

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 276**

51 Int. Cl.:

**G01M 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2013** E 13195118 (8)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018** EP 2741069

54 Título: **Banco de ensayo para una pala de rotor o un segmento de pala de rotor, disposición con un banco de ensayo de este tipo y procedimiento de ensayo**

30 Prioridad:

**05.12.2012 DE 102012111844**

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

**17.05.2018**

73 Titular/es:

**INDUSTRIEANLAGEN-  
BETRIEBSGESELLSCHAFT MBH (100.0%)  
Einsteinstrasse 20  
85521 Ottobrunn, DE**

72 Inventor/es:

**FRÖSCHL, JÜRGEN y  
KINSCHERF, SIMON**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 668 276 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

Banco de ensayo para una pala de rotor o un segmento de pala de rotor, disposición con un banco de ensayo de este tipo y procedimiento de ensayo

5 La invención se refiere a un banco de ensayo para una pala de rotor o un segmento de pala de rotor, en particular una pala de rotor o un segmento de pala de rotor para un aerogenerador, según el preámbulo de la reivindicación 1. La invención se ocupa además de una disposición con un banco de ensayo de este tipo y una pala de rotor o un segmento de pala de rotor, así como un procedimiento para hacer funcionar el banco de ensayo. Por el documento  
10 WO 2008/145727 A1 se conoce un banco de ensayo del tipo mencionado al principio.

15 El banco de ensayo conocido se utiliza para el ensayo de vibración de palas de rotor, montándose la pala de rotor sobre una base del banco de ensayo en posición horizontal. Distanciada de la base está prevista una unidad de excitación que está fijada en el fondo del banco de ensayo y transmite a través de una palanca una vibración de excitación a la pala de rotor. La unidad de excitación está configurada para ello en forma de un cilindro hidráulico.

20 Mediante la disposición de palanca entre el cilindro hidráulico y la pala de rotor se reduce la masa vibrante. En concreto un movimiento ascendente del cilindro hidráulico significa un movimiento descendente de la pala de rotor. Mediante la longitud de palanca la desviación de la pala de rotor está limitada bajo la acción del cilindro hidráulico. Además el banco de ensayo conocido considera las cargas de funcionamiento que aparecen en el funcionamiento real que actúan sobre la pala de rotor, solo insuficientes. En el funcionamiento real mediante el flujo incidente sobre las palas de rotor se forma una fuerza ascensional que no puede simularse con el banco de ensayo conocido.

25 Bancos de ensayo similares desvelan los documentos WO 2011/091081 A1, WO 2004/005879 A1 y WO 2010/000711 A2. Por el documento WO 2012/097475 A1 se conoce un aparato para realizar inspecciones de palas de rotor de una rueda eólica que están se sostienen a través de brazos, que están dispuestos a modo de un trípode, en la pared interna de una pala de rotor y de este modo pueden llevarse a cabo mediciones en el interior de la pala de rotor.

30 En el campo de la técnica aeronáutica se conocen además bancos de ensayo para palas de rotor o álabes. Los bancos de ensayo de este tipo se describen por ejemplo en el documento WO 2009/112795 A2 y EP 2 336 744 A1.

35 El objetivo de la invención consiste en indicar un banco de ensayo para una pala de rotor o un segmento de pala de rotor que reproduzca adecuadamente las cargas útiles que aparecen en el funcionamiento real y considere en particular fuerzas ascensionales. Además el objetivo de la invención consiste en indicar una disposición con un banco de ensayo de este tipo, así como un procedimiento para hacer funcionar un banco de ensayo de este tipo.

40 Según la invención este objetivo en cuanto al banco de ensayo se resuelve mediante el objeto de la reivindicación 1, en cuanto a la disposición mediante el objeto de la reivindicación 7, y en cuanto al procedimiento de funcionamiento mediante el objeto de la reivindicación 8.

45 En particular el objetivo se resuelve mediante un banco de ensayo para una pala de rotor o un segmento de pala de rotor, en particular una pala de rotor o un segmento de pala de rotor para un aerogenerador, presentando el banco de ensayo al menos una estructura de soporte, en la que puede fijarse un extremo axial de la pala de rotor o del segmento de pala de rotor, y estando previsto al menos una unidad de excitación, que puede conectarse para la excitación de una vibración de la pala de rotor o del segmento de pala de rotor con la pala de rotor o el segmento de pala de rotor. En un punto de articulación estacionario está fijado un medio de carga. El medio de carga puede conectarse con la pala de rotor o el segmento de pala de rotor para el funcionamiento de ensayo, de tal manera que la pala de rotor o el segmento de pala de rotor puede solicitarse con una tensión previa estática, cuya dirección de fuerza presenta al menos una componente, que discurre perpendicular a la pala de rotor o segmento de pala de rotor.

50 Mediante el medio de carga como componente del banco de ensayo se mejora la proximidad a la realidad del ensayo. En particular con el medio de carga puede aplicarse una tensión previa estática sobre la pala de rotor o el segmento de pala de rotor, de modo que por ejemplo la fuerza ascensional que aparece en el funcionamiento real pueda simularse. Por lo tanto con el banco de ensayo de acuerdo con la invención pueden llevarse a cabo ensayos en conjunto próximos a la realidad, como es el caso en bancos de ensayo conocidos por el estado de la técnica. El banco de ensayo de acuerdo con la invención posibilita por lo tanto una reproducción relativamente exacta de las cargas útiles estáticas que aparecen en el funcionamiento real.

55 Se indica que el punto de articulación en el banco de ensayo de acuerdo con la invención solo puede ser estacionario en el funcionamiento de ensayo. Entre los ciclos de ensayo individuales el punto de articulación puede ser variable. En otras palabras, el punto de articulación puede desplazarse o desfasarse cuando el banco de ensayo no está en funcionamiento. Durante el funcionamiento el punto de articulación permanece estacionario, en particular para aplicar al objeto de ensayo una carga que puede repetirse de manera uniforme.

60

65

- 5 En una forma de realización preferida del banco de ensayo de acuerdo con la invención están previstos varios medios de carga que están fijados en puntos de fijación dispuestos distanciados unos de otros de tal manera que la pala de rotor o el segmento de pala de rotor puede solicitarse con la misma o diferente tensión previa. Mediante un gran número de medios de carga pueden fijarse por toda la longitud de la pala de rotor diferentes puntos de introducción para la introducción de fuerza estática. Esto aumenta adicionalmente la proximidad a la realidad del ensayo de palas de rotor. En este caso puede estar previsto que se ejerzan tensiones previas diferentes en medios de carga diferentes sobre la pala de rotor. Por tanto puede imitarse por ejemplo la forma de flexión estática de la pala de rotor que aparece en el funcionamiento real. En conjunto las posibilidades de ajuste del banco de ensayo se mejoran de este modo y aumentan las posibilidades de variación para el ensayo.
- 10 El medio de carga puede unirse mediante un medio de tracción flexible, en particular un cable o una cadena y/o mediante un medio de tracción/presión rígido, en particular una barra de acoplamiento, con la pala de rotor o el segmento de pala de rotor. El uso de un medio de tracción flexible tiene la ventaja de que la dirección de fuerza puede variar de manera sencilla y rápida. Por ejemplo el medio de tracción flexible puede conducirse a través de un punto de desviación, siendo variable la posición del punto de desviación. Por tanto sobre la pala de rotor puede también aplicarse también una tensión previa que presenta al menos parcialmente una componente de fuerza horizontal. Por ejemplo el medio de tracción puede conducirse de manera flexible de manera inclinada desde la pala de rotor o el segmento de pala de rotor hacia el punto de fijación. El uso de un medio de tracción/presión rígido posibilita también la introducción directa de cargas de presión en la pala de rotor o el segmento de pala de rotor.
- 15 El medio de carga puede estar formado por un motor, en particular un motor accionado eléctricamente. De este modo la tensión previa puede ajustarse de manera sencilla, por ejemplo dependiendo de la pala de rotor o segmento de pala de rotor que va a someterse a ensayo. Además la tensión previa puede variarse con ayuda del motor en el funcionamiento de ensayo, por ejemplo para reproducir diferentes desarrollos de funcionamiento.
- 20 El banco de ensayo de acuerdo con la invención presenta un elemento de resorte que está unido con el medio de carga y puede disponerse entre el medio de carga y la pala de rotor o el segmento de pala de rotor, de modo que la pala de rotor o el segmento de pala de rotor puede solicitarse para influir en el comportamiento de vibración mediante el elemento de resorte con una fuerza de resorte. Por tanto la tensión previa estática, que actúa sobre la pala de rotor o el segmento de pala de rotor, puede solaparse con una vibración dinámica de la pala de rotor o segmento de pala de rotor, aumentándose mediante los elementos de resorte adicionalmente la frecuencia de la vibración propia de la pala de rotor o segmento de pala de rotor. Esto acorta el tiempo de ensayo necesario para el ensayo de vibración. Por tanto con el banco de ensayo de acuerdo con la invención el ensayo de vibración de una pala de rotor o segmento de pala de rotor puede realizarse en un periodo de tiempo relativamente corto, considerándose al mismo tiempo las cargas útiles que aparecen en el funcionamiento real.
- 25 En el caso de una configuración preferida adicional del banco de ensayo de acuerdo con la invención entre el medio de carga y el segmento de pala de rotor está previsto un brazo saliente que puede unirse directamente con el segmento de pala de rotor y esté unido con el medio de carga de tal manera que el segmento de pala de rotor pueda solicitarse con una tensión previa estática, cuya dirección de fuerza presente al menos una componente, que discurre en paralelo al segmento de pala de rotor. En general el banco de ensayo de acuerdo con la invención es adecuado no solo para el ensayo de palas de rotor completas, sino que posibilita también el ensayo de segmento de palas de rotor, por ejemplo de un segmento de pala de rotor, que esté formado por una parte de una pala de rotor completa incluyendo la raíz de pala de rotor. De este modo la longitud del objeto que va a someterse a ensayo se acorta, por lo cual se aumenta al mismo tiempo la frecuencia de vibración propia. El periodo de tiempo de ensayo necesario se reduce con ello. Al mismo tiempo mediante el brazo saliente unido con el medio de carga se posibilita imitar las fuerzas que actúan en la pala de rotor completa en el segmento de pala de rotor, en particular simular las repercusiones de las cargas útiles que actúan en la punta de pala de rotor mediante un segmento de pala de rotor. Esto garantiza un ensayo próximo a la realidad, a pesar de ello la pala de rotor no se somete en su totalidad, sino únicamente por segmentos a un ensayo. Para ello en concreto está previsto que se aplique una tensión previa estática sobre el segmento de pala de rotor que presenta al menos una componente, que discurre en paralelo al segmento de pala de rotor. De este modo en particular debe imitarse la fuerza centrífuga que actúa en la raíz de pala de rotor.
- 30 Según un aspecto equivalente la invención se basa en el pensamiento de indicar una disposición con un banco de ensayo y una pala de rotor o un segmento de pala de rotor anteriormente descritos, en particular para un aerogenerador, estando fijada la pala de rotor o el segmento de pala de rotor en la estructura de soporte y unida con el medio de carga.
- 35 Un aspecto equivalente adicional se refiere a un procedimiento para hacer funcionar el banco de ensayo anteriormente descrito o la disposición anteriormente descrita, imitándose la tensión previa del medio de carga de tal manera que se imiten las cargas útiles que actúan en el funcionamiento real sobre la pala de rotor o el segmento de pala de rotor.
- 40 La invención se explica con más detalle a continuación mediante ejemplos de realización con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos. En ellos muestran
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

la figura 1 una vista lateral de un banco de ensayo de acuerdo con la invención según un ejemplo de realización preferido, estando unido el medio de carga a través de un medio de tracción desviado con la pala de rotor; y

5 la figura 2 una vista lateral de un banco de ensayo de acuerdo con la invención según un ejemplo de realización preferido adicional, estando unido el medio de carga a través de un medio de tracción y un brazo saliente con un segmento de pala de rotor.

10 El banco de ensayo de acuerdo con la invención se utiliza en particular para el ensayo de vibración de palas de rotor 10. Particularmente el banco de ensayo es adecuado para el ensayo de palas de rotor 10 de aerogeneradores. En este caso las palas de rotor 10 pueden someterse a ensayo como en conjunto o por segmentos.

15 El banco de ensayo presenta una estructura de soporte 11 que puede estar configurada como base que sobresale de un fondo 15 o fijada en un fondo 15. La estructura de soporte estable 11 presenta un dispositivo de sujeción no representado para la pala de rotor 10. La pala de rotor 10 se une con la base 11 de tal manera que la pala de rotor 10 se extiende esencialmente en horizontal. Esto no excluye que la pala de rotor 10 se eleve al menos parcialmente de la horizontal, por ejemplo debido a la forma geométrica de la pala de rotor 10. El dato según el cual la estructura de soporte 11 es adecuada para la fijación esencialmente horizontal de la pala de rotor 10 debe aclarar únicamente que la pala de rotor 10 durante el proceso de ensayo está dispuesta longitudinalmente de manera libre por encima del fondo 15. La pala de rotor 10 está fijada como una viga en voladizo a una superficie lateral de la estructura de soporte 11.

20 Durante el proceso de ensayo la pala de rotor 10 es excitada para vibrar con el fin de simular las cargas cíclicas que aparecen en el funcionamiento real. La excitación de las vibraciones se realiza preferiblemente a través de una unidad de excitación, que en el ejemplo de realización según la figura 1 está configurada como torno de cable 22. Como alternativa puede estar prevista que la unidad de excitación está fijada como excitador de desequilibrio 12 sobre la pala de rotor 10.

25 El torno de cable 22 forma en general un medio de carga 31 para aplicar una tensión previa estática sobre la pala de rotor 10. El torno de cable 22 que puede presentar un accionamiento eléctrico, puede aplicar una tensión previa sobre un medio de tracción flexible 17 que está unido con la pala de rotor 10. El medio de tracción flexible 17 o cable, en particular cable metálico, transmite la tensión previa aplicada por el torno de cable 22 sobre la pala de rotor 10, de modo que esta se carga estáticamente en perpendicular a su eje longitudinal. En lugar de un medio de tracción flexible 17 puede emplearse también un medio de tracción/presión rígido, por ejemplo una barra de acoplamiento. De este modo también pueden transmitirse cargas de presión sobre la pala de rotor 10.

30 En general con el torno de cable 22 utilizado como medio de carga 31 se consigue que toda la pala de rotor 10 durante el proceso de ensayo pueda someterse a una carga estática, pudiendo simularse mediante diferentes tensiones previas en diferentes elementos de sujeción 16 por ejemplo la fuerza ascensional que aparece en funcionamiento o en general las cargas útiles estáticas. Esto mejora una simulación próxima a la realidad o ensayo en el que se solapan las cargas estáticas y cíclicas.

35 En el banco de ensayo según la figura 1 el medio de tracción 17 o cable está desviado en una polea de inversión 19 y se conduce en horizontal hacia el torno de cable 22, de modo que el banco de ensayo presenta un modo de construcción compacto. Con motivo de una visión general está representado solo un único medio de tracción 17. Realmente pueden estar dispuestos varios medios de tracción 17 de este tipo así como medios de carga 31 a lo largo de la pala de rotor 10.

40 Entre la pala de rotor 10 y el torno de cable 22, en particular entre la polea de inversión 19 y el torno de cable 22 está dispuesto un elemento de resorte 13. El elemento de resorte 13 comprende un cilindro 24 en el que se conduce un émbolo 23. Un resorte de compresión 13a se extiende entre el émbolo 23 y un fondo de cilindro 24a. El émbolo 23 presenta un vástago de émbolo 23a que está acoplado con el medio de tracción 17 o cable. El cable discurre a través de la polea de cable 22 que está unida fijamente con el fondo 15. La unión fija entre la polea de cable 22 y el fondo 15 forma un punto de articulación 14 del medio de tracción 17.

45 El cilindro 24 está acoplado igualmente con un cable 17 que se conduce a través de una polea de inversión 19 hacia un elemento de sujeción 16. El elemento de sujeción 16 puede unirse con una pala de rotor 10 o está unido durante el proceso de ensayo con la pala de rotor 10. El elemento de resorte 13 o el grupo de resortes que comprende el resorte de compresión 13a, el cilindro 24 y el émbolo 23, está dispuesto esencialmente horizontal entre la polea de cable 22 y la polea de inversión 19. De este modo se consigue que la estructura de soporte 11 pueda presentar una altura relativamente escasa sin perjudicar el trayecto de elevación de resorte del elemento de resorte 13.

50 En el ejemplo de realización según la figura 1 el elemento de resorte 13 está acoplado con un elemento de sujeción 16 individual. Como alternativa puede estar previsto que en cada caso estén unidos dos o varios, en particular 3 o 4, elementos de sujeción 16 a través de un aparato elevador de carga 18 con un elemento de resorte 13 individual. Esto está indicado en la figura 1 en la zona de la punta de la pala 10b de la pala de rotor 10.

Para reducir la demanda de tiempo para un proceso de ensayo está previsto acoplar la pala de rotor 10 a través de al menos un elemento de resorte 13 con el fondo 15. Por ello se aumenta la rigidez de modo que sube la frecuencia propia. Por tanto pueden efectuarse un número predefinido de vibraciones en un periodo de tiempo de prueba relativamente más corto. La intercalación del elemento de resortes 13 entre la pala de rotor 10 y el fondo 15 puede realizarse de manera diferente.

Con el banco de ensayo propuesto pueden ajustarse de manera sencilla varios parámetros de simulación diferentes. De este modo es por ejemplo posible desplazar mediante un ajuste de la tensión previa, es decir mediante un aumento de la tensión de cable desplazar la posición central de las posibles líneas elásticas. En otras palabras puede a través de un desplazamiento de las plantas o puntos de articulación puede modificarse la posición central de las líneas elásticas. Además el banco de ensayo propuesto hace posible el ajuste de líneas elásticas deseadas, individuales, en particular predeterminadas. La forma de las líneas elásticas se determina mediante las constantes elásticas de los elementos de resorte 13. Las constantes elásticas de los elementos de resorte individuales 13 pueden ajustarse de manera diferente. En particular las constantes elásticas de elementos de resorte 13 pueden ajustarse de manera diferente que actúan en puntos en la pala de rotor 10 que están dispuestos de manera adyacente a lo largo de la envergadura de la pala de rotor 10. Mediante la adaptación encauzada de constantes elásticas pueden ajustarse diferentes recorridos de líneas elásticas individuales y utilizarse para el funcionamiento de ensayo. Cuando como elemento de resorte 13 se utiliza un cilindro hidroneumático también es concebible regular las constantes elásticas durante el funcionamiento de ensayo, de modo que la línea elástica puede corregirse o reajustarse. De este modo pueden compensarse las variaciones de los parámetros de sistema en el transcurso del proceso de ensayo.

En general el ajuste de una línea elástica predeterminada puede hacerse posible mediante un banco de ensayo para una pala de rotor 10 o un segmento de pala de rotor 20, en particular una pala de rotor 10 o un segmento de pala de rotor 20 para un aerogenerador, con una estructura de soporte 15 y al menos una unidad de excitación, pudiendo fijarse en la estructura de soporte 15 un extremo axial de la pala de rotor 10 o del segmento de pala de rotor 20 y la unidad de excitación puede conectarse para la excitación de una vibración de la pala de rotor 10 o del segmento de pala de rotor 20 con la pala de rotor 10 o el segmento de pala de rotor 20, estando previstos elementos de resorte 13 en la dirección longitudinal de la pala de rotor 10 o del segmento de pala de rotor 20 distanciados los unos de los otros, que están dispuestos en cada caso entre un punto de articulación 14 estacionario y la pala de rotor 10 o el segmento de pala de rotor 20 y presentando diferentes constantes elásticas de tal manera que puede ajustarse una línea elástica deseada predeterminada.

Una reducción del tiempo de ensayo puede alcanzarse adicionalmente al emplearse en lugar de toda una pala de rotor 10 un segmento de pala de rotor 20, es decir una pala de rotor 10 acortada en la punta del ala 10b, para el ensayo. Un segmento de pala de rotor 20 de este tipo se denomina también cabo del ala 20a. Debido a la longitud más pequeña con respecto a toda la pala de rotor 10 del segmento de pala de rotor 20 se aumenta la frecuencia propia y por consiguiente la velocidad de ensayo. Las fuerzas que actúan en el ensayo de una pala de rotor completa 10 sobre la punta del ala 10b pueden imitarse mediante medidas constructivas del banco de ensayo.

La figura 2 muestra una variante de este tipo del banco de ensayo en la que en lugar de una pala de rotor completa 10 está fijado un segmento de pala de rotor 20 en la estructura de soporte 11. El segmento de pala de rotor 20 comprende una parte del ala de la pala de rotor así como la raíz de pala de rotor 10a. A través de elementos de sujeción 16 el segmento de pala de rotor 20 está acoplado con aparatos elevadores de carga 18. Entre los aparatos elevadores de carga 18 y en cada caso un punto de articulación 14 en el fondo 15 está dispuesto en cada caso un elemento de resorte 13.

En el cabo del ala 20a del segmento de pala de rotor 20 está fijado un brazo saliente 21. El brazo saliente 21 se extiende esencialmente en perpendicular al segmento de pala de rotor 20 y está unido con un medio de tracción 17 flexible, en particular un cable. La unión entre el brazo saliente 21 y el medio de tracción 17 o cable se realiza indirectamente a través de un elemento de resorte 13. El cable actúa con un ángulo en el brazo saliente 21. De este modo a través del medio de tracción flexible 17 se aplica no solo una componente de fuerza perpendicular, sino también horizontal sobre el segmento de pala de rotor 20. La carga que actúa sobre el segmento de pala de rotor 20, que existiría si estuviera presente toda la pala de rotor 10 por lo tanto puede imitarse.

La excitación de la vibración en el ejemplo de realización según la figura 2 se realiza mediante un excitador de desequilibrio 12 que está montado a la altura del brazo saliente 21 sobre el segmento de pala de rotor 20. Es posible otra disposición del excitador de desequilibrio 12. Además en lugar de un excitador de desequilibrio 12 puede utilizarse otra unidad de excitación. El experto en la materia conoce unidades de excitación o actuadores correspondientes.

Debido a la corta longitud y a la masa correspondientemente escasa del segmento de pala de rotor 20 en comparación con una pala de rotor 10 completa se aumenta al mismo tiempo la frecuencia propia. De este modo en el segmento de pala de rotor 20 puede simularse el ensayo de toda una pala de rotor 10 y concretamente en un periodo de tiempo de ensayo más corto de lo que es posible con métodos convencionales.

Fundamentalmente a lo largo de la pala de rotor 10 pueden estar dispuestos varios elementos de sujeción 16. Entre la raíz de pala de rotor 10a y la punta de pala de rotor 10b están dispuestos elementos de sujeción 16 preferiblemente en distancias regulares. Los elementos de sujeción 16 están unidos con los elementos de resorte 13, pudiendo estar acoplados en cada caso un elemento de sujeción 16 individual con un elemento de resorte 13 individual. Como alternativa pueden estar acoplados dos elementos de sujeción 16 con un elemento de resorte 13 individual, por ejemplo a través de un aparato elevador de carga 20. Además puede estar previsto que un elemento de sujeción individual esté unido con un elemento de resorte 13 individual, estando unidas varias combinaciones de elemento de sujeción 16 y elemento de resorte 13 con un único punto de articulación 14. En este caso las combinaciones individuales de elemento de sujeción 16 y elemento de resorte 13 están reunidas con un aparato elevador de carga 18 y por ejemplo están unidas a través de un medio de tracción/presión rígido 18 o una barra de acoplamiento o un medio de tracción flexible 17 o un cable con el punto de articulación 14.

Para imitar la línea elástica de la pala de rotor 10 que aparece en el funcionamiento real se ha acreditado además como ventajoso cuando los elementos de resorte 13 que están dispuestos a lo largo de la pala de rotor 10, presentan con distancia creciente respecto a la base 11 en cada caso constantes elásticas más bajas. En conjunto los elementos de resorte 13 pueden comprender por lo tanto constantes elásticas diferentes. El elemento de resorte 13, que es más próximo a la punta de pala de rotor 10b, presenta preferiblemente la constante elástica más baja. En cambio el elemento de resorte que está dispuesto más próximo a la raíz de rotor 10a, presenta preferiblemente la constante elástica más alta.

De manera correspondiente la tensión previa estática puede variarse a lo largo de la pala de rotor o del segmento de pala de rotor. Por ejemplo pueden estar dispuestos a lo largo de la pala de rotor varios medios de carga 31, en particular tornos de cable 22, que apliquen tensiones previas diferentes sobre la pala de rotor 10 o el segmento de pala de rotor 20. La cantidad de las tensiones previas puede subir por ejemplo hacia la punta de pala de rotor 10b o hacia el cabo del ala 20a. Esto reproduce adecuadamente las cargas estáticas que aparecen realmente mediante fuerzas ascensionales que actúan mediante el flujo incidente de la pala de rotor 10 durante el funcionamiento.

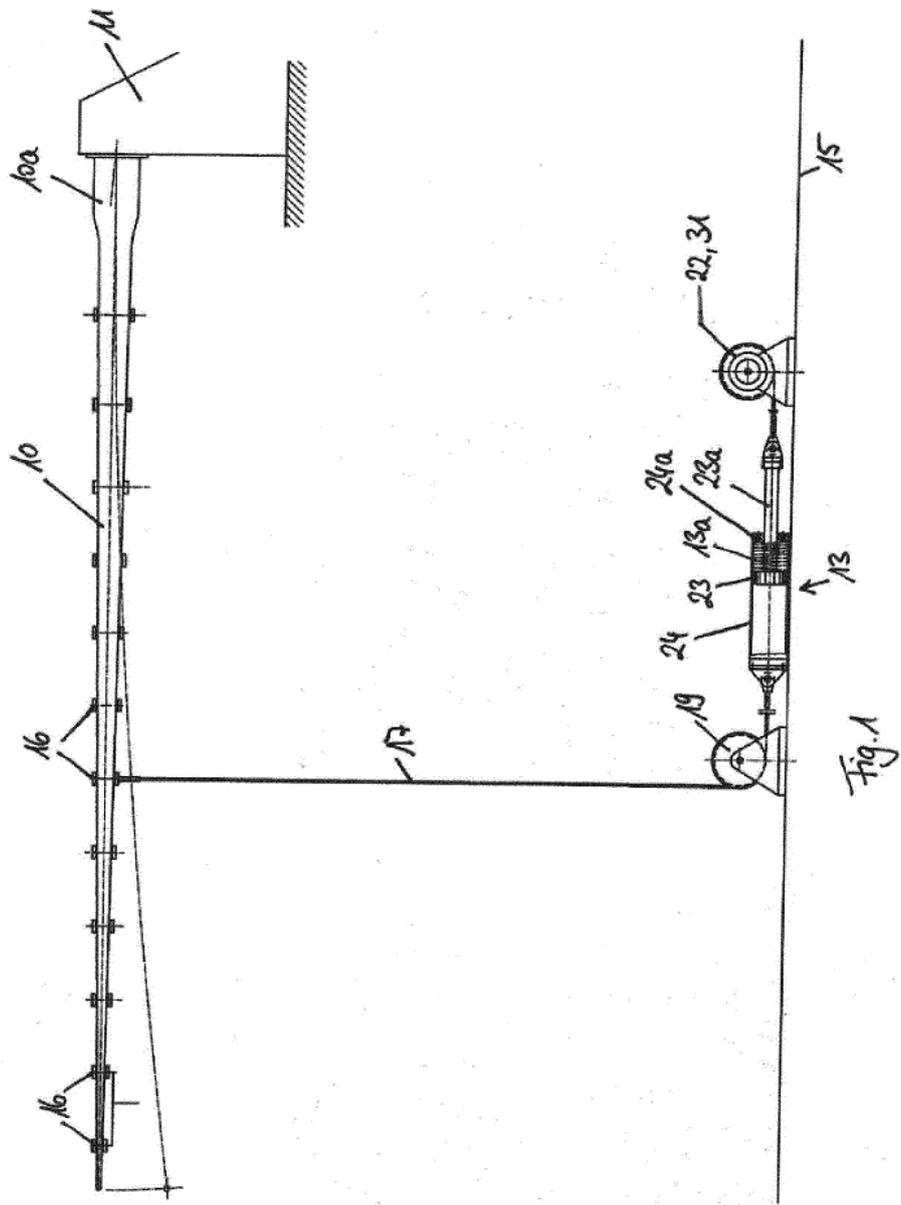
El banco de ensayo es adecuado fundamentalmente para el ensayo de todo tipo de palas de rotor 10 o elementos a modo de ala similares o en general elementos constructivos longitudinales, flexibles. Por ejemplo con el banco de ensayo de acuerdo con la invención podrían someterse a un ensayo de vibración también alas de avión o superficies de soporte. Especialmente preferible es la utilización del banco de ensayo para el ensayo de palas de rotor 10 para aerogeneradores, en particular palas de rotor 10 de diferente longitud y modo constructivo. El banco de ensayo puede utilizarse en conjunto de manera flexible y comprende también diferentes aparatos elevadores de carga 18 o elementos de sujeción 16 que están adaptados para diferentes secciones transversales de pala de rotor.

Lista de números de referencia

- 10 pala de rotor
- 10a raíz de pala de rotor
- 10b punta de pala de rotor
- 11 estructura de soporte
- 12 excitador de desequilibrio
- 13a resorte de compresión
- 13 elemento de resorte
- 14 punto de articulación
- 15 fondo
- 16 elemento de sujeción
- 17 medio de tracción flexible
- 18 aparato elevador de carga
- 19 polea de inversión
- 20 segmento de pala de rotor
- 20a cabo del ala
- 21 brazo saliente
- 22 torno de cable
- 23 émbolo
- 23a vástago de émbolo
- 24 cilindro
- 24a fondo de cilindro
- 31 medio de carga

**REIVINDICACIONES**

1. Banco de ensayo para una pala de rotor (10) o un segmento de pala de rotor (20) para un aerogenerador,
- 5       - con una estructura de soporte (15), en la que puede fijarse un extremo axial de la pala de rotor (10) o del segmento de pala de rotor (20), y
- al menos una unidad de excitación (12, 21), que puede conectarse para la excitación de una vibración de la pala de rotor (10) o del segmento de pala de rotor (20) con la pala de rotor (10) o el segmento de pala de rotor (20),
- 10       estando fijado un medio de carga (21, 31) en un punto de articulación (14) y pudiendo unirse con la pala de rotor (10) o el segmento de pala de rotor (20) para el funcionamiento de ensayo, de tal manera que la pala de rotor (10) o el segmento de pala de rotor (20) puede solicitarse con una tensión previa estática, cuya dirección de fuerza presenta al menos una componente, que discurre perpendicular a la pala de rotor (10) o segmento de pala de rotor (20),
- 15       caracterizado por que el banco de ensayo presenta un elemento de resorte (13), que está unido con el medio de carga (31) y puede disponerse entre el medio de carga (31) y la pala de rotor (10) o el segmento de pala de rotor (20) de tal manera que la pala de rotor (10) o el segmento de pala de rotor (20) puede solicitarse para influir en el comportamiento de vibración mediante el elemento de resorte (13) con una fuerza de resorte.
- 20       2. Banco de ensayo según la reivindicación 1, caracterizado por que están previstos varios medios de carga (31), que están fijados en puntos de articulación (14) dispuestos distanciados los unos de los otros de tal manera que la pala de rotor (10) o el segmento de pala de rotor (20) puede solicitarse con la misma o diferente tensión previa.
- 25       3. Banco de ensayo según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el medio de carga (31) puede unirse mediante un medio de tracción flexible o un medio de tracción/presión rígido con la pala de rotor (10) o el segmento de pala de rotor (20).
- 30       4. Banco de ensayo según la reivindicación 3, caracterizado por que el medio de tracción flexible es un cable o una cadena y/o el medio de tracción/presión rígido es una barra de acoplamiento.
5. Banco de ensayo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el medio de carga (31) está formado por un motor.
- 35       6. Banco de ensayo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que entre el medio de carga (31) y el segmento de pala de rotor (20) está previsto un brazo saliente (21), que puede unirse directamente con el segmento de pala de rotor (20) y está unido con el medio de carga (31) de tal manera que el segmento de pala de rotor (20) puede solicitarse con una tensión previa estática, cuya dirección de fuerza presenta al menos una componente, que discurre en paralelo al segmento de pala de rotor (20).
- 40       7. Disposición con un banco de ensayo según una de las reivindicaciones anteriores y una pala de rotor (10) o un segmento de pala de rotor (20) para un aerogenerador, estando fijada la pala de rotor (10) o el segmento de pala de rotor (20) en la estructura de soporte (11) y estando unida con el medio de carga (31).
- 45       8. Procedimiento para hacer funcionar un banco de ensayo según una de las reivindicaciones 1 a 6 o una disposición según la reivindicación 7, ajustándose la tensión previa del medio de carga de tal manera que se imitan las cargas útiles que actúan en el funcionamiento real sobre la pala de rotor (10) o el segmento de pala de rotor (20).



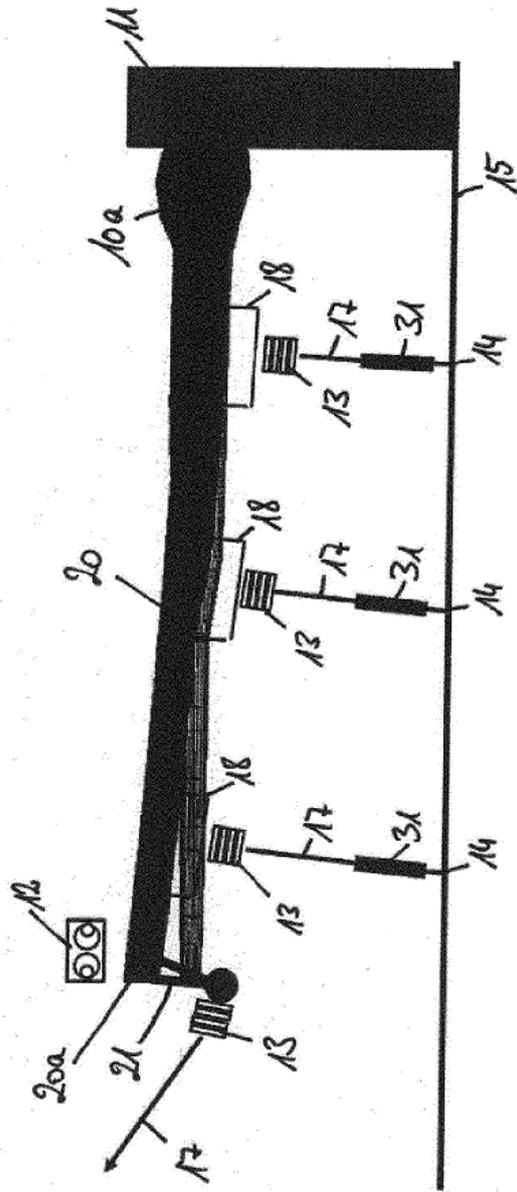


Fig. 2