

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 971 116**

51 Int. Cl.:  
**G01R 31/72** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.11.2019 PCT/EP2019/082128**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2020 WO20104607**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.11.2019 E 19805974 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2023 EP 3884286**

54 Título: **Detección de cortocircuitos de una bobina de inducción electromagnética**

30 Prioridad:

**21.11.2018 EP 18207618**  
**15.04.2019 EP 19169348**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**03.06.2024**

73 Titular/es:

**PRODRIVE TECHNOLOGIES INNOVATION SERVICES B.V. (100.0%)**  
**Science Park Eindhoven 5501**  
**5692 EM Son en Breugel, NL**

72 Inventor/es:

**BRON, BEN y**  
**VOS, DANNY**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 971 116 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**

Detección de cortocircuitos de una bobina de inducción electromagnética

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un aparato que comprende un dispositivo de detección de cortocircuitos para detectar cortocircuitos de una bobina de inducción electromagnética. La presente invención se puede utilizar básicamente en cualquier aplicación, tal como, por ejemplo, motores (rotativos y lineales), transformadores o inductores.

**Antecedentes de la técnica**

El documento US 3863109 describe un método para detectar un cortocircuito por medio de una bobina de detección o dispositivo de Hall adicional. Un cortocircuito del lado de alta tensión es detectado por un lado de baja tensión separado usando una bobina secundaria o dispositivo de Hall para la detección de cortocircuitos. Una desventaja es que la bobina primaria tiene que estar activa/transportar una corriente para detectar un cortocircuito con la bobina secundaria o el dispositivo de Hall.

Los documentos JP2013061310A y JP2011252752A describen un método para detectar un cortocircuito en un transformador midiendo la ganancia de la función de transferencia del bobinado secundario a una única frecuencia, situada próxima a la primera frecuencia de resonancia del transformador, mientras el bobinado primario del transformador está abierto. Una desventaja de este enfoque es que requiere el conocimiento de la frecuencia de resonancia del transformador. Una desventaja adicional es que la función de transferencia próxima a la frecuencia de resonancia del transformador está fuertemente influenciada por capacidades parásitas entre bobinados.

El documento US 6236220 describe un método para probar un circuito resonante inductivo, particularmente para probar si un circuito de antena de una tarjeta con chip sin contacto es defectuoso. La bobina de antena del circuito resonante se excita mediante acoplamiento inductivo usando una bobina de prueba, y la excitación se interrumpe bruscamente. Se detecta y analiza una señal de respuesta generada por autoinducción en la bobina de antena y retransmitida a la bobina de prueba por acoplamiento inductivo.

El documento US 4973912 describe un dispositivo para determinar un valor de resistencia de una resistencia de un circuito LCR de lado secundario. Una señal de excitador acoplada al circuito LCR desde un lado primario a través de bobinas acopladas inductivamente se interrumpe y retransmite al lado primario, y se usa para determinar el valor de resistencia evaluando la constante de tiempo de la respuesta del excitador.

**Sumario de la invención**

En algunas aplicaciones críticas, se desea poder detectar un cortocircuito de una bobina de inducción electromagnética sin accionar la bobina directamente. Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato que comprenda un dispositivo de detección para detectar un cortocircuito de una bobina de inducción electromagnética del aparato que permita un funcionamiento más seguro del aparato.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato para detectar un cortocircuito de una bobina de inducción electromagnética con complejidad reducida y/o menos hardware. También es un objetivo proporcionar tales aparatos que permitan detectar un cortocircuito de una bobina de inducción electromagnética con mayor fiabilidad, y que posiblemente permitan discriminar entre diferentes tipos de cortocircuitos.

De acuerdo con la presente invención, por lo tanto, se proporciona un aparato tal y como se expone en las reivindicaciones adjuntas. El aparato comprende al menos una bobina de inducción electromagnética y un dispositivo de detección para detectar un cortocircuito en la al menos una bobina de inducción electromagnética. El dispositivo de detección comprende una bobina de detección independiente de la al menos una bobina de inducción electromagnética y un circuito de detección acoplado a la bobina de detección. La bobina de detección está dispuesta de tal manera que la bobina de detección está acoplada inductivamente a la al menos una bobina de inducción electromagnética. Ventajosamente, la bobina de detección está dispuesta de tal manera con respecto a la al menos una bobina de inducción electromagnética, que un cortocircuito en la al menos una bobina de inducción electromagnética provoca un cambio en la inductancia de la bobina de detección. El circuito de detección está configurado para accionar la bobina de detección con el fin de inducir una corriente eléctrica en la al menos una bobina de inducción electromagnética.

De acuerdo con la invención, el principio de la detección se basa en un cambio en la inductancia de la bobina de detección debido a un cortocircuito en la al menos una bobina de inducción electromagnética. Dependiendo del número de espiras que formen el cortocircuito, el cambio en la inductancia diferirá, dando ventajosamente la posibilidad de distinguir entre diferentes tipos de cortocircuito mediante el dispositivo de detección.

Con el circuito de detección anterior, resulta posible detectar un cortocircuito mientras la al menos una bobina de inducción electromagnética está desactivada y no en funcionamiento. Esto aumenta la seguridad. Por lo tanto, no es necesario que la al menos una bobina de inducción electromagnética deba accionarse para poder detectar un cortocircuito en la misma, ya que tanto la bobina de inducción electromagnética como la bobina de detección tienen circuitos independientes. Ventajosamente, la al menos una bobina de inducción electromagnética está desconectada de la fuente de alimentación y forma ventajosamente un circuito abierto durante la detección por el circuito de detección. El circuito de detección está configurado ventajosamente para detectar un cambio desde la configuración en circuito abierto de la al menos una bobina de inducción electromagnética a un cortocircuito de uno o más bobinados de la al menos una bobina de inducción electromagnética.

Una segunda ventaja de tener un circuito separado que comprende la bobina de detección para la detección del cortocircuito en la al menos una bobina de inducción electromagnética, es la capacidad de separar entre alta tensión y baja tensión. El circuito de detección puede alimentarse con una fuente de baja tensión y, ventajosamente, no necesita cruzar una barrera de alta tensión para detectar un cortocircuito en la al menos una bobina de inducción electromagnética (de alta tensión), lo que aumenta aún más la seguridad y disminuye el coste, ya que el circuito de detección puede fabricarse a partir de componentes de baja tensión. La al menos una bobina de inducción electromagnética y la bobina de detección pueden verse como un transformador aislado, y la bobina de detección y el circuito de detección pueden situarse completamente en un lado de baja tensión.

Ventajosamente, se selecciona una relación de bobinado entre la al menos una bobina de inducción electromagnética y la bobina de detección tal que una tensión inducida en la bobina de detección durante el funcionamiento de la al menos una bobina de inducción electromagnética sea de 60 V o menos. Al hacerlo, el dispositivo de detección permanece a baja tensión sin riesgo de peligro o lesiones.

Ventajosamente, el circuito de detección está configurado para detectar una señal representativa de un flujo magnético inducido en la bobina de detección debido a la corriente eléctrica inducida en la al menos una bobina de inducción electromagnética. El circuito de detección se puede implementar de diferentes maneras y es ventajosamente capaz de detectar cortocircuitos completos y/o parciales en la al menos una bobina de inducción electromagnética.

De acuerdo con la presente invención, el circuito de detección está configurado para determinar una frecuencia de una segunda señal eléctrica inducida en la bobina de detección después de la aplicación de una primera señal eléctrica a la bobina de detección. La aplicación de la primera señal eléctrica induce una corriente en la bobina de inducción electromagnética. La bobina de inducción electromagnética o la bobina de detección, o ambas, pueden formarse como circuitos de tanque resonantes, debido a la provisión de un condensador físico y/o la presencia de capacidades parásitas. Esto provoca una corriente oscilante en la bobina de detección, cuya frecuencia puede detectarse de manera fácil y fiable. Ventajosamente, la frecuencia se determina detectando cruces por cero de la segunda señal eléctrica. Tal detección de frecuencia es más precisa y requiere menos hardware en comparación con las mediciones basadas en amplitud como en la técnica anterior. A modo de ejemplo, la medición basada en amplitud requeriría el uso de un convertidor A/D, y se puede prescindir del uso de un convertidor A/D en mediciones basadas en frecuencia.

En las reivindicaciones dependientes se exponen otras realizaciones ventajosas.

También se describe en el presente documento un método de detección de un cortocircuito en una bobina de inducción electromagnética por medio de aparatos de acuerdo con la presente invención. El método comprende hacer funcionar el aparato como se describe en el presente documento.

### Breve descripción de las figuras

A continuación, se describirá la invención con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en donde los mismos números de referencia ilustran las mismas características y en donde:

La Figura 1 representa un esquema eléctrico de un aparato que comprende una bobina de inducción electromagnética y un circuito de detección.

La Figura 2 representa un gráfico que muestra la tensión en el nodo X en la Fig. 1 en diversas circunstancias (con o sin cortocircuito).

La Figura 3 representa un esquema eléctrico de un aparato de acuerdo con la presente invención que comprende una bobina de inducción electromagnética acoplada en un circuito resonante y un circuito de detección.

La Figura 4 representa un gráfico que muestra la tensión en el nodo Y en la Fig. 3 en diversas circunstancias (con o sin cortocircuito).

Las Figuras 5A-B representan posibles disposiciones de la bobina de detección y la bobina de inducción electromagnética de acuerdo con la presente invención.

La Figura 6 representa un motor lineal que comprende una pluralidad de bobinas de estátor y un dispositivo de detección para cada una de las bobinas de estátor.

**Descripción de las realizaciones**

5 En la Fig. 1 se muestra una implementación de ejemplo de un aparato para detectar un cortocircuito. El aparato 10 comprende una parte de aplicación 11 que comprende una bobina de inducción electromagnética representada como múltiples bobinados de bobina Lp1-Lpx conectados en serie. La parte de aplicación 11 puede comprender una o más bobinas de inducción electromagnética según se requiera para la aplicación y estas se denominarán en lo sucesivo bobina o bobinas de aplicación. Lp1-Lpx pueden, p. ej., ser bobinados de estátor de un motor eléctrico, un transformador o cualquier otro dispositivo que haga uso de bobinas de inducción electromagnética. La parte de aplicación 11 puede acoplarse en circuitos operativos específicos, como se conocen en la técnica para el fin particular. A modo de ejemplo, la parte de aplicación se puede conectar a una fuente de alimentación (de alta tensión). No es necesario que la parte de aplicación 11 se acople en un circuito específico para la detección de cortocircuitos, ya que de esto se ocupa un dispositivo de detección 12.

El dispositivo de detección 12 comprende una bobina de detección que tiene uno o más bobinados Ls1-Lsx conectados en serie acoplados a un circuito de detección 121. El circuito de detección 121 está configurado para accionar la bobina de detección Ls1-Lsx de tal manera que fluya una corriente a través de la bobina de detección Ls1-Lsx. La corriente a través de la bobina de detección Ls1-Lsx induce un flujo magnético en la bobina de aplicación Lp1-Lpx que a su vez hace que fluya una corriente en la bobina de aplicación Lp1-Lpx. Con este fin, la bobina de detección Ls1-Lsx está dispuesta ventajosamente de tal manera que está acoplada magnéticamente (inductivamente) a la(s) bobina(s) de aplicación Lp1-Lpx para que una corriente que fluye a través de la(s) bobina(s) de aplicación induzca un flujo magnético en la bobina de detección, que se puede medir.

Será conveniente observar que el número de espiras o bobinados de la bobina de detección Ls1-Lsx se puede seleccionar según se desee, por ejemplo, para obtener una sensibilidad deseada del circuito de detección. Ventajosamente, la bobina de detección Ls1-Lsx está dispuesta de tal manera que una tensión inducida en el circuito de detección será sustancialmente menor que una tensión aplicada a la bobina de aplicación durante el uso (funcionamiento). Esto se puede obtener mediante la selección adecuada de la ubicación donde se coloca la bobina de detección con respecto a la bobina de aplicación, o mediante la selección adecuada del número de bobinados de la bobina de detección en relación con el número de bobinados de la bobina de aplicación.

El circuito de detección 121 comprende un primer circuito 122 denominado circuito de accionamiento y un segundo circuito 123 denominado circuito de medición. El circuito de accionamiento 122 comprende un interruptor S1 acoplado en serie con la bobina de detección Ls1-Lsx y una fuente de alimentación 13. El circuito de medición 123 está acoplado al circuito de accionamiento 122 para medir una señal eléctrica, tal como una tensión, en el circuito de accionamiento 122.

Al cerrar el interruptor S1, en particular, cuando la bobina de aplicación no está en estado operativo, por ejemplo, está en circuito abierto, se aplica una etapa de tensión sobre la bobina de detección Ls1-Lsx. Esto hace que fluya una corriente a través de la bobina de detección Ls1-Lsx, induciendo a su vez un flujo magnético y una corriente relacionada en la bobina de aplicación Lp1-Lpx. Cuando se abre el interruptor S1, la corriente anteriormente inducida en la bobina de aplicación Lp1-Lpx inducirá un flujo magnético en la bobina de detección Ls1-Lsx que se mide a través del circuito de medición 123. El circuito de medición 123 se puede configurar para medir la impedancia compleja, por ejemplo, evaluando la corriente a través de la bobina de detección Ls1-Lsx con el interruptor S1 abierto.

Se puede contemplar cualquier etapa de tensión apropiada. Alternativamente, se puede aplicar un pulso de duración dada al interruptor S1, y la energía almacenada en la bobina de aplicación Lp1-Lpx y la bobina de detección Ls1-Lsx se puede evaluar midiendo la tensión en el nodo x. Un cortocircuito completo o parcial de la bobina de aplicación Lp1-Lpx dará como resultado menos energía almacenada y, por lo tanto, una tensión reducida en el nodo X, como se visualiza en el gráfico de la Fig. 2. En la Fig. 2, el número 34 se refiere al cierre del interruptor S1; el número 31 se refiere a una señal de tensión ilustrativa en el nodo X en caso de que no haya cortocircuito en la bobina de aplicación; el número 32 se refiere a una señal de tensión ilustrativa en caso de que esté presente un cortocircuito parcial en la bobina de aplicación; y el número 33 se refiere a una señal de tensión ilustrativa en caso de que esté presente un cortocircuito completo de la bobina de aplicación.

De acuerdo con la presente invención, el aparato 10 de la Fig. 1 se mejora adicionalmente como se muestra en la Fig. 3. Haciendo referencia a la Fig. 3, el aparato 20 difiere del aparato 10 en que se añade un condensador Cr en paralelo a la bobina de aplicación Lp1-Lpx. De forma alternativa o adicional, se puede añadir un condensador en paralelo a la bobina de detección Ls1-Lsx. Esto da como resultado la formación de un circuito resonante que transforma ventajosamente el problema de medición de impedancia de la Fig. 1 en un problema de medición de frecuencia, lo que mejora la sensibilidad y es más fácil de implementar en lógica digital. Se puede usar una red de cambio de escala/nivel como circuito de medición 223, que traduce las tensiones en el nodo y a un nivel en el que un circuito digital puede detectar fácilmente la temporización de los cruces por cero, por ejemplo, un circuito contador 224. El gráfico de la Fig. 4 muestra las señales de tensión en el nodo Y para las mismas circunstancias que en la Fig. 2 (se

aplica la misma etapa de tensión). En la Fig. 4, el número 31 se refiere a una señal de tensión ilustrativa en el nodo Y en caso de que no haya cortocircuito en la bobina de aplicación; el número 32 se refiere a una señal de tensión ilustrativa en caso de que esté presente un cortocircuito parcial en la bobina de aplicación; y el número 33 se refiere a una señal de tensión ilustrativa en caso de que esté presente un cortocircuito completo de la bobina de aplicación.

En algunos casos, el circuito de la bobina de aplicación puede comprender capacidades parásitas sustanciales, lo que permite aprovechar estas capacidades parásitas para formar un circuito resonante. En estos casos, las capacidades parásitas pueden actuar en sustitución del condensador Cr, y el condensador Cr puede omitirse del circuito de la Fig. 3.

Durante el funcionamiento del dispositivo de detección 12, 22, las bobinas de aplicación Lp1-Lpx no se accionan ventajosamente, por ejemplo, se desconectan ventajosamente de una fuente de alimentación. El dispositivo de detección 12, 22 puede comprender además una unidad informática y/o de control configurada para comparar la medición (de la impedancia o la frecuencia) con un valor de referencia representativo de un estado de ausencia de cortocircuito de la bobina de aplicación Lp1-Lpx. El valor de referencia puede obtenerse mediante calibración o puede basarse en mediciones anteriores. La unidad de control puede configurarse además para emitir una señal cuando se detecta un estado de fallo de la al menos una bobina de inducción electromagnética. La señal puede ser operable, por ejemplo, a través de un relé apropiado, etc., para hacer que la bobina de aplicación pase a estar inoperativa.

El condensador Cr adicional se puede seleccionar ventajosamente con tolerancias estrechas, en lugar de confiar únicamente en capacidades parásitas. El uso de un circuito de este tipo puede mejorar significativamente la reproducibilidad de las mediciones y reducir la variabilidad entre circuitos. Esto ofrece la posibilidad de usar límites previamente calculados para el estado de ausencia de cortocircuito.

La fuente de alimentación 13 puede ser una fuente de alimentación de baja tensión, que funcione a una tensión segura de 60 V CC o menos, por ejemplo, a 12 V CC. El circuito de detección 121 debería poder soportar la tensión inducida en la bobina de detección Ls1-Lsx mientras el interruptor S1 está abierto y la bobina de aplicación Lp1-Lpx está en funcionamiento. Por supuesto, esto dependerá de la aplicación particular. Una posibilidad es aumentar la impedancia en el circuito de detección 121 a valores adecuados. Otra posibilidad es seleccionar el número de espiras de la bobina de detección Ls1-Lsx en relación con el número de espiras de la bobina de aplicación Lp1-Lpx para mitigar la tensión inducida en la bobina de detección Ls1-Lsx. Esto también puede evitar la interferencia con el funcionamiento de la bobina de aplicación Lp1-Lpx.

Será conveniente observar que durante el cierre del interruptor S1, el circuito en el que está acoplada la bobina de aplicación Lp1-Lpx puede estar abierto, por ejemplo, el dispositivo de detección 12, 22 puede discriminar entre un estado en el que la bobina de aplicación está en circuito abierto (inhabilitada) y un estado defectuoso en el que hay un cortocircuito entre uno o más bobinados o espiras de la bobina de aplicación Lp1-Lpx.

Durante el funcionamiento normal de la parte de aplicación 11, el interruptor S1 permanece abierto ventajosamente, y el circuito de detección 121 no se hace funcionar ventajosamente. Mediante la selección apropiada del valor de la impedancia del circuito de detección, la corriente a través de la bobina de detección Ls1-Lsx puede minimizarse durante el funcionamiento de la bobina de aplicación Lp1-Lpx.

Haciendo referencia a las Figs. 5A y 5B, se presentan posibles disposiciones para la bobina de aplicación 1 y la bobina de detección 2. Una, o ambas, de la bobina de aplicación 1 y la bobina de detección 2 pueden estar formadas por bobinas enrolladas tales como bobinas enrolladas planas, es decir, que comprenden bobinados sustancialmente coplanarios (todos los bobinados dispuestos sustancialmente en un mismo plano). La bobina de aplicación 1 y la bobina de detección 2 pueden disponerse con sus planos de bobinado paralelos entre sí.

En la Fig. 5B, la bobina de detección 2 se interpone entre dos bobinas de aplicación 1. La bobina de detección 2 puede disponerse para detectar un cortocircuito en ambas bobinas de aplicación.

Los aparatos de acuerdo con la invención pueden referirse a motores eléctricos, tales como motores rotativos, refiriéndose la bobina de aplicación a, p. ej., una bobina de estátor. Alternativamente, el motor eléctrico puede ser un motor lineal, tal como los utilizados como accionadores en sistemas de elevación magnéticos. El motor lineal puede comprender bobinas de estátor y unidades móviles de imanes permanentes. En este último caso, la bobina de aplicación puede referirse a la bobina de estátor, y el dispositivo de detección está configurado para detectar un cortocircuito en la bobina de estátor.

Haciendo referencia a la Fig. 6, un motor lineal 40 puede comprender una pluralidad de bobinas de estátor 41, que pueden yuxtaponerse para accionar la unidad móvil 42 provista de imanes permanentes 43. Cada bobina de estátor 41 puede referirse a la bobina o bobinas de aplicación Lp1-Lpx. Un dispositivo de detección 44, que puede ser cualquier dispositivo de detección tal como se describe en el presente documento, se puede proporcionar para cada bobina de estátor respectivamente. Alternativamente, se puede disponer un dispositivo de detección para detectar un cortocircuito en dos o más bobinas de estátor adyacentes, por ejemplo, a través de la disposición de la Fig. 5B.

- 5 Pueden producirse cortocircuitos particularmente en bobinas enrolladas, por ejemplo, bobinas no impresas, como las fabricadas enrollando material conductor como tiras o alambre. Estas bobinas enrolladas pueden tener diversas formas (por ejemplo, helicoidal, plana). Por lo tanto, el modo de fallo es particularmente relevante para una bobina enrollada de este tipo, tal como una bobina enrollada plana, que puede usarse como una bobina de estátor de un motor lineal, por ejemplo, usado para accionar un elevador magnético. Además, tales bobinas usadas en aplicaciones que requieren una alta tensión normalmente están encapsuladas, lo que hace que algunos de los otros métodos de detección de cortocircuitos (por ejemplo, usando puertos de la bobina) sean inadecuados.
- 10 El dispositivo de detección puede configurarse para iniciar un ciclo de detección a intervalos regulares para probar la integridad de la bobina de aplicación. A modo de ejemplo, en los sistemas de elevación magnéticos mencionados anteriormente, algunos ramales de la trayectoria de elevación pueden no usarse con frecuencia, y es útil una detección regular de cortocircuitos en las bobinas de estátor mientras no se usa la trayectoria.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato (20), que comprende:  
 5 al menos una bobina de inducción electromagnética (Lp1-Lpx), y  
 un dispositivo de detección (22) para detectar un cortocircuito en la al menos una bobina de inducción  
 electromagnética,  
 en donde el dispositivo de detección comprende una bobina de detección (Ls1-Lsx) independiente de la al menos  
 una bobina de inducción electromagnética y un circuito de detección (121) acoplado a la bobina de detección,  
 en donde la bobina de detección (Ls1-Lsx) está dispuesta de tal manera que la bobina de detección está acoplada  
 10 inductivamente a la al menos una bobina de inducción electromagnética (Lp1-Lpx), y  
 en donde el circuito de detección (121) está configurado para:  
 conectar la bobina de detección (Ls1-Lsx) a una fuente de alimentación (13) y aplicar una primera señal  
 eléctrica a la bobina de detección para inducir una corriente eléctrica en la al menos una bobina de inducción  
 electromagnética (Lp1-Lpx), y  
 15 desconectar la bobina de detección (Ls1-Lsx) de la fuente de alimentación (13), **caracterizado por que el**  
 circuito de detección está configurado para determinar una frecuencia de una segunda señal eléctrica inducida  
 en la bobina de detección (Ls1-Lsx) después de la primera señal eléctrica.
2. Aparato de la reivindicación 1, en donde el circuito de detección (121) está configurado para detectar una señal  
 20 representativa de un flujo magnético inducido en la bobina de detección (Ls1-Lsx) debido a la corriente eléctrica  
 inducida en la al menos una bobina de inducción electromagnética (Lp1-Lpx).
3. Aparato de la reivindicación 1 o 2, en donde la al menos una bobina de inducción electromagnética (Lp1-Lpx) y la  
 bobina de detección (Ls1-Lsx) están eléctricamente aisladas.
- 25 4. Aparato de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un controlador configurado para hacer  
 que la al menos una bobina de inducción electromagnética pase a estar inoperativa en respuesta a la determinación  
 por el dispositivo de detección (12, 22) de un estado de fallo de la al menos una bobina de inducción electromagnética  
 (Lp1-Lpx).
- 30 5. Aparato de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una unidad informática  
 configurada para comparar una medición de la frecuencia con un valor de referencia representativo de un estado de  
 ausencia de cortocircuito de la al menos una bobina de inducción electromagnética.
- 35 6. Aparato de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, configurado para hacer funcionar el circuito de  
 detección (121) mientras la al menos una bobina de inducción electromagnética (Lp1-Lpx) está en un estado inactivo.
7. Aparato de la reivindicación 6, que comprende una primera fuente de alimentación configurada para conectarse a  
 la al menos una bobina de inducción electromagnética (Lp1-Lpx), una segunda fuente de alimentación (13) configurada  
 40 para conectarse a la bobina de detección (Ls1-Lsx), y un controlador configurado para conectar la bobina de detección  
 a la segunda fuente de alimentación mientras la al menos una bobina de inducción electromagnética está  
 desconectada de la primera fuente de alimentación, preferentemente en donde un nivel de tensión de la primera fuente  
 de alimentación es mayor que un nivel de tensión de la segunda fuente de alimentación, preferentemente al menos  
 45 50 V, más preferentemente 100 V mayor, incluso más preferentemente al menos 150 V mayor, preferentemente en  
 donde un nivel de tensión de la segunda fuente de alimentación (13) es de 60 V o menos, preferentemente entre 5 V  
 y 50 V.
8. Aparato de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera señal eléctrica es una etapa de  
 tensión.
- 50 9. Aparato de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera señal eléctrica es una señal de  
 impulso.
10. Aparato de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una o ambas de la al menos una bobina  
 55 de inducción electromagnética y la bobina de detección se forman como un circuito resonante.
11. Aparato de la reivindicación 10, en donde el circuito de detección comprende un circuito digital configurado para  
 detectar una temporización de cruces por cero de la segunda señal eléctrica.
- 60 12. Aparato de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de detección (12, 22)  
 comprende una placa de circuito impreso y la bobina de detección (Ls1-Lsx) está formada por una pista conductora  
 en la placa de circuito impreso.
- 65 13. Aparato de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la al menos una bobina de inducción  
 electromagnética (Lp1-Lpx) es una bobina de un motor eléctrico.

14. Aparato de la reivindicación 13, que es un motor lineal, en donde el aparato comprende una pluralidad de bobinas de estátor y una unidad móvil de imanes permanentes, en donde cada una de la pluralidad de bobinas de estátor comprende la al menos una bobina de inducción electromagnética (Lp1-Lpx).
- 5 15. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde la al menos una bobina de inducción electromagnética (Lp1-Lpx) es una bobina de un transformador.

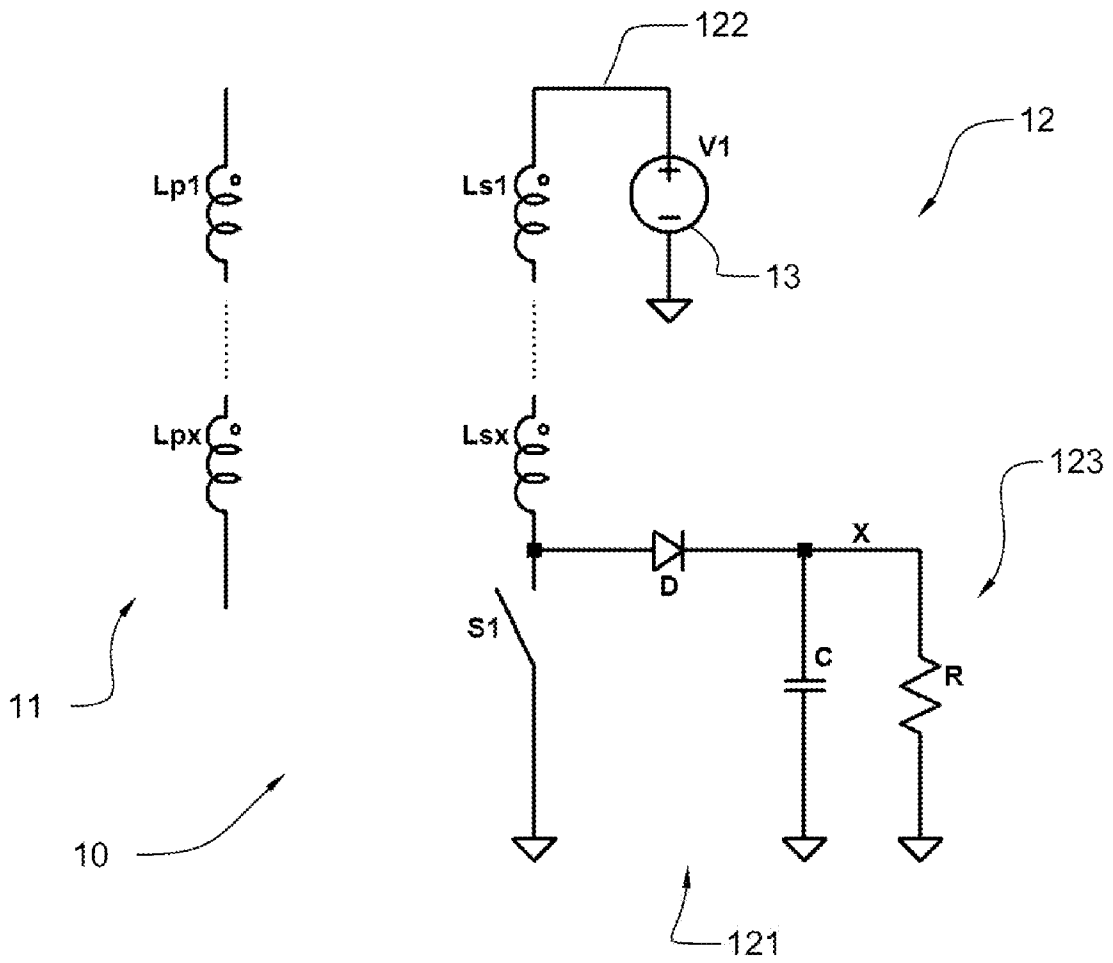


FIG 1

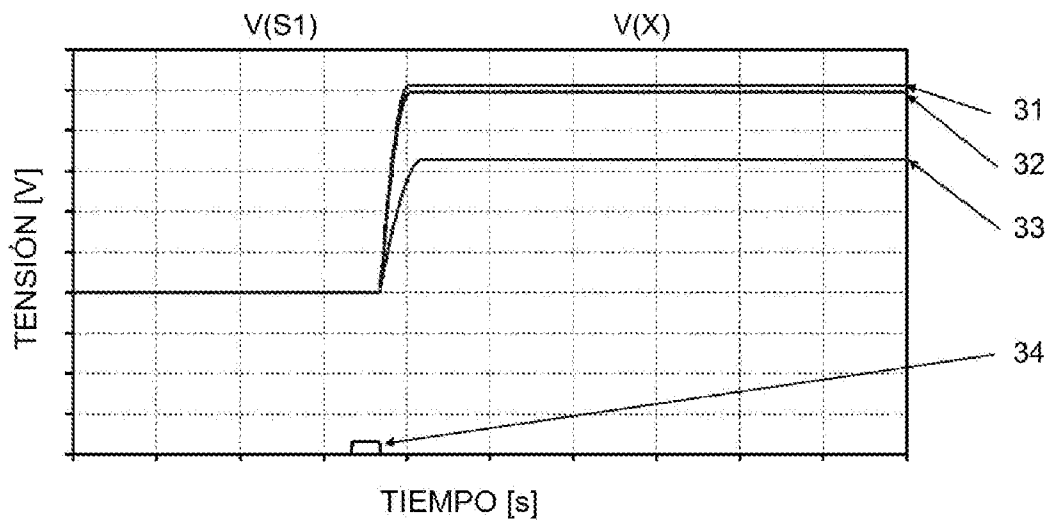


FIG 2

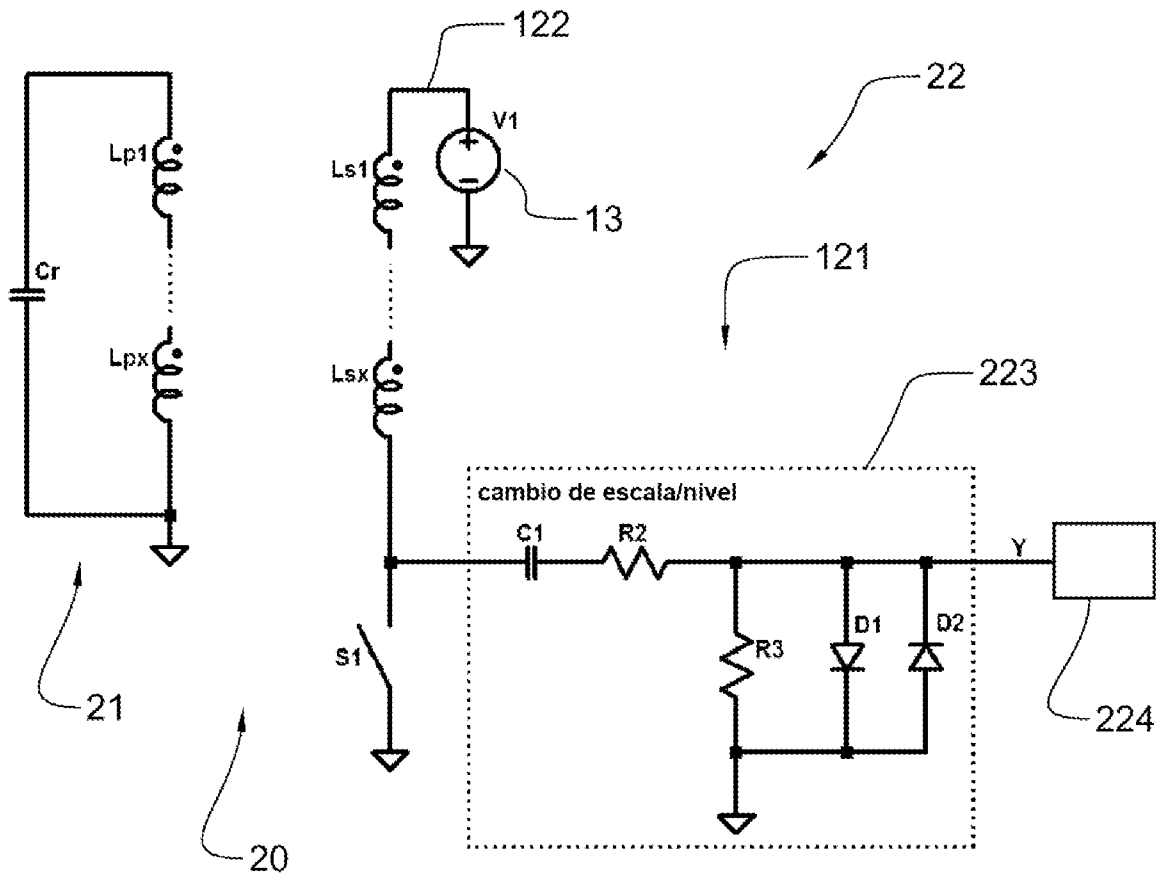


FIG 3

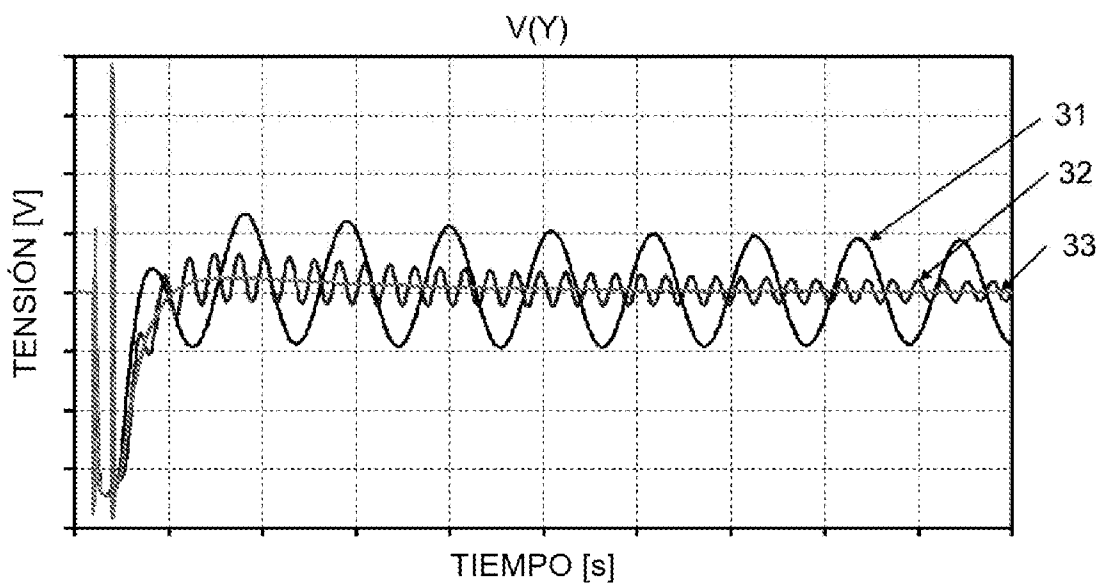


FIG 4

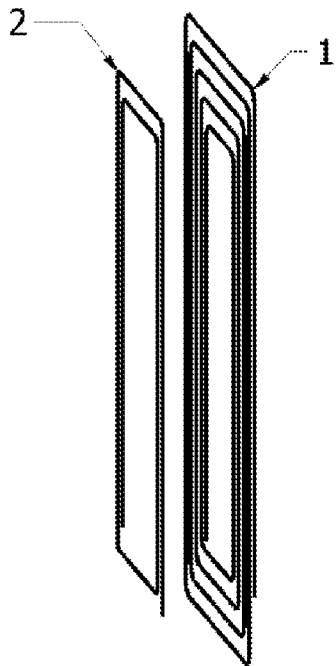


FIG 5A

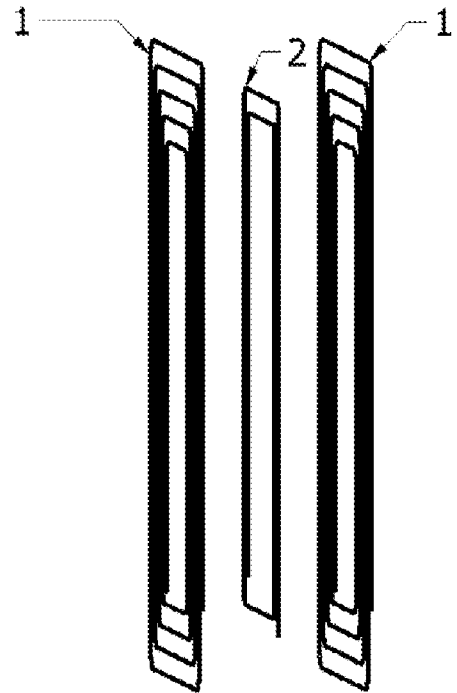


FIG 5B

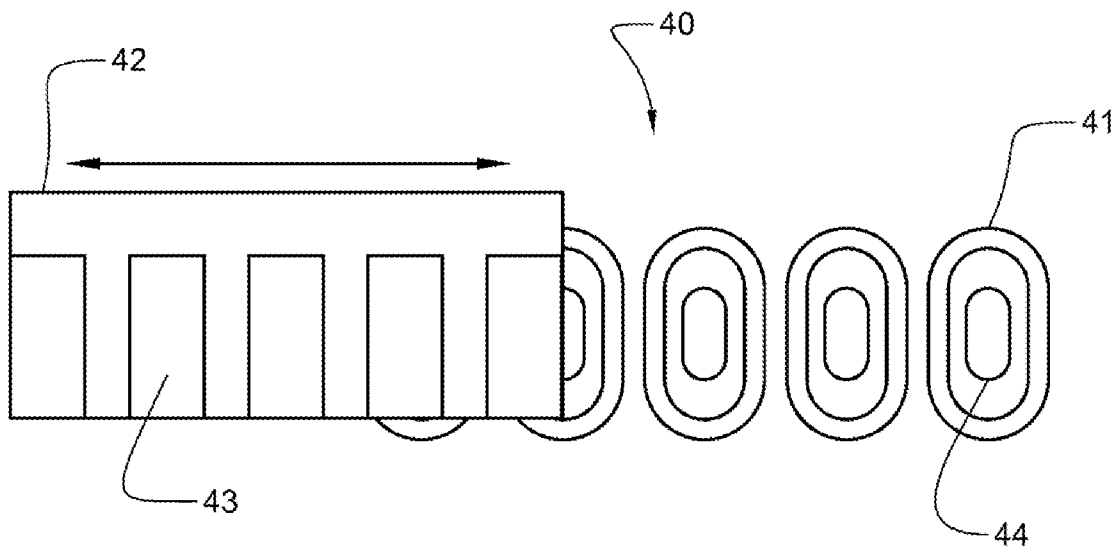


FIG 6