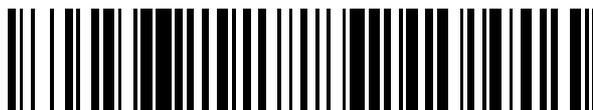


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 411 093**

51 Int. Cl.:

H01F 3/14 (2006.01)

H01F 27/32 (2006.01)

H01F 38/12 (2006.01)

H01T 13/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2010 E 10730853 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2443637**

54 Título: **Transformador de núcleo segmentado**

30 Prioridad:

15.06.2009 ZA 200904173

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

04.07.2013

73 Titular/es:

**NORTH-WEST UNIVERSITY (100.0%)
11 Hoffman Street
2520 Potchefstroom, ZA**

72 Inventor/es:

**VISSER, BAREND y
KRUGER, PETRUS PAULUS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 411 093 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 de núcleo segmentado

Introducción y antecedentes

5 La presente invención versa acerca de transformadores, acerca de un núcleo para un transformador y acerca de un sistema de encendido para un vehículo que comprende un transformador.

Un transformador del sistema de encendido de vehículos conocido comprende un núcleo unitario macizo o laminado, tal como un núcleo de lápiz, de material magnético. Se enrollan devanados primario y secundario en torno al núcleo. El transformador debe satisfacer varios requisitos. El núcleo macizo debe proporcionar buen acoplamiento magnético entre los devanados primario y secundario para que pueda transformarse la energía del devanado primario en el devanado secundario durante un solo impulso. Las inductancias primaria y secundaria deben ser lo bastante grandes para que pueda almacenarse suficiente energía en el núcleo magnético, de modo que la corriente máxima primaria no sea demasiado elevada y para que la duración de la chispa sea suficientemente prolongada para una chispa estable. La gran inductancia secundaria requiere un gran número de vueltas. Esto da como resultado que el devanado secundario tenga una resistencia de varios kilohmios. La resistencia da como resultado el calentamiento de los devanados, que debe ser disipado. De aquí que el transformador deba permitir una transferencia térmica suficiente desde los devanados al exterior del transformador. El diseño magnético debe ser tal que impida la saturación del núcleo durante la generación de altas tensiones. Además, se requiere suficiente material magnético para almacenar suficiente energía en el campo magnético. Se requiere un aislamiento eléctrico muy bueno entre los devanados secundarios y el núcleo magnético. La máxima tensión secundaria es normalmente mayor que 30 kV y normalmente el núcleo magnético es conductor. El aislamiento entre el núcleo y los devanados debe ser capaz de soportar la tensión máxima. También se requiere un aislamiento suficiente entre los devanados. Dado que la mayoría de los materiales magnéticos que satisfacen estos requisitos son conductores o tienen una resistencia dieléctrica reducida, se requiere una capa de aislamiento relativamente gruesa entre el núcleo y el devanado secundario, lo cual es poco deseable. Un transformador adecuado para su uso en un motor de automóvil debe ser capaz de operar a una temperatura entre aproximadamente -40°C y aproximadamente +140°C. Debido a los diferentes coeficientes de dilatación térmica entre el núcleo y el material de aislamiento, se generan tensiones mecánicas. Tras varios ciclos térmicos, pueden crearse huecos o grietas entre el material magnético y el material de aislamiento, lo que puede resultar fatal.

30 Lograr estos requisitos mientras también se reduce el volumen del transformador resulta muy difícil. Debido al gran número de espiras en un volumen pequeño, la capacitancia del devanado (incluyendo la capacitancia entre espiras) se vuelve grande, lo que da como resultado que haga falta más energía para generar cierta alta tensión.

El documento DE 1245487B da a conocer un transformador según el preámbulo de la reivindicación 1 del presente documento.

Objeto de la invención

35 En consecuencia, es un objeto de la presente invención proporcionar un transformador alternativo, un núcleo para el mismo y un sistema de encendido, con los que el solicitante cree que las desventajas mencionadas anteriormente puede aliviarse al menos en parte o que pueden proporcionar alternativas útiles para los transformadores, los núcleos y los sistemas de encendido conocidos.

Resumen de la invención

40 Según la invención, se proporciona un transformador que comprende un núcleo, un devanado primario y un devanado secundario, comprendiendo el núcleo un miembro alargado que tiene un eje principal, una pluralidad (n) de segmentos de un material magnético y entrehierros entre segmentos dispuestos en una relación alterna a lo largo del eje principal, teniendo cada entrehierro una distancia que separa los segmentos lineales que es paralela al eje principal, siendo n mayor que 3, y los entrehierros entre los segmentos y un entrehierro entre el núcleo y el devanado secundario están rellenos de un medio de aislamiento que tiene una resistencia dieléctrica superior a 9 kV/mm.

50 Cada segmento puede comprender un cuerpo cilíndrico que tiene un eje principal y que comprende una pared lateral que se extiende entre paredes terminales opuestas primera y segunda. El entrehierro entre los segmentos adyacentes primero y segundo puede extenderse entre la segunda pared terminal del primer segmento y la primera pared terminal del segundo segmento. Los ejes principales de los segmentos pueden alinearse con el eje principal del miembro. Al menos zonas centrales respectivas de las paredes terminales opuestas primera y segunda pueden extenderse paralelas entre sí. Los bordes entre las paredes terminales y la pared lateral pueden ser redondeados. El cuerpo puede ser circular en sección transversal o generalmente rectangular. En este caso, las zonas de las esquinas de la pared lateral también pueden ser redondeadas.

55 El valor de n puede ser mayor que uno cualquiera de 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

Los segmentos pueden ser macizos o laminados y estar dispuestos linealmente.

Los segmentos pueden tener la misma longitud y estar separados de forma equidistante, de modo que la anchura de los entrehierros sea igual. En otras realizaciones, al menos algunos de los segmentos pueden tener longitudes diferentes y al menos algunos de los entrehierros pueden tener anchuras diferentes.

- 5 Los devanados primario y secundario pueden estar enrollados concéntricamente en torno al núcleo. El devanado secundario puede estar situado concéntricamente más cerca del núcleo que el devanado primario.

- 10 Los devanados primario y secundario pueden estar enrollados concéntricamente en torno al núcleo desde un extremo del núcleo hasta el otro. Ambos devanados pueden estar enrollados concéntricamente en torno a una parte de los segmentos dispuestos linealmente. Los devanados pueden estar enrollados linealmente a lo largo de la disposición lineal de los segmentos, de modo que cada devanado comprenda una pluralidad de espiras dispuestas linealmente y colindantes. Los devanados primario y secundario pueden solaparse mutuamente o pueden no solaparse.

El transformador puede comprender una camisa exterior de un material magnético que aloja al núcleo, al devanado primario y al devanado secundario.

- 15 La camisa exterior puede comprender un único cuerpo cilíndrico hueco alargado.

Alternativamente, la camisa exterior puede comprender una pluralidad de segmentos de camisa. Cada segmento de camisa puede ser de configuración cilíndrica hueca y los segmentos de camisa pueden estar dispuestos linealmente.

El medio de aislamiento puede comprender al menos uno de un líquido y un sólido.

- 20 Todos los vacíos (entre los devanados, entre los segmentos, entre los devanados y los segmentos y entre los devanados y la camisa exterior) pueden rellenarse con el medio de aislamiento.

- 25 La invención también incluye dentro de su ámbito un núcleo que comprende un miembro alargado que tiene un eje principal, una pluralidad (n) de segmentos de un material magnético y entrehierros entre segmentos dispuestos en una relación alterna a lo largo del eje principal, teniendo cada entrehierro una distancia que separa los segmentos lineales que es paralela al eje principal, siendo n mayor que 3, y estando rellenos los entrehierros de un medio de aislamiento.

También está incluido en el ámbito de la presente invención un sistema de encendido para un vehículo que comprende un transformador según se define y/o se describe en el presente documento y en el que un extremo del devanado secundario está conectado a al menos una bujía y en el que el transformador es excitado de manera resonante por un circuito oscilante conectado al devanado primario.

- 30 La frecuencia oscilante del circuito oscilante puede estar entre 100 kHz y 3 MHz.

Breve descripción de los diagramas adjuntos

Ahora se describirá adicionalmente la invención, únicamente a título de ejemplo, con referencia a los diagramas adjuntos, en los que:

la Figura 1 es una sección longitudinal a través de un transformador según la invención; y

la Figura 2 es un diagrama de bloques de partes relevantes de un sistema de encendido que comprende el transformador.

Descripción de una realización preferente de la invención

- 35 En las figuras se designa en general con el número de referencia 10 a un transformador según la invención.

El transformador puede encontrar aplicación particular en sistemas de encendido de vehículos.

- 40 El transformador 10 comprende un núcleo 12, un devanado primario 14 y un devanado secundario 16. El núcleo comprende un miembro alargado 13 que tiene un eje principal 15, una pluralidad (n) de segmentos (12.1 a 12.n) de un material magnético y entrehierros (18.1 a 18.n-1) entre segmentos dispuestos en una relación alterna a lo largo del eje principal 15. El eje principal 15 es paralelo a la dirección del campo magnético del miembro. Cada entrehierro tiene una distancia g que separa los segmentos lineales que es paralela al eje principal. El valor de n es mayor que tres (3), y los entrehierros están rellenos de un medio 20 de aislamiento.

- 45 Se requiere que el medio de aislamiento tenga una resistencia dieléctrica superior a 9 kV/mm, preferentemente superior a 20 kV/mm en un intervalo de temperaturas entre -40°C y +140°C. Hay disponibles muchos materiales plásticos que satisfacen este requisito. El material de aislamiento también debe tener, preferentemente, una baja permitividad relativa ϵ_r , normalmente inferior a 4 y preferentemente inferior a 3.

- Se requiere que el material magnético tenga una alta permeabilidad, una alta densidad del flujo de saturación y pérdida baja en un intervalo de temperatura entre -40°C y $+140^{\circ}\text{C}$ y un intervalo de frecuencias entre DC y 1 MHz. Un ejemplo de tal material es la ferrita blanda TSC-50ALL, que tiene una permeabilidad relativa superior a 3000 para densidades de flujo inferiores a 3000 gauss, para frecuencias de hasta 1 MHz y temperaturas entre -30°C y $+200^{\circ}\text{C}$.
- 5 La pérdida del núcleo de esta ferrita es inferior a 10 mW/cm^3 a una frecuencia de 500 kHz, una densidad de flujo de 100 gauss y una temperatura de 70°C .
- En una realización preferente, los segmentos 12.1 a 12.n están dispuestos linealmente y los segmentos adyacentes están separados por los entrehierros 18.1 a 18.n-1. El devanado primario 14 y el devanado secundario 16 están enrollados concéntricamente en torno al núcleo. Cada devanado comprende una pluralidad de espiras. Más en particular, el devanado secundario 16 comprende las espiras 16.1 a 16.m. una camisa exterior concéntrica 22 de un material magnético proporciona una trayectoria de retorno magnético. La camisa puede comprender un único cuerpo cilíndrico hueco o puede comprender dos o más segmentos cilíndricos huecos. Los segmentos pueden estar dispuestos linealmente. El material magnético de los segmentos del núcleo y de la chaqueta puede ser el mismo o pueden ser materiales diferentes.
- 10 El núcleo tiene una longitud l , cada segmento tiene una longitud l_s y los segmentos adyacentes están separados por un entrehierro que se extiende de forma transversal, normalmente de forma perpendicular, con respecto al eje principal 15. Cada entrehierro tiene una distancia o una dimensión g que separa los segmentos lineales que es paralela al eje principal 15. El diámetro del núcleo es d . El núcleo 12 y el devanado secundario 16 están separados una distancia h . Este espacio también está relleno del material 20 de aislamiento.
- 15 Supongamos que el material dieléctrico 20 tenga una resistencia dieléctrica de 9 kV/mm con una permitividad relativa $\epsilon_r=4,40$ kV entre una primera espira 16.1 y la última espira 16.m del devanado secundario 16 y que el grosor t del devanado es de 0,5 mm. En lo sucesivo se compara un transformador que comprende un núcleo macizo convencional de longitud $l = 55 \text{ mm}$ y diámetro $d = 9 \text{ mm}$ con un transformador comparable 10 según la invención, y según se muestra en las figuras.
- 20 Para el transformador convencional de núcleo macizo (no mostrado) con una distancia h entre el núcleo y el devanado secundario se requiere un grosor de aislamiento de $h=2,2 \text{ mm}$, suponiendo que el núcleo está a una tensión de 20 kV cuando hay una diferencia de 40 kV entre la primera y la última espira del devanado secundario. El anillo de aislamiento tiene un volumen de $4,3 \text{ cm}^3$. La capacitancia entre el devanado secundario y el núcleo es de $0,56 \text{ pF/mm}$ o de 31 pF para toda la longitud l . La capacitancia entre los primeros 5 mm de las espiras y los últimos 5 mm de las espiras está dada por la capacitancia de los primeros 5 mm de las espiras y el núcleo en serie con la capacitancia entre el núcleo y los últimos 5 mm de las espiras, que es de 1,4 pF. La inductancia se midió para que fuera de aproximadamente 64 nH por espira al cuadrado cuando se usaba ferrita TSC-50ALL. La longitud de hilo por espira es de aproximadamente 40 mm, dando una inductancia de 36 pH/mm al cuadrado de hilo.
- 25 Para un núcleo segmentado 10 según la invención que tenga diez (10) segmentos de longitud $l_s = 5 \text{ mm}$, hay 4 kV entre las espiras primera y última en torno a un segmento cuando hay una tensión de 40 kV entre la primera y la última espira del devanado secundario. Esto requiere una distancia h entre el segmento y el devanado de al menos 0,44 mm rellena del material 20 de aislamiento. Suponiendo que $h=0,5 \text{ mm}$, el volumen del anillo de aislamiento en este caso es entonces $0,8 \text{ cm}^3$. Los nueve (9) entrehierros 18.1 a 18.9 deben soportar 40 kV, lo cual supone 4,4 kV por entrehierro, que requiere una anchura de entrehierro $g = 0,5 \text{ mm}$ entre segmentos. Esto corresponde a un volumen de $0,3 \text{ cm}^3$ entre segmentos adyacentes. La capacitancia entre segmentos es de 4,5 pF y de 2 pF/mm entre el devanado 16 y un segmento. La capacitancia entre los primeros 5 mm de las espiras desde la espira 16.1 y los últimos 5 mm de las espiras hasta la espira 16.m es de 0,45 pF. La inductancia se midió para que fuera de aproximadamente 27 nH por espira al cuadrado. La longitud de hilo por espira 16.1 a 16.m es de aproximadamente 31 mm, dando una inductancia de 28 pH/mm al cuadrado para cierta longitud de hilo.
- 30 Aunque la inductancia es menor para un número dado de espiras (64 nH/mm en comparación con 27 nH/mm), en la actualidad se cree que puede almacenarse más energía en el material magnético debido al número de entrehierros. Por lo tanto, para los mismos requisitos de energía, el núcleo segmentado 10 requeriría una menor longitud de hilo de devanado, lo que tendría menor resistencia de devanado que el correspondiente devanado de un transformador de núcleo macizo.
- 35 Además, el núcleo segmentado necesita $1,1 \text{ cm}^3$ en lugar de $4,3 \text{ cm}^3$ de material de aislamiento para el núcleo macizo. Esto resulta significativo cuando se lo compara con el volumen de $3,5 \text{ cm}^3$ del núcleo. Por ende, se cree que la segmentación del núcleo 12 reduciría el requisito total de aislamiento en toda la longitud l del núcleo 12. Las espiras 16.1 a 16.m se enrollarían más cerca del núcleo 12. El menor radio resultante de las espiras reduce la longitud y la resistencia del hilo de devanado. Los menores segmentos 12.1 a 12.n pueden dar origen a menores tensiones termomecánicas y los entrehierros distribuidos entre segmentos pueden proporcionar una mayor energía de saturación. La capacitancia del devanado secundario entre los 5 mm primeros y últimos de las espiras se reduce significativamente de 1,4 pF a 0,45 pF.
- 40
- 45
- 50
- 55

El transformador puede encontrar aplicación particular en un sistema 30 de encendido (mostrado en la Figura 2) para un vehículo (no mostrado). El transformador puede ser excitado de manera resonante, de forma similar a una

ES 2 411 093 T3

bobina de Tesla, por un circuito oscilante 32 a una frecuencia oscilante f_0 de aproximadamente 100 kHz - 3 MHz, transfiriéndose energía del devanado primario 14 al devanado secundario 16 durante cada ciclo de varios ciclos. Se espera que el requisito de buen acoplamiento entre el devanado primario 14 y el devanado secundario 16 no sería tan estricto como en el transformador convencional que comprende un núcleo unitario convencional.

- 5 La espira 16.1 está conectada normalmente a una bujía 34 y la espira 16.m puede estar conectada a tierra o conectada a una fuente de energía (tensión o corriente). El núcleo magnético 12 puede estar diseñado para saturarse cuando se transfiera energía directamente a través del devanado secundario 16 para una transferencia rápida de energía.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un transformador (10) que comprende un núcleo (12), un devanado primario (14) y un devanado secundario (16), comprendiendo el núcleo un miembro alargado (13) que tiene un eje principal (15), una pluralidad (n) de segmentos (12.1 a 12.n) de un material magnético y entrehierros (18.1 a 18.n-1) entre segmentos dispuestos en una relación alterna a lo largo del eje principal, teniendo cada entrehierro una distancia (g) que separa los segmentos lineales que es paralela al eje principal, siendo n mayor que 3, **caracterizándose** dicho transformador **porque** los entrehierros entre los segmentos y un entrehierro entre el núcleo y el devanado secundario están rellenos de un medio (20) de aislamiento que tiene una resistencia dieléctrica superior a 9 kV/mm.
- 10 2. Un transformador según se reivindica en la reivindicación 1 en el que el devanado secundario está enrollado desde un extremo del núcleo hasta otro extremo del núcleo.
3. Un transformador según se reivindica en las reivindicaciones 1 o 2 en el que el medio de aislamiento tiene una resistencia dieléctrica superior a 20 kV/mm.
- 15 4. Un transformador según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que n es mayor que uno cualquiera de 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.
5. Un transformador según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que los segmentos son macizos, en el que el eje principal es lineal y en el que los devanados primario y secundario están enrollados concéntricamente en torno al núcleo.
- 20 6. Un transformador según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que al menos algunos de los segmentos están laminados, en el que el eje principal es lineal y en el que los devanados primario y secundario están enrollados concéntricamente en torno al núcleo.
7. Un transformador según se reivindica en las reivindicaciones 5 o 6 en el que cada uno de los devanados primario y secundario está enrollado linealmente en torno al núcleo, de modo que cada devanado comprende una pluralidad de espiras dispuestas linealmente y colindantes.
- 25 8. Un transformador según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7 en el que el devanado secundario está situado concéntricamente más cerca del núcleo que el devanado primario.
9. Un transformador según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende una camisa exterior de un material magnético que aloja al núcleo, al devanado primario y al devanado secundario y que proporciona una trayectoria de retorno magnético.
- 30 10. Un transformador según se reivindica en la reivindicación 9 en el que la camisa exterior comprende un único cuerpo cilíndrico hueco alargado.
11. Un transformador según se reivindica en la reivindicación 9 en el que la camisa exterior comprende una pluralidad de segmentos de camisa.
- 35 12. Un transformador según se reivindica en la reivindicación 11 en el que cada segmento de camisa es de configuración cilíndrica hueca y en el que los segmentos de camisa están dispuestos linealmente.
13. Un transformador según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el medio de aislamiento comprende al menos uno de un líquido y un sólido.
- 40 14. Un transformador según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12 en el que los vacíos dentro de la camisa exterior están rellenos con el medio de aislamiento que comprende al menos uno de entre un líquido y un sólido.
15. Un sistema de encendido para un vehículo que comprende un transformador según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que un extremo del devanado secundario está conectado a al menos una bujía y en el que el transformador es excitado de manera resonante por un circuito oscilante conectado al devanado primario.
- 45 16. Un sistema de encendido según se reivindica en la reivindicación 15 en el que la frecuencia oscilante del circuito oscilante está entre 100 kHz y 3 MHz.

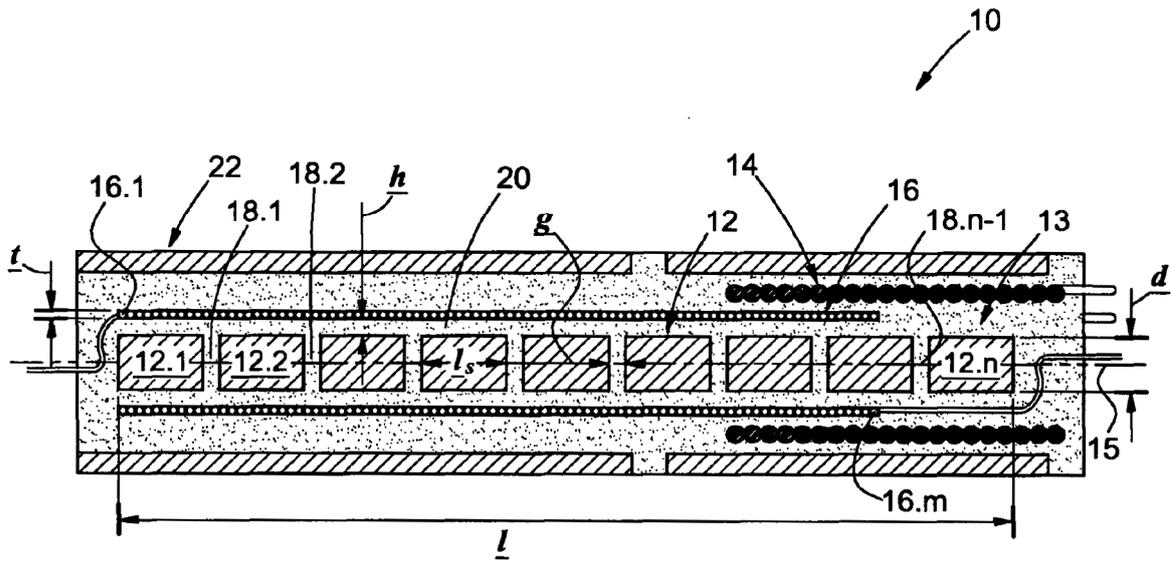


FIGURA 1

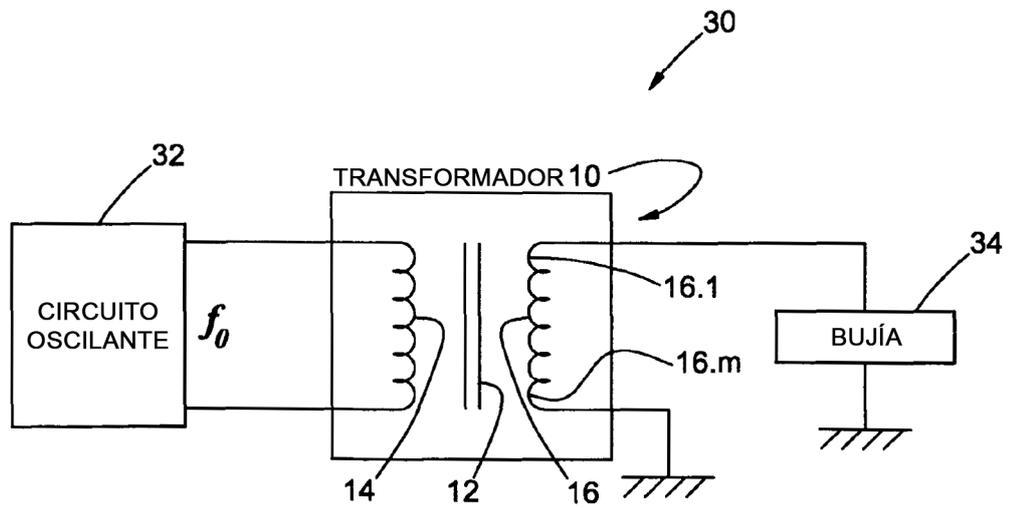


FIGURA 2