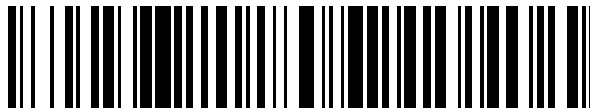


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 873**

51 Int. Cl.:

H02K 15/03 (2006.01)

H02K 15/00 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.06.2011 PCT/DK2011/050234**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2012 WO12000503**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2011 E 11738592 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2020 EP 2589134**

54 Título: **Aparato y métodos para magnetizar y desmagnetizar polos magnéticos en una máquina eléctrica**

30 Prioridad:

12.08.2010 DK 201070356

12.08.2010 DK 201070355

30.06.2010 US 360107 P

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

08.03.2021

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 2 809 873 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

Aparato y métodos para magnetizar y desmagnetizar polos magnéticos en una máquina eléctrica

5 Antecedentes

Esta solicitud se refiere en general a máquinas eléctricas y, más específicamente, a aparatos y a métodos para magnetizar y desmagnetizar los imanes permanentes utilizados en los conjuntos de rotor de máquinas eléctricas, tales como imanes permanentes que se encuentran en los conjuntos de rotor de generadores de turbinas eólicas.

10 Las turbinas eólicas se pueden utilizar para producir energía eléctrica sin la necesidad de combustibles fósiles y se pueden agregar en parques eólicos terrestres y marinos conectados a la red de transmisión de energía eléctrica. En general, una turbina eólica es una máquina rotativa que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica y, cuando se usa para generar energía, convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Una turbina eólica de eje horizontal convencional incluye una torre, una góndola situada en la punta de la torre, y un rotor que está soportado en la góndola mediante un árbol. El árbol acopla el rotor directa o indirectamente con un conjunto de rotor de un generador ubicado dentro de la góndola.

20 Los generadores de turbinas eólicas y sus conjuntos de rotor pueden tener diámetros relativamente grandes de hasta diez metros. El componente principal del peso del generador son los numerosos imanes permanentes que constituyen los polos magnéticos del conjunto de rotor del generador. En particular, los imanes permanentes pueden pesar del orden de dos a cinco toneladas métricas. La instalación de los imanes permanentes en el conjunto de rotor del generador es un desafío, particularmente a medida que el tamaño del generador aumenta. Los imanes permanentes están compuestos de un material que genera un campo magnético de alto Gauss cuando se magnetiza y, por lo tanto, un material que es capaz de generar fuertes fuerzas repulsivas o atractivas con las estructuras circundantes.

30 Convencionalmente, los polos magnéticos utilizados en el conjunto de rotor de un generador de turbina eólica se magnetizan antes de instalarse en la góndola. Una opción convencional es magnetizar los imanes permanentes, instalarlos en el conjunto de rotor del generador, y luego instalar el conjunto de rotor sosteniendo los imanes permanentes magnetizados en el generador. Esta opción de montaje requiere el uso de un accesorio mecánico para instalar los imanes permanentes magnetizados en el conjunto de rotor y otro accesorio mecánico para colocar el conjunto de rotor que sostiene los imanes magnetizados en la carcasa del generador. Una variación en esta opción convencional es montar el generador de turbina eólica sin imanes permanentes y luego usar un dispositivo mecánico para cargar imanes permanentes magnetizados en unas ranuras definidas en el conjunto de rotor. Para cualquiera de estas opciones de montaje convencionales, los fuertes campos magnéticos generados por los imanes permanentes interactúan con estructuras circundantes, tales como estructuras ferromagnéticas cercanas del generador e incluso otros imanes permanentes instalados previamente en el conjunto de rotor. Por ejemplo, el conjunto de estator del generador puede ser difícil o imposible de quitar debido a las fuerzas generadas por los imanes permanentes magnetizados.

40 Otro problema surge durante el mantenimiento o servicio del generador mientras está ubicado en la góndola. En general, el mantenimiento del generador puede requerirse, por ejemplo, como resultado de un rayo o de un corto circuito. Una vez que los imanes permanentes están magnetizados, el conjunto de rotor y el conjunto de estator son difíciles de extraer del generador debido a los fuertes campos magnéticos. La dificultad se amplifica si no hay una caja de engranajes y el conjunto de rotor del generador es accionado directamente por la rotación del rotor. En este caso, el generador no se puede simplemente desacoplar de una caja de engranajes y reemplazarlo. Los imanes permanentes también son prácticamente imposibles de desmagnetizar mientras se colocan dentro del generador de turbina eólica.

50 El documento US 2010 0011 567 divulga un método para instalar una máquina eléctrica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un aparato de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 10.

Se necesitan aparatos y métodos mejorados para facilitar la instalación de una máquina eléctrica, tal como un generador de turbina eólica, así como aparatos y métodos mejorados para dar servicio a la máquina eléctrica.

55 Breve sumario

La presente invención proporciona un método para instalar una máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1 y un aparato de acuerdo con la reivindicación 10. Otros aspectos se definen mediante las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

65 Los dibujos adjuntos, que están incorporados en la presente memoria descriptiva y forman parte de la misma, ilustran diversas realizaciones de la invención y, junto con una descripción general de la invención dada anteriormente y la descripción detallada de las realizaciones dada a continuación, sirven para explicar las realizaciones de la invención.

La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica que incluye un generador de acuerdo con realizaciones de la invención.

5 La figura 2 es una vista en perspectiva de una porción de la turbina eólica de la figura 1 en la que la góndola se rompe parcialmente para revelar estructuras, incluyendo el generador, dentro de la góndola.

La figura 3 es una vista en perspectiva en despiece de los conjuntos de rotor y estator del generador, así como una porción de un sistema de magnetización de acuerdo con una realización de la invención.

10 La figura 4 es una vista en sección transversal que muestra el generador y el accesorio de magnetización del sistema de magnetización.

15 La figura 4A es una vista esquemática del sistema de magnetización que incluye el accesorio de magnetización de las figuras 3 y 4.

20 La figura 5 es una vista en perspectiva del accesorio de magnetización del sistema de magnetización de las figuras 3, 4 y 4A y dos polos magnéticos representativos del generador en los que los imanes permanentes de cada polo magnético representativo se han magnetizado utilizando el sistema de magnetización en un patrón axial.

La figura 6 es una vista en perspectiva en despiece similar a la figura 4 de los conjuntos de rotor y estator de un generador y una porción de un sistema de magnetización de acuerdo con una realización alternativa de la invención.

25 La figura 7 es una vista en perspectiva similar a la figura 5 en la que los imanes permanentes de cada polo magnético se han desmagnetizado eficazmente utilizando el sistema de magnetización de la figura 5, de manera que diferentes dominios de cada polo magnético tengan polarizaciones magnéticas alternas.

30 La figura 7A es una vista en perspectiva similar a la figura 7 en el que los imanes permanentes de cada polo magnético se han desmagnetizado eficazmente utilizando el sistema de magnetización para reducir la intensidad de campo de los dominios constituyentes.

La figura 7B es una vista gráfica de una realización de una forma de onda oscilatoria en descomposición que puede emplearse para proporcionar la condición desmagnetizada de la figura 7A.

35 La figura 8 es una vista esquemática de un sistema de magnetización de acuerdo con una realización alternativa de la invención y en el que los imanes permanentes de cada polo magnético representativo se han magnetizado con un patrón circunferencial.

40 La figura 9 es una vista en perspectiva similar a la figura 8 en la que los imanes permanentes de cada polo magnético se han desmagnetizado eficazmente utilizando el sistema de magnetización de la figura 8, de manera que diferentes dominios de cada polo magnético tengan polarizaciones magnéticas alternas.

45 La figura 10 es una vista esquemática de un sistema de magnetización de acuerdo con una realización alternativa de la invención.

Descripción detallada

50 En general, las realizaciones de la invención están dirigidas a añadir o hacer uso de unos medios de magnetización en el diseño de una máquina eléctrica, tal como un generador, de tal manera que uno o más de los imanes de una máquina de imanes permanentes estén en el campo de magnetización generado por los medios de magnetización, mientras toda la máquina está en su estado montado normal, o en un estado donde se manipula para estar lista para la magnetización automática. La presencia de medios de magnetización en el diseño de la máquina permite una serie de cambios controlados activados por el tiempo o controlados accionados por eventos del estado de magnetización de los imanes permanentes dentro de la máquina. El conjunto de rotor que sostiene los imanes a su vez (o todos a la vez) puede estar alineado con el campo de magnetización de los medios de magnetización para estar listo para una magnetización, remagnetización o desmagnetización. La alineación puede proporcionarse controlando la propia máquina eléctrica o mediante unos medios externos.

60 El aparato y los métodos de las realizaciones de la invención proporcionan magnetizar individualmente dominios magnéticos en el material magnético permanente de un polo magnético después de que la máquina eléctrica se instale en un conjunto más grande. El sistema de magnetización puede usarse para magnetizar y desmagnetizar los polos magnéticos mientras el conjunto de rotor de la máquina eléctrica está conectado con un motor principal, tal como rotor de una turbina eólica.

65 Con referencia a las figuras 1 y 2 y de acuerdo con una realización de la invención, una turbina eólica 10 incluye una torre 12, una góndola 14 en la punta de la torre 12, y un rotor 16 operativamente acoplado a un generador 20 alojado

dentro de la góndola 14. La turbina eólica 10, que se representa como una turbina eólica de eje horizontal, tiene la capacidad de convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica. Además del generador 20, la góndola 14 aloja varios componentes necesarios para convertir la energía eólica en energía eléctrica y también varios componentes necesarios para operar y optimizar el rendimiento de la turbina eólica 10. La torre 12 soporta la carga presentada por la góndola 14, el rotor 16 y otros componentes de la turbina eólica alojados dentro de la góndola 14. La torre 12 de la turbina eólica 10 funciona para elevar la góndola 14 y el rotor 16 a una altura sobre el nivel del suelo o el nivel del mar, según sea el caso, en el que normalmente se encuentra viento con aire en movimiento más rápido caracterizado por corrientes de aire más suaves y menos turbulentas.

El rotor 16 incluye un buje central 22 y una pluralidad de palas 24 unidas al buje central 22 en ubicaciones distribuidas alrededor de la circunferencia del buje central 22. En la realización representativa, el rotor 16 incluye tres palas 24. Las palas 24, que se proyectan radialmente hacia fuera desde el buje central 22, están configuradas para interactuar con el flujo de aire pasante para producir empuje que provoca que el buje central 22 gire alrededor de su eje longitudinal. El diseño y la construcción de las palas 24 son familiares para una persona que tiene habilidades ordinarias en la técnica. Por ejemplo, cada una de las palas 24 está conectada al buje central 22 a través de un mecanismo de inclinación que permite que la pala se incline bajo el control de un controlador de inclinación.

El viento que excede un nivel mínimo activará el rotor 16 y le permitirá girar en una dirección sustancialmente perpendicular al viento. El movimiento de rotación se convierte en energía eléctrica mediante el generador 20 y usualmente se suministra a la red eléctrica como lo conoce una persona que tenga una habilidad ordinaria en la técnica.

Con referencia a las figuras 2-4 y de acuerdo con una realización de la invención, el generador 20 incluye una carcasa hueca 26 que consiste en una pluralidad de porciones de carcasa que, cuando se monta, encierra un espacio. El generador 20 incluye un conjunto de estator 28 y un conjunto de rotor 30 que están alojados con una configuración de máquina de flujo radial dentro de la carcasa hueca 26. El conjunto de estator 28 y el conjunto de rotor 30 tienen una disposición concéntrica, el conjunto de estator 28 es fijo y estacionario, y el conjunto de rotor 30 está configurado para girar en relación con el conjunto de estator 28. Un árbol de accionamiento 32 se extiende desde el buje central 22 del rotor 16 en la góndola 14 y tiene una conexión mecánica rígida con el buje central 22 del rotor 16. El árbol de accionamiento 32 está conectado mecánicamente por una caja de engranajes 34 con el conjunto de rotor 30 del generador 20 a través de un acoplamiento mecánico 36.

La caja de engranajes 34 se basa en relaciones de engranajes en un tren de transmisión para proporcionar conversiones de velocidad y par desde la rotación del rotor 16 al conjunto de rotor 30 del generador 20. Alternativamente, el árbol de accionamiento 32 puede conectar directamente el buje central 22 del rotor 16 con el conjunto de rotor 30 del generador 20 de modo que la rotación del buje central 22 acciona directamente el conjunto de rotor 30. En la realización representativa, el rotor 16 funciona como el motor principal del conjunto de rotor 30 del generador 20.

Aunque el generador 20 se representa incorporando un conjunto de estator 28 y un conjunto de rotor 30 con una disposición concéntrica, las realizaciones de la invención no están tan limitadas. Por ejemplo, el generador 20 puede modificarse para incorporar múltiples conjuntos de rotor, cada uno similar al conjunto de rotor 30, y/o conjuntos de estator múltiple, cada uno similar al conjunto de estator 28. En otra realización alternativa, la construcción del generador 20 puede alterarse de manera que el conjunto de estator 28 esté dispuesto radialmente dentro del conjunto de rotor 30.

El conjunto de estator 28 incluye un bastidor de estator 38 con un yugo exterior anular 50, una pluralidad de dientes 48 que se proyectan radialmente hacia dentro desde el yugo exterior 50 hacia el conjunto de rotor 30, y una pluralidad de bobinas 40 dispuestas dentro de las ranuras entre dientes adyacentes 48. Los dientes 48 y las ranuras se extienden a lo largo de toda la longitud, L, del bastidor de estator 38. Como se ha descrito anteriormente, el conjunto de estator 28 permanece estacionario durante el funcionamiento del generador 20 y representa la parte no giratoria de la estructura del generador. Los dientes 48 y el yugo externo 50 pueden estar compuestos de un material ferromagnético, y las bobinas 40 incluyen bucles o espiras de un material conductor que son eléctricamente aislantes entre sí.

El conjunto de rotor 30 incluye un núcleo o bastidor de rotor 42, una pluralidad de polos magnéticos 44 distribuidos circunferencialmente alrededor del bastidor del rotor 42, y un árbol de accionamiento 46 que conecta mecánicamente el bastidor del rotor 42 con el acoplamiento mecánico 36 de la caja de engranajes 34 y de ese modo con el árbol de accionamiento 32 accionado por el rotor 16. El árbol de accionamiento 46 está soportado dentro de la carcasa hueca 26 sobre cojinetes 27 que promueven rotación libre de baja fricción del conjunto de rotor 30 alrededor de un eje longitudinal 49 del conjunto de rotor 30 y está rígidamente conectado con el bastidor del rotor 42. El conjunto de rotor 30, que generalmente tiene forma cilíndrica, soporta los polos magnéticos 44 de manera que se define un hueco de aire radial 52 entre los polos magnéticos 44 y los extremos distales de los dientes 48 del conjunto de estator 28. Cuando la turbina eólica 10 está en funcionamiento, el conjunto de rotor 30 gira o rota alrededor del eje longitudinal 49 con respecto al conjunto de estator estacionario 28.

El conjunto de estator 28 y el conjunto de rotor 30 del generador 20 cooperan para convertir la energía mecánica

recibida desde el rotor 16 en energía eléctrica de manera que la energía cinética del viento se aproveche para la generación de energía. Específicamente, el movimiento de los polos magnéticos 44 del conjunto de rotor 30 más allá de las bobinas estacionarias 40 del conjunto de estator 28 induce una corriente eléctrica en cada una de las bobinas 40 de acuerdo con los preceptos de la Ley de Faraday. En la realización que incluye la caja de engranajes 34, la velocidad del generador puede estar en un rango representativo de 15 revoluciones por minuto (rpm) a 3000 rpm. En una realización para la cual el generador 20 es accionado directamente, la velocidad del generador puede estar en un rango representativo de 5 rpm a 25 rpm.

Cada uno de los polos magnéticos 44 incluye uno o más imanes permanentes 54, estando cada uno compuesto de un material magnético permanente susceptible de ser magnetizado de manera permanente por un fuerte campo magnético y, una vez magnetizado, capaz de generar un alto campo electromagnético. Cuando se produce el material magnético permanente, los grupos atómicos en pequeños volúmenes se alinean mutuamente con una dirección de polarización compartida conocida como dominios magnéticos para producir momentos magnéticos. En una condición no magnetizada, los diversos dominios del material magnético permanente en cada imán permanente 54 están organizados con diferentes alineaciones de manera que, a escala mayor, los momentos magnéticos se cancelan eficazmente entre sí, lo que no genera un campo magnético neto o un campo magnético global débil. Todos los dominios tienden a alinearse con un campo magnético externo para magnetizar el material magnético. Algunos dominios se alinean más fácilmente que otros, por lo que el campo magnético resultante del imán permanente magnetizado 54 depende de la fuerza del campo magnético externo aplicado.

En una realización, cada imán permanente 54 es un imán de tierras raras que contiene un material magnético permanente compuesto de una aleación que contiene uno o más elementos de tierras raras (lantánidos), tal como neodimio o samario, que son metales ferromagnéticos. Ciertas aleaciones que contienen elementos de tierras raras y metales de transición, tal como hierro, níquel, o cobalto, tienen una temperatura de Curie muy superior a la temperatura ambiente, que es una propiedad deseable para los imanes permanentes 54. Aleaciones representativas adecuadas para el material magnético permanente de los imanes permanentes 54 incluyen, pero no están limitados a, una aleación de samario que contiene cobalto (SmCo_5) y una aleación de neodimio que contiene hierro y boro ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$). Se puede aplicar una capa de recubrimiento o revestimiento para proteger los imanes permanentes 54 contra la corrosión, rotura y astillado. Las aleaciones de tierras raras se caracterizan por una estructura cristalina de gran anisotropía magnética que promueve la magnetización en una dirección particular por un campo magnético fuerte pero, una vez magnetizado, es resistente a ser magnetizado en cualquier dirección diferente. La magnetización permanente se puede alterar aplicando intencionalmente un campo magnético destinado a desmagnetizar el material magnético permanente. El generador 20 puede incluir un sistema de enfriamiento (no mostrado) que evita que la temperatura de los imanes permanentes 54 exceda la temperatura de Curie del material magnético permanente constituyente.

En la realización representativa, cada polo magnético 44 incluye múltiples imanes permanentes individuales 54 que están unidos por adhesivo a una superficie externa 58 del bastidor del rotor 42 o unidos al mismo mediante clips mecánicos, marcos u otras técnicas de fijación mecánica convencionales para formar cada polo magnético 44. Alternativamente, en lugar de múltiples imanes 54, cada uno de los polos magnéticos 44 puede estar constituido por un solo imán permanente unitario 54 de construcción monolítica. En una realización alternativa, los huecos aparentes en las figuras 3 y 4 pueden omitirse, de modo que la superficie externa 58 del conjunto de rotor 30 sea lisa e ininterrumpida, y los polos magnéticos 44 puedan fijarse a la superficie externa lisa 58.

En realizaciones alternativas, el material magnético permanente en los imanes permanentes 54 puede ser un material cerámico o de ferrita, o aleación de acero. Sin embargo, las aleaciones de tierras raras se prefieren para los imanes permanentes 54 debido a una remanencia comparativamente más alta (B_r) que está relacionada con la intensidad del campo magnético, una coercitividad comparativamente más alta (H_{ci} que mide la resistencia a la desmagnetización, y un producto de energía comparativamente más alto (BH_{max}) que está relacionado con la densidad de energía.

Los imanes permanentes 54 se ilustran con la forma de bloques rectangulares que, si múltiples imanes permanentes 54 están presentes en cada polo magnético 44, tienen una disposición de extremo a extremo. Sin embargo, cada imán permanente 54 no está limitado a tener una forma de bloque rectangular. Los imanes permanentes 54 también tienen una ligera curvatura para adaptarse a la forma de la superficie exterior del bastidor del rotor 42.

Con referencia a las figuras 3, 4 y 4A, el generador 20 incluye además un sistema de magnetización, generalmente indicado por el número de referencia 60, es decir, operativo para magnetizar el material magnético que constituye los imanes permanentes 54 de los polos magnéticos 44. El sistema de magnetización 60 incluye un cabezal 62, una bobina 64 que tiene varias espiras enrolladas alrededor del cabezal 62 para definir colectivamente un accesorio de magnetización 66, un circuito de accionamiento 68 conectado eléctricamente con la bobina 64 del accesorio de magnetización 66, un posicionador 70 al que el cabezal 62 está acoplado para movimiento con relación al conjunto de estator 28 y al conjunto de rotor 30, y un sistema de control de movimiento 79 acoplado con una porción móvil 69 del posicionador 70. El accesorio de magnetización 66 y el posicionador 70, que están estacionados en el conjunto de estator 28, definen una porción permanente del conjunto de estator 28 que permanece instalada en el conjunto de estator 28 cuando el generador 20 está en funcionamiento.

- El accesorio de magnetización 66 y el posicionador 70 están soportados dentro del conjunto de estator 28. En la realización representativa, el accesorio de magnetización 66 está soportado dentro de una ranura 41 del bastidor del estator 38 por el posicionador 70 y puede reemplazar una de las bobinas 40 del conjunto de estator 28. El cabezal 62 puede estar compuesto de un material ferromagnético, tal como una aleación de acero, que refuerza el campo magnético producido por una corriente que fluye a través de la bobina 64. Las espiras de la bobina 64 están compuestas por un conductor eléctrico y están separadas entre sí y del cabezal 62 por un aislante (no mostrado), tal como espacios de aire y/o un material dieléctrico sólido como barniz o una cinta aislante. Las espiras de la bobina 64 pueden enrollarse helicoidalmente alrededor del cabeza 62 de manera solenoidal.
- El sistema de magnetización 60 genera un campo magnético de intensidad fuerte o alta de corta duración que se utiliza para magnetizar el material magnético en los imanes permanentes 54 de los polos magnéticos 44. El sistema de magnetización 60 genera el campo magnético al hacer que un pulso transitorio de alta corriente se dirija desde el circuito de accionamiento 68 a través de las espiras de la bobina 64 del accesorio de magnetización 66. Los campos magnéticos discretos generados por las espiras individuales de la bobina 64 se agregan constructivamente para producir el campo magnético total que emana del accesorio de magnetización 66 cuando la bobina 64 está energizada. Las líneas de campo del campo magnético se concentran a lo largo de la línea central de la bobina 64. El campo magnético generado por la bobina 64 generalmente se escala al aumentar el nivel de corriente del pulso actual y con el número de espiras en la bobina 64.
- El campo magnético generado por el accesorio de magnetización 66 interactúa con un volumen de material magnético en cada imán permanente 54 y alinea los dominios magnéticos dentro del volumen. Después del colapso del campo magnético externo, el material magnético en el volumen magnetizado permanece alineado y, por lo tanto, permanentemente magnetizado. La corriente puede ser dirigida a través de las espiras de la bobina 64 en, por ejemplo, una dirección en el sentido de las agujas del reloj para magnetizar el material magnético con un primer vector de polarización y dirigido a través de las espiras de la bobina 64 en una dirección opuesta a las agujas del reloj para magnetizar el material magnético con un primer vector de polarización que difiere en la dirección del primer vector de polarización. En una realización, la corriente suministrada a la bobina 64 puede ser del orden de cientos a miles de amperios y el campo magnético generado por el sistema de magnetización 60 puede exceder los 40.000 Gauss (4 Tesla).
- En una realización, el circuito de accionamiento 68 incluye un banco de condensadores 72, un dispositivo de conmutación 74 que conecta el banco de condensadores 72 con los cables de la bobina 64, un circuito de carga 76 configurado para cargar el banco de condensadores 72, y un circuito de control 78. El circuito de control 78 está configurado para activar el circuito de carga 76 para cargar el banco de condensadores 72 y también está configurado para activar el dispositivo de conmutación 74 para descargar bruscamente la carga almacenada desde el banco de condensadores 72 como un pulso de corriente continua transitoria de alta tensión a través de la bobina 64. El dispositivo de conmutación 74 puede ser, por ejemplo, un rectificador controlado de silicio. La carga almacenada liberada del banco de condensadores 72 genera el pulso de corriente continua en las espiras de la bobina 64, que a su vez genera un campo magnético relativamente fuerte de corta duración (típicamente unos pocos milisegundos) utilizado para magnetizar cada polo magnético 44. A medida que el pulso de corriente continua en la bobina 64 se disipa, el campo magnético externo colapsa. El circuito de control 78 puede hacer que el banco de condensadores 72 y el dispositivo de conmutación 74 envíen pulsos de corriente directos a la bobina 64 con flujo de corriente en sentido horario o antihorario para producir un campo magnético de dos polaridades diferentes según la Ley de Faraday. En una realización alternativa, el circuito de carga 76 puede ser un tipo diferente de circuito capaz de producir una señal que tenga un nivel de corriente y un cambio de velocidad de la corriente adecuado para generar los pulsos de corriente continua necesarios.
- Una superficie 63 del cabezal 62 se enfrenta al conjunto de rotor 30 y, en particular, confronta una superficie 45 del polo magnético 44 que está cruzando el hueco de aire radial 52 desde el cabezal 62. El cabezal 62 y la bobina 64 tienen una huella dentro del conjunto de estator 28 que es significativamente más pequeña que la huella de cada conjunto de bobinas 40 y cada uno de los dientes 48 y ranuras como la ranura 41 que se extienden a lo largo de toda la longitud, L, del bastidor de estator 38.
- El posicionador 70, que puede ser una platina o portaobjetos, consiste en un sistema mecánico con varios elementos mecánicos que cooperan para soportar el accesorio de magnetización 66 y para proporcionar el movimiento del accesorio de magnetización 66 a lo largo de la longitud, L, de cada polo magnético 44. En una realización, el posicionador 70 puede configurarse para proporcionar movimiento lineal moviendo el accesorio de magnetización 66 en una trayectoria lineal a lo largo de la longitud, L, de cada polo magnético 44.
- La porción móvil 69 del posicionador 70 está acoplada mecánicamente y soporta el accesorio de magnetización 66. El sistema de control de movimiento 79 incluye un accionador 80, un accionamiento 82 y un controlador de movimiento 84. El accionador 80, que puede ser un motor paso a paso o un servo en realizaciones representativas, está conectado por un enlace mecánico 86 con la porción móvil 69 del posicionador 70. El enlace mecánico 86 puede incluir engranajes, árboles, un tornillo de avance, un tornillo de bola, correas, rodamientos u otras estructuras reconocidas por una persona con habilidad ordinaria en la técnica necesaria para conectar físicamente la salida del accionador 80 con la porción móvil 69 del posicionador 70 y para convertir la salida del accionador 80 en movimiento de la porción

móvil 69.

El posicionador 70 incluye además una etapa 71 del eje z que está configurada para mover el accesorio de magnetización 66 en relación con la superficie enfrentada 45 del polo magnético particular 44 que está alineado con el accesorio magnético 68. La etapa 71 del eje z está configurada para cambiar la separación entre la superficie 45 del polo magnético 44 y la superficie 63 del cabezal 62 del accesorio de magnetización 66 moviendo el accesorio de magnetización 66 en una dirección radial con respecto al eje longitudinal 49. Por ejemplo, la etapa 71 del eje z puede mover el accesorio de magnetización 66 para reducir la separación entre el polo magnético 44 y el accesorio de magnetización 66 cuando magnetiza o desmagnetiza el polo magnético 44 y luego retrae el accesorio de magnetización 66 a una ubicación dentro del generador 20 que no altera los campos magnéticos durante la operación del generador. La etapa 71 del eje z del posicionador 70 puede usarse para colocar el accesorio de magnetización 66 en una relación de contacto con el polo magnético 44 durante un procedimiento de magnetización o desmagnetización.

En una realización alternativa, la etapa 71 del eje z puede omitirse de la construcción del posicionador 70 de modo que el accesorio de magnetización 68 no sea móvil en la dirección radial.

El controlador de movimiento 84 incluye circuitería digital y/o circuitería analógica que está interconectada con el accionamiento 82, que acepta comandos del controlador de movimiento 84 y genera las señales de control requeridas para accionar el accionador 80 y requeridos para provocar el movimiento de la etapa 71 del eje z. El controlador de movimiento 84 puede incluir un controlador lógico programable (PLC) u otro tipo de controlador basado en microprocesador con al menos una unidad central de procesamiento capaz de ejecutar software de aplicación almacenado en una memoria. El controlador de movimiento 84 ejecuta el software de aplicación para generar una trayectoria basada en las posiciones de destino asignadas y los perfiles de movimiento para la porción móvil 69 del posicionador 70. El controlador de movimiento 84 suministra señales de control que reflejan la trayectoria al accionamiento 82, que genera señales de accionamiento que controlan el funcionamiento del accionador 80 y, de forma previsible, mueven el posicionador 70 para ubicar el accesorio de magnetización 66 en las diversas posiciones necesarias para magnetizar cada polo magnético 44. En una realización, el variador 82 puede ser un amplificador de potencia que aumenta la tensión/corriente de la señal de control para proporcionar señales de variador de una potencia adecuada para operar un servo o motor paso a paso que representa el accionador 80. En una realización, el controlador de movimiento 84 puede confiar en el control de bucle abierto. El controlador de movimiento 84 también puede recibir opcionalmente datos de posición y/o velocidad de uno o más sensores de retroalimentación (no mostrados) y usar los datos de posición y/o velocidad en un bucle de control cerrado usando un algoritmo de control de derivada integral proporcional (PID) de manera que, por ejemplo, un árbol de motor del accionador 80 se hace girar de manera controlada.

Para acceder a todos los polos magnéticos 44, el conjunto de rotor 30 gira alrededor del eje longitudinal 49 para ubicar cada uno de los polos magnéticos 44 en una posición circunferencial estacionaria de modo que el accesorio de magnetización 66 esté directamente a través del hueco de aire radial 52 desde el polo magnético 44 respectivo. La rotación del conjunto de rotor 30 para reubicar secuencialmente los polos magnéticos 44 puede realizarse manualmente o puede ejecutarse automáticamente haciendo que el árbol de accionamiento 46 gire. El posicionador 70 puede usarse entonces para mover el accesorio de magnetización 66 a varias ubicaciones prescritas con respecto al polo magnético 44 particular que está alineado con el accesorio de magnetización 66. La etapa 71 del eje z se usa opcionalmente para cambiar la posición radial del cabezal 62 del accesorio de magnetización 66 con respecto al polo magnético 44 para establecer una separación radial entre las superficies 45, 63. En la realización representativa, la porción móvil 69 del posicionador 70 y el accesorio de magnetización 66 son móviles en una dirección alineada con un primer eje de movimiento 88 que está alineado generalmente paralelo al eje longitudinal 49 y el accesorio de magnetización 66 es móvil con respecto a la porción móvil 69 en una dirección alineada con un segundo eje de movimiento 87 transversal al eje de movimiento 88 y radial con relación al eje longitudinal 49. El primer eje de movimiento 88 también está alineado generalmente paralelo a la longitud, L, de los polos magnéticos 44.

Los polos magnéticos 44 se instalan inicialmente en el conjunto de rotor 30 con los imanes permanentes 54 en una condición no magnetizada. Después de la instalación y antes de la operación del generador 20, el sistema de magnetización 60 se usa para magnetizar los imanes permanentes 54 de cada polo magnético 44. En particular, y como se muestra en la figura 5, los imanes permanentes 54 en uno de los polos magnéticos 44, en particular, un primer polo magnético 44a, están magnetizados con un primer vector de polarización como se indica en la figura 5 por una flecha de una sola cabeza 90. Los imanes permanentes 54 en otro de los polos magnéticos 44, en particular, un segundo polo magnético 44b adyacente al polo magnético 44a, están magnetizados con un segundo vector de polarización como se indica en la figura 5 por una flecha de una sola cabeza 92. El vector de polarización 90 tiene una dirección radialmente hacia dentro con respecto al eje longitudinal 49 y el vector de polarización 92 tiene una dirección radialmente hacia fuera con respecto al eje longitudinal 49. El patrón de magnetización de los polos magnéticos 44a, 44b se repite para todos los polos magnéticos 44.

El generador 20, tal como se usa en el presente documento, es cualquier dispositivo dinámico configurado para convertir energía mecánica de un motor primario y generar energía eléctrica de salida. Aunque se ilustra para usarse con el generador 20 en la realización representativa, una persona con habilidades ordinarias en la técnica apreciará que el sistema de magnetización 60 puede usarse en cualquier tipo adecuado de máquina eléctrica que convierta

energía mecánica en energía eléctrica o viceversa, y/o que cambie una tensión de corriente alternativa de un nivel a otro nivel.

5 Durante su uso, el generador 20 se instala en la turbina eólica 10 durante el curso normal del montaje de la turbina eólica 10 y se acopla opcionalmente con el árbol de accionamiento 32 antes de que se realice la magnetización. En el momento de la instalación, los polos magnéticos 44 en el generador 20 están en un estado no magnetizado, lo que simplifica el montaje del generador 20. El conjunto de rotor 30 del generador 20 gira alrededor del eje longitudinal 49 de manera que uno de los polos magnéticos 44, en este caso el polo magnético representativo 44a, está circunferencialmente alineado con el accesorio de magnetización 66. El sistema de control de movimiento 79 se acciona para mover la porción móvil 69 del posicionador 70 en una dirección paralela al primer eje de movimiento 88 de tal manera que el accesorio de magnetización 66 esté ubicado en una primera posición con respecto al polo magnético alineado 44a. Específicamente, el controlador de movimiento 84 suministra señales de control al accionamiento 82, que genera señales de accionamiento que hacen que el accionador 80 proporcione un movimiento motorizado de la porción móvil 69 del posicionador 70 para ubicar el accesorio de magnetización 66 en la primera posición. El sistema de control de movimiento 79 se opera opcionalmente para hacer que la etapa 71 del eje z mueva el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el segundo eje de movimiento 87 para establecer una separación radial adecuada entre las superficies 45, 63.

20 El circuito de accionamiento 68 se usa para magnetizar los imanes permanentes 54 que constituyen el polo 44a. El circuito de control 78 del circuito de accionamiento 68 se opera para activar el circuito de carga 76 para cargar el banco de condensadores 72. Cuando está suficientemente cargado, el circuito de control 78 acciona el dispositivo de conmutación 74 del circuito de accionamiento 68 para descargar abruptamente la carga almacenada desde el banco de condensadores 72 como un primer pulso de corriente a través de la bobina 64 en un, por ejemplo, sentido de las agujas del reloj. El paso del primer pulso de corriente a través de la bobina 64 genera un campo magnético. El campo magnético externo magnetiza un dominio magnético 94 del material magnético en el polo magnético 44a con la mayoría de los momentos magnéticos atómicos individuales alineados con el vector de polarización 90. La magnetización resultante del dominio magnético 94 está principalmente alineada con el vector de polarización 90. En una realización, el conjunto de rotor 30 se mantiene en una condición estática y el accesorio de magnetización 66 se mantiene estacionario en la primera posición durante la magnetización.

30 La fuerza del campo magnético se concentra a lo largo de la línea central de la bobina 64 y es relativamente débil fuera de la bobina 64. Debido a que el accesorio de magnetización 66 es dimensionalmente más pequeño que el polo magnético 44a y los otros polos magnéticos 44, un solo pulso de corriente a través de la bobina 64 es incapaz de generar un campo magnético suficiente para magnetizar todo el polo magnético 44a. Como resultado, el tamaño del dominio magnético 94 es menor o igual a la mitad de las dimensiones exteriores del polo magnético 44a, que viene dado por el producto del espesor, T, longitud, L, y anchura, W.

40 La movilidad del accesorio de magnetización 66 atribuible al sistema de control de movimiento 79 y al posicionador 70 permite que todo o parte del material magnético en el polo magnético 44a se magnetice con el vector de polarización 90. Bajo la dirección del sistema de control de movimiento 79, el posicionador 70 se acciona para mover el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el primer eje de movimiento 88 a una segunda posición con respecto al polo magnético alineado 44a. Antes de pasar desde la primera posición a la segunda posición y, si es necesario, el sistema de control de movimiento 79 puede funcionar para hacer que la etapa 71 del eje z mueva el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el segundo eje de movimiento 87 para aumentar la separación radial entre las superficies enfrentadas 45, 63. Cuando se encuentra en la segunda posición, el sistema de control de movimiento 79 puede operarse opcionalmente para hacer que la etapa 71 del eje z mueva el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el segundo eje de movimiento 87 y establezca una separación radial adecuada entre las superficies enfrentadas 45, 63.

50 Mientras que el accesorio de magnetización 66 se mantiene preferiblemente estacionario en la segunda posición, entonces se usa el circuito de accionamiento 68, como se ha descrito anteriormente, para enviar un segundo pulso de alta corriente a través de la bobina 64 en la misma dirección que el primer pulso de alta corriente y con aproximadamente el mismo nivel actual que el primer pulso de alta corriente. Las direcciones de campo de los campos magnéticos externos que resultan del primer y segundo pulsos de corriente a través de la bobina 64 son idénticas. El campo magnético externo magnetiza otro dominio magnético 94 del material magnético en el polo magnético 44a con una magnetización principalmente alineada con un vector de polarización 90. En consecuencia, el campo magnético permanente generado colectivamente por los dominios magnéticos 94 está alineado con el vector de polarización 90.

60 El sistema de control de movimiento 79 se usa para operar el posicionador 70 para mover en serie el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el primer eje de movimiento 88 y en relación con el polo magnético alineado 44a a posiciones adicionales espaciadas alineadas con la longitud, L, del polo magnético alineado 44a. En caso necesario, el sistema de control de movimiento 79 se usa para establecer la separación radial entre las superficies 45, 63 en cada posición adicional operando la etapa 71 del eje z para mover el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el segundo eje de movimiento 87. Las posiciones del accesorio de magnetización 66 están conectadas por una trayectoria lineal debido a la restricción impuesta por el movimiento lineal de la porción móvil 69 del posicionador 70 en la dirección alineada con el primer eje de movimiento 88.

En cada posición adicional, el accesorio de magnetización 66 y el circuito de accionamiento 68 del sistema de magnetización 60 se utilizan para magnetizar un dominio magnético adicional 94. Las dimensiones de cada dominio magnético 94 son menores o iguales a la mitad de las dimensiones exteriores del polo magnético 44a. Con el tiempo, el material magnético sobre todo o parte del volumen del polo magnético 44a incluye dominios magnéticos 94 que tienen una dirección de campo orientada con el vector de polarización 90. La distancia entre la primera y la segunda posición del accesorio de magnetización 66, y entre la separación entre las posiciones sucesivas del accesorio de magnetización 66, puede seleccionarse de modo que los dominios magnéticos 94 formados por los diferentes pulsos de corriente se fusionen en la condición magnetizada final del polo magnético 44a y sustancialmente todo el material magnético en el polo magnético 44a esté en un estado magnetizado caracterizado por el vector de polarización 90.

El conjunto de rotor 30 del generador 20 se gira entonces alrededor del eje longitudinal 49 de modo que otro de los polos magnéticos 44, en este caso el polo magnético representativo 44b, está alineado con el accesorio de magnetización 66. Los polos magnéticos representativos 44a, 44b están circunferencialmente adyacentes entre sí en el bastidor del rotor 42. El proceso de magnetización descrito anteriormente se repite para magnetizar dominios magnéticos 96 en el polo magnético alineado 44b. El posicionador 70 bajo el mando del sistema de control de movimiento 79 mueve en serie el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el primer eje de movimiento 88 en varias posiciones en una trayectoria lineal alineada con la longitud, L, del polo magnético 44b y opcionalmente mueve el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el segundo eje de movimiento 87 para establecer la separación radial entre las superficies 45, 63. En cada posición, el circuito de accionamiento 68 se opera para enviar un pulso de alta corriente a través de la bobina 64 del accesorio de magnetización 66 con una dirección de corriente que es opuesta (es decir, en sentido antihorario) a la dirección del flujo de corriente para los pulsos de alta corriente utilizados para magnetizar los dominios magnéticos 94 en el polo magnético 44a. Cada pulso actual genera un campo magnético externo con una dirección de campo y una fuerza de campo efectiva para magnetizar el material magnético del polo magnético 44b para formar uno de los dominios magnéticos 96 caracterizados por el vector de polarización 92.

El sistema de control de movimiento 79 se usa para operar el posicionador 70 para mover en serie el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el primer eje de movimiento 88 con respecto al polo magnético alineado 44b a posiciones adicionales espaciadas a lo largo de la longitud, L, del polo magnético alineado 44b y, en caso necesario, para operar la etapa 71 del eje z del posicionador 70 para mover el accesorio de magnetización 66 en la dirección radial para establecer la separación radial entre las superficies 45, 63. Las posiciones del accesorio de magnetización 66 están conectadas por una trayectoria lineal debido a la restricción impuesta por el movimiento lineal de la porción móvil 69 del posicionador 70. En cada posición, el accesorio de magnetización 66 y el circuito de accionamiento 68 del sistema de magnetización 60 se utilizan para magnetizar dominios magnéticos adicionales 96. Las dimensiones de cada dominio magnético 96 son menores o iguales a la mitad de las dimensiones exteriores del polo magnético 44b. Con el tiempo, el material magnético del polo magnético 44b y, preferentemente, todo el volumen del polo magnético 44b incluye dominios magnéticos 96 que tienen una dirección de campo orientada con el vector de polarización 92. La distancia entre la primera y segunda posiciones del accesorio de magnetización 66, y la separación entre las posiciones sucesivas del accesorio de magnetización 66, puede seleccionarse de modo que los dominios magnéticos 96 formados por los diferentes pulsos de corriente se fusionen en la condición magnetizada final del polo magnético 44b y sustancialmente todo el material magnético en el polo magnético 44b esté en un estado magnetizado caracterizado por el vector de polarización 92.

El proceso de magnetización, como se ha descrito anteriormente, se repite para magnetizar sistemáticamente todos los polos magnéticos 44 con uno u otro de los diferentes vectores de polarización 90, 92. Cada polo magnético 44 que contiene material magnético magnetizado con el vector de polarización 90 está dispuesto circunferencialmente entre un par de polos magnéticos 44 que contienen material magnético magnetizado con el vector de polarización 92. De la misma manera, cada polo magnético 44 que contiene material magnético magnetizado con el vector de polarización 92 está dispuesto circunferencialmente entre un par de polos magnéticos 44 que contiene material magnético magnetizado con el vector de polarización 90.

La dirección de magnetización de cada imán permanente 54 es a través del espesor de la losa, T, y en una dirección radial perpendicular al eje longitudinal 49 alrededor del cual el conjunto de rotor 30 gira o rota durante el funcionamiento normal de la turbina eólica 10 y del generador 20. El número de polos magnéticos 44 en el conjunto de rotor 30 que están magnetizados con el vector de polarización 90 puede ser igual al número de polos magnéticos 44 magnetizados con el vector de polarización 92.

La colocación del sistema de magnetización 60 como un elemento integral en el generador 20 aumenta la viabilidad y la flexibilidad durante la construcción e instalación de grandes generadores de imanes permanentes para su uso en turbinas eólicas. Los costos de producción del generador 20, la instalación del generador 20 en la góndola 14 de la turbina eólica 10, y los servicios posteriores a la instalación del generador 20 se reducen. A este respecto, los diseños de generadores convencionales son extremadamente difíciles de montar y desmontar debido a las altas intensidades de campo de los imanes permanentes 54. Las realizaciones de la invención permiten que los imanes permanentes no magnetizados 54 se monten en el generador 20 y luego se magneticen después de que el generador 20 se monte dentro de la góndola 14 y se instale. Esto simplifica el montaje y el desmontaje del generador 20. Si no está acoplado

con el árbol de accionamiento 32 antes de que se realice la magnetización, el generador 20 se coloca dentro de la góndola 14 y está listo para acoplarse con el árbol de accionamiento 32 después de que se realiza el procedimiento de magnetización.

5 El sistema de magnetización 60 puede usarse para restaurar la intensidad de campo original de los polos magnéticos 44 que pueden haber experimentado una pérdida de intensidad de campo. Por ejemplo, la intensidad de campo del material magnético puede degradarse con la vida útil del generador de turbina eólica 20 o puede degradarse por un evento agudo tal como un cortocircuito o una temperatura de funcionamiento excesiva. Esta capacidad de revivir o refrescar polos magnéticos degradados 44 también amplía la selección de materiales magnéticos en los imanes permanentes 54. En particular, se puede utilizar un grado inferior de material magnético de tierras raras en los imanes permanentes 54, lo que puede reducir la contribución del costo de los imanes permanentes 54 al costo total del generador 20.

15 El sistema de magnetización 60 es capaz de magnetizar el material magnético en cada uno de los polos magnéticos 44 para formar dominios magnéticos 94, 96 mientras que el conjunto de rotor 30 del generador 20 permanece en conexión directa con el rotor 16 o el conjunto de rotor 30 del generador 20 permanece conectado por la caja de engranajes 34 con el rotor 16.

20 Con referencia a la figura 6 y de acuerdo con una realización alternativa de la invención, el sistema de magnetización 60 puede proporcionarse en un generador que tenga un diseño de imán permanente interior (IPM), en oposición al diseño de imán permanente de superficie (SPM) del generador 20 (figuras 3, 4). El conjunto de rotor 30a de este generador alternativo incluye una pluralidad de cavidades o ranuras 56 definidas en el bastidor del rotor 42 y una pluralidad de polos magnéticos 43 que están instalados en las ranuras 56 de manera que una parte del material del bastidor del rotor 42 está dispuesta entre cada polo magnético 43. De lo contrario, la construcción del conjunto de rotor 30a es similar al conjunto de rotor 30. Cada uno de los polos magnéticos 43 incluye uno o más imanes permanentes 54a similares a los imanes permanentes 54 de los polos magnéticos 44. Cuando se instalan en las ranuras 56, los polos magnéticos 43 están incrustados dentro del bastidor del rotor 42 y desplazados radialmente hacia dentro desde la superficie exterior 41. El generador de la realización de la figura 6 se ilustra como la incorporación del mismo conjunto de estator 28 que el generador 20, aunque la invención no está tan limitada. El sistema de magnetización 60 puede usarse para magnetizar y desmagnetizar los imanes permanentes 54a de los polos 43 en las diversas realizaciones descritas en el presente documento.

35 Con referencia a la figura 7 y de acuerdo con una realización de la invención, el sistema de magnetización 60 puede usarse para modificar los dominios magnéticos de los polos magnéticos 44 para desmagnetizar efectivamente los polos magnéticos 44 y promover el desmontaje del generador 20 para, por ejemplo, realizar servicio o mantenimiento. Con ese fin, el sistema de magnetización 60 puede usarse para formar dominios magnéticos alternos 100, 102 de diferente (por ejemplo, opuesta) polarización magnética. Los campos magnéticos generados por los dominios magnéticos 100, 102 se superponen de manera tal que el campo magnético neto se anula efectivamente a una corta distancia de cada polo magnético 44. Los polos magnéticos modificados 44 se colocan así en un estado en el que la red magnética está cerca de cero a una corta distancia de los polos magnéticos 44. Específicamente, las intensidades del campo magnético y las dimensiones de los dominios magnéticos 100, 102 se seleccionan de manera que el campo magnético neto a una corta distancia de cada uno de los polos magnéticos 44 sea insignificante. La anulación del campo magnético reduce drásticamente las fuerzas que de otro modo obstaculizarían el desmontaje mientras el generador 20 permanece instalado en la turbina eólica 10.

45 Para iniciar el servicio o el mantenimiento, el conjunto de rotor 30 del generador 20 gira alrededor del eje longitudinal 49 de manera que uno de los polos magnéticos 44, por ejemplo, polo magnético 44a, está alineado con el accesorio de magnetización 66. Bajo el control del sistema de control de movimiento 79, el posicionador 70 se acciona para mover el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el primer eje de movimiento 88 a una posición inicial con respecto al polo magnético alineado 44a. Específicamente, el controlador de movimiento 84 suministra señales de control al accionamiento 82, que genera señales de accionamiento que provocan que el accionador 80 proporcione movimiento motorizado del posicionador 70. La primera posición se calcula como una ubicación adecuada para formar uno de los dominios magnéticos 102. En caso necesario, la etapa 71 del eje z se opera para establecer una separación radial entre las superficies enfrentadas 45, 63 moviendo el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el segundo eje de movimiento 87.

60 Preferiblemente mientras se sujeta el conjunto de rotor 30 y el accesorio de magnetización 66 estacionario, el circuito de control 78 del circuito de accionamiento 68 se opera para activar el circuito de carga 76 para cargar el banco de condensadores 72. Cuando está suficientemente cargado, el circuito de control 78 acciona el dispositivo de conmutación 74 para descargar bruscamente la carga almacenada desde el banco de condensadores 72 como un primer impulso de corriente a través de la bobina 64 en una dirección opuesta a la utilizada para los dominios magnéticos 94 (figura 5) del polo de magnetización 44a. El campo magnético externo resultante del primer impulso de corriente dirigido a través de la bobina 64 magnetiza uno de los dominios magnéticos 102 en el polo magnético 44a. Después del colapso del campo magnético externo, la mayoría de los momentos magnéticos atómicos individuales en el volumen magnetizado de material magnético están alineados con el vector de polarización 92 para formar uno de los dominios magnéticos 102. Debido a las dimensiones compactas del accesorio de magnetización 66 en

comparación con las dimensiones exteriores del polo magnético 44a, el material magnético residual en el polo magnético 44a permanece magnetizado con el vector de polarización 90. Las dimensiones del material magnético en el dominio magnético 102 pueden ser similares a las dimensiones del material magnético en uno de los dominios magnéticos 94 (figura 5) y, en cualquier caso, es menor o igual a la mitad de las dimensiones exteriores del polo magnético 44a.

El sistema de magnetización 60 puede usarse luego para formar dominios magnéticos adicionales 102 en el polo magnético 44a. El sistema de control de movimiento 79 se usa para operar el posicionador 70 para mover el accesorio de magnetización 66 desde la posición inicial a al menos una posición adicional con respecto al polo magnético alineado 44a y opcionalmente para establecer la separación radial entre las superficies enfrentadas 45, 63. El circuito de accionamiento 68 se usa entonces, como se ha descrito anteriormente, para enviar un pulso de alta corriente a través de la bobina 64 en cada posición adicional. El campo magnético externo magnetiza otro dominio magnético 102 con el vector de polarización 92 en el polo magnético alineado 44a en cada posición adicional.

Cada par adyacente de dominios magnéticos 102 está separado por uno de los dominios magnéticos 100 con la excepción de los dominios magnéticos 102 que bordean un extremo del polo magnético 44a. Como resultado, los dominios magnéticos 100, 102 se alternan espacialmente a lo largo de la longitud, L, del polo magnético 44a. La separación entre las posiciones adyacentes del accesorio de magnetización 66 cuando se administra cada pulso de corriente a la bobina 64 se determina para optimizar la desmagnetización producida por los campos magnéticos opuestos de los dominios magnéticos 100, 102.

El conjunto de rotor 30 del generador 20 se gira entonces alrededor del eje longitudinal 49 de modo que otro de los polos magnéticos 44, en este caso el polo magnético representativo 44b, está alineado con el accesorio de magnetización 66. Bajo el control del sistema de control de movimiento 79, el posicionador 70 se acciona para mover el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el primer eje de movimiento 88 a una posición inicial con respecto al polo magnético alineado 44b. Específicamente, el controlador de movimiento 84 suministra señales de control al accionamiento 82, que genera señales de accionamiento que provocan que el accionador 80 proporcione movimiento motorizado del posicionador 70. La primera posición se calcula como una ubicación adecuada para formar uno de los dominios magnéticos 100. En caso necesario, la etapa 71 del eje z se opera para establecer una separación radial entre las superficies enfrentadas 45, 63 moviendo el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el segundo eje de movimiento 87.

Preferiblemente mientras se sujeta el conjunto de rotor 30 y el accesorio de magnetización 66 estacionario, el circuito de control 78 del circuito de accionamiento 68 se opera para activar el circuito de carga 76 para cargar el banco de condensadores 72. Cuando está suficientemente cargado, el circuito de control 78 acciona el dispositivo de conmutación 74 para descargar bruscamente la carga almacenada desde el banco de condensadores 72 como un primer impulso de corriente a través de la bobina 64 en una dirección opuesta a la utilizada para los dominios magnéticos 96 (figura 5) del polo de magnetización 44b. El campo magnético externo resultante del primer impulso de corriente dirigido a través de la bobina 64 magnetiza uno de los dominios magnéticos 100 en el polo magnético 44b. Después del colapso del campo magnético externo, la mayoría de los momentos magnéticos atómicos individuales en el volumen magnetizado de material magnético están alineados con el vector de polarización 92 para formar uno de los dominios magnéticos 100. Debido a las dimensiones compactas del accesorio de magnetización 66 en comparación con las dimensiones exteriores del polo magnético 44b, el material magnético residual en el polo magnético 44b permanece magnetizado con el vector de polarización 92. Las dimensiones del material magnético en el dominio magnético 100 pueden ser similares a las dimensiones del material magnético en uno de los dominios magnéticos 96 (figura 5) y, en cualquier caso, es menor o igual a la mitad de las dimensiones exteriores del polo magnético 44b.

El sistema de magnetización 60 puede usarse luego para formar dominios magnéticos adicionales 100 en el polo magnético 44b. El sistema de control de movimiento 79 se usa para operar el posicionador 70 para mover el accesorio de magnetización 66 desde la posición inicial a al menos una posición adicional con respecto al polo magnético alineado 44b y opcionalmente para establecer la separación radial entre las superficies enfrentadas 45, 63. El circuito de accionamiento 68 se usa entonces, como se ha descrito anteriormente, para enviar un pulso de alta corriente a través de la bobina 64 en cada posición adicional. El campo magnético externo magnetiza otro dominio magnético 100 con el vector de polarización 90 en el polo magnético alineado 44b en cada posición adicional.

Cada par adyacente de dominios magnéticos 100 está separado por uno de los dominios magnéticos 102 con la excepción de los dominios magnéticos 100 que bordean un extremo del polo magnético 44b. Como resultado, los dominios magnéticos 100, 102 se alternan espacialmente a lo largo de la longitud, L, del polo magnético 44b. La separación entre las posiciones adyacentes del accesorio de magnetización 66 cuando se administra cada pulso de corriente a la bobina 64 se determina para optimizar la desmagnetización producida por los campos magnéticos opuestos de los dominios magnéticos 100, 102.

El proceso se repite hasta que se forman dominios magnéticos 100, 102 de polarización magnética alterna 90, 92 en cada uno de los polos magnéticos 44, incluyendo los polos magnéticos representativos 44a, 44b. El desmontaje del generador 20 puede entonces proceder con los polos magnéticos 44 en un estado de campo magnético neto

significativamente reducido. Después de realizar el servicio o mantenimiento, los dominios magnéticos 100, 102 pueden volver a magnetizarse usando el sistema de magnetización 60 para restaurar los dominios magnéticos 94, 96 (figura 5) y el generador 20 vuelve a estar en servicio.

5 Con referencia a la figura 7A, en la que los números de referencia similares se refieren a características similares en la figura 5 y de acuerdo con una realización alternativa, el sistema de magnetización 60 puede usarse para desmagnetizar eficazmente los polos magnéticos 44 reduciendo la intensidad de campo de los dominios constituyentes 94, 96 mientras retiene los mismos vectores de polarización 90, 92 respectivos. La reducción en la intensidad de campo contrasta con la solución alternativa descrita en relación con la figura 7, en la que se establecen campos magnéticos de dirección opuesta que se suman destructivamente para proporcionar la desmagnetización.

10 Para desmagnetizar los polos magnéticos 44, los movimientos aplicados al magnetizar los polos magnéticos 44 descritos anteriormente en relación con los polos magnéticos representativos 44a, 44b, se reproducen para colocar el cabezal de magnetización 66 en los lugares apropiados. Sin embargo, la bobina 64 del sistema de magnetización 60 del cabezal de magnetización 66 es activada por el circuito de activación con una forma de onda caracterizada por una corriente oscilatoria o alterna de amplitud decreciente con el tiempo acumulado. En una realización como se muestra por la forma de onda representativa en la figura 7B, la forma de onda puede ser una forma de onda sinusoidal 150 caracterizada por una amplitud de pico decreciente para la senoide que oscila dentro de una envolvente. Las características de la forma de onda se seleccionan para que sean efectivas para reducir la intensidad de campo a una fracción de la intensidad de campo para una condición magnetizada adecuada para la operación del generador. Entre los parámetros selectivos para la forma de onda utilizada para desmagnetizar los polos magnéticos 44 están la frecuencia de oscilación, la amplitud máxima para el ciclo inicial y la tasa de amortiguación de la amplitud máxima. La reducción significativa en la intensidad de campo desmagnetiza efectivamente los imanes permanentes 54 de los polos magnéticos 44. En una realización, la intensidad de campo reducida puede ser del 3 por ciento o menos de la intensidad de campo en la condición magnetizada (figura 7).

Con referencia a la figura 8, en la que los números de referencia similares se refieren a características similares en las figuras 1-7 y de acuerdo con una realización alternativa, un sistema de magnetización 60a permite el control de múltiples ejes sobre el movimiento indexado de la porción móvil 69 del posicionador 70. Con ese fin, la construcción de la porción móvil 69 del posicionador 70 se altera para permitir el movimiento en una dirección alineada con un eje de movimiento 89, así como movimiento independiente en una dirección alineada con el eje de movimiento 88. El movimiento a lo largo del eje de movimiento 88 está alineado en una dirección que está alineada sustancialmente paralela al eje longitudinal 49. El movimiento en la dirección a lo largo del eje de movimiento 89 está alineado sustancialmente transversal a una dirección paralela al eje longitudinal 49.

35 Para implementar el control de múltiples ejes, el sistema de control de movimiento 79 se modifica para incorporar una pluralidad de unidades 82a, 82b, cada una similar en construcción y funcionalidad al accionamiento 82, una pluralidad de accionadores 80a, 80b, cada uno similar en construcción y funcionalidad al accionador 80, y una pluralidad de enlaces mecánicos 86a, 86b cada uno similar en construcción y funcionalidad al enlace mecánico 86. Cada uno de los accionadores 82a, 82b interconecta el controlador de movimiento 84 con uno respectivo de los accionadores 80a, 80b. En una realización, el accionador 80a puede ser accionado por el accionamiento 82a para mover el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el eje de movimiento 88 y el accionador 80b puede ser accionado por el accionamiento 82b para mover el accesorio de magnetización 66 en una dirección alineada con el eje de movimiento 89. En la realización representativa, el movimiento en una dirección alineada con el eje de movimiento 87 también está disponible para ajustar la posición radial del accesorio de magnetización 66.

La porción móvil 69 del posicionador 70 y el accesorio de magnetización 66 se pueden mover a lo largo de múltiples ejes. En la realización representativa, la porción móvil 69 del posicionador 70 y el accesorio de magnetización 66 son móviles con tres grados de libertad que también incluyen movimiento radial en una dirección alineada con el eje de movimiento 87. En la realización representativa, el eje de movimiento 89 está alineado en una dirección paralela a la anchura, W, de cada polo magnético 44 y el eje de movimiento 88 está alineado con la longitud, L, de cada polo magnético 44. El eje de movimiento 89 es transversal o tangencial a la superficie 45 de cada polo magnético 44 cuando está alineado con el accesorio de magnetización 66. El accesorio de magnetización 66 está ubicado en serie por movimiento en direcciones respectivas alineadas con los ejes de movimiento 88, 89 a posiciones dispuestas en una trayectoria de múltiples ejes predeterminada con respecto a cada polo magnético 44. En cada una de las posiciones, el sistema de magnetización 60a funciona para magnetizar uno o más imanes permanentes 54 en cada polo magnético 44 con uno u otro de los vectores de polarización 90, 92. La magnetización resultante de los polos magnéticos 44 es similar a la magnetización mostrada en la figura 5 en ese material magnético en el polo magnético 44a tiene dominios magnéticos 105 que están magnetizados uniformemente con una alineación a lo largo del vector de polarización 90 y el material magnético en el polo magnético 44b tiene dominios magnéticos 107 que están magnetizados uniformemente con una alineación a lo largo del vector de polarización 92.

El tamaño y la forma del accesorio de magnetización 66 influyen y pueden ser determinantes de las dimensiones espaciales del dominio magnético formado con cada uno de los pulsos de corriente. En esta realización, los dominios magnéticos 105, 107 son cortes que están dispuestos alrededor de la circunferencia de cada polo magnético 44. El accesorio de magnetización 66 está ubicado por la porción móvil 69 del posicionador 70 en posiciones a lo largo de

una trayectoria de múltiples ejes que están distribuidas o espaciadas axialmente paralelas al eje longitudinal 49 del conjunto de rotor 30 alrededor del cual gira el conjunto de rotor 30 y que están distribuidos o espaciados circunferencialmente alrededor del eje longitudinal 49. Por ejemplo, el accesorio de magnetización 66 puede usarse para magnetizar un dominio magnético 105 en una esquina del polo magnético 44a, indexado circunferencialmente en una dirección alineada con el eje de movimiento 89 para magnetizar dominios magnéticos adicionales 105 sin cambiar la posición axial a lo largo del eje de movimiento 88, y luego indexado axialmente en una dirección alineada con el eje de movimiento 88 y circunferencialmente a lo largo del eje de movimiento 89, según las necesidades, a posiciones adicionales con coordenadas axiales y circunferenciales para magnetizar dominios magnéticos adicionales 105. Se utilizan movimientos similares para magnetizar los polos magnéticos restantes 44.

Con referencia a la figura 9 en la que números de referencia similares se refieren a características similares en la figura 8, el sistema de magnetización 60a también tiene la capacidad de formar dominios magnéticos 106, 108 caracterizados por diferentes vectores de polarización 90, 92, respectivamente, de modo que los polos magnéticos 44 están sustancialmente desmagnetizados. La alternancia del vector de polarización para cada uno de los polos magnéticos representativos 44a, 44b es evidente en la figura 9. Después del posicionamiento inicial de cada imán permanente 54 en relación con el accesorio de magnetización 66, el conjunto de rotor 30 se mantiene estacionario mientras que el sistema de magnetización 60a se usa para formar los dominios magnéticos 106, 108. Los dominios magnéticos 106, 108 se forman en un patrón como se describió anteriormente en relación con la formación de los dominios magnéticos 100, 102 (figura 6).

El tamaño y la forma del accesorio de magnetización 66 influyen en las dimensiones espaciales del dominio magnético formado con cada uno de los pulsos de corriente. Por ejemplo, el tamaño y la forma del accesorio de magnetización 66 en las figuras 8 y 9 pueden optimizarse para formar los dominios magnéticos 106, 108 en la forma representativa de cortes de material magnético dispuestos circunferencialmente en cada imán permanente 54. Con la excepción de los dominios magnéticos 106, 108 que comparten un borde con los bordes circunferenciales de cada imán permanente 54, cada dominio magnético 106 está dispuesto entre un par de dominios magnéticos 108 y, de manera similar, cada dominio magnético 108 está dispuesto entre un par de dominios magnéticos 106.

Los dominios magnéticos 108 formados en el polo magnético 44a pueden tener aproximadamente el mismo volumen que los dominios magnéticos 105 (figura 8) y, como resultado, los dominios magnéticos 106 también tendrán aproximadamente el mismo volumen que los dominios magnéticos 105. Los dominios magnéticos 106 formados en el polo magnético 44b pueden tener aproximadamente el mismo volumen que los dominios magnéticos 107 (figura 8) y, como resultado, los dominios magnéticos 108 también tendrán aproximadamente el mismo volumen que los dominios magnéticos 107. Las dimensiones aproximadamente equivalentes contribuyen a la anulación del campo magnético en el estado desmagnetizado.

Los campos magnéticos de los diversos dominios magnéticos 106, 108 en cada polo magnético 44 se superponen de manera tal que el campo magnético medible a una corta distancia de cada polo magnético 44 sea insignificante o nulo. Como se ha explicado antes, la anulación de los campos magnéticos superpuestos promueve el desmontaje del generador 20 para servicio o mantenimiento al reducir las fuerzas de atracción y repulsión. La combinación de las intensidades de campo de los dominios magnéticos 106, 108 y las dimensiones de los dominios magnéticos 106, 108 suministran la anulación.

Con referencia a la figura 10, en la que los números de referencia similares se refieren a características similares en las figuras 8 y 9 y de acuerdo con una realización alternativa, un sistema de magnetización 60b puede incluir múltiples dispositivos de magnetización, de los cuales múltiples dispositivos de magnetización 60a-c y 60 g son visibles en la figura 10 y los accesorios de magnetización intermedios 60e y 60f no son visibles en la figura 10. Cada uno de los magnetizadores individuales 60a-c y 60 g está configurado de forma igual o similar a la realización del accesorio de magnetización 60 mostrado en las figuras 8 y 9.

Los accesorios de magnetización 66a-c, 60 g están soportados por la porción móvil 69 del posicionador 70. La porción móvil 69 del posicionador 70 está configurada de tal manera que todos los dispositivos de magnetización 66a-c, 60 g se mueven como una unidad bajo la dirección del sistema de control de movimiento 79 y el movimiento se limita a la dirección circunferencial alrededor del conjunto de rotor 30. Como resultado, los accesorios de magnetización 66a-c, 60 g ya no son móviles en una dirección alineada con el eje de movimiento 88 en esta realización. La porción móvil 69 del posicionador 70 es operada por el sistema de control de movimiento 79 para ubicar los dispositivos de magnetización 66a-c, 60 g en posiciones indexadas en una dirección alineada con el eje 89. En la realización representativa, la etapa 71 del eje z del posicionador 70 puede usarse para mover los dispositivos de magnetización 66a-c, 60 g en una dirección alineada con el eje de movimiento 87 para ajustes de posición radial. Los accesorios de magnetización 66a-c, 60 g están ubicados por la porción móvil 69 del posicionador 70 en posiciones a lo largo de una trayectoria curva que están separadas circunferencialmente alrededor del eje longitudinal 49 del conjunto de rotor 30 alrededor del cual gira el conjunto de rotor 30.

El sistema de magnetización 60b se usa para formar los patrones de magnetización para los polos magnéticos 44, y en particular, los polos magnéticos representativos 44a, 44b que se muestran en las figuras 8 y 9, tal que los polos magnéticos 44 estén magnetizados (figura 8) o tales que los polos magnéticos 44 estén desmagnetizados (figura 9).

En la realización representativa, el dispositivo de conmutación 74 del circuito de accionamiento 68 está acoplado a través del dispositivo de conmutación 74 con cada uno de los dispositivos de magnetización 66a-c, 60 g. Como resultado, la bobina 64 de solo uno de los dispositivos de magnetización 66a-c, 60 g se suministra con un pulso de corriente en cualquier momento.

5 Para magnetizar, por ejemplo, el polo magnético 44a, el circuito de accionamiento 68 se usa para suministrar secuencialmente pulsos de corriente a la bobina 64 de cada uno de los dispositivos de magnetización 66a-c, 60 g para magnetizar los dominios magnéticos 105 alineados en una fila a lo largo de la longitud, L, del polo magnético 44a con el vector de polarización 90. El sistema de control de movimiento 79 se acciona para mover la porción móvil 69 del
10 posicionador 70 circunferencialmente en una dirección alineada con el eje de movimiento 89 para ubicar los dispositivos de magnetización 66a-c, 60 g en una segunda posición. El procedimiento de magnetización se utiliza para magnetizar los dominios magnéticos 105 alineados en otra fila a lo largo de la longitud, L, del polo magnético 44a con el vector de polarización 90. Estas dos etapas se repiten hasta que todo o una parte del material magnético del polo magnético 44a se caracteriza por dominios 105 que tienen el vector de polarización 90. A continuación, el conjunto de
15 rotor 30 está indexado de modo que el polo magnético 44b esté alineado con los dispositivos de magnetización 66a-c, 60 g y el sistema de magnetización 60b se usa como se describió anteriormente para magnetizar todo o una parte del material magnético del polo magnético 44b con dominios 107 que tienen el vector de polarización 92. Los pares adicionales de polos magnéticos 44 se magnetizan de manera similar a la magnetización de los polos magnéticos representativos 44a, 44b. La magnetización resultante de los polos magnéticos 44 es idéntica a la magnetización
20 mostrada de la figura 8 en ese material magnético en el polo magnético 44a tiene dominios magnéticos 105 que están magnetizados uniformemente con una alineación a lo largo del vector de polarización 90 y el material magnético en el polo magnético 44b tiene dominios magnéticos 107 que están magnetizados uniformemente con una alineación a lo largo del vector de polarización 92.

25 El patrón de desmagnetización de la figura 9 también se puede formar en los polos magnéticos representativos 44a, 44b, así como los otros polos magnéticos 44, que se caracterizan por dominios 106, 108 de diferente polarización magnética 90, 92.

30 En una realización alternativa, el número de dispositivos de magnetización puede reducirse a, por ejemplo, solo dispositivos de magnetización 66a-c, y la porción móvil 69 del posicionador 79 de la figura 8 puede usarse para mover los múltiples dispositivos de magnetización 66a-c en una dirección alineada con el eje de movimiento 88 para magnetizar el material magnético a lo largo de toda la longitud, L, de los polos magnéticos 44. Los accesorios de magnetización 66a-c, 60 g están ubicados por la porción móvil 69 del posicionador 70 en posiciones a lo largo de una trayectoria lineal que están separadas axialmente paralelas al eje longitudinal 49 del conjunto de rotor 30 alrededor
35 del cual gira el conjunto de rotor 30.

40 En una realización alternativa, el número de dispositivos de magnetización puede reducirse a, por ejemplo, solo dispositivos de magnetización 66a-c, y la porción móvil 69 del posicionador 79 de la figura 8 puede usarse para mover los múltiples dispositivos de magnetización 66a-c en direcciones respectivas alineadas con ejes de movimiento 88, 89 para magnetizar el material magnético respectivamente lo largo de toda la longitud, L, y anchura completa, W, de los polos magnéticos 44. Los accesorios de magnetización 66a-c, 60 g están ubicados por la porción móvil 69 del posicionador 70 en posiciones a lo largo de una trayectoria de múltiples ejes que están espaciadas axialmente paralelas al eje longitudinal 49 del conjunto de rotor 30 alrededor del cual gira el conjunto de rotor 30 y que están
45 espaciados circunferencialmente alrededor del eje longitudinal 49.

50 En otra realización alternativa, múltiples circuitos de accionamiento, cada uno nominalmente como circuito de accionamiento 68, puede proporcionarse en el sistema de magnetización 60b. Cada uno de los circuitos de accionamiento puede estar conectado con uno o más de los accesorios de magnetización 66a-c, 60 g, y puede usarse para magnetizar o desmagnetizar los polos magnéticos 44 como se describe en el presente documento.

55 Los principios de la invención pueden ser igualmente aplicables a otros tipos de máquinas eléctricas que utilizan fuerzas electromagnéticas para generar energía o máquinas eléctricas, tal como motores, que convierten la energía eléctrica en movimiento. Por ejemplo, los sistemas de magnetización mostrados y descritos en el presente documento pueden modificarse para incorporarse a un generador de tipo de flujo axial de modo que los movimientos del cabezal para ejecutar la magnetización y la desmagnetización de los polos magnéticos se puedan realizar con una dirección diferente o direcciones diferentes a las descritas en el presente documento. Según otro ejemplo, un tipo diferente de motor primario, en lugar del rotor de una turbina eólica, se puede conectar con el conjunto de rotor del generador.

60 La capacidad de volver a magnetizar los imanes permanentes es ventajosa. En primer lugar, no es necesario que la máquina eléctrica esté diseñada para adaptarse a la degeneración en caso de un cortocircuito que normalmente desmagnetizaría parcialmente los imanes (tal vez incluso de manera desigual). Imanes de un menor grado, que son susceptibles de desmagnetización con el tiempo, puede usarse sin necesidad de un sobrediseño inicial porque los imanes permanentes pueden volver a un estado magnetizado inicial si la intensidad del campo magnético se deteriora.

65 La capacidad de magnetizar los imanes permanentes instalados significa que la máquina eléctrica puede montarse con imanes no magnetizados o parcialmente magnetizados para facilitar el montaje y el almacenamiento del imán.

Una línea de producción para la máquina eléctrica no necesita manejar imanes totalmente magnetizados en ninguna etapa de la producción.

- 5 En una realización de la invención, los imanes permanentes pueden ser desmagnetizados antes del desmontaje de la máquina eléctrica para servicio o desmantelamiento. Los imanes permanentes pueden desmagnetizarse al abrir la máquina (es decir, cuando se intercambian rodamientos) sin la necesidad de una fijación precisa del rotor en el hueco de aire como se requiere para una máquina eléctrica magnetizada convencional. Los imanes permanentes o secciones de la máquina eléctrica pueden reemplazarse por imanes de magnetización limitada.
- 10 En una realización de la invención, el estado de magnetización individual de los imanes permanentes puede controlarse y, de este modo, ajustarse para garantizar una baja variación entre los diferentes imanes permanentes. El desgaste de por vida en los imanes permanentes se puede superar, que permiten una operación más larga sin necesidad de reemplazar la máquina o reducir la calificación del sistema. La magnetización normalmente tiene lugar en la producción de la máquina eléctrica, y la degeneración se acepta como parte del diseño.
- 15 En una realización de la invención, un sistema de magnetización auxiliar se lleva a la máquina para la magnetización externa. Normalmente, una vez que se magnetiza una máquina, no se actualiza, incluso si los imanes están parcialmente desmagnetizados debido a cortocircuitos en el generador.
- 20 Si los imanes permanentes de una máquina eléctrica están parcialmente desmagnetizados debido a eventos externos o internos (cortos de bobinado o similares) que resultan en una magnetización más baja y quizás no simétrica o asimétrica, Es posible restaurar el rendimiento inicial de la máquina eléctrica utilizando el sistema de magnetización.

REIVINDICACIONES

1. Un método para instalar una máquina eléctrica (20), incluyendo la máquina eléctrica un conjunto de estator (28) y un conjunto de rotor (30), comprendiendo el conjunto de rotor una pluralidad de polos magnéticos (44) compuestos de un material magnético permanente (54) que está en una condición no magnetizada, comprendiendo el método: después de instalar la máquina eléctrica (20), magnetizar una pluralidad de dominios magnéticos (94, 96) en el material magnético permanente (54) de cada uno de la pluralidad de polos magnéticos (44), alinear en serie cada uno de la pluralidad de polos magnéticos (44) con respecto a un accesorio de magnetización (66), caracterizado por que cuando cada respectivo polo magnético (44a, 44b) está alineado con el accesorio de magnetización (66), se posiciona el accesorio de magnetización en una pluralidad de posiciones con respecto al polo magnético, y; en cada una de las posiciones, hace que el accesorio de magnetización (66) genere un campo magnético externo efectivo para producir uno de la pluralidad de dominios magnéticos (94, 96), magnetizando de ese modo individualmente la pluralidad de dominios magnéticos; en el que el posicionamiento del accesorio de magnetización en la pluralidad de posiciones relativas al polo magnético comprende: mover el accesorio de magnetización en una sola dirección a lo largo de una trayectoria lineal que conecta la pluralidad de posiciones.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la magnetización individual de la pluralidad de dominios magnéticos en el material magnético permanente (54) de cada uno de la pluralidad de polos magnéticos comprende: magnetizar los dominios magnéticos en un primer número de la pluralidad de polos magnéticos (44) con un primer vector de polarización; y magnetizar los dominios magnéticos (94, 96) en un segundo número de la pluralidad de polos magnéticos (44) con un segundo vector de polarización que difiere del primer vector de polarización.
3. El método de la reivindicación 1, en el que colocar el accesorio de magnetización (66) en la pluralidad de posiciones con respecto al polo magnético (44) comprende: mover el accesorio de magnetización (66) en una pluralidad de direcciones a lo largo de una trayectoria de múltiples ejes que conecta la pluralidad de posiciones.
4. El método de la reivindicación 1, en el que hacer que el accesorio de magnetización (66) genere el campo magnético externo efectivo para producir uno de la pluralidad de dominios magnéticos (94, 96) comprende: pasar un pulso de corriente a través de una bobina del accesorio magnético para producir el campo magnético externo.
5. El método de la reivindicación 1, en el que la alineación en serie de cada uno de la pluralidad de polos magnéticos con el accesorio de magnetización (66) comprende: girar el conjunto de rotor (30) alrededor de un eje longitudinal (49) para alinear en serie cada uno de la pluralidad de polos magnéticos (44) con el accesorio de magnetización (66).
6. El método de la reivindicación 1, en el que colocar el accesorio de magnetización (66) en la pluralidad de posiciones con respecto al polo magnético (44) comprende: mover el accesorio de magnetización (66) en una dirección hacia el polo magnético (44) o en una dirección alejada del polo magnético (44), con lo que la dirección del movimiento hacia el polo magnético (44) reduce la separación entre el accesorio de magnetización (66) y el polo magnético (44), y la dirección del movimiento lejos del polo magnético (44) aumenta la separación entre el accesorio de magnetización (66) y el polo magnético (44).
7. El método de la reivindicación 1, en el que la magnetización individual de la pluralidad de dominios magnéticos en el material magnético permanente (54) de cada uno de la pluralidad de polos magnéticos (44) comprende: alinear en serie cada uno de la pluralidad de polos magnéticos con respecto a una pluralidad de dispositivos de magnetización (66); y cuando cada polo magnético (44) respectivo está alineado con los dispositivos de magnetización (66), hacer que los dispositivos de magnetización generen campos magnéticos externos respectivos efectivos para producir al menos dos de la pluralidad de dominios magnéticos (94,96).
8. El método de la reivindicación 7, en el que los al menos dos dominios magnéticos (94, 96) se generan con los dispositivos de magnetización (66) ubicados en una primera posición con respecto a cada polo magnético (44) respectivo, y magnetizan individualmente la pluralidad de dominios magnéticos (94, 96) en el material magnético permanente (54) de cada uno de la pluralidad de polos magnéticos comprende además: mover los dispositivos de magnetización (66) a una segunda posición con respecto a cada polo magnético (44) respectivo; y hacer que los dispositivos de magnetización (66) generen campos magnéticos externos respectivos efectivos para producir al menos dos más de la pluralidad de dominios magnéticos (94, 96).

9. El método de la reivindicación 8, en el que el conjunto de rotor incluye un eje longitudinal (49), estando el conjunto del rotor configurado para girar alrededor del eje longitudinal (49), y los dispositivos de magnetización (66) se mueven a lo largo de una trayectoria lineal en una dirección alineada con el eje longitudinal (49) desde la primera posición a la segunda posición.

5 10. Un aparato que comprende:
un conjunto de estator (28);
un conjunto de rotor (30) que incluye un polo magnético (44) compuesto de un material magnético permanente (54),
10 teniendo el conjunto de rotor (30) un eje longitudinal (49) y el conjunto de rotor (28) es giratorio con respecto al conjunto de estator (30) alrededor de un eje longitudinal (49);
un primer accesorio de magnetización (66) configurado para generar un campo magnético externo para magnetizar el material magnético permanente (54) en el polo magnético (44); y
un posicionador (70) configurado para colocar el primer accesorio de magnetización (66) en una pluralidad de
15 posiciones con respecto al polo magnético (44),
caracterizado por que el posicionador (70) incluye una porción móvil (69) configurada para soportar el primer accesorio de magnetización (66) y configurada para mover el primer accesorio de magnetización (66) en una dirección alineada paralela al eje longitudinal (49) con respecto a cada una de la pluralidad de posiciones,
un sistema de control de movimiento (79) configurado para hacer que el posicionador (70) coloque el primer accesorio de magnetización (66) en la pluralidad de posiciones.

20 11. El aparato de la reivindicación 10, en el que el primer accesorio de magnetización (66) está dimensionado de tal manera que el campo magnético externo magnetiza un dominio magnético (94, 96) en el material magnético permanente (54) en el polo magnético que es la mitad o menos de las dimensiones exteriores del polo magnético (44).

25 12. El aparato de la reivindicación 10, en el que el sistema de control de movimiento (79) incluye un accionador (80) conectado operativamente con la porción móvil (69) del posicionador (70), un accionamiento configurado para hacer funcionar el accionador (80) y un controlador de movimiento (84) configurado para suministrar señales de control al accionamiento para hacer que el accionador (80) mueva la porción móvil (69) del posicionador (70) y el primer accesorio de magnetización (66) en la dirección a cada una de la pluralidad de posiciones.

30 13. El aparato de la reivindicación 12, en el que el sistema de control de movimiento (79) incluye una pluralidad de accionadores (80) conectados operativamente con la porción móvil (69) del posicionador (70), una pluralidad de accionamientos cada uno configurado para operar uno de los accionadores (80), y un controlador de movimiento (84) configurado para suministrar señales de control a los accionamientos para hacer que cada uno de los accionadores (80) mueva la porción móvil del posicionador (70) y el primer accesorio de magnetización (66) en una primera dirección
35 y una segunda dirección a la pluralidad de posiciones.

40 14. El aparato de la reivindicación 10, en el que el conjunto de rotor (30) y el conjunto de estator (28) tienen una disposición concéntrica alrededor del eje longitudinal (49), y el posicionador (70) está configurado para mover el primer accesorio de magnetización (66) en una dirección radial con relación al eje longitudinal (49).

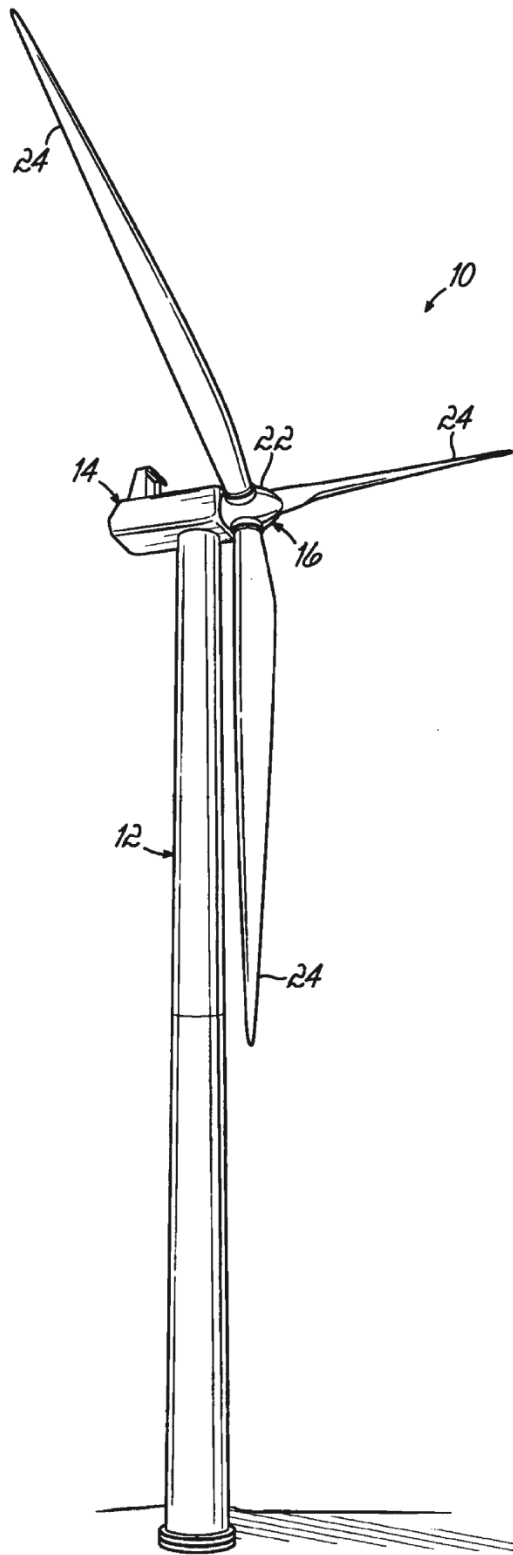


FIG. 1

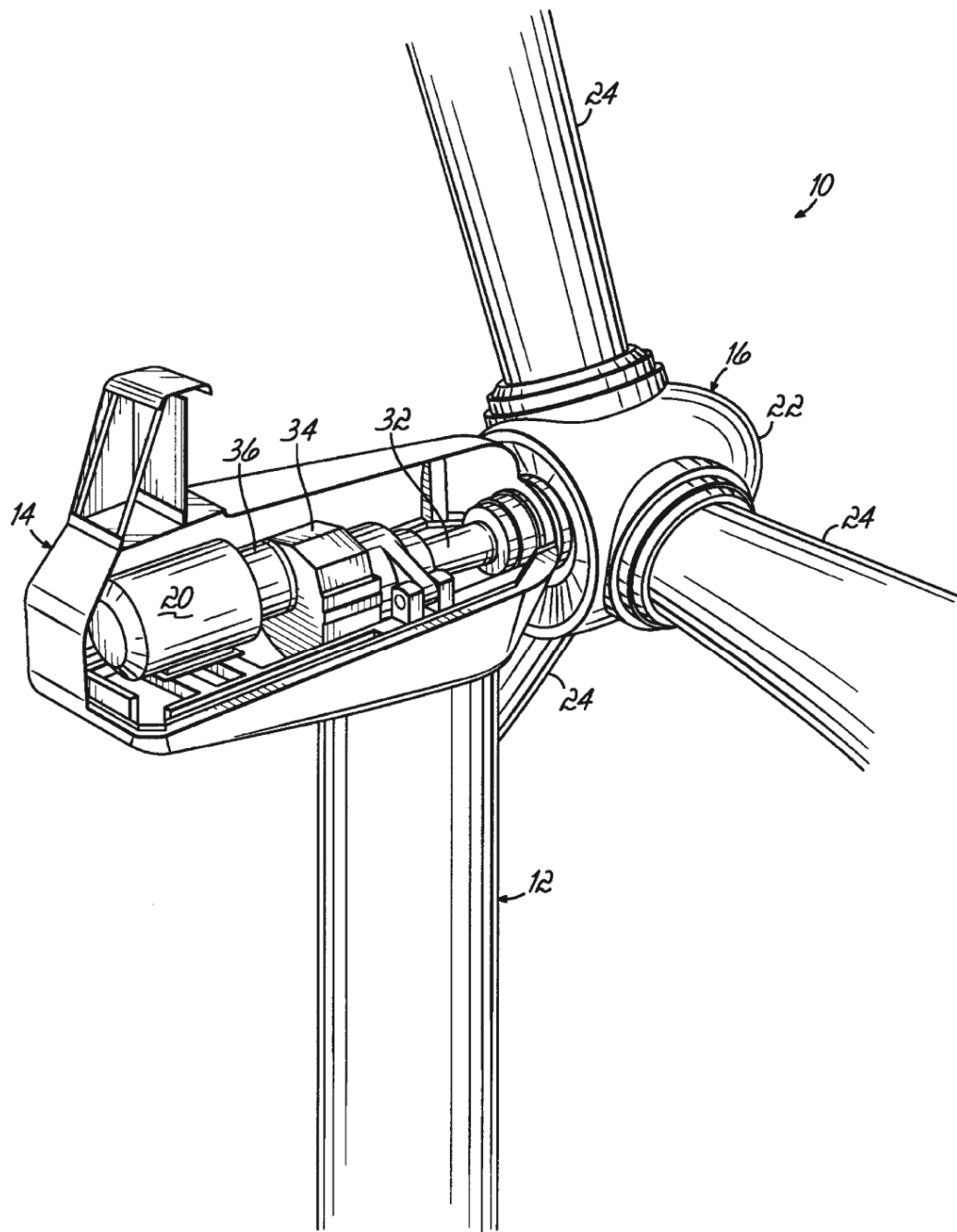


FIG. 2

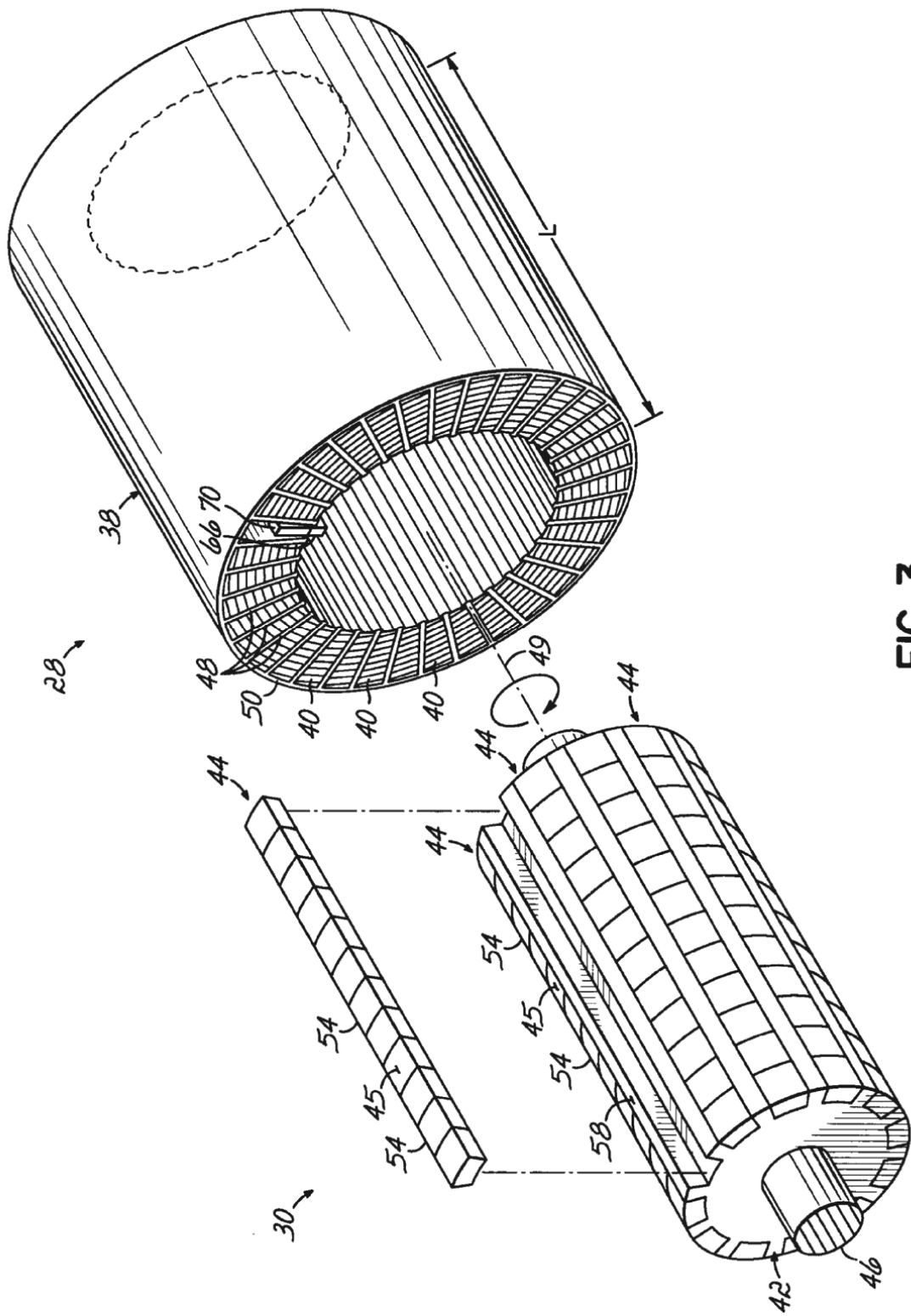


FIG. 3

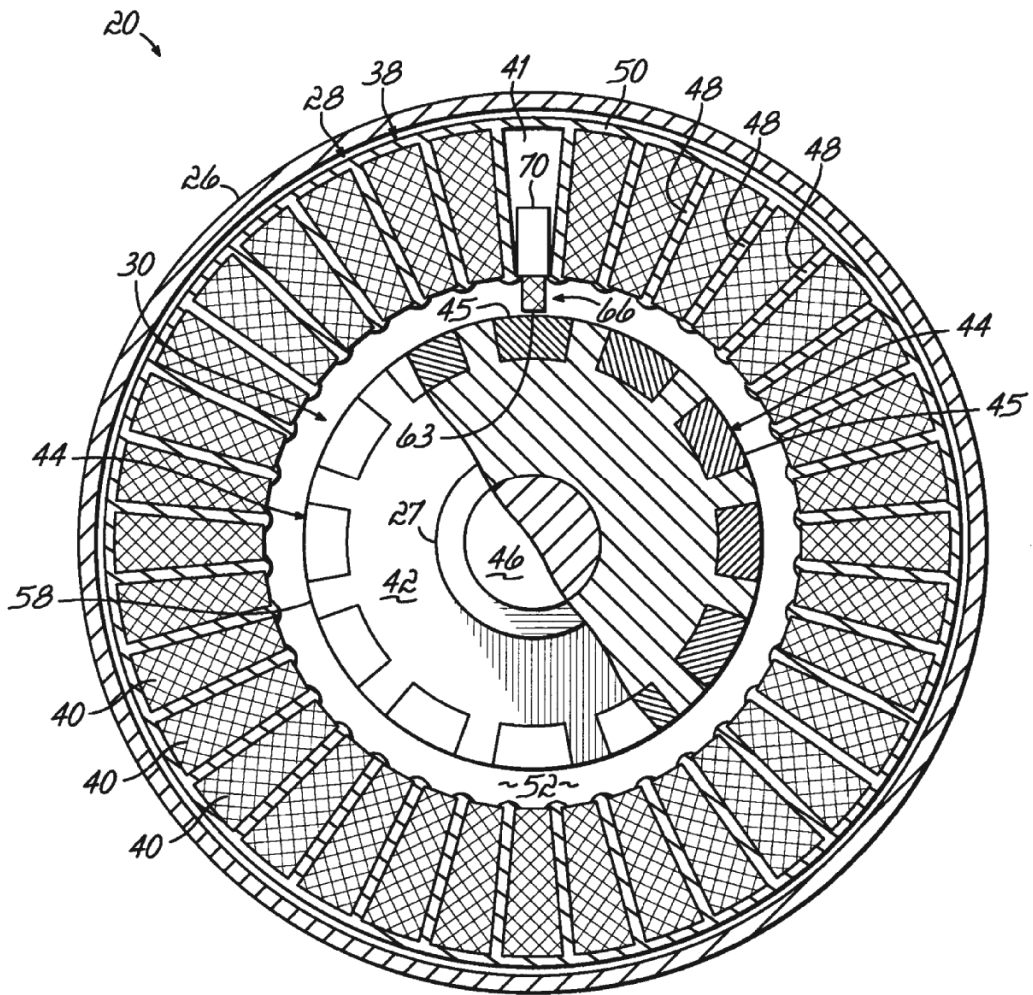


FIG. 4

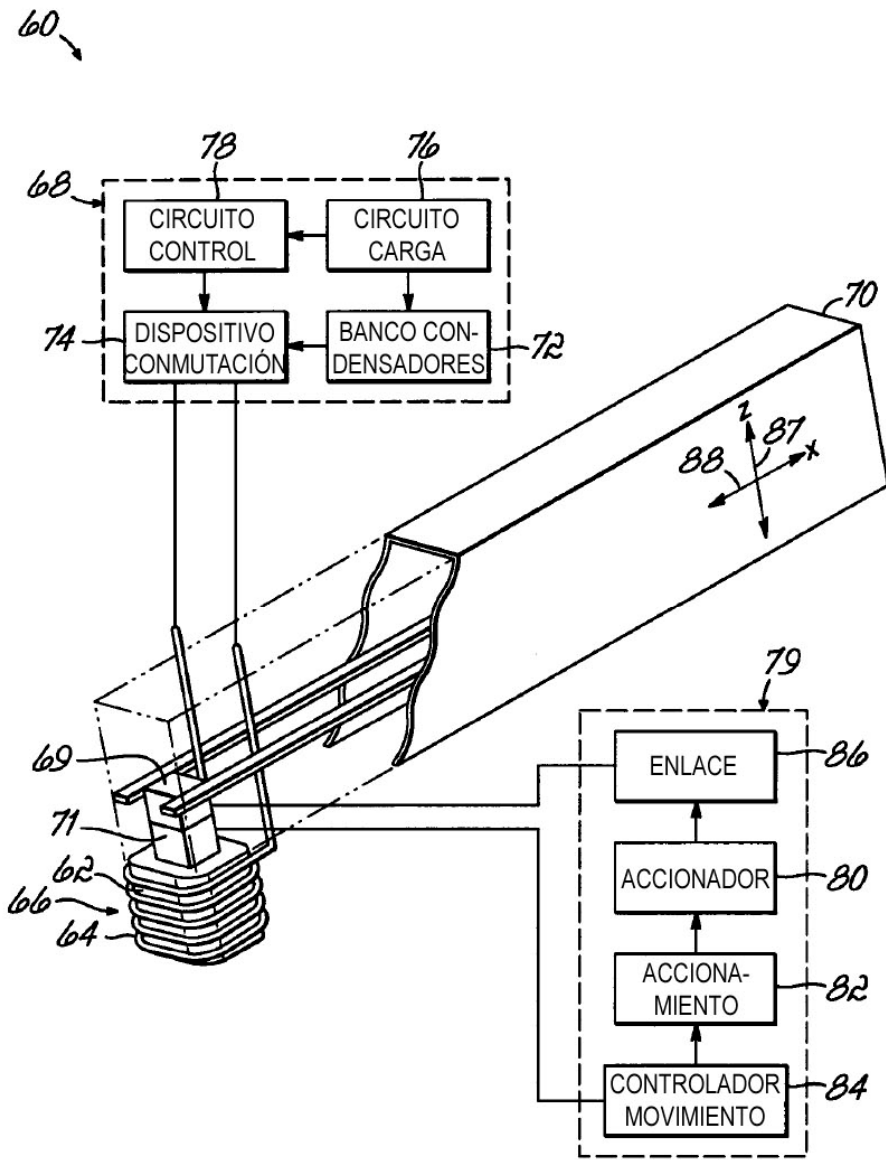
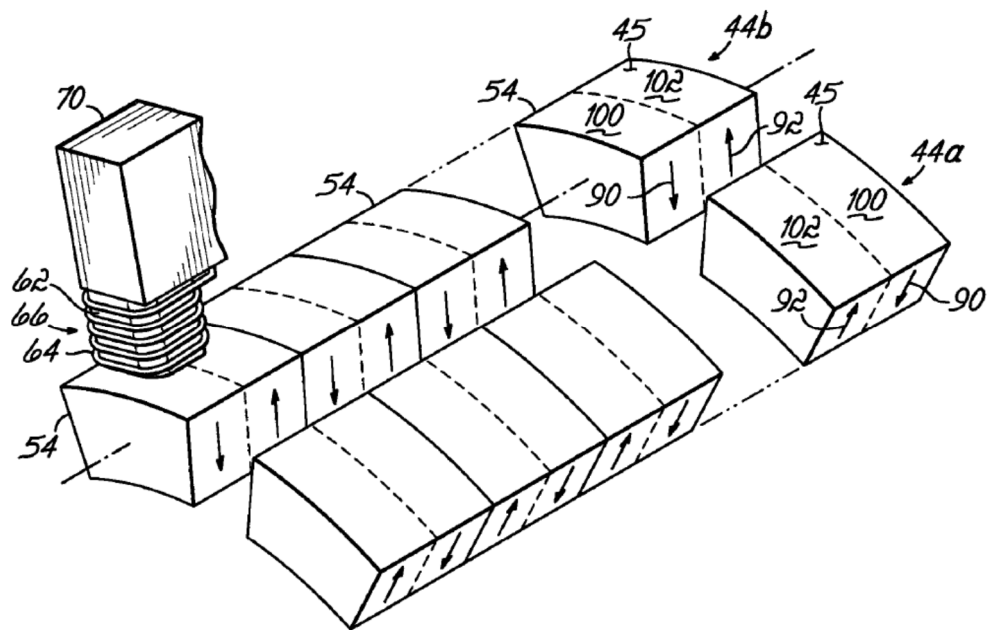
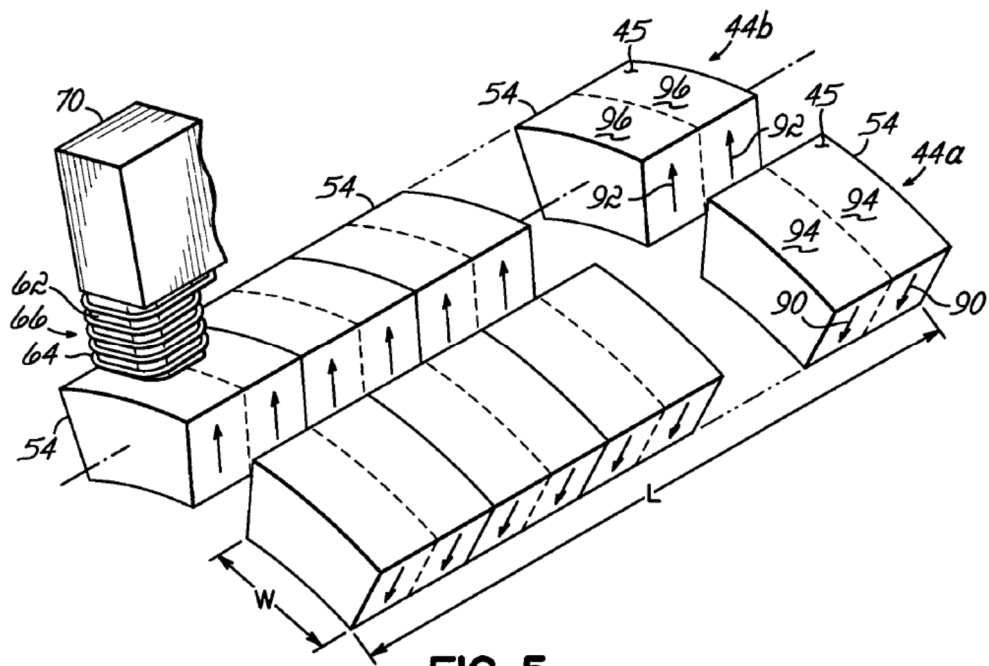


FIG. 4A



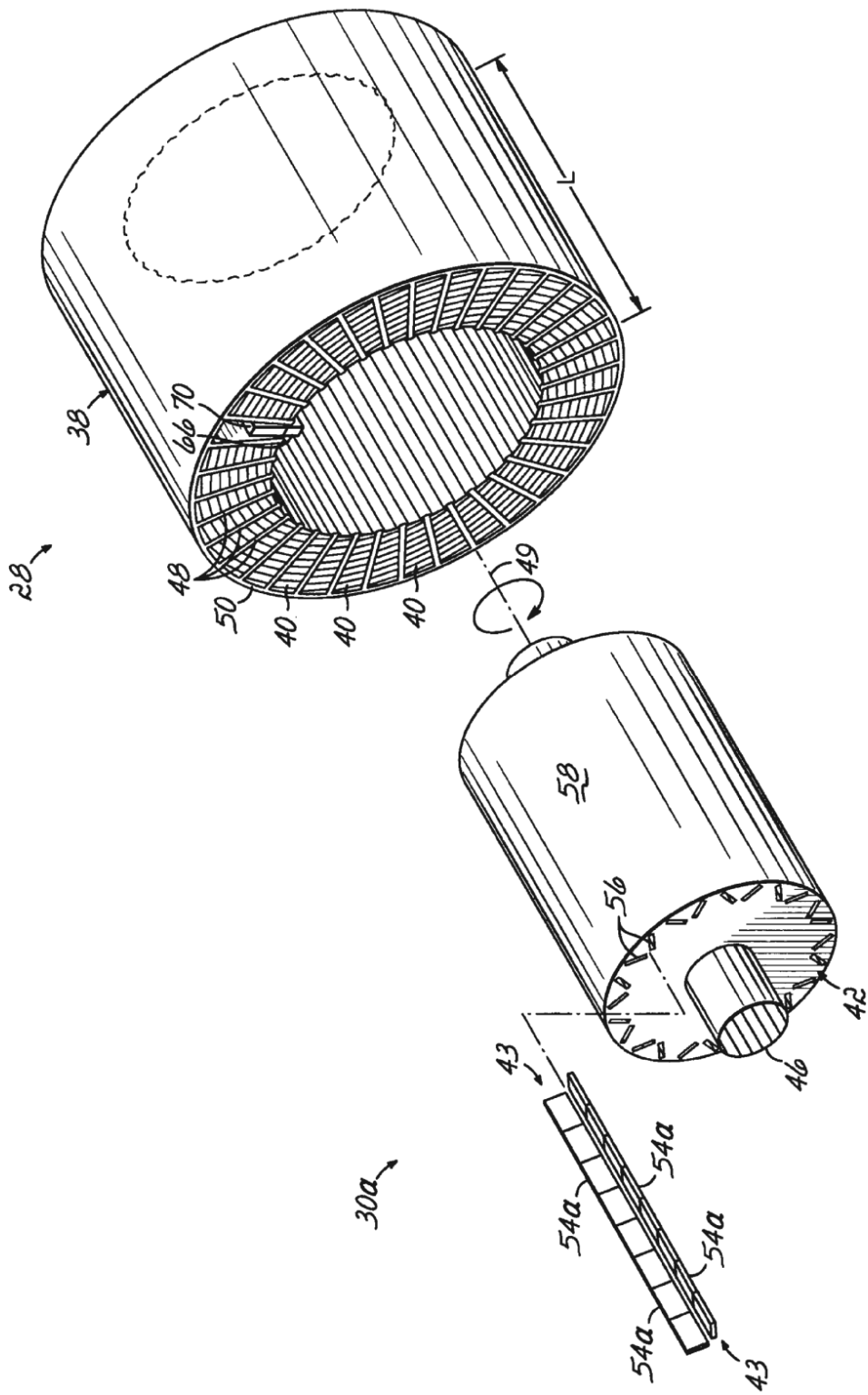


FIG. 6

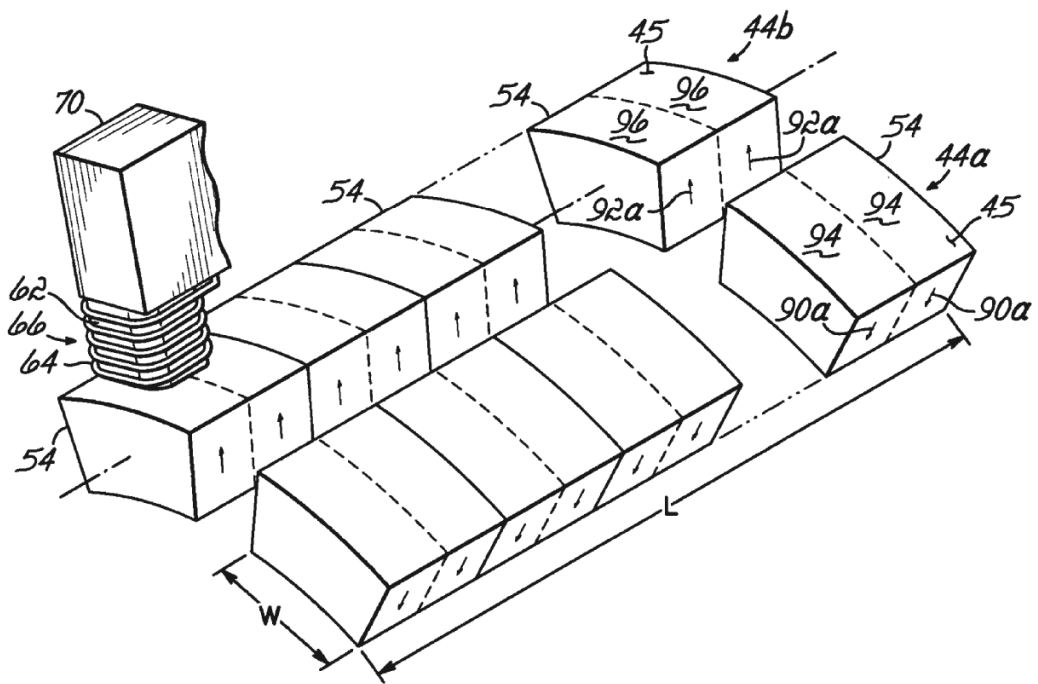
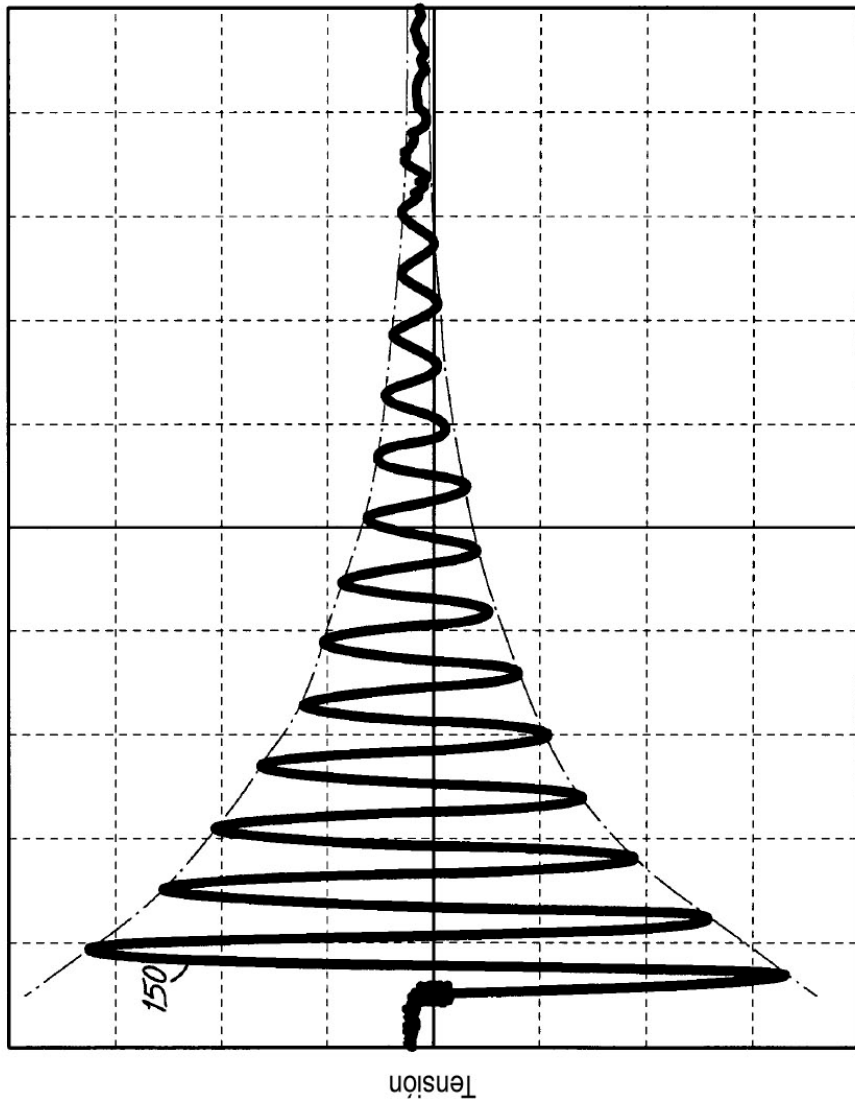


FIG. 7A



Tiempo
FIG. 7B

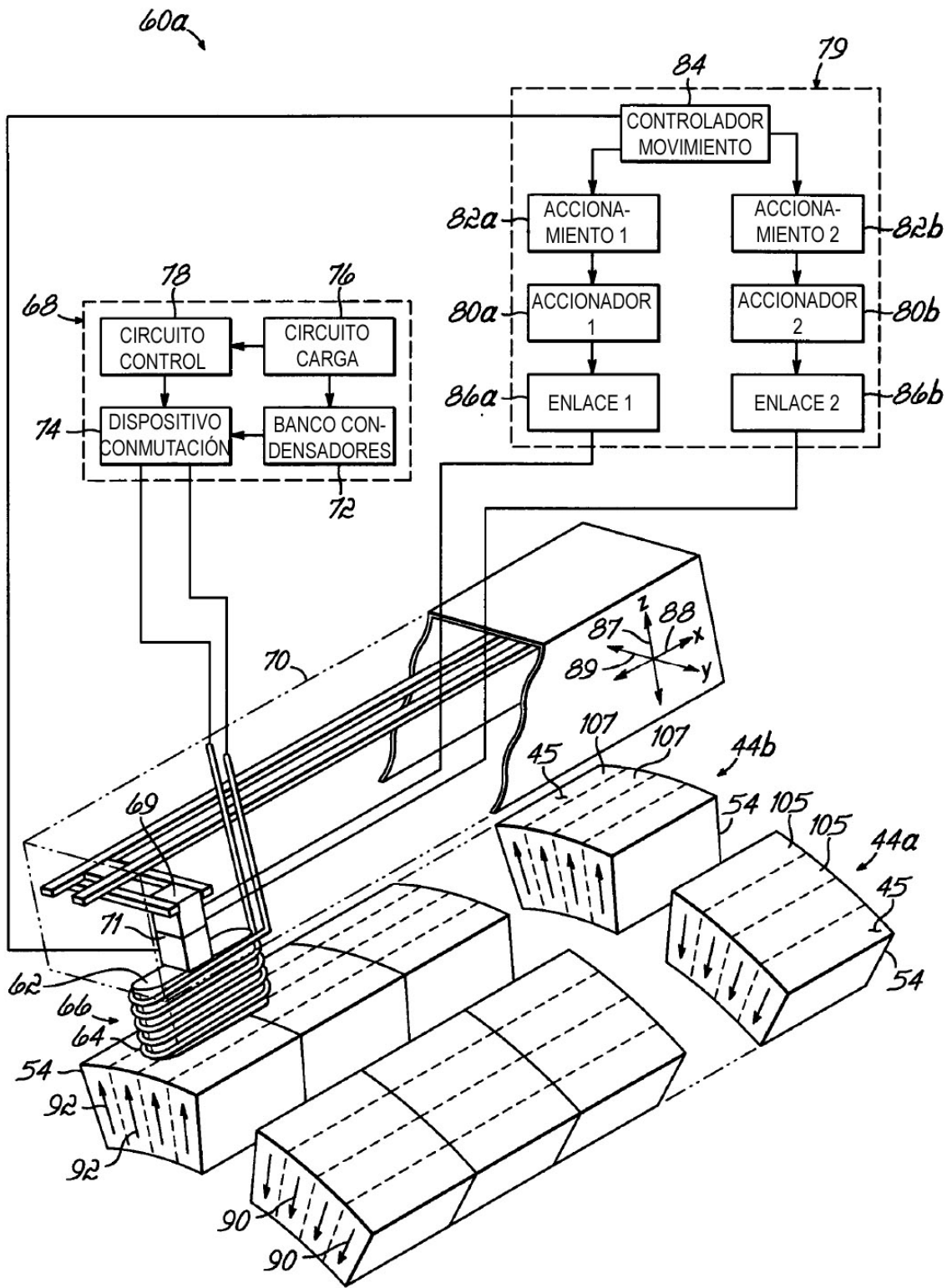


FIG. 8

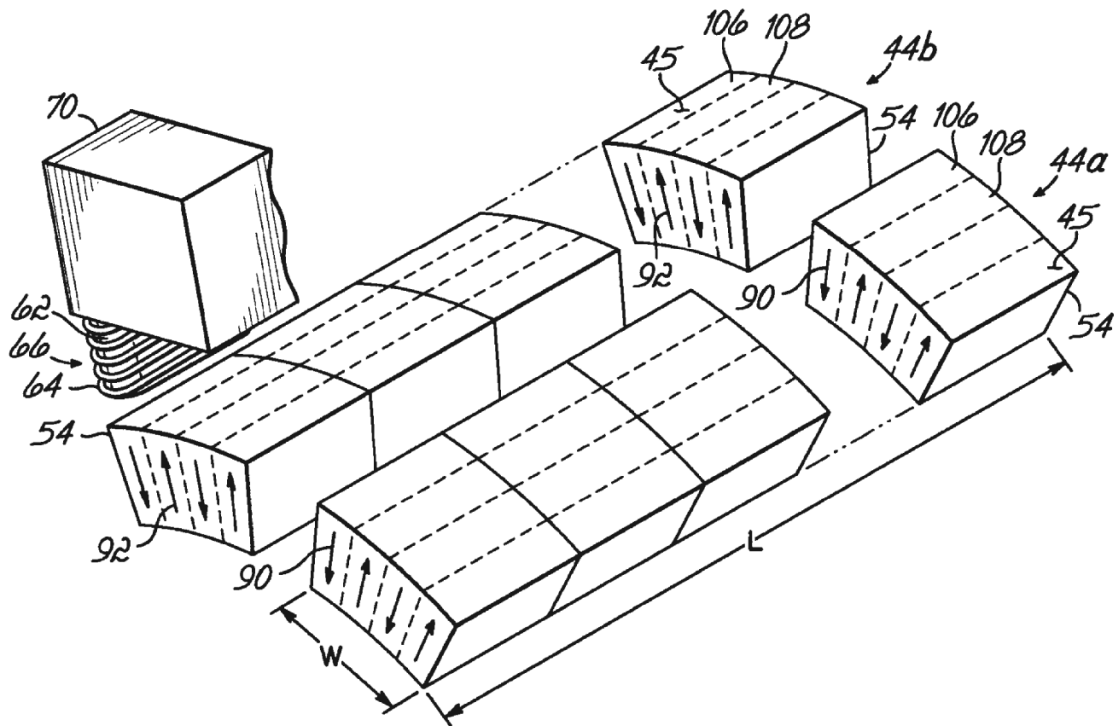


FIG. 9

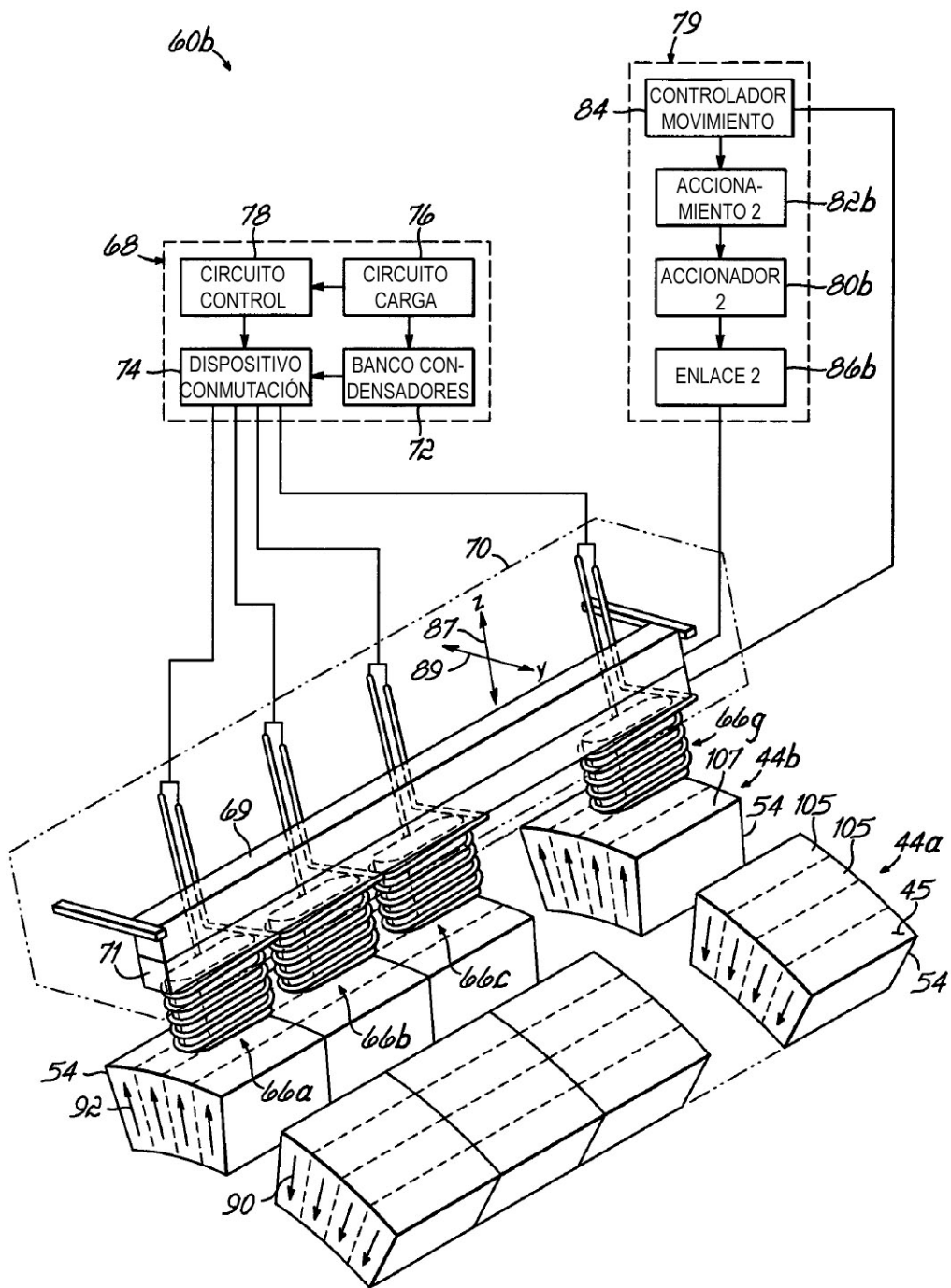


FIG. 10