(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 382 678**

(51) Int. Cl.:
F03D 1/00 (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)
F03D 11/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **07847800 .5**
(96) Fecha de presentación: **04.12.2007**
(97) Número de publicación de la solicitud: **2097641**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **09.09.2009**

(54) Título: **Engranaje eólico con reparto de potencia**

(30) Prioridad:
04.12.2006 DE 102006057055

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.06.2012

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.06.2012

(73) Titular/es:
Bosch Rexroth AG
Heidehofstrasse 31
70184 Stuttgart , DE

(72) Inventor/es:
BERGER, Günter y
BAUER, Gerhard

(74) Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 382 678 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

Engranaje eólico con reparto de potencia

El presente invento se refiere a un engranaje eólico con reparto de potencia para la transmisión de un momento de giro generado por un cubo de rotor sobre un eje accionado que gira relativamente más rápido con respecto a aquel, para el accionamiento de un generador eléctrico, en donde están previstas como mínimo dos etapas planetarias conectadas en paralelo para la conversión internamente en el engranaje de la potencia repartida, en donde además para el acoplamiento del cubo de rotor está previsto un elemento anillo de unión por el lado de entrada al engranaje el cual se apoya de manera giratoria en un gran cojinete de rodamiento respecto de una carcasa de engranaje solidaria al giro, en donde el anillo interior de apoyo del gran cojinete de rodamiento está situado en el elemento anillo de unión, mientras por el contrario el anillo exterior de apoyo del gran cojinete de rodamiento está situado en la carcasa de engranaje solidaria al giro

En una instalación eólica del tipo que aquí nos interesa, un engranaje con una relación de multiplicación está situado en el flujo de potencia entre un rotor que convierte la energía del viento en un movimiento giratorio y un generador que transforma el movimiento giratorio en energía eléctrica. Puesto que los módulos de la instalación eólica se colocan la mayor parte de las veces en el interior de una cápsula en la punta de una torre se desean engranajes lo más compactos posible con la menor masa. Esta exigencia está ciertamente en conflicto con la tendencia habitual hacia mayores instalaciones eólicas de mayor potencia, lo que entre otras cosas hace necesario también engranajes capaces de mayor potencia. Para mantener su masa limitada, en los últimos tiempos se utilizan los engranajes eólicos con reparto de potencia que aquí interesa.

Del documento EP 1 240 443 se desprende un engranaje eólico con reparto de potencia acorde con el género. Este consiste en esencia en un engranaje planetario construido simétrico por el lado de accionamiento, el cual consiste como mínimo en dos etapas planetarias con reparto de potencia de iguales dimensiones conectadas en paralelo. Para llevar en común por el lado de salida el flujo de momento repartido en las etapas planetarias a continuación se conecta una etapa diferencial de engranaje que compensa la carga, la cual puede estar construida o según el tipo de un diferencial pasivo o también como un diferencial activo en forma de un engranaje planetario de compensación. Además de esto el diferencial activo puede ser también una pareja de ruedas frontales de compensación apoyadas axialmente suavemente y con dentados oblicuos opuestos

En todas las formas constructivas, por el lado de entrada está previsto un eje de accionamiento normal de este engranaje eólico con reparto de potencia, en donde por cada unión eje - cubo se puede conectar directamente el rotor de la instalación eólica o un eje de rotor que puentee la distancia. Por la parte interior del engranaje el eje de accionamiento está acoplado a las etapas planetarias del portador planetario común conectadas en paralelo. El asentamiento de esta construcción sobre un eje normal como eje de accionamiento por el lado de entrada del engranaje lleva sin embargo al problema, en el caso de que el rotor deba ser colocado directamente sobre el engranaje eólico, de colocar un diámetro relativamente grande de un cubo de rotor sobre un diámetro pequeño del eje de accionamiento. Por principio el flujo de fuerza debería ser conducido entonces viniendo desde el cubo de rotor desde el exterior hacia el interior sobre el eje de accionamiento. Sin embargo el rotor de una instalación el eólica no proporciona solamente un momento giratorio puro. Debido a la fuerza de su propio peso y a los momentos y esfuerzos causados por el viento sobre las palas de rotor y similares el eje de accionamiento está sometido especialmente a momentos de inclinación y esfuerzos transversales perjudiciales. Estos pueden llevar junto a cargas extremas sobre el cojinete en el eje de accionamientos también a daños en el ataque de los dientes en el engranaje y con ello a un desgaste elevado.

Del documento WO 02/14690 se desprende una solución técnica la cual procura resolver los problemas anteriormente expuestos en la que prescindiendo de un eje de accionamiento normal el rotor de cubo con el gran diámetro existente es colocado directamente en un portador planetario de una etapa planetaria por el lado de entrada al engranaje, portador que es ensanchado radialmente hacia el exterior sobre un diámetro correspondiente. El portador planetario que es ensanchado hacia el exterior mediante el diámetro de la rueda hueca de la etapa planetaria del lado de entrada crea además también la unión con un gran cojinete de rodamiento mediante el cual el rotor se apoya en la carcasa de engranaje fija en su posición o en cualquier otra estructura de soporte. Mediante esta construcción se consigue la ventaja de que las fuerzas de carga perjudiciales, como momentos de flexión y fuerzas transversales, son dirigidas desde el cubo de rotor directamente al gran cojinete de rodamiento y con ello a la estructura soporte fija en su posición, mientras que por el contrario el momento de giro, liberado de ello, es dirigido desde el cubo de rotor al portador planetario y desde este a la primera etapa planetaria. Así se acciona el portador planetario, mientras que por el contrario la rueda hueca no está acoplada giratoriamente con la estructura soporte. La salida de la etapa planetaria lo forma la rueda solar. Mediante la solución seleccionada de ambas etapas planetarias conectadas en serie no tiene lugar ningún reparto de potencia en el interior de ambas ruedas planetarias sino que hay que dimensionar cada una de las etapas para toda la potencia proporcionada por el rotor. Esto está en contra de la reducción del diámetro de la rueda hueca y con ello indirectamente en el diámetro exterior del engranaje porque no se utiliza el principio del reparto de potencia que ventajosamente se presenta con ruedas planetarias acopladas.

Realmente, en esta solución técnica y condicionado por la construcción debido a la aplicación de la fuerza sobre un gran diámetro, los momentos de flexión y las fuerzas transversales perjudiciales quedan debilitados, aunque no eliminados totalmente, de manera que las deformaciones perjudiciales de los elementos constructivos que están en el flujo de fuerza actúan a través del portador planetario sobre el dentado entre las ruedas planetarias y la rueda hueca así como la rueda solar.

Por lo demás, del documento EP 1 243 791 A2 se desprende un engranaje eólico con reparto de potencia para la transmisión de un momento de giro generado desde un cubo de rotor sobre un piñón accionado que gira más rápido con respecto a aquel, para accionar un generador eléctrico, en donde este engranaje eólico comprende dos etapas planetarias para la transformación interna en el engranaje. Para acoplar el cubo de rotor esta previsto, por el lado de entrada de rodamiento, un elemento anillo de unión el cual se apoya por medio de un gran cojinete de rodamiento, pudiendo girar, sobre una carcasa de engranaje fija. Para ello un anillo interior de apoyo de este gran cojinete de rodamiento está colocado en el elemento anillo de unión, mientras que el anillo exterior de apoyo está en contacto con la carcasa de engranaje. El elemento anillo de unión distribuye ahora el momento de giro generado por el cubo de rotor a las dos etapas planetarias, para lo que por un lado está unido a través del nervio planetario a la primera etapa planetaria y con una rueda hueca a la segunda etapa planetaria.

La misión del presente invento es crear un engranaje eólico con reparto de potencia del tipo descrito al comienzo, el cual sea adecuado para el acoplamiento directo a un rotor y se destaque por un tamaño constructivo mínimo así como que permita un reparto de potencia.

Esta misión será resuelta por un engranaje eólico con reparto de potencia acorde con el preámbulo de la reivindicación 1, en unión de sus características identificativas.

Las reivindicaciones dependientes que siguen reproducen desarrollos ventajosos del invento.

El invento incluye la enseñanza técnica de que el acoplamiento del cubo de rotor se produce mediante un elemento anillo de unión por el lado de entrada al engranaje, anillo que se apoya de manera giratoria a una carcasa de engranaje fija al giro mediante un gran cojinete de rodamiento, estando el anillo interior de apoyo del gran cojinete de rodamiento colocado sobre un elemento anillo de unión, mientras que por el contrario el anillo exterior de apoyo del gran cojinete de rodamiento está colocado sobre la carcasa de engranaje fija al giro. Además, el elemento anillo de unión distribuye, en el sentido de una integración de función, además de la función relativa al soporte del cojinete, también la del momento de giro generado por el cubo de rotor a las ruedas huecas conectadas de las etapas planetarias conectadas en paralelo.

La ventaja de la solución acorde con el invento consiste en que por un lado se puede reproducir una instalación eólica de bajo desgaste con rotor directamente acoplado al engranaje eólico de una clase de potencia elevada, en donde el principio constructivo con gran cojinete de rodamiento al nivel del diámetro del cubo de rotor permite una forma constructiva compacta. Por otro lado con ello se hace posible un reparto de potencia.

Según otra media mejoradora del invento está previsto que la conexión de cómo mínimo una de las ruedas huecas al elemento anillo de unión se produzca mediante medios de conexión ligeramente flexibles para absorber las inclinaciones y desplazamientos debidos a la carga del engranaje por el lado del rotor. Mediante este especial medio de conexión por el lado de entrada del engranaje se separan esfuerzos y momentos exteriores perjudiciales y se dirigen hacia la carcasa.

Preferentemente, los medios de conexión ligeramente flexibles están construidos del tipo de una unidad de acoplamiento cardan. Mediante una unión preferentemente de doble cardan de ambas ruedas huecas a las etapas planetarias conectadas en paralelo las deformaciones del cojinete de rodillos en el gran cojinete de rodamiento debidas a esfuerzos y momentos exteriores perjudiciales no pueden llegar al dentado de ambas etapas planetarias, las cuales con ello pueden transmitir momentos de giro de accionamiento efectivos con ataque de dentado optimo de mínimo desgaste.

La unidad cardan de desacoplamiento puede estar formada por un dentado interior del elemento anillo de unión con un dentado correspondiente exterior de rueda hueca, en donde estos dentados trabajan según el tipo de un acoplamiento de dientes arqueados. Este acoplamiento de dientes arqueados tolera inclinaciones y desplazamientos debido a la carga de engranaje por el lado del rotor. Debido a la unión de doble cardan así creada a las ruedas huecas solo es retransmitido el momento de giro del lado de entrada del engranaje. Sin embargo también se puede pensar en producir la acción de un desacoplamiento cardan mediante otros elementos constructivos, como por ejemplo elementos de laminas flexibles o muelles de manguito ligeros y similares.

Para garantizar un flujo de fuerza favorable el diámetro exterior del cubo de rotor debería corresponder aproximadamente con el diámetro exterior del elemento anillo de unión. Bajo esta suposición el punto de unión entre ambos componentes debería estar construido según el tipo de una unión de brida con lo que el rotor puede ser atornillado a través del cubo de rotor con el elemento anillo de unión que forma el eje de entrada del engranaje.

Igualmente preferido es el construir el gran cojinete de rodamiento acorde con el invento según el tipo de un cojinete de par; especialmente adecuado para esto es un cojinete doble de rodillos cónicos. Naturalmente, en lugar de un único gran cojinete de rodamiento se puede pensar también en disponer en fila varios cojinetes individuales. En el caso del gran cojinete de rodamiento el anillo interior de apoyo preferiblemente está previsto para su colocación en el elemento anillo de unión. Por lo demás el gran cojinete de rodamiento es desplazado sobre el anillo interior de apoyo hasta el elemento de unión. El anillo exterior de apoyo del gran cojinete de rodamiento está, por el contrario, colocado solidario al giro sobre la carcasa de engranaje. La colocación del anillo exterior de apoyo en la carcasa de engranaje se produce preferiblemente mediante un atornillado de tipo brida, de manera que el gran cojinete de rodamiento pueda ser sustituido de manera fácil en caso necesario. Debido al tipo de unión seleccionado con el anillo exterior de apoyo estático y anillo interior de apoyo giratorio, en contra del estado de la técnica anteriormente expuesto, el volumen total de material del anillo interior de apoyo es cargado con la carga periférica que se produce sobre el gran cojinete de rodamiento y no solo una parte de él, puesto que el anillo interior de apoyo estático recibe de manera habitual una carga puntual.

De acuerdo con el invento, con el fin de repartir la potencia, el flujo de momento de giro por el lado de entrada al engranaje es conducido sobre como mínimo, preferentemente exactamente dos etapas planetarias, puesto que ambas ruedas huecas serán accionadas por ambas etapas planetarias, en donde ambas etapas planetarias están acopladas con el nervio planetario de la etapa planetaria del lado de entrada por medio del eje de rueda solar de la etapa planetaria del lado de salida. El portador planetario de una de las etapas planetarias es accionado entonces mediante la rueda solar de la otra etapa planetaria. Al contrario que éste el portador planetario de la segunda etapa planetaria está colocado fijo en su posición. Para que la rueda solar situada en el lado de salida de la segunda etapa planetaria pueda transmitir el momento de giro al portador planetario de la primera etapa planetaria se propone construir a éste como un eje hueco, en donde desde de la rueda solar de la primera etapa planetaria parte un eje de rueda solar que se extiende por dentro de ese eje hueco. Con ello se obtiene una forma constructiva en conjunto compacta.

Con el fin de obtener una forma constructiva lo más compacta posible se propone colocar la rueda hueca de una etapa planetaria en el interior del espacio anular formado por el elemento anillo de unión, mientras que por el contrario la rueda hueca de la otra etapa planetaria está situada después del gran cojinete de rodamiento, en dirección axial.

Según otra medida mejoradora del invento está previsto que después del eje central de rueda solar está conectada una etapa rueda frontal por el lado de salida, la cual representa otra etapa de transformación. El generador eléctrico se conecta a un piñón accionado de esta etapa de rueda frontal de eje desplazado respecto del eje solar central.

A continuación se representan con más detalle otras medidas mejoradoras del invento junto con la descripción de un ejemplo constructivo preferido. Las figuras 1 y 2 representan un corte parcial esquemático a través de un engranaje eólico con reparto de potencia.

De acuerdo con la figura 1, sobre un elemento anillo de unión 2 se aplica un cubo 1 de rotor de un rotor, no representado con más detalle. El diámetro exterior del cubo 1 de rotor corresponde aquí aproximadamente con el diámetro exterior del elemento anillo de unión 2, el cual por su parte corresponde aproximadamente con el diámetro exterior o las dimensiones exteriores de una carcasa de engranaje 3 que contiene los componentes del engranaje. La carcasa de engranaje 3 está unida de manera estacionaria con una estructura soporte de cabina, no representada con más detalle, en la punta de la torre de una instalación eólica.

El elemento anillo de unión 2 del lado de entrada de engranaje se apoya, pudiendo girar, sobre una carcasa de engranaje 3 solidaria al giro mediante un gran cojinete de rodamiento 5, en concreto a través de su anillo exterior de apoyo. El anillo interior de apoyo del gran cojinete de rodamiento 5 aloja por el contrario al elemento anillo de unión 2.

El gran cojinete de rodamiento 5 cumple la misión de un cojinete de par, en donde transmite el momento de giro desde el lado de accionamiento a través del elemento anillo de unión 2 aquí instalado, sobre las ruedas huecas 6a y 6b de dos etapas planetarias 10a y 10b con reparto de potencia conectadas en paralelo. Junto con la rueda hueca 6a de la primera etapa planetaria 10a se acciona igualmente el portador planetario de la primera etapa planetaria 10a, en concreto mediante la segunda etapa planetaria 10b, de manera que una rueda solar 8a por el lado de salida transmite el flujo de fuerza. Esta transmisión se realiza a través del eje 9 de rueda solar que sale central desde la rueda solar 8a.

Las ruedas planetarias 14a en el portador planetario 7a de la primera etapa planetaria 10a son accionadas mediante una rueda interior 8b por el lado de salida de la segunda etapa planetaria 10b. En el marco de la segunda etapa planetaria 10b el portador planetario 7b que presenta las ruedas planetarias 14b está construido fijo en posición con la carcasa 3. La rueda solar 8b de la segunda etapa planetaria 10b está construida como un eje hueco de manera que el eje 9 de rueda solar puede extenderse de manera coaxial por su interior.

Por el lado de salida del eje central 9 de rueda solar hay conectada una etapa de rueda frontal 10c. La etapa de rueda frontal 10c consiste en una rueda dentada 11 de salida unida de manera solidaria al giro con el eje 9 de rueda solar, rueda dentada 11 que engrana con un piñón accionado 12 situado con el eje desplazado respecto del eje 9 solar. El piñón accionado 12 conecta por el lado de accionamiento con el generador eléctrico para la generación de corriente alterna eléctrica, generador eléctrico no representado con más detalle.

Para desacoplar las partes de engranaje anteriormente descritas de momentos de flexión y similares perjudiciales provocados por el rotor están previstos medios de desacoplamiento tipo cardan entre el elemento anillo de unión 2 y ambas ruedas huecas 6a y 6b accionadas por él, de las etapas planetarias 10a y 10b paralelas.

De acuerdo con la figura 2, los medios de desacoplamiento tipo cardan están construidos según el tipo de un acoplamiento de dientes arqueados 15a, 15b. Con este fin el elemento anillo de unión 2 posee dos dentados internos 13a y 13b dispuestos separados axialmente uno de otro los cuales engranan con los correspondientes dentados exteriores en las ruedas huecas 6a y 6b. La geometría de los dientes se corresponde por ello con la habitual en un acoplamiento de dientes arqueados. Con ellos se compensan inclinaciones y desplazamientos debidos a la carga del engranaje por el lado del rotor. Por lo demás este ejemplo constructivo se corresponde con el ejemplo constructivo descrito anteriormente.

El invento no está limitado a los ejemplos constructivos preferidos aquí mostrados. Antes bien, se puede pensar en modificaciones de los mismos las cuales están comprendidas en el campo protegido de las siguientes especificaciones. Así, por ejemplo, también es posible construir de otra forma el medio de desacoplamiento cardan para neutralizar la carga del engranaje por el lado del rotor, por ejemplo, mediante elementos de laminas o similares. Además, también es posible el reparto de potencia transformado mediante etapas planetarias paralelas transformarlo mediante otra conexión adecuada de los elementos de engranaje. Hagamos mención además que si se necesita se puede prescindir de la etapa de rueda frontal conectada a la salida.

LISTA DE SÍMBOLOS DE IDENTIFICACIÓN

1	Cubo del rotor
2	Elemento anillo de unión
3	Carcasa de engranaje
4	Construcción de soporte
5	Gran cojinete de rodamiento
6	Rueda hueca
7	Portador planetario
8	Rueda solar
9	Eje de rueda solar
10a	Primera etapa planetaria
10b	Segunda etapa planetaria
10c	Etapa rueda frontal
11	Rueda dentada accionada
12	Piñón accionado
13	Dentado interior
14	Rueda planetaria
15	Acoplamiento de dientes arqueados

REIVINDICACIONES

1. Engranaje eólico con reparto de potencia para la transmisión de un momento de giro generado por un cubo (1) de rotor sobre un piñón accionado (12) que gira relativamente más rápido con respecto a aquel, para el accionamiento de un generador eléctrico, en donde están previstas como mínimo dos etapas planetarias (10a, 10b) para la conversión con reparto de potencia internamente en el engranaje, en donde además para el acoplamiento del cubo (1) de rotor está previsto un elemento anillo de unión (2) por el lado de entrada al engranaje el cual se apoya de manera giratoria en una carcasa de engranaje (3) solidaria al giro a través de un gran cojinete de rodamiento (5), en donde el anillo interior de apoyo del gran cojinete de rodamiento (5) está situado sobre el elemento anillo de unión (2), mientras por el contrario el anillo exterior de apoyo del gran cojinete de rodamiento (5) está situado en la carcasa de engranaje (3) solidaria al giro, caracterizado porque el elemento anillo de unión (2) distribuye el momento de giro generado por el cubo (1) de rotor a cada una de las ruedas huecas (6a, 6b) de etapas planetarias (10a,10b) colocadas en paralelo conectadas el elemento anillo de unión (2).

2. Engranaje eólico con reparto de potencia según la reivindicación 1, caracterizado porque la conexión de cómo mínimo una de las ruedas huecas (6a, 6b) en el elemento anillo de unión (2) se produce mediante un medio de conexión de baja flexión para compensar inclinaciones y desplazamientos debido a la carga del engranaje por el lado del rotor.

3. Engranaje eólico con reparto de potencia según la reivindicación 2, caracterizado porque el medio de acoplamiento de baja torsión está construido según el tipo de una unidad de desacoplamiento cardan.

4. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque la unidad de desacoplamiento cardan por engrane está construida según el tipo de un acoplamiento de dientes arqueados (15a, 15b), como mínimo de un dentado interior (13a, 13b) en el elemento anillo de unión (2) con correspondientes dentados exteriores en las ruedas huecas (10a, 10b).

5. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el diámetro exterior del cubo (1) de rotor se corresponde con el diámetro exterior del elemento anillo de unión (2).

6. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento anillo de unión (2) esta atornillado con el cubo (1) de rotor mediante una unión por brida.

7. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el gran cojinete de rodamiento (5) está construido según el tipo de cojinete de par.

8. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque el gran cojinete de rodamiento (5) construido como un cojinete de par es un cojinete doble de rodillos cónicos.

9. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque junto a la rueda hueca (6a) de la primera etapa planetaria (10a) el portador planetario (7a) igualmente accionado transmite el flujo de fuerza a una rueda solar (8a) del lado de salida.

10. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque la rueda solar (8a) del lado de salida de la primera etapa planetaria (10a) transmite el flujo de fuerza a un eje central (9) de rueda solar el cual se extiende por el lado de salida de la carcasa de engranaje (3).

11. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque un portador planetario (7b) de la segunda etapa planetaria (10b) está situado fijo en posición, en donde una rueda solar (8b) del lado de salida acciona al portador planetario (7a) de la primera etapa planetaria (10a).

12. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque la rueda solar (8b) de la segunda etapa planetaria (10b) está construida como eje hueco que está situado coaxial con el eje (9) de rueda solar de la primera etapa planetaria (10a), a través del cual se extiende,

13. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque al eje central (9) de rueda solar está conectada una etapa de rueda frontal (10c) del lado de salida cuyo piñón accionado (12) de eje desplazado respecto del eje central (9) de rueda solar está previsto para accionar el generador eléctrico.

14. Engranaje eólico con reparto de potencia de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la una rueda hueca (6a) está situada como mínimo en su mayor parte en el interior de la cámara anular formada por el elemento anillo de unión (2), mientras que por el contrario la otra rueda hueca (6b) está situada a continuación en dirección axial respecto del gran cojinete de rodamiento (5).

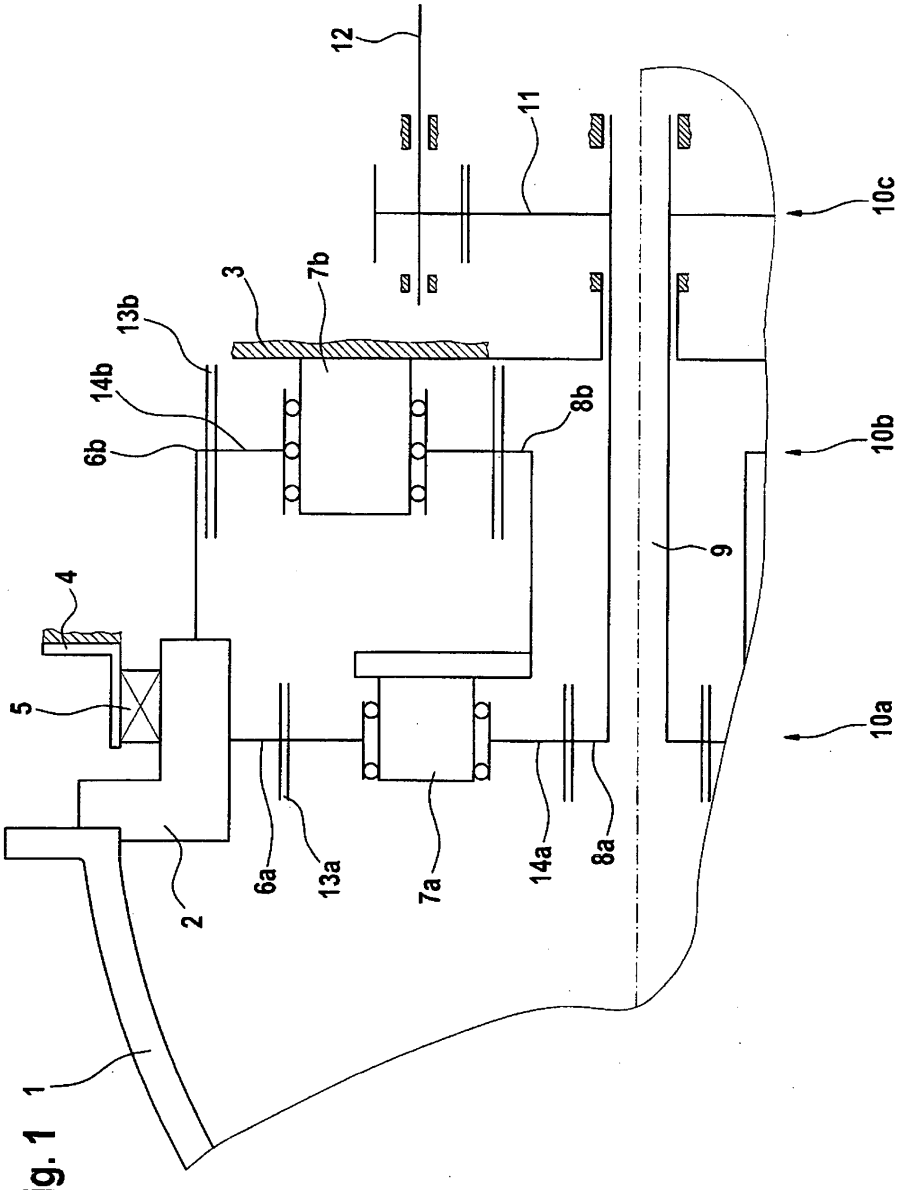

Fig. 1

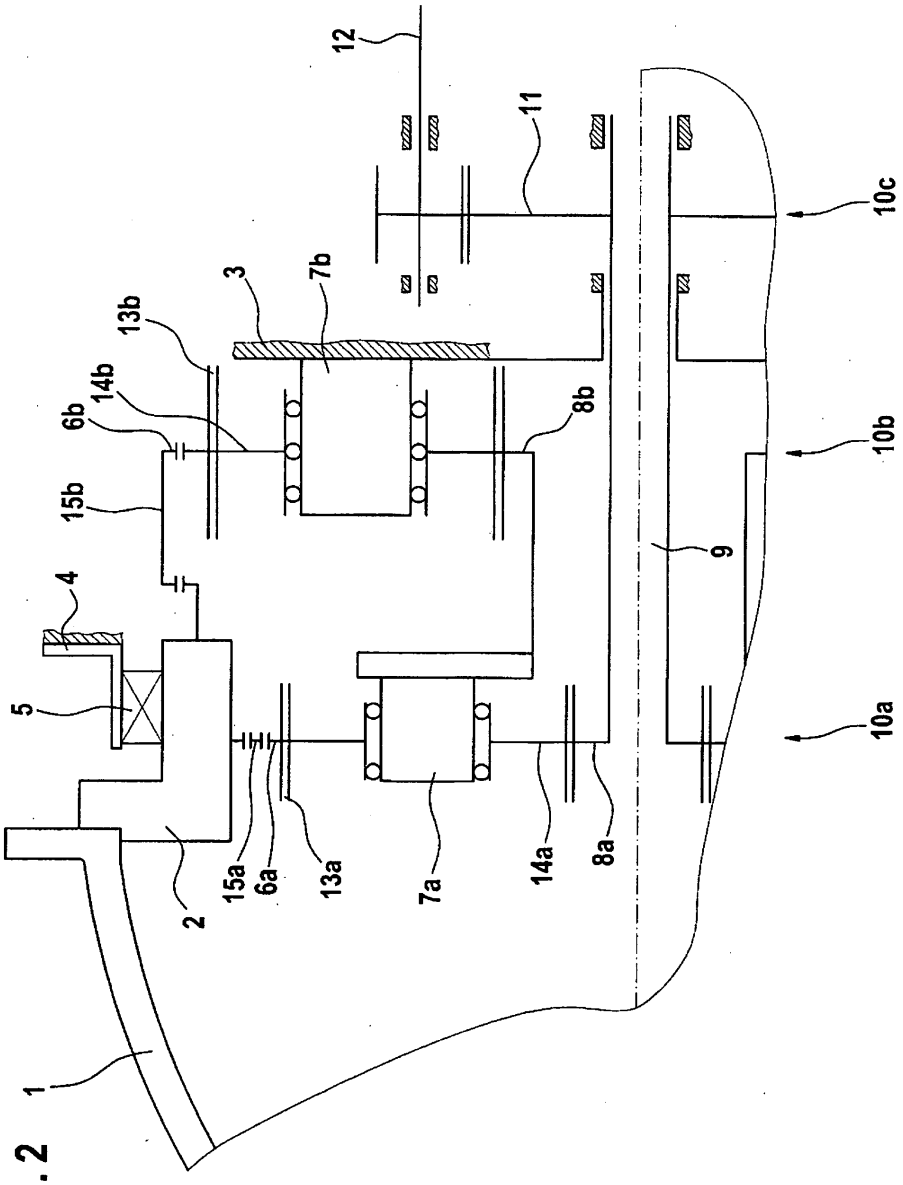

Fig. 2