

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 576 354**

51 Int. Cl.:

H01F 30/14 (2006.01)

H02M 5/14 (2006.01)

H01F 38/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2013 E 13725416 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2847773**

54 Título: **Transformador giratorio trifásico-difásico**

30 Prioridad:

10.05.2012 FR 1254294

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

07.07.2016

73 Titular/es:

**LABINAL POWER SYSTEMS (100.0%)
36 rue Raymond Grimaud, BP 10016
31700 Blagnac, FR**

72 Inventor/es:

DUVAL, CÉDRIC

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 576 354 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

Transformador giratorio trifásico-difásico

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere al ámbito general de los transformadores. En particular, la invención concierne a un transformador trifásico-difásico giratorio.

En ciertas situaciones, puede considerarse necesario transferir energía de modo equilibrado de una fuente trifásica hacia una fuente difásica. Existen transformadores fijos trifásicos-difásicos, especialmente uno conocido con el nombre de montaje Scott y otro conocido con el nombre de montaje Leblanc. Sin embargo, no existe transformador giratorio trifásico-difásico.

10 Para realizar esta función, una solución consiste en utilizar un transformador fijo trifásico-difásico y dos transformadores giratorios monofásicos, véase el documento FR-2 953 321. Otra solución consiste en utilizar tres transformadores giratorios monofásicos con una conexión Leblanc.

Estas dos soluciones necesitan sin embargo una masa y un volumen importantes. Además, en el primer caso, se encuentran problemas de llegada de corriente durante la puesta bajo tensión y de alimentación residual

15 Existe por tanto una necesidad de una solución mejorada que permita transferir energía de modo equilibrado de una fuente trifásica hacia una fuente difásica.

Objeto y resumen de la presente invención

La invención propone un transformador giratorio trifásico-difásico que comprende una parte trifásica y una parte difásica móviles en rotación alrededor de un eje A una con respecto a la otra,

20 comprendiendo la parte trifásica un primer cuerpo de material ferromagnético y bobinas trifásicas, comprendiendo la parte difásica un segundo cuerpo de material ferromagnético y bobinas difásicas,

delimitando el segundo cuerpo una primera ranura anular de eje A y una segunda ranura anular de eje A, estando delimitada la primera ranura por un primer montante lateral, un montante central y una corona, estando delimitada la segunda ranura por el montante central, un segundo montante lateral y la corona,

25 comprendiendo las bobinas difásicas una primera bobina tórica de eje A en la primera ranura, una segunda bobina tórica de eje A en la primera ranura, una tercera bobina tórica de eje A en la segunda ranura y una cuarta bobina tórica de eje A en la segunda ranura, estando la primera bobina y la cuarta bobina unidas en serie, estando la segunda bobina y la tercera bobina unidas en serie,

30 en el cual, habida cuenta de los sentidos de enrollamiento y del sentido de conexión de las bobinas, una corriente que circula por la primera bobina y la cuarta bobina corresponde, para la primera bobina, a un primer potencial magnético y, para la cuarta bobina, a un segundo potencial magnético opuesto al primer potencial magnético, y una corriente que circula por la segunda bobina y la tercera bobina corresponde, para la segunda bobina, a un tercer potencial magnético y, para la tercera bobina, a un cuarto potencial magnético opuesto al segundo potencial magnético.

35 Así, la conversión trifásico-difásico y el paso entre dos referencias giratorias una con respecto a la otra son realizados por el mismo transformador giratorio trifásico-difásico. Este transformador presenta un volumen y una masa limitadas.

Ventajosamente, la primera bobina y la tercera bobina presentan cada una un número de vueltas n_a , presentando la segunda bobina y la cuarta bobina cada una un número de vueltas n_b , con $n_a = (2 + \sqrt{3}) n_b$.

40 En este caso, el transformador permite una transferencia trifásico-difásico equilibrada.

De acuerdo con un modo de realización, la parte trifásica rodea a la parte difásica con respecto al eje A o inversamente. Esto corresponde a una realización de un transformador denominada « en U ».

La parte trifásica y la parte difásica pueden estar situadas una al lado de la otra en la dirección del eje A. Esto corresponde a una realización de un transformador denominada « en E » o « en Pot ».

45 De acuerdo con un modo de realización, el primer cuerpo y el segundo cuerpo de material magnético rodean completamente a las bobinas trifásicas y a las bobinas difásicas. En este caso, el transformador está blindado magnéticamente.

De acuerdo con un modo de realización, el primer cuerpo delimita una tercera ranura anular de eje A y una cuarta ranura anular de eje A, estando delimitada la tercera ranura por un tercer montante lateral, un segundo montante

central y una segunda corona, estando delimitada la cuarta ranura por el segundo montante central, un cuarto montante lateral y la segunda corona, comprendiendo las bobinas trifásicas una quinta bobina tórica de eje A en la tercera ranura, una sexta bobina tórica de eje A en la tercera ranura, una séptima bobina tórica de eje A en la cuarta ranura y una octava bobina tórica de eje A en la cuarta ranura, estando la sexta bobina y la séptima bobina unidas en serie.

5 En este caso, la parte trifásica presenta una topología que contribuye a limitar el volumen y la masa del transformador. Además, el transformador puede ser realizado únicamente a partir de bobinas tóricas y por tanto no necesita bobinas de forma más compleja.

10 De acuerdo con un modo de realización, la parte difásica comprende además al menos un conjunto de bobinas trifásicas. De manera conocida, un transformador puede comprender varios secundarios. En este caso, la utilización de un secundario difásico equilibrado y de al menos un secundario trifásico permite una transferencia equilibrada hacia un número cualquiera de fuentes.

Breve descripción de los dibujos

15 Otras características y ventajas de la presente invención se deducirán de la descripción hecha seguidamente, refiriéndose a los dibujos anejos que ilustran ejemplos de realización de la misma, desprovistos de cualquier carácter limitativo. En las figuras:

- la figura 1 es una vista en corte de un transformador giratorio trifásico-difásico blindado magnéticamente, con flujos asociados forzados, de acuerdo con un primer modo de realización de la invención,

20 - la figura 2 es una vista en perspectiva en despiece ordenado del circuito magnético del transformador de la figura 1,

- las figuras 3A a 3E son esquemas eléctricos que representan varias variantes de conexión de las bobinas del transformador de la figura 1,

- las figuras 4A a 4C representan cada una un detalle de la figura 1, según diferentes variantes de posicionamiento de las bobinas,

25 - la figura 5 es una vista en corte de un transformador giratorio trifásico-difásico blindado magnéticamente, de flujos asociados forzados, de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención, y

- la figura 6 es una vista en perspectiva en despiece ordenado del circuito magnético del transformador de la figura 5.

Descripción detallada de modos de realización

30 La figura 1 es una vista en corte de un transformador 10 de acuerdo con un primer modo de realización de la invención. El transformador 10 es un transformador giratorio trifásico-difásico blindado magnéticamente, con flujos asociados forzados.

35 El transformador 10 comprende una parte 11 trifásica y una parte 12 difásica aptas para girar alrededor de un eje A una con respecto a la otra. La parte 11 es por ejemplo un estátor y la parte 12 un rotor, o inversamente, la parte 11 y la parte 12 son ambas móviles en rotación con respecto a un sistema de referencia fijo no representado.

40 La parte 12 comprende una corona 13 de eje A y tres montantes 14, 15, y 16 de material ferromagnético. Cada uno de los montantes 14, 15 y 16 se extiende radialmente a distancia del eje A, a partir de la corona 13. El montante 14 se encuentra en una extremidad de la corona 13. El montante 16 se encuentra en otra extremidad de la corona 13, y el montante 15 se encuentra entre los montantes 14 y 16. La corona 13 y los montantes 14 y 15 delimitan una ranura 34 anular abierta radialmente hacia el exterior. La corona 13 y los montantes 15 y 16 delimitan una ranura 35 anular abierta radialmente hacia el exterior. De manera general, la corona 13 y los montantes 14, 15 y 16 forman un cuerpo de material ferromagnético que delimita dos ranuras 34 y 35 anulares abiertas radialmente hacia el exterior.

45 La parte 11 comprende una corona 17 de eje A y tres montantes 18, 19 y 20 de material ferromagnético. La corona 17 rodea a la corona 13. Cada uno de los montantes 18, 19 y 20 se extiende radialmente hacia el eje A, a partir de la corona 17. El montante 18 se encuentra en una extremidad de la corona 17, el montante 20 se encuentra en otra extremidad de la corona 17, y el montante 19 se encuentra entre los montantes 18 y 20. La corona 17 y los montantes 18 y 19 delimitan una ranura 22 anular abierta radialmente hacia el interior. La corona 17 y los montantes 19 y 20 delimitan una ranura 23 anular abierta radialmente hacia el interior. De manera general, la corona 17 y los montantes 18, 19 y 20 forman un cuerpo de material ferromagnético que delimita dos ranuras 22 y 23 anulares abiertas radialmente hacia el interior.

50 Los montantes 14 y 18, respectivamente 15 y 19 así como 16 y 20 están uno enfrente del otro delimitando un entrehierro 21, y forman así columnas del transformador 10.

Las coronas 13 y 17 así como los montantes 14 a 16 y 18 a 20 forman un circuito magnético del transformador 10. El transformador 10 es por tanto un transformador de tres columnas. De modo más preciso, el circuito magnético del transformador 10 comprende una primera columna (correspondiente a los montantes 14 y 18), una segunda columna (correspondiente a los montantes 15 y 19) y una tercera columna (correspondiente a los montantes 16 y 20). La figura 2 es una vista en perspectiva en despiece ordenado que representa el circuito magnético del transformador 10.

Refiriéndose de nuevo a la figura 1, la parte 11 trifásica comprende bobinas 24, 25, 26 y 27 y la parte 12 difásica comprende bobinas 28, 29, 30 y 31. En lo que sigue, se utilizan las notaciones p y s refiriéndose a una utilización en la cual las bobinas 24 a 27 son las bobinas primarias del transformador 10 y las bobinas 28 a 31 son las bobinas secundarias del transformador 10. Sin embargo, primario y secundario pueden naturalmente estar invertidos con respecto al ejemplo descrito.

La bobina 24 es una bobina tórica de eje A correspondiente a una fase Up del transformador 10. La misma se encuentra en la ranura 22. La bobina 25 es una bobina tórica de eje A y se encuentra en la ranura 22. La bobina 26 es una bobina tórica de eje A, se encuentra en la ranura 23, y está unida en serie a la bobina 25. Las bobinas 25 y 26 corresponden a una fase Vp del transformador 10. Finalmente, la bobina 27 es una bobina tórica de eje A correspondiente a una fase Wp del transformador 10. La misma se encuentra en la ranura 23, Cada una de las bobinas 24 a 27 presentan n_1 vueltas.

Por bobina tórica de eje A, se entiende una bobina cuyas vueltas están enrolladas alrededor del eje A. El término « tórica » no es utilizado aquí en el sentido limitativo que hace referencia a un sólido generado por la rotación de un círculo alrededor de un eje. Al contrario, como en los ejemplos representados, la sección de una bobina tórica puede ser en particular rectangular.

La bobina 28 es una bobina tórica de eje A que se encuentra en la ranura 34. La bobina 29 es una bobina tórica de eje A y se encuentra en la ranura 34. La bobina 30 es una bobina tórica de eje A y se encuentra en la ranura 35. Finalmente, la bobina 31 es una bobina tórica de eje A que se encuentra en la ranura 35. La bobina 28 y la bobina 30 están unidas en serie y corresponden a una fase V_1 de la parte 12 difásica. De manera correspondiente, la bobina 29 y la bobina 31 están unidas en serie y corresponden a una fase V_2 de la parte 12 difásica.

Las bobinas 24, 25, 28 y 29 rodean a un núcleo magnético 32 situado en la corona 13. Por « núcleo magnético », se entiende una parte del circuito magnético en la cual el flujo del mismo sentido creado por una bobina es el más importante. Las corrientes que circulan por las bobinas 24 y 25 corresponde por tanto a potenciales magnéticos en el núcleo magnético 32. De manera correspondiente, las bobinas 26, 27, 30 y 31 rodean a un núcleo magnético 33 situado en la corona 13. Las corrientes que circulan por las bobinas 26 y 27 corresponden por tanto a potenciales magnéticos en el núcleo magnético 33.

Refiriéndose a la figura 3A, se explica ahora el funcionamiento del transformador 10. A continuación y en la figura 3, se observan:

- A_p , B_p y C_p los puntos de entrada de las bobinas tóricas del transformador 10. Las fases U, V, W de la figura 1 corresponden respectivamente a las fases A, B y C de la figura 3A, pero cualquier otro tipo de correspondencia es posible,
- I_{ap} , I_{bp} e I_{cp} , las corrientes que entran respectivamente en los puntos A_p , B_p y C_p .
- V_{ap} : la tensión de la fase A de la parte 11 trifásica,
- O_{ap} , O_{bp} y O_{cp} , los puntos de conexión que permiten el conjunto de los acoplamientos eléctricos idénticos a cualquier transformador triásico fijo (estrella-estrella, estrella-triángulo, triángulo-triángulo, triángulo-estrella, zigzag...),
- Los puntos negros indican la relación entre la corriente que circula por una bobina y el sentido del potencial magnético correspondiente: Si el punto está a la izquierda del bobinado, el sentido de bobinado hace que el potencial magnético creado sea del mismo sentido que la corriente entrante (bobinado en el sentido horario). Si el punto está a la derecha del bobinado, el sentido de bobinado hace que el potencial magnético creado sea de sentido inverso con respecto a la corriente entrante (bobinado en el sentido antihorario),
- P_a , $-P_b$, P_b y P_c los potenciales magnéticos en los núcleos 32 y 33 correspondientes respectivamente a las corrientes I_{ap} , I_{bp} e I_{cp} ,
- n_a : el número de vueltas de las bobinas 29 y 30,
- n_b : el número de vueltas de las bobinas 28 y 31,
- $n_t = n_a + n_b$: el número de vueltas total de cada fase V_1 y V_2 ,
- I_{s1} , I_{s2} : las corrientes en la fase V_1 , respectivamente V_2 , de la parte 12 difásica,

- V_{s1} , V_{s2} : las tensiones de la fase V_1 , respectivamente V_2 , de la parte 12 difásica.

Gracias a los sentidos de bobinado y a la conexión en serie de las bobinas 25 y 26 representados en la figura 3A, la corriente I_{bp} corresponde, en el núcleo 32, a un potencial magnético $-P_b$ de sentido opuesto al potencial magnético P_a y, en el núcleo 33, a un potencial magnético P_b de sentido opuesto al potencial magnético P_c .

5 Las figuras 3B a 3E son esquemas similares a la figura 3A en las cuales solo está representado el primario trifásico, y representan variantes de conexión en serie y de sentido de bobinado, que permiten obtener el mismo efecto.

10 Así, el transformador 10 permite generar potenciales magnéticos P_a , P_b y P_c iguales en módulo, de sentidos opuestos en cada núcleo magnético 32 y 33 y simétricos con respecto al eje de simetría B que separa los dos núcleos magnéticos.

15 El acoplamiento magnético efectuado por el circuito magnético con las topologías de bobinado de las figuras 3A a 3E permite tener el mismo coeficiente de acoplamiento $3/2$ en los flujos creados que en un transformador trifásico con flujos forzados con respecto a un transformador monofásico. Para tener el mejor coeficiente de acoplamiento, es necesario que las reluctancias de cada columna magnética debidas principalmente al entrehierro sean iguales. De hecho, es necesario como en un transformador trifásico con flujos forzados fijo crear reluctancias equivalentes a nivel de cada columna que sean más elevadas que las del material magnético. En el caso de un transformador giratorio esto es realizado naturalmente por el entrehierro.

Las fases de la parte 11 trifásica del transformador 10 pueden ser equilibradas en inductancia y en resistencia.

20 En efecto, la inductancia de la fase formada por las bobinas 25 y 26 que tienen en total $2 \cdot n_1$ vueltas es por tanto igual a las inductancias de las otras fases de n_1 vueltas porque la geometría del circuito magnético permite anular la mitad del flujo en cada semibobina. De modo más preciso, la bobina 25 tiene el mismo número de vueltas que la bobina 24 y ve el mismo circuito magnético, lo mismo para la bobina 26 y con la bobina 27. Ahora bien, las bobinas 24 y 27 son simétricas con el mismo número de vueltas y sus inductancias son por tanto iguales. La bobina 25 está bobinada en sentido inverso de la bobina 26 y por tanto ve una anulación de la mitad de su flujo gracias a la derivación de la columna central (formada por los montantes 15 y 19) y lo mismo para la bobina 26. La inductancia global de las bobinas 25 y 26 es por tanto igual a la de las bobinas 24 y 27.

25 El equilibrado de las resistencias puede efectuarse eligiendo las secciones de los conductores de los bobinados de manera apropiada. Las secciones de las fases U y W que tienen n_1 vueltas son iguales mientras que la sección de la fase V que tiene $2 \cdot n_1$ vueltas es el doble de las precedentes. En efecto, para conservar el equilibrio de las resistencias a nivel de las fases, la que es dos veces más larga debe tener una sección doble a fin de compensar su longitud más elevada.

30 En el lado diafásico, para que los flujos estén correctamente ligados, es necesario que los amperios vuelta (el potencial magnético) de las dos bobinas de una misma fase, repartida en cada núcleo magnético 32 y 33, sean de sentidos opuestos. Varias configuraciones de sentido de corriente y de sentido de bobinado permiten satisfacer esta condición.

35 Para una relación $n_a = (2 + \sqrt{3}) n_b$, las tensiones de la parte 12 difásica son del mismo valor y están en cuadratura. Cada fase V_1 y V_2 tiene el mismo número n_i de vueltas de bobina y de este modo es simétrica con respecto al circuito magnético. Las resistencias y las inductancias propia y mutua de cada fase están por tanto equilibradas. Asimismo, por geometría, las inductancias de fugas están igualmente equilibradas.

40 Dicho de otro modo, la relación $n_a = (2 + \sqrt{3}) n_b$ permite transmitir energía y/o señales de una fuente trifásica hacia una fuente difásica de manera equilibrada.

45 Si se respeta la condición antes citada sobre el sentido de los amperios vuelta, la configuración del transformador 10 no actúa sobre la cuadratura de las tensiones (desfasadas entre sí en $\pm n/2$) y de las corrientes (desfasadas entre sí $\pm n/2$) en el lado difásico sino únicamente sobre el lado difásico entre la parte 11 trifásica y la parte 12 difásica.

La relación entre las corrientes viene dada por:

$$\frac{I_{ap}}{I_{s1}} = \frac{\sqrt{2} \cdot n_a + n_b}{3 \cdot n_1}$$

La relación entre las tensiones viene dada por:

$$\frac{V_{1s}}{V_{sp}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{n_a + n_b}{n_1}$$

El transformador 10 permite por tanto transferir de manera equilibrada energía y/o señales entre una fuente trifásica y una fuente difásica giratorias una con respecto a la otra, sin necesitar un montaje de varios transformadores fijos y giratorios.

5 El transformador 10 presenta igualmente otras ventajas. En particular, se puede constatar que el circuito magnético rodea completamente a las bobinas 24 a 31. El transformador 10 está por tanto blindado magnéticamente. Además, las bobinas 24 a 31 son todas bobinas tóricas de eje A. El transformador 10 no necesita por tanto bobinas de forma más compleja. Finalmente, el transformador 10 presenta una masa y un volumen reducido.

10 La posición de las bobinas 24 a 31 representada en la figura 1 es un ejemplo y pueden ser convenientes otras posiciones. Las figuras 4A a 4C, que corresponden al detalle IV de la figura 1, representan cada una otra posibilidad de posicionamiento de las bobinas 24 a 31.

En la figura 4A, en una ranura 22 o 23, las bobinas trifásicas están una al lado de otra en la dirección axial, y están enrolladas en sentidos opuestos. Las bobinas difásicas están igualmente una al lado de otra en la dirección axial, y están enrolladas en sentidos opuestos.

15 En la figura 6B, en una ranura 22 o 23, las bobinas trifásicas están una alrededor de otra con respecto al eje A, y enrolladas en sentidos opuestos. Las bobinas difásicas están una alrededor de otra con respecto al eje A y enrolladas en el mismo sentido.

20 En la figura 6C, en una ranura 22 o 23, las bobinas trifásicas están una al lado de la otra en la dirección axial, y enrolladas en el mismo sentido. Las bobinas difásicas están una al lado de la otra en la dirección axial, y enrolladas en el mismo sentido.

En una variante no representada, las bobinas de una ranura 22 o 23 están mezcladas.

Por otra parte, el posicionamiento de las bobinas trifásicas de una de las figuras 4A a 4C puede estar combinado con el posicionamiento de las bobinas difásicas de cada una de las figuras 4A a 4C.

25 La figura 5 representa un transformador 110 de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención. El transformador 110 puede ser considerado como una variante « en E » o « en Pot » del transformador 10 « en U » de la figura 1. Se utilizan pues las mismas referencias en la figura 5 que en la figura 1, sin riesgo de confusión, y se omite una descripción detallada del transformador 110. Se señala simplemente que, como se puede ver en la figura 6 que es una vista en perspectiva en despiece ordenado del circuito magnético del transformador 110, las referencias 13 y 17 corresponden a dos coronas espaciadas axialmente, los montantes 14 a 16 y 18 a 20 se extienden axialmente entre las dos coronas 13 y 17 y que los núcleos magnéticos están aquí situados en las coronas.

35 De manera conocida en el ámbito de los transformadores, un transformador puede comprender varios secundarios. Así, de acuerdo con un modo de realización no representado, un transformador comprende, en el primario, una parte trifásica y, en el secundario, una parte que presenta la misma estructura magnética que la parte 12 del transformador 10, al menos un conjunto de bobinas trifásicas (por ejemplo unidas según el mismo principio que las bobinas 24 a 27) y un conjunto de bobinas difásicas como el transformador 10. Las bobinas trifásicas y difásicas del secundario se encuentran en las mismas ranuras 34 y 35.

40 Esto permite alimentar de manera equilibrada, a partir de una fuente trifásica, un número cualquiera de cargas. Por ejemplo, para alimentar once cargas, se pueden utilizar tres secundarios trifásicos y un secundario difásico ($11 = 3 \cdot 3 + 2$).

45 Como se explicó anteriormente, la topología de la parte 11 trifásica permite reproducir los flujos de un transformador fijo con flujos asociados forzados de tres columnas. Así, en variante, la parte trifásica del transformador puede presentar una topología diferente que la representada, que permita igualmente reproducir los mismos flujos.

REIVINDICACIONES

1. Transformador (10, 110) giratorio trifásico-difásico que comprende una parte trifásica (11) y una parte difásica (12) móviles en rotación una con respecto a la otra alrededor de un eje A,
- 5 comprendiendo la parte trifásica (11) un primer cuerpo de material ferromagnético y bobinas trifásicas (24, 25, 26, 27), comprendiendo la parte difásica (12) un segundo cuerpo de material ferromagnético y bobinas difásicas (28, 29, 30, 31),
- 10 delimitando el segundo cuerpo una primera ranura (34) anular de eje A y una segunda ranura (35) anular de eje A, estando delimitada la primera ranura (34) por un primer montante lateral (14), un montante central (15) y una corona (13), estando delimitada la segunda ranura (35) por el montante central (15), un segundo montante lateral (16) y la corona (13),
- comprendiendo las bobinas difásicas una primera bobina (29) tórica de eje A en la primera ranura (34), una segunda bobina (28) tórica de eje A en la primera ranura (34), una tercera bobina (30) tórica de eje A en la segunda ranura (35) y una cuarta bobina (31) tórica de eje A en la segunda ranura (35), estando la primera bobina (29) y la cuarta bobina (31) unidas en serie, estando la segunda bobina (28) y la tercera bobina (30) unidas en serie,
- 15 en el cual, habida cuenta de los sentidos de enrollamiento y del sentido de conexión de las bobinas, una corriente que circula por la primera bobina (29) y la cuarta bobina (31) corresponde, para la primera bobina (29), a un primer potencial magnético y, para la cuarta bobina (31), a un segundo potencial magnético opuesto al primer potencial magnético, y una corriente que circula por la segunda bobina (28) y la tercera bobina (30) corresponde, para la segunda bobina (28), a un tercer potencial magnético y, para la tercera bobina (30), a un cuarto potencial magnético opuesto al segundo potencial magnético.
- 20 2. Transformador de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la primera bobina (29) y la tercera bobina (30) presentan cada una un número de vueltas n_a , presentando la segunda bobina (28) y la cuarta bobina (31) cada una un número de vueltas n_b , con $n_a = (2 + \sqrt{3}) n_b$.
- 25 3. Transformador (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 2, en el cual la parte trifásica (11) rodea a la parte difásica (12) con respecto al eje A o inversamente.
4. Transformador (110) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 2, en el cual la parte trifásica (11) y la parte difásica (12) están situadas una al lado de la otra en la dirección del eje A.
5. Transformador (10, 110) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual el primer cuerpo y el segundo cuerpo de material ferromagnético rodean completamente a las bobinas trifásicas y las bobinas difásicas.
- 30 6. Transformador (10, 110) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual el primer cuerpo delimita una tercera ranura (22) anular de eje A y una cuarta ranura (23) anular de eje A, estando delimitada la tercera ranura (22) por un tercer montante lateral (18), un segundo montante central (19) y una segunda corona (17), estando delimitada la cuarta ranura (23) por el segundo montante central (19), un cuarto montante lateral (20) y la segunda corona (17),
- 35 comprendiendo las bobinas trifásicas una quinta bobina (24) tórica de eje A en la tercera ranura (22), una sexta bobina (25) tórica de eje A en la tercera ranura (22), una séptima bobina (26) tórica de eje A en la cuarta ranura (23) y una octava bobina (27) tórica de eje A en la cuarta ranura (23), estando la sexta bobina (25) y la séptima bobina (26) unidas en serie.
7. Transformador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual la parte difásica comprende además al menos un conjunto de bobinas trifásicas.

40

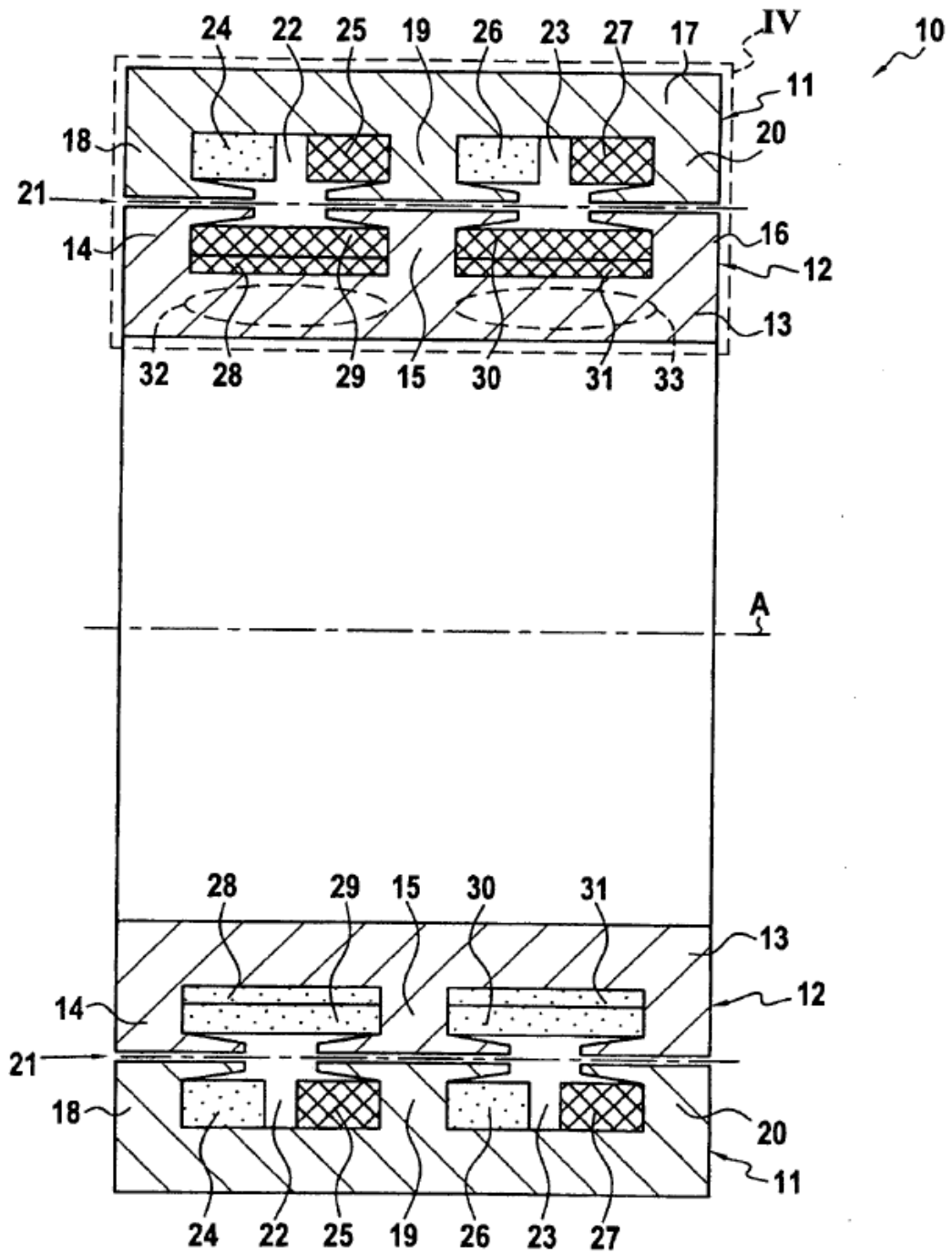


FIG.1

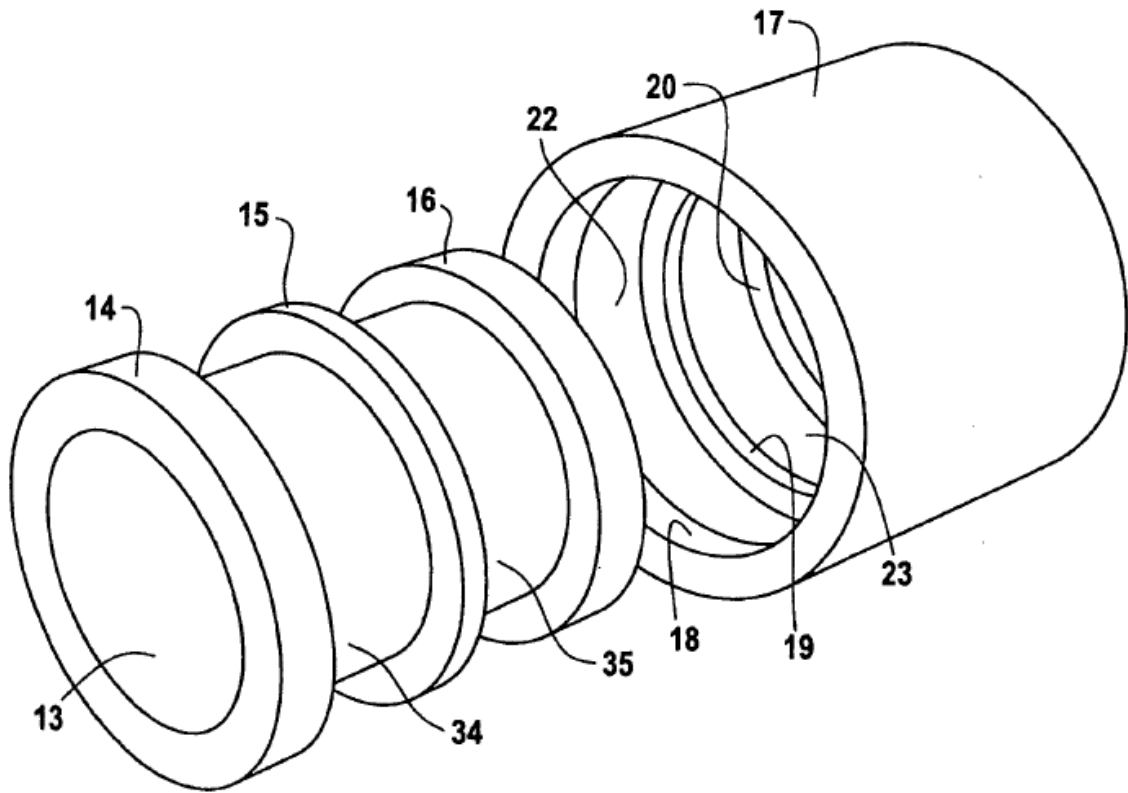
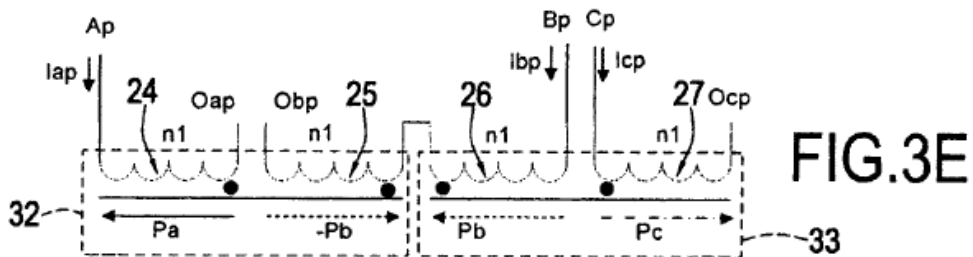
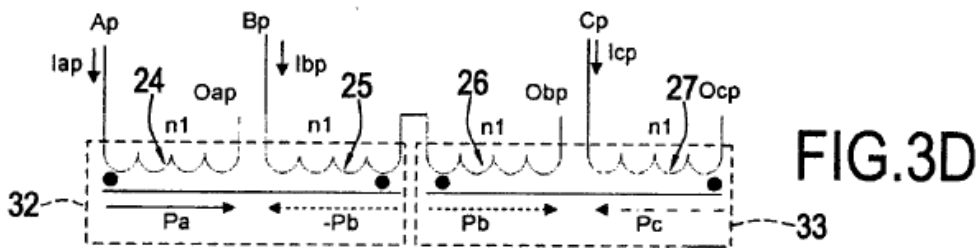
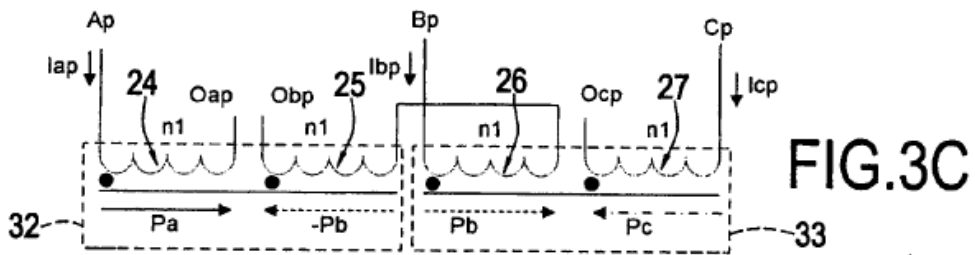
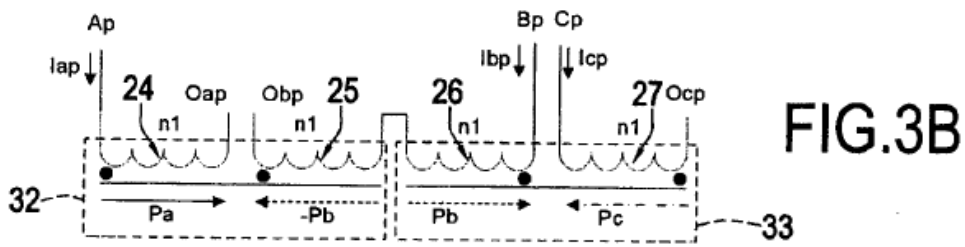
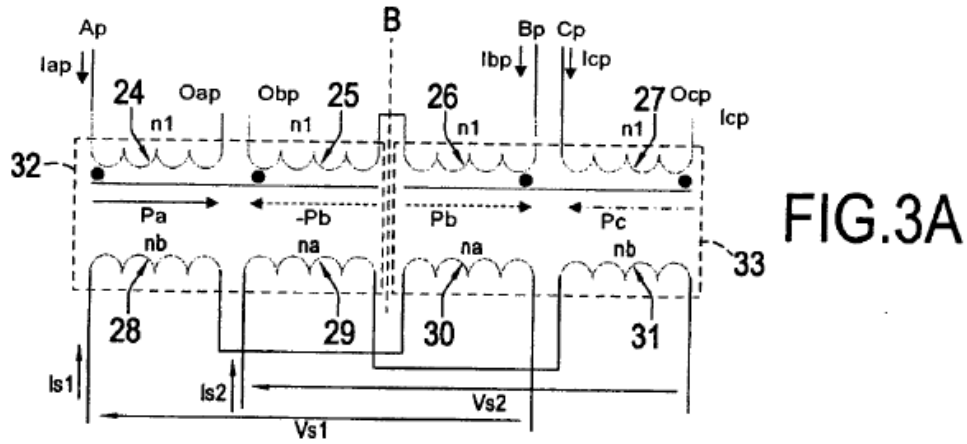


FIG.2



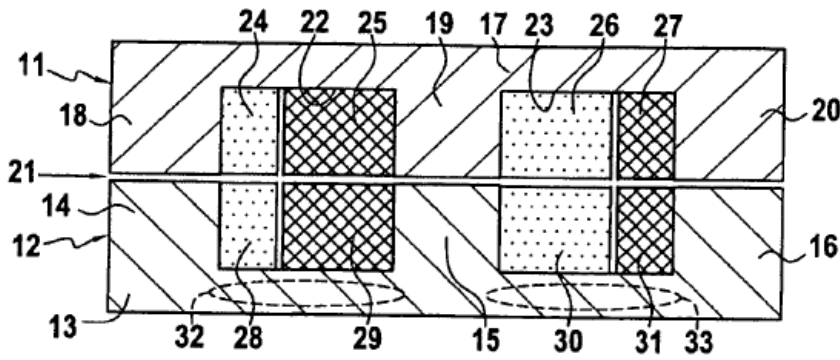


FIG. 4A

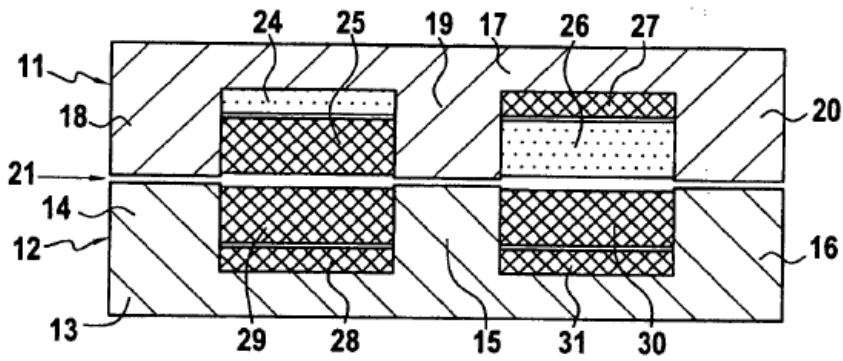


FIG. 4B

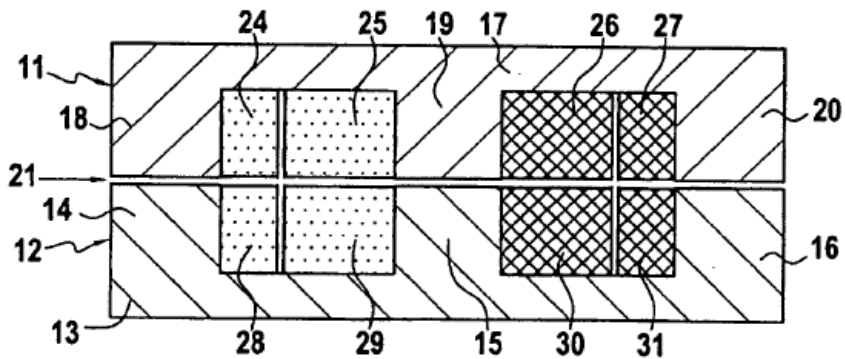


FIG. 4C

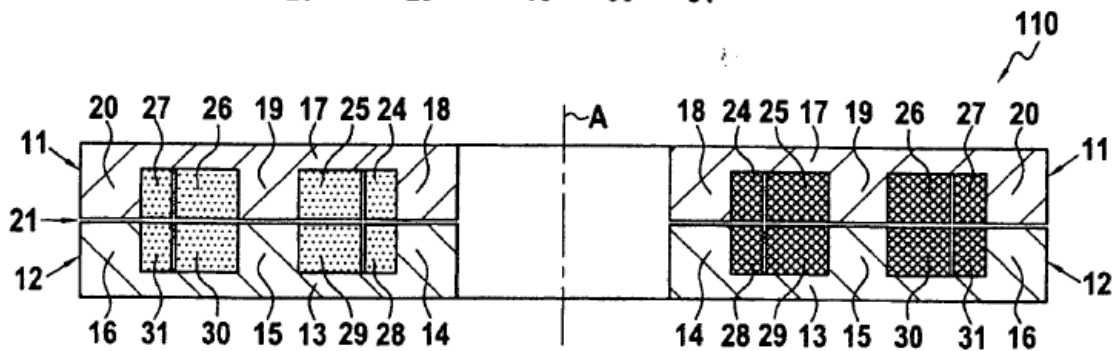


FIG. 5

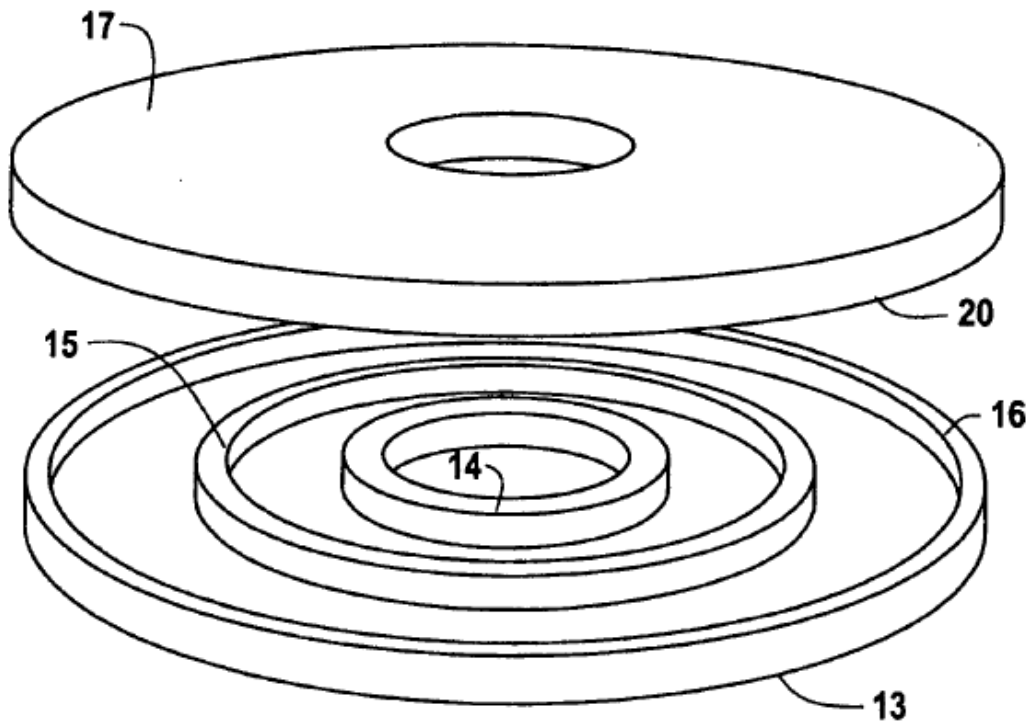


FIG.6