uno de los cuatro elementos piezoeléctricos adyacentes se polarizan en la secuencia de "++--", y el estator forma un terminal de tierra común (C) para la pluralidad de elementos piezoeléctricos;
 35 un primer circuito de conmutación de DC/DC; y
 un segundo circuito de conmutación de DC/DC,
 40 en donde, un terminal del primer elemento piezoeléctrico se conecta al terminal de salida (A) del primer circuito de conmutación de DC/DC, el otro terminal del primer elemento piezoeléctrico que se conecta al terminal de tierra común (C); y en donde un terminal del segundo elemento piezoeléctrico se conecta al terminal de salida (B) del segundo circuito de conmutación de DC/DC, el otro terminal del segundo elemento piezoeléctrico que se conecta al terminal de tierra común (C);
 45 en donde, los primer y segundo circuitos de conmutación de DC/DC se configuran para generar un primer y segundo voltajes de ondulación de DC/DC a través de los terminales de salida respectivas; y
 en donde, el primer voltaje de ondulación de DC tiene una frecuencia que es la misma que la del segundo voltaje de ondulación de DC, pero una fase difiere de la del segundo voltaje de ondulación de DC por un cuarto de período, y en donde los primer y segundo voltajes de ondulación de DC tienen amplitudes de voltajes de salida de los primer y segundo circuitos de conmutación de DC/DC, y una frecuencia de ondulación en la que resuena el motor ultrasónico.

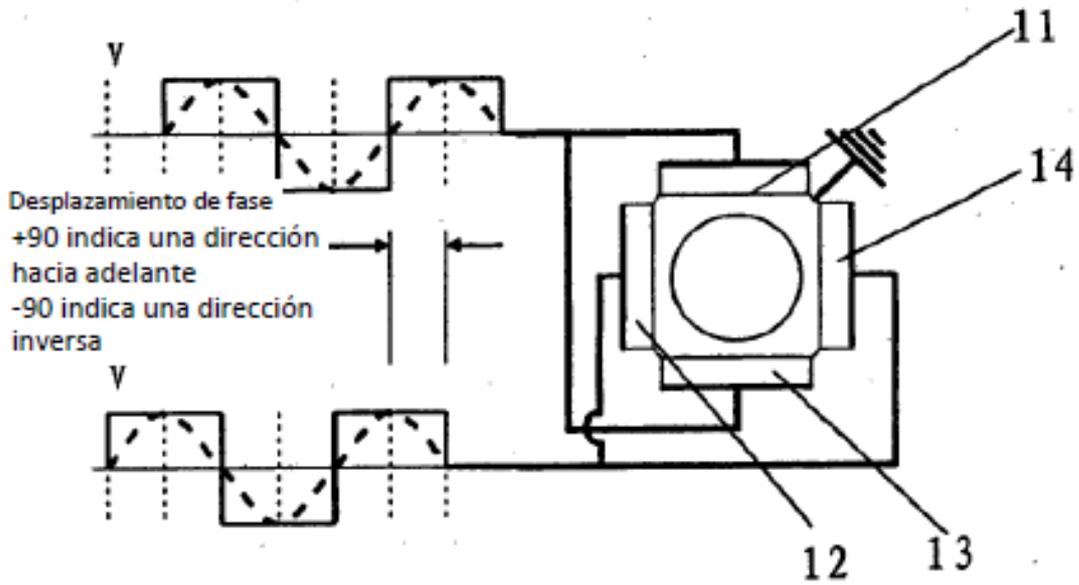


Fig. 1

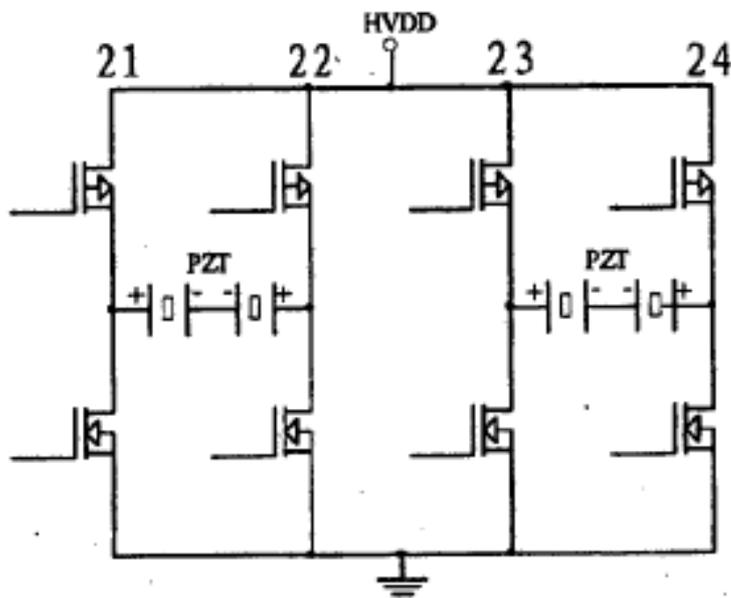


Fig. 2

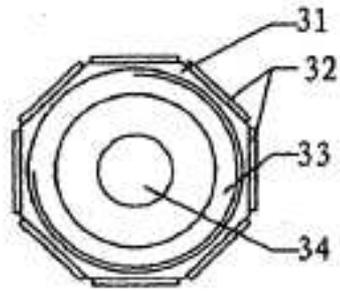


Fig. 3A

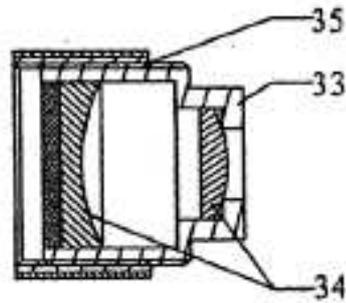


Fig. 3B

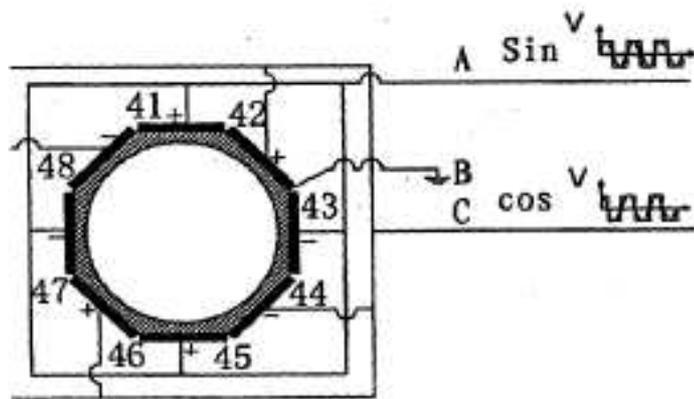


Fig. 4

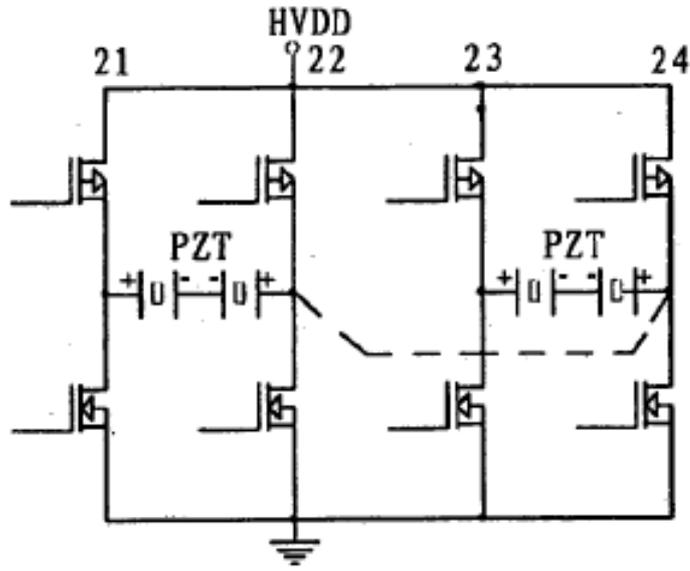


Fig. 5A

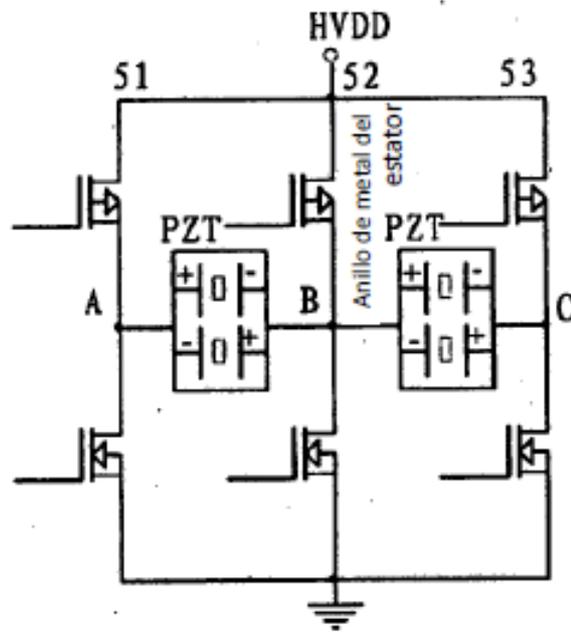


Fig. 5B

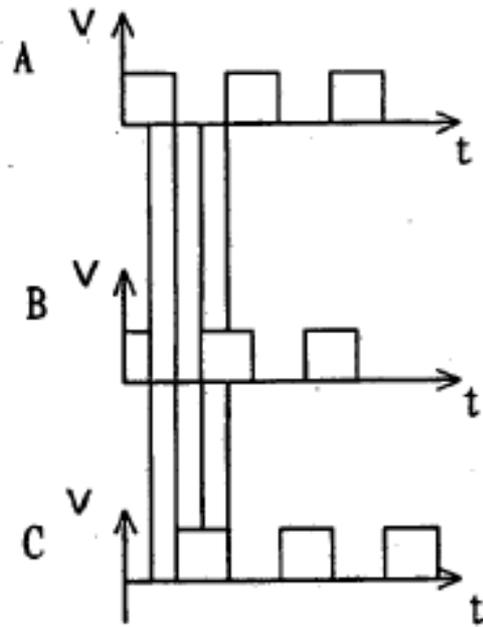


Fig. 6A

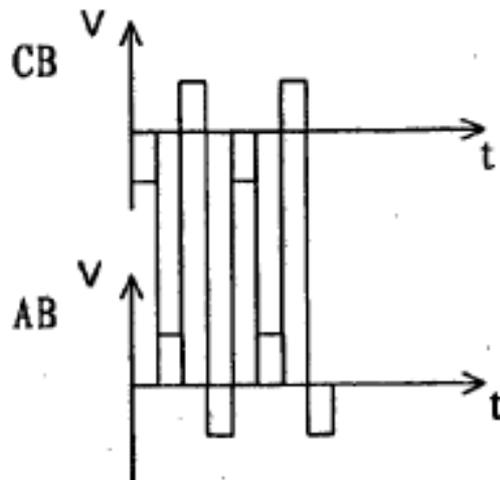


Fig. 6B

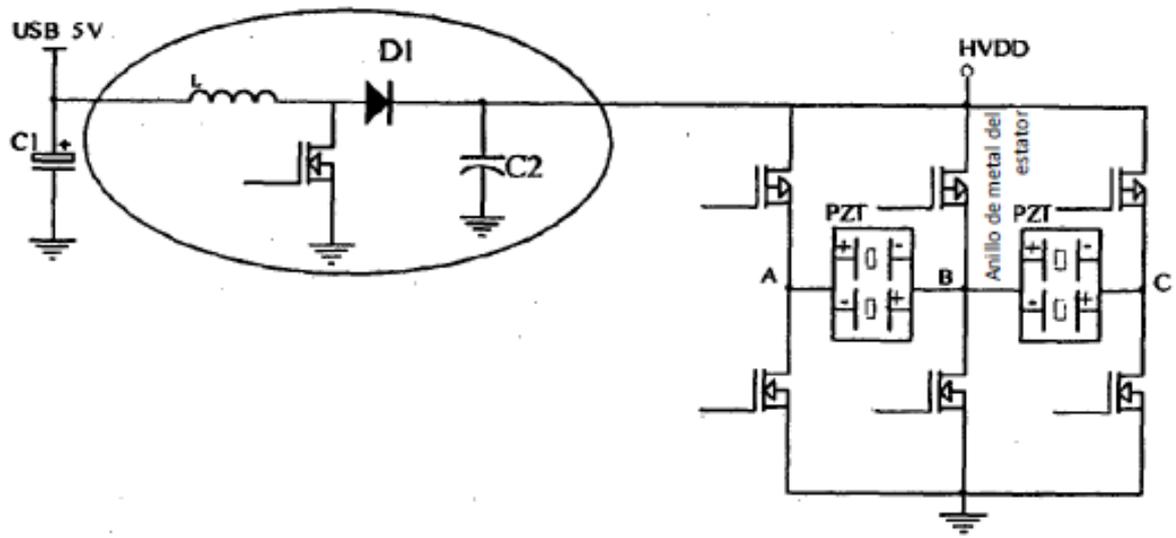


Fig. 7

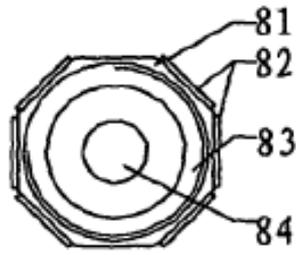


Fig. 8A

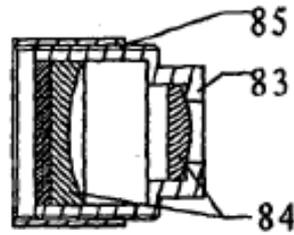


Fig. 8B

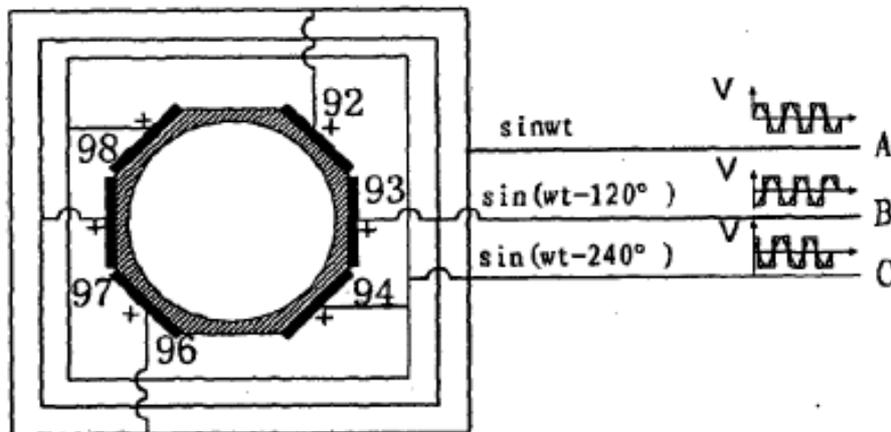


Fig. 9

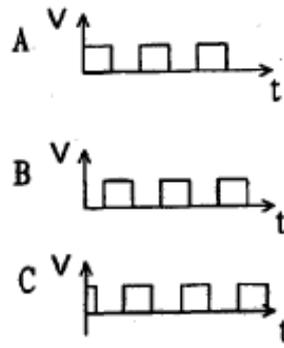


Fig. 10A

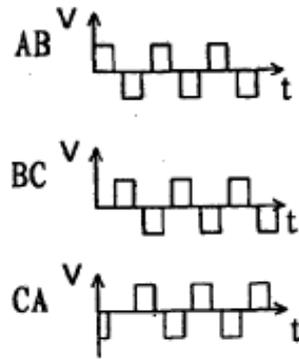


Fig. 10B

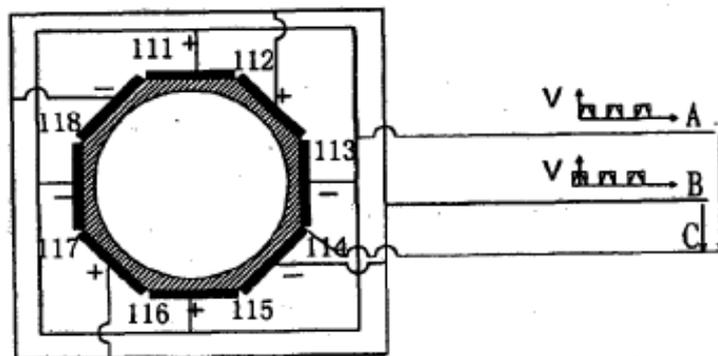


Fig. 11

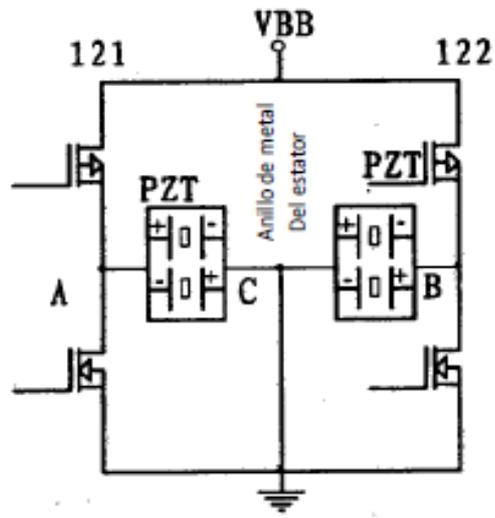


FIG. 12

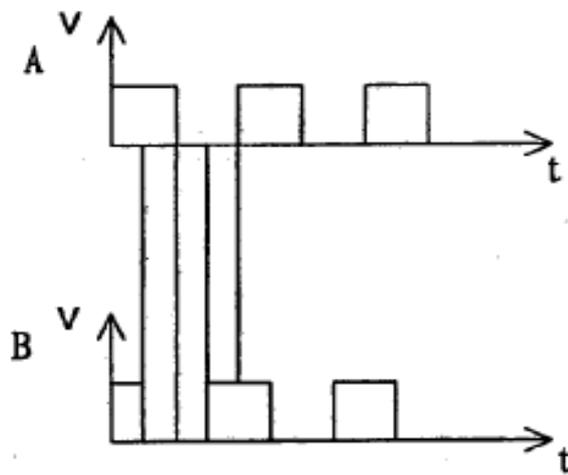


FIG. 13

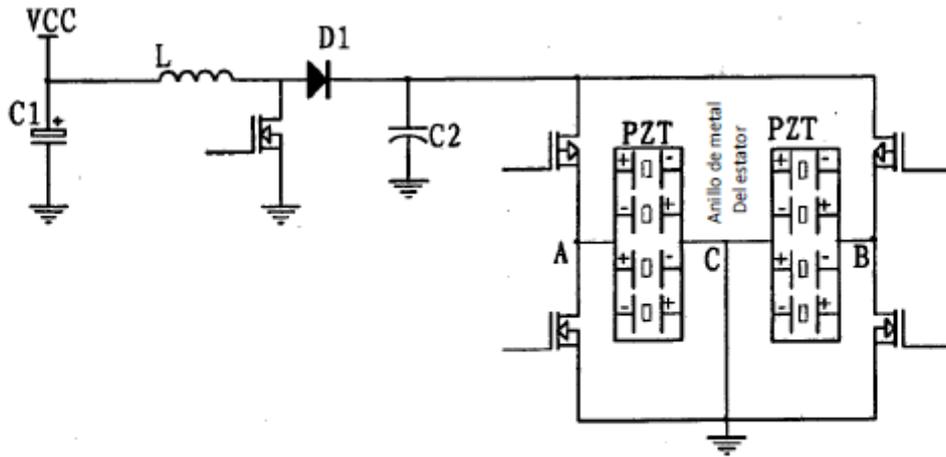


FIG. 14

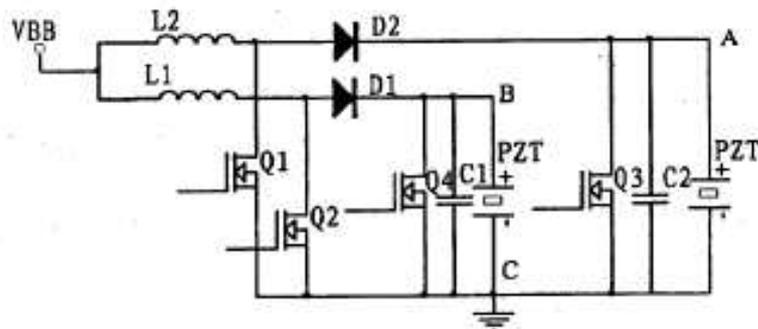


FIG. 15

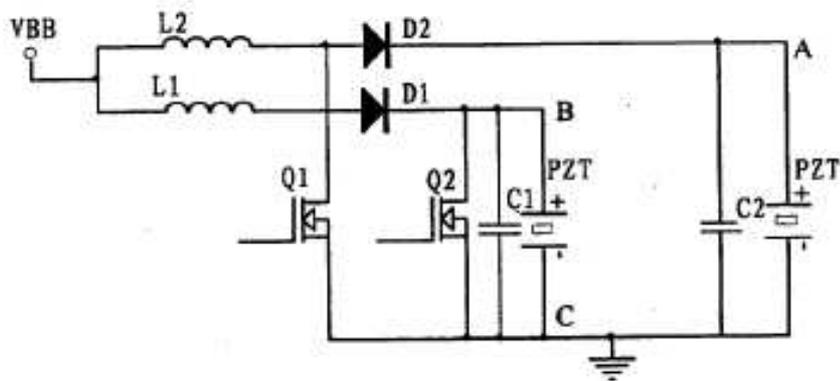


FIG. 16

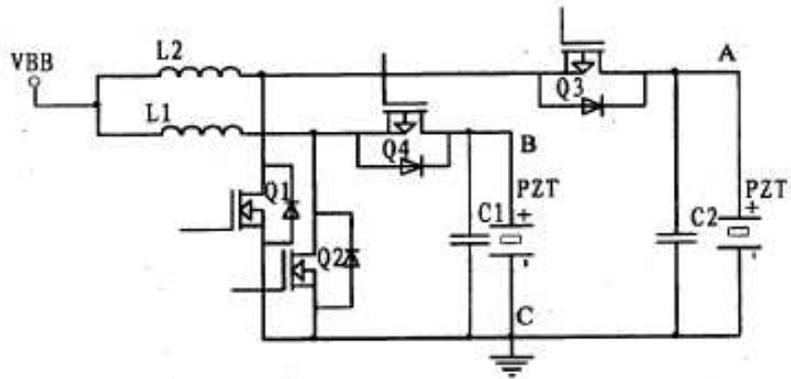


FIG. 17