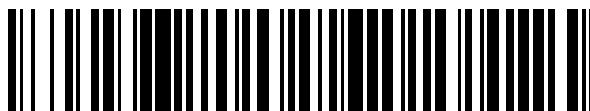


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 556 269**

51 Int. Cl.:

H02J 5/00 (2006.01)

H01F 17/00 (2006.01)

H01F 38/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2009 E 09728260 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2015 EP 2263296**

54 Título: **Sistema inalámbrico de transmisión de energía**

30 Prioridad:

03.04.2008 EP 08103351

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

14.01.2016

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)
High Tech Campus 5
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**SAUERLÄNDER, GEORG y
WAFFENSCHMIDT, EBERHARD**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 556 269 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

Sistema inalámbrico de transmisión de energía

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un sistema inalámbrico de transmisión de energía y a un procedimiento para operar el mismo.

10 Antecedentes de la invención

Dispositivos electrónicos, que son "móviles" o portátiles, están siendo usados hoy para diversas aplicaciones comerciales o personales. Los ejemplos de tales dispositivos incluyen teléfonos móviles, ordenadores portátiles, asistentes digitales personales (PDA) o reproductores portátiles de música. Los dispositivos precitados son normalmente alimentados por una batería recargable, que tiene que ser recargada periódicamente para mantener el dispositivo en funcionamiento. Para recargar o para suministrar energía externa, cada dispositivo, usualmente, tiene una unidad dedicada de fuente de alimentación, que tiene que estar conectada con el dispositivo y con una toma de energía en la pared. Dado que la mayoría de los dispositivos no son compatibles entre sí, se necesita una unidad dedicada de fuente de alimentación para cada dispositivo.

Debido al hecho de que aumenta el número total de los dispositivos usados de ese tipo, han sido desarrolladas fuentes inalámbricas de alimentación, que reducen el tiempo y el esfuerzo del proceso de recarga. El documento US 2007 / 0182367A1 divulga una fuente de alimentación inalámbrica y un sistema de carga de ese tipo. Se proporciona una unidad base, que tiene una superficie para admitir uno o más dispositivos móviles a recargar. Se proporcionan varias bobinas inductoras debajo de la superficie, para generar un campo magnético, que induce una corriente en una correspondiente bobina de cada dispositivo móvil. Usando esta corriente, una batería recargable en el dispositivo móvil puede ser recargada fácilmente y sin el proceso de conexión de una unidad personalizada de fuente de alimentación con cada uno de los dispositivos a recargar.

Aunque el sistema conocido permite recargar inalámbricamente un dispositivo de ese tipo, las bobinas inductoras en la unidad base generan un campo magnético errante bastante grande, que provoca problemas en entornos sensibles a la EMC (Compatibilidad Electro-Magnética) y que puede provocar una interferencia no deseada con dispositivos electrónicos adicionales.

El documento US 2001 / 0000960 A1 divulga sistemas y procedimientos para proyectar inalámbricamente energía a etiquetas RFID. En un sistema conforme, múltiples bucles de corriente en fase son dispuestos en una superficie, de modo que esté presente un "bucle de corriente virtual" en la periferia de la superficie, con una correspondiente dirección en fase. La corriente en partes adyacentes de los bucles de corriente adyacentes fluye en direcciones opuestas. El documento divulga que, debido a esta disposición, el campo lejano puede ser reducido a fin de que pueda ser proporcionado por ello una energía aceptable a las etiquetas RFID, reduciendo el riesgo de violación de restricciones regulatorias.

Es un objeto de esta invención proporcionar un sistema y un procedimiento de transmisión inalámbrica de energía, para operar un sistema de ese tipo, en el cual se reduzca el campo magnético errante.

45 Sumario de la invención

El objeto se resuelve de acuerdo a la invención, por medio de un sistema de transmisión inalámbrica de energía, de acuerdo a las reivindicaciones 1 y 2, y un procedimiento para operar un sistema de transmisión inalámbrica de energía, de acuerdo a las reivindicaciones 10 y 11. Las reivindicaciones dependientes se refieren a las realizaciones preferidas de la invención.

La idea básica de la invención es proporcionar un sistema de transmisión inalámbrica de energía eléctrica que permita transferir energía a un dispositivo usando la inducción generada por un campo magnético, donde el campo magnético está concentrado en la región cerca del dispositivo, es decir, en el campo magnético cercano, mientras que el campo lejano es anulado por un segundo campo magnético, lo que reduce ventajosamente el campo magnético errante y por tanto realza la compatibilidad electromagnética (EMC) del sistema.

El sistema inalámbrico de transmisión de energía comprende una unidad base con múltiples circuitos generadores de campos magnéticos y, preferiblemente, al menos un dispositivo, separable de dicha unidad base y con un inductor de recepción, adaptado para recibir energía inductivamente cuando dicho dispositivo está próximo a uno de dichos circuitos generadores.

Para transferir energía, el menos uno de los circuitos generadores de campos magnéticos es operado para generar un campo magnético, el cual induce una corriente en el inductor de recepción del dispositivo, mencionado a continuación en la presente memoria como "circuito de transmisión". Para obtener una eficaz transferencia de

energía, el dispositivo y, por tanto, el inductor de recepción, tiene que estar físicamente próximo al circuito de transmisión, es decir, en la región del campo cercano del campo magnético del circuito de transmisión. En el caso en que los circuitos generadores se proporcionan como bucles o devanados conductores, la distancia entre el inductor de recepción y el circuito de transmisión debería estar, preferiblemente, en una gama de hasta 1/4 del diámetro del bucle o devanado.

La unidad base comprende además un controlador configurado para determinar el circuito de transmisión a partir de dichos circuitos generadores, cuando dicho inductor de recepción está próximo a dicho circuito de transmisión. El controlador determina por tanto individualmente si un dispositivo con un inductor de recepción está o no cerca de uno de los circuitos generadores, por lo que es necesaria una transmisión inalámbrica de energía.

El controlador puede ser de cualquier tipo adecuado para controlar la unidad base, tal como un micro-controlador o un ordenador. El controlador, preferiblemente, puede ser parte integral de la unidad base, aunque es posible que el controlador sea una unidad externa, tal como un ordenador individual, cableado y / o conectado inalámbricamente con la unidad base.

El circuito de transmisión es operado luego para generar un primer campo magnético, con una primera fase, es decir, el primer campo magnético que tenga un flujo magnético con una primera fase, para inducir una corriente en dicho inductor de recepción. La corriente, por ejemplo, puede ser luego proporcionada en el dispositivo para alimentar los componentes eléctricos o electrónicos del dispositivo, o para cargar una batería recargable.

Al menos uno de los circuitos generadores restantes es operado como un circuito de compensación para generar un segundo campo magnético, con una fase opuesta a dicha primera fase, es decir, teniendo el segundo campo magnético un flujo magnético con una segunda fase, opuesta a dicha primera fase. En el contexto de la presente invención, el término "fase opuesta" se entiende como una diferencia de fase de 180° con respecto a dicha primera fase. Debido a la fase opuesta, los flujos magnéticos de los campos magnéticos primero y segundo están en direcciones opuestas en todo momento. El segundo campo magnético sirve por tanto para compensar el primer campo magnético en la región del campo magnético lejano, lo que reduce ventajosamente el campo errante emitido por el sistema, habilitando a la vez una eficaz transferencia de energía al dispositivo en la región del campo cercano.

Además del efecto de compensación de campo lejano, la operación de al menos uno de los circuitos generadores como circuitos de compensación, para obtener el segundo campo magnético en anti-fase a dicho primer campo magnético, puede mejorar la amplitud magnética del flujo del circuito de transmisión en la región del campo cercano y, por tanto, mejora adicionalmente la transferencia de energía inductiva al dispositivo. Este efecto es especialmente amplio en el caso en que los circuitos de compensación estén situados cerca de, o adyacentes a, los respectivos circuitos de transmisión.

Son concebibles dos configuraciones generales del sistema inventivo inalámbrico de transmisión de energía.

De acuerdo a un primer aspecto de la invención, los circuitos generadores están dispuestos en un plano, formando un área de transmisión. Esta configuración permite una fabricación eficaz de la unidad base y, por tanto, del sistema de transmisión de energía. Además, la configuración permite formar una superficie plana para admitir uno o más dispositivos.

Para una anulación eficaz del campo magnético lejano, dicho circuito de compensación, de acuerdo al aspecto presente de la invención, comprende al menos un devanado conductor, dispuesto sobre una periferia de dicha área de transmisión, para generar dicho segundo campo magnético.

Preferiblemente, dicho al menos un devanado conductor está formado como un bucle esencialmente cerrado, que circunda el área de transmisión, es decir, el área en la cual están dispuestos el circuito de transmisión y los restantes circuitos generadores. La presente configuración permite una anulación eficaz del campo magnético lejano, manteniendo a la vez un campo magnético cercano suficiente para la transmisión de energía al dispositivo. Ciertamente, un circuito de compensación de ese tipo puede comprender más de un devanado conductor, o puede comprender, preferiblemente, múltiples devanados conductores con tomas intermedias, por lo que es posible variar el número de devanados conductores operados y, por tanto, permitir que varíe el flujo magnético de dicho segundo campo magnético sin ningún cambio en la configuración. Un diseño de ese tipo puede ser útil cuando, por ejemplo, varía el número de circuitos de transmisión operados y, por tanto, el flujo magnético total de los circuitos de transmisión a compensar varía en consecuencia.

De acuerdo a un segundo aspecto de la invención, el controlador puede ser configurado para determinar al menos un circuito de compensación a partir de dichos múltiples circuitos generadores, de modo que dicho circuito de transmisión y dicho circuito de compensación estén adyacentes entre sí. En el contexto de la presente invención, el término "adyacentes entre sí" significa que el circuito de compensación y el circuito de transmisión son directamente lindantes, sin un circuito generador adicional entre ellos. Además, con esta configuración, el campo magnético lejano se reduce eficazmente. Además de ello, y como se ha mencionado antes, la presente realización mejora además ventajosamente la transferencia de energía al dispositivo.

Naturalmente, el controlador puede ser configurado para determinar más de un circuito de compensación, adyacente al circuito de transmisión de manera que dichos múltiples circuitos de compensación circunden el circuito de transmisión, al menos parcialmente.

5 Los circuitos generadores adyacentes, preferiblemente, pueden estar dispuestos solapándose. Lo más preferible es que los circuitos generadores de campos puedan disponerse en múltiples capas. Por ejemplo, puede ser proporcionada una primera capa en la cual esté dispuesto el circuito de transmisión, y puede proporcionarse al menos una segunda capa en la cual esté dispuesto dicho al menos un circuito de compensación. Además de ello,
10 los circuitos de transmisión y / o los circuitos de compensación, preferiblemente, pueden estar dispuestos, al menos parcialmente, solapados en una dirección perpendicular a la capa primera y / o segunda.

Naturalmente, más de un circuito de transmisión puede ser operado simultáneamente, en el caso en que más de un dispositivo esté próximo a un respectivo circuito de transmisión para la transferencia paralela de energía a múltiples dispositivos. En este caso, el circuito de compensación es operado de modo que la fase del segundo campo magnético sea opuesta a la fase de la suma de los campos magnéticos de dichos múltiples circuitos de transmisión.

Además, pueden ser operados más de uno de los circuitos generadores como circuitos de compensación, para una eficacia mejorada de compensación. Los restantes circuitos generadores del sistema, no operados como circuitos de transmisión o compensación, preferiblemente, pueden ser operados para generar solamente campos magnéticos débiles, para reducir adicionalmente el campo errante del sistema. Lo más preferible es que los circuitos generadores restantes sean apagados.

Como se ha mencionado anteriormente, el segundo campo magnético tiene una fase, opuesta a dicha primera fase para obtener la anulación del campo magnético en la región del campo lejano. Para obtener dicho segundo campo magnético con fase opuesta, puede usarse cualquier procedimiento conocido en la técnica. Preferiblemente, el circuito de compensación se opera con una señal eléctrica que corresponde a la señal proporcionada para el circuito de transmisión, pero que está en fase opuesta a dicha señal, es decir, desfasada en 180°.

30 La unidad base puede comprender componentes adicionales, tales como circuitos de control adicionales, o uno o más generadores de señales, conectados con los circuitos generadores de campos para proporcionar a dichos circuitos generadores de campos una corriente eléctrica para la generación de los respectivos campos magnéticos.

Para obtener la anulación de los campos en la región del campo magnético lejano con eficacia mejorada, se opera, preferiblemente, el circuito de transmisión y dicho al menos un circuito de compensación, de modo que la amplitud del flujo magnético del primer campo magnético, basada en la densidad de flujo y el área superficial del circuito de transmisión, corresponda a la amplitud del flujo magnético del segundo campo magnético, basada en la densidad de flujo y el área superficial del circuito de compensación. En este caso, la suma de los momentos dipolares magnéticos de dichos campos magnéticos primero y segundo se anulan mutuamente en el campo magnético lejano con una eficacia mejorada. En el caso de que el circuito de transmisión y dicho al menos un circuito de compensación estén proporcionados como bobinas, el flujo magnético del primer campo magnético, preferiblemente, corresponde al flujo magnético del segundo campo magnético, en base a la densidad de flujo y al área de la sección transversal de las respectivas bobinas.

45 En el contexto de la presente invención, se entiende que el término "corresponde", referido al flujo magnético, comprende iguales amplitudes del flujo magnético de dichos campos magnéticos primero y segundo, pero también incluye desviaciones del $\pm 50\%$, preferiblemente del $\pm 20\%$, más preferiblemente, del $\pm 10\%$ y del $\pm 5\%$. La elección del flujo magnético en las gamas anteriores da como resultado una reducción todavía razonable del campo magnético lejano.

50 En el caso de la operación de más de un circuito de transmisión o de más de un circuito de compensación, los circuitos de transmisión y los circuitos de compensación se operan de modo que el flujo magnético del primer campo magnético, es decir, la amplitud del flujo magnético, generado por todos los circuitos de transmisión, corresponda, preferiblemente, a la amplitud del flujo magnético del segundo campo magnético, es decir, la suma del flujo magnético generado por todos los circuitos de compensación. Como se ha mencionado antes, el flujo magnético de dicho primer campo magnético corresponde al flujo magnético de dichos segundos campos magnéticos, en base a la densidad de flujo y al área superficial de los respectivos circuitos de transmisión y de compensación.

60 Los circuitos generadores de campos magnéticos pueden ser de cualquier tipo adecuado, capaz de generar eficazmente un campo magnético; p. ej., un sencillo bucle conductor o uno o más devanados de un conductor de ese tipo. Preferiblemente, cada uno de dichos circuitos generadores comprende una bobina con múltiples devanados para generar el campo magnético. Usando una bobina, es posible generar efectivamente dicho campo magnético y proporcionar una adecuada intensidad de campo para una transferencia eficaz de energía al dispositivo. De acuerdo a un desarrollo de la invención, las bobinas se proporcionan en una placa de circuitos impresos (PCB), en una o más capas de dicha PCB. Preferiblemente, las bobinas son bobinas planas, es decir, proporcionadas en una única capa de una PCB, lo que permite una fabricación eficaz en términos de coste.

El inductor de recepción puede ser cualquier tipo de conductor, capaz de recibir energía inductivamente, tal como, por ejemplo, un sencillo bucle de cable o un circuito proporcionado en una PCB. Lo preferido es que el inductor de recepción sea una bobina.

5 Como se ha mencionado anteriormente, la eficacia del sistema es además ventajosamente mejorada cuando la amplitud del flujo magnético del segundo campo magnético está cercana, o es igual, a la amplitud del flujo magnético del primer campo magnético. Por lo tanto, se prefiere que el voltaje aplicado al circuito de transmisión corresponda al voltaje aplicado al circuito de compensación. Además, o alternativamente a ello, y en el caso de que cada uno de dichos circuitos generadores comprende una bobina con múltiples devanados, preferiblemente, el número de devanados del circuito de transmisión corresponde al número de devanados del circuito de compensación. Si se opera más de un circuito de transmisión o más de un circuito de compensación, el número total de devanados de todos los circuitos de transmisión, más preferiblemente, debería coincidir con el número total de devanados de todos los circuitos de compensación.

15 El dispositivo puede ser de cualquier tipo de dispositivo eléctrico o electrónico, que necesite energía eléctrica para su funcionamiento. Preferiblemente, el dispositivo es un móvil, es decir, un dispositivo portátil o un dispositivo que no puede ser conectado directamente a la fuente principal de alimentación, por ejemplo, en el campo de las aplicaciones médicas. Lo más preferido es que dicho dispositivo sea un dispositivo móvil que comprende medios de almacenamiento de energía conectados con dicho inductor de recepción para cargar dichos medios de almacenamiento de energía. Los medios de almacenamiento de energía pueden ser de cualquier tipo adecuado, por ejemplo, una batería recargable o un condensador, p. ej., un condensador "supercap".

20 Para detectar la proximidad del dispositivo al circuito de transmisión, puede aplicarse cualquier procedimiento conocido en la técnica. Por ejemplo, el controlador puede proporcionar una pequeña corriente a cada uno de los circuitos generadores y puede detectar la presencia de un dispositivo monitorizando la condición de cada circuito.

De acuerdo a una realización preferida de la invención, cada circuito generador tiene un detector asociado, conectado con el controlador para detectar la proximidad del inductor de recepción al correspondiente circuito generador. Una configuración de ese tipo permite determinar eficazmente la proximidad de un dispositivo al circuito de transmisión.

30 Los detectores pueden ser de cualquier tipo adecuado para detectar la proximidad del dispositivo, por ejemplo, por medio de un cambio en el peso usando un detector de presión, por medio de un cambio en un campo eléctrico o magnético, usando un detector de campo, por medio de ondas ultrasónicas o por detección óptica. Preferiblemente, el detector es un detector de campo y comprende un circuito resonante paralelo. En este caso, el dispositivo está dotado de un componente magnético, p. ej., una placa magnética blanda. Cuando el dispositivo es aproximado al circuito resonante, aumenta la inductividad de dicho circuito resonante. Es entonces posible detectar un cambio en la impedancia o en la frecuencia de resonancia del circuito resonante, permitiendo detectar la proximidad del dispositivo.

40 Más preferiblemente, los detectores son detectores RFID y el dispositivo comprende una etiqueta RFID. La presente realización, ventajosamente, permite detectar un dispositivo y transferir datos adicionales entre el dispositivo y la unidad base, p. ej., el tipo de dispositivo, la corriente necesaria, el tiempo de la transferencia de energía o cualquier otra información para permitir mejorar la eficacia del sistema. La información comprendida en la etiqueta RFID puede ser preferiblemente usada por el controlador para operar el circuito de transmisión y el circuito de compensación en consecuencia. Por ejemplo, la etiqueta RFID puede comprender cargar información temporal, que es transferida al controlador, el cual opera entonces los circuitos de transmisión y de compensación durante el tiempo específico.

50 Como se ha mencionado antes, los circuitos de compensación pueden ser operados con una señal que corresponde a la señal proporcionada para el circuito de transmisión, pero que está en fase opuesta a dicha señal. Para obtener una reducción eficaz del campo magnético lejano, la corriente total, que atraviesa dichos uno o más circuitos de compensación, preferiblemente, corresponde a la corriente que atraviesa dichos uno o más circuitos de transmisión.

55 En una realización alternativa, se prefiere que dicha unidad base comprenda un sensor conectado con el controlador, para detectar el campo magnético, es decir, el flujo magnético. Es por tanto posible controlar activamente dichos uno o más circuitos de compensación para minimizar el campo magnético lejano del circuito de transmisión de acuerdo al campo detectado. Un control activo de ese tipo – o control de "bucle cerrado" – puede obtenerse variando el voltaje de los circuitos de compensación. En el caso en que los circuitos de compensación son bobinas, alternativamente, o adicionalmente, a un control del voltaje, el número de devanados conductores puede variar para controlar o fijar el flujo magnético de dicho segundo campo magnético. Ejemplarmente, el sensor puede ser un medio sensor o una bobina sencilla con un circuito adecuado de detección de campo.

60 Para permitir la medición del campo lejano más precisamente y, por tanto, mejorar adicionalmente la reducción del campo magnético lejano, el sensor se proporciona, muy preferiblemente, a una distancia definida del circuito de transmisión. Por ejemplo, el sensor puede ser dispuesto en la periferia de dicha área de transmisión o de la unidad

base, o incluso puede ser proporcionado en una unidad individual, conectada con la unidad base, pero que puede ser colocada a una distancia definida de la unidad base.

5 Los anteriores, y otros, objetos, características y ventajas de la presente invención devendrán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferidas.

Breve descripción de los dibujos

10 La fig. 1 muestra una primera realización de un sistema inalámbrico de transmisión de energía de acuerdo a la invención, en una vista desarrollada tridimensional,
 la fig. 2a muestra una vista plana esquemática de una segunda realización de la invención en un estado operativo,
 la fig. 2b muestra una vista plana esquemática de la realización de la fig. 2a en un segundo estado operativo,
 la fig. 2c muestra una vista plana esquemática de la realización de la fig. 2a en un estado operativo adicional,
 la fig. 3a y la fig. 3b muestran un diagrama esquemático de circuitos de la realización de la fig. 2a,
 15 la fig. 4a muestra una vista plana esquemática de una tercera realización en un estado operativo,
 la fig. 4b y la fig. 4c muestran un diagrama esquemático de circuitos de las realizaciones de la fig. 4a,
 la fig. 5 muestra una cuarta realización de un sistema inalámbrico de transmisión de energía de acuerdo a la invención en una vista plana esquemática,
 la fig. 6a y la fig. 6b muestran un diagrama esquemático de circuitos de la realización de la fig. 5,
 20 la fig. 7a y la fig. 7b muestran un diagrama esquemático de circuitos de una quinta realización y
 la fig. 8a y la fig. 8b muestran un diagrama esquemático de circuitos de una sexta realización.

Descripción detallada de realizaciones

25 De acuerdo a la fig. 1, se proporciona una unidad base 1 con múltiples circuitos generadores de campos magnéticos, es decir, bobinas planas en espiral 2, dispuestas en una única capa de una placa de circuitos impresos de la unidad base 1. Las bobinas 2 están conectadas con un controlador 3, que puede ser, p. ej., un micro-controlador. Las conexiones (no mostradas) pueden ser, p. ej., proporcionadas en una capa adicional de una placa de circuitos impresos de múltiples capas, o por medio de un cableado adecuado. El controlador 3 está conectado
 30 con una unidad de fuente de alimentación 5 para proporcionar a las bobinas 2 un voltaje definido de corriente alterna, para generar campos magnéticos alternos. Una placa magnética blanda 6 se proporciona en el lado inferior de la unidad base 1 para reducir los campos magnéticos errantes. Cada bobina 2 tiene un detector asociado 4, p. ej., un detector de RFID, conectado con el controlador 3 y dispuesto en el centro de cada bobina asociada 2. Los detectores 4 están configurados para detectar la proximidad de un dispositivo 10, que se muestra en la fig. 1 en una
 35 vista desarrollada con fines de ilustración.

El dispositivo 10 comprende un inductor de recepción, es decir, una bobina receptora plana en espiral 11, proporcionada en una capa 13 de una placa de circuitos impresos. Una placa magnética blanda 12 está dispuesta
 40 encima de la bobina plana 11 para proteger el campo magnético de las bobinas 2 de los componentes restantes del dispositivo 10, según se explica más adelante. La bobina de recepción 11 está conectada con un rectificador 14, que conecta la bobina de recepción 11 con una batería recargable 15. Un condensador 16 se proporciona en serie con la misma para mejorar la eficacia de acoplamiento de los campos magnéticos. Para permitir la detección de la proximidad del dispositivo 10 a una de las bobinas 2, el dispositivo 10 comprende una etiqueta RFID 17, que es detectable por los detectores 4 cuando está próxima. La etiqueta RFID 17 comprende además información de carga
 45 del dispositivo 10. Tal información de carga puede comprender información acerca del voltaje necesario, el tiempo de carga o cualquier otro parámetro, que pueda ser usado por el controlador 3 para mejorar la transferencia de energía al dispositivo 10.

50 Cuando el dispositivo 10 está próximo a una de las bobinas 2, el detector asociado 4 de la bobina 2 detecta la presencia de la etiqueta RFID 17 y, por tanto, del dispositivo 10. El controlador 3 proporciona entonces a la bobina 2 un voltaje de corriente alterna, generado por la unidad de fuente de alimentación 5, de modo que la bobina 2 sea operada como un circuito de transmisión 2'. El circuito de transmisión 2' genera de tal modo un primer campo magnético alterno 8, que induce una corriente en la bobina de recepción 11 para recargar la batería 15. Para reducir el campo magnético errante, el controlador 3 suministra a al menos una de las bobinas restantes 2 un voltaje de
 55 corriente alterna en fase opuesta, de modo que se genere un segundo campo magnético, con una fase opuesta a dicha primera fase. De tal modo, el campo magnético lejano se reduce eficazmente. Como puede interpretarse a partir de la figura, la unidad base 1 es ajustable a escala y no está limitada a un número específico de bobinas 2, que puede variar según la aplicación, por ejemplo, puede usarse una unidad base 1 bastante grande con un número alto de bobinas 2, en el caso en que una pluralidad de dispositivo 10 necesiten ser alimentados al mismo tiempo.

60 Detalles adicionales de la invención se explican con referencia a las figuras 2a a 2c, que muestran vistas planas esquemáticas de una segunda realización de un sistema inalámbrico de transmisión de energía en múltiples estados operativos. Dado que los campos alternos se usan para inducir una corriente en la bobina de recepción 11, las figs. 2a a 2c muestran "instantáneas" del sistema en un momento dado del tiempo, para clarificar el funcionamiento del sistema.
 65

De acuerdo a la realización de la fig. 2a, se proporciona una unidad base 1 con una formación de bobinas 3x4 2 para transferir energía inalámbricamente a uno o más dispositivos 10 (no mostrados). Una de las bobinas 2 es operada como un circuito de transmisión 2' por el controlador 3 para transferir energía a un dispositivo 10 (no mostrado), dispuesto encima del circuito de transmisión 2'. El circuito de transmisión 2' está dotado, por lo tanto, por el controlador 3 de una primera señal que tiene una primera fase, es decir, de acuerdo a la "instantánea" de la fig. 2, en una primera dirección, según lo indicado por las flechas 7 y, por tanto, se genera un primer campo magnético 8 con una primera fase, es decir, una primera dirección.

Cuatro bobinas 2, adyacentes al circuito de transmisión 2', son operadas como circuitos de compensación 2". Los circuitos de compensación 2" están dotados por el controlador 3 de una señal, correspondiente a la primera señal, pero con una fase opuesta, es decir, en dirección opuesta en todo momento, según lo indicado por las flechas 9. Los circuitos de compensación 2" generan así un segundo campo magnético 21, que tiene una fase opuesta a dicho primer campo magnético 8. De tal modo, el primer campo magnético 8 es compensado en la región del campo lejano por dicho segundo campo magnético 21. Además del efecto de compensación del campo lejano, la disposición de los circuitos de compensación 2" adyacentes al circuito de transmisión 2' realza el primer campo magnético 8 y, por tanto, la transmisión de energía al dispositivo 10. La fig. 2b y la fig. 2c muestran la realización de la fig. 2a en estados operativos adicionales con dos bobinas 2, operadas como circuitos de transmisión 2', y múltiples circuitos de compensación 2", dispuestos adyacentes a los dos circuitos de transmisión 2'. Es por tanto posible transferir energía a más de un dispositivo 10 (no mostrado) al mismo tiempo, situado encima del respectivo circuito de transmisión 2'.

La fig. 3a y la fig. 3b muestran diagramas de circuitos esquemáticos de la realización de la fig. 2a. Como puede interpretarse a partir de la figura, cada bobina 2 está conectada con la unidad de fuente de alimentación 5 por conmutadores 31, que están controlados por el controlador 2. Cada bobina 2 puede así ser conectada con el voltaje de corriente alterna de suministro, ya sea en dirección positiva o inversa. La fig. 3a muestra la disposición en un estado "apagado"; todos los conmutadores 31 están abiertos. El estado operativo mostrado en la fig. 3b corresponde al estado de la fig. 2c. Dos de las bobinas 2 están conectadas como circuitos de transmisión 2' para la generación del primer campo magnético 8, y las dos vecinas, es decir, adyacentes, están conectadas en fase opuesta, es decir, de acuerdo a la "instantánea" de la fig. 3b, en dirección inversa como circuitos de compensación 2" – según lo indicado por las flechas en la fig. 3b – para compensar el campo magnético lejano del primer campo magnético 8. Los conmutadores 31 se fijan en consecuencia para conectar las respectivas bobinas 2 en direcciones opuestas a la unidad de fuente de alimentación 5.

Para realzar la compensación del primer campo magnético 8 en la región del campo lejano, la suma del flujo magnético del segundo campo magnético generado por los circuitos de compensación 2", indicado en la presente memoria como Φ_C , debería ser igual en amplitud, pero con dirección opuesta, al flujo magnético generado por los circuitos de transmisión de energía 2' en todo momento, indicado como Φ_{Tx} :

$$\Phi_{Tx} = -\Phi_C \quad (1)$$

En general, el flujo magnético Φ generado por una bobina 2 está relacionado con el voltaje aplicado U a la bobina 2:

$$U = N \cdot \frac{d}{dt} \phi \quad (2) ;$$

donde N = Número de vueltas de la bobina 2. El diámetro de la bobina 2 no tiene ninguna relevancia.

Para el flujo sinusoidal y el voltaje, la ecuación puede ser expresada como una función de la frecuencia f usando números complejos:

$$U = j \cdot 2\pi \cdot f \cdot N \cdot \phi \quad (3)$$

Para un sistema de dos bobinas 2 con un circuito de transmisión 2' y un circuito de compensación 2", funcionando en la misma frecuencia f, la condición para la anulación del campo lejano puede ser fácilmente expresada como:

$$\frac{U_{Tx}}{N_{Tx}} = \frac{-U_C}{N_C} \quad (4) ;$$

donde el índice Tx está relacionado con el circuito de transmisión 2' y el índice C está relacionado con el circuito de compensación 2". Si existe un cierto número de circuitos de transmisión 2' activos (n_{Tx}) y un cierto número de circuitos de compensación 2" (n_C), la suma de todas las contribuciones de flujo magnético de los circuitos de transmisión 2' debería ser igual a la suma del flujo de todos los circuitos de compensación 2". Expresado como ecuación, esto es:

$$\sum_{i=1}^{n_{Tx}} \phi_{Tx}(i) = \sum_{k=1}^{n_C} -\phi_C(k) \quad (5)$$

Si las bobinas 2 no están muy bien acopladas en el campo cercano, la ecuación (4) es aplicable, y una regla para una realización técnica puede ser expresada como:

$$\sum_{i=1}^{n_{Tx}} \frac{U_{Tx}(i)}{N_{Tx}(i)} = \sum_{k=1}^{n_C} \frac{-U_C(k)}{N_C(k)} \quad (6)$$

En el caso en que se usan bobinas idénticas 2 con un correspondiente número de devanados para la transmisión de energía, es decir, como circuitos de transmisión 2', y para la compensación de campo, es decir, como circuitos de compensación 2", un procedimiento sencillo de control es conectar el mismo número de bobinas 2 como activadas para la transmisión de energía como circuitos de compensación, pero en dirección inversa, según se muestra en la fig. 2c y la fig. 3b.

Para mejorar adicionalmente la eficacia de compensación, es posible proporcionar una unidad de fuente de alimentación 45 de compensación controlable por separado, según se muestra en las figs. 4a a 4c.

La fig. 4a muestra una vista plana esquemática de una tercera realización en un estado operativo. La configuración básica del sistema de transmisión de energía de acuerdo a la realización de la fig. 4a corresponde a la realización de la fig. 2a, especialmente la disposición de las bobinas 2.

Cada bobina 2 puede ser conectada, ya sea a la unidad de fuente de alimentación 5, que proporciona a las bobinas de transmisión 2' un voltaje de corriente alterna para la transmisión de energía (U_{gen}), o bien a la fuente de alimentación 45 de compensación controlable, para proporcionar un voltaje de compensación de corriente alterna (U_c) a los circuitos de compensación 2" usando los conmutadores 31, como puede interpretarse a partir de la fig. 4b, que muestra un diagrama esquemático de circuitos de la realización de acuerdo a la fig. 4a. El controlador 3 fija el voltaje de compensación de acuerdo a la ecuación (6), según el número de circuitos de transmisión 2' activados y de circuitos de compensación 2", y sus propiedades, como se ha mencionado anteriormente.

La figura 4c muestra una "instantánea" de la tercera realización en el estado operativo de acuerdo a la fig. 4a, donde algunas de las bobinas 2 están activadas. Solamente está activado un circuito de transmisión 2', pero dos bobinas vecinas 2 están conectadas con el voltaje de compensación de corriente alterna como circuitos de compensación 2". En este ejemplo, todas las bobinas 2 tienen iguales propiedades, es decir, números de devanados y, por tanto, el controlador 3 fija el valor absoluto del voltaje de compensación $U_c = 1/2 U_{gen}$.

Alternativamente al funcionamiento de las bobinas 2, ya sea como circuitos de transmisión 2' o como circuitos de compensación 2", es posible proporcionar un circuito de compensación dedicado 52, según se muestra en la fig. 5.

La fig. 5 muestra una cuarta realización de un sistema inalámbrico de transmisión de energía de acuerdo a la invención, en una vista plana esquemática en un estado operativo. A diferencia de la realización de la fig. 2a, un circuito de compensación dedicado 52 se proporciona en una periferia de la unidad base 1, formando un área de transmisión, en la cual están dispuestas las bobinas 2. El circuito de compensación 52 está formado por una bobina con múltiples devanados, para generar el segundo campo magnético 21, que proporciona compensación en el campo magnético lejano para el primer campo magnético 8, generado por dichos uno o más circuitos de transmisión 2'. El circuito de compensación 52 tiene el mismo número de vueltas que cada una de las bobinas 2. Las bobinas 2 y el circuito de compensación 52 están dotados de un voltaje de corriente alterna por la unidad de fuente de alimentación 5.

La fig. 6a y la fig. 6b muestran un diagrama esquemático de circuitos de la realización de la fig. 5. Cada bobina 2 puede ser conmutada al voltaje de alimentación de corriente alterna, proporcionado por la unidad de fuente de

- alimentación 5. El circuito de compensación 52 está conectado con la misma unidad de fuente de alimentación 5, pero en dirección inversa. El controlador 3 controla los conmutadores 31 para activar una bobina 2 como un circuito de transmisión 2' cuando un dispositivo 10 (no mostrado) esté próximo a la respectiva bobina 2. Mientras la fig. 6a muestra la disposición en el estado "apagado", la fig. 6b muestra una "instantánea" de acuerdo a la fig. 5, donde un
- 5 circuito de transmisión 2' y el circuito de compensación 52 están activados. Las flechas indican la dirección del voltaje aplicado. Para compensar el campo magnético lejano, el voltaje de corriente alterna, aplicado al circuito de compensación 52, está en fase opuesta al voltaje de corriente alterna, aplicado al circuito de transmisión 2', es decir, en dirección opuesta de acuerdo a la "instantánea" de la fig. 6b, según lo indicado por las flechas en la figura.
- 10 Alternativamente, para realzar adicionalmente la eficacia de compensación, es posible proporcionar una unidad de fuente de alimentación 75 de compensación controlable por separado, según se muestra en la fig. 7a y la fig. 7b, que muestran un diagrama esquemático de circuitos de una quinta realización de la invención. La configuración básica del sistema de transmisión de energía de acuerdo a la realización de la fig. 7a y la fig. 7b corresponde a la realización de la fig. 5, especialmente la disposición de las bobinas 2 y el circuito de compensación 52.
- 15 El controlador 3 controla la unidad de fuente de alimentación de compensación 75. El controlador 3 fija el voltaje de corriente alterna de compensación de acuerdo a la ecuación (6), según el número de circuitos de transmisión 2' activados y las propiedades del circuito de compensación 52. La figura 7b muestra una "instantánea" de la realización de la fig. 7a en un estado operativo, donde están activados dos circuitos de transmisión 2'. Si el circuito de compensación 52 tiene el mismo número de devanados, el valor absoluto del voltaje de compensación (U_c) debe ser $U_c = 2 \times U_{gen}$ (voltaje suministrado al circuito de transmisión 2'), según lo indicado por las flechas en la figura. Como una ventaja de esta solución, el circuito de compensación 52 puede tener un número distinto de bobinados que las bobinas 2, y es por tanto más flexible.
- 20 La fig. 8a y la fig. 8b muestran un diagrama esquemático de circuitos de una realización adicional de la invención con un único circuito de compensación 82. La configuración básica del sistema de transmisión de energía, de acuerdo a la realización de la fig. 8a y la fig. 8b, corresponde a la realización de la fig. 5, especialmente la disposición de las bobinas 2 y el circuito de compensación 82.
- 25 Esta solución hace uso de la ecuación (6) ajustando el número de devanados del circuito de compensación 82. El circuito de compensación completo 82 tiene el mismo número de vueltas 81 que todas las bobinas 2. Sin embargo, según se muestra en la Figura 8a, los conmutadores adicionales 80 permiten conectar solamente una fracción de los devanados de compensación con el generador de voltaje de corriente alterna de la unidad de fuente de alimentación 5. Por ejemplo, si dos circuitos de transmisión 2' están activados, solamente 1/2 de las vueltas de compensación 81 están activadas. Si tres circuitos de transmisión 2' están activados, solamente 1/3 de las vueltas de compensación 81 están activadas, y así sucesivamente. Las vueltas del circuito de compensación 82 están estrechamente acopladas, según lo indicado por la línea en negrita por debajo de los inductores de compensación individuales, que representan las fracciones del devanado. La figura 8b muestra una "instantánea" de la realización de la fig. 8a en un estado operativo, donde están activados dos circuitos de transmisión 2'. Según se muestra, el conmutador 80' conecta la mitad de las vueltas 81 del circuito de compensación 82 con la unidad de alimentación 5 y, por tanto, con el voltaje del generador de corriente alterna.
- 30 Si bien la invención ha sido ilustrada y descrita en detalle en los dibujos y en la descripción precedente, tal ilustración y descripción han de ser considerados ilustrativos o ejemplares, y no restrictivos. Todas, o algunas de, las realizaciones o características de realizaciones individuales pueden ser combinadas sin restricción. La invención no está limitada a las realizaciones divulgadas.
- 35 Por ejemplo, es posible operar la invención de acuerdo a las realizaciones anteriores, en las que
- 40 - el controlador 3 se proporciona como una unidad externa, p. ej., un micro-controlador u ordenador,
 - los detectores 4 son detectores de presión, detectores de campo, detectores de proximidad ultrasónicos o detectores ópticos, y el dispositivo 10 está adaptado a los mismos,
 - las bobinas 2 se proporcionan en múltiples capas de una placa de circuitos impresos, o se proporcionan como bobinas discretas,
- 45 - las placas magnéticas blandas 6, 12 comprenden un material plástico de compuesto de ferrita, o una lámina metálica estructurada de alta permeabilidad, hecha de mumetal, metglas o hierro nano-cristalino,
 - las placas magnéticas blandas 6, 12 se proporcionan como capas de la placa de circuitos impresos
 - el dispositivo 10 comprende ningún medio de almacenamiento de energía, o uno alternativo, en lugar de la batería 15, p. ej., un condensador "supercap",
- 50 - los conmutadores 31, 80 y 80' se proporcionan como relés o transistores, p. ej., de FET o MOSFET y / o
 - los circuitos generadores están dispuestos en múltiples capas.
- 55 Además, es posible operar la invención de acuerdo a las realizaciones anteriores, donde el voltaje de compensación de corriente alterna, proporcionado a los circuitos de compensación 2', 52 u 82, no está determinado por la ecuación (6). En cambio, durante una activación de calibración (p. ej., en la fábrica o en el laboratorio), se determina el voltaje óptimo de compensación de corriente alterna para cada combinación de los circuitos de transmisión 2' activados.
- 60

Esta configuración óptima se almacena en el controlador 3 y se usa durante el funcionamiento. La configuración óptima se determina usando un sensor de campo magnético situado en el campo lejano. El voltaje de compensación de corriente alterna varía hasta que se mide un campo magnético mínimo.

- 5 Alternativamente, o adicionalmente a ello, el voltaje de compensación de corriente alterna, proporcionado a los circuitos de compensación 2", 52 u 82 es determinado en una operación de bucle cerrado o activa, donde el campo magnético lejano es detectado usando un sensor adecuado, p. ej., un sensor de sala, conectado con el controlador 3. El sensor puede estar situado suficientemente alejado de las bobinas 2, p. ej., en el borde externo de la unidad base 1 o en el área de transmisión, o puede ser proporcionado en una unidad por separado, conectada, bien cableada, o bien inalámbrica, del controlador 3. El controlador 3 varía el voltaje de compensación de corriente alterna, hasta que se logra un óptimo de anulación.

- 15 Otras variaciones para las realizaciones divulgadas pueden ser entendidas y efectuadas por los expertos en la técnica al poner en práctica la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la palabra "comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "uno" no excluye una pluralidad. Un procesador individual, u otra unidad, puede cumplir las funciones de varios elementos revelados en las reivindicaciones. El mero hecho de que ciertas medidas estén reveladas en reivindicaciones dependientes mutuamente distintas no indica que una combinación de estas medidas no pueda ser usada con ventaja. Un programa de ordenador puede estar almacenado / distribuido en un medio adecuado, tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido, proporcionado junto con, o como parte de, otro hardware, pero también puede ser distribuido de otras formas, tales como mediante Internet u otros sistemas de telecomunicación cableados o inalámbricos. Ningún signo de referencia en las reivindicaciones debería ser interpretado como limitador del ámbito.

25

REIVINDICACIONES

1. Sistema inalámbrico de transmisión de energía, que comprende

- 5 - una unidad base (1) con múltiples circuitos generadores de campos magnéticos; dichos circuitos generadores están dispuestos en un plano, formando un área de transmisión, en la que
- dicha unidad base (1) comprende un controlador (3), configurado para determinar un circuito de transmisión (2') a partir de dichos circuitos generadores, para transferir energía a un dispositivo (10) cuando un inductor de recepción de dicho dispositivo (10) está próximo a dicho circuito de transmisión (2'), tras lo cual dicho circuito de transmisión (2') es operado para generar un primer campo magnético (8) que tiene una primera fase para inducir una corriente en dicho inductor de recepción,

caracterizado porque

- 15 dicho controlador (3) está adicionalmente configurado para operar al menos uno de los restantes circuitos generadores como un circuito de compensación (2", 52, 82) para generar un segundo campo magnético (21), con una fase opuesta a dicha primera fase,
dicho circuito de compensación (2", 52, 82) comprende al menos un devanado conductor, dispuesto sobre una periferia de dicha área de transmisión para generar dicho segundo campo magnético (21).

20 2. Sistema inalámbrico de transmisión de energía, que comprende

- una unidad base (1) con múltiples circuitos generadores de campos magnéticos, en el que
- dicha unidad base (1) comprende un controlador (3), configurado para determinar un circuito de transmisión (2') a partir de dichos circuitos generadores, para transferir energía a un dispositivo (10) cuando un inductor de recepción de dicho dispositivo (10) está próximo a dicho circuito de transmisión (2'), tras lo cual dicho circuito de transmisión (2') es operado para generar un primer campo magnético (8) que tiene una primera fase para inducir una corriente en dicho inductor de recepción,

30 caracterizado porque

- dicho controlador (3) está adicionalmente configurado para determinar al menos un circuito de compensación (2", 52, 82) a partir de uno de los restantes circuitos generadores, de modo que dicho circuito de transmisión (2') y dicho circuito de compensación (2", 52, 82) estén adyacentes entre sí y
35 - dicho controlador (3) está configurado para operar dicho al menos un circuito de compensación (2", 52, 82) para generar un segundo campo magnético (21), con una fase opuesta a dicha primera fase.

3. Sistema de acuerdo a las reivindicaciones 1 o 2, en el que dicho circuito de transmisión (2') y dicho al menos un circuito de compensación (2", 52, 82) son operados de modo que la amplitud del flujo magnético de dicho primer campo magnético (8) corresponda a la amplitud del flujo magnético de dicho segundo campo magnético (21).

4. Sistema de acuerdo a una de las reivindicaciones precedentes, en el que cada uno de dichos circuitos generadores comprende una bobina (2) con múltiples devanados para generar dichos campos magnéticos (8, 21).

45 5. Sistema de acuerdo a la reivindicación 4, en el que el número de devanados del circuito de transmisión (2') corresponde al número de bobinados de dicho al menos un circuito de compensación (2", 52, 82).

6. Sistema de acuerdo a una de las reivindicaciones precedentes, en el que cada circuito generador tiene un detector asociado (84), conectado con el controlador (3), para detectar la proximidad del inductor de recepción al correspondiente circuito generador.

50 7. Sistema de acuerdo a la reivindicación 6, en el que dichos detectores (4) son detectores RFID y dicho dispositivo comprende una etiqueta RFID (17).

55 8. Sistema de acuerdo a una de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha unidad base (1) comprende un sensor, conectado con el controlador (3) para detectar el campo magnético, de modo que dicho circuito de compensación (2", 52, 82) sea operado para minimizar el campo magnético lejano de dicho circuito de transmisión (2').

60 9. Sistema de acuerdo a una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además un dispositivo (10), separable de dicha unidad base (1), y que tiene un inductor de recepción, adaptado para recibir energía inductivamente cuando dicho dispositivo (10) está próximo a uno de dichos circuitos generadores.

65 10. Procedimiento para operar un sistema inalámbrico de transmisión de energía, que comprende una unidad base (1), con múltiples circuitos generadores de campos magnéticos, y un dispositivo (10), separable de dicha unidad base (1), que tiene un inductor de recepción, adaptado para recibir energía inductivamente cuando dicho dispositivo

(10) está próximo a uno de dichos circuitos generadores, estando dichos circuitos generadores dispuestos en un plano, formando un área de transmisión, en el que

- 5 - se determina la proximidad del inductor de recepción a un circuito de transmisión (2') de dichos circuitos generadores,
- se opera dicho circuito de transmisión (2') para generar un primer campo magnético (8) para inducir una corriente en dicho inductor de recepción, caracterizado porque
- al menos uno de los restantes circuitos generadores se opera como un circuito de compensación (2", 52, 82) para generar un segundo campo magnético (21) en fase opuesta a dicho primer campo magnético (8),
- 10 - dicho circuito de compensación (2", 52, 82) comprende al menos un devanado conductor, dispuesto en una periferia de dicha área de transmisión para generar dicho segundo campo magnético (21).

11. Procedimiento para operar un sistema inalámbrico de transmisión de energía, que comprende una unidad base (1), con múltiples circuitos generadores de campos magnéticos, y un dispositivo (10), separable de dicha unidad base (1), que tiene un inductor de recepción, adaptado para recibir energía inductivamente cuando dicho dispositivo (10) está próximo a uno de dichos circuitos generadores, en el que

- se determina la proximidad del inductor de recepción a un circuito de transmisión (2') de dichos circuitos generadores,
- 20 - dicho circuito de transmisión (2') se opera para generar un primer campo magnético (8), para inducir una corriente en dicho inductor de recepción, caracterizado porque
- al menos un circuito de compensación (2", 52, 82) se determina a partir de uno de los restantes circuitos generadores, de modo que dicho circuito de transmisión (2') y dicho circuito de compensación (2", 52, 82) sean adyacentes entre sí, y
- 25 - dicho circuito de compensación (2", 52, 82) se opera para generar un segundo campo magnético (21) en fase opuesta a dicho primer campo magnético (8).

12. Programa de ordenador que permite llevar a cabo el procedimiento de acuerdo a la reivindicación 10 u 11 cuando es ejecutado en un ordenador.

30

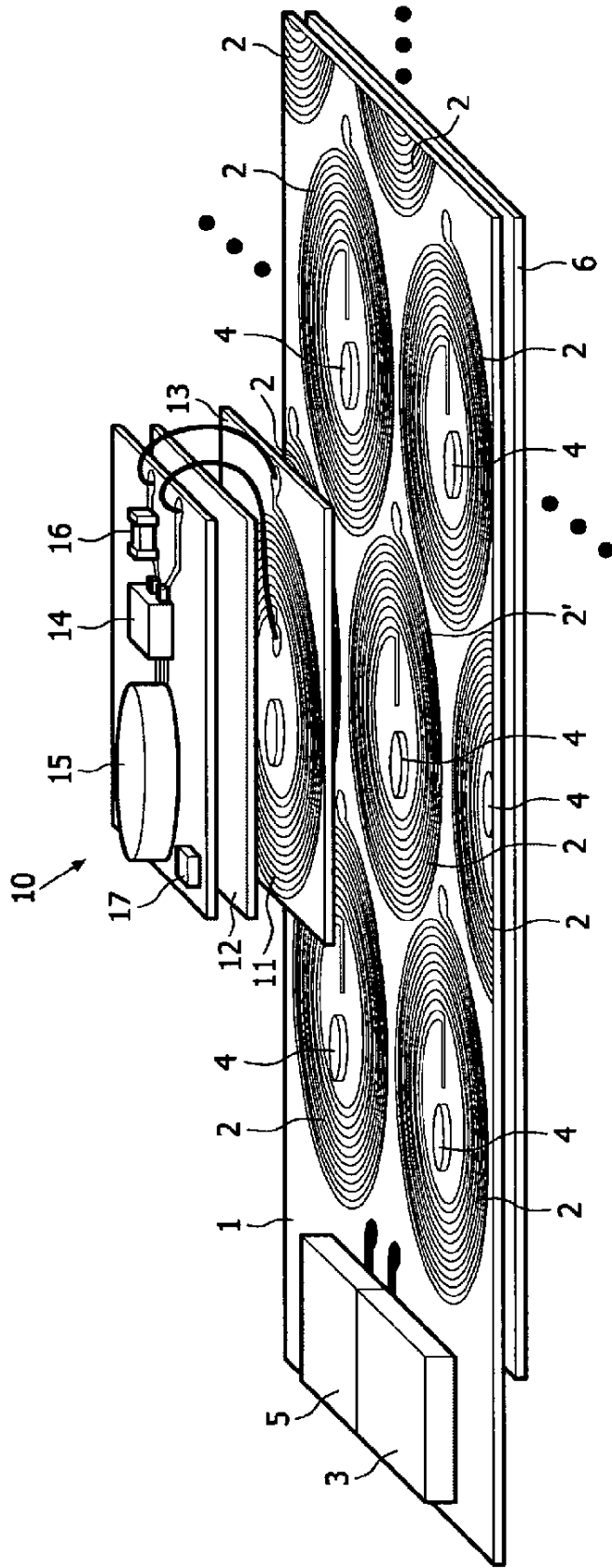


FIG. 1

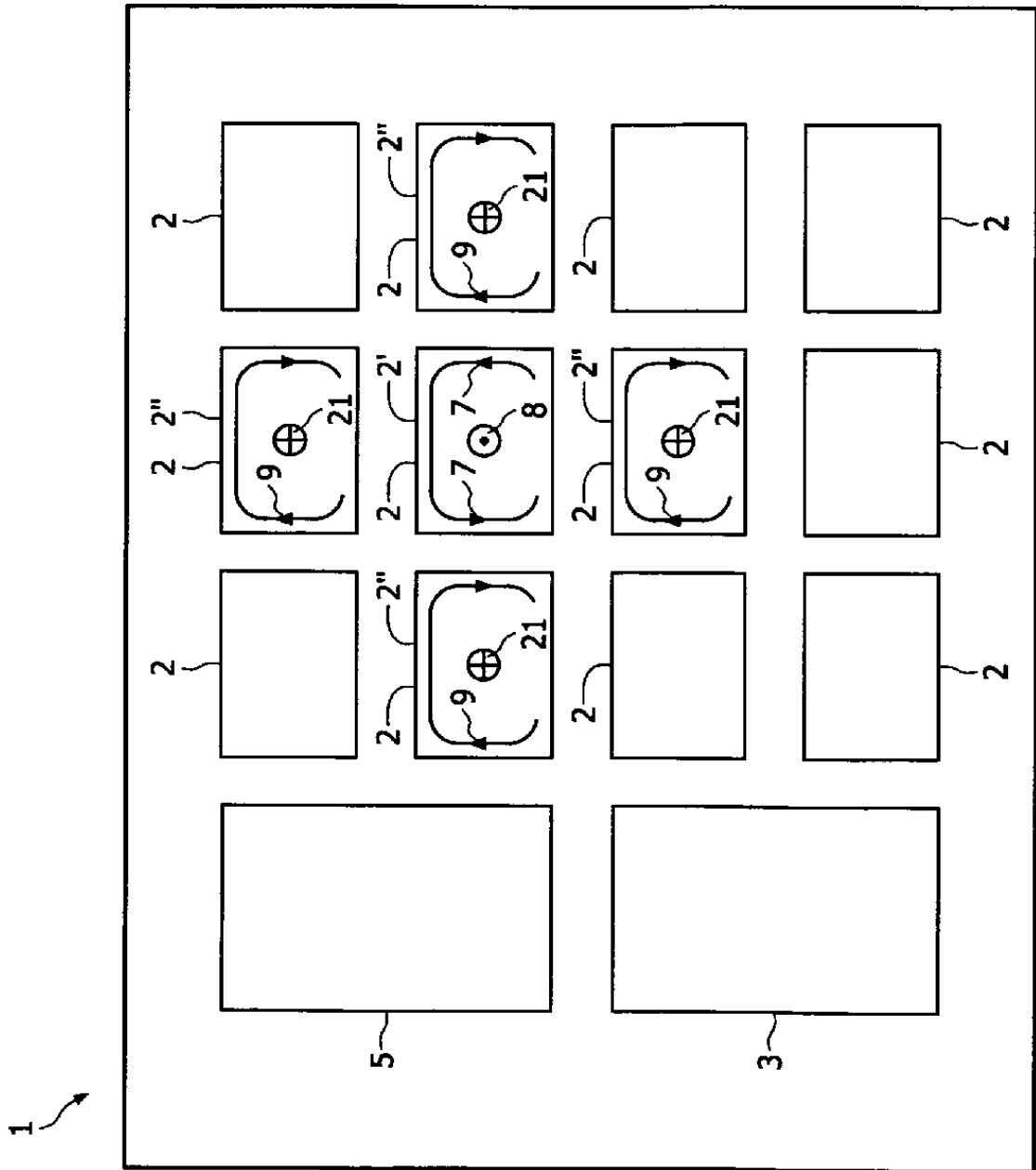


FIG. 2a

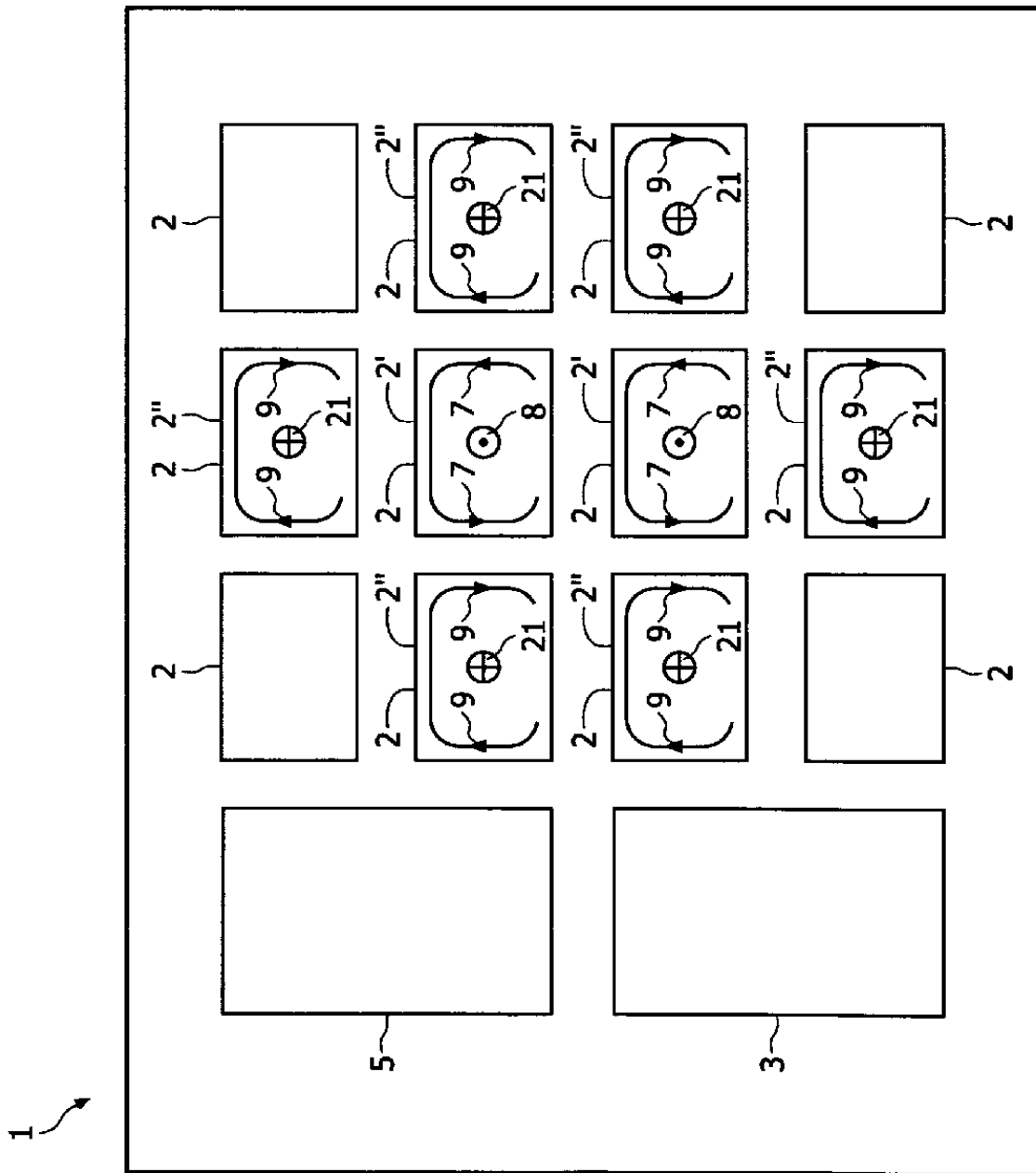


FIG. 2b

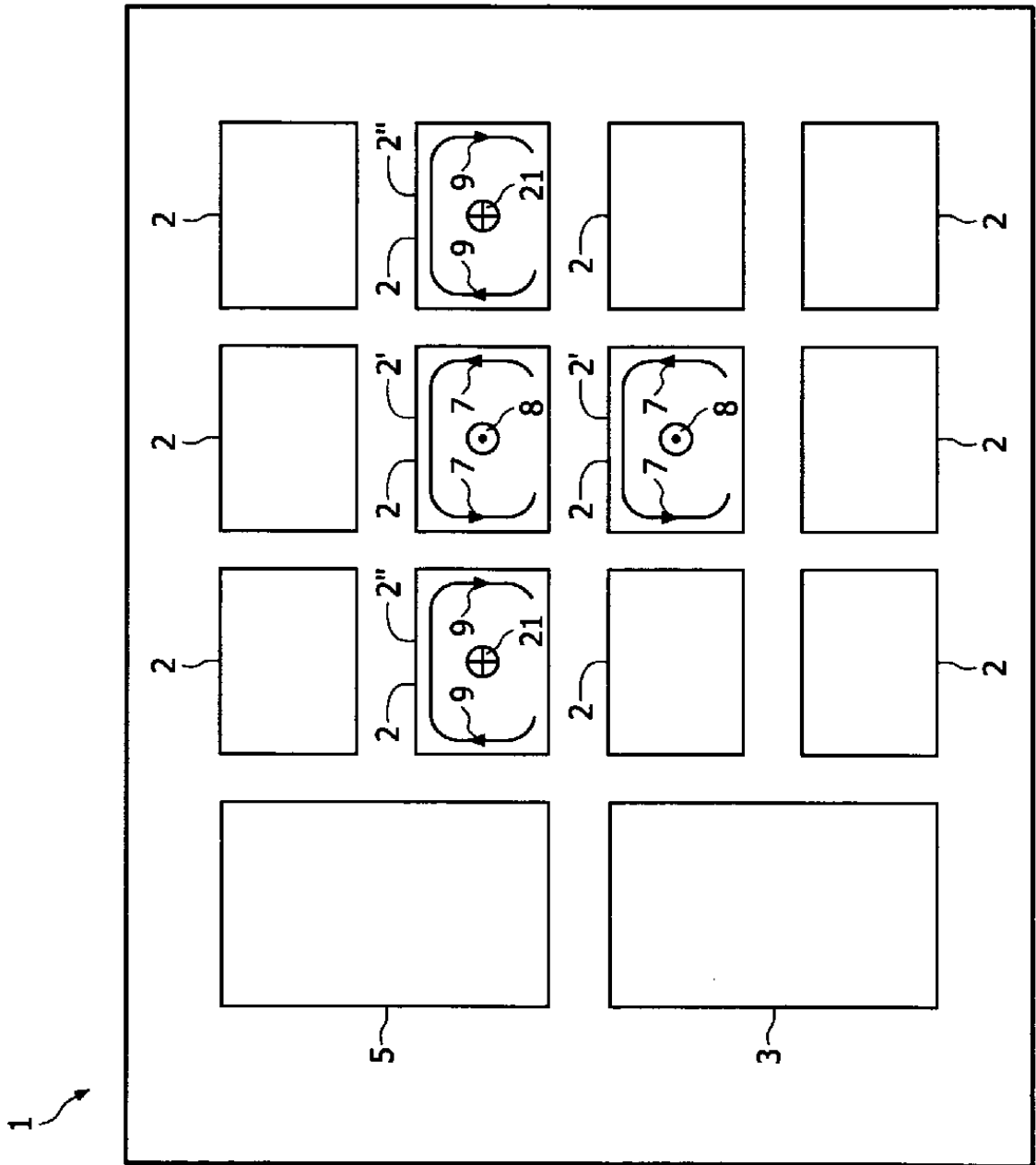


FIG. 2C

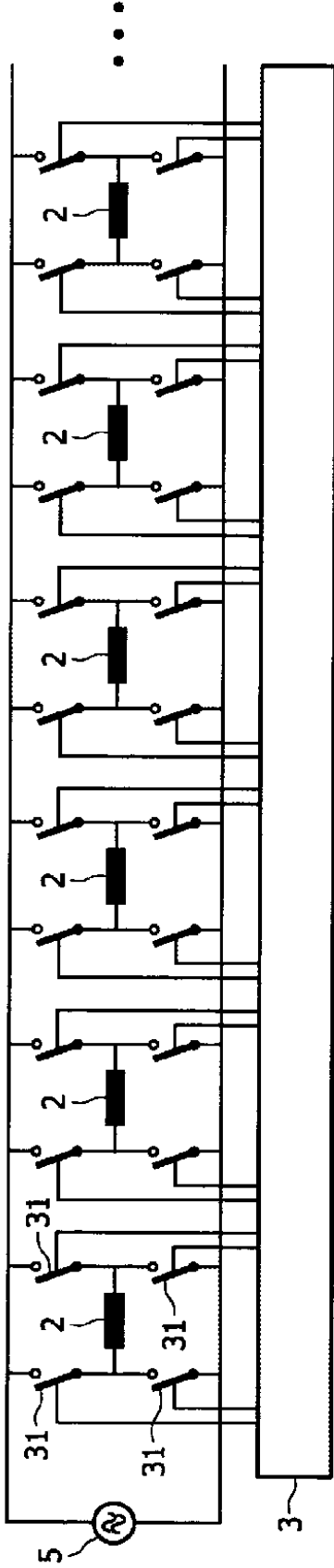


FIG. 3a

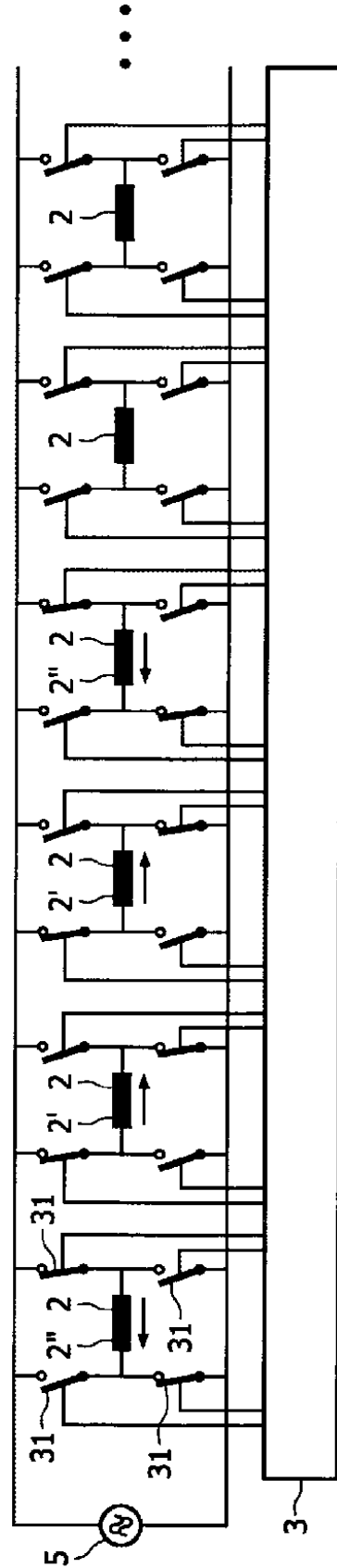


FIG. 3b

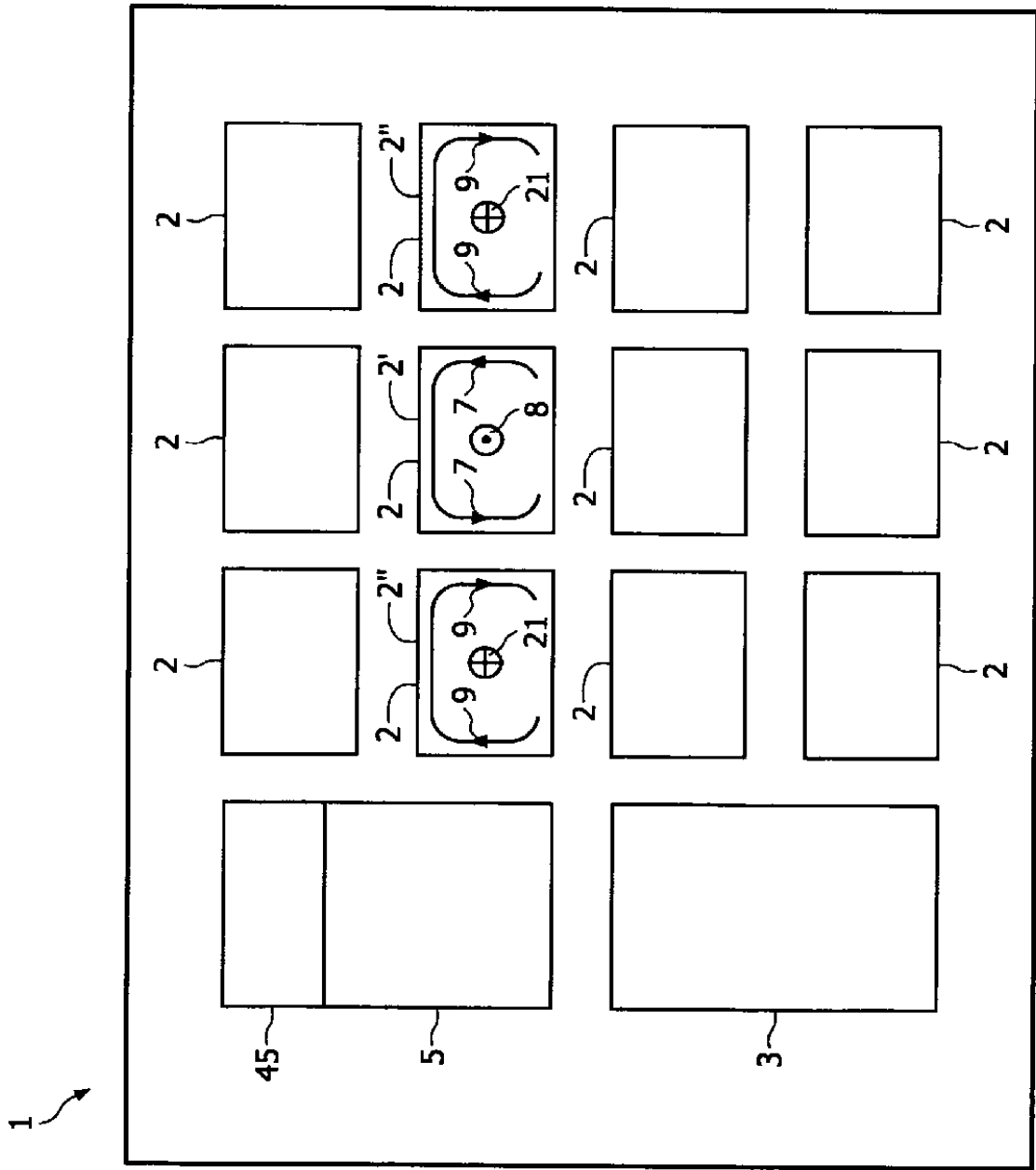


FIG. 4a

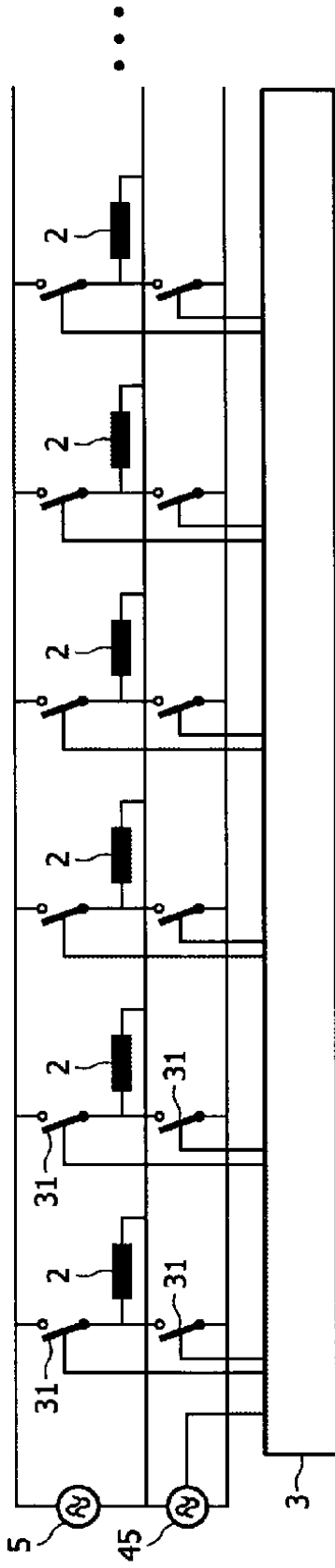


FIG. 4b

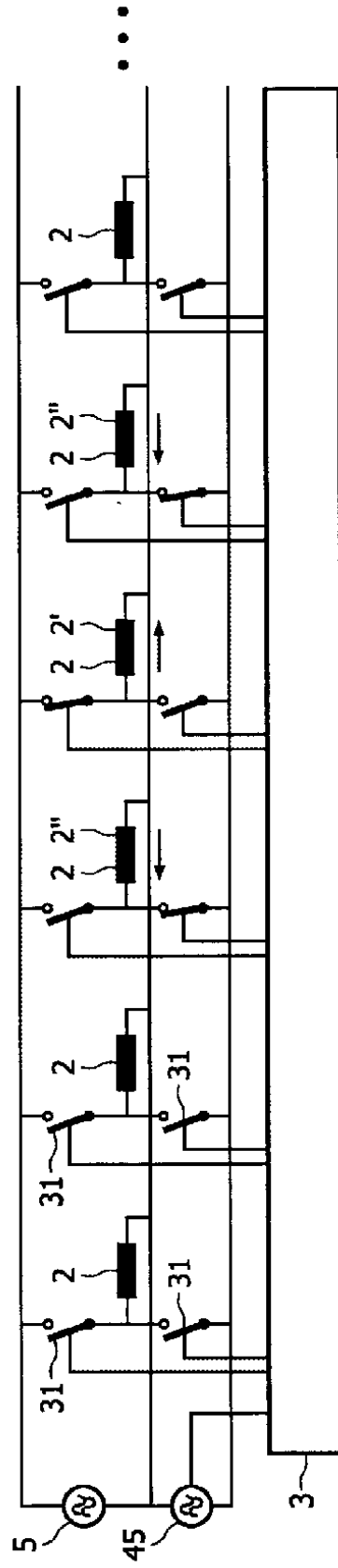


FIG. 4c

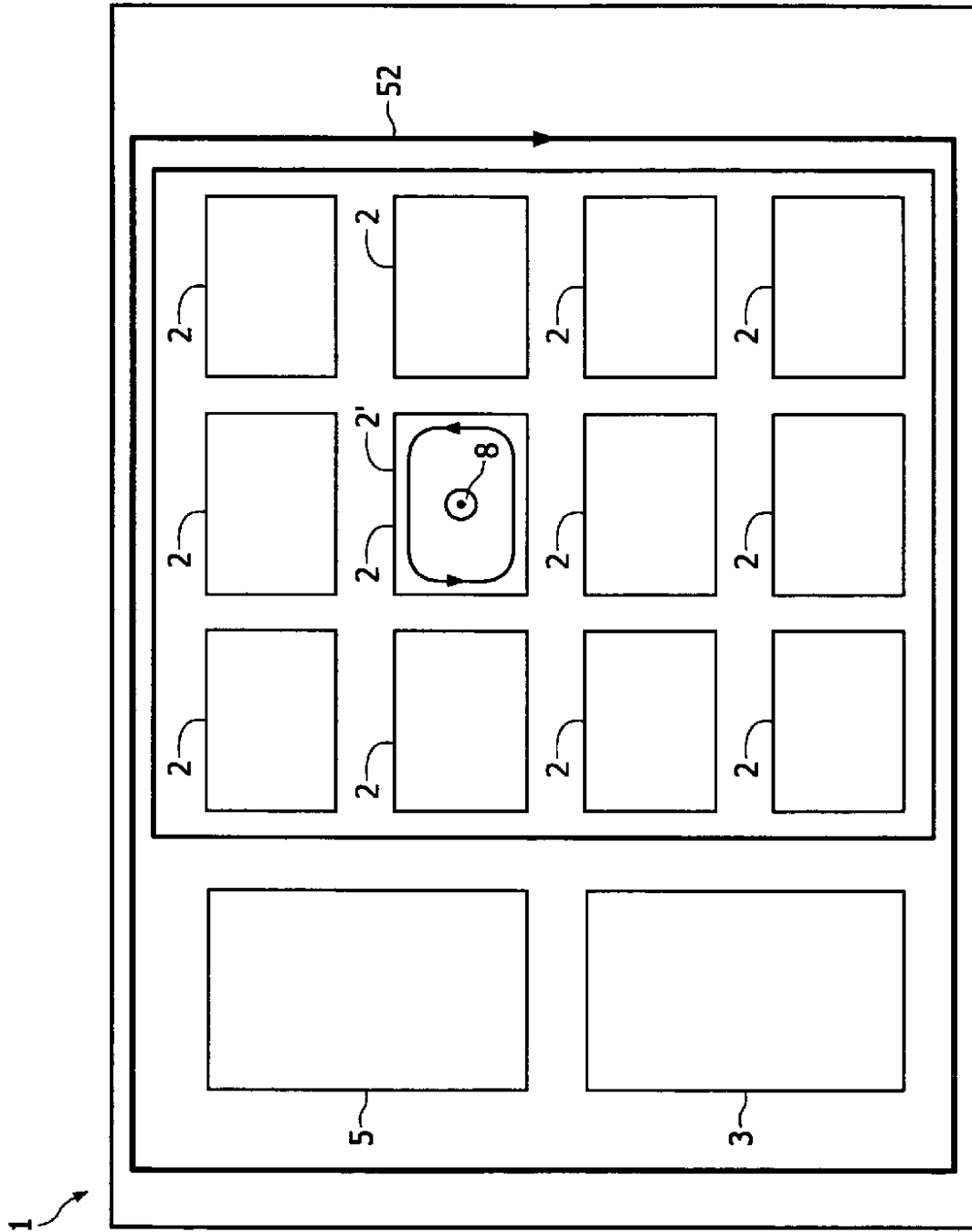


FIG. 5

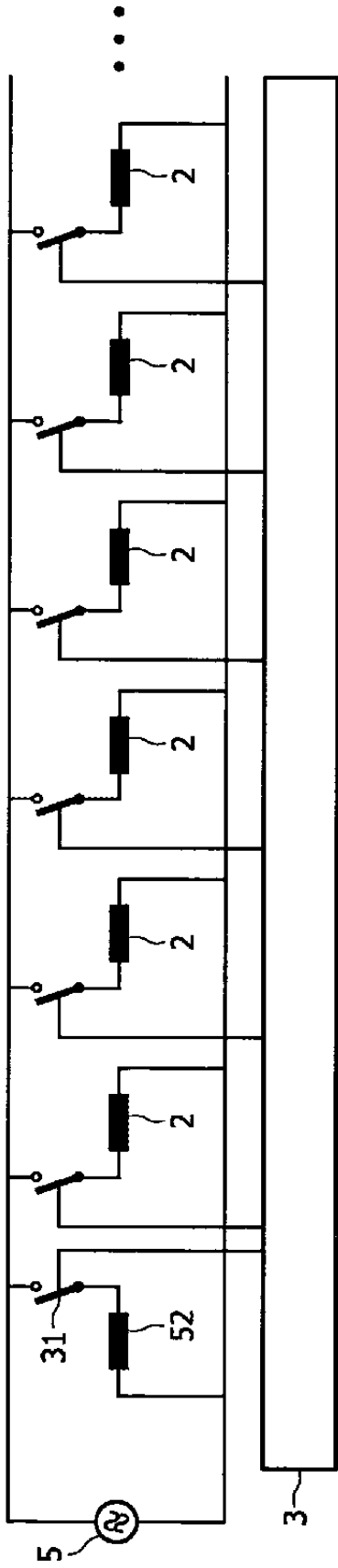


FIG. 6a

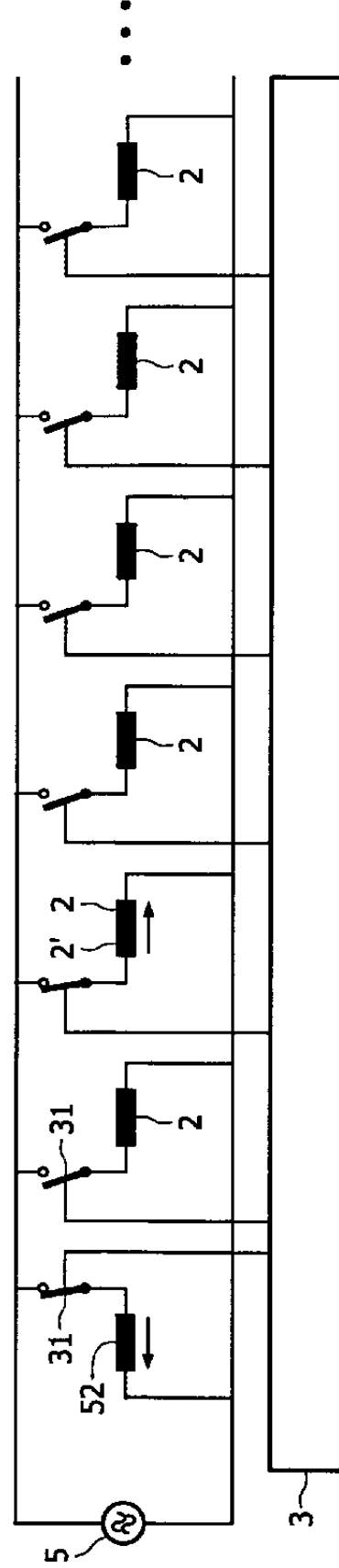


FIG. 6b

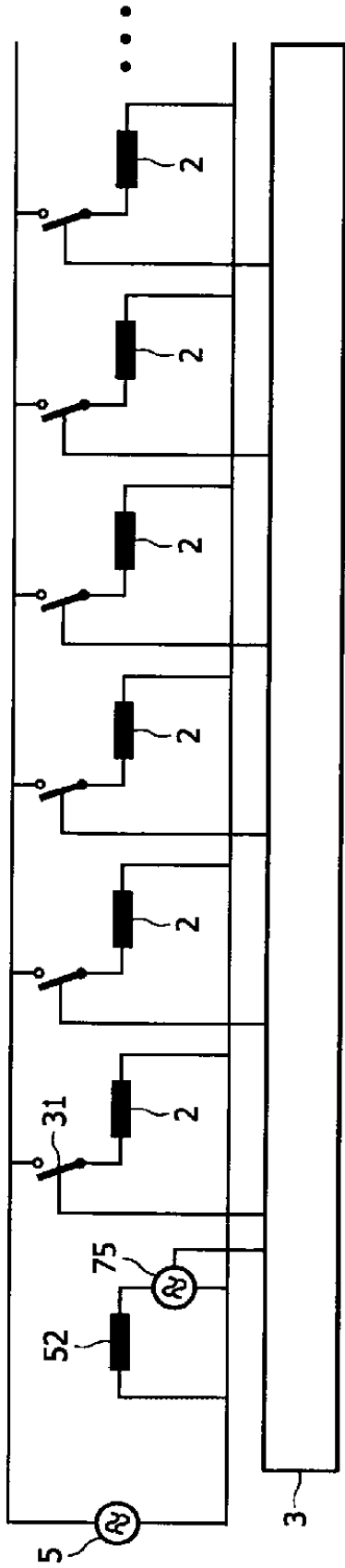


FIG. 7a

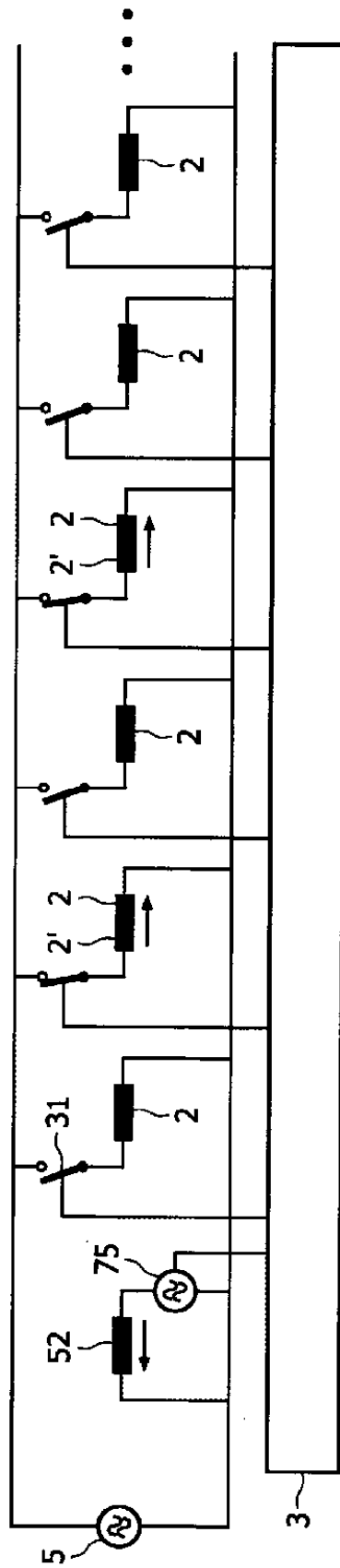


FIG. 7b

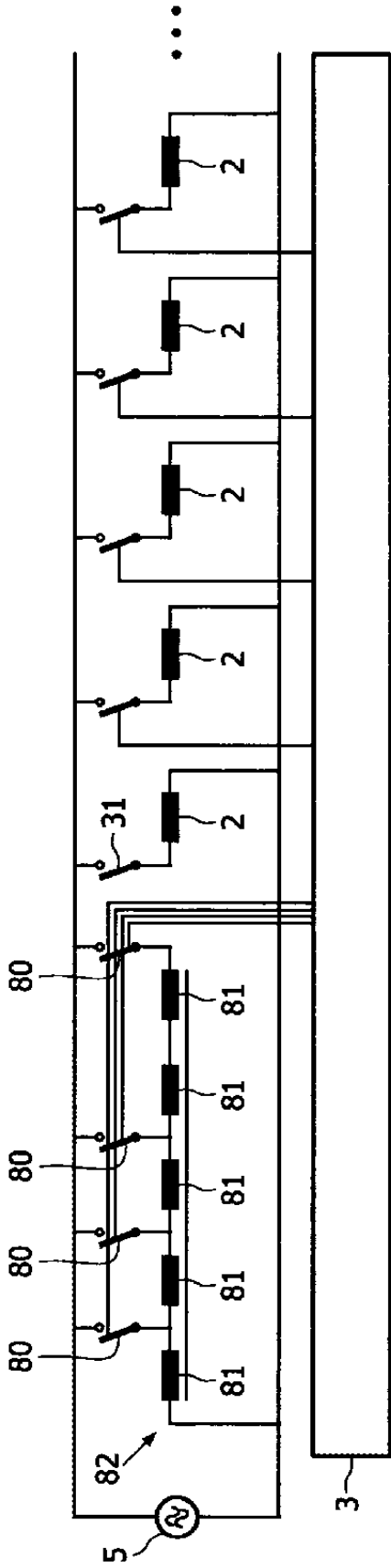


FIG. 8a

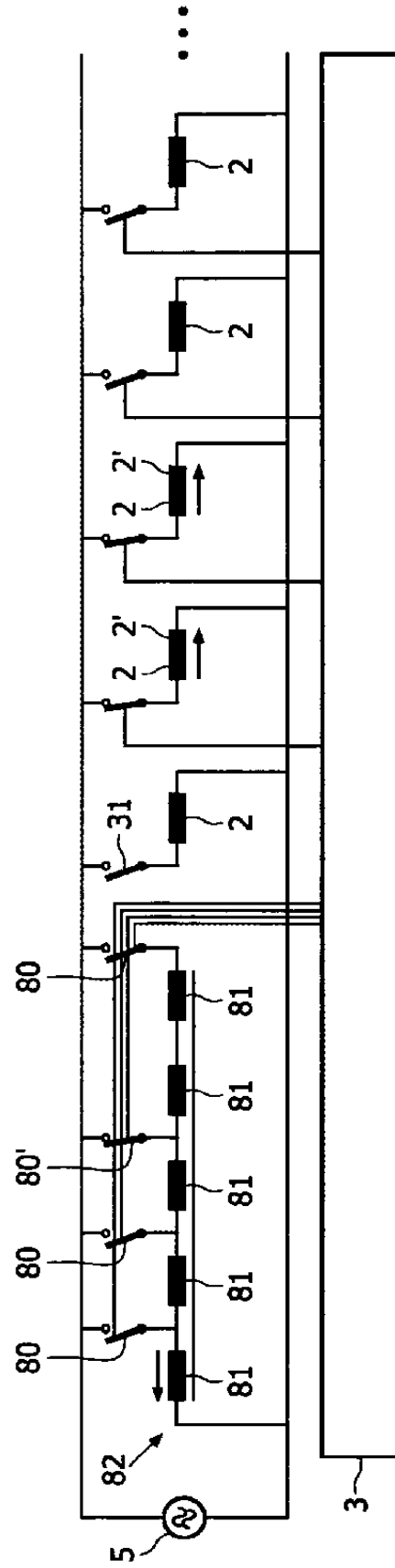


FIG. 8b