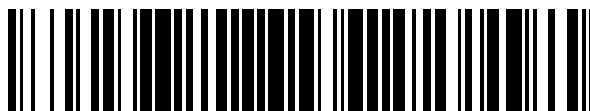


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 985**

51 Int. Cl.:

G01L 5/00 (2006.01)

G01M 5/00 (2006.01)

E02D 33/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08170928 .9**

96 Fecha de presentación: **08.12.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2075562**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.07.2009**

54 Título: **Medición magnetoestrictiva de esfuerzos de tracción en cimentaciones**

30 Prioridad:
26.12.2007 US 964196

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.11.2012

73 Titular/es:
GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:
NIES, JACOB JOHANNES;
HEMMELMANN, JAN ERICH y
SIHLER, CHRISTOF MARTIN

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 390 985 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

Medición magnetoestrictiva de esfuerzos de tracción en cimentaciones

5 La presente invención versa, en general, acerca de cimentaciones y, en particular, acerca de cimentaciones de hormigón armado, como cimentaciones de hormigón en diques para el soporte de estructuras altas, pesadas o grandes como torres. Además, aspectos de la presente invención versan acerca de procedimientos de medición de esfuerzos de tracción en cimentaciones. Más en particular, versa acerca de cimentaciones para una turbina eólica y un procedimiento para medir esfuerzos de tracción en un componente de las cimentaciones. Específicamente, versa acerca de unas cimentaciones para soportar una estructura, una turbina eólica y un procedimiento para medir esfuerzos de tracción en unas cimentaciones.

10 Para optimizar las cimentaciones para estructuras, por ejemplo torres y similares, que pueden ser utilizadas para soportar líneas de alta tensión, sistemas de comunicaciones, alumbrado público y señales viarias, soportes de puentes, pancartas publicitarias, señales de tráfico, teleféricos, y turbinas eólicas, es deseable una medición de las cargas en los pernos de refuerzo que están contenidos en las cimentaciones de hormigón. Se pueden utilizar las mediciones de carga en las cimentaciones para optimizar las cimentaciones con respecto al peso y al tamaño y pueden ser utilizadas para evaluar la fatiga debida a la operación de la estructura.

15 A menudo, las grandes cimentaciones requieren una gran cantidad de acero de refuerzo y una gran cantidad de hormigón para recubrir el acero de refuerzo. Tales cimentaciones pueden ser sometidas a fuerzas de compresión y de tracción muy elevadas. De ese modo, también se pueden aplicar fuerzas que alteren las cimentaciones. Convencionalmente, los pernos, que están conectados a una placa de anclaje, son apretados hasta un valor nominal de par. El valor nominal de par puede ser medido, por ejemplo, en una tuerca del perno. En vista de la fricción y otros aspectos de fabricación este procedimiento puede no proporcionar la precisión deseada. Por ejemplo, no se puede medir el estado anterior del perno una vez se aprieta el perno. Es difícil llevar a cabo las mediciones de carga, en particular dado que no se puede acceder a muchos de los componentes estructurales dado que están embebidos en hormigón o similar. Se puede llevar a cabo una medición de los esfuerzos de tracción de los pernos por medio de una medición ultrasónica de la longitud de los pernos y un cambio de frecuencia de resonancia debido al estado de tensión, y mediciones de fricción en la tuerca del perno con tuercas especiales de fricción. Sin embargo, estos procedimientos solo pueden ser llevados a cabo fuera de línea. Se aplican aspectos similares a componentes de la estructura soportada por las cimentaciones.

20 El documento JP 2007 155475 expone un sensor de magnetoestrictión para medir la tensión que actúa sobre un anclaje subterráneo enterrado.

En vista de lo anterior, diversos aspectos de la presente invención proporcionan unas cimentaciones y un procedimiento para medir los esfuerzos de tracción en un perno de anclaje de la cimentación.

Son evidentes aspectos, ventajas y características adicionales de la presente invención a partir de las reivindicaciones dependientes, de la descripción y de los dibujos adjuntos.

35 Según una primera realización, se proporcionan una cimentación para soportar una estructura según la reivindicación 1 adjunta. La cimentación incluye un bloque de cimentación, al menos un perno de anclaje que conecta una placa inferior de anclaje y la estructura, un sensor magnetoestrictivo de medición de cargas para medir cargas en el al menos un perno de anclaje, estando colocado el sensor magnetoestrictivo de medición de cargas en el bloque de cimentación.

40 Según otra realización se proporciona una turbina eólica que incluye la cimentación. La turbina eólica incluye un bloque de cimentación, al menos un perno de anclaje que conecta una placa inferior de anclaje y la estructura, un sensor magnetoestrictivo de medición de cargas para medir cargas en el al menos un perno de anclaje, estando colocado el sensor magnetoestrictivo de medición de carga en el bloque de cimentación, y una torre soportada por la cimentación.

45 Se define una divulgación completa y habilitadora de la presente invención, incluyendo el modo preferente de la misma, para una persona con un nivel normal de dominio de la técnica, más en particular en el resto de la memoria, incluyendo referencia a las figuras adjuntas en las que:

50 La Fig. 1 muestra una vista lateral esquemática de una cimentación que tiene pernos de anclaje y un equipo de medición de esfuerzos de tracción de los pernos de anclaje según las reivindicaciones descritas en el presente documento;

la Fig. 2 muestra un diagrama esquemático de un sensor de medición de la carga para medir esfuerzo de tracción en un perno de anclaje según realizaciones descritas en el presente documento;

55 la Fig. 3 muestra una vista esquemática en planta de una cimentación que tiene pernos de anclaje y un equipo de medición de esfuerzos de tracción de los pernos de anclaje según las realizaciones descritas en el presente documento;

la Fig. 4 muestra un diagrama esquemático que ilustra una cimentación que tiene pernos de anclaje y un equipo de medición de esfuerzos de tracción de los pernos de anclaje con cableado conectado a una toma según las realizaciones descritas en el presente documento;

5 la Fig. 5 muestra un diagrama esquemático que ilustra una turbina eólica que tiene una cimentación con pernos de anclaje y un equipo de medición de esfuerzos de tracción de los pernos de anclaje según las realizaciones descritas en el presente documento;

10 la Fig. 6 muestra un diagrama esquemático que ilustra una turbina eólica que tiene una cimentación con pernos de anclaje y un equipo de medición de esfuerzos de tracción de los pernos de anclaje según las realizaciones descritas en el presente documento y un equipo adicional de medición de cargas, ejemplarmente en la torre de la turbina eólica según las realizaciones descritas en el presente documento; y

la Fig. 7 muestra un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento alternativo de medición de esfuerzos de tracción en un perno de anclaje de la cimentación según realizaciones descritas en el presente documento.

15 Se hará ahora referencia en detalle a diversas realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en las figuras. Se proporciona cada ejemplo a modo de explicación de la invención, y no se pretende que sea una limitación de la invención. Por ejemplo, se pueden utilizar características ilustradas o descritas como parte de una realización en o junto con otras realizaciones para producir una realización adicional más. Se pretende que la presente invención incluya tales modificaciones y variaciones.

20 En general, en las cimentaciones de hormigón en diques el hormigón soporta cargas de compresión. Las cargas de tracción pueden ser soportadas por barras de refuerzo contenidas en las cimentaciones. Los pernos de anclaje pueden estar colocados en la matriz de acero de refuerzo o una jaula de acero de refuerzo. De ese modo, es posible, por ejemplo, utilizar una plantilla extraíble en la parte superior y una placa individual de anclaje en la parte inferior de cada perno para evitar que los pernos de anclaje sean sacados. Todo el módulo puede ser vertido en hormigón. Cuando la cimentación soporta la estructura similar a una torre, cargas variables de tracción y de compresión actúan sobre la cimentación. Las cargas de tracción, que pueden producirse por una fuerza de inclinación o una fuerza de vuelco sobre la estructura soportada, son aplicadas cerca de la parte superior de la cimentación por medio de los pernos de anclaje y actúan sobre porciones grandes de la cimentación por debajo del punto de aplicación a la placa de anclaje. De ese modo, las cargas de tracción y de compresión en la cimentación tienen un límite cerca de las placas de anclaje de pernos en las que la carga sobre el hormigón alterna entre una carga de compresión y una carga de tracción dependiendo de las fuerzas de la estructura soportada.

30 La Figura 1 ilustra realizaciones de una cimentación 100 que soporta una estructura 20. La Figura 1 muestra la sección inferior de la estructura 20, que puede ser, por ejemplo, una sección inferior de la torre de una turbina eólica o la sección inferior de cualquier otra torre. La cimentación 100 incluye un bloque 102 de cimentación. Según distintas realizaciones, el bloque 102 de cimentación puede incluir una o más secciones fabricadas, por ejemplo, de hormigón y barras de refuerzo o jaulas de refuerzo que están instaladas en el bloque 102 de cimentación.

35 Puede requerirse mucha mano de obra para montar o premontar la matriz de acero de refuerzo y llenar el volumen de la cimentación con hormigón o similar. Además, las típicas cimentaciones cilíndricas requieren el uso de un taladro para proporcionar el agujero para las cimentaciones. En consecuencia, existe un deseo de reducir la cantidad de materiales en las cimentaciones en tal intervalo que las cimentaciones aún proporcionen suficiente estabilidad y seguridad de operación para la estructura soportada en funcionamiento.

40 La Figura 1 muestra una placa 104 de anclaje que está embebida en el bloque 102 de cimentación. Los pernos 110 de anclaje están fijados a la placa 104 de anclaje y se extienden desde la placa de anclaje hasta la parte superior de la cimentación 100. La estructura 20 también está fijada a los pernos 110 de anclaje. De ese modo, se proporciona una conexión entre la estructura 20 y la placa 104 de anclaje.

45 También se puede denominar a los pernos 110 de anclaje pernos tensores o pernos de refuerzo. Según realizaciones típicas, que pueden ser combinadas con otras realizaciones descritas en el presente documento, los pernos de anclaje pueden ser proporcionados, típicamente, en pares adyacentes que están separados radialmente desde el centro de la cimentación. Según realizaciones adicionales, un anillo interno de pernos de anclaje puede tener un diámetro ligeramente menor que un anillo externo de pernos de anclaje. Por ejemplo, se pueden proporcionar 18 pernos internos de anclaje y 18 pernos externos de anclaje, es decir, se pueden proporcionar un total de 36 pernos de anclaje en la forma similar a un anillo. Según otras realizaciones, se pueden proporcionar más de 36 pernos de anclaje, por ejemplo, un total de 72 o incluso 96 pernos de anclaje. Según realizaciones adicionales distintas, los anillos de pernos pueden tener distintos diámetros que están separados por varios centímetros.

50 Los extremos inferiores de los pernos 110 están anclados en la placa 104 de anclaje, que puede ser un anillo embebido, al enroscar los pernos de anclaje a través de tuercas 113. La porción superior de los pernos 110 de anclaje puede estar fijada por medio de tuercas 112 roscadas en los pernos de anclaje.

5 Cuando se monta una primera porción inferior de la estructura 20 en la cimentación, se tensan los pernos 110 de anclaje al apretar las tuercas 112. De ese modo, se aplican cargas de tensión preliminar para presionar la estructura 20 contra la cimentación 100. Estas cargas de tensión preliminar sobre los pernos 110 de anclaje no son iguales a las cargas que pueden producirse durante la operación de la estructura soportada o las cargas que pueden producirse debido a la acumulación de toda la estructura 20.

10 La carga de tensión preliminar tiene que ser proporcionada con un valor deseado. Además, la carga de tensión preliminar puede variar con el paso del tiempo si la cimentación no ha sido fabricada perfectamente o si el hormigón de la cimentación comienza a interactuar con los pernos 110 de anclaje. Para proporcionar los valores deseados de carga de tensión preliminar para los pernos de anclaje es deseable monitorizar los esfuerzos de tracción en los pernos 110 de anclaje durante el apriete, por ejemplo, de las tuercas 112. Se puede llevar a cabo un procedimiento de detección para medir los esfuerzos de tracción en los pernos de anclaje (pernos tensores o pernos de refuerzo) que están contenidos en el bloque de cimentación de hormigón por medio de sensores 120 de medición de la carga. De ese modo, por ejemplo, se puede proporcionar una medición estable en el tiempo.

15 Según algunas realizaciones, que pueden ser combinadas con otras realizaciones descritas en el presente documento, los sensores 120 de medición de cargas proporcionan un equipo de medición con base en el efecto magnetostrictivo. De ese modo, se puede aplicar una medición de esfuerzos de tracción sin tener que acceder a los pernos 110 de anclaje. En consecuencia, se puede proporcionar una medición con una estabilidad elevada en el tiempo.

20 Según realizaciones descritas en el presente documento, que pueden ser combinadas con otras realizaciones descritas en el presente documento, se puede codificar un perno de un material ferromagnético o una varilla de material ferromagnético de forma que el material tenga regiones permanentes codificadas magnéticamente, que puedan ser detectadas con un sensor de campo magnético. Según distintas realizaciones, el sensor de campo magnético puede incluir uno o más elementos de detección pasiva, por ejemplo, bobinas, sensor magnetorresistivo gigante, sensores magnetoópticos, sensores de inducción magnética o sensores de fibra óptica que están colocados en proximidad estrecha al objeto ferromagnético codificado. Por ejemplo, para las realizaciones descritas en el presente documento, el sensor de campo magnético puede estar colocado a una distancia del perno o de la varilla entre 0,0 mm y 10 mm, por ejemplo menos de 7 mm. De ese modo, según distintas realizaciones, se adapta la distancia para ser sustancialmente un valor constante con el paso del tiempo, por ejemplo, con una desviación de 0,3 mm o menos. Además, en el caso de una medición de contacto directo se puede proporcionar una capa de aislamiento eléctrico entre el perno o varilla y el sensor de campo magnético.

30 Como se muestra en la figura 2, según algunas realizaciones, el sensor magnetostrictivo 120 de medición de carga puede incluir tuercas primera y segunda 212 que se proporcionan en el perno 110 de anclaje. Se proporcionan las tuercas en posiciones fijas. Se proporcionan varillas 214 de acero codificadas magnéticamente fabricadas, por ejemplo, de acero de ferrita entre las tuercas 212. Dado que se proporcionan las tuercas 212 en una primera posición fija y en una segunda posición fija en el perno 110 de anclaje un alargamiento del perno 110 de anclaje se transfiere a las varillas 214 de acero codificadas magnéticamente. En vista de la codificación magnética se pueden medir los esfuerzos de tracción de las varillas 214 de acero con los sensores 216 de campo magnético. En consecuencia, se puede medir una carga de tracción y/o de compresión sobre el perno 110 de anclaje con el sensor 120 de medición de cargas.

40 Según algunas realizaciones, que pueden ser combinadas con otras realizaciones descritas en el presente documento, se pueden utilizar múltiples sensores de campo magnético en un perno o varilla. Esto puede permitir llevar a cabo mediciones diferenciales. Como ejemplo, una forma de llevar a cabo la medición diferencial puede ser comparar el campo magnético medido desde un sensor encima de una sección codificada magnéticamente de la varilla de acero con el campo magnético medido desde una sección codificada magnéticamente de la varilla de acero. Múltiples sensores de campo magnético también pueden permitir una mejor fiabilidad para una situación en la que un único sensor falla con el paso del tiempo.

50 Con las realizaciones descritas en el presente documento, se puede monitorizar continua o regularmente un esfuerzo de tracción de los pernos de anclaje durante el apriete de las tuercas 112, la fabricación de la estructura 20 y/o la operación de la estructura 20, por ejemplo, una turbina eólica. En vista de las realizaciones descritas en el presente documento, esto sería posible aunque solo se diese únicamente un acceso directo limitado a los pernos 110 de anclaje (únicamente desde encima) en cuanto la cimentación 100 haya sido fabricada, por ejemplo, al verter hormigón en el bloque de cimentación.

55 Las realizaciones descritas en el presente documento permiten, además, la medición de un estado de tensión sin una deriva excesiva de la señal de medición, debido a que se realice una codificación magnética, por ejemplo, de la varilla 214 de acero una vez antes de la instalación del sensor y se mantenga en el mismo estado codificado que tenga las mismas regiones codificadas durante la futura operación.

La figura 2 ilustra realizaciones de sensores magnetostrictivos 124 de medición de cargas en las que se colocan al menos dos varillas codificadas magnéticamente para extenderse en la dirección de la longitud de los pernos 110 de anclaje. De ese modo, es posible medir un esfuerzo de tracción del perno de anclaje, que se corresponde con una

tensión en ambas varillas codificadas mostradas en la figura 2. Según otras realizaciones, también es posible medir un momento de flexión del perno 110 de anclaje. De ese modo, un momento de flexión se correspondería con distintos valores de esfuerzos de tracción en las varillas codificadas respectivas 214 mostradas en la figura 2. Según otras realizaciones adicionales, también podría ser posible proporcionar sensores 120 de medición de carga, que incluyen únicamente una varilla codificada magnéticamente, por lo que únicamente se puede obtener una información reducida de carga, es decir, esfuerzo de tracción. Según otras realizaciones adicionales, se pueden proporcionar tres, cuatro o más varillas de acero en torno al perno 110 de anclaje. De ese modo, por ejemplo, se puede medir adicionalmente un momento de flexión en dos direcciones, normalmente perpendiculares entre sí.

Según realizaciones típicas descritas en el presente documento, un perno 110 de anclaje de una cimentación puede tener una longitud en un intervalo de 1 m a 3 m, por ejemplo 2 m. En general, según algunas realizaciones es posible codificar magnéticamente el propio perno 110 de anclaje y proporcionar sensores de campo magnético directamente adyacentes, es decir, en proximidad estrecha al perno 110 de anclaje. Al proporcionar distintos sensores de campo magnético en distintas posiciones a lo largo del perno de anclaje, se pueden medir distintas cargas como esfuerzos o momentos de flexión. Según algunas realizaciones, los sensores de campo magnético pueden estar fijados firmemente al perno o a la varilla codificados magnéticamente.

Sin embargo, dado que se requiere un material ferromagnético para codificar el perno o la varilla, puede ser difícil proporcionar todo el perno de anclaje del material deseado. En consecuencia, como se ha descrito anteriormente con respecto a la figura 2, proporcionar varillas codificadas magnéticamente 214 a las que se han transferido las cargas del perno 110 de anclaje, puede reducir la cantidad requerida del material ferromagnético. De ese modo, es posible escoger el material del perno de anclaje con independencia del procedimiento de detección. De ese modo, como opción adicional, es posible que dos o más varillas codificadas magnéticamente, típicamente todas ellas, puedan tener el mismo material, diseño, tamaño (compacto), incluso para distintos tamaños de turbina eólica, y/o el sensor de campo magnético podría estar fijado siempre directamente a la superficie de la varilla, del mismo modo. Esto puede tener como resultado la producción en serie y, por lo tanto, costes reducidos de fabricación dado que se puede omitir una calibración in situ o puede reducirse al menos significativamente.

Según algunas realizaciones, que pueden ser combinadas con otras realizaciones descritas en el presente documento, la varilla codificada magnéticamente 214 puede tener una longitud de 1 cm a 10 cm, normalmente de 3 a 5 cm. La varilla codificada magnéticamente no necesita extenderse necesariamente a lo largo de toda la longitud del perno de anclaje dado que el sensor de medición de cargas puede proporcionar un alargamiento o esfuerzo de tracción por unidad de longitud. Según otras realizaciones adicionales, el uso de una varilla codificada magnéticamente además del perno de anclaje permite una selección específica del material ferromagnético, lo que puede mejorar y/o simplificar la codificación magnética. Esto puede tener como resultado una reducción adicional de los costes del sistema de medición.

Según realizaciones adicionales, que pueden ser combinadas con otras realizaciones descritas en el presente documento, se proporciona un alojamiento o encapsulación 218 para el sensor 120 de medición de cargas (véase la figura 2). Normalmente, se puede proporcionar el alojamiento 218 en forma de camisa, que puede ser de un material blando similar al caucho o la espuma. Una camisa blanda permite algo de movimiento de la unidad 120 de medición de cargas con respecto al bloque 102 de cimentación, de forma que no se impida un alargamiento o movimiento del perno 110 de anclaje por el sensor 120 de medición de cargas. Los cables 222 conectados al sensor de campo magnético, que puede estar proporcionado, por ejemplo, por elementos pasivos como bobinas, se extienden fuera del alojamiento 218. De ese modo, se activa el procesamiento de señales del sensor cuando se llevan a cabo mediciones, es decir, cuando está conectado una toma externa (con una fuente de alimentación).

La figura 3 muestra una cimentación redonda 100 que tiene un bloque 102 de cimentación. La placa de anclaje, mostrada en la figura 3, está embebida en el bloque 102 de cimentación y está cubierta por hormigón o similar, cuando se mira la cimentación desde arriba. Como se muestra en la figura 3, según algunas realizaciones, cada uno de los pernos 110 de anclaje en la posición de las doce, en la posición de las tres, en la posición de las seis y en la posición de las nueve están dotados de un sensor 120 de medición de cargas en los anillos interno y externo de los pernos 110 de anclaje. De ese modo, dos de las cuatro posiciones están enfrentadas entre sí, respectivamente, y pueden estar ubicadas, por ejemplo, en la posición del norte, del este, del sur, y del oeste de la cimentación 100.

Si una estructura similar a una turbina eólica está colocada sobre una cimentación, se puede aplicar un momento de inclinación o alteración desde la estructura en la cimentación. Por ejemplo, esto puede ocurrir con base en condiciones de operación, al centro de gravedad de la estructura y/o viento u otras influencias medioambientales sobre la estructura. Estos momentos de alteración pueden tener como resultado distintas cargas en cada una de las cuatro posiciones de la cimentación. En consecuencia, al medir las cargas en cuatro posiciones distintas, se pueden determinar las cargas proporcionadas por la estructura. Según distintas realizaciones, para medir las cargas que tienen como resultado distintos esfuerzos de tracción para los distintos pernos de anclaje en todas las direcciones del plano horizontal en la cimentación, se proporcionan al menos tres unidades de medición de cargas. Como se muestra en la figura 3, se pueden proporcionar cuatro o más sensores de medición de cargas en lados opuestos y perpendiculares de la cimentación, respectivamente.

La figura 4 muestra una porción de una cimentación 100 que tiene un bloque 102 de cimentación sobre el que se proporciona una estructura 20. En el bloque 102 de cimentación, hay embebida una placa 104 de anclaje, por ejemplo, en forma de anillo de anclaje, y hay fijados pernos 110 de anclaje a la placa 104 de anclaje, por ejemplo, por medio de tuercas 113 que se extienden desde la placa 104 de anclaje hasta el extremo inferior de la estructura 20. La estructura 20 está fijada a los pernos de anclaje y, de esta manera, a la cimentación por medio de las tuercas 112. Según realizaciones adicionales, que pueden ser combinadas con otras realizaciones descritas en el presente documento, los sensores 120 de medición de cargas están conectados por medio de cables 412 a una toma 414, que es accesible desde el exterior de la cimentación para conectar el sensor 120 de medición de cargas a un aparato electrónico 122 de medición. De ese modo, según las realizaciones descritas en el presente documento, solo hay embebidos elementos pasivos como el perno o la varilla codificados magnéticamente y el sensor de campo magnético, que puede incluir bobinas, en la cimentación. En consecuencia, las cargas procedentes del hormigón, la humedad u otras influencias no son sometidas a dispositivos electrónicos activos. Se puede proporcionar el sensor de campo magnético por medio de elementos pasivos como bobinas. De ese modo, se activa el procesamiento de señales del sensor cuando se llevan a cabo mediciones, es decir, cuando hay conectado una toma externa (con una fuente de alimentación).

Según otras realizaciones adicionales, los cables 412 pueden tener una longitud de hasta 1 m o 2 m. De ese modo, la toma 414 puede estar instalada de forma que haya un acceso a la porción superior de la cimentación 100. En el caso de la torre de una turbina eólica montada sobre la cimentación, la toma 414 puede estar instalada, por ejemplo, en el interior de la torre hueca de la turbina eólica. Según otras realizaciones adicionales, el sensor de campo magnético puede estar equipado con un transmisor para una transferencia inalámbrica de las señales, tal como CI inalámbricos alimentados inductivamente o componentes para una comunicación de tipo RF-ID. De ese modo, se pueden omitir los cables en el hormigón.

La capacidad para medir los esfuerzos de tracción en los pernos de anclaje o los pernos tensores de cimentaciones de hormigón al proporcionar un acceso permanente a resultados de mediciones, según realizaciones descritas en el presente documento, permite varias opciones. Se puede monitorizar la carga de tensión sobre los pernos de anclaje mientras que aprieta una porción inferior de la estructura contra la cimentación. La monitorización continua o regular de los esfuerzos de tracción permite mejorar la cimentación y puede eliminar la necesidad de grandes cantidades de barras de acero, de barras de refuerzo o de barras de tensión y puede reducir sustancialmente la cantidad requerida de hormigón. La monitorización continua o regular de los esfuerzos de tracción de los pernos de anclaje permite la detección de problemas potenciales que pueden producirse en la estructura en una fecha temprana. Tales problemas pueden ser, por ejemplo, cargas asimétricas en la cimentación, cambios inesperados de las cargas con el paso del tiempo y/o la detección de fallos en la estructura de refuerzo de la cimentación. Una medición sencilla y directa de la distribución de cargas de la cimentación puede proporcionar, además, información sobre las condiciones de operación de la estructura como una turbina eólica, tanto en el caso dinámico como en el caso en el que la estructura está construida pero no está siendo operada. Además, se puede proporcionar una estabilidad a largo plazo para esfuerzos de tracción en la cimentación para un mantenimiento y similares. Aún más, la recogida de información acerca de esfuerzos reales en el perno puede contribuir a utilizar los pernos a plena capacidad de fuerza de tracción y puede ser indicativa en cuanto a si el perno transmite o no fuerzas de tracción al hormigón por encima de la placa de anclaje.

Las cimentaciones según las realizaciones descritas en el presente documento pueden ser utilizadas para estructuras o torres que pueden ser utilizadas para líneas de alta tensión, sistemas de comunicaciones, alumbrado público, señales viarias, soportes de puentes, pancartas publicitarias, señales de tráfico, teleféricos o turbinas eólicas. La figura 5 muestra un ejemplo de una turbina eólica 500 que incluye una cimentación 100. La torre 20 de la turbina eólica 500 está soportada por la cimentación 100 y está fijada a pernos 110 de anclaje que se extienden desde una placa 104 de anclaje. Se pueden monitorizar las cargas en una o más posiciones sobre la cimentación o en uno o más pernos 110 de anclaje por medio de unidades de medición de cargas según las realizaciones descritas en el presente documento. La figura 5 ilustra cuatro unidades 120 de medición de cargas. Encima de la torre 20, se proporciona una góndola 22. La góndola 22 porta el cubo 26 sobre el que están montadas las palas 28 de rotor.

En la figura 6 se muestra una realización modificada de una turbina eólica 500. Además de los elementos descritos anteriormente, se proporciona una unidad 600 de medición de cargas en el interior de la torre 20 de la turbina eólica 500. De forma similar a la unidad de medición de cargas descrita con respecto a la figura 2, una unidad 600 de medición de cargas incluye una varilla codificada magnéticamente 614 y el sensor 616 de campo magnético. Según distintas realizaciones, la varilla codificada magnéticamente 614 puede estar montada en la pared de la torre en dos posiciones fijas con elementos 612 de montaje. Según otras distintas realizaciones adicionales, los elementos 612 de montaje pueden estar soldados a la pared de la torre, encolados a la pared de la torre, atornillados a la pared de la torre o similar. Las cargas que actúan sobre la torre 20 de la turbina eólica 500 transmiten esfuerzos de compresión o de tracción sobre la varilla codificada magnéticamente 614. En consecuencia, se puede proporcionar una medición de cargas de la torre por medio de uno o más, por ejemplo, cuatro sensores 600 de medición de cargas.

Según otras realizaciones adicionales, que pueden ser combinadas con otras realizaciones descritas en el presente documento, se puede proporcionar la unidad 600 de medición de cargas puede a distintas alturas en el interior de la

torre o en otros elementos estructurales de la turbina eólica 500, por ejemplo, la góndola, el cubo, las palas de rotor, o similares. De ese modo, la unidad de medición de cargas puede ser instalada fácilmente en turbinas eólicas existentes o después de la fabricación de una turbina eólica. El sistema de medición, que se añade con los elementos de montaje puede proporcionarse en la turbina eólica en cualquier momento y no necesita ser integrado en la turbina eólica durante la instalación del mismo.

Según otras realizaciones adicionales, además o en vez de proporcionar una varilla 614 como se muestra en la figura 6, una porción de la pared de la torre o de otro componente podría estar codificada magnéticamente para la medición de esfuerzos de compresión y/o de tracción en la torre o similar.

Según otras realizaciones adicionales, también se pueden aplicar mediciones similares de carga para otras aplicaciones distintas de las turbinas eólicas. Además, se puede aplicar la unidad 600 de medición de cargas con independencia del tipo utilizado de cimentación. Es decir, también se pueden proporcionar las unidades de medición de cargas si una cimentación sin una unidad de medición de cargas soporta la turbina eólica.

Se describirán ahora distintas realizaciones de procedimientos para medir cargas en cimentaciones con respecto a la figura 7. En la etapa 702 se proporciona el sensor magnetoestrictivo de medición en la cimentación antes de que se llene el bloque de cimentación de hormigón o similar. En la etapa 704 se llena la cimentación, por lo que el sensor de medición de cargas está embebido en la cimentación. En la etapa 706 se proporciona una toma para cablear el sensor de campo magnético del sensor de medición de cargas fuera de la cimentación. En consecuencia, se puede proporcionar de forma continua o regular una medición de resistencia a la deriva de los esfuerzos de tracción en pernos de anclaje de la cimentación. De ese modo, según algunas realizaciones, solo se embeben elementos pasivos de detección en la cimentación.

Según la etapa 707, los uno o más sensores magnetoestrictivos de medición de cargas pueden ser utilizados para monitorizar la carga de tensión preliminar durante la construcción de la estructura sobre la cimentación. Proporcionar una monitorización precisa de las cargas de tensión preliminar permite la detección de cambios en la tensión preliminar de los pernos de anclaje durante la construcción de la estructura, o en un momento posterior, durante la vida de la estructura.

Según una realización alternativa o adicional más, se puede conectar un aparato electrónico de medición a la toma para la medición de los esfuerzos de tracción en los pernos de anclaje en la etapa 708. Esto puede realizarse, por ejemplo, durante el mantenimiento de la estructura, por ejemplo, una turbina eólica. De ese modo, en la etapa 710, se pueden realizar mediciones precisas de los esfuerzos de tracción en los pernos de anclaje de forma semanal, mensual o anual. En vista de la pequeña deriva de la unidad de medición de cargas, se pueden detectar cambios en las cargas de los pernos de anclaje. De ese modo, se puede utilizar un dispositivo electrónico activo de medición para mediciones en distintas posiciones. Se pueden tomar contramedidas si se detectan resultados no deseables de las mediciones.

Según otras realizaciones adicionales, de forma alternativa o adicional, se pueden proporcionar permanentemente aparatos electrónicos activos de medición fuera de la cimentación para monitorizar continua o cuasicontinua los esfuerzos de tracción sobre los pernos de anclaje. Por ejemplo, se pueden monitorizar los valores de esfuerzos de tracción en una o más posiciones de la cimentación en segundos, minutos u horas (por ejemplo, cada 1 s, cada 1 min, o cada 1 h). Tales señales pueden proporcionar información de retorno para una unidad de control de toda la estructura. Por ejemplo, si se opera una turbina eólica, se puede proporcionar una información de retorno a la unidad de control de la turbina eólica. De ese modo, las variaciones de las cargas debidas al control de distintos elementos de la turbina eólica pueden tener como resultado una información directa de retorno a la unidad de control.

Como se ha descrito anteriormente, según distintas realizaciones, se pueden considerar las mediciones de carga de esfuerzos de tracción de la estructura similar a una turbina eólica para dos condiciones distintas. Se pueden medir las cargas sobre la cimentación durante la operación de la turbina eólica o se puede detener la turbina eólica de forma que se puedan medir las cargas sobre la cimentación bajo una condición estacionaria.

Según distintas realizaciones descritas en el presente documento, se proporcionan unas cimentaciones para soportar una estructura. Las cimentaciones pueden incluir un bloque de cimentación, al menos un perno de anclaje que conecta una placa inferior de anclaje y la estructura, y un sensor magnetoestrictivo de medición de cargas para medir cargas sobre el al menos un perno de anclaje, estando colocado el sensor magnetoestrictivo de medición de cargas en el interior del bloque de cimentación. Según distintos diseños opcionales el sensor magnetoestrictivo de medición de cargas puede incluir un sensor de campo magnético colocado adyacente al al menos un perno de anclaje o, de forma alternativa o adicional el sensor magnetoestrictivo de medición de cargas puede incluir al menos una varilla de acero codificada magnéticamente conectada al al menos un perno de anclaje, extendiéndose la longitud de la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente en la dirección de la longitud del al menos un perno de anclaje y un sensor de campo magnético colocado adyacente a la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente.

Según otras realizaciones adicionales, que pueden proceder de una combinación con cualquiera de las otras realizaciones, la porción del sensor de campo magnético que se embebe en el bloque de cimentación consiste en

elementos pasivos. En este caso, se conecta normalmente una fuente de alimentación externa del bloque de cimentación al sensor de campo magnético.

5 De ese modo, según otras realizaciones adicionales es posible que la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente esté conectada firmemente a una primera posición del al menos un perno tensor y una segunda posición del al menos un perno de anclaje. Según otras realizaciones típicas adicionales, la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente puede estar conectada firmemente a la primera posición al fijar la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente a una primera tuerca proporcionada en el al menos un perno tensor y puede estar conectada firmemente a la segunda posición al fijar la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente a una segunda tuerca proporcionada en el al menos un perno tensor. Como otra modificación alternativa o adicional, se pueden proporcionar al menos dos varillas de acero codificadas magnéticamente para cada uno de los al menos un perno de anclaje, y al menos un sensor de campo magnético está colocado adyacente a cada una de las al menos dos varillas de acero codificadas magnéticamente.

10 Según realizaciones típicas, que pueden combinarse con cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, se pueden proporcionar al menos 36 pernos de anclaje. Como un elemento opcional adicional al menos tres pernos de anclaje de los al menos 36 pernos de anclaje pueden estar dotados del sensor de medición de cargas.

15 Según otras realizaciones adicionales, que pueden combinarse con cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, los pernos de anclaje en cuatro lados de la cimentación pueden estar dotados de un sensor de medición de cargas, oponiéndose entre sí, respectivamente, dos de los cuatro lados. Según realizaciones adicionales yete ven, que pueden combinarse con cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, el sensor magnetoestrictivo de medición de cargas está adaptado para medir esfuerzos de tracción en el al menos un perno de anclaje.

20 Según otras realizaciones, que pueden combinarse con cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, se puede proporcionar una toma para terminar un cable conectado al sensor magnetoestrictivo de medición de cargas, estando colocada la toma fuera de la cimentación para un acceso a las señales. De forma alternativa o adicional, se puede proporcionar un alojamiento para la unidad de medición de cargas que está adaptado para permitir el movimiento de la unidad de medición de cargas en el bloque de cimentación.

25 Según algunas realizaciones, se puede proporcionar una turbina eólica que tiene una cimentación según cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento. De ese modo, es un ejemplo posible que se proporcione una toma para terminar un cable conectado al sensor de medición, estando colocada la toma fuera de la cimentación para un acceso a las señales dentro de la torre.

30 Según algunas realizaciones, que pueden combinarse con cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, se proporciona una turbina eólica. La turbina eólica puede incluir al menos un componente estructural del grupo constituido por: una torre, una góndola soportada por la torre, un cubo conectado a la góndola, y al menos una pala de rotor conectada al cubo, estando conectada al menos una varilla de acero codificada magnéticamente al al menos uno de los componentes estructurales, estando conectada firmemente la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente en una primera posición del al menos un componente estructural y una segunda posición del al menos un componente estructural, y un sensor de campo magnético colocado adyacente a la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente. Según una realización, el componente estructural puede ser la torre y la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente se extiende adyacente a una pared de la torre. Según otra realización, se puede proporcionar opcionalmente una cimentación según cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento.

35 Según otras realizaciones adicionales, se proporciona un procedimiento para medir esfuerzos de tracción en un perno de anclaje de una cimentación. El procedimiento incluye embeber un sensor magnetoestrictivo de cargas en la cimentación, proporcionar una toma para un acceso externo al cableado de señales del sensor magnetoestrictivo de cargas, conectar un aparato electrónico de medición a la toma, y medir los esfuerzos de tracción del perno de anclaje. Según opciones adicionales la medición puede llevarse a cabo de forma continua o cuasicontinua y/o regular de forma semanal, mensual o anual. De ese modo, como ejemplo, el aparato electrónico de medición puede ser conectado consecutivamente a más de una toma. Según una realización adicional, se puede llevar a cabo la medición durante el apriete de una estructura a la cimentación y/o la fabricación de una estructura sobre la cimentación.

40 De ese modo, según algunas realizaciones, que pueden combinarse con cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, se puede utilizar la medición para medir la tensión en el perno durante su apriete. De ese modo, como modificación adicional, se puede detener el proceso de apriete en el momento que se consiga la tensión preliminar correcta.

45 Esta descripción escrita utiliza ejemplos para dar a conocer la invención, incluyendo el modo preferente, y también para permitir a cualquier experto en la técnica a realizar y utilizar la invención.

Aunque la invención ha sido descrita en términos de diversas realizaciones específicas, los expertos en la técnica reconocerán que la invención puede ser puesta en práctica con modificaciones dentro del espíritu y alcance de las reivindicaciones. Especialmente, se pueden combinar entre sí características mutuamente no excluyentes de las realizaciones. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Se pretende que tales otros ejemplos se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.

Se definirán ahora diversos aspectos y realizaciones de la presente invención por medio de las siguientes cláusulas numeradas:

1. Una cimentación para soportar una estructura, que comprende:
 - un bloque de cimentación;
 - al menos un perno de anclaje que conecta una placa inferior de anclaje y la estructura; y
 - un sensor magnetostrictivo de medición de cargas para medir cargas en el al menos un perno de anclaje, estando colocado el sensor magnetostrictivo de medición de cargas en el interior del bloque de cimentación.
2. La cimentación según la cláusula 1, en la que el sensor magnetostrictivo de medición de cargas comprende:
 - un sensor de campo magnético colocado adyacente al al menos un perno de anclaje.
3. La cimentación según cualquier cláusula precedente, en la que el sensor magnetostrictivo de medición de cargas comprende:
 - al menos una varilla de acero codificada magnéticamente conectada al al menos un perno de anclaje, extendiéndose la longitud del al menos una varilla de acero codificada magnéticamente en la dirección de la longitud del al menos un perno de anclaje y la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente está conectada firmemente en una primera posición del al menos un perno tensor y una segunda posición del al menos un perno de anclaje; y
 - un sensor de campo magnético colocado adyacente a la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente.
4. La cimentación según cualquier cláusula precedente, en la que el al menos una varilla de acero codificada magnéticamente está conectada firmemente en la primera posición al fijar la al menos una varilla codificada magnéticamente en una primera tuerca proporcionada en el al menos un perno tensor y está conectado firmemente en la segunda posición al fijar la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente en una segunda tuerca proporcionada en el al menos un perno tensor.
5. La cimentación según cualquier cláusula precedente, en la que se proporcionan al menos dos varillas de acero codificadas magnéticamente por cada uno de los al menos un perno de anclaje, y al menos un sensor de campo magnético está colocado adyacente a cada una de las al menos dos varillas de acero codificadas magnéticamente.
6. La cimentación de cualquier cláusula precedente, en la que al menos tres pernos de anclaje están equipados con el sensor de medición de cargas.
7. La cimentación según cualquier cláusula precedente, en la que los pernos de anclaje en cuatro lados de la cimentación están equipados con un sensor de medición de cargas, en los que dos de los cuatro lados, respectivamente, están enfrentados entre sí.
8. La cimentación según cualquier cláusula precedente, en la que el sensor magnetostrictivo de medición de cargas está adaptado para medir esfuerzos de tracción en el al menos un perno de anclaje.
9. La cimentación según cualquier cláusula precedente, que comprende, además, una toma para terminar un cable conectado al sensor magnetostrictivo de medición de cargas, estando colocada la toma fuera de la cimentación para un acceso a las señales.
10. La cimentación según cualquier cláusula precedente, que comprende, además:
 - un alojamiento para la unidad de medición de cargas que está adaptada para permitir el movimiento de la unidad de medición de cargas en el bloque de cimentación.
11. Una turbina eólica que comprende:

- 5 un bloque de cimentación;
al menos un perno de anclaje que conecta una placa inferior de anclaje y la estructura; y
un sensor magnetostrictivo de medición de cargas para medir cargas en el al menos un perno de
anclaje, estando colocado el sensor magnetostrictivo de medición de cargas en el interior del bloque
de cimentación; y
una torre soportada por la cimentación.
12. La turbina eólica según la cláusula 11, en la que se proporciona una toma para terminar un cable conectado
al sensor de medición, estando colocada la toma fuera de la cimentación para un acceso a las señales
dentro de la torre.
- 10 13. Una turbina eólica que comprende:
- 15 al menos un componente estructural del grupo constituido por: una torre, una góndola soportada por la
torre, un cubo conectado a la góndola, y al menos una pala de rotor conectada al cubo, en la que una
porción ferromagnética del componente estructural está codificada magnéticamente o al menos una
varilla de acero codificada magnéticamente está conectada al al menos uno de los componentes
estructurales, de forma que la al menos una varilla de acero codificada magnéticamente está conectada
firmemente en una primera posición del al menos un componente estructural y en una segunda posición
del al menos un componente estructural; y
un sensor de campo magnético colocado adyacente a la al menos una varilla de acero codificada
magnéticamente.
- 20 14. La turbina eólica según la cláusula 13, en la que el componente estructural es la torre y la al menos una
varilla de acero codificada magnéticamente se extiende adyacente a una pared de la torre.
15. La turbina eólica según la cláusula 13 o 14, que comprende, además:
- 25 un bloque de cimentación;
al menos un perno de anclaje que conecta una placa inferior de anclaje y la estructura; y
un sensor magnetostrictivo de medición de cargas para medir cargas sobre el al menos un perno de
anclaje, estando colocado el sensor magnetostrictivo de medición de cargas en el interior del bloque
de cimentación.
- 30 16. Un procedimiento para medir esfuerzos de tracción en un perno de anclaje de cimentaciones, que
comprende:
- embeber un sensor magnetostrictivo de carga en la cimentación;
proporcionar una toma para un acceso externo al cableado de señales del sensor magnetostrictivo de
cargas; y
conectar a la toma un aparato electrónico de medición;
medir los esfuerzos de tracción del perno de anclaje.
- 35 17. El procedimiento según la cláusula 16, en el que la medición se lleva a cabo de forma continua o
cuasicontinua.
18. El procedimiento según la cláusula 16 o 17, en el que la medición se lleva a cabo regularmente de forma
semanal, mensual o anual.
- 40 19. El procedimiento según cualquiera de las cláusulas 16 a 18, en el que el aparato electrónico de medición es
conectado consecutivamente a más de una toma.
20. El procedimiento según cualquiera de las cláusulas 16 a 19, en el que la medición se lleva a cabo durante
el apriete de una estructura a la cimentación.

REIVINDICACIONES

1. Una cimentación (100) para soportar una estructura (20), que comprende:

5 un bloque (102) de cimentación;
al menos un perno (110) de anclaje que conecta una placa inferior (104) de anclaje y la estructura (20); y
un sensor magnetostrictivo (120) de medición de cargas para medir cargas en el al menos un perno de anclaje, estando colocado el sensor magnetostrictivo de medición de cargas en el interior del bloque (102) de cimentación;

caracterizada porque el sensor magnetostrictivo (120) de medición de cargas comprende:

10 al menos dos varillas (214) de acero codificadas magnéticamente proporcionadas para cada uno de los al menos un perno (110) de anclaje, en los que las longitudes de las varillas de acero codificadas magnéticamente se extienden en la dirección de la longitud de al menos un perno (110) de anclaje; y
al menos un sensor (216) de campo magnético colocado adyacente a cada uno de los al menos dos varillas (214) de acero codificadas magnéticamente, en los que las varillas de acero codificadas magnéticamente están conectadas firmemente en una primera posición del al menos un perno (110) de anclaje y en una
15 segunda posición del al menos un perno (110) de anclaje.

2. La cimentación (100) según la reivindicación 1, en la que los pernos (110) de anclaje en cuatro lados de la cimentación están equipados con un sensor (120) de medición de cargas, en los que dos de los cuatro lados, respectivamente, están enfrentados entre sí.

3. La cimentación (100) según la reivindicación 1 o 2, que comprende, además:

20 un alojamiento (218) para la unidad (600) de medición de cargas que está adaptada para permitir el movimiento de la unidad (600) de medición de cargas en el bloque (102) de cimentación.

4. Una turbina eólica (500) que comprende:

una cimentación (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3; y
una torre (20) soportada por la cimentación (100).

25

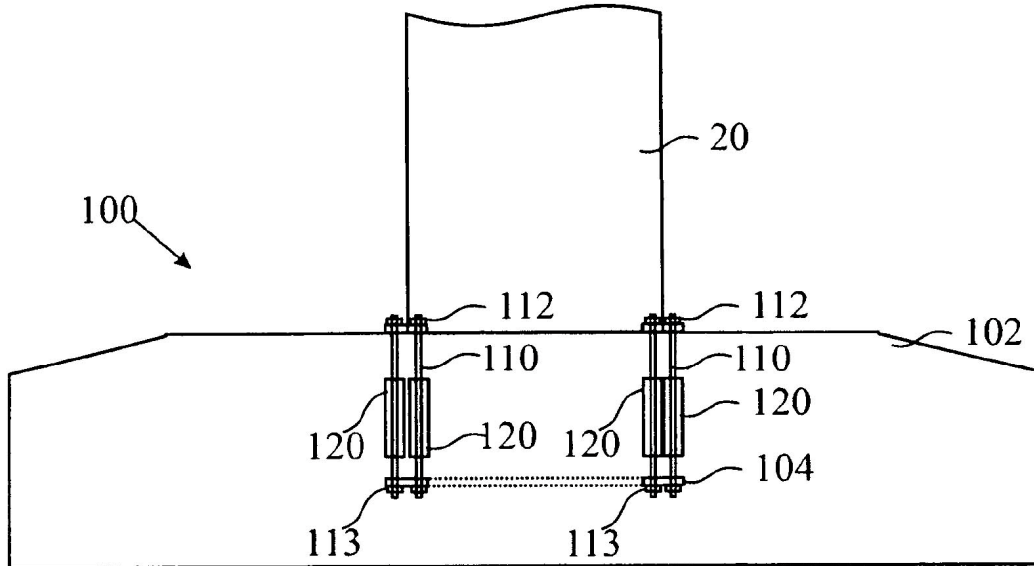


Fig. 1

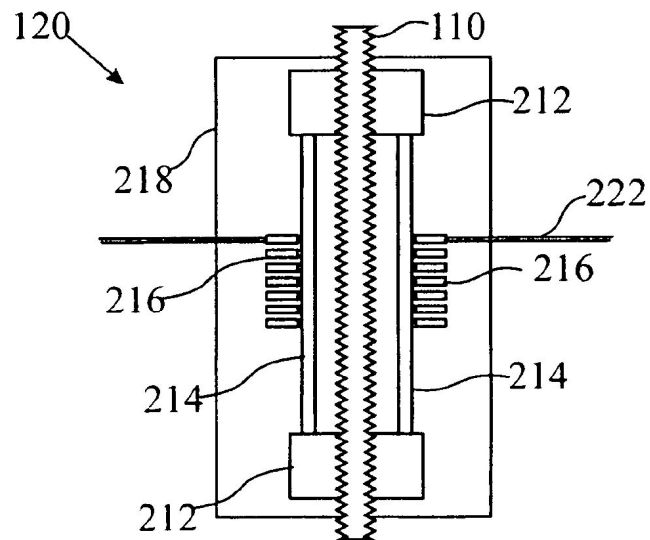


Fig. 2

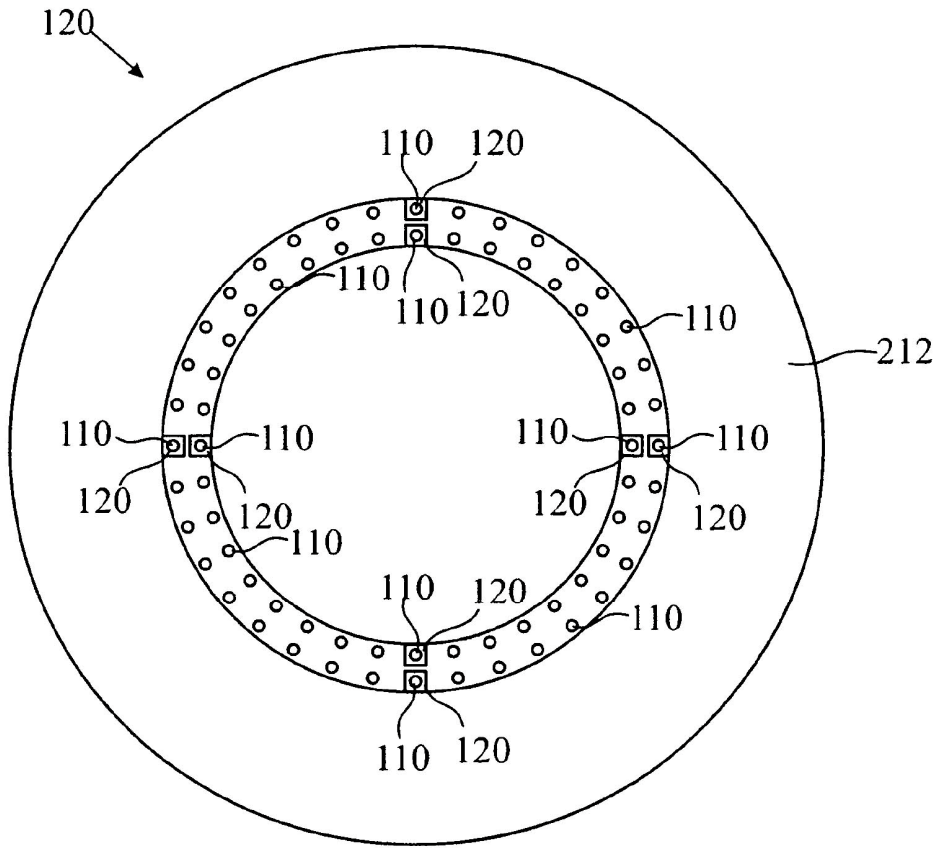


Fig. 3

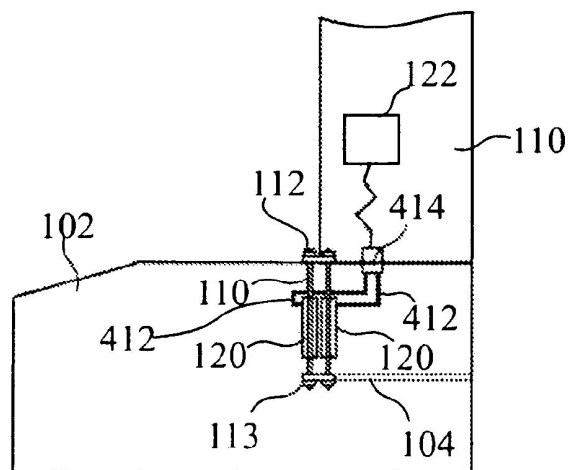


Fig. 4

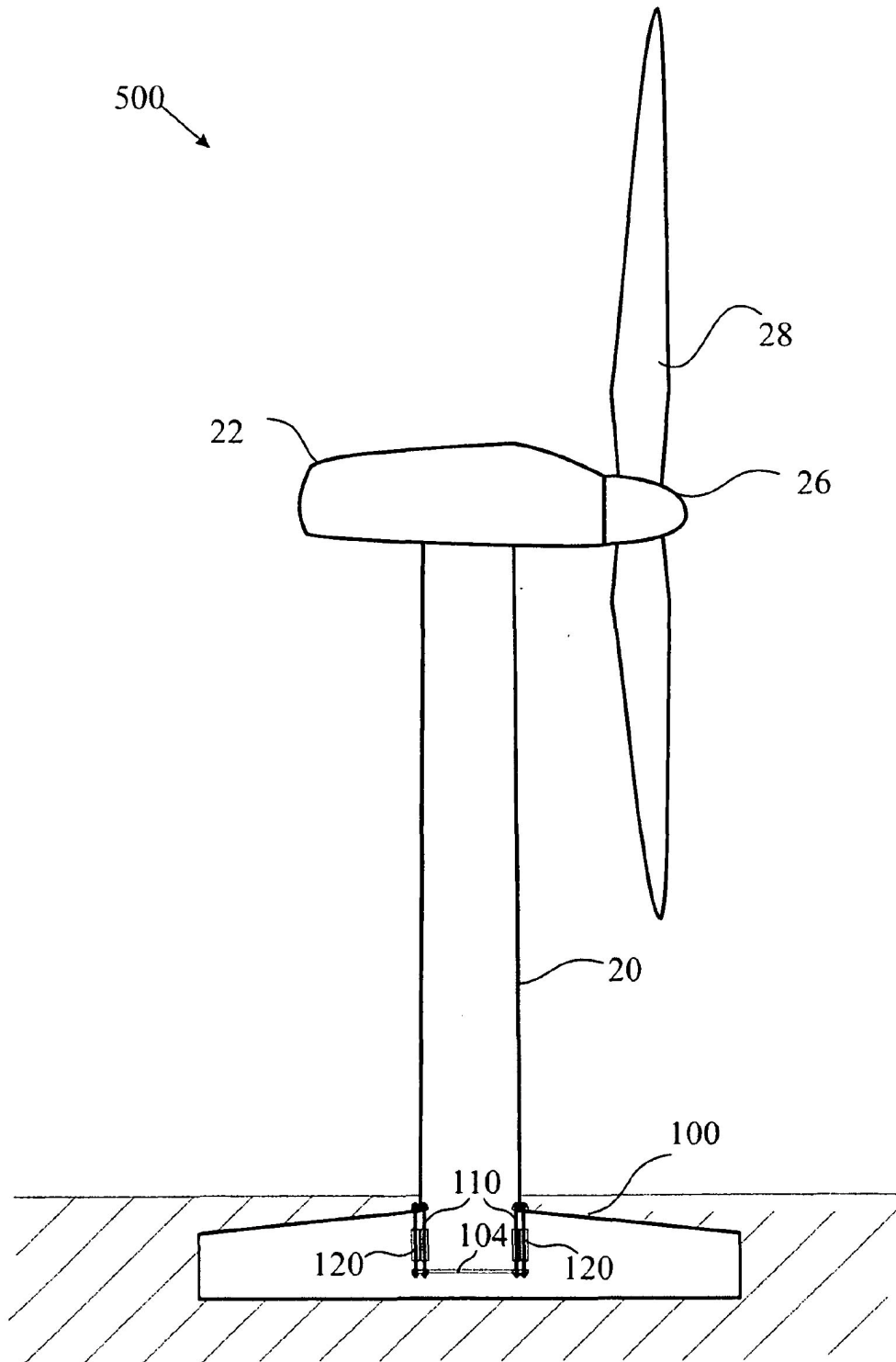


Fig. 5

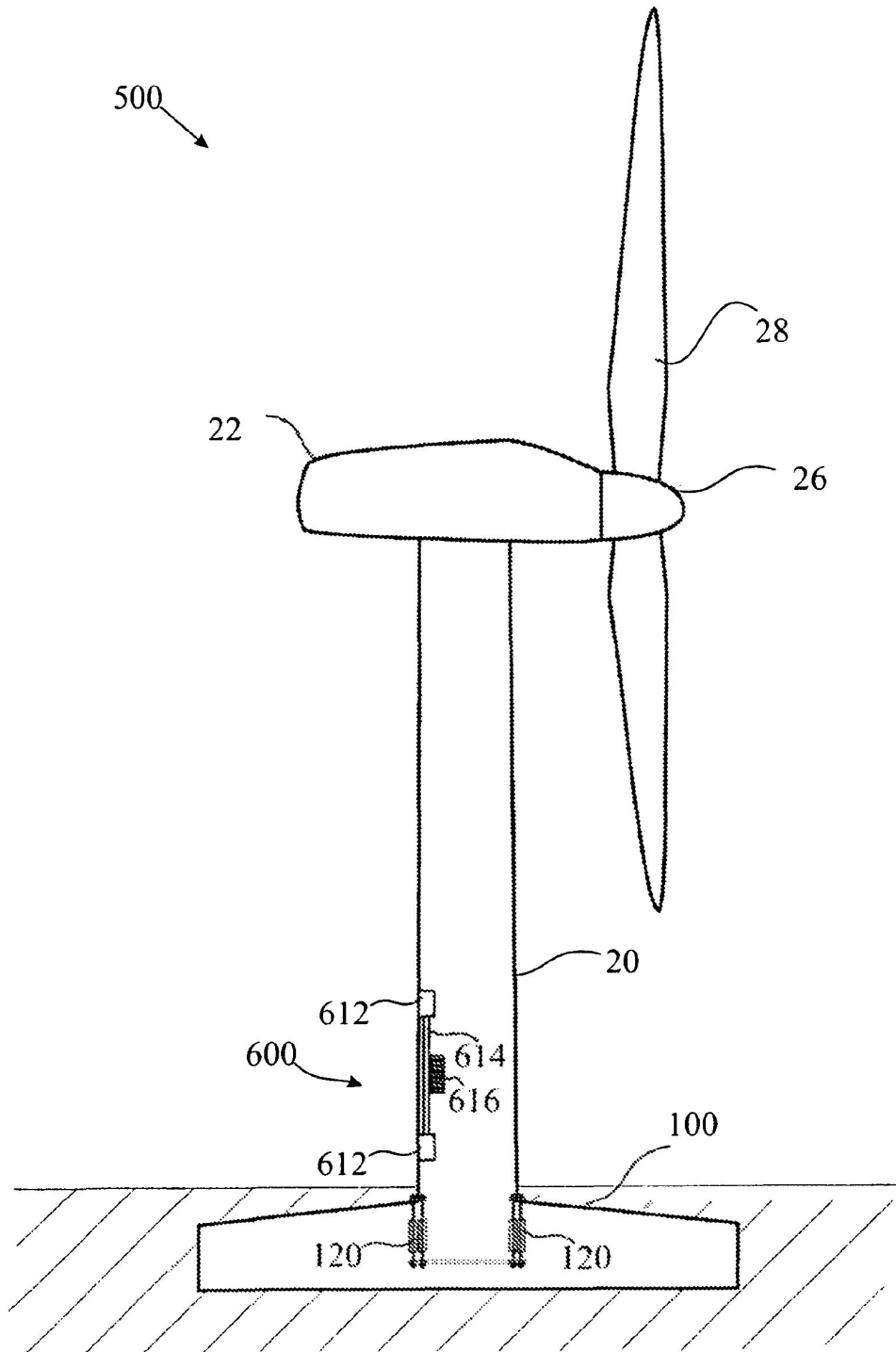


Fig. 6

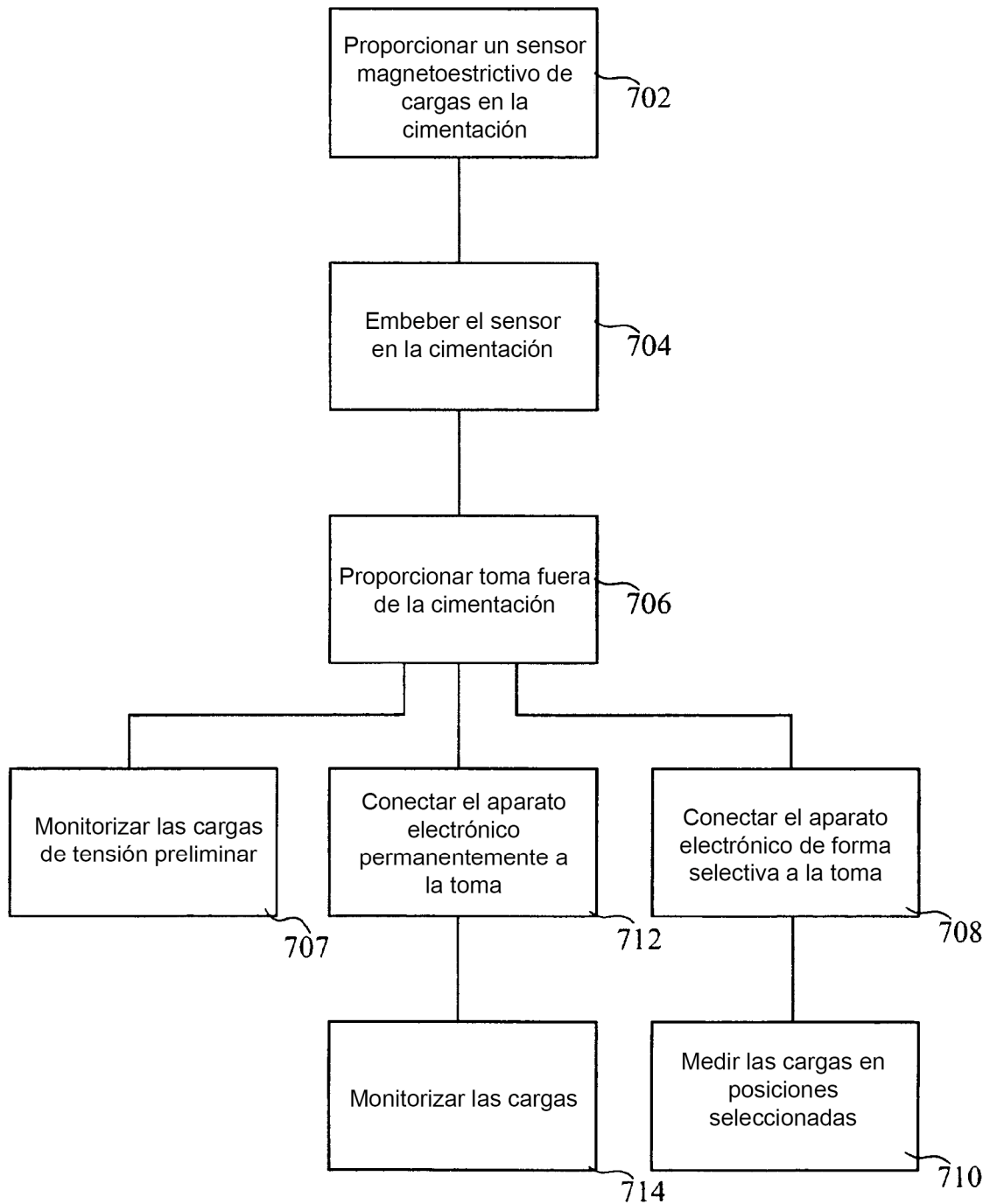


Fig. 7