

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 243**

51 Int. Cl.:

H02K 7/18 (2006.01)

H02K 41/03 (2006.01)

H02K 35/02 (2006.01)

H02K 11/04 (2006.01)

H02P 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2005 PCT/US2005/008463**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2005 WO05089281**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2005 E 05725553 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 1741177**

54 Título: **Circuito para aumentar la eficiencia de un generador eléctrico lineal**

30 Prioridad:

16.03.2004 US 553666 P
07.01.2005 US 30933

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.06.2020

73 Titular/es:

OCEAN POWER TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
28 Engelhard Drive, Suite B
Monroe Township, NJ 08831, US

72 Inventor/es:

STEWART, DAVID, B. y
SCHANZER, HENRY, I.

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 769 243 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

Circuito para aumentar la eficiencia de un generador eléctrico lineal

5 Antecedentes de la invención

[0001] Esta invención se refiere a generadores eléctricos lineales (LEG) y a un circuito para mejorar su eficiencia. Un problema con LEG conocidos se puede explicar mejor en relación con de la técnica anterior figuras 1 y 2. Un LEG puede ser construido, como se muestra en las figuras 1 y 2, para tener un estátor largo (por ejemplo, un
10 ensamblaje de bobina de inducción 24 de longitud d1) y un ensamblaje de imán permanente relativamente corto 22 de longitud d2. Cuando el ensamblaje de imán permanente 22 se mueve relativamente al ensamblaje de bobina de inducción 24 un voltaje (y una corriente si una carga se conecta a través del ensamblaje de bobina) se induce en el ensamblaje de bobina. Una ventaja de sistemas donde la bobina está hecha mucho más larga que el imán, en comparación con aquellos con ensamblajes magnéticos permanentes largos y ensamblajes de
15 (estátor) de bobina de inducción corta, incluye la carcassidad de sostener el cableado del ensamblaje de bobina de inducción fija (es decir, los cables no se mueven o pliegan continuamente). Otra ventaja de tales sistemas es que las bobinas largas e imán permanente corto permiten el uso de amortiguadores/disyunctores de imán permanente pasivo relativamente simple (por ejemplo, amortiguadores pasivos se pueden formar colocando placas conductoras en los extremos del desplazamiento de los imanes permanentes para formar un amortiguador pasivo o freno). Todavía otra ventaja de tener un imán permanente relativamente corto es que imanes grandes y largos suponen un riesgo en la medida en que estos tienden a atraer una gran cantidad de residuos.

[0002] Aunque la estructura mostrada en las figuras 1 y 2 tiene muchas ventajas, un problema con generadores eléctricos lineales conocidos que tienen un ensamblaje de bobina de inducción larga y un ensamblaje magnético permanente relativamente corto es que la corriente eléctrica generada en las bobinas tiene que pasar (fluir) a través de todo el ensamblaje de bobina (es decir, todas las bobinas) en el estátor, como se ilustra en la Fig. 1. El voltaje útil derivada de las bobinas se obtiene de aquellas bobinas y secciones de bobina opuestas directamente y muy cercanas al ensamblaje magnético permanente. Esta tensión útil induce una corriente que fluye a través de las bobinas. Las partes de las bobinas de estátor que no son adyacentes (o directamente opuestas) al ensamblaje magnético permanente (PMA) y aquellas que no interactúan con el ensamblaje magnético causan una caída de tensión en la bobina (es decir, debido a la resistencia e inductancia de la bobina) sin aumentar la generación de corriente adicional. La caída de tensión debido a la resistencia/impedancia de las bobinas que no contribuye a la generación del voltaje (corriente) resulta en pérdidas significativas en la energía que genera el
25 LEG.

[0003] Una solución propuesta al problema se muestra y se expone en una solicitud pendiente titulada circuito de conmutación de bobina para generador eléctrico lineal de David B. Stewart et al., solicitada al mismo tiempo y con el número de serie PCT/US2005/008468 y asignada al mismo cesionario que la solicitud inmediata publicada como WO2005/089283A1. La solicitud de conmutador de bobina muestra el uso de una disposición de conmutación para acoplar secciones solo seleccionadas de bobinas del ensamblaje de bobina de inducción (ICA) de un LEG a través de líneas de salida del LEG. Las secciones seleccionadas incluyen aquellas secciones de bobinas del ICA más cercano al PMA de paso. Una desventaja de la solución propuesta es que requiere el uso de interruptores para acoplar las bobinas activas a las líneas de salida del LEG e interruptores para desacoplar o evitar las bobinas inactivas. Para una operación apropiada del sistema usando una disposición de conmutación, sensores de posición y/u otros medios apropiados se necesitan para detectar la posición del PMA relativamente al ICA para constantemente encender y apagar los interruptores para asegurar que bobinas solo deseadas están de hecho conectadas en circuito. Esta desventaja se supera en circuitos y sistemas que comprende la invención.

[0004] La GB2063574A divulga un generador eléctrico lineal d.c. que tiene una pluralidad de bobinas separadas, cada bobina está conectada a un rectificador de puente respectivo y un imán de longitud inferior que el ensamblaje lineal de las bobinas. La US5347186 de forma similar divulga un generador eléctrico de movimiento lineal con una pluralidad de bobinas separadas, cada una conectada a un rectificador de puente. La WO03/058054A1 divulga un dispositivo de energía de onda que tiene un cuerpo flotante y un generador eléctrico de rotación. Un número de tales instalaciones se puede conectar a un elemento de almacenamiento central. La US2003/155828A1 divulga un sistema de imanes dinámico para generación eléctrica utilizando imanes múltiples en la oposición polar entre sí para movimiento individual con respecto a una estructura de soporte, con una bobina o bobinas conectadas a un rectificador de puente respectivo.

60 Resumen de la invención

[0005] Un sistema de generador eléctrico lineal (LEG) que comprende la invención se define en la reivindicación 1.

[0006] En una forma de realización de la invención, cada bobina tiene primeros y segundos terminales con cada terminal de bobina siendo acoplado vía un primer diodo a una primera línea de salida y vía un segundo diodo a una segunda línea de salida. Un elemento de acumulación de energía central se acopla a la primera y segunda líneas de salida para reunir la energía producida por las bobinas debido al PMA de paso.

[0007] En otra forma de realización de la invención, hay una primera y segunda líneas de salida para cada sección de bobina y un elemento de acumulación de energía independiente se proporciona para cada sección de bobina para almacenar la energía producida por su bobina asociada. Los elementos de acumulación de energía de todas las secciones de bobina están selectivamente acoplados vía circuitos de muestreo a un elemento de acumulación de energía central.

[0008] Los LEG que comprende la invención se adecuan altamente al uso con WEC.

Breve descripción de los dibujos

[0009] En el dibujo anexo caracteres de referencia similares indican componentes similares y
 La Figura 1 es una ilustración de diagrama esquemático de un imán permanente de generador eléctrico lineal (LEG) de la técnica anterior y ensamblaje de bobina;
 La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra un imán permanente de la técnica anterior y ensamblaje de bobina de inducción de un LEG;
 Figuras 3A es una representación esquemática de un ensamblaje de bobina de inducción "roscado" para usar en la práctica de la invención;
 La Figura 3B es una representación esquemática de un ensamblaje de bobina de inducción "segmentado" no dentro del campo de la invención;
 Figuras 4A y 4B ilustran la montura de LEG que concentra la invención en un WEC;
 Figuras 5A y 5B son diagramas esquemáticos de una disposición no dentro del campo de la invención usando un ICA segmentado;
 La Figura 6 es un diagrama esquemático de otra disposición no dentro del campo de la invención usando un ICA segmentado;
 La Figura 7 es un diagrama esquemático de un sistema de suma de energía para el uso con la forma de realización de la figura 6;
 La Figura 8 es un diagrama esquemático de una forma de realización de la invención usando una configuración ICA roscado;
 La Figura 9 es un diagrama esquemático de otra forma de realización de la invención usando una configuración de bobina roscada; y
 La Figura 10 es un diagrama en forma de onda que ilustra el funcionamiento de un LEG que comprende la invención.

Descripción detallada de la invención

[0010] Características y varias estructuras de generadores eléctricos lineales (LEG) se muestran en las Figuras 3 - 10. De estos, figuras 3A, 4A (en parte), 4B, 8, 9 y 10 se refieren a formas de realización de la presente invención, mientras las figuras restantes son incluidas como ejemplos de configuraciones del estado de la técnica para comparación. En estas figuras, para facilidad de descripción, solo se muestra una de las tres fases eléctricas posibles. Sin embargo, se debe entender que el equipo puede y típicamente incluirá una o más fases (por ejemplo 3). Una aplicación de generadores eléctricos lineales (LEG) que comprende la invención es como un dispositivo de toma de energía (PTO) en convertidores de energía undimotriz (WEC) que se colocan en masa de agua y que incluyen elementos (por ejemplo, eje .3 y carcasa, 5) sensibles al movimiento de las ondas en la extensión de agua para producir energía eléctrica. Sin embargo, se debe entender que un LEG que comprende la invención se puede usar en cualquier otra aplicación adecuada.

[0011] Como se muestra en las figuras, los LEG incluyen un ensamblaje magnético permanente (PMA) 30 y un ensamblaje de bobina de inducción (ICA) 20 separados por un espacio de aire pequeña. En esta aplicación se supone que la longitud (d2) del PMA 30 es menor que la longitud (d1) del ICA 20. En un WEC que comprende la invención, el PMA 30 se puede unir a (o montar en) uno de un eje 3 y carcasa 5, y el ICA 20 se puede unir a (o montar en) y disponer a lo largo del otro del eje 3 y carcasa 5 como se muestra en las figuras 4A y 4B. En sistemas que comprende la invención, el eje o la carcasa se pueden mover relativamente hacia el otro, o ambos se pueden mover uno con respecto al otro.

[0012] El PMA 30 se construye típicamente de pares múltiples de imanes polarizados "norte" y "sur" montados sobre la superficie de una estructura de material ferromagnético (por ejemplo acero) con los polos orientados en perpendicular a la línea de espacio de aire. Estos imanes comprenden un "par de polos" magnéticos. El circuito magnético puede estar comprendido por un par de imanes, espacios de "aire", un yugo de estátor y una placa de refuerzo magnética, los últimos dos artículos están contruidos de material ferromagnético.

[0013] El PMA 30 también se puede construir de pares múltiples de imanes polarizados norte y sur "enterrados" en un yugo ferromagnético. En este caso, los polos de norte y sur están orientados en paralelo al espacio de aire. En tal caso, el circuito magnético puede estar comprendido de imanes, dos cruces de espacio de aire, e imanes ferromagnéticos y yugos de estátor. Sin embargo, cabe destacar que cualquier otra estructura de PMA adecuada se puede usar para la práctica de la invención.

[0014] Un ensamblaje de bobina de inducción (ICA) 20 usado para la práctica la invención puede incluir una configuración de bobina "roscada" 20a como se muestra en la Fig. 3A. Las Figuras 3A y 3B son representaciones esquemáticas simplificadas que ilustran el uso de una configuración de bobina "enroscada" 20a (Fig. 3A) y una configuración de bobina "segmentada" 20b (Fig. 3B) que no está dentro del ámbito de la invención. En la configuración roscada que incluye una cadena de bobinas (L1 - LN), que se conectan en serie entre dos terminales de salida (TR1; TR2), cada bobina (Li) tiene primeros y segundos extremos y, salvo la primera y última bobina, un extremo de cada bobina se conecta fijamente a un extremo de la bobina precedente y el otro extremo de cada bobina se conecta fijamente a un extremo de la siguiente bobina sucesiva. En la configuración segmentada, cada bobina (Li) tiene dos terminales (Xi1; Xi2) que pueden ser libremente conectados. En sistemas que comprende la invención, el ICA (genéricamente identificado como ICA 20) puede estar linealmente dispuesto a lo largo de la longitud de un elemento de soporte (por ejemplo, una carcasa o eje).

[0015] El flujo a partir de un par de imanes polarizados "norte" y "sur" se acopla al segmento de bobina vía un espacio de aire. La longitud de cada segmento de bobina puede ser igual a la longitud de uno de estos pares de polo imantados. Un PMA puede consistir en varios pares de polo y se extiende sobre menos de uno, uno o más que un segmento de bobina.

[0016] En sistemas LEG que comprende la invención un ensamblaje magnético permanente (PMA) 20 pasa sobre y a lo largo del ICA separado de este por un espacio para generar un tensión en el ICA. La operación básica del sistema generador de tensión se puede describir de la siguiente manera. Asumir que el PMA 30 se estimula para que se mueva con respecto a y a lo largo del ICA 20 en respuesta a fuerzas de origen natural (por ejemplo, las olas del océano). Como el PMA 30 se mueve a lo largo de las bobinas, donde se separa por un espacio de aire pequeña, se produce un cambio de flujo. El cambio de flujo causado por los imanes en movimiento induce un voltaje en las bobinas que están cerca de (en cercana proximidad a) los imanes ($e=Nd\phi/DT$); a estas bobinas también se hace referencia en este caso y en las reivindicaciones de acompañamiento como bobinas "activas" o bobinas "excitadas". La amplitud y frecuencia de el voltaje inducida en cada bobina activa individual es una función de la velocidad del imán(s) relativamente a las bobinas y de las propiedades de acoplamiento de bobina magnética. Cuando una carga externa se conecta a través de los terminales de una bobina "activa" o bobinas, la corriente fluye a través de las bobinas y la carga conectada a través de la bobina(s). Cabe destacar que hay muy poca o ningún voltaje útil desarrollada a través de las bobinas que no están muy próximas al PMA 30, como se ilustra en la Fig. 10.

[0017] Destacar también que el voltaje generada a través de un segmento "activo" de la bobina(s) como resultado del cambio del flujo magnético ya que el PMA pasa sobre las bobina(s) será típicamente un tipo de tensión alternativa (A.C.). La naturaleza de el voltaje variable producida presenta problemas significativos para la captura eficiente y aprovechamiento de el voltaje desarrollada. Como ya se ha señalado, estos problemas se superan en circuitos y sistemas que comprende la invención.

[0018] La Figura 4A es un diagrama semi-esquemático simplificado semi-bloque que muestra un ensamblaje magnético permanente (PMA) 30 unido al eje 3 de un WEC y ocho secciones de bobina (L1-L8) de un ensamblaje de bobina roscada, ICA 20a están distribuidos linealmente a lo largo de la longitud de un lado de una carcasa 5 conforme a la invención y ocho secciones de bobina (L1-L8) de un ensamblaje de bobina de inducción segmentado (ICA) 20b distribuido linealmente a lo largo de la longitud del otro lado de la carcasa 5, que ilustra una configuración fuera del ámbito de la invención.

[0019] La Figura 4A muestra también ocho secciones de bobina (L1-L8) de un ensamblaje de bobina de inducción roscada (ICA) 20a distribuido linealmente a lo largo de la longitud de una carcasa 5. En esta configuración ICA 20a, las bobinas son conectadas de extremo a extremo.

[0020] A diferencia de los esquemas de la técnica anterior, en sistemas y circuitos que comprende la invención, los voltajes producidas en las salidas de las secciones de bobina (ICA 20a, 20b) están acopladas vía una red de rectificación 111 para emitir líneas 310,312 a través de las que se conecta un convertidor de energía 520. La red de rectificación 111 puede estar comprendida de elementos de conducción unidireccionales (por ejemplo, rectificadores o diodos) que proporcionan caminos de conducción a las líneas de salida (por ejemplo; 310,312) a las que se puede conectar una o más cargas.

[0021] En el circuito de la figura 4A, cada bobina Li de la configuración segmentada tiene dos nodos de salida (extremos o terminales) Xi1 y Xi2. Para entender y apreciar mejor la discusión que sigue, se debe observar que, si las bobinas no están interconectadas debida o correctamente, cuando muchas bobinas se conectan en

paralelo entre las líneas de salida con algunas de las bobinas "estimuladas" debido a su proximidad al PMA 30 de paso y algunas (en realidad más) bobinas siendo "no estimuladas" debido a su distancia desde el PMA 30, las bobinas no estimuladas o inactivadas (aquellas físicamente distantes del PMA 30) funcionan o como rutas de impedancia baja que derivan y disipan la energía producida por las bobinas activadas e estimuladas o actúan como impedancias en serie que hacen que gran parte de la energía generada se disipe.

[0022] En la Fig. 4A, los dos extremos de cada sección de bobina de ICA 20b son libres de ser conectados a cualquier circuito seleccionado. La Fig. 5A muestra los componentes de un circuito de rectificación 111 para interconectar las bobinas del ICA 20b de la figura 4A para emitir líneas 310 y 312, de manera que el voltaje sinusoidal producida a través de cada bobina, ya que el PMA 30 se mueve a través de la bobina, se capturen completamente; y tal que las bobinas no estimuladas no cargan las bobinas estimuladas. Cabe señalar que el ICA 20b y la red de rectificación de la figura 5A se pueden reextraer como se muestra, esquemáticamente, en la Fig. 5B para ilustrar que cada bobina (Li) sea eficazmente conectada a través del punto medio de un cuatro (4) puente de diodo para proporcionar una rectificación de onda completa para los voltajes CA inducidas en la bobina a causa del paso del PMA 30 sobre la bobina.

[0023] En cuanto a cada bobina (Li) hay: (a) un diodo Di1 conectado en su ánodo al terminal Xi1 y en su cátodo a la línea 310; (b) un diodo Di2 se conecta con su ánodo a la línea 312 y en su cátodo al nodo Xi1; (c) un diodo Di3 conectado en su ánodo a nodo Xi2 y en su cátodo a la línea 310; y (d) un diodo Di4 conectado en su ánodo a la línea 312 y en su cátodo al terminal Xi2. Para la configuración de las figuras 5A y 5B hay 4 diodos por bobina que se estimulan para asegurar que, independientemente de la dirección del voltaje inducida a través de la bobina, corriente convencional fluirá de manera que el voltaje en la línea 310 será positiva relativamente a el voltaje en línea 312.

[0024] En referencia a las figuras 5A o 5B, cuando, por ejemplo, el PMA 30 que pasa a través de la bobina L1, provoca que el voltaje con el nodo X11 sea mayor que el voltaje con el nodo X12, una corriente 11 fluye de la línea 312 vía el diodo D14, bobina L1 y diodo D11 en la línea 310 y luego en RL y a través de RL de nuevo a la línea 312. Esta tensión/corriente provoca que el voltaje en la línea 310 sea más positiva que el voltaje en la línea 312. Cabe señalar que las redes de diodo que interconectan las otras bobinas entre las líneas 310 y 312 tienen polarización inversa y evitan el flujo de corrientes (salvo corrientes de fuga que son insignificantes) a través de las bobinas no estimuladas. Así, no hay camino de impedancia baja que empuja las bobinas activas que producen el voltaje deseada debido a la interacción entre las bobinas y el PMA 30.

[0025] De forma similar, cuando PMA 30 induce un voltaje a través de la bobina de manera que el voltaje con X12 es mayor que el voltaje con X11, una corriente 12 fluye de la línea 312 vía el diodo D12 a través de la bobina L1 y luego a través del diodo D13 en línea 310 y luego a la carga RL.

[0026] Así, independientemente de la dirección de movimiento de PMA 30 relativamente al ICA 20 e independientemente de la posición del PMA relativamente al ICA 20, los voltajes inducidas a través de las bobinas se recogen y se alimentan en el convertidor de energía, ilustrado en la Fig. 5A como carga 520 y en la Fig. 5B como RL, para facilidad de descripción. Como el PMA 20 se mueve hacia abajo (o arriba) a lo largo de las bobinas, cada bobina, sucesivamente, se activará y suministrará tensión y corriente en la carga. El voltaje recogida y corriente de cada bobina puede luego ser procesada para suministrar energía a una carga definitiva tal como otro sistema o cualquier máquina con un motor.

[0027] La Fig. 6 ilustra otra disposición para obtener la energía generada en cada sección de bobina de un ICA segmentado 20. En la Fig. 6 cada sección de bobina (Li) se conecta vía su propia red de rectificación de onda completa (Di1, Di2, Di3; Di4) a su propia carga local (Ci), que en esta figura se muestra que es un elemento de almacenamiento carcasacitivo. Cada sección de bobina (Li) tiene sus propias salidas (Oi1, Oi2). Así, en la Fig. 6, cada sección de bobina se puede tratar como separa física y eléctricamente e independiente de cualquier otra sección de bobina. Cada sección de bobina puede luego funcionar tiene un generador de energía independiente, cuya carcasacidad generadora de energía no se ve afectada por la acción y salida de cualquier otra sección de bobina.

[0028] La configuración de la figura 6 en la que cada bobina tiene su propia salida está destinada a evitar un problema que puede ocurrir con el circuito de las Figs 5A y 5B. En la Fig 5A y 5B si una sección de bobina activa produce un voltaje mayor que una sección de bobina adyacente, esta provocará que los diodos de acoplamiento de la sección de bobina adyacente tengan una polarización inversa y previene la sección de bobina adyacente de la aplicación y/o suministro de su tensión inducida a través de la carga. Por consiguiente, en la Fig. 6 de cada sección de bobina se acopla a su propio elemento de carga o almacenamiento (por ejemplo; Ci) que puede almacenar la energía producida por su sección de bobina correspondiente. Debido a la conexión de un circuito de rectificación a cada bobina (Li), el voltaje de salida (VOi) producida a través de cada elemento de almacenamiento local (Ci) será un voltaje de tipo corriente directa.

[0029] La Fig. 7 ilustra que los voltajes de salida (VOi1; VOi2) de los elementos de almacenamiento separados de las bobinas de la Fig. 6 se pueden muestrear y suministrar a un elemento central de almacenamiento y carga

520 que puede incluir resistencia (RL) y carcacasitancia CT. En la Fig. 7, a modo de ejemplo, los terminales de salida más negativos (Oi2) de las secciones de bobina separadas (ver también la Fig. 6) se conectan en común a una línea de energía de salida 312. Cada terminal (aceite) de salida más positivo de cada sección de bobina está conectado a un lado de un conmutador (Fi) que puede ser un transistor de efecto de campo de compuerta aislada (IGFET) (o cualquier conmutador adecuado que pueda incluir cualquier tipo de interruptores expuestos en la solicitud pendiente). El revés de cada conmutador Fi se muestra conectado vía una red Ki a una línea de energía de salida 310. Los interruptores Fi se pueden muestrear (encendidos y apagados) por un circuito de control del conmutador de carga 161 para efectuar una transferencia de la energía desarrollada a través de los elementos de almacenamiento individuales Ci a un elemento de almacenamiento central CT en el dispositivo de energía 520. Esto es, el principal camino de conducción (fuente para drenar) de cada conmutador transistor Fi está conectado entre una salida de bobina (Oi) y una red (Ki) y la compuerta de cada Fi se acopla a la red de control del conmutador 161 que enciende y apaga selectivamente los interruptores Fi para efectuar la transferencia de energía de cada sección de bobina a la carga central.

[0030] Esta disposición de circuito tiende a asegurar que se capture toda la energía generada entre cada bobina y el PMA. Esto asume que la energía se pierde en los dos diodos que funcionan para acoplar la bobina o bobinas a través de las líneas de salida y otras pérdidas de conmutación son mínimas. Así cada condensador de bobina se puede probar selectivamente y sus contenidos transferidos a un elemento de almacenamiento central

[0031] En alternativa, los elementos de almacenamiento carcacasitivos pueden estar conectados en paralelo directamente para formar una carga común como se muestra en la Fig. 8 (y figuras 5A y 5B). En la Fig. 8, las secciones de bobina (L1-L8) de un ICA 20 se muestran conectadas de extremo a extremo con bobinas adyacentes que tienen sus terminales extremos conectados en común. Esta configuración se puede conseguir conectando las bobinas de una configuración segmentada de extremo a extremo o comenzando con una configuración roscada. En cualquier caso, así conectada, la configuración de la bobina es equivalente a, y puede denominarse, una configuración de bobina "roscada", como se ha mencionado anteriormente. Esto es, el segundo terminal X12 de L1 se conecta al primer terminal X21 de L2 y el segundo terminal X22 de L2 se conecta al primer terminal X31 de L3, etcétera. Cada sección de bobina L1 se muestra conectado vía una red completamente rectificadora de 4 diodos entre terminales de energía de salida 310 y 312. Para esta configuración, las secciones de bobina adyacentes comparten dos diodos (por ejemplo, 171 y 172). Para esta configuración, el número de diodos se puede reducir y el número total de diodos podría ser igual a dos más dos veces el número de secciones de bobina. Estas compara con 4 diodos por bobina para la configuración de bobina de las Figs 5A, 5B y 6.

[0032] Esta configuración de circuito, cuando se compara con la de las figuras 5A y 5B, tiene la ventaja de que todas las secciones de bobina "estimuladas" o "activadas" contribuyen a el voltaje y energía a las líneas de salida 310 y 312, independientemente de su tensión de bobina individual, siempre que los voltajes de las bobinas individuales están "en fase" o casi en fase (es decir, el voltaje de cada circuito estimulado aumenta al mismo tiempo y disminuye al mismo tiempo).

[0033] En referencia a la figura 8, cuando, por ejemplo, el PMA 30, que pasa a través de las bobinas L1 y L2, hace que estas bobinas estén "activas" con el voltaje en el nodo X11 mayor que el voltaje en el nodo X12 y que el voltaje en X12/X21 sea mayor que el voltaje en X22, una corriente I1 fluye desde la línea 312 vía el diodo D24, bobina L2, bobina L1 y diodo D11 a la línea 310 y luego al convertidor de energía 520 (o RL como en la figura 5A) y a través del convertidor de energía de vuelta a la línea 312. Esta tensión/corriente provoca que el voltaje en línea 310 sea más positivo que el voltaje en línea 312. Cabe señalar que los otros diodos conectados a las bobinas L1 y L2 (diodos D12; D13; D21, D14; D22; D23 y D31) tienen todos polaridad inversa debido a la polaridad de tensión en estas bobinas activas y, por lo tanto, evitan el flujo de cualquier corriente apreciable a través de estos diodos de polaridad inversa. Cabe señalar también que la interconexión de redes de diodo de las otras bobinas entre las líneas 310 y 312 tienen polaridad inversa y evitan el flujo de corriente (salvo corrientes de fuga que son insignificantes) a través de las bobinas no estimuladas. Así, no hay camino de impedancia baja que desvíe las bobinas activas y el PMA30.

[0034] De forma similar, cuando PMA30 induce un voltaje a través de dos bobinas (por ejemplo, L1 y L2) tal que el voltaje en X12/X21 es mayor que el voltaje en X11 y el voltaje en X22 es mayor que el voltaje en X21, una corriente I2 fluye de la línea 312 vía el diodo D12 a través de la bobina L1, bobina L2 y diodo D23 en la línea 310 y luego al convertidor de energía de carga 520. Como arriba, las redes de diodo que interconectan las otras bobinas tienen polaridad inversa y no hay una ruta de derivación. Así, siempre y cuando las bobinas y el PMA sean construidos de manera que los voltajes inducidos en las bobinas activas estén "en fase" entre sí, el voltaje inducido añadirá entre sí tipo de serie y contribuirá a la generación de energía. Se debe apreciar que esto se ha explicado para dos bobinas pero esto se puede aplicar a más de dos bobinas.

[0035] La Figura 9 ilustra que un ICA cuyas bobinas se configuran en una configuración de bobina "roscada" se puede accionar de modo que cada sección de bobina sea eléctricamente independientemente de la otra y pueda funcionar de forma similar a la configuración del circuito de la figura 6 (y Fig. 7). A modo de ejemplo, para cualquier configuración de bobina "roscada", como se muestra en la Fig. 9, bobinas adyacentes [por ejemplo, Li y

5 L(i+1)] comparten un nodo común [por ejemplo, X_{i2} y $X_{(i+1)1}$]. Cada bobina puede tener su propia salida independiente (O_{i1}) y cada terminal de bobina (X_{i1} ; X_{i2}) se puede conectar vía sus propios diodos (D_{i1} , D_{i3}) a la salida O_{i1} . Esto podría también hacerse entre cada terminal de bobina y su otro terminal de salida O_{i2} . Sin embargo, esto es generalmente más eficiente para tener una línea de salida (por ejemplo; O_{i2}) de todas las bobinas conectadas en común. El funcionamiento de la configuración "roscada" de la Fig. 9 sería similar al mostrado para las figuras 6 y 7.

10 [0036] La Fig. 10 muestra típicas formas de onda que ayudan a explicar el funcionamiento de un LEG que comprende la invención. La forma de onda A sugiere un movimiento sinusoidal para el PMA 30 que puede ser bien encontrado en WEC. Las formas de onda B, C, D, E, E, F y G ilustran el voltaje producido a través de las bobinas individuales cuando el PMA pasa sobre o muy próximo a las bobinas.

15 [0037] La forma de onda H de la Fig 10 representa el voltaje compuesto o total visto a través de los terminales de energía (310,312) cuando se emplea el acoplamiento de bobina unidireccional que comprende la invención. Esto es, las bobinas "activas" se conectan a través de las líneas de salida 310 y 312 vía dos diodos de polaridad directa mientras las bobinas "inactivas" son desacopladas de las líneas de salida por al menos un diodo de polaridad inversa. La forma de onda I de la Fig 10 representa el voltaje compuesto de la técnica anterior visto a través de los terminales de energía para una configuración del tipo mostrada en la Fig.1. El voltaje (por ejemplo, en forma de onda H) generado a través de los terminales de energía (310,312), cuando solo las bobinas estimuladas se acoplan vía dos diodos a través de las líneas de energía de salida, es de amplitud mayor que la mostrada en forma de onda I, cuando todas las bobinas se conectan en serie a través de las líneas de energía. Así, la comparación de formas de onda H y I indica que la amplitud del voltaje producido en sistemas que comprenden la invención es significativamente mayor que el obtenido en el sistema de la técnica anterior de la figura 1. En consecuencia un beneficio significativo se obtiene con acoplamiento "pasivo" de las bobinas conforme a la invención.

20

25

REIVINDICACIONES

1. Generador eléctrico lineal que comprende:
- 5 un bobinado (20) de longitud d_1 a lo largo del que se pasa un ensamblaje magnético permanente (30) de longitud d_2 , donde d_2 es menor que d_1 , para producir una corriente eléctrica en el bobinado, dicho bobinado (20) es segmentado en N secciones de bobinas de inducción (L1 - LN) dispuestas linealmente a lo largo de una distancia d_1 ; las bobinas de inducción que muestran inductancia y resistencia a lo largo de su longitud;
- 10 medios para producir un movimiento relativo entre el ensamblaje magnético permanente (30) y las bobinas de inducción linealmente dispuestas (L1 - LN) mientras se mantiene un espacio pequeño entre el imán y las bobinas, el movimiento del ensamblaje magnético permanente (30) con respecto a una sección de bobina particular provoca que la sección de bobina particular sea estimulada en tanto que el ensamblaje magnético permanente induzca una tensión a través de las bobinas en la sección particular; y
- 15 cada bobina (L1-LN) está conectada a través del punto medio de un puente de cuatro diodos respectivo (D11-D14,... DN1-DN4), los puentes se conectan en paralelo con primeros y segundos terminales de salida de energía (310,312) y permiten a la tensión inducida en las bobinas estimuladas muy cerca del ensamblaje magnético permanente de paso provocar el flujo de corriente entre primeros y segundos terminales de energía suministrada (310,312) vía un camino de impedancia relativamente bajo y evitar el flujo de corriente desde los primeros y segundos terminales de energía suministrada (310,312) a través de las bobinas no estimuladas;
- 20 **caracterizado por el hecho de que** las N secciones de bobinas de inducción (L1 - LN) están también directamente conectadas de extremo a extremo en serie.
2. Generador eléctrico lineal como se reivindica en la reivindicación 1, donde cada una de dichas N secciones (L1-LN) de bobinas de inducción tiene primeros y segundos terminales; y donde un primer diodo (D11 -DN1) está
- 25 conectado entre el primer terminal (X11-XN1) de cada bobina y un primer punto de salida de bobina, un segundo diodo (D12-DN2) está conectado entre el primer terminal de cada bobina y un segundo punto de salida de bobina, un tercer diodo (D13-DN3) está conectado entre el segundo terminal (X12-XN2) de cada bobina y el primer punto de salida de bobina, y un cuarto diodo (D14-DN4) está conectado entre el segundo terminal de cada bobina y el segundo punto de salida de bobina, con secciones adyacentes de bobinas que comparten
- 30 diodos (171,172).
3. Generador eléctrico lineal como se reivindica en la reivindicación 1, donde el segundo terminal (X12; X22...) de cada bobina L1-LN-1) se conecta al primer terminal (X21, X31...) de la siguiente bobina adyacente (L2-LN) y donde las bobinas adyacentes comparten diodos; y donde la primera salida de cada bobina se conecta a dicho
- 35 primer terminal de salida de energía (310) y la segunda salida de cada bobina se conecta a dicho segundo terminal de energía suministrada (312).
4. Generador eléctrico lineal como se reivindica en la reivindicación 2, donde cada una de dichas N secciones de bobinas incluye un elemento de almacenamiento conectado entre dichos primero y segundo puntos de salida
- 40 para almacenar los voltajes producidos a través de la bobina de inducción en respuesta al movimiento del ensamblaje magnético permanente relativo a la bobina.
5. Generador eléctrico lineal como se reivindica en la reivindicación 4, con medios para acoplar selectivamente los elementos de almacenamiento de cada sección de bobina a un elemento de almacenamiento central (CT).
- 45
6. Generador eléctrico lineal como se reivindica en la reivindicación 5, donde dicho medio para acoplar selectivamente los elementos de almacenamiento de cada sección de bobina a un elemento de almacenamiento central incluye medios de conmutación (Fi) para transferir la carga de cada bobina (Li) a dicho elemento de almacenamiento central (CT).
- 50
7. Generador eléctrico lineal como se reivindica en la reivindicación 1, donde los medios para pasar el ensamblaje magnético permanente a lo largo de y sobre las bobinas incluyen la unión y disposición de las N secciones de bobinas de inducción a lo largo de una de flotación (5) y columna (3) y unión del ensamblaje magnético permanente (30) a la otra de flotación y columna; y donde la flotación y columna pueden moverse una
- 55 con respecto a otra por lo cual el ensamblaje magnético permanente se mueve sobre y a lo largo de las bobinas.

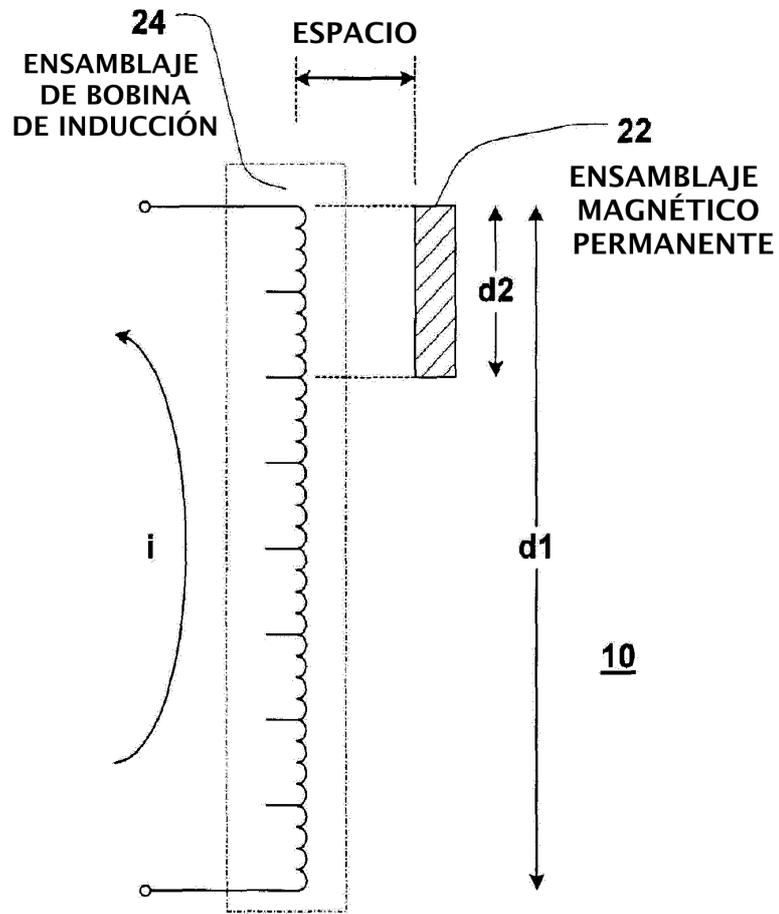


FIGURA 1 - Técnica anterior

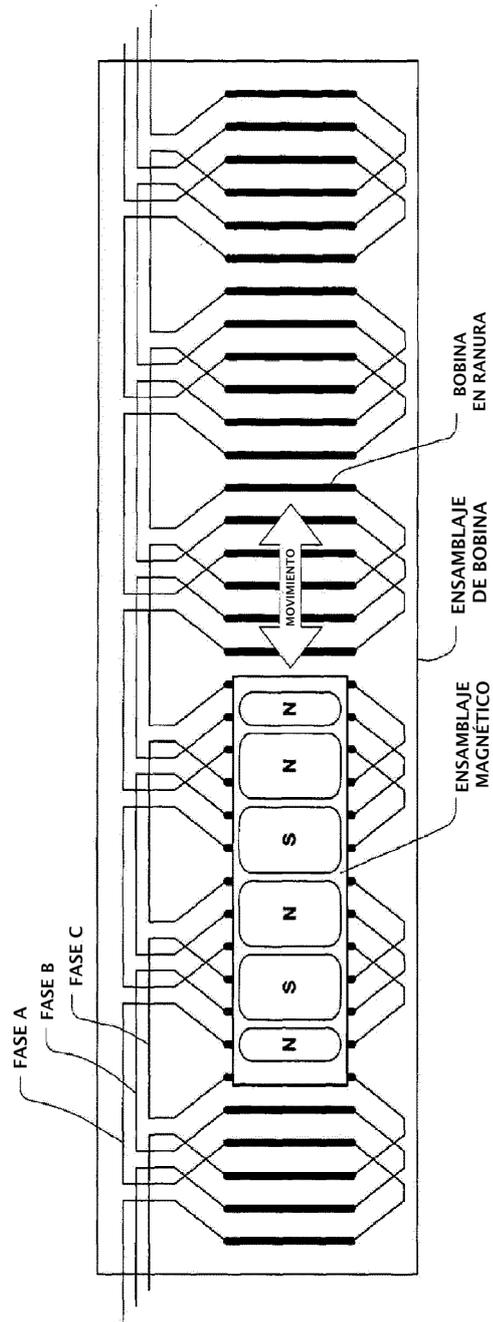


FIGURA 2

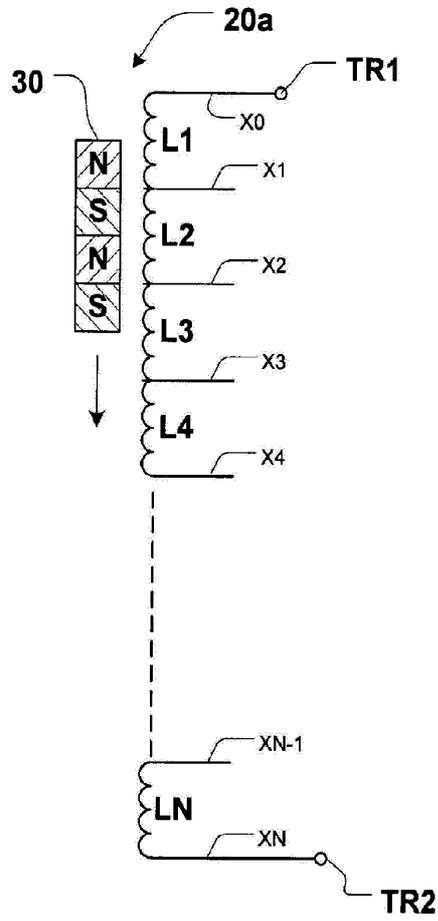


FIGURA 3A

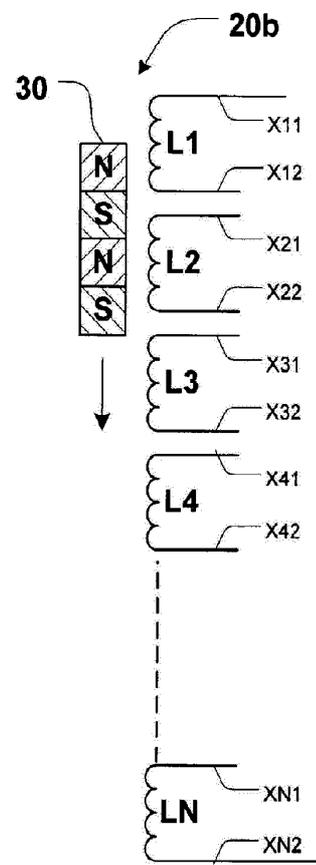


FIGURA 3B

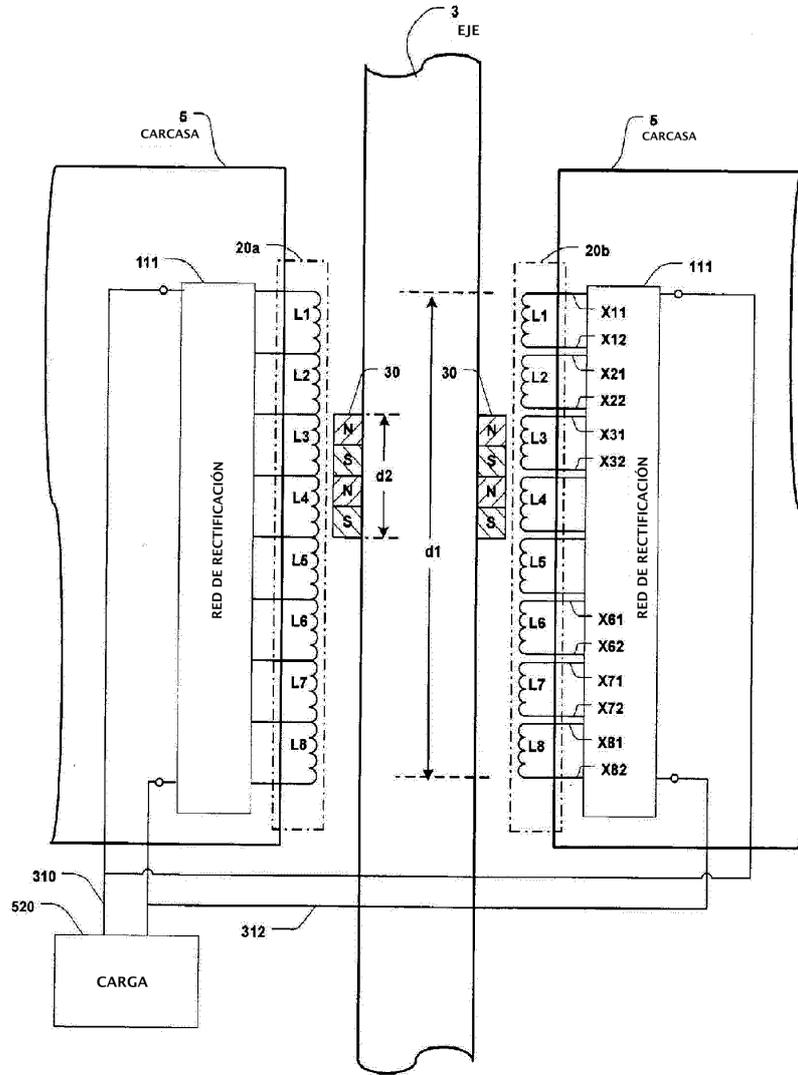


FIGURA 4A

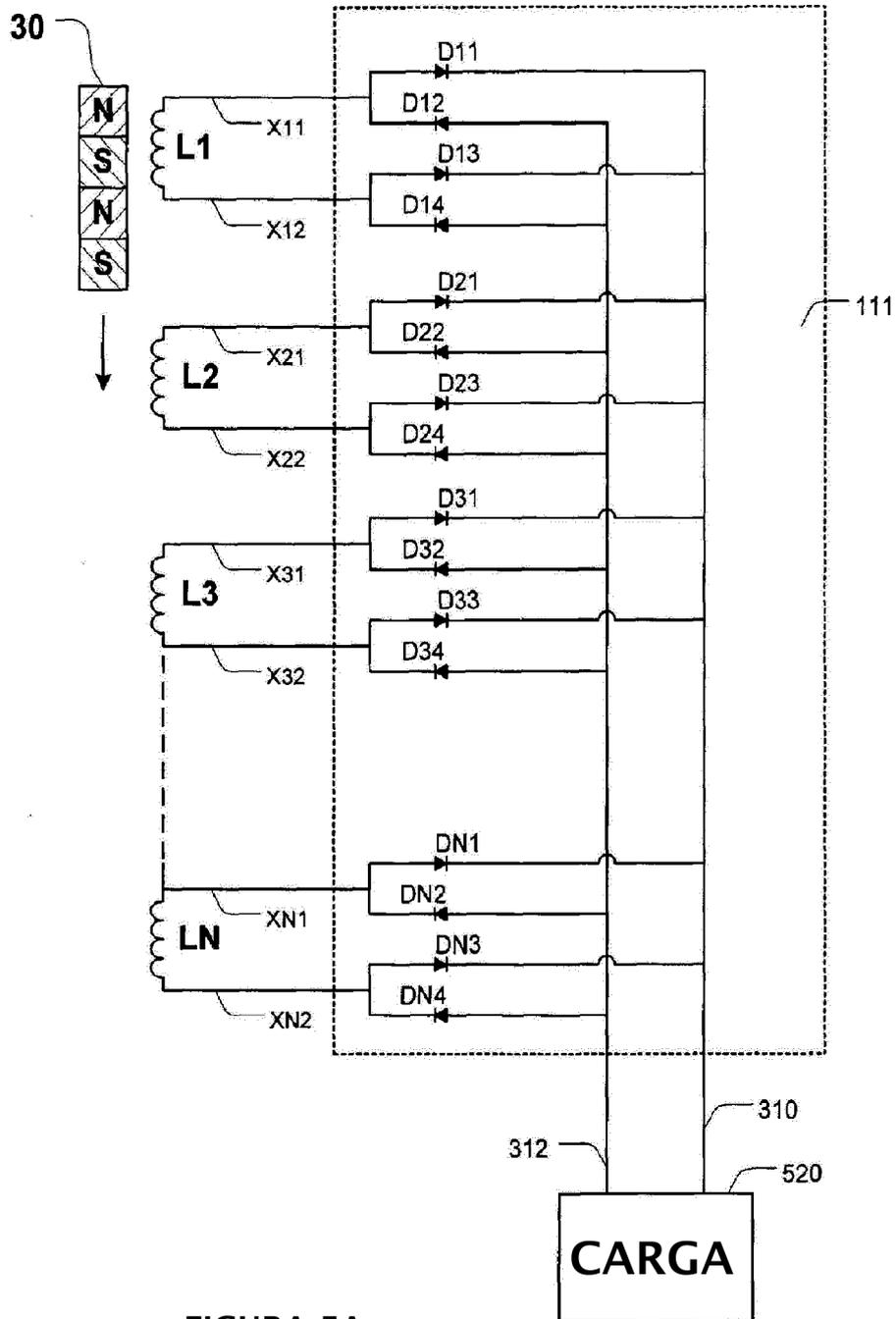


FIGURA 5A

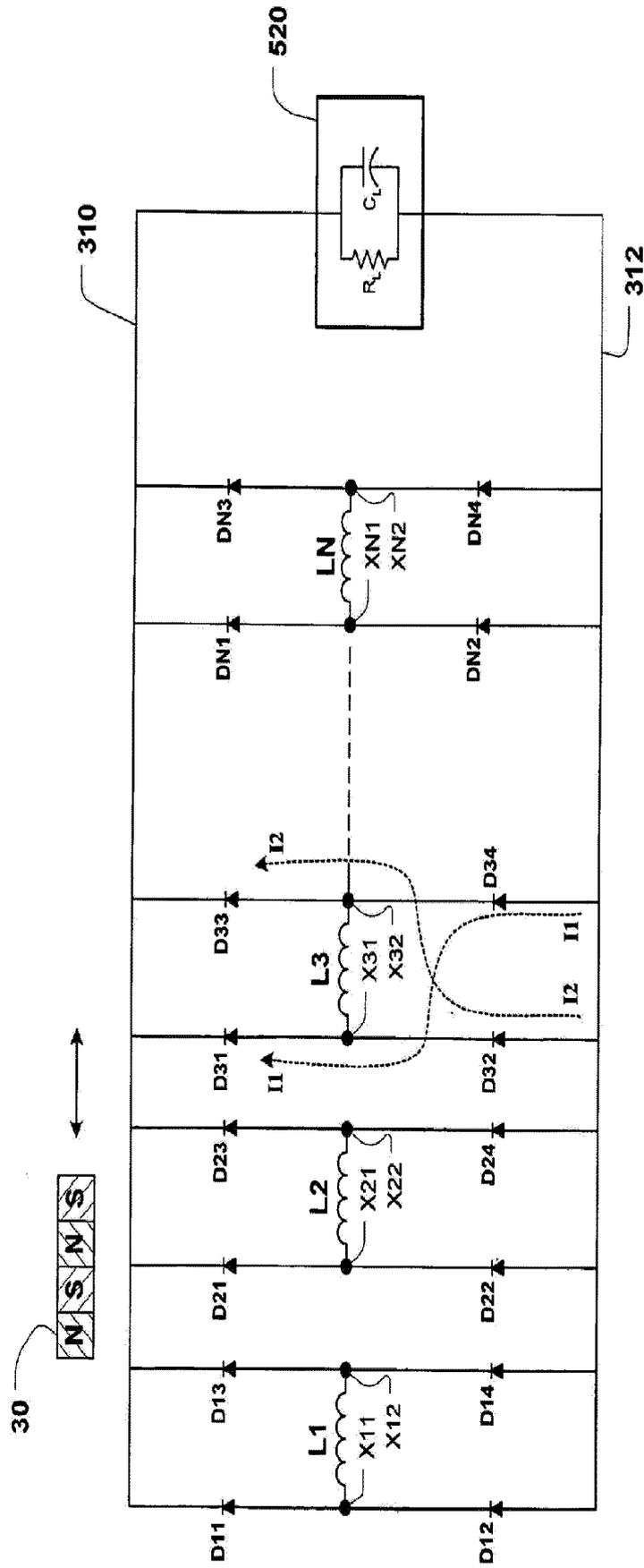


Figura 5B

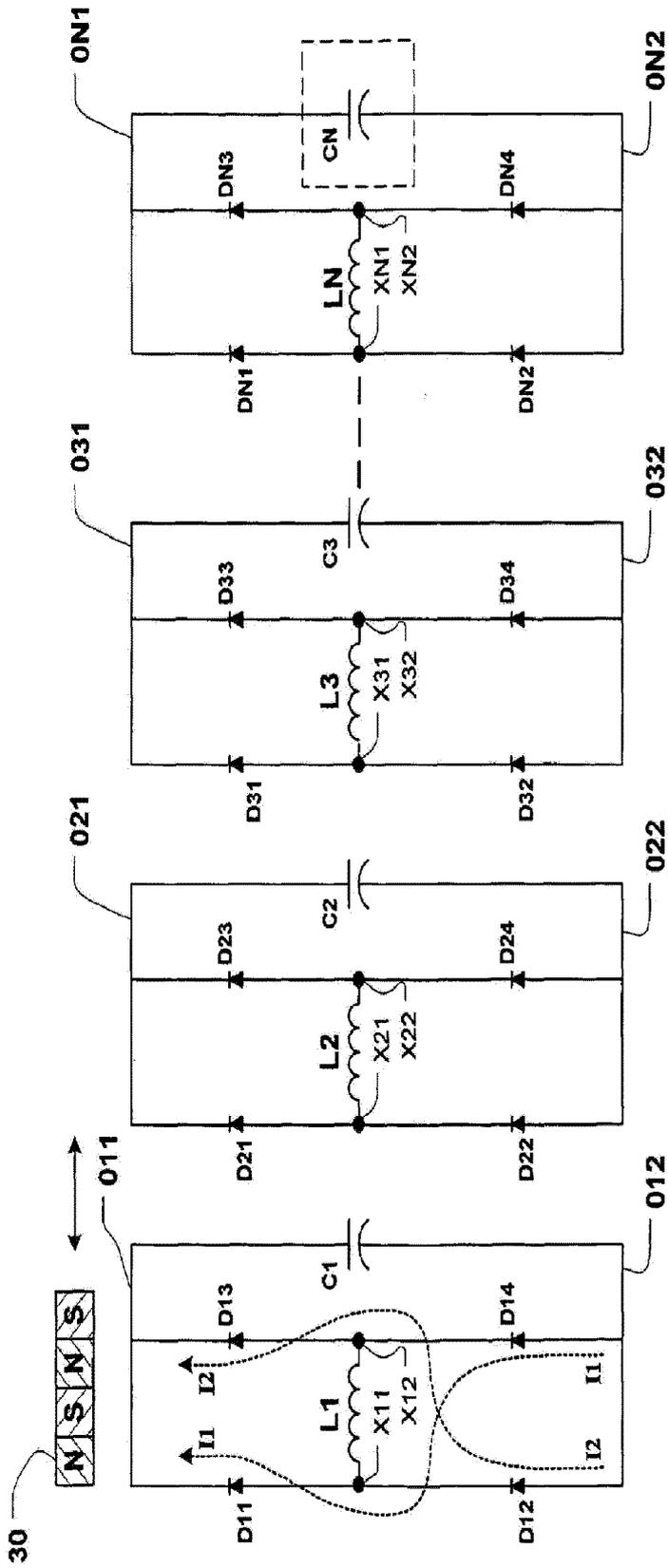


Figure 6

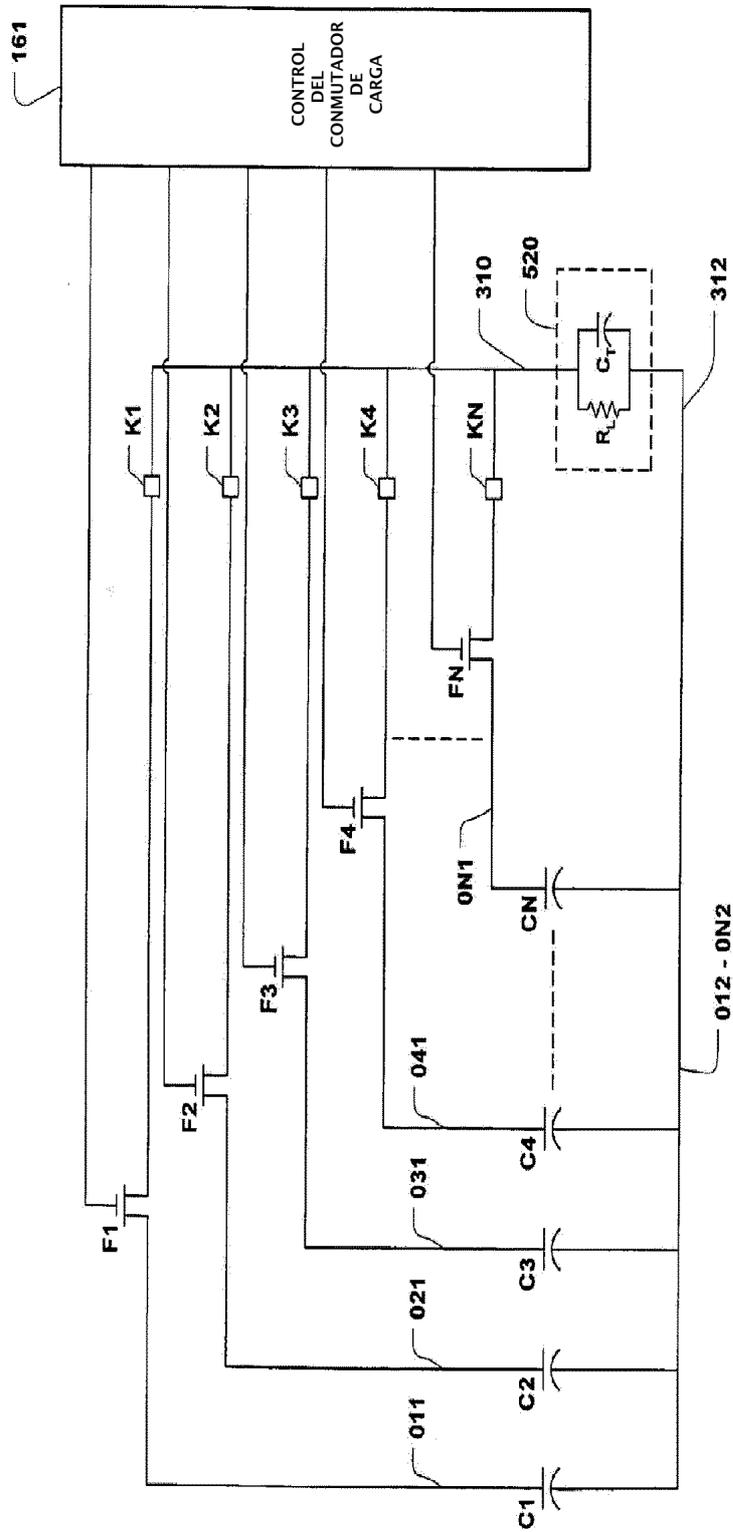


FIGURA 7

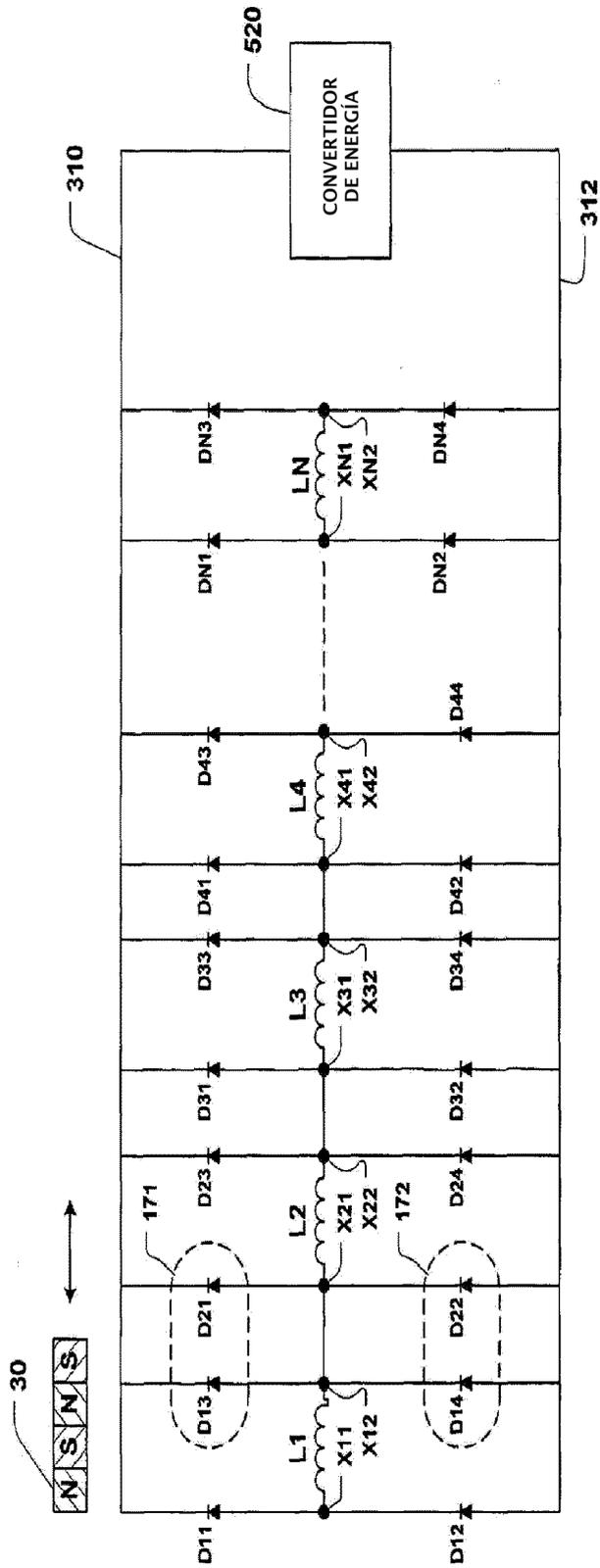


FIGURA 8

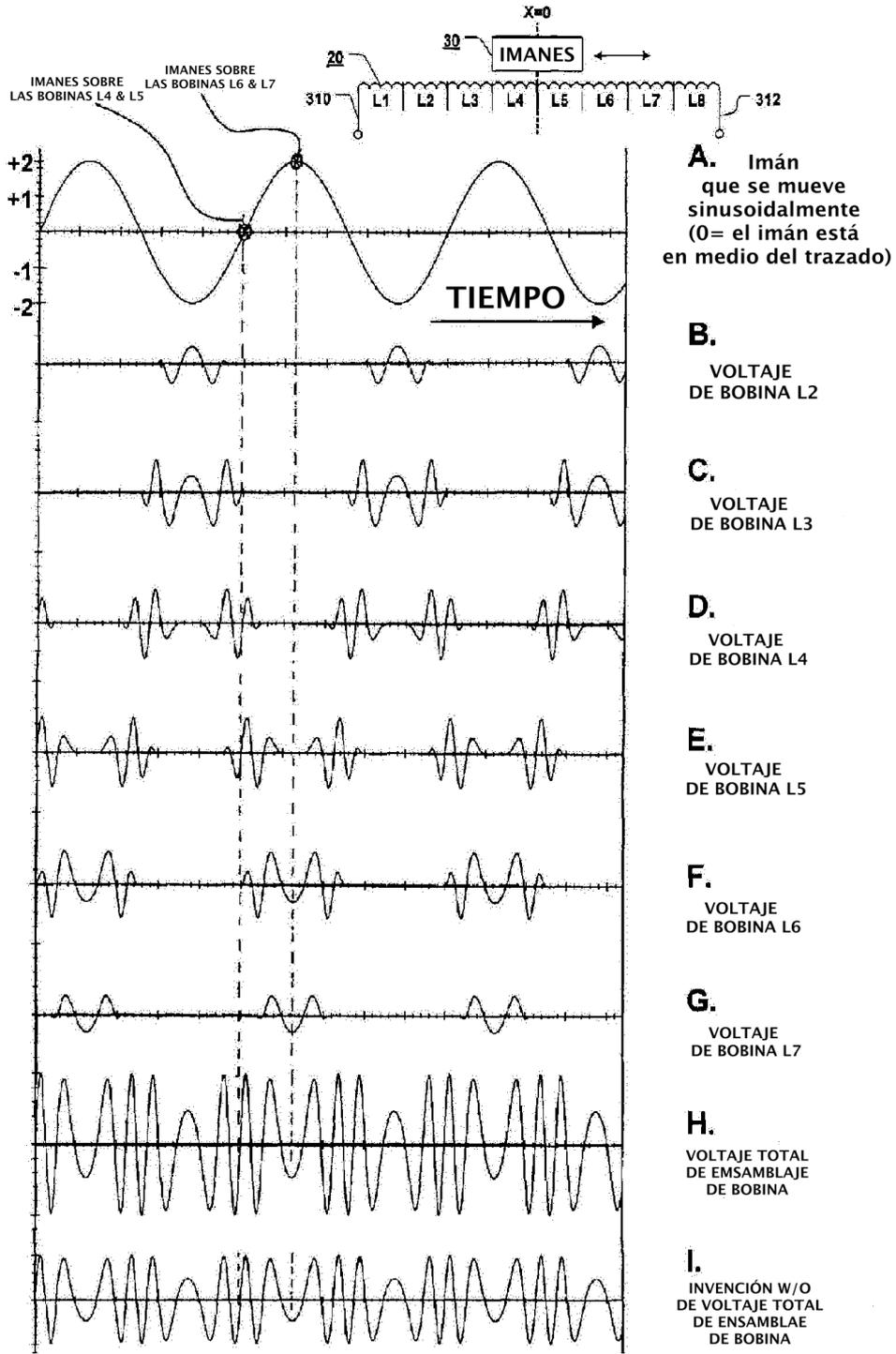


FIGURA 10