

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 433 419**

51 Int. Cl.:

**G01R 33/04** (2006.01)

**G01N 27/90** (2006.01)

**G01N 29/14** (2006.01)

**B06B 1/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2009 E 09781216 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013 EP 2460027**

54 Título: **Procedimiento para clasificar chapa eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.12.2013**

73 Titular/es:

**SIEMENS AG ÖSTERREICH (100.0%)**  
**Siemensstrasse 90**  
**1210 Wien , AT**

72 Inventor/es:

**PREGARTNER, HELMUT**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 433 419 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 para clasificar chapa eléctrica

Campo técnico

5 La invención se refiere a un procedimiento para clasificar chapa eléctrica, que se utiliza para la producción de una máquina eléctrica y se presenta en forma de bobinado de cinta.

Estado de la técnica

10 La emisión acústica que se produce durante el funcionamiento de una instalación eléctrica, por ejemplo de un transformador de potencia, se considera en especial perturbadora cuando la instalación se instala en las proximidades de una zona habitada. A la hora de producir un transformador de potencia poco ruidoso se está obligado a utilizar un material magnético blando, que presente una estricción magnética lo más reducida posible. En la práctica, sin embargo, ha quedado demostrado que la clasificación de materiales magnéticos blandos es difícil. Habitualmente con el fin de clasificar se toma una muestra de un bobinado de cinta (del que en un paso de procedimiento posterior se estampan las piezas de chapa para el núcleo del transformador) y se analiza en un dispositivo de medición en cuanto al comportamiento de la estricción magnética y otras características magnéticas.

15 Con ello se produce en primer lugar el problema de que los dispositivos de medición no entregan resultados de medición coincidentes. Por otro lado el resultado de medición depende del lugar de la toma de muestras: puede darse que una muestra tomada al principio de un bobinado de cinta y una muestra tomada al final del bobinado de cinta muestren en cada caso un comportamiento de estricción magnética muy diferente. Es casi imposible una previsión satisfactoria para el comportamiento acústico de la máquina eléctrica con los métodos de medición y clasificación conocidos. Estados de la técnica relevantes son por ejemplo los documentos US 5456113, CN 101354380 o US2007/00462, respectivamente US5581037.

20

Representaciones de la invención

25 La tarea de la presente invención consiste en indicar un procedimiento para clasificar chapa eléctrica, con el que pueda preverse mejor el comportamiento acústico y dado el caso también las pérdidas magnéticas de una máquina eléctrica.

Esta tarea es resuelta mediante un procedimiento con las particularidades de la reivindicación 1. En las reivindicaciones subordinadas se definen reivindicaciones subordinadas.

30 En una idea básica la invención se basa en que para la clasificación del producto inicial magnético blando no se analiza una muestra tomada del material enviado, sino del bobinado de cinta en conjunto, tal y como se envía a las plantas de producción. Para esto se dota el bobinado de chapa, también llamado bobina, de un bobinado excitador. Mediante un dispositivo de alimentación se genera en la cinta plana bobinada un flujo magnético variable en el tiempo. Este flujo magnético variable en el tiempo tiene como consecuencia, a causa de la estricción magnética, una variación de forma del bobinado de cinta. Mediante un dispositivo de medición se miden las variaciones de forma del bobinado de cinta que discurren transversalmente a la dirección de estiraje y, dado el caso, también las pérdidas magnéticas y se alimentan a un dispositivo de valoración. En el dispositivo de valoración se realiza la valoración de los niveles de ruido (niveles de potencia acústica) y los números indicadores de pérdida así como la asignación de estos valores a clases. De este modo puede preverse mejor el comportamiento operacional a esperar de la máquina eléctrica, es decir, con vistas al comportamiento acústico a esperar y, dado el caso, también con relación a las pérdidas magnéticas a espera. Mediante el procedimiento conforme a la invención pueden filtrarse antes del inicio de la producción a partir de los bobinados de cinta enviados, aquellos que aparecen especialmente, respectivamente poco adecuados, para un funcionamiento poco ruidoso de una máquina eléctrica. Debido a que la bobina se valora en su totalidad, el resultado de la clasificación ya no depende del lugar de la toma de muestras. El pronóstico es mucho más preciso con el procedimiento conforme a la invención. En especial durante la producción de grandes máquinas, como por ejemplo transformadores de potencia poco ruidosos, el procedimiento conforme a la invención tiene una elevada importancia industrial. El dispositivo de valoración, que lleva a cabo la clasificación, respectivamente la categorización de la chapa eléctrica, puede llevar a cabo automáticamente la clasificación en clases sobre la base de particularidades prefijadas (nivel de ruido, pérdidas). La unidad de valoración es por ejemplo un ordenador personal (PC) modificado de forma correspondiente, que puede estar compuesto de forma relativamente sencilla por componentes de hardware y software conocidos por sí mismos. La asociación de la chapa eléctrica a clases de ruido exige en la producción solamente una complejidad reducida. El procedimiento de clasificación es poco propenso a las averías.

40

45

50

En la dirección axial del bobinado de chapa la variación de forma del bobinado de cinta puede detectarse mediante técnica de medición de forma especialmente sencilla, por medio de que sobre una o dado el caso ambas superficies

frontales del bobinado de cinta se dispone un dispositivo sensorial, que detecta las vibraciones en la dirección axial del bobinado de cinta.

Si sobre cada superficie frontal se disponen varios detectores, puede llevarse a cabo de forma sencilla un promediado de la variación en longitud.

5 Para detectar la variación de forma de la bobina pueden utilizarse de forma ventajosa sensores de aceleración disponibles comercialmente. A partir de una señal de un sensor de aceleración puede calcularse de forma sencilla una señal de velocidad, la cual en una secuencia ulterior puede dividirse mediante análisis de Fourier en diferentes componentes de frecuencia. El espectro de vibraciones puede convertirse después, de forma relativamente sencilla, en un espectro proporcional al ruido y en un paso adicional asociarse a una clase de ruido.

10 Es conveniente que durante la clasificación de la chapa eléctrica se tengan en cuenta ya las condiciones operacionales posteriores de la máquina eléctrica, es decir, el bobinado excitador se alimenta con 50 Hz (Europa) ó 60 Hz (EE.UU.) y amplitud variable.

15 Ha quedado demostrado que puede ser favorable que el flujo magnético generado mediante el devanado excitador en el bobinado de cinta se prefije escalonadamente, en un intervalo técnicamente relevante de entre 0,5 T a 2 T. En la práctica ha quedado demostrado con ello que son favorables etapas de aproximadamente 0,1 T. Por medio de esto puede establecerse el comportamiento acústico a esperar en función de la modulación magnética.

Puede conseguirse en especial una buena clasificación del comportamiento acústico de la chapa eléctrica si, durante la valoración de las señales de medición de los detectores, sólo se utilizan amplitudes de velocidad de múltiplos enteros de la frecuencia prefijada (100 Hz, 150 Hz, 200 Hz,... respectivamente 120 Hz, 180 Hz, 240 Hz,...).

20 Aparte de esto puede ser favorable que los porcentajes de velocidad espectrales se normalicen a una anchura determinada del bobinado de cinta, por ejemplo a una anchura de 1 m. Por medio de esto la clasificación es independiente del tamaño de la bobina enviada.

Puede conseguirse una previsión especialmente precisa, por medio de que las vibraciones del bobinado de cinta se detectan mediante varios sensores en uno o en ambos lados frontales y estas señales de medición se promedien.

25 Es favorable que los valores medidos se conviertan en niveles de ruido (niveles de potencia acústica) y se archiven en un banco de datos, de tal modo que a determinados valores de la densidad de flujo magnética pueda asociarse en cada caso una variación de forma del material de chapa, que se produce durante el funcionamiento.

Como sensores para detectar la deformación pueden usarse con ello diferentes principios de medición; por ejemplo piezo-receptores, interferómetros láser, convertidores de medición resistivos, capacitivos o inductivos.

30 Descripción breve de los dibujos

Para una explicación ulterior de la invención se hace referencia en la siguiente parte de la descripción a los dibujos, en los que pueden deducirse configuraciones, detalles y perfeccionamiento ventajosos adicionales de la invención.

Aquí muestran:

35 la figura 1 un bobinado de cinta con un devanado excitador y un dispositivo de medición y valoración conforme a la invención para clasificar el bobinado de cinta con relación a la emisión acústica y pérdidas, en una representación esquemática;

la figura 2 una representación en detalle de la figura 1, en la cual se ha representado la disposición de un dispositivo sensorial de aceleraciones sobre una superficie frontal del bobinado de cinta, en corte;

40 la figura 3 una representación en detalle de la figura 1, en la cual se ha representado la disposición de un dispositivo sensorial óptico sobre una superficie frontal del bobinado de cinta, en corte;

Ejecución de la invención

45 La figura 1 muestra en un esquema espacial un bobinado de cinta 1 cilíndrico hueco. A la hora de fabricar una máquina eléctrica, como por ejemplo un transformador de potencia, un bobinado de cinta 1 de este tipo representa el producto inicial, a partir del cual en un paso de tratamiento posterior se estampan las diferentes piezas de chapa del núcleo del transformador magnético blando. Habitualmente un bobinado de cinta de este tipo en la construcción de

grandes máquinas tiene aproximadamente un diámetro de hasta 900 mm, una anchura de 70 cm a 1 m, y una masa de aproximadamente 1 a 5 toneladas.

5 Como ya se ha citado al comienzo, la práctica muestra que el comportamiento acústico de máquinas eléctricas, que se producen a partir de un material inicial de este tipo, varía con más o menos intensidad de bobinado de cinta en bobinado de cinta. A la hora de producir una máquina eléctrica poco ruidosa, sin embargo, se tiende a utilizar un material magnético blando con características de estricción magnética lo más favorables posible.

10 Conforme a la invención se clasifica, respectivamente se categoriza a continuación en conjunto un bobinado de cinta o bobina 1 (en esta forma se envía el material habitualmente durante la producción de una máquina eléctrica). Para esto la bobina 1 se dota de un devanado excitador 2. Como puede verse en la figura 1, este devanado excitador 2 se extiende transversalmente a la dirección periférica 11 en la dirección del eje 13 y abraza en espiral la superficie envolvente exterior 9, las superficies frontales 7 y 8, así como la superficie envolvente interior 10 del bobinado de cinta 1 cilíndrico hueco. El devanado excitador 2 está unido a un dispositivo de alimentación 5. El dispositivo de alimentación 5 alimenta el devanado excitador 2 con una tensión de alimentación sinusoidal, que puede ajustarse en cuanto a frecuencia y amplitud.

15 Para clasificar el bobinado de cinta con relación a la emisión acústica a continuación se aplica al devanado excitador 2 una tensión sinusoidal, de forma preferida con por ejemplo 50 Hz o 60 Hz. La corriente alterna que fluye en el devanado excitador 2 produce que en el bobinado de cinta 1 se configure un flujo alterno magnético dirigido en la dirección periférica 11.

20 La corriente alimentada en el devanado excitador se detecta mediante un sensor de corriente 23. El valor de medición 24 proporcionado por el sensor de corriente se alimenta a una unidad de valoración 4.

Para detectar en el bobinado de chapa 1 el flujo magnético provocado por el devanado excitador 2, está dispuesto alrededor del bobinado de cinta 1 un bucle de medición 6. En el caso de una variación de flujo en el bobinado de chapa 1 se induce en el bucle de medición 6 una tensión, que es proporcional a la densidad de flujo magnética B. La tensión inducida se alimenta como valor de medición 22 al dispositivo de valoración 4.

25 El flujo alterno magnético que se extiende en la dirección periférica 11 del bobinado de cinta 1 produce, mediante la estricción magnética del material magnético blando, una variación de forma del bobinado de cinta 1. Se produce tanto una variación de la longitud de bobinado como una contracción transversal, es decir, una variación de la longitud axial del bobinado de cinta 1.

30 Para detectar esta deformación, sobre la superficie frontal 7 está dispuesto un dispositivo sensorial 3. Los sensores 3 entregan señales de medición 21, que también se alimentan al dispositivo de valoración 4.

Para clasificar el bobinado de cinta con relación a la emisión acústica se modifica a continuación la tensión de alimentación del devanado excitador 2 escalonadamente, hasta que se alcanza un valor determinado de la densidad de flujo en el bobinado de cinta 1. Para esta densidad de flujo ajustada se valoran como sigue en el dispositivo de valoración 4 las señales de medición proporcionadas por los sensores 3.

35 En el dispositivo de valoración 4 se dividen en componentes de frecuencia las señales de medición de los sensores 3 mediante un análisis de Fourier. Con ello sólo se contemplan amplitudes de velocidad de los múltiplos enteros de 50 Hz, respectivamente 60 Hz.

40 Las amplitudes de velocidad espectrales se normalizan a una unidad de longitud del bobinado de cinta 1, por ejemplo a un metro de anchura de chapa del bobinado de cinta 1. Para cada componente de frecuencia se forma un valor medio:

$$\bar{V}_j = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M v_{j,i}$$

$V_j$ . Velocidad media a frecuencia j

M. Número de receptores

j Componente de frecuencia j-ésimo (por ejemplo componente de 100 Hz)

A continuación se calcula para cada componente de frecuencia un nivel de potencia acústica promediada.

$$L_{W,j} = 10 \cdot C_j \cdot \log(\bar{V}_j)^2$$

C<sub>j</sub> Factor de adaptación

- 5 Los factores de adaptación C<sub>j</sub> tienen en cuenta diferencias en la radiación acústica de diferentes componentes de frecuencia j. Los factores de adaptación C<sub>j</sub> se eligen cuantitativamente de tal modo, que representan la relación entre una superficie vibratoria de 1 m<sup>2</sup> y la potencia acústica L<sub>w</sub>.

En otro paso se calculan el nivel acústico no valorado y el A-valorado conforme a la fórmula

$$L_W = 10 \cdot \log \left( \sum_{j=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{W,j}} \right)$$

- 10 N. Número de múltiplos de 50 Hz, respectivamente

$$L_{WA} = 10 \cdot \log \left( \sum_{j=1}^N 10^{0,1 \cdot (L_{W,j} - A_j)} \right)$$

A<sub>j</sub> Valoración A a la frecuencia f<sub>j</sub>.

- 15 En el dispositivo de valoración 4 está implementado un dispositivo de archivo 20 configurado como banco de datos, en el que están archivados valores de medición de la densidad de flujo, los niveles de potencia acústica total relativos calculados y componentes espectrales. Acudiendo a estos valores pueden clasificarse los bobinados de cinta y, de este modo, preverse mejor la influencia de un bobinado de cinta en el comportamiento acústico de una máquina eléctrica.

- 20 Para cada valor prefijado de la densidad de flujo se establece al mismo tiempo también el valor de pérdida magnético y la necesidad de magnetización del bobinado de cinta. Estos valores se archivan también en el banco de datos 20. Por medio de esto es posible prever con más precisión, también las pérdidas de magnetización y la necesidad de corriente de magnetización de una máquina eléctrica.

- 25 La figura 2 muestra una posible disposición de un dispositivo sensorial 3. Se ha representado una forma de ejecución a modo de ejemplo, en la que el sensor 3 está configurado como un sensor de aceleración 14 y está dispuesto, mediante una pieza intermedia 16 y mediante un imán permanente 15, sobre una superficie frontal 17 del bobinado de cinta 1 cilíndrico hueco. El sensor de aceleración 14 detecta la deformación axial del bobinado de chapa 1, que se genera a causa del flujo alterno magnético en el bobinado de chapa 1. La información de medición se alimenta como señal de medición 21 a la unidad de valoración 4 (véase la figura 1). La fijación del sensor 3 podría realizarse también de otro modo, por ejemplo mediante una unión por pegado o encerado. Como ya se ha citado, sobre la superficie frontal 7 pueden estar fijados varios sensores de este u otro modo.

- 30 En la figura 3 se muestra otra ejecución del dispositivo sensorial. El dispositivo sensorial 3 está configurado aquí como dispositivo sensorial óptico. Un dispositivo emisor óptico 17 genera un haz luminoso 12 dirigido hacia un reflector 19. Este haz luminoso 12 se refleja de diferente forma conforme a la estricción magnética del material magnético blando, lo que reconoce un detector óptico 18. La información de medición del detector 18 se alimenta de nuevo a la unidad de valoración 4.

Para detectar la deformación del bobinado de chapa 1 también son concebibles como se ha citado ya otros métodos de medición, por ejemplo receptores de medición resistivos, capacitivos o inductivos.

- 5 El procedimiento conforme a la invención hace posible reunir juntos bobinado de cintas (bobinas) en una clase, y precisamente al mismo tiempo tanto en cuanto a la emisión acústica a esperar como a las pérdidas magnéticas y a la necesidad de corriente de magnetización. Mediante la valoración conjunta se eliminan características de material al principio y al final del bobinado de cinta.

Lista de los símbolos de referencia utilizados

	1	Bobinado de cinta (bobina)
	2	Devanado excitador
10	3	Dispositivo sensorial
	4	Dispositivo de valoración
	5	Dispositivo de alimentación
	6	Bucle de medición
	7	Superficie frontal
15	8	Superficie frontal
	9	Superficie envolvente exterior
	10	Superficie envolvente interior
	11	Dirección periférica
	12	Haz luminoso
20	13	Eje
	14	Sensor de aceleración
	15	Imán permanente
	16	Pieza intermedia
	17	Dispositivo emisor óptico
25	18	Dispositivo receptor óptico
	19	Reflector
	20	Dispositivo de archivo, banco de datos
	21	Señal de medición de los sensores 3
	22	Señal de medición de la tensión inducida en 6 (densidad de flujo magnética B en la bobina 1)
30	23	Sensor de corriente
	24	Señal de medición del sensor de corriente 23

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para clasificar chapa eléctrica, que se utiliza para la fabricación de una máquina eléctrica y se presenta en forma de bobinado de cinta (1), caracterizado porque
- 5           - en el bobinado de cinta (1) se genera, mediante un devanado excitador (2) alimentado desde un dispositivo de alimentación (5), un flujo magnético variable en el tiempo que causa una variación de forma del bobinado de cinta (1) y pérdidas magnéticas,
- la variación de forma y/o las pérdidas magnéticas se miden mediante un dispositivo de medición (3, 6, 23) y la señal de medición (21, 22, 24) obtenida con ello se alimenta a un dispositivo de valoración (4), y
- 10           - el dispositivo de valoración (4) lleva a cabo, mediante la utilización de la señal de medición (21, 22, 24), una categorización de la chapa eléctrica con relación a la emisión acústica y/o a las pérdidas magnéticas.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de medición (3, 6, 23) presenta un dispositivo sensorial (3), que está dispuesto sobre una o ambas superficies frontales (7, 8) del bobinado de cinta (1).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el dispositivo sensorial (3) está formado por al menos un sensor de aceleración (14).
- 15           4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque el al menos un dispositivo sensorial (14) genera una señal de medición (21), la cual en el dispositivo de valoración (4) se convierte en una señal de velocidad, que a continuación se divide en componentes de frecuencia.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque en el dispositivo de valoración (4) se lleva a cabo una transformada de Fourier (FFT).
- 20           6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque al devanado excitador (2) se alimenta una tensión de alimentación sinusoidal con frecuencia prefijable, en especial con una frecuencia de 50 Hz o 60 Hz, y de amplitud prefijable.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque el flujo magnético se prefija en un margen técnicamente relevante de entre 0,5 T y 2 T en etapas, en especial en etapas de 0,1 T.
- 25           8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque para la categorización de la chapa eléctrica sólo se utilizan amplitudes de velocidad de los múltiplos enteros de la frecuencia prefijada.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque las amplitudes de velocidad se normalizan a una unidad de anchura del bobinado de cinta (1), en especial a una anchura de 1 m.
- 30           10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque en el dispositivo de valoración (4) se forma, a partir de amplitudes de velocidad espectrales, un valor medio conforme a la fórmula

$$\bar{V}_j = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M v_{j,i}$$

V<sub>j</sub>.        Velocidad media a frecuencia j

M.         Número de receptores

j            Componente de frecuencia j-ésimo (por ejemplo componente de 100 Hz)

- 35           11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque para cada componente de frecuencia del análisis rápido de Fourier se forma un nivel de potencia acústica promediada, conforme a la fórmula

$$L_{W,j} = 10 \cdot C_j \cdot \log(\bar{V}_j)^2$$

C<sub>j</sub>. Factor de adaptación

12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque en el dispositivo de valoración (4) se calculan, utilizando la fórmula

$$L_W = 10 \cdot \log \left( \sum_{j=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{W,j}} \right)$$

5

N. Número de múltiplos de 50 Hz

un nivel de potencia acústica total y un nivel de potencia acústica total A-valorado, conforme a la fórmula

$$L_{WA} = 10 \cdot \log \left( \sum_{j=1}^N 10^{0,1 \cdot (L_{W,j} - A_j)} \right)$$

A<sub>j</sub> Valoración A a la frecuencia f<sub>j</sub>.

10 13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque el dispositivo de medición (3, 6, 23) presenta un bucle de medición (6), que detecta la densidad de flujo magnética en el bobinado de cinta (1) como valor de medición (22) y este valor de medición (22) se alimenta al dispositivo de valoración (4).

15 14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado porque los niveles de potencia acústica total relativos calculados, así como los componentes espectrales y los valores de medición de la densidad de flujo magnética, se archivan en un dispositivo de archivo (20) del dispositivo de valoración (4).

15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado porque en el dispositivo de valoración (4) se calcula un valor de pérdida, en cada caso para un valor de una densidad de flujo magnética en el bobinado de cinta (1), y se archivan en el dispositivo de archivo (20).



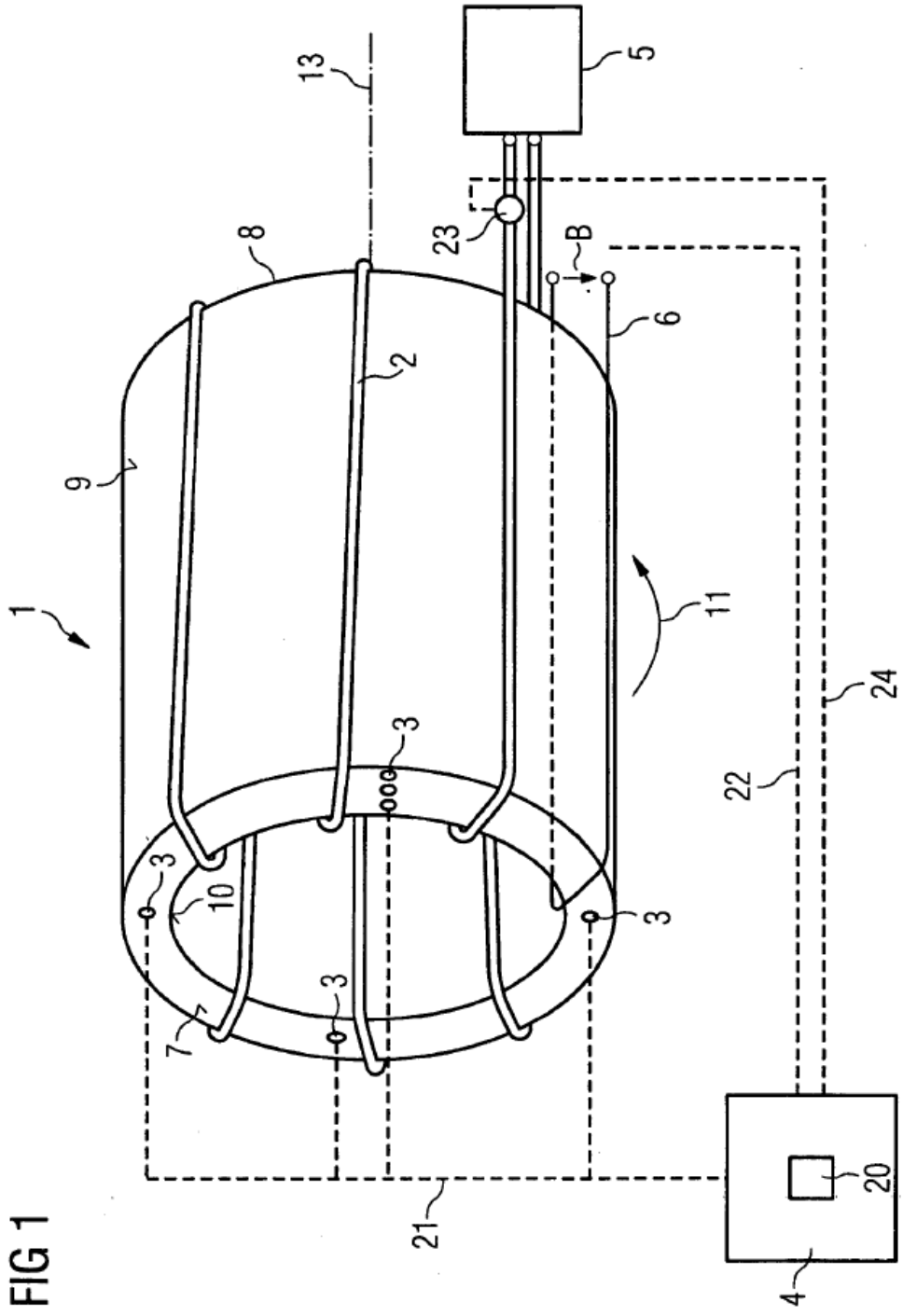


FIG 2

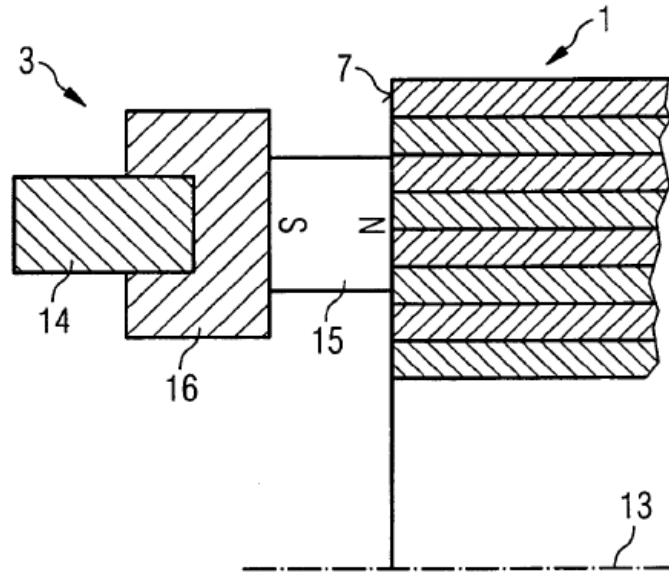


FIG 3

