

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 222**

51 Int. Cl.:
H01F 30/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07866417 .4**
96 Fecha de presentación: **22.10.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2080203**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.07.2009**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE ALIMENTACIÓN DE UN ACOPLADOR MAGNÉTICO Y DISPOSITIVO DE ALIMENTACIÓN DE UN DIPOLo ELÉCTRICO.**

30 Prioridad:
20.10.2006 FR 0609233

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.01.2012

73 Titular/es:
**Centre National de la Recherche Scientifique -
CNRS
3, rue Michel-Ange
75016 Paris, FR;
Institut National Polytechnique De Toulouse y
Université Montpellier 2 Sciences et Techniques**

72 Inventor/es:
**LABOURE, Eric;
MEYNARD, Thierry, Antoine y
FOREST, François**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 372 222 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

Procedimiento de alimentación de un acoplador magnético y dispositivo de alimentación de un dipolo eléctrico

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo de alimentación para un acoplador magnético.

5 Los acopladores magnéticos (« Multi-Interphase transformers » en inglés) se utilizan, por ejemplo, para conectar una carga a una fuente de alimentación polifásica. Para más información acerca de los acopladores magnéticos, se puede consultar el siguiente artículo:

« Modeling and Analysis of Multi-Interphase Transformers for Connecting Power Converters in Parallel », en GYU PARK y SEON IK KIM, Dept. of Control and Instrumentation Eng., Wonkwang University, Iksan, Chonbuk, págs. 570-749, Corea, IEEE, 1997.

10 Es bien sabido que se utilizan fuentes de alimentación polifásicas capaces de generar N tensiones o corrientes de alimentación periódicas separadas angularmente las unas respecto de las otras, siendo N un número entero superior o igual a cuatro. Las distancias angulares entre las tensiones o corrientes de alimentación que se utilizan se distribuyen de manera uniforme entre 0 y 2π rad. Una distancia angular de 2π rad corresponde a un periodo de la tensión o de la corriente.

15 Los acopladores magnéticos conocidos por los inventores se pueden descomponer en al menos cuatro células magnéticas elementales, cada célula comprende:

- un núcleo magnético apropiado para formar un único circuito magnético cerrado anular, este núcleo comprende, para ello, de al menos tres barrotos no colineales por medio de los cuales se establece el circuito magnético cerrado, al menos dos de estos barrotos presentan cada uno una cara plana orientada hacia el exterior de la célula y las líneas de campo del circuito magnético cerrado en el interior de estos barrotos siendo paralelos a las caras planas;
- una o varias bobinas, cada una de estas bobinas estando devanada alrededor de un barrote del núcleo magnético de tal modo que se dejen al menos los dos barrotos con una cara plana, libre de cualquier bobinado; y
- las células elementales se unen de dos en dos por medio de sus caras planas respectivas de tal modo que se formen unos pares de primeras y de segundas células acopladas magnéticamente entre sí.

Los inventores también conocen unos acopladores magnéticos que se pueden descomponer en al menos cuatro células magnéticas elementales, cada célula comprende:

- un núcleo magnético apropiado para formar únicamente un primer y un segundo circuitos magnéticos cerrados anulares con una porción común, este núcleo comprende un barrote magnético central por medio del cual se establece la porción común a los dos circuitos magnéticos cerrados, y al menos dos barrotos no colineales que presentan, cada uno, una cara plana orientada hacia el exterior de la célula y las líneas de campo del primer o del segundo circuito magnético cerrado en el interior de estos barrotos siendo paralelas a su cara plana;
- una o varias bobinas, cada una de estas bobinas estando devanada alrededor del barrote central de tal modo que se dejen al menos los dos barrotos con una cara plana, libre de cualquier bobinado; y
- las células elementales se unen de dos en dos por medio de sus caras planas respectivas de tal modo que se formen unos pares de primeras y de segundas células acopladas magnéticamente entre sí.

Los procedimientos de alimentación de estos acopladores magnéticos consisten en:

- a) alimentar la o cada bobina de la primera célula con una de las tensiones o corrientes de alimentación de tal modo que se produzca un flujo magnético en el barrote de la primera célula unido con la segunda célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_i ; y
- b) alimentar la o cada bobina de la segunda célula con una de las tensiones o corrientes de alimentación de tal modo que se produzca un flujo magnético en el barrote de la segunda célula unida a la primera célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_j .

El valor absoluto de la diferencia $x_i - x_j$ es igual a $\frac{2\pi}{N}$ rad.

Los acopladores magnéticos que se alimentan de este modo funcionan correctamente, pero son muy voluminosos.

La invención pretende, por lo tanto, proponer un procedimiento de alimentación de estos acopladores magnéticos

que permita, con las mismas prestaciones, reducir las dimensiones de los acopladores magnéticos.

La invención tiene, por lo tanto, por objeto un procedimiento de alimentación de estos acopladores magnéticos en el

que el valor absoluto de la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j es superior o igual a $\frac{4\pi}{N}$ rad.

5 Se ha observado que el hecho de establecer una distancia angular superior o igual a $\frac{4\pi}{N}$ rad entre las distancias angulares x_i y x_j reduce el flujo magnético máximo que atraviesa los barrotos unidos. En efecto, de este modo se aproxima a una distancia angular de π rad, lo que corresponde a una reducción óptima del flujo magnético máximo que se puede observar en los barrotos unidos.

10 Puesto que el flujo magnético máximo que atraviesa los barrotos unidos se reduce, se puede reducir el tamaño de estos barrotos de tal modo que las dimensiones del acoplador magnético también se reduzcan.

Además, gracias a la distribución uniforme de las distancias angulares de las N tensiones o corrientes de alimentación, se reducen los armónicos de tensión o de corriente dentro de la carga alimentada por medio de este acoplador.

15 Los modos de realización de este procedimiento de alimentación pueden comprender una o varias de las características siguientes:

- el valor absoluto de la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j está comprendido entre $\pi - \frac{2\pi}{N}$ rad y $\pi + \frac{2\pi}{N}$ rad para cada par de células;
- cada bobina de una célula se conecta en serie con al menos otra bobina de otra célula.

20 La invención también tiene por objeto un primer modo de realización de un dispositivo de alimentación de un dipolo eléctrico, este dispositivo comprende:

- una fuente de alimentación con N fases, las distancias angulares entre las fases estando distribuidas de manera uniforme entre 0 y 2π rad, siendo N un número entero superior o igual a cuatro y 2π rad representando un periodo de la tensión o de la corriente periódica;
- un acoplador magnético que se puede descomponer en al menos cuatro células magnéticas elementales, cada célula comprende:

- un núcleo magnético apropiado para formar un único circuito magnético cerrado anular, este núcleo comprende, para ello, de al menos tres barrotos no colineales por medio de los cuales se establece el circuito magnético cerrado, al menos dos de estos barrotos presentando, cada uno, una cara plana orientada hacia el exterior de la célula y las líneas de campo del circuito magnético cerrado en el interior de estos barrotos siendo paralelas a las caras planas;
- una o varias bobinas, cada una de estas bobinas estando devanadas alrededor de un barrote del núcleo magnético de tal modo que se dejen al menos los dos barrotos con una cara plana, libre de cualquier bobinado; y
- las células elementales se unen de dos en dos por medio de sus caras planas respectivas de tal modo que se formen unos pares de primeras y de segundas células acopladas magnéticamente entre sí,

en el que:

- a) la o cada bobina de la primera célula se conecta a una fase respectiva de la fuente de alimentación de tal modo que se produzca, durante su funcionamiento, un flujo magnético en el barrote de la primera célula unida a la segunda célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_i ; y

- b) la o cada bobina de la segunda célula se conecta a una fase respectiva de la fuente de alimentación de tal modo que se produzca, durante su funcionamiento, un flujo magnético en el barrote de la segunda célula unida a la primera célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_j ;

5 – el valor absoluto de la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j es superior a $\frac{4\pi}{N}$ rad.

La invención también tiene por objeto un segundo modo de realización de un dispositivo de alimentación de un dipolo eléctrico, este dispositivo comprende:

- 10 – una fuente de alimentación con N fases, las distancias angulares entre las fases estando distribuidas de manera uniforme entre 0 y 2π rad, siendo N un número entero superior o igual a cuatro y 2π rad representando un periodo de la tensión o de la corriente periódica;
- un acoplador magnético que se puede descomponer en al menos cuatro células magnéticas elementales, cada célula comprende:

- 15 • un núcleo magnético apropiado para formar un primer y un segundo circuitos magnéticos cerrados anulares que tienen una porción común, este núcleo comprende un barrote magnético central por medio del cual se establece la porción común a los dos circuitos magnéticos cerrados, y de al menos dos barros no colineales presentando, cada uno, una cara plana orientada hacia el exterior de la célula y las líneas de campo del primero o del segundo circuito magnético cerrado en el interior de estos barros siendo paralelas a su cara plana;

- 20 • una o varias bobinas, cada una de estas bobinas estando devanada alrededor del barrote central de tal modo que se dejen al menos los dos barros con una cara plana, libre de cualquier bobinado; y

- las células elementales se unen de dos en dos por medio de sus caras planas respectivas de tal modo que se formen unos pares de primeras y de segundas células acopladas magnéticamente entre sí,

25 en el que:

- a) la o cada bobina de la primera célula se conecta a una fase respectiva de la fuente de alimentación de tal modo que se produzca, durante su funcionamiento, un flujo magnético en el barrote de la primera célula unida a la segunda célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_i ; y

- 30 b) la o cada bobina de la primera célula se conecta a una fase respectiva de la fuente de alimentación de tal modo que se produzca, durante su funcionamiento, un flujo magnético en el barrote de la segunda célula unida a la primera célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_j ;

35 – el valor absoluto de la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j es superior a $\frac{4\pi}{N}$ rad.

Los modos de realización de estos dispositivos de alimentación pueden comprender una o varias de las características siguientes:

- el valor absoluto de la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j está comprendido entre $\pi - \frac{2\pi}{N}$ y $\pi + \frac{2\pi}{N}$ para cada célula;

- 40 – cada bobina de la segunda célula se deduce de la bobina correspondiente de la primera célula por una simetría axial a lo largo de un eje colineal con las caras unidas;

- cada célula consta de al menos una primera y una segunda bobinas devanadas en direcciones opuestas entre sí alrededor del mismo barrote;

- 45 – cada célula consta de una primera y una segunda bobinas, la primera bobina y la segunda bobina estando unidas a unas fases respectivas de la fuente de alimentación de tal modo que, durante el funcionamiento, el desfase angular entre las tensiones de alimentación de cada una de estas bobinas esté comprendido

entre $\pi - \frac{2\pi}{N}$ y $\pi + \frac{2\pi}{N}$.

La invención se entenderá mejor con la lectura de la descripción que viene a continuación, que se da exclusivamente a título de ejemplo no excluyente y se hace en referencia a los dibujos en los que:

- la figura 1 es un esquema electrónico de un dispositivo de alimentación de un dipolo eléctrico por medio de un acoplador magnético;
- 5 – la figura 2 es un gráfico que ilustra la distribución de las fases de una fuente de alimentación del dispositivo de la figura 1;
- la figura 3 es una ilustración esquemática de un primer modo de realización de un acoplador magnético que se puede utilizar en el dispositivo de la figura 1;
- 10 – la figura 4 es una ilustración esquemática de una primera y de una segunda células magnéticas elementales que se pueden utilizar en el acoplador magnético de la figura 3;
- la figura 5 es un organigrama de un procedimiento de alimentación del acoplador magnético de la figura 3;
- la figura 6 es un gráfico que ilustra la distribución de las fases de una fuente de alimentación de doce fases;
- la figura 7 es una ilustración esquemática de la arquitectura de otro modo de realización de un acoplador magnético que se puede utilizar en el dispositivo de la figura 1;
- 15 – las figuras 8 a 11 son unas ilustraciones esquemáticas de diferentes modos de realización de células magnéticas elementales que se pueden aplicar en los acopladores magnéticos de las figuras 3 y 7;
- la figura 12 es un esquema electrónico de otro modo de realización de un dispositivo de alimentación de un dipolo eléctrico por medio de un acoplador magnético;
- 20 – la figura 13 es una ilustración esquemática de un acoplador magnético que se puede utilizar en el dispositivo de la figura 12;
- las figuras 14 y 15 son unas ilustraciones esquemáticas de células magnéticas elementales que se pueden aplicar en el acoplador magnético de la figuras 13;
- la figura 16 es un esquema electrónico de otro modo de realización de un dispositivo de alimentación de un dipolo eléctrico por medio de un acoplador magnético;
- 25 – las figuras 17 y 18 son unas ilustraciones esquemáticas de diferentes modos de realización de células magnéticas elementales que se pueden aplicar para realizar un acoplador magnético que se puede utilizar en el dispositivo de la figura 16;
- las figuras 19 y 20 son unos esquemas electrónicos de un convertidor DC-DC que utiliza el mismo acoplador magnético que el que se utiliza en el dispositivo de la figura 16.

30 La figura 1 representa un dispositivo 2 de alimentación de un dipolo eléctrico 4. Aquí, el dipolo 4 está conectado al dispositivo 2 por medio de un filtro 6 equipado con una entrada 8.

Por ejemplo, el dipolo 4 es una resistencia.

El filtro 6 es, por ejemplo, un filtro que consta únicamente de un condensador de filtrado 12 conectado en paralelo a los terminales del dipolo 4. Aquí, el dispositivo 2 permite evitar el uso de una inductancia de filtrado.

35 El dispositivo 2 consta de una fuente 16 de tensiones polifásicas y de un acoplador magnético 18 para conectar la fuente 16 al dipolo 4.

La fuente 16 es una fuente de N fases, siendo N un número entero superior o igual a cuatro. La fuente 16 emite, por lo tanto, N tensiones V_i , en la que el índice i es el número de la fase comprendido entre 0 y N-1. Por convención, la

40 distancia angular entre las tensiones V_0 y V_i se considera igual a $\frac{2\pi i}{N}$ rad. Las distancias angulares entre las

tensiones V_0 a V_{N-1} están, por lo tanto, distribuidas de manera uniforme entre 0 y 2π rad, tal y como se ilustra en la figura 2.

45 En la figura 2, cada vector corresponde a una tensión V_i , el módulo de este vector correspondiendo al módulo de la fundamental de tensión y el ángulo de este vector con respecto al eje de abscisas correspondiendo a su distancia angular con respecto a la fundamental de la tensión V_0 . Tal y como se ilustra, cuando la distancia angular de las fundamentales de las tensiones V_0 a V_{N-1} está distribuida de manera uniforme, el ángulo de desfase entre dos

vectores de tensión sucesivos en el gráfico de la figura 2 es igual a $2\pi/N$.

Aquí todas las amplitudes de las tensiones V_0 a V_{N-1} son idénticas ya que todas las tensiones V_0 a V_{N-1} presentan las mismas formas de ondas periódicas separadas entre sí por una distancia angular igual a $\frac{2\pi}{N}$ rad.

- 5 En la figura 1, la fuente 16 se ha representado con la forma de N fuentes de tensión monofásicas S_0 a S_{N-1} que emiten las tensiones V_0 a V_{N-1} . A título ilustrativo, la distancia angular de la tensión generada por cada fuente S_i se puede regular para corresponder a una cualquiera de las tensiones V_0 a V_{N-1} . Las tensiones V_0 a V_{N-1} no se generan en ese orden por las fuentes S_0 a S_{N-1} tal y como se verá más adelante.

Para simplificar la figura 1, únicamente se han representado tres fuentes de tensión S_0 , S_1 y S_{N-1}

- 10 La fuente 16 es, por ejemplo, una red de alimentación polifásica, un transformador-rectificador o un ondulator de tensión polifásico, un rectificador de tensión controlable formado por diodos y por tiristores, o incluso una etapa primaria de una alimentación « flyback ». Estas tensiones periódicas V_i no son necesariamente sinusoidales sino que son, por ejemplo, rectangulares o triangulares y pueden constar de una componente continua.

- 15 El acoplador 18 consta en este modo de realización de N transformadores monofásicos Tr_0 a Tr_{N-1} . Cada transformador está formado por una bobina primaria e_{1i} y por una bobina secundaria e_{2i} adyacentes acopladas magnéticamente entre sí por medio de un núcleo magnético n_i , en la que i es el mismo índice que se ha utilizado con anterioridad.

Cada transformador forma un par de bobinas acopladas magnéticamente entre sí por medio del núcleo magnético n_i .

Para simplificar la figura, en la figura 1 solo se han representado tres transformadores Tr_0 , Tr_1 y Tr_{N-1} .

- 20 Cada bobina primaria está conectada directamente por un extremo a la fuente S_i .

La bobina secundaria e_{2i} de cada transformador Tr_i está conectada a la fuente S_{i-1} por medio de la bobina primaria $e_{1,i-1}$ del transformador Tr_{i-1} . En el caso en el que el índice i es igual a 0, la bobina secundaria e_{20} se conecta a la fuente S_{N-1} por medio de la bobina $e_{1,N-1}$ del transformador Tr_{N-1} .

- 25 El extremo de cada bobina secundaria que no está conectado a una de las fuentes S_i se conecta directamente a un punto común 24 a su vez directamente conectado a la entrada 8 del filtro 6.

El acoplador magnético 18 se va a describir a continuación más en detalle en relación a las figuras 3 y 4 en el caso particular en el que el número N de fases es igual a doce.

- 30 La figura 3 representa un corte transversal del acoplador 18. Este acoplador 18 está formado por doce células magnéticas elementales de C_0 a C_{11} unidas entre sí en una dirección horizontal L. Cada célula C_i corresponde a un transformador Tr_i .

En la figura 4 se representan más en detalle dos células adyacentes C_i y C_j .

- 35 Cada célula C_i comprende un núcleo magnético n_i cuya sección transversal es en forma de escalera o de « 8 ». Para ello, el núcleo magnético está formado por seis barrotes laterales $B_{1,i}$ a $B_{6,i}$ y por un barrote central $B_{c,i}$. Los barrotes $B_{1,i}$ y $B_{2,i}$ forman el montante izquierdo M_{Gi} de la escalera. Los barrotes $B_{4,i}$ y $B_{5,i}$ forman el montante derecho M_{Di} . Los montantes M_{Gi} y M_{Di} se pueden formar en una sola pieza.

El barrote $B_{c,i}$ es un barrote central horizontal mientras que los barrotes $B_{3,i}$ y $B_{6,i}$ son unos barrotes horizontales situados respectivamente en la parte de arriba y en la parte de abajo de los montantes M_{Gi} y M_{Di} .

La sección transversal de cada uno de los montantes o barrotes es prácticamente rectangular.

- 40 De manera más precisa, los barrotes laterales $B_{1,i}$ a $B_{6,i}$ presentan, cada uno una, cara plana, respectivamente $F_{1,i}$ a $F_{6,i}$ orientada hacia el exterior de la célula C_i .

El núcleo n_i presenta dos ventanas o huecos 32 y 34 respectivamente situados por encima y por debajo del barrote central $B_{c,i}$.

La célula C_i también consta de dos bobinas 36 y 38 devanadas alrededor del barrote central $B_{c,i}$. Las bobinas 36 y 38 se devanan en sentido inverso entre sí. De preferencia, cada bobina consta de varias espiras.

- 45 El sentido de devanado de las espiras de cada bobina se define por medio de un punto rodeado por un círculo y de un círculo que consta de una cruz. El punto rodeado de un círculo indica que un vector sale del plano de la hoja, mientras que un círculo con una cruz indica que este vector entra dentro del plano de la hoja.

Más adelante, se considera que las bobinas devanadas en el sentido de las agujas del reloj, cuando se mira desde el lado derecho del acoplador 18 de la figura 3, giran en el sentido positivo. Las bobinas devanadas en el sentido contrario giran en el sentido negativo. Se definen entonces las dos notaciones siguientes « V_i » y « $-V_i$ ». « V_i » es la tensión de alimentación de una bobina devanada en el sentido positivo. « $-V_i$ » es la tensión de alimentación de una bobina devanada en el sentido negativo.

Cada una de estas bobinas 36, 38 corresponde a una bobina e_{2i} o e_{-i} del acoplador 18. Por esta razón, en la figura 3 cada bobina de una célula lleva la referencia e_{1i} o e_{2i} . Además, en la figura 3 solo se ha representado la dirección de devanado de cada bobina.

El núcleo n_i concentra las líneas de campo del campo magnético creado por las bobinas 36 y 38. Estas líneas de campo forman un flujo magnético. En la figura 4, dos flechas representan dos líneas de campo de flujo magnético E_{Hi} y E_{Bi} creado por las bobinas 36 y 38 en el interior del núcleo n_i . Estas flechas también representan la siguiente convención de signo: cuando la amplitud de la fundamental del flujo magnético E_{Hi} es positiva, se considera que las líneas de este campo E_{Hi} giran en el sentido positivo si estas giran en el sentido de las agujas del reloj. Cuando la amplitud de la fundamental del flujo magnético E_{Bi} es positiva, se considera que las líneas de campo E_{Bi} giran en el sentido positivo, si estas giran en el sentido contrario de las agujas de reloj. Esta convención de signo es idéntica para todas las células C_i del acoplador. También se escriben w_i las distancias angulares de las componentes fundamentales de los flujos magnéticos E_{Hi} y E_{Bi} con respecto a una misma referencia. Con esta convención de signo, se observa que el mismo flujo magnético se puede definir como que se desplaza en el sentido positivo con una distancia w_i o que se desplaza en el sentido negativo con una distancia $w_i+\pi$.

De manera más precisa, la línea de campo del flujo E_{Hi} entra por la derecha del barrote central B_{ci} y se cierra pasando por el barrote $B_{6,i}$ superior cuando esta gira en el sentido positivo. La línea de campo E_{Bi} también entra por la derecha del barrote B_{ci} y se cierra por medio del barrote B_{3i} inferior, cuando esta gira en el sentido positivo. Estas líneas de campo E_{Hi} y E_{Bi} corresponden a un flujo magnético creado por las bobinas 36 y 38.

De este modo, el núcleo n_i permite que se establezcan dos circuitos magnéticos cerrados anulares. Estos circuitos magnéticos cerrados tienen una parte común, es decir, el barrote B_{ci} .

Tal y como se explicará más adelante, la amplitud y la fase de la fundamental de este flujo magnético están en función de las distancias angulares de las tensiones de alimentación de las bobinas 36 y 38.

La célula C_j se deduce de la célula C_i por medio de una simetría axial. De este modo, la célula C_j es estructuralmente idéntica a la célula C_i con la excepción de que la posición de las bobinas 36 y 38 se ha cambiado con respecto a la de las bobinas 36 y 38 de la célula C_i .

Cuando se alimentan las bobinas de la célula C_j , unas líneas de campo E_{Hj} y E_{Bj} aparecen dentro del núcleo de la célula C_j . A la célula C_j se le aplica la misma convención de signo que la que se ha definido para la célula C_i .

La totalidad del campo magnético generado por las bobinas 36 y 38 no se concentra en el interior del núcleo 36. Tal y como ilustran las flechas F_{Hi} y F_{Bi} , alrededor de la bobina 36 aparecen unas líneas de campo magnético de pérdida. Estas líneas corresponden a un flujo magnético de pérdida. Al contrario que el flujo magnético, las líneas de campo de pérdida de flujo magnético constan de al menos una sección que se extiende fuera del núcleo n_i . Por ejemplo, aquí, las líneas de pérdida de flujo magnético atraviesan las ventanas 32, 34 para cerrarse. Por ejemplo, las ventanas 32, 34 consisten en aire.

En este modo de realización, las caras $F_{4,i}$, $F_{5,i}$ de una célula C_i están unidas, y de manera más precisa en contacto con, respectivamente, las caras $F_{2,j}$ y $F_{1,j}$ de la célula C_j . De este modo, los flujos magnéticos E_{Hi} , E_{Hj} y E_{Bi} , E_{Bj} se combinan en los montantes M_{Di} y M_{Gj} .

Los montantes M_{Di} y M_{Gj} están, por ejemplo, pegados o solidarizados entre sí mediante cualquier medio que permita mantener un contacto cercano entre estos dos montantes.

Las flechas S_H y S_B definen una convención de signo común a los flujos magnéticos que circulan por los barrotes unidos. De manera más precisa, esta convención común de signo permite comparar las distancias angulares de los flujos magnéticos dentro de cada célula.

Con esta convención de signo, se indica:

- x_i^d la distancia angular de los flujos magnéticos E_{Hi} y E_{Bi} en el barrote de la célula C_i unida a la célula C_j ; y
- x_j^g la distancia angular de los flujos magnéticos E_{Hj} y E_{Bj} en los barrotes unidos a los de la célula C_j . Con estas notaciones, se observa que en la figura 4 la distancia x_i^d es igual a la distancia w_i ya que las convenciones de signo que se utilizan para definir estas distancias w_i y x_i^d son en la misma dirección. Por el contrario, la distancia x_j^g es igual a la distancia $w_j+\pi$ rad ya que las convenciones de signo que se utilizan para definir las distancias w_j y x_j^g son en la dirección contraria.

La figura 4 representa también una superficie $O_{i,j}$ situada en la intersección de los montantes M_{Di} y M_{Gj} y perpendicular al plano de la hoja. A esta superficie $O_{i,j}$ la atraviesan los flujos magnéticos E_{Bi} y E_{Bj} . Con un sentido de desplazamiento idéntico para los flujos E_{Bi} y E_{Bj} , cuanto más alejada esté la distancia angular x_i de la fundamental del flujo magnético E_{Bi} de la distancia angular x_j de la fundamental del flujo magnético E_{Bj} , más reducido será el flujo magnético máximo que atraviesa la superficie $O_{i,j}$. Ahora bien, cuanto más reducido es el flujo magnético máximo que atraviesa la superficie $O_{i,j}$, más pequeña se puede reducir la sección horizontal de los barrotos $B_{4,i}$ y $B_{2,j}$, lo que reduce las dimensiones del acoplador 18. Las mismas explicaciones se aplican para la reducción de las dimensiones de los barrotos $B_{5,i}$ y $B_{1,j}$.

El acoplador 18 comprende únicamente unas células unidas por pares en la dirección horizontal L, es decir, unidas entre sí por medio de las caras de sus montantes, tal y como se describe en relación a la figura 4.

El diseño y el funcionamiento del dispositivo 2 se van a describir a continuación en relación a la figura 5.

Inicialmente, durante una etapa 40 de diseño del acoplador 18, se construyen unas células magnéticas elementales todas iguales entre sí. Por ejemplo, en esta fase cada una de estas células es idéntica a la célula C_i que se ha descrito en relación a la figura 4. A continuación, se aplican las reglas siguientes:

a) se seleccionan las tensiones de alimentación V_i de cada bobina de una célula C_i para que una distancia angular α_i entre las tensiones de alimentación de las dos bobinas de esta misma célula esté comprendida

$$\text{entre } \pi - \frac{2\pi}{N} \text{ y } \pi + \frac{2\pi}{N} \text{ rad; y}$$

b) se acopla cada célula C_i con la célula adyacente C_j que generan antes de la unión en los barrotos del montante izquierdo B_{1j} y B_{2j} los flujos magnéticos E_{Hj} y E_{Bj} cuya distancia angular x_j está comprendida

$$\text{entre } x_i + \frac{2\pi}{N} + \pi \text{ y } x_i - \frac{2\pi}{N} + \pi .$$

La regla a) corresponde a la aplicación de las indicaciones de la solicitud de patente francesa registrada con el número FR 05 07 136 y permite reducir más aún las dimensiones del acoplador 18.

A título de ejemplo, la aplicación de la regla a) conduce a seleccionar para cada célula el par de tensión V_i que se indica en la siguiente tabla:

Tabla 1: véase el anexo al final de la descripción.

En la tabla 1, el símbolo C_i identifica a la célula. En cada columna C_i , los símbolos V_i a la izquierda y a la derecha identifican las tensiones correspondientes de las bobinas, respectivamente a la derecha y a la izquierda de la célula C_i .

Puesto que la amplitud de las tensiones de alimentación V_i son todas idénticas y la distancia angular α_i es la misma para cada una de las células C_i , entonces la amplitud de la fundamental del flujo magnético generado por cada una de las células es idéntica. De este modo, la aplicación de la regla b) consiste en:

1) estimar, en una operación 42, la distancia angular w_i del flujo magnético generado por cada célula C_i a partir de las tensiones de alimentación de la tabla 1; y

2) unir, en una operación 44, cada célula C_i a otra célula C_j de tal modo que el valor absoluto de la diferencia y entre las distancias angulares x_i y x_j de los flujos magnéticos en los barrotos unidos, esté comprendido

$$\text{entre } \pi - \frac{2\pi}{N} \text{ y } \pi - \frac{2\pi}{N} .$$

La estimación de la distancia angular w_i se va a explicar a continuación por medio de la figura 6 en el caso particular de la célula C_0 .

La figura 6 corresponde al gráfico de la figura 2 en el caso en el que N es igual a doce.

Según la tabla 1, las tensiones V_0 y V_5 se utilizan para alimentar respectivamente las bobinas 36 y 38 de la célula C_0 .

La distancia angular w_i del flujo magnético se puede estimar mediante la suma vectorial del vector de tensión \vec{V}_0 y del vector $-\vec{V}_5$. El resultado de esta suma vectorial se representa en la figura 6 con una flecha F en línea de puntos.

Esta flecha F forma un ángulo w de $\frac{-\pi}{12}$ rad con el eje de las abscisas. Este ángulo w corresponde a una estimación de la distancia angular w_0 .

Hay que señalar que para obtener este resultado es necesario tomar el inverso del vector de tensión \vec{V}_5 ya que la bobina 38 se devana en el sentido negativo.

En el caso del acoplador 18, al término de la operación 42, se obtiene la tabla 2 siguiente en la que las distancias w_i se indican en la segunda línea:

Tabla 2

C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}
$-\frac{\pi}{12}$	$\frac{9\pi}{12}$	$\frac{19\pi}{12}$	$\frac{5\pi}{12}$	$\frac{15\pi}{12}$	$\frac{\pi}{12}$	$\frac{11\pi}{12}$	$\frac{21\pi}{12}$	$\frac{7\pi}{12}$	$\frac{17\pi}{12}$	$\frac{3\pi}{12}$	$\frac{13\pi}{12}$

A continuación, en la operación 44, las células C_i se clasifican por orden creciente o decreciente de distancia angular w_i .

En el caso presente, la lista de células clasificadas por orden decreciente de distancias angulares w_i es la siguiente:

$$\{C_0, C_5, C_{10}, C_3, C_8, C_1, C_6, C_{11}, C_4, C_9, C_2, C_7\}.$$

En esta fase, en un primer modo de realización, las células se unen entre sí de acuerdo con la dirección horizontal L en el orden creciente que se ha indicado en el párrafo anterior. De este modo, los barros B_{5i} y B_{4i} de la célula C_i se unen, respectivamente, a los barros B_{1j} y B_{2j} de la célula C_j siguiente.

En este primer modo de realización, se verifica que la diferencia γ entre las distancias angulares x^d_i y x^g_j está próxima a π rad. Por ejemplo, la distancia angular w_0 es aquí igual a $-\pi/12$ mientras que la distancia angular w_5 es igual a $\pi/12$ rad. La distancia x^d_i en el barrote B_{50} es, por lo tanto, igual a $-\pi/12$ rad. La distancia x^g_j en el barrote B_{15} es, por su parte, igual a $w_5 + \pi$, es decir, a $\pi/12 + \pi$, ya que en el barrote B_{15} , la convención de signo que se adopta para definir la distancia del flujo E_{H5} es en la dirección contraria de la flecha S_H . La diferencia γ es aquí, por lo tanto, igual a $\pi + 2\pi/12$ rad.

En este primer modo de realización, las distancias w_i se distribuyen en 360° y las componentes continuas de los flujos magnéticos en los barros unidos no se anulan.

Para obtener un segundo modo de realización del acoplador en el que las diferencias γ se aproximan más aun a π rad, se procede a una etapa 46 de permutación de las tensiones de alimentación.

De manera más precisa, en la etapa 46, por medio de la tabla 2, se distribuyen las células en dos mitades de tal modo que la distancia angular w_i de cada célula de la primera mitad sea inferior a todas las distancias angulares w_i de las células de la segunda mitad. Por ejemplo, aquí, la segunda mitad está formada por las seis últimas células de la clasificación por orden creciente que se ha indicado con anterioridad, es decir, las células $C_6, C_{11}, C_4, C_9, C_2$ y C_7 .

A continuación, la tensión de alimentación de la bobina a la izquierda de cada una de las células de esta segunda mitad se permuta con la tensión de alimentación de la bobina a la derecha de esta misma célula. Esta permutación de las tensiones de alimentación no cambia la posición de las bobinas 36 y 38. De este modo, por medio de las notaciones que se han definido en relación a la tabla 1, esta operación de permutación de las tensiones de una célula permite pasar del par de tensiones de alimentación $(V_a, -V_b)$ al par de alimentación $(V_b, -V_a)$.

Por el contrario, la operación de permutación de las tensiones invierte el sentido en el que gira la componente

fundamental del flujo magnético. La distancia angular w_i de cada célula permutada se ve, por lo tanto, incrementada en π rad. La tabla 3 siguiente indica en la segunda línea, la distancia angular w_i de cada célula C_i al término de la etapa 46:

Tabla 3

C_0	C_5	C_{10}	C_3	C_8	C_1	C_6	C_{11}	C_4	C_9	C_2	C_7
$-\frac{\pi}{12}$	$\frac{\pi}{12}$	$\frac{3\pi}{12}$	$\frac{5\pi}{12}$	$\frac{7\pi}{12}$	$\frac{9\pi}{12}$	$-\frac{\pi}{12}$	$\frac{\pi}{12}$	$\frac{3\pi}{12}$	$\frac{5\pi}{12}$	$\frac{7\pi}{12}$	$\frac{9\pi}{12}$

5 Se constata que las distancias angulares del conjunto de las células ahora se distribuyen en 180° y ya no en 360° .
 A continuación, todavía en la etapa 46, las células C_i que se han obtenido de este modo se clasifican de nuevo por orden creciente de distancia angular w_i . Se obtiene entonces la clasificación siguiente:

$$\{C_0, C_6, C_5, C_{11}, C_{10}, C_4, C_3, C_9, C_8, C_2, C_1, C_7\}.$$

10 En este segundo modo de realización, las células C_i que se obtienen de este modo se unen entonces de acuerdo con la dirección horizontal L en el orden que se ha indicado en el párrafo anterior.
 La tabla 4 (véase el anexo) retoma en la primera línea el orden de las células para este segundo modo de realización. La segunda línea indica a qué tensión se conecta cada una de las bobinas de cada célula.

15 Se verifica que, en este segundo modo de realización, la diferencia γ que se obtiene está más próxima a π rad que en el primer modo de realización. Por ejemplo, las distancias angulares w_0 y w_6 de las células unidas C_0 y C_6 son ambas iguales a $-\pi/12$ rad. En consecuencia, la distancia angular x_0^d en el barrote B_{50} , antes de la unión, es igual a $-\pi/12$ rad. La distancia angular x_6^g en el barrote B_{16} , antes de la unión, es, por su parte, igual a $-\pi/12+\pi$. En efecto, tal y como anteriormente, la convención de signo que sirve para definir la distancia w_6 es en la dirección opuesta a la flecha S_H . Por lo tanto, en el barrote B_{16} , la distancia x_6^g viene dada por la relación siguiente: $X_6^g = W_6 + \pi$.

20 La diferencia γ es igual a π rad.
 También hay que señalar que la diferencia γ entre los barros unidos de las células C_6 y C_5 es, por su parte, igual a $\pi+2\pi/12$ rad.

25 De este modo, la amplitud máxima de la fundamental del flujo magnético en los montantes unidos de un par de células es prácticamente nula. Además, la amplitud máxima del flujo magnético generado en el interior de los montantes unidos de dos células que pertenecen a unos pares diferentes se ve muy reducida. Esto permite reducir mucho la sección de estos montantes y, por lo tanto, las dimensiones del acoplador 18.

Este segundo modo de realización permite, por lo tanto, aproximarse más aun a la diferencia γ de π rad. No obstante, ni el primer ni el segundo modo de realización permiten anular las componentes continuas de los flujos magnéticos en los barros unidos.

30 Para anular esta componente continua en los barros unidos, se procede entonces a una etapa 48 de permutación de la posición de las bobinas. La etapa 48 se aplica aquí a una célula de cada dos. La etapa 48 se puede realizar tras la etapa 46 o directamente al término de la etapa 40.

35 En la etapa 48 las dos primeras células de la lista de las células clasificadas por orden creciente son agrupan para formar un primer par, a continuación las dos células siguientes se agrupan para formar un segundo par y así sucesivamente.

40 A continuación, para cada segundo elemento de cada par, se permuta la posición de las dos bobinas de la célula con respecto a la que se tiene en cuenta para la operación de clasificación. Por ejemplo, en el caso de la célula C_6 , en la operación 46, las bobinas 36 y 38 están, respectivamente, a la izquierda y a la derecha de la célula. Una vez que estas posiciones se han cambiado, las bobinas 36 y 37 se encuentran, respectivamente a la derecha y a la izquierda de la célula.

45 Tras una permutación de este tipo, las bobinas inmediatamente a la izquierda y a la derecha de un barrote unido se devanan en el mismo sentido. Una configuración de este tipo reduce o anula las componentes continuas de los flujos magnéticos en los barros unidos. Por otra parte, la permutación de la posición de las bobinas no modifica la distancia angular w_i de la célula ya que las bobinas 36 y 38 se mantienen alimentadas por las mismas tensiones. Por último, solo se modifica la posición de las bobinas. En estas condiciones, la etapa 48 permite, además de la reducción de la amplitud máxima de la componente fundamental del flujo magnético en los barros unidos, reducir también la componente continua en estos mismos barros unidos.

Por ejemplo, la tabla 5 siguiente indica las tensiones de alimentación de cada célula del acoplador que se obtiene al término de las etapas 46 y 48. La primera línea indica el orden de las células. La segunda línea indica las tensiones de alimentación de los devanados a la izquierda y a la derecha de cada célula.

Tabla 5 (véase el anexo)

- 5 Tras su diseño, en una etapa 50, la distancia angular de cada fuente S_0 a S_{N-1} se regula para que la tensión de alimentación de las bobinas primarias e_{1i} , e_{2i} de cada célula C_i corresponda al determinado en la etapa 40 de diseño.

A continuación, en una etapa 52, las bobinas de cada célula se alimentan por medio de la fuente 16 regulada de este modo. Esto permite alimentar el dipolo 4 a partir de una fuente polifásica.

- 10 El acoplador 18 se ha descrito en el caso particular en el que este está formado por doce células. No obstante, la descripción que se ha realizado anteriormente se aplica a cualquier acoplador magnético formado por al menos cuatro células. A título de ejemplo, las tablas 6 y 7 siguientes describen la configuración de acopladores magnéticos, que tienen entre 4 y 20 células, obtenidos al realizar las operaciones 46 y 48.

- 15 De manera más precisa, en cada una de estas tablas 6 y 7, la columna « N » indica el número de células totales y las columnas siguientes indican para cada célula C_i cuáles son las tensiones de alimentación que hay que utilizar para alimentar sus bobinas. En estas tablas, cada columna C_i se divide en dos subcolumnas. Las subcolumnas de la izquierda y de la derecha indican respectivamente a qué tensión de alimentación se deben conectar las bobinas a la izquierda y a la derecha de esta célula. En estas subcolumnas, el valor absoluto del número marcado como j simplemente indica que esta bobina se debe alimentar con la tensión V_{j-1} . El signo «-» presente delante del número j simplemente indica que esta bobina se devana en el sentido negativo.

- 20 Tabla 6 (véase el anexo)

Tabla 7 (véase el anexo)

La figura 7 representa un acoplador magnético 50 que se puede utilizar en lugar del acoplador 18 en el dispositivo 2.

- 25 Este acoplador 50 también consta de doce células C_i respectivamente idénticas a las células C_i del acoplador 18. Al contrario que el acoplador 18, las células C_i del acoplador 50 se unen no solo en la dirección horizontal L, como en el acoplador 18, sino también en una dirección vertical H.

- 30 De manera más precisa, cada par de células ($C_0 ; C_6$); ($C_5 ; C_{11}$); ($C_{10} ; C_4$); ($C_3 ; C_9$); ($C_8 ; C_2$) y ($C_1 ; C_7$) se unen en una dirección horizontal por medio de sus montantes verticales respectivos. Además, cada par de células también se une de acuerdo con la dirección vertical H a otro par de células por medio de sus barrotes horizontales. La unión de las células de acuerdo con la dirección vertical se realiza como en la dirección horizontal, es decir, por ejemplo, mediante el contacto directo de las caras planas de los barrotes laterales de estas células. La fijación de estas células de acuerdo con la dirección vertical se puede realizar mediante encolado o por cualquier otro medio.

Tal y como para el acoplador 18, las tensiones de alimentación de cada una de las bobinas de cada célula se determinan en función de las distancias angulares w_i de los flujos magnéticos.

- 35 Por ejemplo, en el diseño del acoplador 50, se procede de manera idéntica a la que se ha descrito en relación a las operaciones 42 a 48 hasta que se obtiene la tabla 5. A continuación, en alternancia, para un par de células de cada dos, se realizan las operaciones siguientes:

- permutación de las tensiones de alimentación de cada una de las células de estos pares; y
- permutación de la posición de las bobinas de cada una de estas células.

Aquí, estas operaciones se aplican, por lo tanto, a los pares de células siguientes: $\{C_5 ; C_{11}\}$, $\{C_3 ; C_9\}$ y $\{C_1 ; C_7\}$.

- 40 La operación de permutación de las tensiones de alimentación es idéntica a la operación 46 y permite, por lo tanto, añadir una distancia de π rad que permite anular la componente fundamental en los barrotes horizontales unidos.

La etapa de permutación de las bobinas es idéntica a la operación 48 y permite, por lo tanto, anular la componente continua del flujo magnético en los barrotes horizontales unidos.

- 45 Al término de estas etapas, se obtiene la distribución de las tensiones para cada célula indicada en la tabla siguiente:

Tabla 8 (véase el anexo)

Se verifica entonces que la diferencia γ entre, por ejemplo, la distancia x_5 en el barrote B_{65} y la distancia x_0 en el barrote B_{30} está próxima a π rad. Aquí, w_0 y w_5 son respectivamente iguales a $-\pi/12$ y a $\pi/12+\pi$. Tomando como convención común de signo a los barrotes B_{30} y B_{65} que el flujo magnético es positivo cuando se desplaza desde la

izquierda hacia la derecha en los barrotos unidos, se obtiene $x_0^b = -\pi/12$ rad y $x_5^h = \pi/12 + \pi$, donde x_0^b y x_5^h son respectivamente las distancias angulares en los barrotos B_{30} y B_{65} . Por lo tanto, la diferencia γ es igual a π rad.

De este modo, en el acoplador 50, las dimensiones de los montantes verticales unidos y de los barrotos horizontales unidos se pueden reducir notablemente.

- 5 La figura 8 representa otro modo de realización de células C'_i y C'_j que se pueden utilizar respectivamente en lugar de las células C_i y C_j .

La estructura de la célula C'_i es idéntica a la de la célula C_i con la excepción de que la bobina 36 se devana alrededor de la bobina 38 y ya no a su lado. Por ejemplo, la bobina 36 se devana sobre la periferia de la bobina 38.

Por ejemplo, la célula C'_j es idéntica a la célula C'_i .

- 10 Las figuras 9 a 11 representan respectivamente unas células A_i , A'_i y A''_i que comprenden un núcleo 60 que tiene una sección transversal anular de acuerdo con un plano vertical. Aquí, el núcleo 60 está formado por dos barrotos horizontales y por dos barrotos verticales.

- 15 Estas células A_i , A'_i y A''_i constan cada una únicamente de dos bobinas 62 y 64 devanadas en direcciones contrarias entre sí. En las células A_i y A''_i , las bobinas 62 y 64 se devanan alrededor de un mismo barrote. En la célula A_i , la bobina 62 únicamente se devana alrededor de una parte superior del barrote vertical mientras que la bobina 64 únicamente se devana alrededor de una parte inferior de este mismo barrote.

En la célula A''_i , la bobina 64 se devana alrededor de la bobina 62 y, de preferencia, alrededor de la periferia de la bobina 62.

- 20 En la célula A'_i , la bobina 62 únicamente se devana alrededor de un barrote vertical de la célula mientras que la bobina 64 únicamente se devana alrededor del otro barrote vertical de la célula.

- 25 Los barrotos libres de cualquier devanado de las células A_i , A'_i y A''_i presentan, cada uno, una cara plana orientada hacia el exterior de la célula. Estas caras planas permiten unir las células entre sí para formar un acoplador magnético. La tensión de alimentación de cada una de estas bobinas se selecciona en función de la distancia angular x_i de la fundamental del flujo magnético concentrado en los barrotos unidos. Para ello, las indicaciones que se han dado en relación a la figura 5 se adapta al caso de las células A_i , A'_i y A''_i para minimizar la amplitud máxima de la fundamental del flujo magnético en estos barrotos unidos entre sí.

Por último, las células A_i , A'_i y A''_i se distinguen de las células C_i y C'_i esencialmente por el hecho de que en las células A_i , A'_i y A''_i se establece un único circuito magnético cerrado anular, mientras que en las células C_i y C'_i se establecen dos circuitos magnéticos cerrados anulares por vías diferentes.

- 30 La figura 12 representa otro dispositivo 70 de alimentación del dipolo eléctrico 4. Este dispositivo 70 comprende para ello la fuente 16 de alimentación así como un acoplador magnético 72 para conectar las N fases de la fuente 16 al dipolo 4.

De manera más precisa, el acoplador 72 comprende N bobinas L_i que forman inductancia. Cada bobina L_i únicamente se conecta en un lado de la fuente S_i y en el otro lado al punto común 24.

- 35 La estructura del acoplador 72 se describe más en detalle en relación a la figura 13 en el caso particular en el que el número N de fases es igual a cinco.

El acoplador 72 se realiza mediante la unión de cinco células magnéticas elementales B_0 a B_4 idénticas en la dirección vertical H . La célula B_i se describe más en detalle en relación a la figura 14.

- 40 En este ejemplo, la célula B_i consta de un núcleo magnético 74 que tiene una sección transversal anular. Este núcleo 74 está formado únicamente por dos barrotos verticales y dos barrotos horizontales. Aquí, los tres barrotos carentes de devanado presentan, cada uno, una cara plana orientada hacia el exterior y que permite acoplar magnéticamente esta célula a otra célula. Al menos uno de los barrotos consta de un entrehierro 75 para impedir la saturación del núcleo 74 provocada por una componente continua del flujo magnético.

- 45 La célula B_i también comprende únicamente una sola bobina 76 devanada únicamente alrededor de uno de los barrotos verticales. Esta bobina 76 genera un flujo magnético E_i concentrado en el interior del núcleo 74. En la figura 14 se representa una única línea de campo del flujo magnético E_i . Este flujo magnético presenta una distancia angular w_i en función de la distancia angular de la tensión de alimentación de la bobina 76. De manera más precisa, en el caso de la célula B_i , la estimación de la distancia angular w_i se considera igual a la distancia angular de la tensión de alimentación de la bobina 76.

- 50 En la figura 13, las células B_i se adosan entre sí yuxtaponiendo pegadas las caras planas de sus barrotos horizontales respectivos.

- Como ya se ha visto, la distancia angular de la tensión de alimentación de las bobinas de la célula B_i se determina de tal manera que se minimice la amplitud de la fundamental del flujo magnético que circula por los barrotos unidos. De manera más precisa, las tensiones de alimentación de células unidas B_i y B_j se seleccionan de tal modo que la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j de las fundamentales de los flujos magnéticos generados por cada una de las células esté tan próxima como sea posible de π rad.
- 5 El procedimiento que se ha descrito en relación con el proceso de la figura 5 se adapta para diseñar el acoplador 72. Por ejemplo, en la figura 13, las bobinas de las células B_1 a B_4 se devanan todas en el mismo sentido. De este modo, en esta configuración, las bobinas de las células B_0 a B_4 se alimentan respectivamente con las tensiones V_1 , V_3 , V_5 , V_2 y V_4 .
- 10 La figura 15 representa la arquitectura de una célula D_i que tiene un núcleo idéntico al núcleo n_i de la célula C_i . La célula D_i se compone únicamente de una sola bobina 80 devanada alrededor del barrote central. El barrote central comprende un entrehierro 81 para evitar la saturación del núcleo n_1 provocado por una componente continua del flujo magnético. Esta célula D_i se puede utilizar en lugar de la célula B_i en unos acopladores magnéticos similares al acoplador 72.
- 15 La figura 16 representa un tercer modo de realización de un dispositivo 90 de alimentación del dipolo 4. En esta figura los elementos que ya se han descrito en relación a la figura 1 llevan las mismas referencias numéricas, únicamente se describen aquí las diferencias con respecto al dispositivo 2.
- En la figura 16 el filtro 6 no debe incluir inductancia.
- 20 El dispositivo 90 consta de la fuente de alimentación 16 conectada al dipolo 4 por medio de un acoplador magnético 92.
- En el acoplador 92, el punto medio 24 está conectado a un potencial de referencia M_1 y ya no a la entrada 8 del filtro 6.
- En este modo de realización, cada transformador Tr_i consta, además del par de bobinas 2_{1i} y e_{2i} , de un par de bobinas 2_{3i} y e_{4i} . Las bobinas e_{3i} y e_{4i} se acoplan magnéticamente a las bobinas e_{1i} y e_{2i} por medio del núcleo magnético n_i . El par de bobinas e_{3i} y e_{4i} está eléctricamente aislado de las bobinas e_{1i} y 2_{2i} .
- 25 Un extremo de la bobina e_{3i} se conecta por medio de un diodo d_i a un punto común 96. El cátodo del diodo d_i está dirigido hacia el punto común 96.
- El punto común 96 se conecta directamente a la entrada 8 del filtro 6.
- 30 El otro extremo de la bobina e_{3i} se conecta directamente a un extremo de la bobina $e_{4,i+1}$ del transformador Tr_{i+1} siguiente. El extremo no conectado a la bobina e_{3i} de la bobina $e_{4,i+1}$ se conecta a un potencial de referencia M_2 eléctricamente aislado del potencial M_1 .
- El extremo no conectado al punto común 96 de la bobina $e_{3,N-1}$ se conecta directamente a un extremo de la bobina e_{40} .
- 35 El procedimiento de diseño y de alimentación del acoplador 92 es el mismo que el que se ha descrito en relación a la figura 5, de tal modo que se reduzcan las dimensiones de este acoplador. En particular, se obtiene la estimación de la distancia angular W_i de una célula utilizando únicamente las tensiones de alimentación de las bobinas e_{1i} y e_{2i} . Para volver al caso anterior con dos bobinas por célula, se pueden asimilar las partes de bobinas e_{1i} , e_{3i} y e_{2i} , e_{4i} , respectivamente, a las bobinas e_{1i} y e_{2i} de la figura 1.
- 40 La figura 17 representa un ejemplo de células E_i que se pueden utilizar para formar el acoplador magnético 92. Esta célula E_i es idéntica a la célula A'_i con la excepción de que las bobinas 62 y 64 se han duplicado. En la figura 17, los duplicados de las bobinas 62 y 64 llevan, respectivamente, las referencias 102 y 104.
- 45 Las bobinas 102 y 104 se devanan alrededor del núcleo 60 en el mismo sentido que, respectivamente, las bobinas 62 y 64. Estas bobinas 102 y 104 están aisladas eléctricamente de las bobinas 62 y 64 y acopladas magnéticamente a estas bobinas por medio del núcleo 60. Las bobinas 62 y 64 corresponden respectivamente a las bobinas e_{1i} y e_{2i} de la figura 16 y las bobinas 102 y 104 corresponden respectivamente a las bobinas e_{3i} y e_{4i} de la figura 16.
- La figura 18 representa la estructura de una célula F_i que también se puede utilizar para realizar el acoplador 92.
- Esta célula F_i es idéntica a la célula C_i con la excepción de que las bobinas 36 y 38 se han duplicado. Los duplicados de las bobinas 36 y 38 llevan respectivamente las referencias 106 y 108. En este modo de realización, la bobina 106 únicamente se devana alrededor de la bobina 36 y la bobina 108 únicamente se devana alrededor de la bobina 38. Las bobinas 106 y 108 están eléctricamente aisladas de las bobinas 36 y 38, y acopladas magnéticamente a estas bobinas 36 y 38 por medio del núcleo n_i .
- 50 La figura 19 representa la arquitectura de un convertidor DC-DC que utiliza un acoplador magnético como el que se

ha descrito en relación a las figuras anteriores.

El convertidor 110 consta de una fuente de alimentación continua 122 conectada a la entrada de un ondulator 124 específico para convertir la tensión continua emitida por la fuente 122 en N tensiones periódicas separadas angular-

mente entre sí por $\frac{2\pi}{N}$ rad.

- 5 El ondulator 124 aquí es un ondulator de corriente bidireccional. Este ondulator es conocido y no se describirá aquí su estructura en detalle.

La asociación de la fuente 122 y del ondulator 124 forma, por lo tanto, una fuente de alimentación polifásica 126. La fuente 126 se conecta a un acoplador magnético 128 que presenta un aislamiento galvanizado como el acoplador 92. No obstante, en este modo de realización, cada bobina e_{1i} y e_{2i} se conecta por uno de sus extremos directamente a una fase respectiva de la fuente 126. El otro extremo de cada una de estas bobinas e_{1i} y e_{2i} se conectan eléctricamente entre sí.

- 10

Un extremo de cada una de las bobinas e_{3i} y e_{4i} se conecta a una entrada respectiva de un rectificador de tensión 130. El otro extremo de estas bobinas e_{3i} y e_{4i} se conecta a un potencial de referencia M_3 .

- 15 El rectificador 130 consta de tantas ramas como entradas que reciben la tensión emitida por las bobinas e_{3i} y e_{4i} . Cada rama está formada por un interruptor controlable I_i y por un diodo D_i conectados en paralelo. El interruptor I_i es un interruptor que solo puede dejar circular la corriente en una única dirección que va de la entrada conectada a la bobina e_{3i} o e_{4i} hacia un punto común 134. Los diferentes interruptores controlables del rectificador 130 se conectan de tal modo que rectifiquen la tensión emitida por cada una de las bobinas e_{3i} y e_{4i} . En este modo de realización, el dipolo 4 se conecta entre el punto común 134 y el potencial de referencia M_3 .

- 20 El rectificador 130 es aquí un rectificador de corriente bidireccional.

La figura 20 representa otro modo de realización de un convertidor DC-DC 140. Este convertidor 140 comprende una fuente de alimentación polifásica 142 realizada a partir de una fuente de tensión continua 144 conectada a la entrada de un ondulator 146. Aquí, por ejemplo, el ondulator 146 es de corriente unidireccional. Cada salida del ondulator 146 está conectada a una bobina respectiva de un acoplador magnético 148. Este acoplador magnético 148 es idéntico al acoplador magnético 128 con la excepción de que en el acoplador 128 son los extremos de las bobinas e_{3i} y e_{4i} los que se conectan a unas fases respectivas de la fuente 142. Por esta razón, en la operación de estimación de la distancia angular x_i de cada una de las células, son las bobinas e_{3i} y e_{4i} así como su tensión de alimentación las que hay que tener en cuenta.

- 25

Aquí, las salidas del acoplador 148 se conectan a un rectificador/elevador de tensión 149. Por ejemplo, el rectificador/elevador 149 está formado por varias etapas elevadoras 150 a 153. Cada etapa elevadora recibe las tensiones generadas respectivamente por un par de bobinas e_{1i} y e_{2i} con el fin de elevar una tensión de entrada recibida. Las etapas elevadoras se conectan en serie. Un rectificador/elevador de este tipo es conocido y, por lo tanto, no se describirá más en detalle. La carga 4 se conecta a la salida de este rectificador/elevador 149.

- 30

Son posibles otros numerosos modos de realización. Aquí, cada acoplador se ha descrito en el caso en el que se realiza mediante encolado o fijación entre sí de varias células magnéticas elementales. De manera alternativa, el acoplador magnético presenta exactamente la misma estructura que la que se ha descrito aquí, pero se realiza uniendo, unos tras otros, una sucesión de núcleos magnéticos en forma de « E ». De manera más precisa, los extremos libres de los barros horizontales de la sección en forma de « E » se unen sobre la cara posterior vertical del siguiente núcleo en forma de « E ». Los extremos libres de los barros horizontales del último núcleo en forma de « E » del apilamiento están, por su parte, conectados magnéticamente por medio de un barrote vertical en forma de « I ». La estructura del acoplador magnético que se obtiene de este modo es idéntica a la que se obtiene uniendo unas células como, por ejemplo, las células C_i . De este modo, un acoplador magnético de este tipo se puede descomponer en células elementales idénticas a las que se han descrito aquí. Por tanto, se pueden encontrar en este acoplador magnético partes del núcleo que corresponden a cada uno de los barros B_{ij} . No obstante, aquí, los barros B_{ij} y B_{ij+1} unidos son ambos una misma pieza, es decir, se forman de un solo bloque. Las indicaciones que se han descrito con anterioridad se pueden, por lo tanto, aplicar a un acoplador magnético de este tipo para determinar en qué fase de la fuente de alimentación se debe conectar cada bobina para minimizar el flujo magnético máximo en los barros unidos.

- 35
- 40
- 45

También se puede realizar un acoplador que tiene una de las estructuras que se han descrito aquí a partir de un núcleo de un solo bloque en el que se realizan tantos huecos como ventanas 32, 34 necesarias. En este último modo de realización, no es necesario ningún encolado entre las diferentes células que se unen. De este modo, las indicaciones que se han dado en esta descripción se pueden aplicar a este modo de realización para determinar en qué fases de la fuente de tensión se debe conectar cada una de las bobinas con el fin de minimizar el flujo magnético máximo en los barros unidos.

- 50

También se puede realizar un acoplador magnético cuyas dimensiones se reducen, adosando varias células únicamente en la dirección vertical.

5 Aquí, el acoplador magnético comprende tantas bobinas e_{1i} y e_{2i} como fases de la fuente de alimentación. De manera alternativa, cada bobina e_{1i} y e_{2i} se divide en varias bobinas, respectivamente e_{1ik} y e_{2ik} conectadas en serie. Cada bobina e_{1ik} y e_{2ik} se utiliza a continuación en una célula diferente. No obstante, el número de bobinas e_{1ik} y e_{2ik} conectadas en serie se mantiene, de preferencia, inferior a N .

10 Los modos de realización de los acopladores magnéticos que se han descrito aquí se han hecho en el caso particular en el que las indicaciones de la solicitud de patente FR 05 07 136 se utilizan en el interior de cada célula de tal modo que se reduzcan más aun las dimensiones de cada una de estas células (regla a) que se ha descrito en relación a la figura 5). No obstante, de manera alternativa, únicamente se utiliza la regla b) que se ha descrito en relación a la misma figura para reducir las dimensiones del acoplador magnético.

Cuando una célula consta de dos bobinas, las espiras de estas bobinas pueden estar entrelazadas. Esto disminuye la resistencia alternativa de las bobinas.

15 La cara plana de los barrotos unidos puede constar de unas rugosidades o de unas asperezas destinadas a facilitar el acoplamiento y la fijación de las células entre sí.

Los barrotos alrededor de los cuales se devanan los arrollamientos no son necesariamente rectilíneos, sino que pueden ser curvos.

Por último, también se pueden utilizar diferentes tipos de células en un mismo acoplador magnético.

Los diferentes modos de realización que se han descrito aquí presentan las siguientes ventajas:

- 20
- aplicar la regla b) para cada barrote unido permite reducir claramente las dimensiones y las pérdidas del acoplador magnético;
 - seleccionar las tensiones de alimentación de las bobinas de tal modo que la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j de los flujos magnéticos generados por dos células unidas esté comprendida entre

$$\pi + \frac{2\pi}{N} \text{ y } \pi - \frac{2\pi}{N} \text{ ad permite maximizar la disminución de las dimensiones del acoplador}$$

25 magnético;

- dividir cada bobina e_{1i} conectada a una fase de la fuente de alimentación en varias bobinas e_{1ik} conectadas en serie permite multiplicar el número de bobinas disponibles para crear las células y, por lo tanto, incrementar la posibilidad de acercarse a una configuración óptima en la que la diferencia de las distancias angulares $x_i - x_j$ sea igual o muy próxima a π rad.

30 ANEXO

Tabla 1

C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}
V_0	V_5	V_{10}	V_3	V_8	V_1	V_6	V_{11}	V_4	V_9	V_2	V_7
$-V_5$	$-V_{10}$	$-V_3$	$-V_8$	$-V_1$	$-V_6$	$-V_{11}$	$-V_4$	$-V_9$	$-V_2$	$-V_7$	$-V_0$

Tabla 4

C ₀		C ₆		C ₅		C ₁₁		C ₁₀		C ₄		C ₃		C ₉		C ₈		C ₂		C ₁		C ₇	
V ₀	-V ₅	V ₁₁	-V ₆	V ₁	-V ₆	V ₀	-V ₇	V ₂	-V ₇	V ₁	-V ₈	V ₃	-V ₈	V ₂	-V ₉	V ₄	V ₉	V ₃	-V ₁₀	V ₅	-V ₁₀	V ₄	-V ₁₁

Tabla 5

C_0	C_6	C_5	C_{11}	C_{10}	C_4	C_3	C_9	C_8	C_2	C_1	C_7
V_0	$-V_6$	V_1	$-V_7$	V_2	$-V_8$	V_3	$-V_9$	V_4	$-V_{10}$	V_5	$-V_{11}$
$-V_5$	V_{11}	$-V_6$	V_0	$-V_7$	V_1	$-V_8$	V_2	$-V_9$	V_3	$-V_{10}$	V_4

Tabla 6

Número de células múltiplo de 4																				
N	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉
4	1	-2	-3	4	2	-3	-4	1												
8	1	-4	-5	8	2	-5	-6	1	3	-6	-7	2	4	-7	-8	3				
12	1	-6	-7	12	2	-7	-8	1	3	-8	-9	2	4	-9	-10	3	5	-10	-11	4
16	1	-8	-9	16	2	-9	-10	1	3	-10	-11	2	4	-11	-12	3	5	-12	-13	4
20	1	-10	-11	20	2	-11	-12	1	3	-12	-13	2	4	-13	-14	3	5	-14	-15	4

Tabla 7

Número de células impares																			
N	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈
5	1	-3	-3	5	-2	-2	4	4	-1										
7	1	-4	-4	7	-3	-3	6	6	-2	-2	5	5	-1						
9	1	-5	-5	9	-4	-4	8	8	-3	-3	7	7	-2	-2	6	6	-1		
11	1	-6	-6	11	-5	-5	10	10	-4	-4	9	9	-3	-3	8	8	-2	-2	7
13	1	-7	-7	13	-6	-6	12	12	-5	-5	11	11	-4	-4	10	10	-3	-3	9
15	1	-8	-8	15	-7	-7	14	14	-6	-6	13	13	-5	-5	12	12	-4	-4	11
17	1	-9	-9	17	-8	-8	16	16	-7	-7	15	15	-6	-6	14	14	-5	-5	13
19	1	-10	-10	19	-9	-9	18	18	-8	-8	17	17	-7	-7	16	16	-6	-6	15

5

Tabla 8

C ₀		C ₆		C ₅		C ₁₁		C ₁₀		C ₄		C ₃		C ₉		C ₈		C ₂		C ₁		C ₇	
V ₀	-V ₅	-V ₆	V ₁₁	-V ₁	V ₆	V ₇	-V ₀	V ₂	-V ₇	-V ₈	V ₁	-V ₃	V ₈	V ₉	-V ₂	V ₄	-V ₉	-V ₁₀	V ₃	-V ₅	V ₁₀	V ₁₁	-V ₄

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de alimentación de un acoplador magnético que se puede descomponer en al menos cuatro células magnéticas elementales, cada célula comprendiendo:

- 5 – un núcleo magnético (n_i) apropiado para formar un único circuito magnético cerrado anular, este núcleo comprende, para ello, de al menos tres barros magnéticos no colineales por medio de los cuales se establece el circuito magnético cerrado (E_i), al menos dos de estos barros presentando, cada uno, una cara plana orientada hacia el exterior de la célula y las líneas de campo del circuito magnético cerrado en el interior de estos barros siendo paralelas a las caras planas;
- 10 – una o varias bobinas (62, 64 ; 76), cada una de estas bobinas estando devanada alrededor de un barrote del núcleo magnético, de tal modo que se dejen al menos los dos barros con una cara plana, libre de cualquier bobinado; y
- 15 – las células elementales se unen de dos en dos por medio de sus caras planas respectivas de tal modo que se formen unos pares de primeras y de segundas células acopladas magnéticamente entre sí,

este procedimiento consistiendo en alimentar (48) este acoplador magnético utilizando N tensiones o corrientes de alimentación periódicas separadas angularmente entre sí, las distancias angulares entre las N tensiones o corrientes de alimentación que se utilizan distribuyéndose de manera uniforme entre 0 y 2π rad, N siendo un número entero superior o igual a cuatro y 2π rad representando un periodo de la tensión o de la corriente periódica, y en:

- a) alimentar la o cada bobina de la primera célula con, respectivamente, una de las tensiones o corrientes de alimentación de tal modo que se produzca un flujo magnético en el barrote de la primera célula unido con la segunda célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_i ; y
- 25 b) alimentar la o cada bobina de la segunda con, respectivamente, una de las tensiones o corrientes de alimentación de tal modo que se produzca un flujo magnético en el barrote de la segunda célula unida a la primera célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_j ,

que se caracteriza porque el valor absoluto de la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j es

30 superior o igual a $\frac{4\pi}{N}$ rad.

2. Procedimiento de alimentación de un acoplador magnético que se puede descomponer en al menos cuatro células magnéticas elementales, cada célula comprende:

- 35 – un núcleo magnético (n_i) apropiado para formar únicamente un primer y un segundo circuitos magnéticos cerrados (E_{H1} , E_{S1}) anulares que tienen una porción común, este núcleo comprende un barrote magnético central (B_{C1}) por medio del cual se establece la porción común a los dos circuitos magnéticos cerrados, y de al menos dos barros (B_{11} , B_{S1}) no colineales que presentan, cada uno, una cara plana (F_{11} , F_{S1}) orientada hacia el exterior de la célula y las líneas de campo del primer o del segundo circuito magnético cerrado en el interior de estos barros siendo paralelas a su cara plana;
- 40 – una o varias bobinas, cada una de estas bobinas estando devanada devanándose alrededor del barrote central de tal modo que se dejen al menos los dos barros con una cara plana, libre de cualquier bobinado; y

45 las células elementales se unen de dos en dos por medio de sus caras planas respectivas de tal modo que se formen unos pares de primeras y de segundas células acopladas magnéticamente el procedimiento consistiendo en alimentar (48) este acoplador magnético utilizando N tensiones o corrientes de alimentación periódicas separadas angularmente entre sí, las distancias angulares entre las N tensiones o corrientes de alimentación que se utilizan distribuyéndose de manera uniforme entre 0 y 2π rad, N siendo un número entero superior o igual a cuatro y 2π rad representando un periodo de la tensión o de la corriente periódica, y en:

- a) alimentar la o cada bobina de cada primera célula con, respectivamente, una de las tensiones

o corrientes de alimentación de tal modo que se produzca un flujo magnético en el barrote de la primera célula unida a la segunda célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_i ; y

- 5 b) alimentar la o cada bobina de la segunda célula con, respectivamente, una de las tensiones o corrientes de alimentación de tal modo que se produzca un flujo magnético en el barrote de la segunda célula unida a la primera célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_j ,

que se caracteriza porque el valor absoluto de la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j es

$$\text{superior a } \frac{4\pi}{N} \text{ rad.}$$

- 10 3. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el valor absoluto de la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j está comprendido entre $\pi - \frac{2\pi}{N}$ rad y $\pi + \frac{2\pi}{N}$ rad para cada par de células.

4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada bobina de una célula se conectada en serie con al menos otra bobina de otra célula.

- 15 5. Dispositivo de alimentación de un dipolo eléctrico que comprende:

- una fuente (16 ; 126 ; 142) de alimentación con N fases, las distancias angulares entre las fases estando distribuidas de manera uniforme entre 0 y 2π rad, N siendo un número entero superior o igual a cuatro y 2π rad representando un periodo de la tensión o de la corriente periódica;
- un acoplador magnético (72) que se puede descomponer en al menos cuatro células magnéticas elementales, cada célula comprende:

- un núcleo magnético (n_i) apropiado para formar un único circuito magnético cerrado anular, este núcleo comprende, para ello, de al menos tres barros magnéticos no colineales por medio de los cuales se establece el circuito magnético cerrado (E_i), al menos dos de estos barros presentando, cada uno, una cara plana orientada hacia el exterior de la célula y las líneas de campo del circuito magnético cerrado en el interior de estos barros siendo paralelas a las caras planas;
- una o varias bobinas (62, 64 ; 76), cada una de estas bobinas estando devanadas alrededor de un barrote del núcleo magnético de tal modo que se dejen al menos los dos barros con una cara plana, libres de cualquier bobinado; y
- las células elementales se unen de dos en dos por medio de sus caras planas respectivas de tal modo que se formen unos pares de primeras y de segundas células acopladas magnéticamente entre sí,

en el que:

- a) la o cada bobina (e_{1i} , e_{2i}) de la primera célula está conectada con una fase respectiva de la fuente de alimentación de tal modo que se produzca, durante el funcionamiento, un flujo magnético en el barrote de la primera célula unida a la segunda célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_i ; y
- b) la o cada bobina (e_{1i+1} , e_{2i+1}) de la segunda célula está conectada a una fase respectiva de la fuente de alimentación de tal modo que se produzca, durante el funcionamiento, un flujo magnético en el barrote de la segunda célula unida a la primera célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_j ,

que se caracteriza porque el valor absoluto de la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j es

$$\text{superior a } \frac{4\pi}{N} \text{ rad.}$$

6. Dispositivo de alimentación de un dipolo eléctrico que consta de:

- una fuente de alimentación (16 ; 126 ; 142) con N fases, las distancias angulares entre las fases estando distribuidas de manera uniforme entre 0 y 2π rad, N siendo un número entero superior o igual a cuatro y 2π

rad representando un periodo de la tensión o de la corriente periódica;

- un acoplador magnético (18 ; 50 ; 92 ; 128 ; 148) que se puede descomponer en al menos cuatro células magnéticas elementales, cada célula comprende:

- 5 • un núcleo magnético (n_i) apropiado para formar únicamente un primer y un segundo circuitos magnéticos cerrados (E_{Hi} , E_{Bi}) anulares que tienen una porción común, este núcleo comprende un barrote magnético central (B_{Ci}) por medio del cual se establece la porción común a los dos circuitos magnéticos cerrados, y al menos dos barros (B_{1i} , B_{5i}) no colineales presentando, cada uno, una cara plana (F_{1i} , F_{5i}) orientada hacia el exterior de la célula y las líneas de campo del primer o del segundo circuito magnético cerrado en el interior de estos barros siendo paralelas a su cara plana;
- 10 • una o varias bobinas, cada una de estas bobinas estando devanada alrededor del barrote central, de tal modo que se dejen al menos los dos barros con una cara plana, libre de cualquier bobinado; y
- 15 • las células elementales se unen de dos en dos por medio de sus caras planas respectivas, de tal modo que se formen unos pares de primeras y de segundas células acopladas magnéticamente entre sí,

en el que:

- 20 a) la o cada bobina (e_{1i} , e_{2i}) de la primera célula está conectada a una fase respectiva de la fuente de alimentación, de tal modo que se produzca, durante el funcionamiento, un flujo magnético en el barrote de la primera célula unida a la segunda célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_i ; y
- 25 b) la o cada bobina (e'_{1i} , e'_{2i}) de la segunda célula está conectada a una fase respectiva de la fuente de alimentación, de tal modo que se produzca, durante el funcionamiento, un flujo magnético en el barrote de la segunda célula unida a la primera célula, cuya componente fundamental presenta una distancia angular x_j ,

que se caracteriza porque el valor absoluto de la diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j es

$$\text{superior a } \frac{4\pi}{N} \text{ rad.}$$

7. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, en el que el valor absoluto de la

diferencia entre las distancias angulares x_i y x_j está comprendido entre $\pi - \frac{2\pi}{N}$ y $\pi - \frac{2\pi}{N}$ para cada célula.

30 8. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que cada bobina de la segunda célula se deduce de la bobina correspondiente de la primera célula por una simetría axial a lo largo de un eje colineal en las caras unidas.

35 9. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que cada célula comprende al menos una primera y una segunda bobinas (e_{1i} , e_{2i}) devanadas en direcciones contrarias entre sí alrededor del mismo barrote.

10. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que cada célula comprende una primera y una segunda bobinas (e_{1i} , e_{2i}), la primera bobina y la segunda bobina estando conectadas a unas fases respectivas de la fuente de alimentación de tal modo que, durante el funcionamiento, el desfase angular entre las

tensiones de alimentación de cada una de estas bobinas esté comprendido entre $\pi - \frac{2\pi}{N}$ y $\pi + \frac{2\pi}{N}$.

40

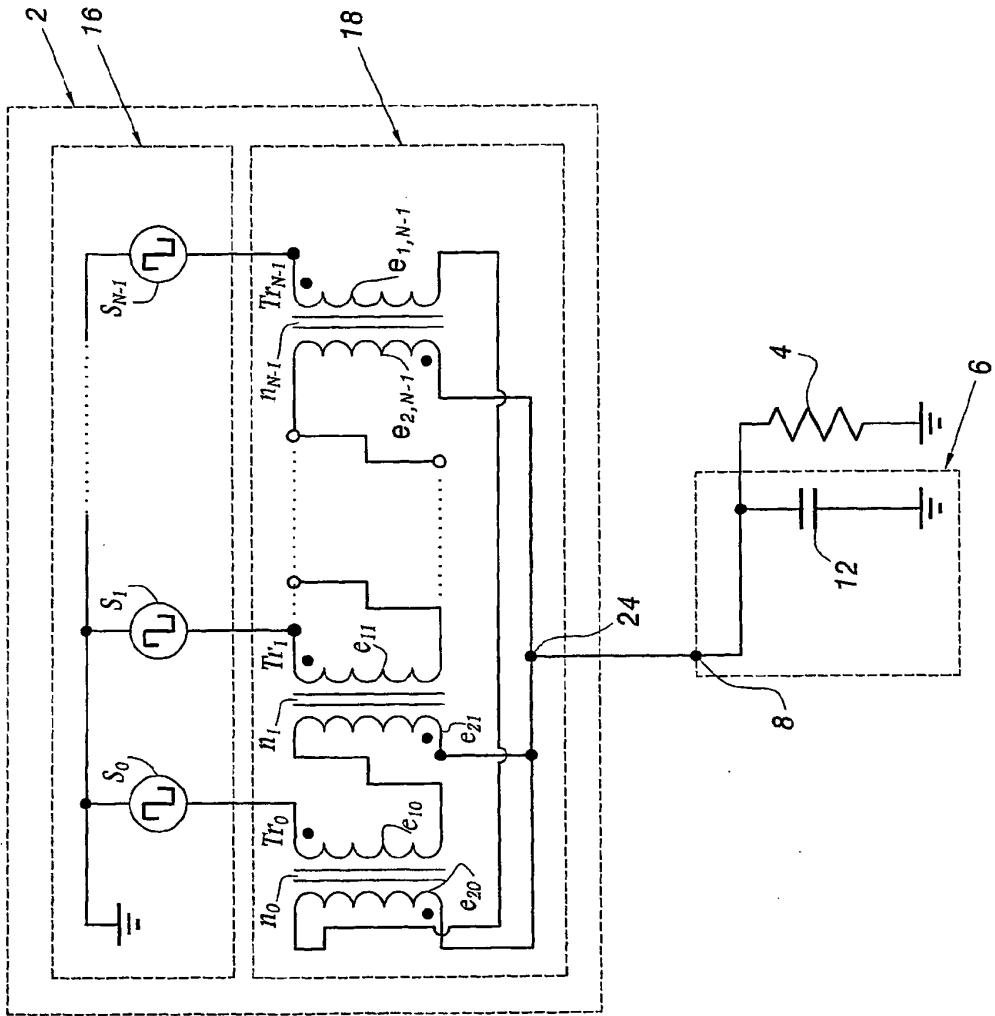


Fig. 1

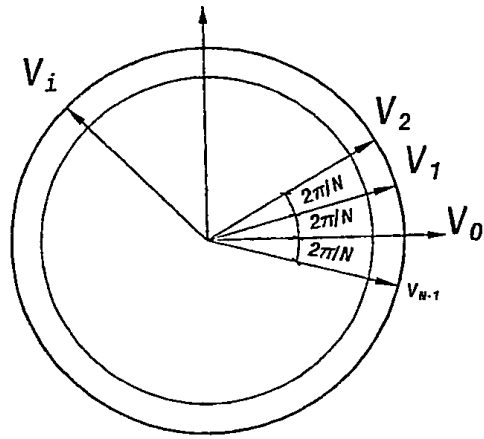


Fig. 2

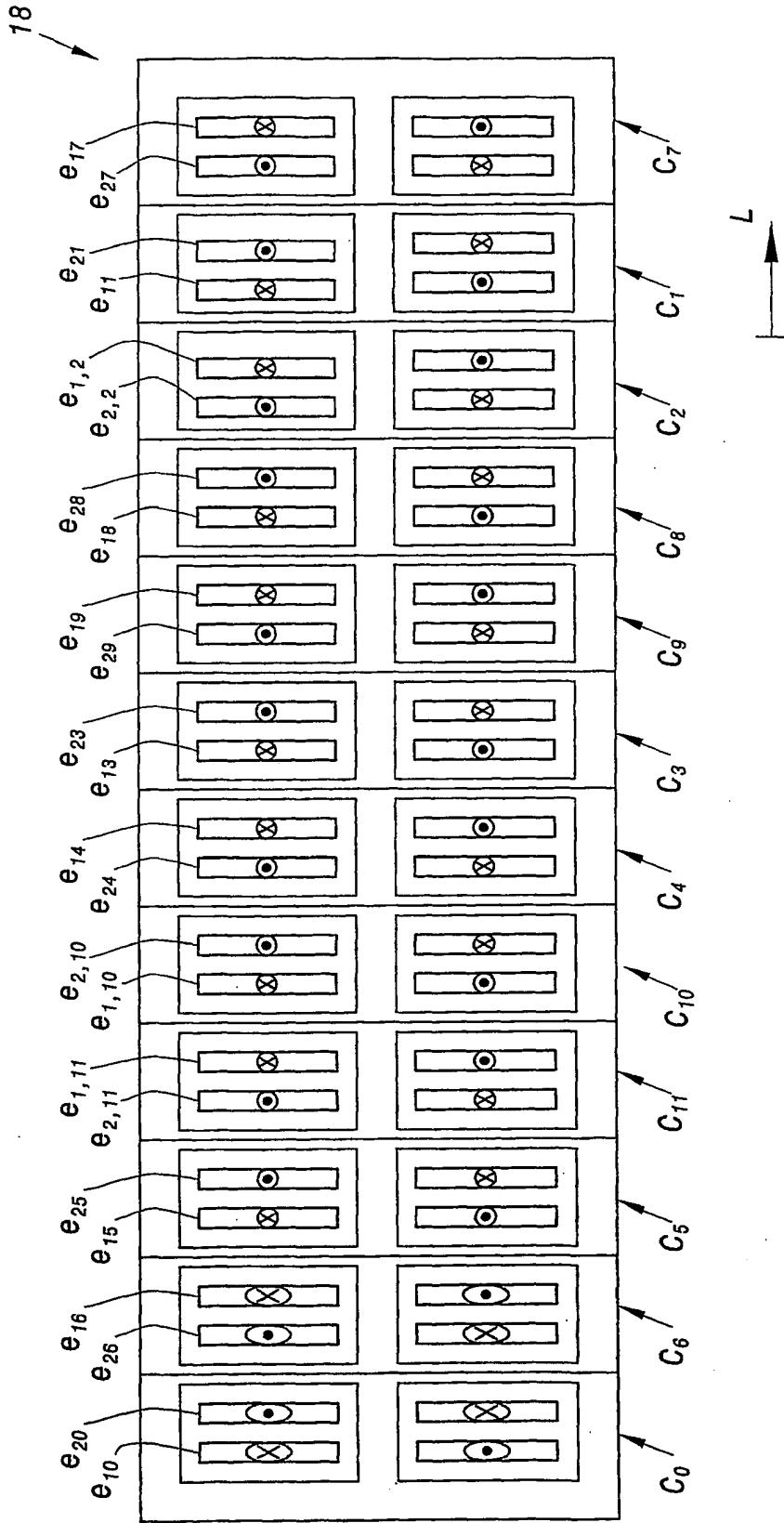


Fig.3

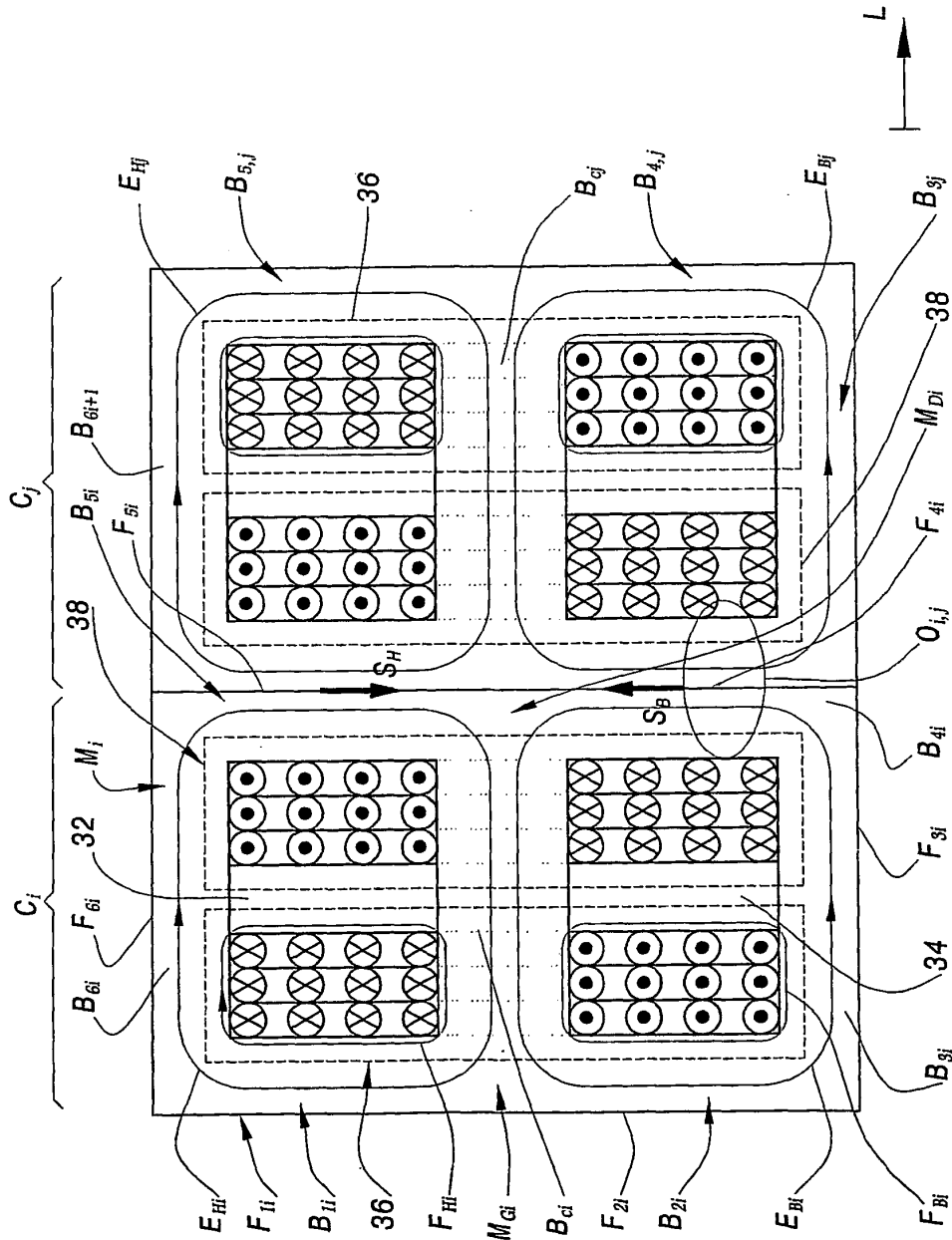


Fig.4

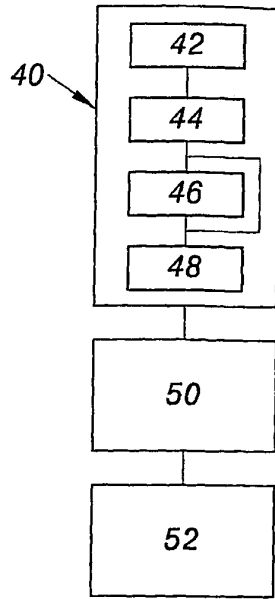


Fig.5

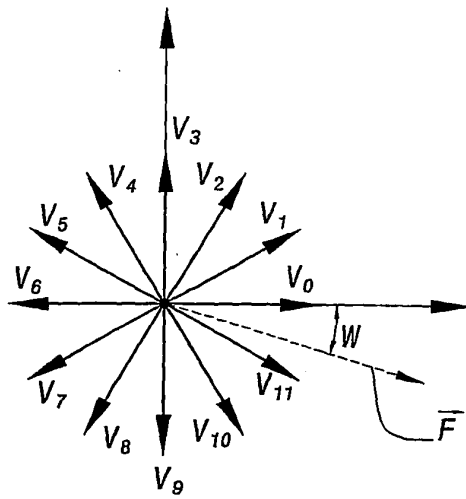


Fig.6

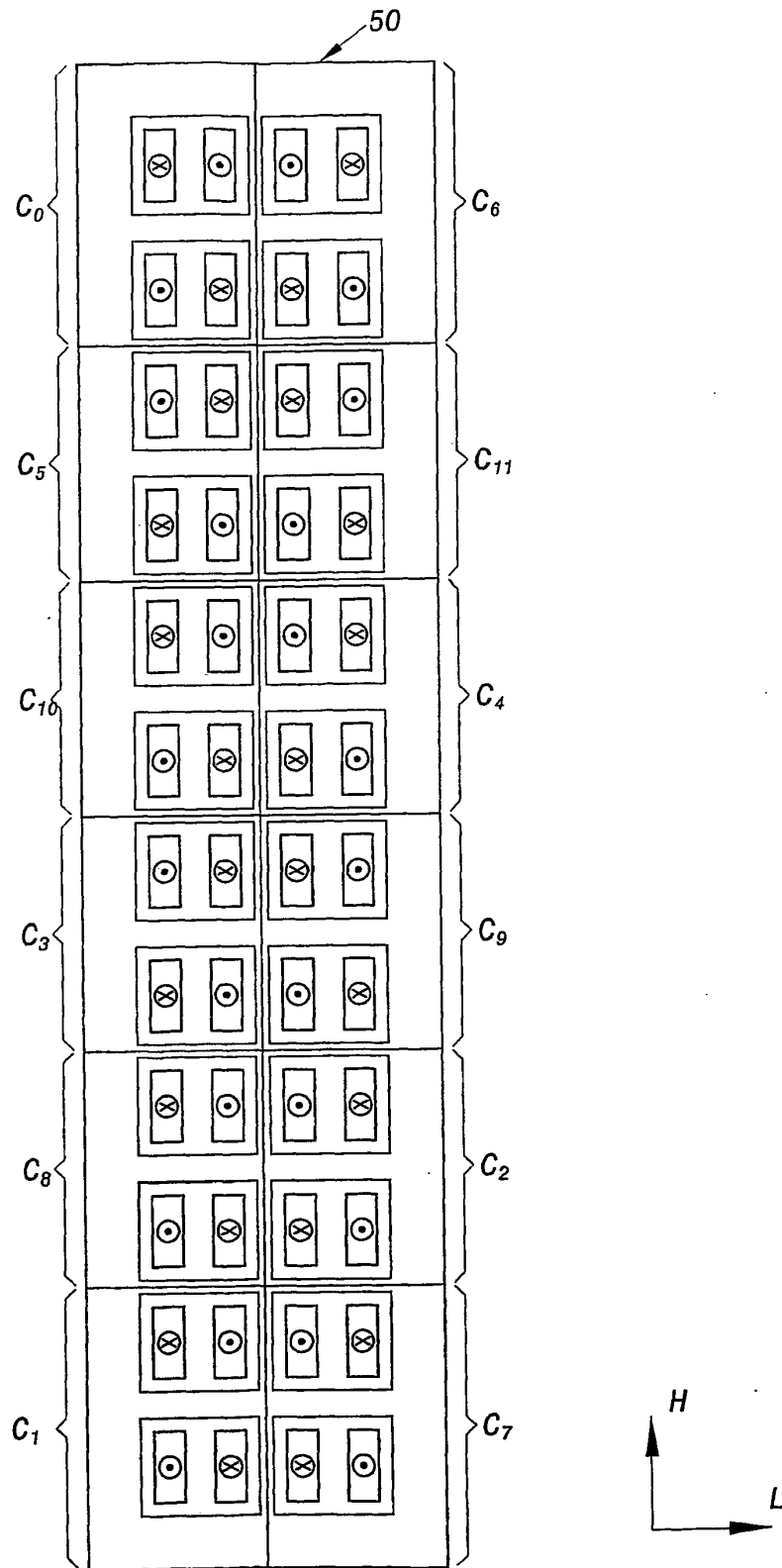


Fig. 7

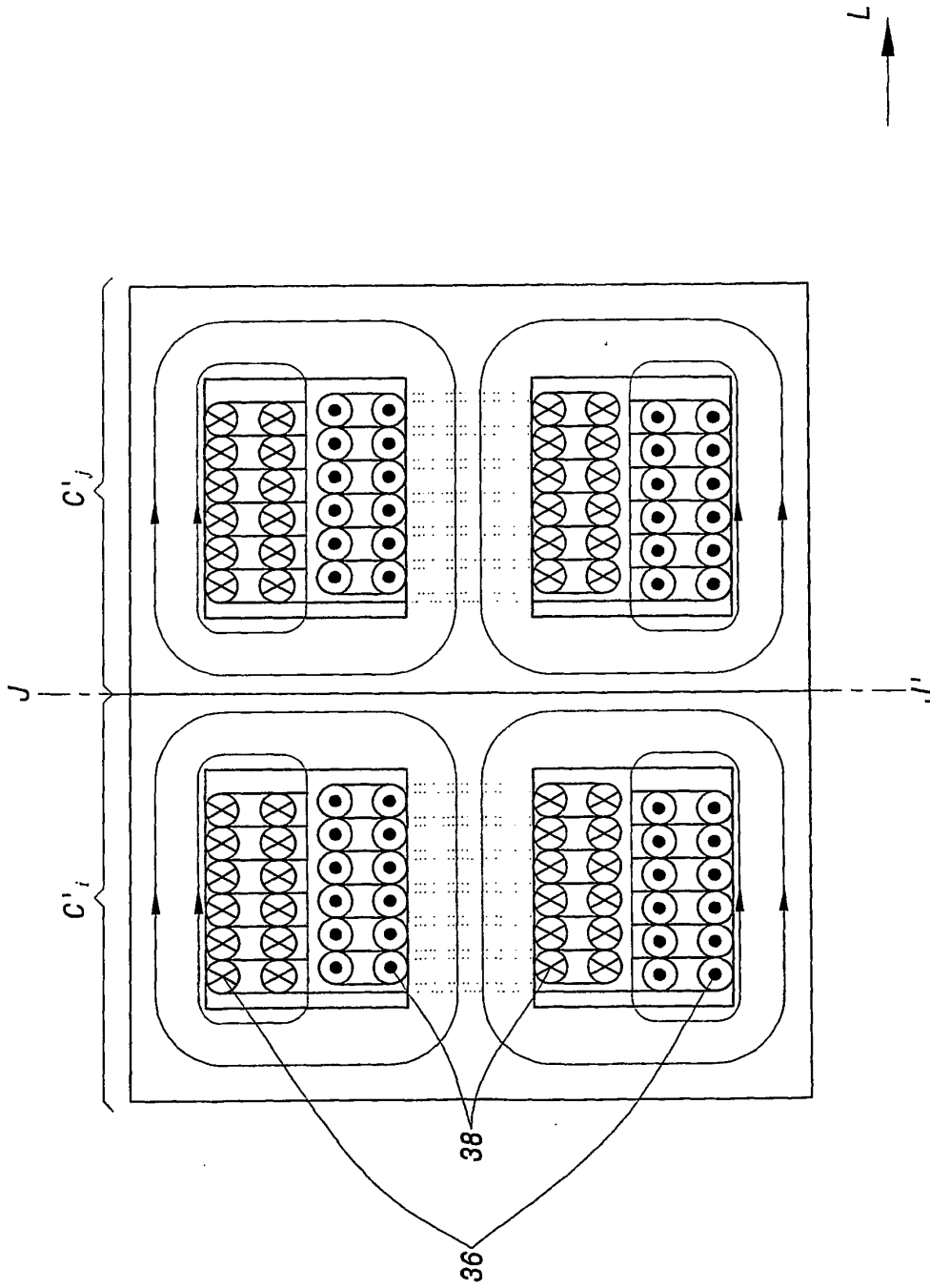


Fig.8

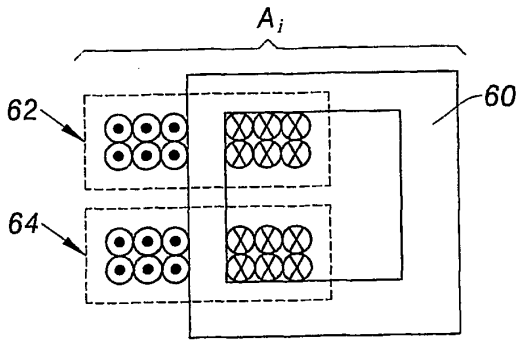


Fig. 9

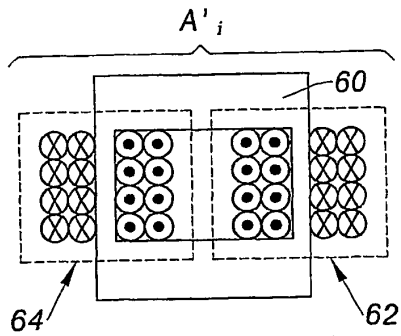


Fig. 10

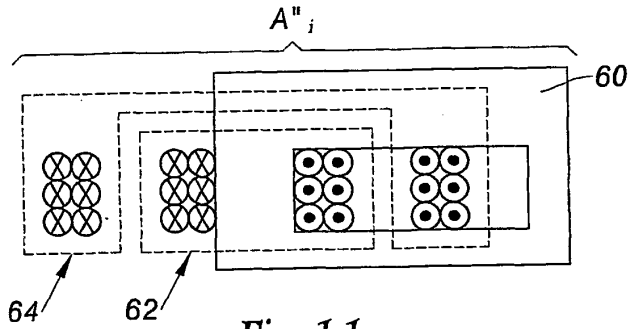


Fig. 11

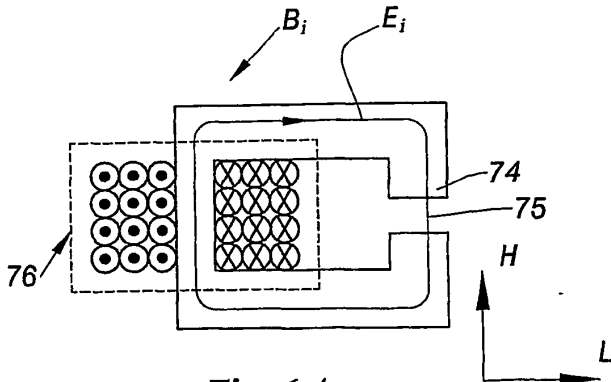


Fig. 14

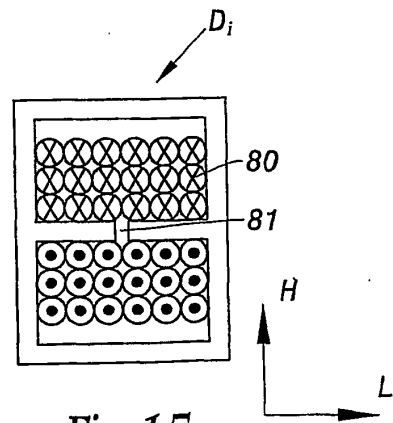


Fig. 15

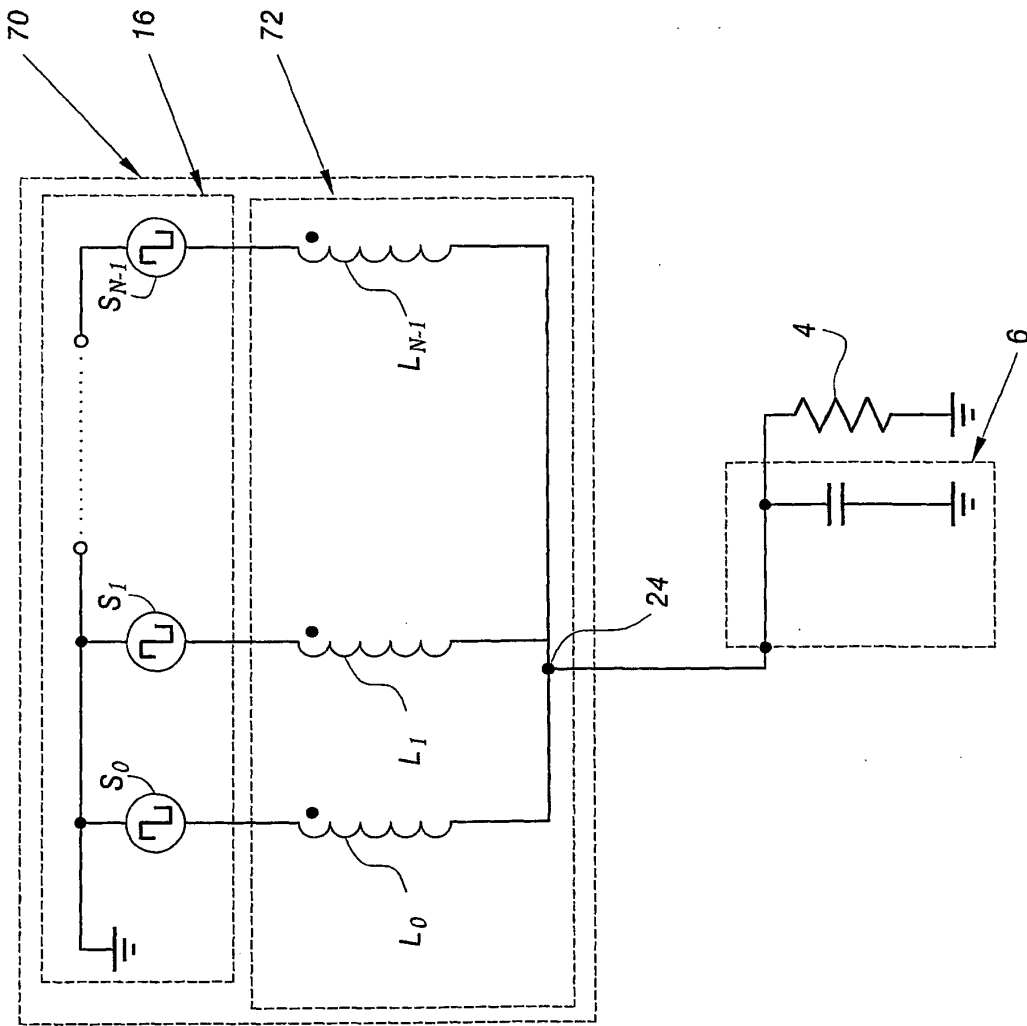


Fig.12

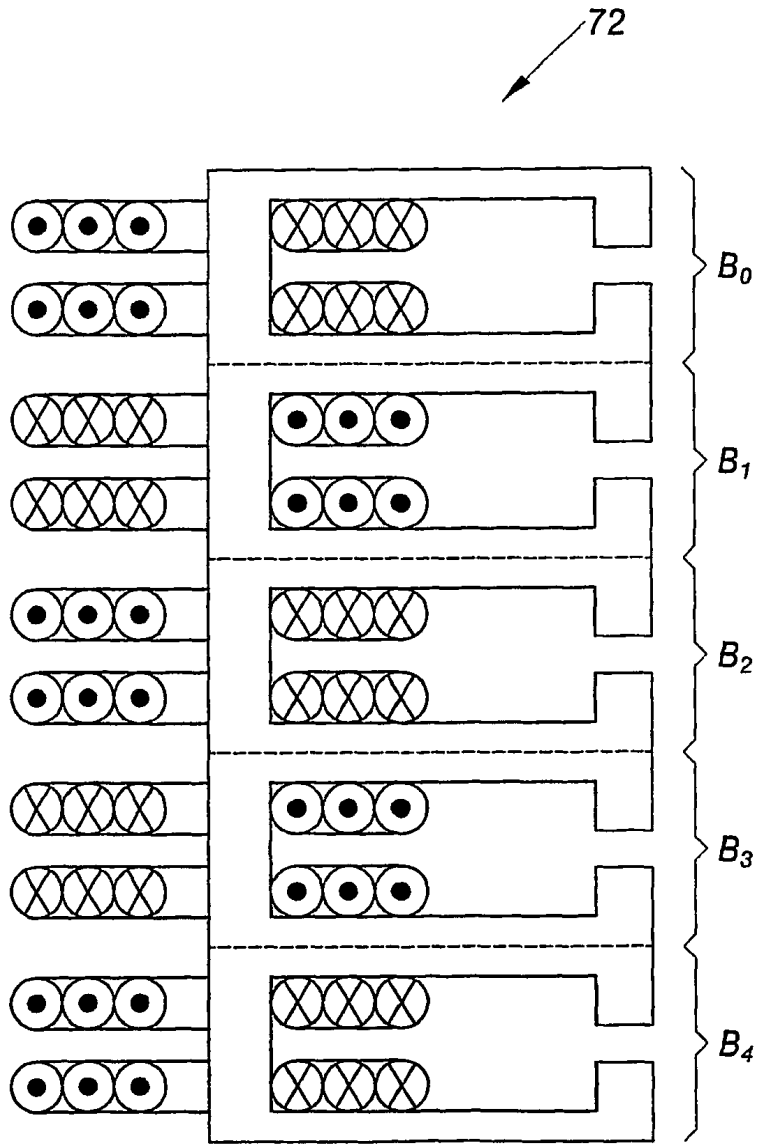


Fig. 13

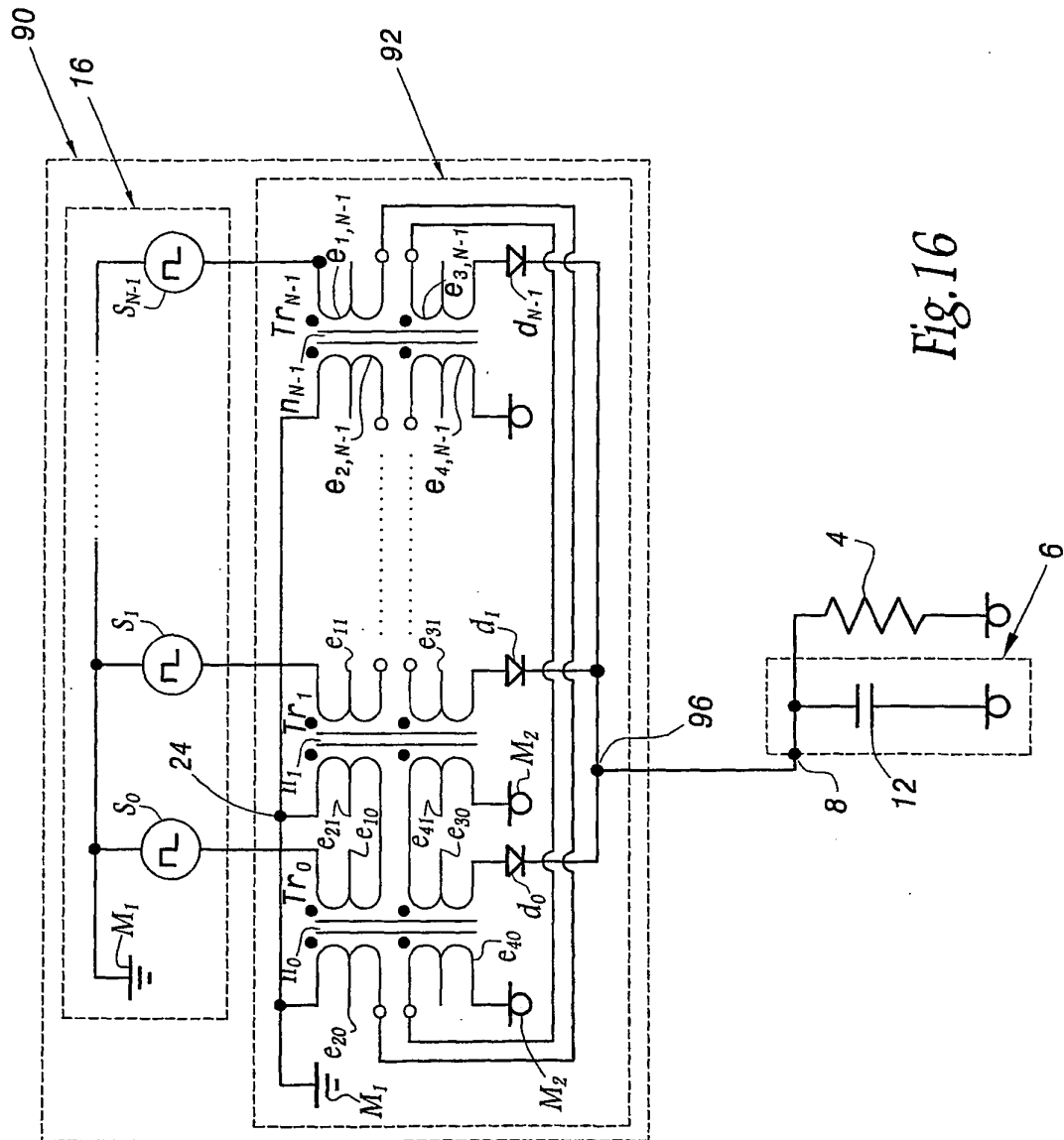


Fig. 16

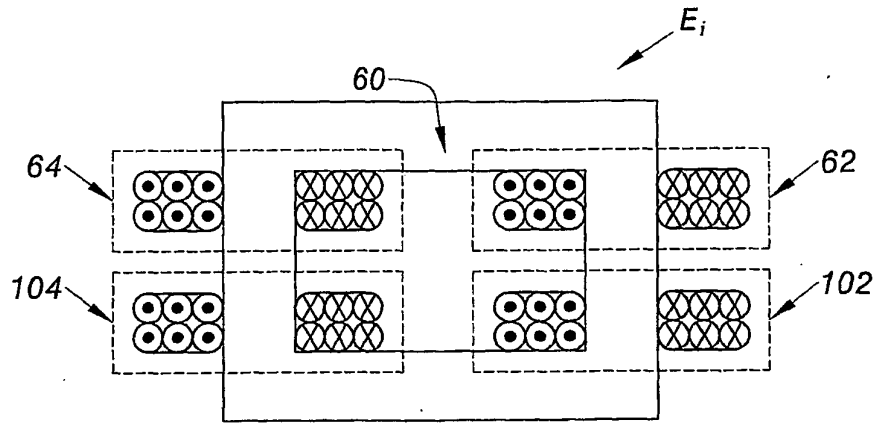


Fig. 17

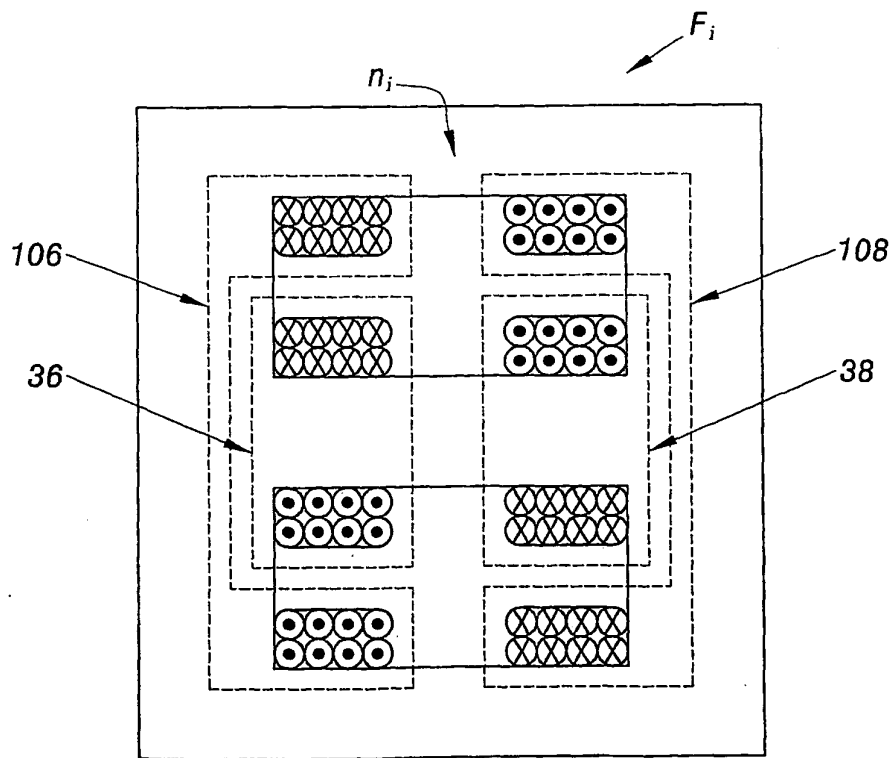


Fig. 18

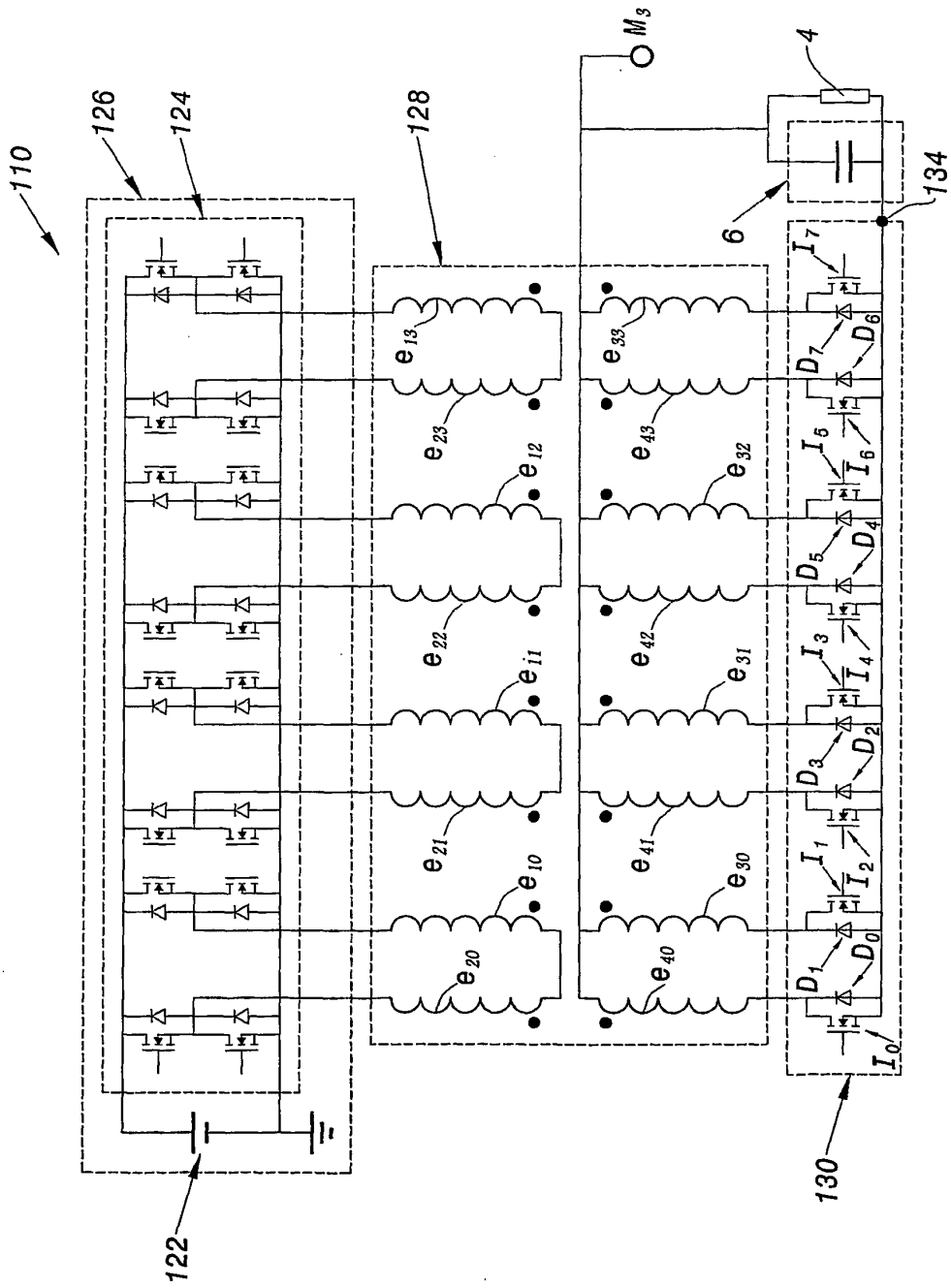


Fig. 19

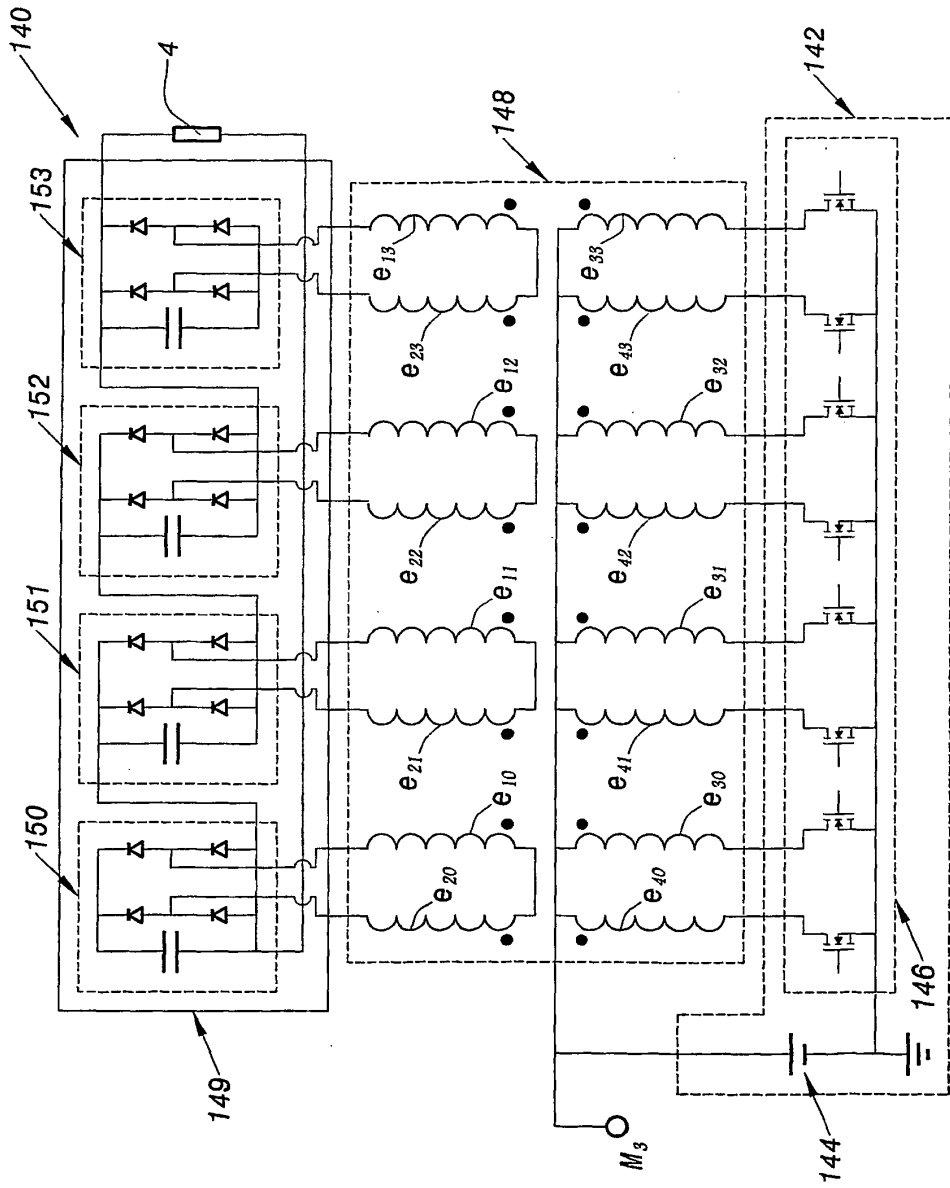


Fig. 20