

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 296 821**

51 Int. Cl.:

**F03D 9/11** (2006.01)

**F03D 80/70** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA  
TRAS OPOSICIÓN

T5

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2001 PCT/NO2001/00419**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.04.2002 WO02033254**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2001 E 01983863 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **04.10.2017 EP 1327073**

54 Título: **Generador eólico**

30 Prioridad:

**19.10.2000 NO 20005273**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la  
traducción de la patente modificada:  
**02.02.2018**

73 Titular/es:

**GE WIND ENERGY (NORWAY) AS (100.0%)  
Moholt Terasse, Vegamot 4  
7048 Trondheim, NO**

72 Inventor/es:

**PETTERSEN, TOROLF;  
WICKSTRÖM, ANDERS y  
LINDBERG, MIKAEL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

## DESCRIPCIÓN

Generador eólico

La invención se refiere a una central eólica según la introducción de la reivindicación 1.

**Técnicas anteriores y sus puntos débiles**

5 Un reto técnico importante en el diseño y desarrollo de centrales eólicas radica en asegurar que el momento flector que actúa sobre el cubo de la turbina desde los álabes no genere deformaciones que dañen la estructura restante. Esto se refiere particularmente a deformaciones que pueden influir sobre el entrehierro entre el rotor y el estator cuando el eje de la turbina soporta un generador eléctrico sin ninguna caja de velocidades intermedia, o a deformaciones que someten a esfuerzos a los engranajes de la caja de velocidades y que reducen la vida útil  
10 cuando se emplea una caja de velocidades entre el eje de la turbina y el generador.

Se conoce la turbina eólica que acciona a un generador dispuesto en la parte superior de una columna o torre. Una solución consiste en conectar el cubo de la turbina eólica directamente al rotor. El rotor está soportado, a su vez, por una base conectada a la parte superior de la torre, y el estator está soportado por la base sin realizar ningún esfuerzo para coordinar los movimientos del rotor y del estator. La experiencia demuestra que este diseño no  
15 proporciona el control necesario del entrehierro entre el rotor y el estator cuando el cubo de la turbina eólica ejerce el esfuerzo del momento flector sobre el eje de la turbina. Asimismo, no puede dejarse listo para su uso antes de proceder al montaje. Otra solución se propone en la publicación de patente alemana 4402184 A1, en la que el cubo de la turbina eólica está conectado directamente al rotor del generador sin ninguna caja de velocidades intercalada y en la que el rotor y el estator están conectados a través de dos cojinetes que proporcionan un movimiento  
20 coordinado. Esta solución permite el montaje previo del generador en fábrica como una unidad completa, y analizarse previamente a su montaje en el emplazamiento definitivo.

Los cálculos ponen de manifiesto que este diseño tampoco proporcionará un entrehierro constante deseable cuando la turbina eólica supera un cierto tamaño en potencia y peso, sin hacer innecesariamente grandes las dimensiones de la base de soporte.

25 Se ha propuesto también disponer el generador en el lado opuesto de la turbina eólica en relación con la parte superior de la torre y conectar la turbina eólica al generador a través de un eje de turbina entre el cubo y el rotor del generador, o bien con una conexión rígida o bien mediante un acoplamiento que no transfiere ningún momento flector, y sin una caja de velocidades intermedia, y en que el eje de la turbina y el generador se apoyan con cojinete sobre un soporte con dos o más cojinetes integrados en el soporte. La finalidad de este soporte es reducir la flexión  
30 que actúa sobre la parte del eje colindante con el generador forzando al eje a través de fuerzas de reacción radiales del cojinete, para que vuelva a la posición neutra relativa a la flexión del eje sin este soporte, para obtener un entrehierro lo más estrecho posible entre el rotor y el estator. Con esta solución, los cojinetes están sometidos a elevadas fuerzas de apoyo y, además, el diseño requiere una base muy rígida para poder soportar la fuerza de apoyo aumentada.

35 El documento WO 0159296 proporciona una disposición de central eólica en la que el estator (3) está fijado a un eje no rotativo (15). El eje (15) no gira ya que está conectado a un soporte (4). Un cubo de la turbina (12) presenta un dispositivo de conexión (14) que lo acopla al rotor sin transmisión simultánea del momento flector, o si la hay, es insignificante. Cuando la parte del eje (16) está sometida a flexión, el momento flector que se origina no se transmitirá al rotor (6), por tanto, el rotor (6) no se verá sometido a ninguna deformación que provoque daños. Esta  
40 técnica anterior no está relacionada con una central eólica en la que el generador puede moverse libremente conjuntamente con el eje de la turbina en todas las direcciones de la fuerza salvo para la dirección del par del eje de la turbina. Esta técnica anterior no contempla que el estator y el rotor estén soportados por el eje de turbina/generador rotativo para permitir que el generador siga al movimiento flector del eje de la turbina con una mínima transferencia de fuerza entre los respectivos ejes en todas las direcciones salvo en la dirección del par.

**Objeto**

El principal objetivo de la invención es proporcionar una central eólica en la que, durante su funcionamiento, el rotor y el estator mantengan la distancia entre sí (entrehierro), independientemente de la flexión del eje de la turbina debida al momento flector que actúa en el cubo de la turbina eólica en los casos en los que el eje de la turbina está conectado directamente al generador.

**La invención**

La presente invención se describe en la reivindicación de patente 1. Ésta puede realizarse en diferentes modos y diseños, que se pueden adaptar a diversos tamaños de turbinas eólicas y diferentes diseños de generador.

La presente invención se refiere al apoyo sobre cojinetes del eje de la turbina en una central eólica accionada por una turbina eólica en un extremo del eje, y en la que un generador eléctrico está conectado al eje o bien en el lado  
55 de fuera respecto a las dos cajas de cojinete, o bien entre una caja de cojinete encarada a la turbina eólica y una

caja de cojinete posterior, para reducir el efecto del momento flector que actúa sobre el eje, debido a las fuerzas que actúan sobre el cubo de la turbina eólica, sobre el entrehierro entre el rotor y el estator del generador, utilizando un apoyo sobre cojinetes según la reivindicación de patente 1.

5 Esto proporciona una combinación ventajosa de estructura simple y características de apoyo favorables, que contribuye a mantener el entrehierro entre el rotor y el estator del generador tan pequeño y constante como sea posible durante el funcionamiento de la central eólica, y sin someter a solicitaciones excesivas a los cojinetes, debidas a las fuerzas creadas por el momento flector que actúa sobre el cubo.

10 Esto permite una transferencia del par desde el eje de la turbina al rotor, y desde el rotor, a través del campo eléctrico, al estator y, a través de un acoplamiento no rotativo, a una o a las dos cajas de cojinete, o directamente a la base.

Otras características ventajosas se describen en las reivindicaciones dependientes.

### Ejemplos

La invención se describe a continuación haciendo referencia a los dibujos en los que:

15 La figura 1 ilustra una sección vertical de una forma de realización con un apoyo sobre cojinete del estator sobre el eje en los dos lados,

la figura 2 ilustra una sección vertical de una forma de realización con un apoyo sobre cojinete del estator sobre el eje en un solo lado,

la figura 3 ilustra una sección vertical de una tercera forma de realización con un apoyo sobre cojinete del estator en los dos lados, que está soportado por el eje,

20 la figura 4 ilustra una sección vertical de otra forma de realización de la invención, con el generador dispuesto entre dos cojinetes,

la figura 5 ilustra una vista en perspectiva de una forma de realización alternativa de un acoplamiento no rotativo,

25 la figura 6 ilustra una vista en perspectiva de un ejemplo alternativo que no entra dentro del ámbito de las reivindicaciones, con una caja de velocidades conectada al eje de la turbina, con un generador que está dispuesto además sobre un soporte del generador que está soportado por la caja de velocidades en la extensión, y en la que la transmisión del par a la base principal se realiza mediante un acoplamiento no rotativo adaptado, y

30 la figura 7 ilustra una vista en perspectiva de un ejemplo adicional que no entra dentro del ámbito de las reivindicaciones, con una caja de velocidades conectada al eje de la turbina, y con un generador dispuesto sobre una base del generador soportada por la caja de velocidades sobre el eje de la turbina, y en la que la transmisión del par a la base principal la realiza un acoplamiento no rotativo adaptado.

35 La invención ilustrada en la figura 1 se basa en un acoplamiento del eje de la turbina directamente con el generador. Ilustra una sección vertical longitudinal a través de un cojinete del eje según una forma de realización de la invención. En la parte superior de una torre 1 está fijada una transmisión de piñón-corona 2, que se usa para hacer girar las partes más altas de una central eólica que se describe a continuación con un mayor detalle. Sobre la transmisión de piñón-corona hay una base rígida 4 que sirve como un soporte para el eje. La base 4 puede girar en relación con la transmisión de piñón-corona 2 alrededor de su eje vertical mediante un cojinete adecuado. La rotación se activa mediante un motor 3 dispuesto en el lado de la base 4 con un eje dependiente con un engranaje 5 que engrana con la transmisión de piñón-corona 2.

40 La base 4 proporciona soporte para dos cajas de cojinete, una caja de cojinete frontal 6 encarada a la turbina, y una caja de cojinete posterior 7. Las cajas de cojinete soportan conjuntamente el eje de turbina 8, que a su vez soporta un generador 11 completo. Cada caja de cojinete contiene un cojinete 9, 10, y está sujeta a la base 4 mediante tornillos 21.

45 El rotor del generador está sostenido por un eje de generador 22 que puede ser una continuación del eje de la turbina 8. La carcasa del estator 17 está soportada por los cojinetes 15, 16 en el eje 8. Los cojinetes 15, 16 proporcionan un entrehierro 18 que es tan constante y pequeño como sea posible, entre el estator 19 y el rotor 12, independientemente de la flexión del eje.

El par ejercido por el eje de la turbina 8, que a través del campo eléctrico se transfiere a la carcasa del estator 17, se transfiere a la base a través de un acoplamiento no rotativo 20.

50 En las figuras 6 y 7 se ilustra un ejemplo alternativo que no entra dentro del ámbito de las reivindicaciones. Una caja de velocidades está dispuesta entre el eje de la turbina 8 y el generador 31, correspondiendo ambos principalmente a la descripción anterior. La caja de velocidades 29, la base del generador 30 y el generador 31 están todos libres para seguir el movimiento del eje de la turbina 8 en la abertura entre la caja de cojinete 7 y su conexión con la caja

de velocidades 29, salvo en la dirección del par. Un acoplamiento no rotativo 33 proporciona transferencia del par desde el eje de turbina a través de la caja de velocidades 29, hasta el generador 31 y la base principal 4 y limita o elimina totalmente las fuerzas destructivas, que de lo contrario originarían deformaciones perjudiciales de la caja de velocidades y del generador. El acoplamiento no rotativo 33 comprende una escuadra 34 en forma de dos brazos que se prolongan desde la base principal 4 hacia el generador 31. La escuadra 34 está sujeta rígidamente a la base principal y en el extremo libre está conectada con la horquilla transversal 35. Además, en el extremo libre, una varilla de refuerzo con dos brazos articulados 36, 37 están unidos al extremo de la escuadra o horquilla 35 y a una escuadra 38 en el lado de la caja de velocidades 29. En el lado opuesto puede colocarse una varilla de refuerzo correspondiente dispuesta simétricamente.

## 10 **Función**

La función de esta disposición se describe principalmente mediante la descripción y la figura 1. El peso y las fuerzas que actúan sobre el eje 8 y el generador 11 los soportan los cojinetes 9, 10 y se transfieren a la base 4. El eje de la turbina 8 transmite el par directamente al rotor 12 del generador. La carcasa del estator 17 está soportada directamente en el eje de la turbina. Un tamaño adecuado del eje en la proximidad del generador 11 proporciona una rigidez suficiente para mantener en última instancia un entrehierro 18 constante y pequeño entre el rotor 12 y el estator 19. Un acoplamiento 20 no rotativo en forma de un plato anular con un pliegue central, circunferencial aumenta la flexibilidad en la dirección axial y da como resultado la transferencia del par que actúa sobre la carcasa del estator 17, debido al campo eléctrico desde el rotor 12, a la base 4 con un momento flector mínimo.

El acoplamiento no rotativo 20 está diseñado y dimensionado para transferir sólo el par de la turbina eólica, sin flexión del eje del generador 22 debida al par que actúa sobre el cubo de la turbina eólica.

La carcasa del estator 17 seguirá, por tanto, el movimiento del rotor 12 y eje del generador 22 y el entrehierro 18 se mantiene prácticamente constante.

La estructura total permite el ensayo de la turbina eólica y del generador como una unidad completa antes del montaje *in situ*, y su izado y montaje en la parte superior de la torre como una unidad prefabricada.

## 25 **Modificaciones**

En la figura 2 se ilustra una forma de realización alternativa, proporcionándose componentes similares con números de referencia idénticos a los de la figura 1, y en la que el eje del generador 22 está soportado por un manguito 23 con doble apoyo de cojinete que proporciona un cubo del estator, que con otro cojinete 24 soporta el rotor 12. El eje del generador 22 tiene un plato 25 en el extremo libre sujeto al rotor 12 para transferir par a éste.

En la figura 3 se ilustra otra forma de realización que emplea el mismo principio. En este caso, un plato del estator 17 con un cubo está soportado por el eje del generador 22 con un doble cojinete (16), y se prolonga hasta una brida en un lado, que soporta los componentes activos del estator.

En la figura 4 se ilustra una forma de realización en la que se emplean los mismos números de referencia que en las figuras anteriores, pero que difiere de las formas de realización de las figuras 1-3 en que presenta el generador dispuesto entre las cajas de cojinete 6, 7. El acoplamiento no rotativo 20 está sujeto correspondientemente a la caja de cojinete 6 colindante a la turbina eólica.

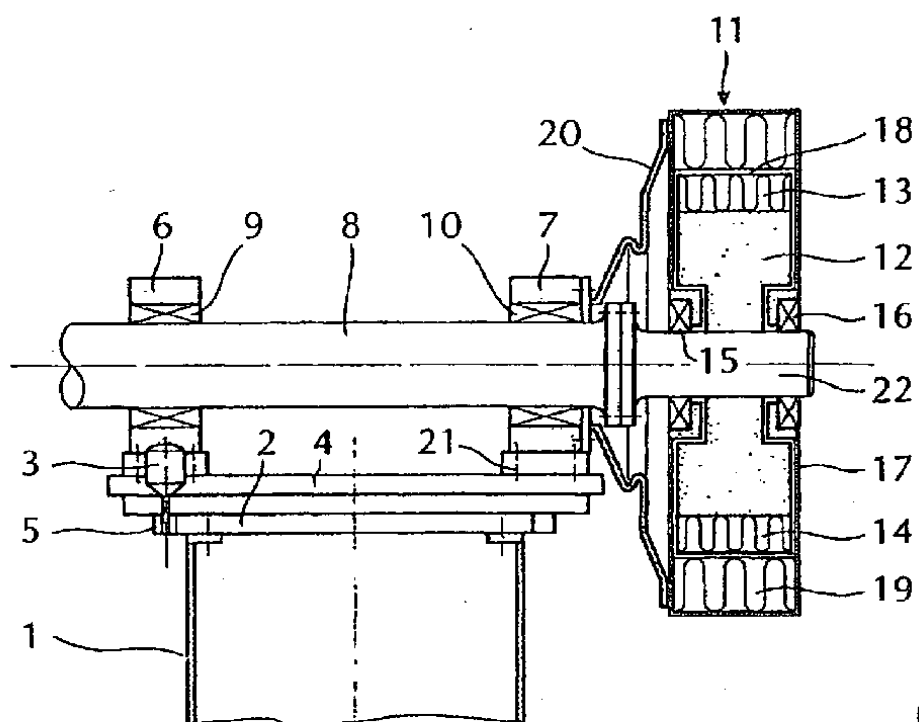
Generalmente, el acoplamiento no rotativo 20 puede fijarse a una caja de cojinete arbitraria, o a la base 4.

En la figura 5 se ilustra otra forma de realización modificada de la base 4 y los cojinetes 6, 7. En este caso el estator 19 está provisto de un par radial de brazos 26 que se prolongan horizontalmente en la base 4. La base 4 soporta una viga 27 que está dispuesta paralelamente al par de brazos 26. En ambos extremos, el conjunto del par de brazos y la viga está conectado a un elemento amortiguador 28, que puede absorber el par, pero no el momento flector y las fuerzas axiales. Los elementos amortiguadores 28 se colocan para absorber los posibles picos bruscos del par, por ejemplo, debidos a cortocircuito.

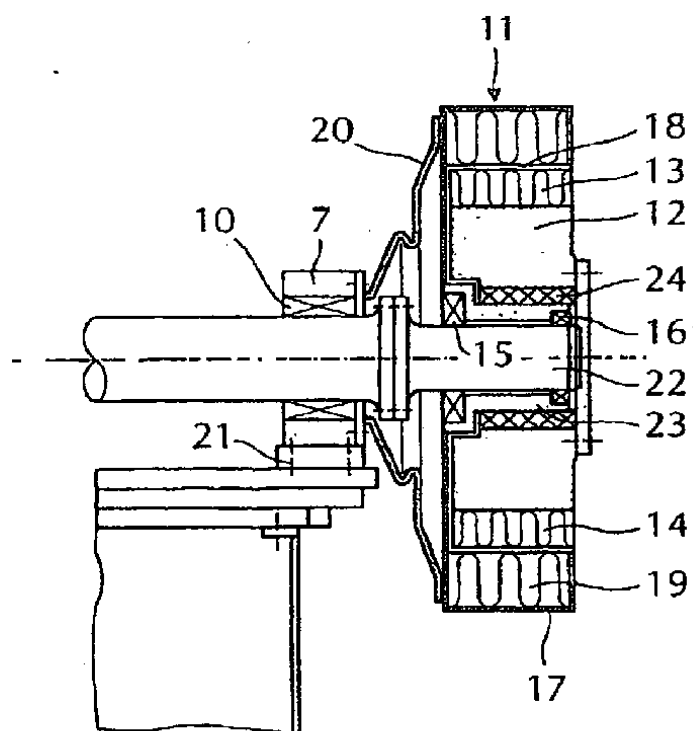
Las figuras 6 y 7 ilustran un tratamiento de los ejemplos que no entran dentro del ámbito de las reivindicaciones en el que una caja de velocidades 29 está dispuesta entre el eje de la turbina 8 y el generador 31. Otros ejemplos del acoplamiento no rotativo para transferir el par desde el eje de la turbina a través de la caja de velocidades 29 y el generador 31, siempre que se consiga que exista una transferencia mínima de fuerza entre el eje de la turbina 8 y los mismos elementos en todas las direcciones salvo en la dirección del par.

## REIVINDICACIONES

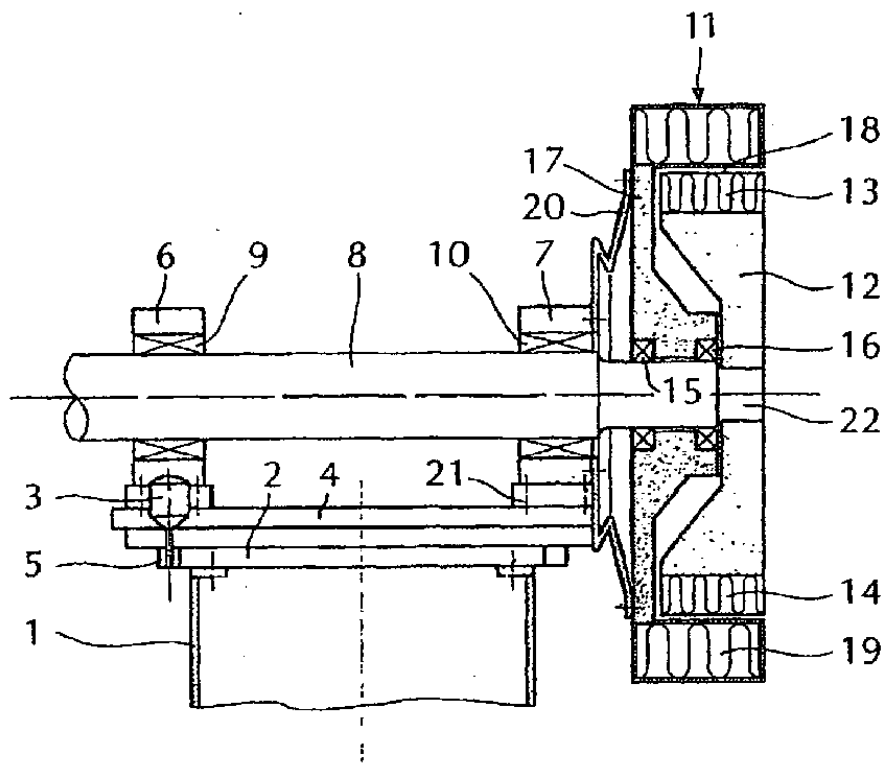
1. Central eólica con una turbina eólica que comprende un eje de la turbina rotativo (8) y un eje del generador (22), que puede ser una prolongación del eje de la turbina (8), y que está conectado al rotor (12) de un generador eléctrico (11),  
5 en la que el rotor (12) está rodeado radialmente por un estator (19),  
el eje de la turbina (8) está apoyado sobre dos cajas de cojinete (6, 7) con cojinetes (9, 10) dispuestas sobre una base (4) situada en la parte superior de una torre (1), y  
el eje del generador (22) está integrado con el eje de la turbina rotativo (8) o está conectado rígidamente al mismo, para flexionar con el eje de la turbina bajo la acción de momentos flectores que actúan sobre el eje de la turbina desde su cubo, **caracterizada porque** el estator (19) y el rotor (12) están soportados por el eje de la  
10 turbina/generador rotativo (22, 8), para permitir que el generador (11) siga al movimiento flector del eje de la turbina (8) y  
el estator (19) está bloqueado contra el giro mediante un acoplamiento no rotativo (20) que sustancialmente no transfiere momento flector o fuerza axial que actúe contra la flexión del eje de la turbina (8), estando provistos los  
15 cojinetes (9, 10) de modo que permitan la flexión del eje de la turbina (8).
2. Central eólica según la reivindicación 1, en la que el generador (11) está dispuesto en un lado de la base (4), opuesto a la turbina eólica o entre las cajas de cojinete (6, 7), **caracterizada porque** el estator está conectado a un acoplamiento no rotativo (20) provisto para transferir un par y sustancialmente ningún momento flector, preferentemente un plato anular con un pliegue circunferencial, que conecta el estator con una caja de cojinete.
- 20 3. Central eólica según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** el acoplamiento no rotativo (20) está provisto para transferir el par y amortiguar las fuerzas creadas cuando se produce un cortocircuito en el generador.
4. Central eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** el estator (19) está fijado al eje del generador (22) en uno de sus extremos o con un doble cojinete y por qué el rotor (12) está fijado directamente al eje del generador o con un plato al extremo del eje del generador.
- 25 5. Central eólica según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el estator (11) está soportado en ambos lados con elementos laterales (17) que soportan al estator (11) de forma no flexible en una relación no flexible en el eje del generador (22) y el eje de la turbina (8) fijados a los cojinetes (15, 16) que están soportados por el eje del generador.



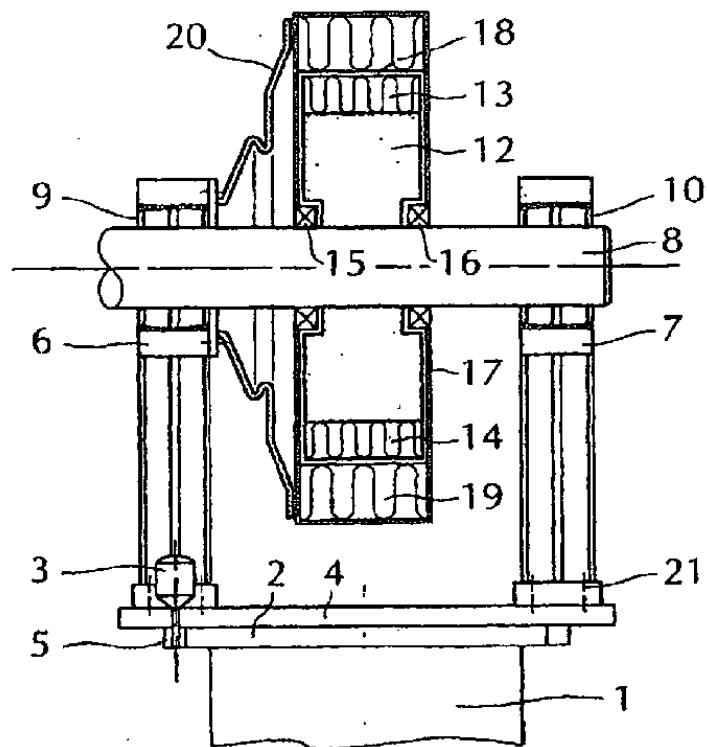
**Fig. 1**



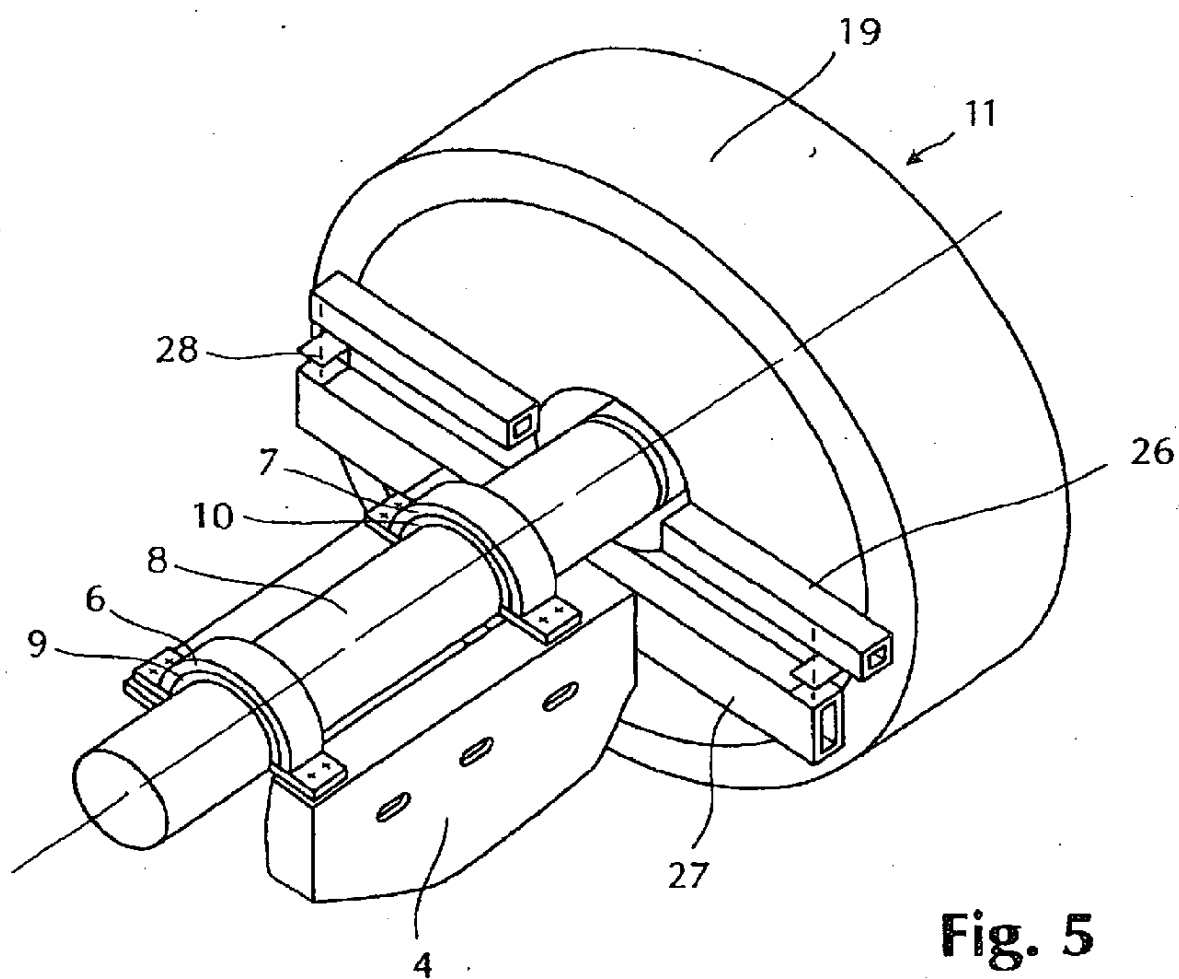
**Fig. 2**



**Fig. 3**

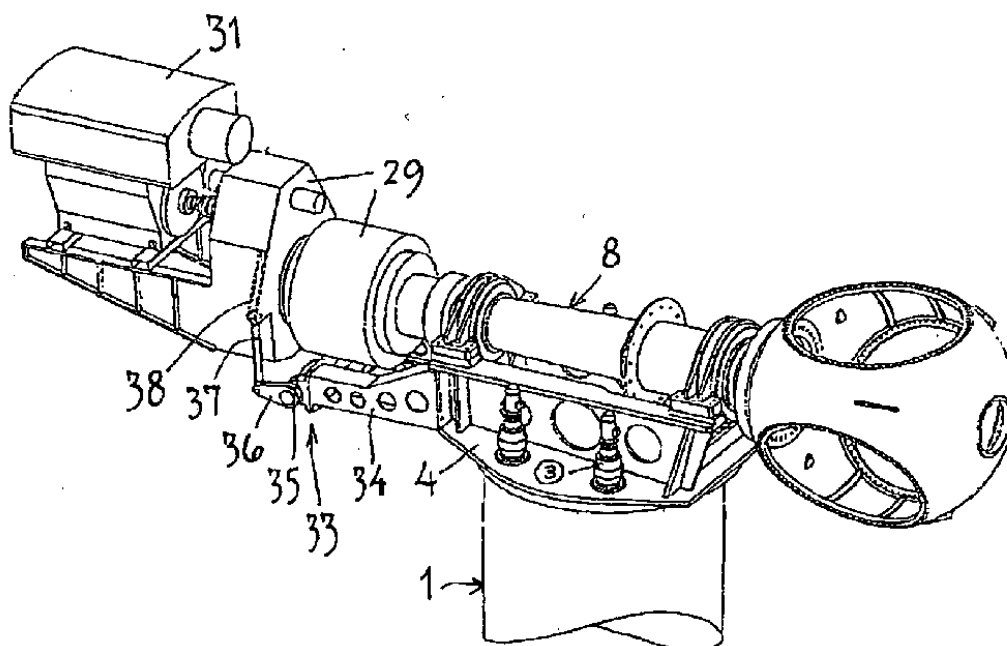


**Fig. 4**

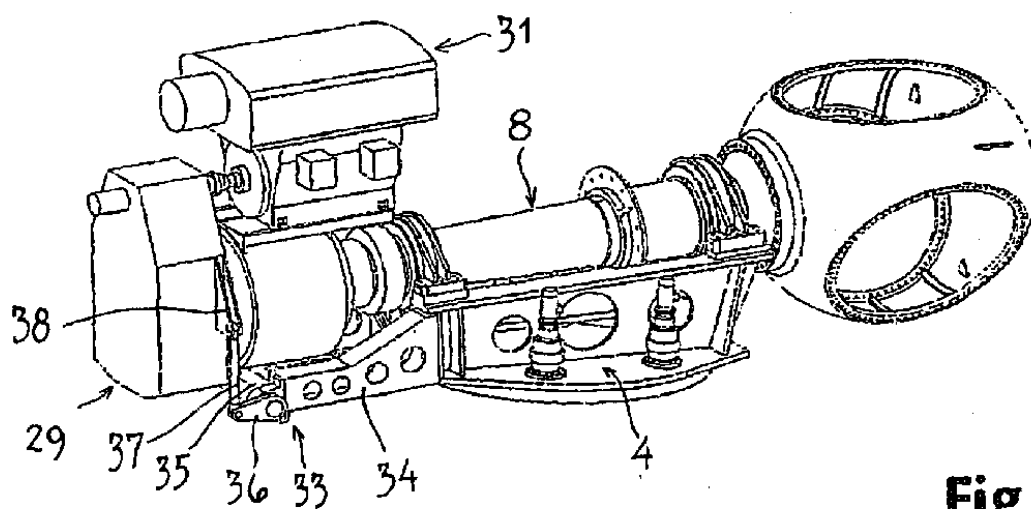


**Fig. 5**





**Fig. 6**



**Fig. 7**