

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 697 052**

51 Int. Cl.:

H02K 15/03 (2006.01)

H01F 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.12.2011 PCT/DK2011/050521**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.07.2012 WO12089217**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2011 E 11808571 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 2659576**

54 Título: **Elemento de imantación para máquinas eléctricas**

30 Prioridad:
29.12.2010 US 201061427818 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.01.2019

73 Titular/es:
**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:
MONGEAU, PETER

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 697 052 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

Elemento de imantación para máquinas eléctricas

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un aparato para imantar material de imán permanente en un rotor, la invención se refiere además a un método para imantar material de imán permanente en un rotor.

Sumario de la invención

10 En general, el uso de una máquina eléctrica, y también para turbinas eólicas comprende el uso de uno de al menos dos tipos básicos de generadores, es decir, generadores basados en electromagnetismo o imanes permanentes, respectivamente. La presente invención se refiere a un elemento de imantación para imantar un generador que comprende imanes permanentes (PM). La invención no se limita a generadores o máquinas eléctricas en turbinas eólicas; también se aplica a todo el resto de aplicaciones.

Los generadores de PM comprenden dos componentes, es decir, un campo magnético de rotación construido usando imanes permanentes, conocido como el rotor y un armazón estacionario construido usando devanados eléctricos ubicados en un núcleo de hierro ranurado, conocido como el estator.

15 En estado imantado, dichos imanes permanentes tienen un polo magnético atraído al norte y un polo magnético atraído al sur, respectivamente. Tipos de polos opuestos se atraen, mientras que polos del mismo tipo se repelen uno con respecto a otro. Además, polos de cualquier tipo atraen hierro, acero y algunos metales adicionales tales como níquel y cobalto. Todo lo anterior se considera conocimiento habitual del experto en la técnica.

20 Los imanes permanentes se realizan de material ferro- (o ferri-) magnético tal como NdFeB, SiFe, SrFeO o similares. Durante la formación del material magnético, grupos atómicos muy pequeños denominados dominios magnéticos actúan como una unidad magnética y producen un momento magnético. Los mismos dominios se alinean a sí mismos en la misma dirección en un volumen pequeño. En estado no imantado, la pluralidad de dominios de dicho imán permanente se organiza de manera no alineada mediante lo cual, a mayor escala, sustancialmente se cancelan uno con respecto a otro dando como resultado la ausencia de un campo magnético o un campo magnético global débil.

25 Al imantar un imán permanente ferromagnético, por ejemplo, colocándolo en un campo magnético externo tal como el producido en un solenoide con una corriente continua pasando a su través, todos los dominios tienden a alinearse con el campo magnético externo. Algunos dominios se alinean más fácilmente que otros de modo que el momento magnético resultante depende de la intensidad de los campos magnéticos aplicados, aumentando hasta que todos los dominios posibles estén alineados.

30 Si un material ferromagnético se expone a temperaturas por encima de su temperatura de Curie específica pierde su capacidad magnética característica a medida que las fluctuaciones térmicas destruyen la alineación de dichos dominios.

35 Habitualmente, los imanes permanentes son sustancialmente no magnéticos cuando se producen, pero deben imantarse posteriormente, por ejemplo, en la ubicación de producción, justo antes de ensamblarse o después de construirse como componentes que dan como resultado, por ejemplo, generadores. Esta invención se refiere a una idea en la que el rotor está equipado con material de imán permanente no magnético. La invención es un dispositivo para imantar un rotor de una máquina eléctrica tal como se define en la reivindicación 1, un método para imantar un rotor de una máquina eléctrica tal como se define en la reivindicación 12. Realizaciones adicionales de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes 2 - 11, 13 y 14.

40 En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un dispositivo para imantar un rotor de una máquina eléctrica con una clasificación de potencia de al menos 1 MW, en el que el rotor comprende material de imán permanente, comprendiendo dicho dispositivo una culata con una bobina electromagnética dispuesta para producir un campo magnético pulsado para imantar el material de imán permanente, en el que el campo magnético es suficiente para imantar un polo magnético permanente en el que el rotor y la culata se encuentran en una relación fija entre sí.

45 Cada uno de los polos magnéticos incluye uno o más imanes permanentes, estando cada uno compuesto por un material magnético permanente susceptible de imantarse de manera permanente mediante un campo magnético pulsado intenso y, una vez imantado, puede generar un campo electromagnético elevado. Cuando el material magnético permanente se produce, grupos atómicos en volúmenes pequeños se alinean mutuamente con una dirección de polarización compartida, conocidos como dominios magnéticos para producir momentos magnéticos.

50 Para imantar un polo de una máquina eléctrica con un tamaño mayor de 1MW se requiere que el campo magnético cubra una zona igual al polo o similar, y la densidad de flujo dentro de la zona cubierta necesita, al mismo tiempo, ser casi homogénea, si no, el material de imán permanente no se utiliza apropiadamente.

El campo magnético grande se realiza con una culata de elemento de imantación, realizada de una lámina de hierro laminado u otro material conocido en el campo de máquinas eléctricas o transformadores laminados. En la culata se encuentran varias ranuras para recibir una bobina de devanados eléctricos. La bobina se conecta a una fuente de alimentación que suministra la energía eléctrica para producir el campo magnético.

5 Según una realización de la invención el rotor se desplaza en la dirección radial antes de imantar un polo magnético permanente adicional.

Después de imantar un polo magnético el árbol del rotor se hace rotar para alinear el rotor y la culata para imantar el siguiente polo magnético.

10 Según un ejemplo, que no forma parte de la invención reivindicada, la razón entre la longitud del al menos un polo magnético permanente y la longitud de la culata es menor que o igual a uno.

Una ventaja de este ejemplo es que el tiempo de fabricación se reduce ya que el procedimiento de imantación es un pulso por polo magnético, ya que la longitud física de la laminación de rotor y el material de imán permanente es más corta que la longitud de la laminación de la culata. Otra ventaja es que el banco de imantación no necesita tener un sistema para mover el rotor en la dirección axial en relación con la culata.

15 Según la invención, la razón entre la longitud del al menos un polo magnético permanente y la longitud de la culata es entre uno y dos, y en la que el rotor se desplaza en la dirección axial del rotor entre pulsos magnéticos primero y segundo.

20 Una ventaja de la presente realización es que el elemento de imantación puede diseñarse para trabajar con máquinas con rotores de diversas longitudes, un rotor para una máquina con una clasificación de 1MW puede tener una longitud en la que un pulso puede imantar un polo, mientras que un rotor con una clasificación de 2MW con el mismo diámetro de rotor puede imantarse con 2 pulsos.

Según una realización de la invención, la culata comprende una zona rebajada, en la que la zona rebajada se conforma para recibir una sección angular del rotor.

25 Una ventaja de la presente realización es que el entrehierro entre la culata y el núcleo de rotor se minimiza. El tamaño de la sección angular debe cubrir al menos un polo magnético.

Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además un apoyo de rotor dispuesto en la parte superior de la culata.

30 Ventajas de reivindicaciones anteriores y presentes son que no existe o existe muy poco entrehierro entre culata y rotor, y, por tanto, la energía magnética necesaria para imantar el polo magnético se reduce. Una ventaja adicional es que el apoyo protege la superficie del núcleo de rotor frente a tensiones mecánicas durante la imantación, especialmente durante la pulsación del campo magnético.

El apoyo de rotor está destinado a la protección del rotor durante la imantación, en el que se aplica una gran fuerza magnética tanto a la culata como al rotor. El apoyo también garantiza un entrehierro específico durante la imantación.

35 Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además una disposición de enfriamiento para enfriar la culata.

40 Una ventaja de la presente realización es que durante la imantación se disipa una gran cantidad de energía en la bobina con el fin de producir campos magnéticos elevados en pulsos. Esto provocará pérdidas en el sistema que calentarán de nuevo la culata. Con el fin de poder hacer funcionar el dispositivo frecuentemente, es importante un sistema de enfriamiento para la culata.

Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además una fuente de alimentación para proporcionar energía eléctrica a la bobina electromagnética en la culata para generar un campo magnético con el fin de imantar el material magnético permanente.

45 Una ventaja de la presente realización es que el elemento de imantación puede suministrar la energía para producir el campo magnético. La energía puede almacenarse en condensadores cargados y la descarga se controla mediante conmutadores electrónicos.

Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además una abrazadera para mantener el rotor en una relación fija con respecto a la culata durante la imantación.

50 Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además un indexador para hacer rotar el rotor alrededor de un árbol del rotor, el indexador se dispone para garantizar que el material magnético en el rotor esté colocado con respecto a la culata.

Una ventaja de la presente realización es que el indexador fija el rotor con un conjunto de imán en posiciones apropiadas para la imantación. Para conseguir una imantación óptima del material de PM, el rotor con conjunto de imán necesita encontrarse en la posición correcta, es decir, el material de PM debe estar alineado con la culata. El indexador soporta el árbol de rotor, y puede bloquearse en la ranura de chaveta de árbol de rotor existente.

- 5 Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además una culata superior con una segunda bobina electromagnética dispuesta para producir un campo magnético pulsado para imantar el material de imán permanente, en el que el campo magnético es suficiente para imantar un segundo polo magnético permanente, en el que el rotor y la segunda culata se encuentran en una relación fija entre sí.

- 10 Según una realización de la invención, la culata y la culata superior se disponen de modo que la culata y la culata superior se disponen para imantar un polo magnético permanente mientras que el rotor y las culatas se encuentran en una relación fija entre sí.

- 15 Una ventaja de la presente realización es que la longitud de la culata superior es de tal modo que un campo magnético proporcionado por la culata superior es adecuado para imantar un polo magnético, de un rotor con una longitud dada, en un único pulso, y en la que la culata tiene una longitud de tal modo que un campo magnético proporcionado por la culata es adecuado para imantar un polo magnético de rotor con otra longitud, en un único pulso.

Las dos culatas pueden compartir la fuente de alimentación, o cada una puede tener su propia fuente de alimentación.

Según una realización de la invención, la máquina eléctrica es un generador eléctrico de una turbina eólica.

- 20 En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un método para imantar un rotor de una máquina eléctrica con una clasificación de potencia de al menos 1 MW, en el que el rotor comprende material de imán permanente, comprendiendo dicho método la etapa de

- disponer el rotor con respecto a una culata en una relación fija entre sí, en el que la culata tiene una bobina electromagnética dispuesta para producir un campo magnético pulsado,

- 25 - pulsar el campo magnético para imantar el material de imán permanente, en el que el campo magnético es suficiente para imantar un polo magnético permanente.

Las ventajas del segundo aspecto son equivalentes a las ventajas del primer aspecto de la presente invención.

- 30 En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un sistema de control para hacer funcionar el dispositivo para imantar un rotor según cualquiera de las realizaciones mencionadas anteriormente con el fin de que el dispositivo lleve a cabo el método del segundo aspecto de manera automatizada.

Una ventaja del presente aspecto es que el sistema de control garantiza una imantación uniforme de las máquinas eléctricas. Esto se refiere tanto a entre polo y polo, como también entre máquinas. El sistema de control también puede llevar un registro de datos de fabricación para cada máquina para uso adicional.

- 35 Muchas de las presentes características se apreciarán más fácilmente ya que se entenderán mejor mediante la referencia a la siguiente descripción detallada tenida en consideración en relación con los dibujos adjuntos. Las características preferidas pueden combinarse según sea apropiado, tal como será evidente para un experto en la técnica, y pueden combinarse con cualquiera de los aspectos de la invención.

Breve descripción de los dibujos

- 40 La figura 1 muestra un elemento de imantación completo y una unidad de carga de rotor según un aspecto de la invención.

La figura 2 muestra una vista de extremo del rotor que se encuentra sobre la culata, el rotor está alineado con la culata, la figura solamente muestra una sección angular del rotor.

La figura 3 muestra una culata desmontada con muchas de las características principales.

- 45 La figura 4 muestra el dispositivo con un rotor sobre la culata sostenido por la abrazadera y con el elemento de giro unido a cada extremo del árbol de rotor.

La figura 5 muestra un rotor que pivota desde la culata de elemento de imantación hasta la unidad de carga de rotor.

La figura 6 muestra un rotor en la unidad de carga de rotor sin las instalaciones de carga de rotor unidas al extremo del rotor, los brazos de giro siguen portando el rotor.

- 50 La figura 7 muestra un rotor unido a las instalaciones de carga de rotor, preparado para insertarse en un alojamiento de estator. El brazo de giro de rotor está preparado para recibir un nuevo rotor en el elemento de imantación.

La figura 8 muestra una vista lateral del elemento de imantación con un rotor colocado sobre la culata, la longitud de la laminación de rotor es igual a o menor que la longitud de la laminación de culata. (Ejemplo, que no forma parte de la invención reivindicada).

5 La figura 9 muestra una vista lateral del elemento de imantación con un rotor colocado sobre la culata, la longitud de la laminación de rotor es mayor que la longitud de la laminación de culata. El rotor se encuentra en una primera posición.

La figura 10 muestra una vista lateral del elemento de imantación con un rotor colocado sobre la culata, la longitud de la laminación de rotor es mayor que la longitud de la laminación de culata. El rotor se encuentra en una segunda posición.

10 La figura 11 muestra un diagrama de flujo de un método para imantar un rotor de una máquina eléctrica con una clasificación de potencia de al menos 1 MW, en el que el rotor comprende material de imán permanente, según la invención.

La figura 12 muestra un sistema según la invención en el que el conjunto de culata de elemento de imantación 101 es una subparte del sistema de imantación 100.

15 La figura 13 muestra un diagrama de flujo de un método para imantar y ensamblar un rotor de una máquina eléctrica con una clasificación de potencia de al menos 1 MW, en el que el rotor comprende material de imán permanente, según la invención.

Descripción detallada de la invención

20 Ahora se explicará la presente invención en detalle adicional. Mientras que la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han dado a conocer realizaciones específicas a modo de ejemplos. Sin embargo, debe comprenderse que la invención no pretende limitarse a las formas particulares dadas a conocer. En su lugar, la invención está destinada a incluir todas las modificaciones, equivalentes, y alternativas que se encuentran dentro del alcance de la invención tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

25 En general, el uso de la máquina eléctrica, y también para turbinas eólicas, comprende el uso de al menos dos tipos básicos de generadores, es decir, generadores basados en electromagnetismo o imanes permanentes 22, respectivamente (véase la figura 2). La presente invención se refiere a un elemento de imantación para imantar un generador que comprende imanes permanentes (PM) 22. La invención no se limita a generadores eléctricos o máquinas en turbinas eólicas; también se aplica a todo el resto de aplicaciones.

30 Los generadores de PM comprenden dos componentes, es decir, un campo magnético de rotación construido usando imanes permanentes 22, conocido como el rotor 20 y un armazón estacionario construido usando devanados eléctricos ubicados en un núcleo de hierro ranurado, conocido como el estator.

35 En estado imantado, dichos imanes permanentes 22 tienen un polo magnético atraído al norte y un polo magnético atraído al sur, respectivamente. Tipos de polos opuestos se atraen, mientras que polos del mismo tipo se repelen uno con respecto a otro. Además, polos de cualquier tipo atraen hierro, acero y algunos metales adicionales tales como níquel y cobalto. Todo lo anterior se considera conocimiento habitual del experto en la técnica.

40 Los imanes permanentes 22 se realizan de material ferro- (o ferri-) magnético tal como NdFeB, SiFe, SrFeO o similares. Durante la formación del material magnético, grupos atómicos muy pequeños denominados dominios magnéticos actúan como una unidad magnética y producen un momento magnético. Los mismos dominios se alinean a sí mismos en la misma dirección en un volumen pequeño. En estado no imantado, la pluralidad dominios de dicho imán permanente se organizan de manera no alineada mediante lo cual, a mayor escala, se cancelan sustancialmente uno con respecto a otro dando como resultado la ausencia de un campo magnético o un campo magnético global débil.

45 Al imantar un imán permanente ferromagnético, por ejemplo, colocándolo en un campo magnético externo tal como el producido en un solenoide 1 con una corriente continua pasando a su través, todos los dominios tienden a alinearse con el campo magnético externo. Algunos dominios se alinean más fácilmente que otros de modo que el momento magnético resultante depende de cómo de intensos sean los campos magnéticos aplicados, aumentando hasta que todos los dominios posibles estén alineados.

50 Si un material ferromagnético se expone a temperaturas por encima de su temperatura de Curie específica pierde su capacidad magnética característica a medida que las fluctuaciones térmicas destruyen la alineación de dichos dominios.

Habitualmente, los imanes permanentes 22 son sustancialmente no magnéticos cuando se producen pero deben imantarse posteriormente, por ejemplo, en la ubicación de producción, justo antes de ensamblarse o después de construirse como componentes que dan como resultado, por ejemplo, generadores. Esta invención se refiere a una idea en la que el rotor está equipado con material de imán permanente no magnético.

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un dispositivo para imantar un rotor de una máquina eléctrica con una clasificación de potencia de al menos 1 MW, en el que el rotor 20 comprende material de imán permanente, el dispositivo de imantación 101 comprende una culata o núcleo de laminación 2 con una bobina electromagnética 1 dispuesta para producir un campo magnético pulsado para imantar el material de imán permanente, en el que el campo magnético es suficiente para imantar un polo magnético permanente 23 en el que el rotor 20 y el núcleo laminado o culata 2 se encuentran en una relación fija entre sí.

Cada uno de los polos magnéticos 23 incluye uno o más imanes permanentes 22, estando cada uno compuesto por un material magnético permanente susceptible de imantarse de manera permanente mediante un campo magnético pulsado intenso y, una vez imantado, puede generar un campo electromagnético elevado. Cuando el material magnético permanente se produce, grupos atómicos en volúmenes pequeños se alinean mutuamente con una dirección de polarización compartida, conocidos como dominios magnéticos para producir momentos magnéticos.

Para imantar un polo magnético 23 de una máquina eléctrica con un tamaño mayor de 1MW se requiere que el campo magnético cubra una zona igual al polo o similar. La densidad de flujo dentro de la zona cubierta necesita, al mismo tiempo, ser casi homogénea, si no, el material de imán permanente no se utiliza apropiadamente.

El campo magnético grande se realiza con culata de elemento de imantación, realizada de láminas de hierro/acero laminado u otro material conocido en el campo de máquinas eléctricas o transformadores laminados. En la culata 2 se encuentran varias ranuras para recibir una bobina 1 de devanados eléctricos. La bobina 1 se conecta a una fuente de alimentación 13 que suministra la energía eléctrica para producir el campo magnético.

La figura 1 muestra un conjunto de imantación y de máquina para la inserción del rotor 20 en el estator 25 que incluye equipo de manipulación 31 para manipular el rotor 20 con imanes permanentes imantados 22. La figura muestra el componente montado en un sistema base 50, con un rotor ubicado en el conjunto de culata de elemento de imantación 101, el árbol 21 del rotor se une a un indexador rotativo 14, el conjunto de culata 101 se alimenta con energía eléctrica a través de cables en un conducto de cable 9, y la energía eléctrica se suministra desde una fuente de alimentación 13. El rotor 20 se mantiene en una relación fija con respecto a la culata 2, mediante un brazo de giro de rotor 31 que puede agarrar los extremos del árbol 21, además existe una abrazadera de máquina 34 para mantener el rotor en su sitio. La abrazadera de máquina 34 proporciona una fuerza hacia abajo sobre el núcleo de rotor 20 durante la imantación.

Según una realización de la invención, el conjunto de giro de rotor 30 comprende un brazo de giro de rotor 31 dispuesto para proporcionar una fuerza hacia abajo sobre el rotor para mantener el rotor en posición con respecto a la unidad de elemento de imantación durante la imantación. La fuerza hacia abajo mantiene contacto directo o mantiene un entrehierro entre la superficie del elemento de imantación y el núcleo de rotor 20.

Según una realización de la invención, tal como se observa en la figura 7, la unidad de elemento de imantación está montada en una pista de desplazamiento 36 para mover la unidad de elemento de imantación 101 en paralelo al árbol de rotor 21.

En una realización, la fuente de alimentación 13 (véase la figura 1) incluye un banco de condensadores, un dispositivo de conmutación que conecta el banco de condensadores con los cables conductores de la bobina 1, un circuito de carga configurado para cargar el banco de condensadores, y un sistema de control 80 (no mostrado en las figuras). El circuito de control está configurado para activar el circuito de carga para cargar el banco de condensadores y también está configurado para accionar el dispositivo de conmutación para descargar bruscamente la carga almacenada desde el banco de condensadores como un pulso de corriente continua de alta tensión transitorio a través de la bobina 1. El dispositivo de conmutación puede ser, por ejemplo, un rectificador controlado de silicio. La carga almacenada liberada desde el banco de condensadores genera el pulso de corriente continua en las vueltas de la bobina 1, la que a su vez genera el campo magnético relativamente intenso de corta duración (normalmente algunos milisegundos) usado para imantar cada polo magnético 23. A medida que el pulso de corriente continua en la bobina 1 se disipa, el campo magnético externo colapsa. El circuito de control puede provocar que el banco de condensadores y el dispositivo de conmutación emitan pulsos de corriente continua a la bobina 1 con flujo de corriente o bien en el sentido de las agujas del reloj o bien en el sentido contrario a las agujas del reloj para producir un campo magnético de dos polaridades diferentes según la ley de Faraday. En una realización alternativa, el circuito de carga puede ser un tipo diferente de circuito que puede producir una señal que tiene un nivel de corriente y un cambio de velocidad de corriente adecuados para generar los pulsos de corriente continua requeridos.

La fuente de alimentación 13 se usa entonces para imantar los imanes permanentes 22 que constituyen el polo 23. El circuito de control 80 de la fuente de alimentación 13 se hace funcionar para activar el circuito de carga para cargar el banco de condensadores. Cuando está lo suficientemente cargado, el circuito de control acciona el dispositivo de conmutación de la fuente de alimentación 13 para descargar bruscamente la carga almacenada desde el banco de condensadores como un primer pulso de corriente a través de la bobina 1, por ejemplo, en el sentido de las agujas del reloj. El paso del primer pulso de corriente a través de la bobina 1 genera un campo magnético.

Después de que el rotor 20 se somete a imantación por completo está preparado para insertarse en el estator 25.

Con el fin de transferir el rotor 20 a salvo desde el elemento de imantación 101 hasta la unidad de carga de rotor 60 se usa un conjunto de giro de rotor 30. El conjunto de giro de rotor puede observarse en la figura 7, en la que los brazos de giro de rotor 31 están vacíos. Los brazos de giro de rotor están montados en un árbol de giro 32 que puede rotar y, por tanto, hacer pivotar un rotor desde el elemento de imantación 101 hasta la unidad de carga de rotor 60. El árbol rota mediante un elemento de accionamiento de giro 35, que puede controlarse mediante un sistema de control automatizado 80. Los brazos de giro de rotor 31 tienen un elemento de bloqueo de árbol 40 unido a cada uno de los brazos. Los elementos de bloqueo de árbol 40 bloquean el árbol de rotor 21 y mantienen el árbol de rotor en la zona rebajada 42 del brazo de giro de rotor 31.

Una ventaja de la presente realización es que el dispositivo puede manipular los componentes principales de la máquina eléctrica mientras que los imanes se imantan. Según una realización de la invención, la unidad de traslación comprende un conjunto de giro de rotor y un elemento de accionamiento de giro de rotor dispuestos para hacer pivotar el conjunto de giro de rotor 30 desde una primera posición hasta una segunda posición. Una ventaja de la presente realización es que el conjunto de giro de rotor 30 está dispuesto para mover el rotor desde la unidad de elemento de imantación en una parte de una trayectoria circular cuando el conjunto de giro de rotor se hace pivotar mediante el elemento de accionamiento de giro de rotor. Cuando los imanes están imantados o "son vivos" las fuerzas necesarias para mantenerlos alejados del material magnético, tal como hierro etc., es tremenda, por tanto, cuando se mueve el rotor 20 es importante moverlo por medio de una herramienta de manipulación con grados de libertad limitados, al usar un brazo de pivotado 31 solamente tiene que controlarse un grado de libertad mediante el sistema de control automatizado 80.

En una realización de la presente invención, el conjunto de giro de rotor 30 mueve el rotor imantado desde el elemento de imantación 101 hasta la unidad de carga de rotor 60 por medio de un manipulador robótico, en el que el movimiento se controla en una combinación de trayectorias lineales y rotatorias.

En una realización de la presente invención, el conjunto de giro de rotor 30 mueve el rotor imantado desde el elemento de imantación 101 hasta la unidad de carga de rotor 60 por medio de un vehículo, en el que el rotor imantado se coloca sobre el vehículo (no mostrado) y se mueve hasta la unidad de carga de rotor 60 en la que se coloca el rotor en la unidad de carga de rotor 60.

Según una realización de la invención, el conjunto de giro de rotor está montado en una pista de desplazamiento 33 para mover el conjunto de giro de rotor 30 en paralelo al árbol de rotor 21. El movimiento del conjunto de giro de rotor es importante cuando se imanta el polo magnético 23 en rotores 20 más tiempo que la culata 2, tal como se observa en la figura 9. Según una realización de la invención el rotor se desplaza en la dirección radial antes de imantar un polo magnético permanente adicional.

Según un ejemplo, que no forma parte de la invención reivindicada, la razón entre la longitud del al menos un polo magnético permanente y la longitud de la culata es menor que o igual a uno, esto es lo que se muestra en la figura 8 en la que la longitud del núcleo de rotor 20 corresponde a la longitud de la culata de elemento de imantación 2. Una ventaja de esto es que el tiempo de fabricación se reduce, ya que el procedimiento de imantación es un pulso por polo magnético, ya que la longitud física de la laminación de rotor y el material de imán permanente es más corta que o igual a la longitud de la laminación de la culata. Otra ventaja es que el banco de imantación no necesita tener un sistema 33 para mover el rotor en la dirección axial en relación con la culata.

Según la invención, la razón entre la longitud del al menos un polo magnético permanente y la longitud de la culata es entre uno y dos, y en el que el rotor se desplaza en la dirección axial del rotor entre pulsos magnéticos primero y segundo. Esto significa que el rotor 20 se mueve mediante el conjunto de giro de rotor 30. La primera posición se muestra en la figura 9 y la segunda se muestra en la figura 10, o al revés. Una ventaja de la presente realización es que el elemento de imantación puede diseñarse para manipular máquinas con rotores de diversas longitudes, un rotor para una máquina con una clasificación de 1MW puede tener una longitud en la que un pulso puede imantar un polo, mientras que un rotor con una clasificación de 2MW con el mismo diámetro de rotor puede imantarse con 2 pulsos.

La figura 2 muestra una vista de extremo de la culata de elemento de imantación 2, con una sección recortada de un rotor 20 para la imantación. Cada uno de los polos magnéticos 23 incluye uno o más imanes permanentes 22, estando cada uno compuesto por un material magnético permanente susceptible de imantarse de manera permanente mediante un campo magnético intenso y, una vez imantado, puede generar un campo electromagnético elevado. La imantación real se produce cuando un pulso de corriente elevado corto fluye a través de la bobina 1 en la culata 2. Esto genera un campo magnético elevado y el material magnético en el polo magnético 23 se imanta. Dependiendo de la longitud física de la culata 2 y la longitud del núcleo de rotor 20, son necesarios uno o dos pulsos para imantar el polo magnético 23 en toda su longitud. Después de que un polo magnético se ha imantado cualquier fuerza aplicada sobre el rotor 20 mediante el brazo de giro 31 y la abrazadera de máquina 34, se libera. El indexador rotativo 14 (véase la figura 1) puede hacer rotar el rotor 20 para alinearlo con el material magnético permanente no magnético que va a ser el polo magnético 23 adyacente cuando se imanta. Este procedimiento continúa hasta que el rotor 20 se imanta por completo.

El indexador 14 (véase la figura 1) fija el rotor con un conjunto de imán en posiciones adecuadas para la imantación.

Para conseguir una imantación óptima del material de PM, el rotor con conjunto de imán necesita encontrarse en la posición correcta, es decir, el material de PM debe estar alineado con la culata 2. El indexador 14 (véase la figura 1) soporta el árbol de rotor 21, y puede bloquearse en la ranura de chaveta de árbol de rotor existente (no mostrada).

5 Cuando el material magnético permanente se produce, grupos atómicos en volúmenes pequeños se alinean mutuamente con una dirección de polarización compartida, conocidos como dominios magnéticos para producir momentos magnéticos. En un estado no imantado, los diversos dominios del material magnético permanente en cada imán permanente 22 se organizan con diferentes alineaciones de manera que, a mayor escala, los momentos magnéticos se cancelan de manera eficaz uno con respecto a otro dando como resultado una ausencia de campo magnético o un campo magnético global débil. Todos los dominios tienden a alinearse con un campo magnético externo con el fin de imantar el material magnético. Algunos dominios se alinean más fácilmente que otros de modo que el campo magnético resultante del imán permanente imantado 22 depende de la intensidad del campo magnético externo aplicado.

10 En una realización, cada imán permanente 22 es un imán de tierras raras que contiene un material magnético permanente compuesto por una aleación que contiene uno o más elementos de tierras raras (lantánidos), tales como neodimio o samario, que son metales ferromagnéticos. Determinadas aleaciones que contienen elementos de tierras raras y metales de transición, tales como hierro, níquel, o cobalto, tienen una temperatura de Curie muy por encima de la temperatura ambiental, que es una propiedad deseable para los imanes permanentes 22. Aleaciones representativas adecuadas para el material magnético permanente de imanes permanentes 22 incluyen, pero no se limitan a, una aleación de samario que contiene cobalto (SmCo_5) y una aleación de neodimio que contiene hierro y boro ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$). Puede aplicarse una capa de revestimiento o recubrimiento para proteger los imanes permanentes 22 frente a corrosión, rotura, y lascado. Las aleaciones de tierras raras se caracterizan por una estructura cristalina de gran anisotropía magnética que favorece la imantación en una dirección particular mediante un campo magnético intenso pero, una vez imantada, es resistente a imantarse en cualquier dirección diferente. La imantación permanente puede alterarse aplicando intencionadamente un campo magnético que está destinado a desimantar el material magnético permanente.

15 En una realización de una máquina eléctrica, cada polo magnético 23 incluye múltiples imanes permanentes 22 individuales que se unen de manera adhesiva a una superficie exterior del bastidor de rotor o unidos a la misma usando pinzas mecánicas, bastidores, u otras técnicas de sujeción mecánica convencionales para formar cada polo magnético 23. Alternativamente, en lugar de múltiples imanes 54, cada uno de los polos magnéticos 23 puede estar constituido por un único imán permanente, unitario 22 de construcción monolítica.

20 En realizaciones alternativas, el material magnético permanente en los imanes permanentes 22 puede ser un material férrico o de cerámica, o alnico. Sin embargo, se prefieren aleaciones de tierras raras para los imanes permanentes 22 debido a una remanencia (B_r) comparativamente mayor que se refiere a una intensidad de campo magnético, a una coercitividad (H_{ci}) comparativamente mayor que calibra la resistencia a la desimantación, y un producto de energía (BH_{max}) comparativamente mayor que se refiere a densidad de energía.

25 Los imanes permanentes 22 se ilustran en forma de bloques rectangulares que, si múltiples imanes permanentes 22 están presentes en cada polo magnético 23, tienen una disposición de extremo-a-extremo. Sin embargo, cada imán permanente 22 no se limita a tener una forma de bloque rectangular. Los imanes permanentes 22 también tienen una ligera curvatura para conformarse a la forma de la superficie exterior del bastidor de rotor, si están montados en la superficie en lugar de integrarse en el núcleo de rotor 20.

30 El sistema de imantación 100 (véase la figura 1) genera un campo magnético de alta intensidad o intenso de corta duración que se usa para imantar el material magnético en los imanes permanentes 22 de los polos magnéticos 23. El sistema de imantación 100 (véase la figura 1) genera el campo magnético provocando un pulso de corriente elevado transitorio que va a dirigirse desde la fuente de alimentación 13 (véase la figura 1) a través de las vueltas de la bobina 1 del conjunto de culata de elemento de imantación 101 (véase la figura 3). Los campos magnéticos diferenciados generados por las vueltas individuales de la bobina 1 se añaden de manera constructiva para producir el campo magnético total que emana del conjunto de culata de elemento de imantación 101 cuando la bobina 1 se energiza. Generalmente, el campo magnético generado por la bobina 1 aumenta con un aumento del nivel de corriente del pulso de corriente y con el número de vueltas en la bobina 1.

35 La figura 3 muestra una vista detallada del conjunto de culata de elemento de imantación 101. El alma del sistema es la bobina 1 en la que una corriente desde la fuente de alimentación 13 (véase la figura 1) puede fluir y entonces provocar un flujo magnético para la imantación de material de imán permanente. La bobina 1 se integra en ranuras en un núcleo laminado 2, un bloque de extremo 7a, 7b se coloca en ambos extremos del núcleo laminado 2, y el núcleo se termina por una placa de abrazadera 8a, 8b también en ambos extremos. Todas las partes del núcleo se unen en conjunto mediante varillas de unión 12. En la parte superior de las bobinas en la ranura, se colocan palos superiores 11 para proteger la bobina 1. Según una realización de la invención la culata comprende una zona rebajada, en la que la zona rebajada se conforma para recibir una sección angular del rotor. Por tanto, el entrehierro entre la culata y el núcleo de rotor se minimiza. El tamaño de la sección angular debe cubrir al menos un polo magnético 23.

En la realización, un apoyo de rotor 3 se coloca en la parte superior del conjunto de culata 101. El apoyo de rotor sirve para proteger el núcleo de rotor 20, pero también para garantizar un entrehierro bien definido entre el núcleo de rotor y el núcleo laminado 2. No existe o existe muy poco entrehierro entre culata y rotor, y, por tanto, la energía magnética necesaria para imantar el polo magnético se reduce. En una realización el apoyo se realiza de un material que conduce el flujo magnético desde el núcleo laminado de la culata 2 hasta el núcleo de rotor 20. Una ventaja es que el apoyo 3 protege la superficie del núcleo de rotor frente a tensiones mecánicas durante la imantación, especialmente durante la pulsación del campo magnético, en la que se aplica una gran fuerza magnética tanto a la culata como al rotor.

La bobina se conecta a la fuente de alimentación 13 a través de un conjunto de cable 4. El conjunto de cable se coloca en un conducto de cable 9.

Con el fin de mantener el núcleo 2 a una temperatura de funcionamiento preferida el núcleo se coloca en una placa fría 5. La placa fría 5 está equipada con tuberías para un refrigerante líquido y las tuberías pueden unirse a un sistema de enfriamiento de líquido que mantendrá la temperatura en el núcleo 2. En otras realizaciones el sistema de enfriamiento puede comprender las tuberías de refrigerante integradas en el núcleo 2. Durante la imantación una gran cantidad de energía se disipa en la bobina 1 con el fin de producir campos magnéticos elevados en pulsos. Esto provocará pérdidas en el sistema que calentarán de nuevo el núcleo de culata 2. Con el fin de poder hacer funcionar el dispositivo frecuentemente, es importante un sistema de enfriamiento para la culata.

La placa fría 5 se coloca en una estructura de soporte 6 y en cuya parte superior se coloca el núcleo 2.

En una realización de la invención, el dispositivo comprende además una culata superior con una segunda bobina electromagnética dispuesta para producir un campo magnético pulsado para imantar el material de imán permanente, en el que el campo magnético es suficiente para imantar un segundo polo magnético permanente, en el que el rotor y la segunda culata se encuentran en una relación fija entre sí. La segunda culata puede ubicarse opuesta con respecto a la primera culata 2, de modo que las dos culatas se desplazan 180 grados alrededor de la periferia de un núcleo de rotor 20. La longitud de la culata puede ser la misma o pueden ser diferentes. Las culatas pueden funcionar de modo que ambas pueden imantar un polo magnético 23 mientras que el rotor es fijo. Pueden funcionar de manera independiente una con respecto a otra o pueden compartir la fuente de alimentación 13. Si comparten la fuente de alimentación, solamente una culata puede pulsar cada vez un campo magnético.

El método para imantar un rotor de una máquina eléctrica con una clasificación de potencia de al menos 1 MW, en el que el rotor comprende material de imán permanente, se muestra en el diagrama de flujo 200 en la figura 11. Después del inicio 201 el método comprende las etapas;

la etapa 202 consiste en disponer el rotor 20 con respecto a la culata 2 en una relación fija entre sí, en la que la culata tiene una bobina electromagnética 1 dispuesta para producir un campo magnético pulsado,

la etapa 203 consiste en pulsar el campo magnético para imantar el material de imán permanente 22, en el que el campo magnético es suficiente para imantar un polo magnético permanente 23.

Cuando el rotor 20 es más largo que la culata 2, la etapa 204 es para decidir si el rotor 20 necesita desplazarse (etapa 205) en la dirección axial, (véanse la figura 9 y la figura 10 que muestran el rotor 20 en dos posiciones diferentes), la etapa 206 hace rotar el rotor 20 para alinear polos magnéticos adicionales con la culata 2. La etapa 207 decide si se ha imantado todo el material magnético, es decir, el rotor se ha hecho rotar 360 grados. La etapa 208 finaliza el método.

Una máquina con solamente un polo magnético solamente requiere las etapas 202, 203 y 208.

La figura 12 muestra la invención en la que el conjunto de culata de elemento de imantación 101 es una subparte del sistema de imantación 100. Un sistema de control 80 hace funcionar el conjunto de culata de elemento de imantación y obtiene retroalimentación del mismo. Para imantar un rotor 20 según cualquiera de las realizaciones mencionadas con el fin de que el dispositivo lleve a cabo el método de manera automatizada, el sistema de control ejecuta las órdenes necesarias. Una ventaja del sistema de control es que garantiza una imantación uniforme de las máquinas eléctricas. Esto se refiere tanto a entre polo y polo, como también entre máquinas. El sistema de control 80 también puede llevar un registro de datos de fabricación para cada máquina para uso adicional. El sistema de control 80 también controla todo el sistema de imantación 100.

El sistema de imantación 100 tal como se muestra en la figura 1 es un dispositivo para imantar y ensamblar una máquina eléctrica con un estator y un rotor 20 con al menos un imán permanente 22, comprendiendo el dispositivo 100 una unidad de elemento de imantación 101 para imantar el al menos un imán permanente 22 del rotor, una unidad de carga de rotor 60 y una unidad de traslación 30 para trasladar el rotor 20 desde la unidad de elemento de imantación hasta una unidad de carga de rotor 60 para insertar el rotor en el estator.

En una realización de la invención, la unidad de carga de rotor 60 comprende una instalación de estator 42 (véase la figura 6) para recibir el estator de la máquina eléctrica y unas instalaciones primera 38 y segunda 39 para recibir y fijar un árbol del rotor en extremos primero y segundo del árbol, la instalación de estator está dispuesta para

moverse linealmente con respecto al rotor, moviendo de ese modo el estator linealmente e insertando el rotor en el estator. La plataforma de estator se mueve a lo largo de la pista de desplazamiento de estator 37.

La figura 4 muestra un rotor 20 en la culata 2. El brazo de giro 31 sostiene el rotor 20 en el árbol de rotor 21. El elemento de bloqueo de árbol 40 bloquea el rotor 20, y la abrazadera principal 41 aplica una fuerza hacia abajo sobre el rotor 20.

La figura 5 muestra el rotor 20 en el estado de transición en el que se hace pivotar mediante el conjunto de giro de rotor 30, desde el conjunto de culata de elemento de imantación hasta la unidad de carga de rotor 60 (véase la figura 1). En la figura 6 el rotor 20 se ha hecho pivotar hasta llegar a la unidad de carga de rotor 60, y está preparado para fijarse en las instalaciones primera y segunda 38 y 39. Las instalaciones primera y segunda 38, 39 pueden moverse independientemente una con respecto a otra, por tanto, pueden alejarse entre sí antes de que el rotor se reciba, cuando el rotor está alineado mediante el brazo de giro 31 las instalaciones primera y segunda 38, 39 pueden moverse en conjunto y el árbol de rotor 21 se fija entre las instalaciones. Tras la fijación del rotor las instalaciones primera y segunda 38, 39 se moverán en conjunto para mantener la fijación del rotor 20 a través del árbol 21.

La figura 7 muestra el rotor 20 fijado en las instalaciones primera y segunda 38 y 39. Los brazos de giro de rotor 31 se han hecho pivotar de vuelta al conjunto de culata de elemento de imantación 101. El rotor 20 está preparado para insertarse en el alojamiento de estator 25 (véase figura 1). El alojamiento de estator 25 se mueve a lo largo de las pistas de desplazamiento de unidad de carga 37, hasta que el rotor está completamente encerrado en el alojamiento de estator. El rotor se fija en el alojamiento de estator asegurando la protección de extremo de máquina 44 al alojamiento de estator 25.

Durante la inserción del rotor es extremadamente importante que el estator y el rotor solamente puedan moverse en una relación de uno con respecto a otro en la dirección axial. Cuando el material de imán permanente se imanta, conocido como "imanes vivos", existe una fuerza magnética elevada que intentará atraer material magnético. Si existe cualquier movimiento en las otras direcciones diferentes a la dirección axial existe un riesgo de contacto directo entre rotor y estator.

En otra realización de la invención la unidad de carga de rotor comprende una instalación de estator para recibir el estator de la máquina eléctrica, y una plataforma de rotor con unas instalaciones primera y segunda 38, 39 para recibir y fijar el árbol del rotor en extremos primero y segundo del árbol 21, la plataforma de rotor está dispuesta para moverse linealmente con respecto a la instalación de estator moviendo de ese modo el rotor linealmente y colocando el estator en relación con el rotor. Una ventaja de la presente realización es que rotor se mueve y el estator es fijo.

El método para imantar y ensamblar una máquina eléctrica que comprende un estator y un rotor con al menos un imán permanente en un unidad de imantación 101, que comprende una unidad de elemento de imantación para imantar el al menos un imán permanente 22 del rotor 20, una unidad de carga de rotor 60 y una unidad de traslación 30 para trasladar el rotor 20 desde la unidad de elemento de imantación 101 hasta una unidad de carga de rotor 60 para insertar el rotor 20 en el estator 25, el método 300 se muestra en la figura 13. El método 300 comienza en la etapa 301. La imantación del al menos un imán permanente 22 en el rotor 20, con el conjunto de culata de elemento de imantación 101 es la etapa 302. La etapa 303 consiste en trasladar el rotor imantado desde el conjunto de culata de elemento de imantación hasta la unidad de inserto de rotor con la unidad de traslación, y la etapa 304 consiste en insertar el rotor en un estator de la máquina eléctrica con la unidad de carga.

En una realización, la etapa 303 de trasladar el rotor imantado se realiza mediante la unidad de traslación haciendo pivotar el conjunto de giro de rotor 30, con fuerzas de rotación desde un elemento de accionamiento de giro de rotor 35, desde una primera posición hasta una segunda posición.

Según una realización de la invención, en la etapa de imantación, el conjunto de giro de rotor 30 proporciona una fuerza hacia abajo sobre el rotor para mantener el rotor en posición con respecto a la unidad de elemento de imantación por medio de un brazo de giro de rotor 31.

En una realización, la etapa 304 de insertar comprende la unidad de carga de rotor 60 que recibe el estator 25 de la máquina eléctrica en una instalación de estator 42, fijando la unidad de carga de rotor 60 un árbol del rotor 20 en extremos primero y segundo del árbol 21 en instalaciones primera y segunda 38, 39, moviéndose la instalación de estator 42 linealmente con respecto al rotor moviendo de ese modo el estator linealmente e insertando el rotor en el estator.

En otra realización de la invención la etapa 304 de insertar comprende: la unidad de carga de rotor 60 recibe el estator 25 de la máquina eléctrica en una instalación de estator 42, fijando la unidad de carga de rotor 60 un árbol 21 del rotor 20 en extremos primero y segundo del árbol en instalaciones primera y segunda 38, 39, moviéndose las instalaciones primera y segunda linealmente con respecto a la instalación de estator moviendo de ese modo el rotor linealmente y colocando el estator 25 en relación con el rotor 20.

Cualquier intervalo o valor de dispositivo facilitados en el presente documento pueden ampliarse o alterarse sin perder el efecto que se busca, tal como será evidente para el experto en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para imantar (101) un rotor (20) de una máquina eléctrica con una clasificación de potencia de al menos 1 MW, en el que el rotor comprende material de imán permanente, comprendiendo dicho dispositivo una culata (2) con una bobina electromagnética (1) dispuesta para producir un campo magnético pulsado para imantar el material de imán permanente (22), en el que el campo magnético es suficiente para imantar un polo magnético permanente (23) cuando el rotor y la culata se encuentran en una relación fija entre sí, caracterizado porque
 - la razón entre la longitud del al menos un polo magnético permanente (23) y la longitud de la culata (2) es entre uno y dos, y en el que el dispositivo está configurado para desplazar el rotor en la dirección axial del rotor (20) entre un primer y un segundo pulso magnético.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el dispositivo está configurado para desplazar el rotor en la dirección radial antes de imantar un polo magnético permanente adicional (23).
3. Dispositivo según reivindicaciones anteriores, en el que la culata (2) comprende una zona rebajada, en el que la zona rebajada se conforma para recibir una sección angular del rotor (20).
4. Dispositivo según la reivindicación 3, en el que el dispositivo comprende además un apoyo de rotor (3) dispuesto en la parte superior de la culata (2).
5. Dispositivo según reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo comprende además una disposición de enfriamiento (5) para enfriar la culata (2).
6. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el dispositivo comprende además una fuente de alimentación para proporcionar energía eléctrica a la bobina electromagnética (1) en la culata (2) para generar un campo magnético con el fin de imantar el material magnético permanente (22).
7. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, en el que el dispositivo comprende además una abrazadera (34) para mantener el rotor (20) en una relación fija con respecto a la culata (2) durante la imantación.
8. Dispositivo según la reivindicación 2, en el que el dispositivo comprende además un indexador (14) para hacer rotar el rotor alrededor de un árbol (21) del rotor, el indexador se dispone para garantizar que el material magnético (22) en el rotor esté colocado con respecto a la culata (2).
9. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el dispositivo comprende además una culata superior con una segunda bobina electromagnética dispuesta para producir un campo magnético pulsado para imantar el material de imán permanente, en el que el campo magnético es suficiente para imantar un segundo polo magnético permanente, en el que el rotor y la segunda culata se encuentran en una relación fija entre sí.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, en el que la culata y la culata superior están dispuestas de modo que la culata y la culata superior están dispuestas para imantar un polo magnético permanente mientras que el rotor y las culatas se encuentran en una relación fija entre sí.
11. Dispositivo según reivindicaciones anteriores, en el que la máquina eléctrica es un generador eléctrico de una turbina eólica.
12. Método para imantar un rotor (20) de una máquina eléctrica con una clasificación de potencia de al menos 1 MW, en el que el rotor (20) comprende material de imán permanente (22), comprendiendo dicho método la etapa de
 - disponer el rotor (20) con respecto a una culata (2) en una relación fija entre sí, en el que la culata tiene una bobina electromagnética (1) dispuesta para producir un campo magnético pulsado,
 - pulsar el campo magnético para imantar el material de imán permanente (22), en el que el campo magnético es suficiente para imantar un polo magnético permanente (23),
 caracterizado porque
 - una razón entre la longitud del al menos un polo magnético permanente y la longitud de la culata (2) es entre uno y dos, y por desplazar el rotor en la dirección axial entre un primer y un segundo pulso magnético.
13. Método según la reivindicación 12, que comprende además la etapa de desplazar el rotor en la dirección radial antes de imantar un polo magnético permanente adicional (23).

14. Método según la reivindicación 12 a 13, que comprende además la etapa de cargar un almacenamiento de energía y descargar la energía en la bobina electromagnética (1) para producir el campo magnético pulsado.

5

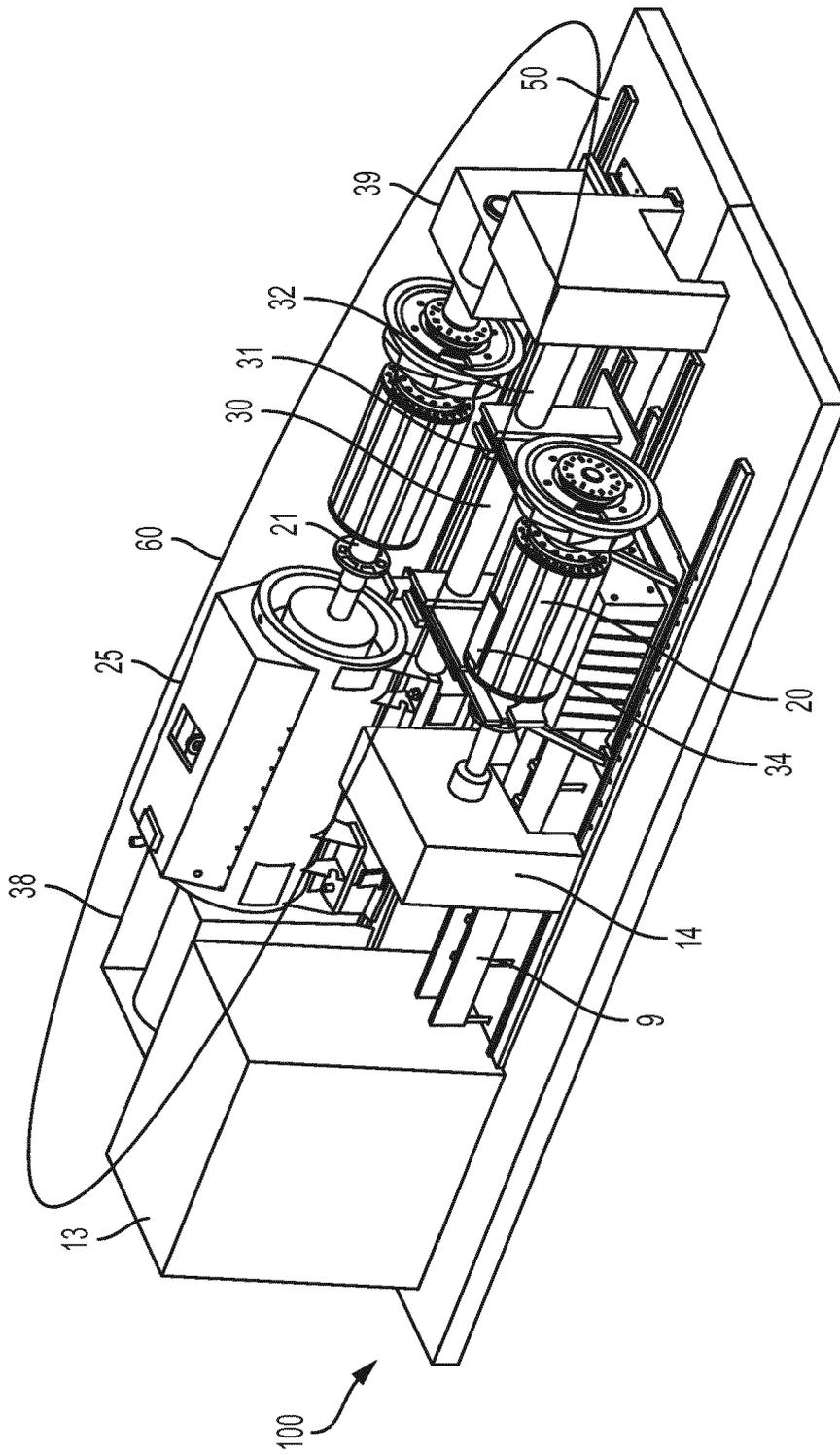


FIG. 1

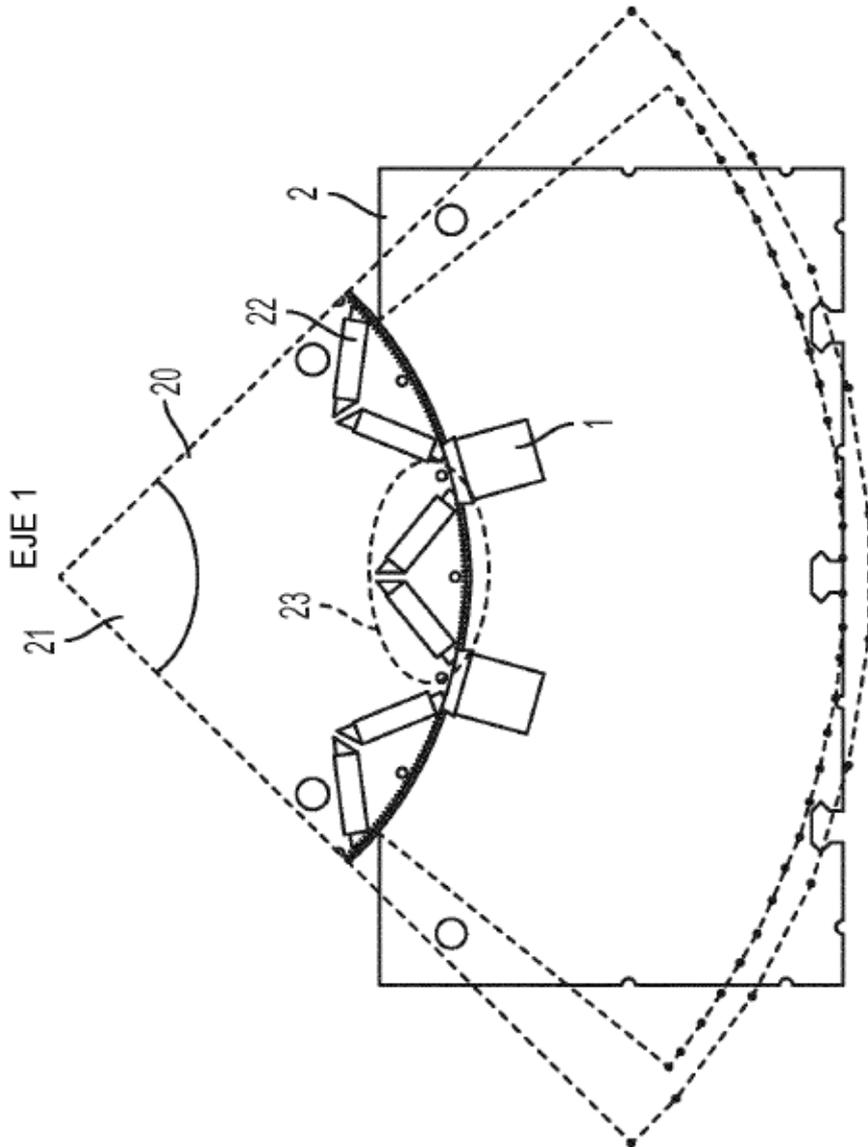


FIG. 2

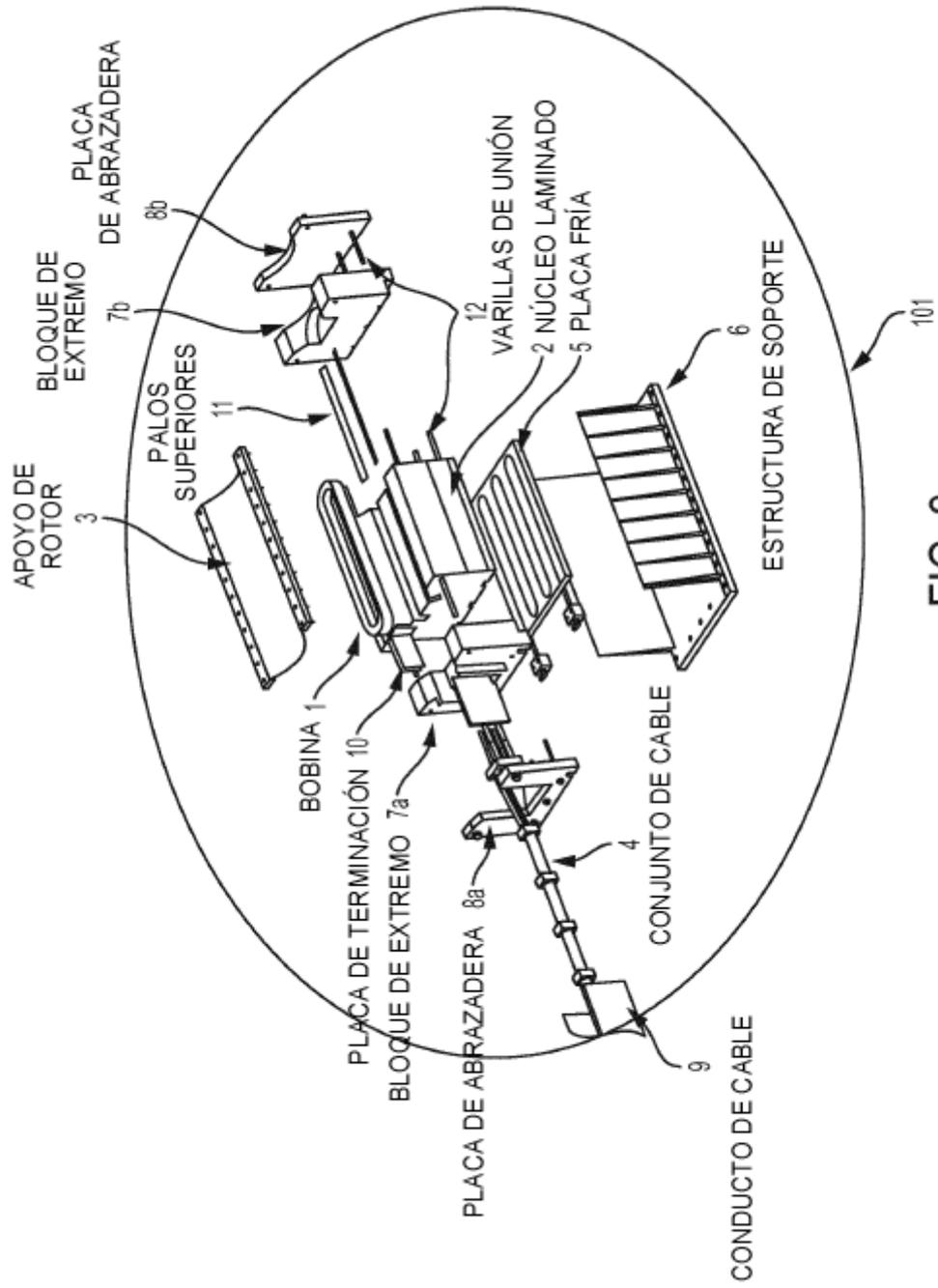


FIG. 3

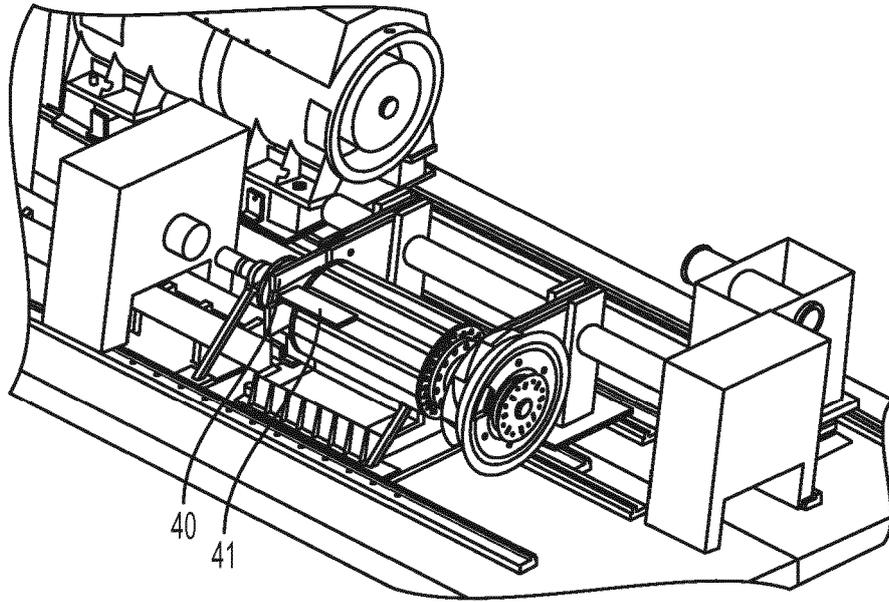


FIG. 4

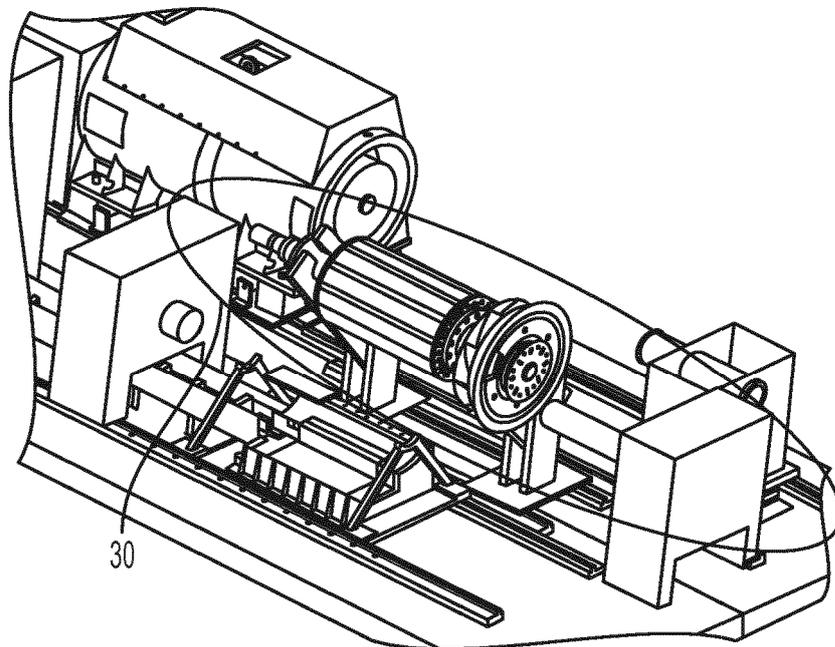


FIG. 5

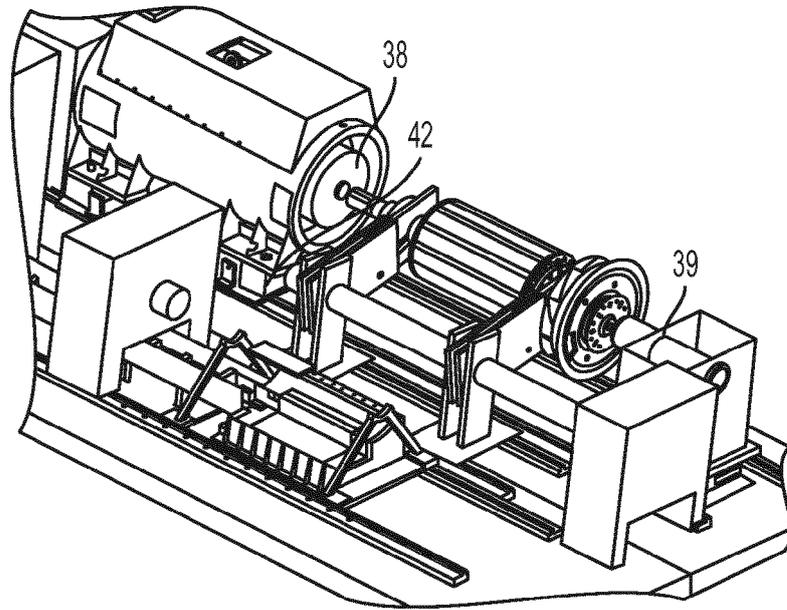


FIG. 6

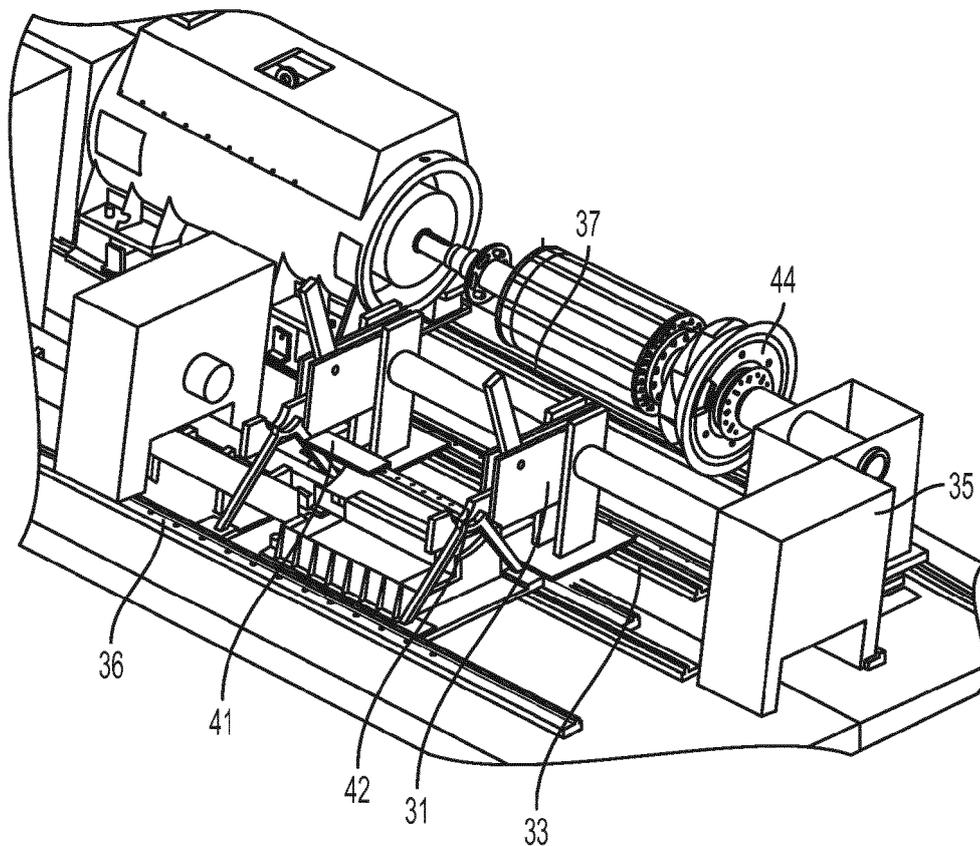


FIG. 7

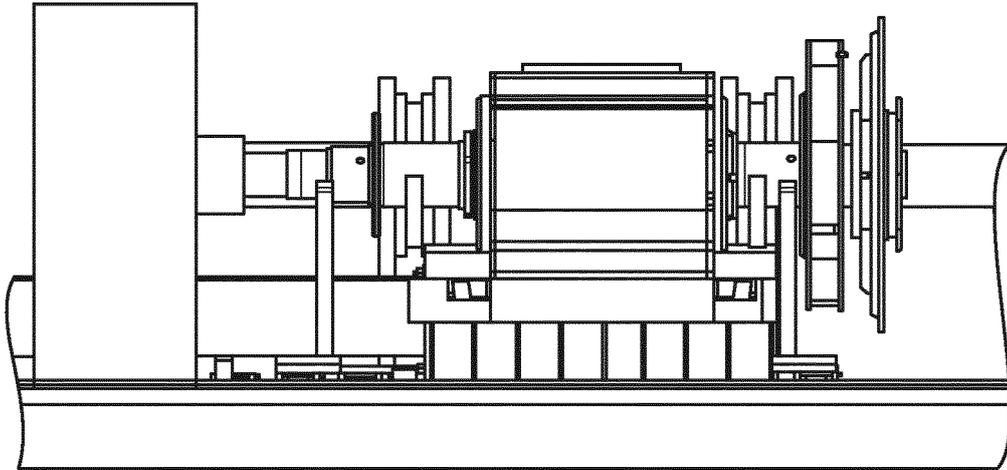


FIG. 8

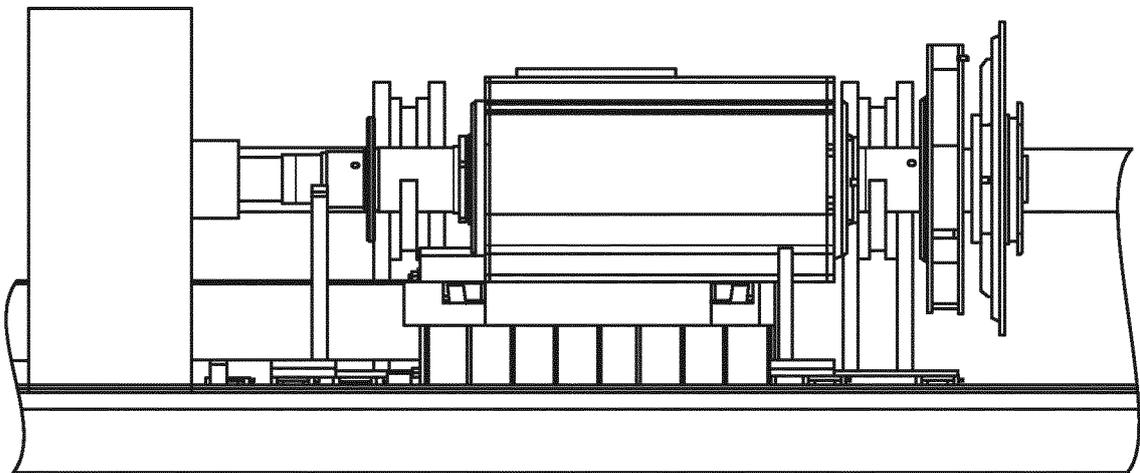


FIG. 9

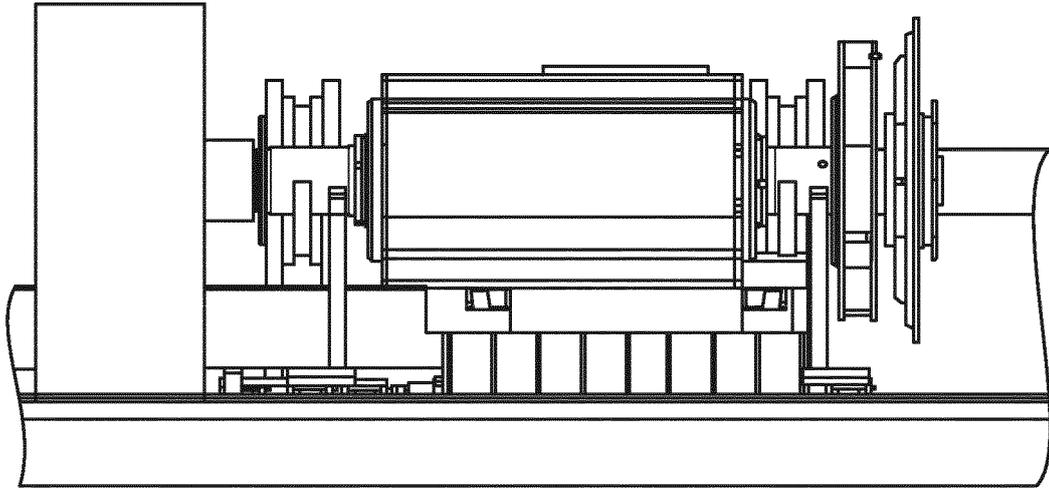


FIG. 10

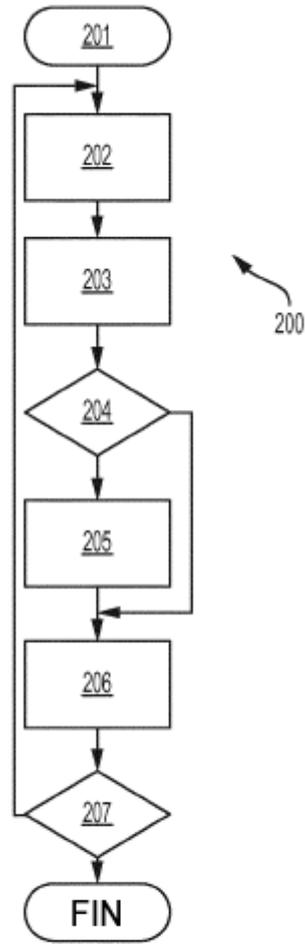


FIG. 11

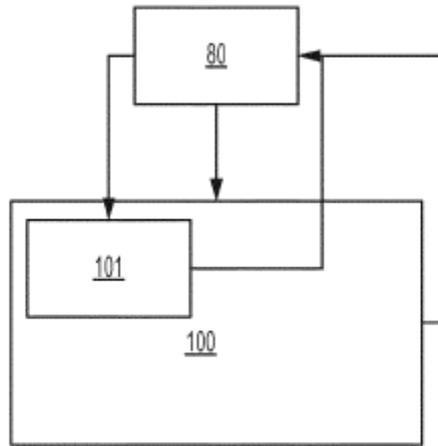


FIG. 12

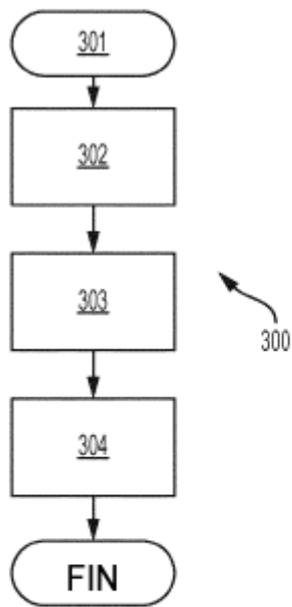


FIG. 13