



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 355 102**

51 Int. Cl.:
F03D 7/04 (2006.01)
F16H 47/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04723212 .9**
96 Fecha de presentación : **25.03.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1608872**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.12.2005**

54 Título: **Cadena cinemática para la transmisión de una potencia variable.**

30 Prioridad: **31.03.2003 DE 103 14 757**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.03.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.03.2011

73 Titular/es: **VOITH TURBO GmbH**
Alexanderstrasse 2
89522 Heidenheim, DE
VOITH TURBO GmbH & Co. KG.

72 Inventor/es: **Basteck, Andreas**

74 Agente:
Gómez-Acebo y Duque de Estrada, Ignacio

ES 2 355 102 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

Cadena cinemática para la transmisión de una potencia variable.

5 La invención se refiere a una cadena cinemática para la transmisión de una potencia variable con un régimen de entrada variable y un régimen de salida constante. La invención se refiere particularmente a instalaciones con una aplicación de potencia variable, tal como se da en la utilización de recursos energéticos naturales de viento, agua y otros recursos.

10 El documento WO-A-81/01444 describe una cadena cinemática de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Ésta comprende una instalación de generación de energía, una transmisión de ramificación de potencia y un generador eléctrico. A este respecto se establece una conexión entre las dos ramas de potencia mediante un circuito hidráulico y se influye de tal forma en el flujo de potencia, que el régimen de entrada del generador es constante. Otra cadena cinemática configurada de acuerdo con este principio se obtiene además a partir del documento EP 0 120 654 A1.

15 La utilización de la energía eólica es interesante sobre todo con potencias superiores a 1 MW. Además es necesario organizar la explotación de la instalación de tal manera que se realice un rendimiento máximo de potencia con una carga dinámica mínima. Para establecer el grado de eficacia de todo el sistema de modo óptimo, y de hecho en la fase de arranque de la instalación así como en la fase de funcionamiento y en la parada, se necesita una regulación del régimen para la máquina operadora, que también se puede respaldar por zonas por otros tipos de regulación (por ejemplo, graduación de las aspas del rotor).

20 A continuación se representa por tanto con ayuda del ejemplo de turbinas eólicas la problemática de una transmisión de potencia variable en el tiempo, particularmente con un régimen de entrada modificable en el tiempo y el par que se puede modificar en el tiempo de forma correspondiente, cuando como condición secundaria en la transmisión de potencia se requiere un régimen de salida esencialmente constante en el tiempo.

25 El funcionamiento de una turbina eólica es por tanto característico de la problemática representada anteriormente, ya que la energía eléctrica generada por la turbina eólica se introduce en una red de interconexión eléctrica, que presenta una frecuencia de red fija. Debido a que en el caso de la frecuencia de red se trata de la propia magnitud primaria para la estabilización y regulación de la red, un acoplamiento directo del generador de la turbina eólica presupone que el mismo se abastece por la cadena cinemática con un régimen constante. Tales instalaciones eólicas también se denominan turbinas eólicas de régimen constante.

30 A este respecto se usan habitualmente generadores asincrónicos para turbinas eólicas de régimen constante, que debido al deslizamiento de principio se pueden conectar de un modo simple a una red de interconexión.

35 La aplicación de potencia variable en el tiempo en turbinas eólicas a causa de condiciones eólicas fluctuantes contrasta con el requisito del sistema de un régimen de salida constante en la cadena cinemática. A este respecto, esta problemática se agrava adicionalmente debido a la característica inherente del sistema de la transformación energética mecánica de la energía cinética del flujo de aire en la energía cinética del movimiento de rotor. En una turbina eólica de régimen constante existe una determinación de una frecuencia determinada de rotor o unas pocas frecuencias de rotor, siendo entonces posible más de una frecuencia de rotor solamente si el generador posee una regulación por cambio de número de polos o se usan diferentes generadores. A este respecto, la velocidad de circulación deseada del rotor se alcanza habitualmente por una graduación angular de las aspas del rotor, lo que también se denomina regulación de paso (pitch).

40 La desventaja de turbinas eólicas de régimen constante es que con carga parcial, que se da frecuentemente con condiciones eólicas típicas, solamente se pueden hacer funcionar con una eficacia reducida.

45 Si una turbina eólica se hace funcionar con régimen variable en el ámbito de carga parcial, existe la posibilidad de configurar una cadena cinemática con un régimen de salida variable o constante. A este respecto, en ambos casos la potencia de salida también se puede modificar en el tiempo debido al par que varía en el tiempo.

El primer caso conlleva en turbinas eólicas el uso de convertidores de frecuencia con un circuito intermedio de corriente continua. Este enfoque, sin embargo, se desvía del objetivo representada en este documento y está asociado particularmente a complicaciones adicionales, tales como una gran retroactividad de la red en combinación con una mayor carga de armónicos y potencias reactivas altas.

50 El segundo enfoque, concretamente la unión de un régimen variable del rotor de la turbina eólica con un régimen constante del generador, corresponde a la temática representada en este documento de una cadena cinemática para la transmisión de una potencia variable con un régimen de entrada variable y un régimen de salida constante. Las soluciones conocidas de esta problemática, particularmente para turbinas eólicas, utilizan un

engranaje de superposición en la cadena cinemática, que se usa para la ramificación o superposición de la potencia mecánica. En turbinas eólicas de régimen variable solamente se conocen dos enfoques basados en esto, que se usan para mantener constante la frecuencia del generador.

5 En el primer sistema se divide la potencia de entrada por el engranaje de superposición entre un generador grande y un servomotor pequeño, transmitiéndose habitualmente al servomotor aproximadamente un 30% de la potencia de entrada. El generador está unido a la red eléctrica con frecuencia fija, mientras que el servomotor está conectado a la red mediante un convertidor de frecuencia. Para estabilizar el régimen del generador se hace funcionar el servomotor como motor o como generador. Este sistema tampoco está libre de efectos retroactivos para la red eléctrica. Además, un sistema de este tipo solamente se puede regular con dificultad y presenta como
10 acumulador de energía esencialmente sólo las masas inertes de la cadena cinemática y del rotor. Por lo demás, los costes de inversión son relativamente altos debido a la utilización de convertidores de frecuencia.

15 En el segundo sistema, que trabaja de forma hidrostática, se usan motores hidráulicos y bombas en vez del servomotor eléctrico. Aquí también se da la problemática de una característica de regulación difícil, particularmente un comportamiento de respuesta inerte y tiempos muertos relevantes, así como fuerte falta de linealidades. Además, los componentes hidráulicos del sistema son desventajosos debido al esfuerzo en el diseño y el peso.

En la siguiente tabla se resumen las diferentes regulaciones conocidas representadas de potencia activa de turbinas eólicas:

	generador con convertidor	generador con convertidor y engranaje con transmisión fija			generador con engranaje de superposición	
tipo de sistema	electrónico	transmisión sencilla	transmisión	transmisión	con motor eléctrico	con hidrostática
generador	generador sincrónico excitado permanentemente	generador sincrónico	generador asincrónico con polaridad 4/6 o sincrónico	generador asincrónico con polaridad 4/6 alimentado de modo doble	generador asincrónico con polaridad 4/6 o sincrónico	generador asincrónico con polaridad 4/6 o sincrónico
convertidor	PWM - VSI	PWM-VSI	PWM -VSI	PWM-VSI	-	-
transmisión	-	escalón planetario	escalón planetario + escalón de engranaje recto	escalón planetario + escalón de engranaje recto	escalón planetario + escalón de engranaje con solapamiento	escalón planetario + escalón de engranaje con solapamiento
regulación	aspas del rotor, régimen	aspas del rotor, régimen	aspas del rotor, deslizamiento, cambio de polaridad	reducción del régimen	aspas del rotor, régimen	aspas del rotor, régimen

20 La invención se basa en el objetivo de configurar una cadena cinemática para la transmisión de una potencia variable de tal forma que un receptor de potencia pueda alimentarse con un régimen esencialmente constante, para que el proceso de transmisión se realice con un alto grado de eficacia y se minimicen los golpes en la cadena cinemática. Además se tiene que configurar un acumulador de energía de tiempo reducido en la cadena cinemática, para mejorar la característica de regulación del sistema. De forma adicional se deben mantener la cantidad de las piezas de construcción implicadas y los gastos de inversión en un nivel bajo.

25 Este objetivo se resuelve por las características de la reivindicación 1.

El principio de acuerdo con la invención lleva a un muy buen grado de eficacia. La cadena cinemática de acuerdo con la invención lleva en turbinas eólicas también con perfil de viento irregular y los diferentes regímenes de rotor asociado a esto a un régimen de generador con un nivel aproximadamente uniforme.

Hasta el momento se conocen para turbinas eólicas diferentes posibilidades de regulación y control con una influencia más o menos buena en el grado de eficacia:

- ajuste del ángulo de las aspas del rotor,
- régimen variable del generador,
- 5 - regulación de deslizamiento,
- reducción del régimen de generador,
- cambiador de números de polos y
- regulación del régimen del engranaje de superposición.

10 Para el mecanismo de eficacia de regulación de régimen de acuerdo con la invención se puede realizar una combinación con las posibilidades existentes de regulación y control, por ejemplo, el ajuste del ángulo de las aspas del rotor y la regulación del régimen del engranaje de superposición. A este respecto, el rotor de la turbina eólica siempre se lleva en su curva característica óptima (grado de eficacia óptimo) y se emite un régimen constante al generador.

15 La invención se explica de forma más detallada a través de los dibujos. En éstos se representa con detalle lo siguiente:

- La Figura 1 es una representación esquemática de una turbina eólica con ramificación de potencia de acuerdo con la invención con un convertidor de regulación hidrodinámico como circuito hidrodinámico.
- 20 La Figura 2 muestra un gráfico que ejemplifica la característica de recepción de momento de giro y potencia de un rotor eólico dependiendo de la velocidad del viento y el régimen del rotor eólico y el régimen de entrada variable unido a esto de la cadena cinemática de acuerdo con la invención así como el régimen de salida constante al generador.
- La Figura 3 representa los flujos de potencia y los regímenes de las ramas individuales de la cadena cinemática mecánico-hidrodinámica dependiendo del régimen de la turbina eólica.
- 25 La Figura 4 representa los flujos de potencia y el ajuste del componente de reacción de la cadena cinemática mecánico-hidrodinámica, dependiendo del régimen de la turbina eólica.
- Las Figuras 5a-c representan ejemplos de realización de la cadena cinemática de acuerdo con la invención, en los que existe una conexión por un circuito hidrodinámico entre una primera y segunda rama de potencia, y la potencia reactiva se transmite de vuelta por una segunda rama de potencia a la transmisión de ramificación de potencia.
- 30 La Figura 7 muestra el perfil eólico de una instalación de acuerdo con la invención, así como el correspondiente régimen de rotor.
- La Figura 8 muestra de forma esquemática el desarrollo de la potencia eficaz de una turbina eólica con una cadena cinemática de acuerdo con la invención.
- 35 La Figura 9 detalla una regulación para la entrega óptima de potencia del rotor.

La potencia de rotor p_R de una turbina eólica tiene aproximadamente la siguiente relación con respecto a la velocidad del viento v_w :

$$p_R = k c_p (v_w, \omega_R, \beta) v_w^3$$

40 De esta manera se resume como k las diversas constantes, tales como por ejemplo la geometría de aspas así como la densidad del aire. Además, c_p define el coeficiente de potencia, que a su vez depende, como se representa, de la velocidad del viento v_w , el régimen de rotor ω_R y el ángulo de paso β . Este coeficiente de potencia se caracteriza por un máximo global, que se desplaza hacia mayores regímenes de rotor ω_R según aumenta velocidad del viento v_w .

45 La Fig. 2 representa esta relación por la representación de familias de curvas continuas para la potencia activa del rotor y familias de curvas discontinuas para el momento de giro recibido por el rotor de una turbina eólica,

considerando las diferentes velocidades de viento, donde las curvas individuales de las familias de curvas se asignan respectivamente de forma ejemplar a una velocidad de viento. Es característico el desplazamiento del régimen óptimo del rotor a valores mayores con el aumento de la velocidad del viento, situándose los mismos en una curva representada en la Fig. 2, que se define como parabólica. Así una instalación con un régimen variable se puede hacer funcionar respectivamente con coeficientes óptimos de potencia dependiendo de la velocidad del viento disponible.

Típicamente, las turbinas eólicas están configuradas para potencias nominales determinadas, unido con un régimen nominal. Con una potencia de viento superior a este valor umbral se produce una limitación de potencia por una regulación de paso o por regulación por pérdida aerodinámica (stall), de forma que para el funcionamiento de régimen variable de una turbina eólica es particularmente importante el funcionamiento con carga parcial.

La cadena cinemática de acuerdo con la invención presenta un muy buen grado de eficacia en la transmisión a lo largo de todo el intervalo de régimen, haciéndose referencia al ejemplo de realización representado en la Fig. 7, en el que se calculó una potencia máxima de transmisión de 2,5 MW con un intervalo de régimen de entrada de $n = 10 - 18$ rpm con régimen de salida constante de $n = 1500$ rpm. La curva I de la Fig. 7 muestra el grado de eficacia uniformemente alto y con la curva II está esquematizada la potencia transmitida para este ejemplo.

Para turbinas eólicas con una cadena cinemática de acuerdo con la invención se tienen que considerar los siguientes objetivos de regulación o estados de funcionamiento dependiendo del viento:

- conexión y desconexión,
- frenado de los rotores,
- funcionamiento con velocidades de viento cambiantes y
- funcionamiento con velocidades de viento constantes y un punto de funcionamiento óptimo.

Una instalación de régimen variable se puede configurar de forma ventajosa con una cadena cinemática de acuerdo con la invención para la transmisión de una potencia variable con un régimen de entrada variable y un régimen de salida constante, que a su vez se transmite a un generador.

La Fig. 1 muestra para esto de forma simplificada esquemáticamente una cadena cinemática 1 de acuerdo con la invención de este tipo. Ésta comprende un árbol de entrada 2, que está unido al menos indirectamente con el rotor 3 de una máquina eólica. En el presente caso se coloca una transmisión 4 con una relación de transmisión constante entre el rotor 3 de la máquina eólica y el árbol de entrada 2. Una transmisión 4 interpuesta de este tipo es ventajosa, pero no obligatoriamente necesaria, puede servir, según el caso de aplicación, para ampliar el intervalo de posibles regímenes de rotor y configurar de forma óptima el grado de eficacia.

La cadena cinemática de acuerdo con la invención presenta un engranaje de superposición para la ramificación de potencia, que se define a continuación como transmisión de ramificación de potencia 5. En el ejemplo de realización representado en este documento se usa una transmisión de engranaje planetario como transmisión de ramificación de potencia 5 de la cadena cinemática 1, en el que el árbol de entrada 2 está unido con el soporte de engranaje planetario 6. En la transmisión de ramificación de potencia 5 existen ahora dos ramas de potencia, la primera rama de potencia 7 transmite potencia a través del piñón planetario 9 al árbol de salida 10 de la cadena cinemática. Este árbol de salida 10 acciona al menos indirectamente el generador eléctrico 11 y está en conexión eficaz con el convertidor de regulación hidrodinámico, que en el presente ejemplo de realización sirve como circuito hidrodinámico 12. Para este fin, el árbol de salida 10 se conecta al menos indirectamente al rotor de bomba 13 del convertidor de regulación hidrodinámico.

Ventajosamente se trata en el caso del árbol de salida 10 de un árbol de rotación rápida. En la presente solicitud se entiende como árbol de rotación rápida aquel cuyo régimen es un múltiplo del régimen del árbol de entrada 2. Particularmente se prefiere un típico régimen de rotación del árbol de salida 10, que sea apropiado para el funcionamiento directo del generador eléctrico 11, por ejemplo, 1500 rpm. También se pueden concebir otros valores de régimen para el árbol de salida 10 según el número de polos del generador eléctrico 11 o de la frecuencia de red existente. En la realización de un árbol de salida 10 de rotación rápida es ventajoso que el circuito hidrodinámico 12, en este documento el convertidor de regulación hidrodinámico, que se conecta al menos indirectamente con el árbol de salida 10 de forma eficaz, se puede hacer funcionar de forma eficaz, es decir, con un alto régimen.

Como componente de reacción 15 se usa en el convertidor hidrodinámico una corona de álabes de álabes de ajuste, con la que se puede ajustar la capacidad de recepción de la bomba y por tanto el flujo de potencia al rotor de turbina 14. Por el rotor de turbina 14 se realiza a su vez una retroalimentación de potencia con conversión de potencia a la corona 17, que se transmite por un segundo conjunto de ruedas planetarias 16 configurado como transmisión estacionaria. Este conjunto de ruedas planetarias 16 adicional es opcional, pero se prefiere, ya que a

través de esta medida se consigue un aumento del régimen en el árbol de salida 10, el árbol que preferiblemente rota rápidamente y un aumento del régimen relativo del rotor de bomba 13 y de turbina 14 en el circuito hidrodinámico 12. De esto se obtiene particularmente la posibilidad de configurar el circuito hidrodinámico 12 de forma compacta.

5 La retroalimentación variable a la corona 17 de la transmisión de ramificación de potencia 5 genera una relación de transmisión que se puede ajustar de modo variable. Esto representa la segunda rama de potencia 18 de la transmisión de ramificación de potencia que sirve en el presente ejemplo de realización a la retroalimentación de potencia. El conjunto de ruedas planetarias 16 se tiene que ver como opcional. Sirve en el presente ejemplo de
10 realización de una cadena cinemática de acuerdo con la invención para la reducción del régimen de la turbina con el que se puede hacer funcionar el convertidor de regulación hidrodinámico. Mayores regímenes de bomba y turbina provocan un aumento de la eficacia o establecen la posibilidad de configurar el convertidor de regulación hidrodinámico de forma compacta.

15 La cadena cinemática de acuerdo con la invención con un convertidor de regulación hidrodinámico como circuito hidrodinámico 12 está diseñado en cuanto a la construcción ahora de tal forma que por la elección de las transmisiones mecánicas en la transmisión de ramificación de potencia así como el dimensionado del convertidor de regulación hidrodinámico se reproduce la curva parabólica característica de la recepción de potencia óptima por el rotor eólico 3. El punto de partida para esto es que se pueda indicar para cada velocidad del viento un régimen ideal de rotor para la máxima recepción de potencia del flujo de aire. A tal fin se remite a la explicación anterior de la Fig. 2. Como requisito adicional figura a la vez un régimen de salida esencialmente constante de la cadena cinemática para el generador eléctrico. En el presente caso, éste se sitúa en 1500 rpm con una frecuencia de red de $f = 50$ Hz. Las velocidades necesarias de rotación de los componentes de engranaje de la transmisión de ramificación de potencia, tales como por ejemplo la corona 17 y el piñón planetario 9, se pueden establecer ahora bajo la consideración de estas especificaciones para cada velocidad de viento en el intervalo de carga parcial. Aquí se tiene que tener en cuenta que la cadena cinemática tiene que simular la característica de recepción de potencia parabólica para una posición esencialmente constante del componente de reacción 15 del convertidor de regulación hidrodinámico 12.

20 La Fig. 3 representa, con ayuda de una configuración del ejemplo de realización de acuerdo con la Fig. 1, los regímenes que se ajustan en la cadena cinemática así como las potencias de transmisión en las diferentes ramas. La curva A muestra en detalle el régimen del árbol de salida 10, la curva B, el régimen del rotor de turbina 14 del convertidor de regulación hidrodinámico, la curva C, el régimen del árbol de entrada 2 y la curva D, el régimen de la corona 17 de la transmisión de ramificación de potencia 5. La curva E representa para los flujos de potencia la potencia absorbida por el rotor eólico, la curva F es la potencia en el piñón planetario 9 del convertidor de regulación hidrodinámico 12, la curva G, la potencia transmitida de la cadena cinemática al generador eléctrico y la curva H da la potencia de retorno por la segunda rama de potencia 18 desde el convertidor de regulación hidrodinámico a la
30 transmisión de ramificación de potencia 5.

35 La Fig. 4 muestra de nuevo el flujo de potencia para el ejemplo de realización de acuerdo con la Fig. 1, así como el ajuste del componente de reacción 15 del convertidor de regulación hidrodinámico, en el presente caso, la corona de álabes. Las curvas de flujo de potencia E, F, G y H se corresponden con las de la Fig. 3. Se puede ver que con una recepción óptima de potencia a lo largo de la parabólica, que se puede reproducir por la característica de la cadena cinemática, se puede trabajar con una posición de álabes director esencialmente constante a lo largo de todo el intervalo de carga parcial representado. Este ajuste se denomina a partir de ahora regulación ajustada del convertidor hidrodinámico. Así no es necesaria una regulación del componente de reacción propiamente dicho para alcanzar la constante del régimen de salida de la cadena cinemática para la alimentación del generador eléctrico con un régimen variable simultáneo óptimo del rotor eólico. Se hace referencia a que la pendiente de la parábola característica de la recepción de potencia se puede ajustar por el dimensionado de transmisión de los componentes de la transmisión de ramificación de potencia, así como por el dimensionado del convertidor de regulación hidrodinámico. Esta característica de la cadena cinemática de acuerdo con la invención se define como auto-ajuste en la presente solicitud.

40 La Fig. 1 muestra de forma generalizada una cadena cinemática con ramificación de potencia, que presente un circuito hidrodinámico 12 que desvía o transmite con retroalimentación la potencia del ramal principal, con el que se acciona el generador eléctrico 11, a la transmisión de ramificación de potencia 5. También es posible construir la cadena cinemática de tal manera que se transmita una potencia parcial por el convertidor de regulación hidrodinámico desde la transmisión de ramificación de potencia 5 a la primera rama de potencia 7. En este caso es posible utilizar un convertidor de regulación hidrodinámico o un convertidor de par como circuito hidrodinámico 12.
45 Como se ha representado anteriormente, existe una ventaja de auto-ajuste al usar un convertidor de regulación hidrodinámico, debido a la concordancia entre la característica de recepción de potencia de un rotor eólico y la característica propia del convertidor de regulación hidrodinámico. En contraste con esto se tiene que regular de forma activa el flujo de potencia entre las dos mitades del embrague con la elección de un embrague hidrodinámico

como circuito hidrodinámico 12. Por otro lado, se puede preferir el convertidor de par para determinados ámbitos de funcionamiento por su alta eficacia como circuito hidrodinámico 12 alternativo.

En el marco del conocimiento técnico es posible configurar la cadena cinemática de acuerdo con la invención de formas diferentes. De aquí en adelante se diferencia entre dos variantes del flujo de potencia de acuerdo con la invención, lo que se muestra con los ejemplos de las Figs. 5a, 5b, 5c. Las referencias para los componentes concordantes de la cadena cinemática se han elegido de acuerdo con la Fig. 1.

El esquema del flujo de potencia de la Fig. 5a corresponde al de la Fig. 1, en el por la transmisión de ramificación de potencia 5 se divide la potencia introducida por el árbol de entrada 2, en este documento con el régimen n_1 , en una primera rama de potencia 7 que acciona al menos de forma indirecta un generador eléctrico y que muestra el régimen de salida constante n_2 , y en una segunda rama de potencia 18.

Es característico para la primera variante de configuración mostrada en las Figs. 5a, 5b, 5c que fluya de retorno potencia a la transmisión de ramificación de potencia 5 por la segunda rama de potencia 18 en forma de potencia reactiva. También se prefiere la conexión concordante entre la primera y segunda rama de potencia 7, 18 por el circuito hidrodinámico 12, en el que se conectan preferiblemente el rotor de bomba 13 al menos indirectamente con la primera rama de potencia 7 y el rotor de turbina 14 al menos indirectamente con la segunda rama de potencia 18.

Las diferencias de configuración esquematizadas en las Figs. 5a, 5b, 5c se derivan de la forma de ramificación de la potencia en la transmisión de ramificación de potencia 5. De acuerdo con la Fig. 5a, la introducción de potencia se efectúa por el soporte de engranaje planetario 6, la primera rama de potencia 7 está en unión activa con el piñón planetario 9 y la segunda rama de potencia 18 establece una retroalimentación a la corona 17. De acuerdo con la Fig. 5b, la introducción de potencia se efectúa por la corona 17, la primera rama de potencia 7 está a su vez en unión activa con el piñón planetario 9 y la segunda rama de potencia 18 está acoplada al menos indirectamente con el soporte de engranaje planetario 6. De acuerdo con la Fig. 5c, con una introducción de potencia por el soporte de engranaje planetario 6 se puede unir de forma activa la primera rama de potencia 7 con la corona 17 y la segunda rama de potencia 18 se puede unir de forma activa con el piñón planetario 9. Además es posible intercalar más engranajes como engranajes estacionarios en las ramas de potencia, éstos están esquematizados en los ejemplos de realización como transmisiones de engranajes planetarios y están marcados con las referencias 16 y 16.2.

Una cierta suavidad en la reactividad es característica de un circuito hidrodinámico 12 en la combinación de acuerdo con la invención con una transmisión de ramificación de potencia 5. Se aprovecha una amortiguación suficiente sin pérdidas de potencia para un comportamiento ventajoso de regulación, que se produce por las masas movidas del circuito hidrodinámico 12. Particularmente las breves variaciones del sistema, tal como aparecen en turbinas eólicas por efectos de sombra o ráfagas de viento, se pueden amortiguar bien por tanto por el sistema de acuerdo con la invención, lo que representa una ventaja esencial desde el punto de vista de la técnica de regulación en el mantenimiento constante del régimen de salida de la cadena cinemática de acuerdo con la invención.

Además, para la disposición de acuerdo con la invención también es característico que se puede realizar al menos un breve efecto de acumulación de energía por el uso de al menos un circuito hidrodinámico 12 que retroactúa sobre la transmisión de ramificación de potencia 5. Esto también tiene un efecto ventajoso para la característica de regulación de la cadena cinemática de acuerdo con la invención.

La Fig. 8 ilustra a su vez, por un ejemplo de una turbina eólica, el ajuste flexible de un régimen de entrada de una cadena cinemática y de esta manera un régimen de rotor ajustado al viento de modo óptimo, partiéndose a su vez de un régimen de salida (régimen del generador) constante. Se representan diferentes puntos de funcionamiento A, B y C, que corresponden con diferentes coeficientes de potencia con los regímenes de rotor asignados ω_C , ω_A y ω_B . En el punto A el rotor extrae a la corriente de aire una potencia óptima. En el punto C solamente se utiliza una parte de la posible potencia del rotor y se regula el circuito hidrodinámico consecuentemente en la recepción de potencia del ramal principal y la potencia transmitida en la retroalimentación al engranaje de superposición, de tal manera que el rotor se acelera hasta que alcanza el punto óptimo de funcionamiento A. Con signo opuesto se desarrolla la regulación partiendo del punto de funcionamiento B. Esto se corresponde por tanto a la regulación a un punto de funcionamiento óptimo con una velocidad de viento asumida como constante.

Además también es posible que aparezca una cierta fluctuación en el viento, por lo que el punto de funcionamiento constante se desplaza. Un ejemplo de esto es el punto D, que al igual que el punto A está en la curva de potencia óptima y corresponde a una velocidad de viento menor. Así también se puede ajustar o regular por la cadena cinemática de acuerdo con la invención una potencia de entrada variable en el tiempo con variabilidad en el tiempo en el régimen de entrada.

La Fig. 6 muestra para esto de forma ilustrativa un perfil de viento con una velocidad de viento fluctuante en el tiempo, que a su vez se traduce en un régimen óptimo de rotor. Aquí se produce un cierto aplanamiento debido a la inercia de los componentes mecánicos rotor, transmisión, circuito hidrodinámico etc., usados.

5 Generalmente, en el marco de la idea de acuerdo con la invención de crear una cadena cinemática con régimen de salida constante también se entiende una disposición que mantiene el régimen de salida constante con una cierta exactitud. Ciertas desviaciones se pueden tolerar. Las desviaciones se pueden situar, por ejemplo, en el ámbito de $\pm 10\%$, preferiblemente $\pm 5\%$ y particularmente preferiblemente $\pm 1\%$ del régimen de salida teórico. Sin embargo, en la utilización en turbinas eólicas con generadores fuertemente acoplados con la red de distribución se prefiere una constancia particularmente alta del régimen de salida de cómo máximo $\pm 0,5\%$, que respalda de forma adicional la red a gestionar.

10 Otras posibilidades de aplicación de una cadena cinemática de acuerdo con la invención, más allá de la fuerza eólica, se dan por ejemplo en centrales hidráulicas especiales, en las que se utilizan turbinas, que no se pueden hacer funcionar con un régimen constante. Tales condiciones se pueden dar, por ejemplo, en centrales hidráulicas de flujo subacuático y centrales mareomotrices o en configuraciones especiales en sistemas de esclusas.

15 Además se puede concebir transmitir con el principio de acuerdo con la invención fuentes de energía naturales y por tanto variables en el tiempo, por ejemplo, la fuerza de las olas, a un generador eléctrico que requiera un régimen de entrada constante.

REIVINDICACIONES

1. Cadena cinemática para la transmisión de una potencia variable con régimen de entrada variable para una instalación de generación de energía accionada por una turbomáquina, tal como una turbina eólica (3) o una turbina de agua;
- 5
- 1.1 con una transmisión de ramificación de potencia (5) para la división de la potencia en al menos una primera rama de potencia (7) y al menos una segunda rama de potencia (18);
- 1.2 la primera rama de potencia (7) acciona al menos indirectamente un generador eléctrico (11);
- 10 1.3 se establece una conexión entre la primera rama de potencia (7) y la segunda rama de potencia (18) mediante un circuito hidráulico (12) dispuesto en el lado de salida con respecto a la transmisión de ramificación de potencia (5) y el flujo de potencia se ve influido mediante el circuito hidráulico (12) de tal manera que el régimen con el que se acciona el generador eléctrico (11) es esencialmente constante; **caracterizada porque**
- 1.4 el circuito hidráulico es un convertidor de regulación hidrodinámico o un convertidor de par.
- 15
- 2 Cadena cinemática para la transmisión de una potencia variable con régimen de entrada variable de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** el convertidor de regulación hidrodinámico (12) o el convertidor de par comprende un rotor de bomba (13) que está dispuesto en un árbol de rotación rápida de la transmisión de ramificación de potencia (5) y el árbol de rotación rápida es un árbol de salida (10) de la cadena cinemática, con el que está unido al menos de forma indirecta el generador eléctrico (11).
- 20
3. Cadena cinemática para la transmisión de una potencia variable con régimen de entrada variable de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizada porque** un engranaje (4) adicional está dispuesto por delante o por detrás de la transmisión de ramificación de potencia (5).
- 25
- 4 Cadena cinemática para la transmisión de una potencia variable con régimen de entrada variable de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada porque** en la segunda rama de potencia (18) está dispuesto un engranaje (16, 16.2) adicional para aumentar el régimen con el que se acciona el circuito hidrodinámico (12).
- 30
5. Método para el funcionamiento de una cadena cinemática para la transmisión de una potencia variable con régimen de entrada variable para una instalación de generación de energía, accionada por una turbomáquina, tal como una turbina eólica (3) o una turbina de agua;
- 35
- 5.1 con una transmisión de ramificación de potencia (5) para la división de la potencia en al menos una primera rama de potencia (7) y una segunda rama de potencia (18), en la que la primera rama de potencia (7) acciona al menos indirectamente un generador eléctrico (11) y
- 5.2 en la que se establece una conexión entre la primera rama de potencia (7) y la rama de potencia (18) mediante un circuito hidrodinámico (12) dispuesto en el lado de salida con respecto a la transmisión de ramificación de potencia (5) en forma de un convertidor de regulación hidrodinámico o un convertidor de par, donde el circuito hidrodinámico (12) comprende un componente de reacción (15),
- 40 que comprende la etapa del método
- 5.3 que durante el funcionamiento de la turbomáquina en el ámbito de la carga parcial para el componente de reacción (15) se mantiene un ajuste predeterminado que influye de tal manera en el flujo de potencia en la transmisión de ramificación de potencia (5), que el régimen con el que se acciona el generador eléctrico (11) es esencialmente constante.
- 45

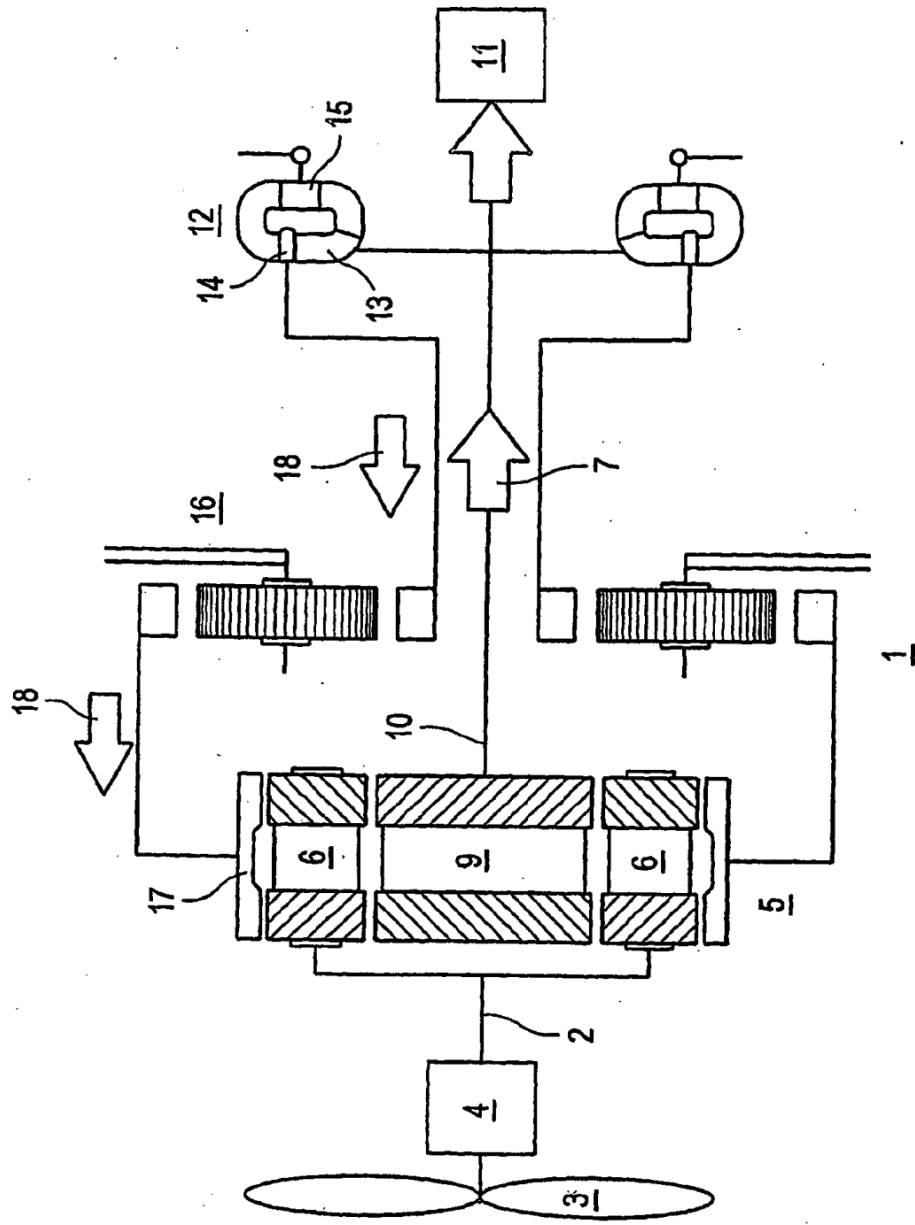


Fig.1

Fig.2

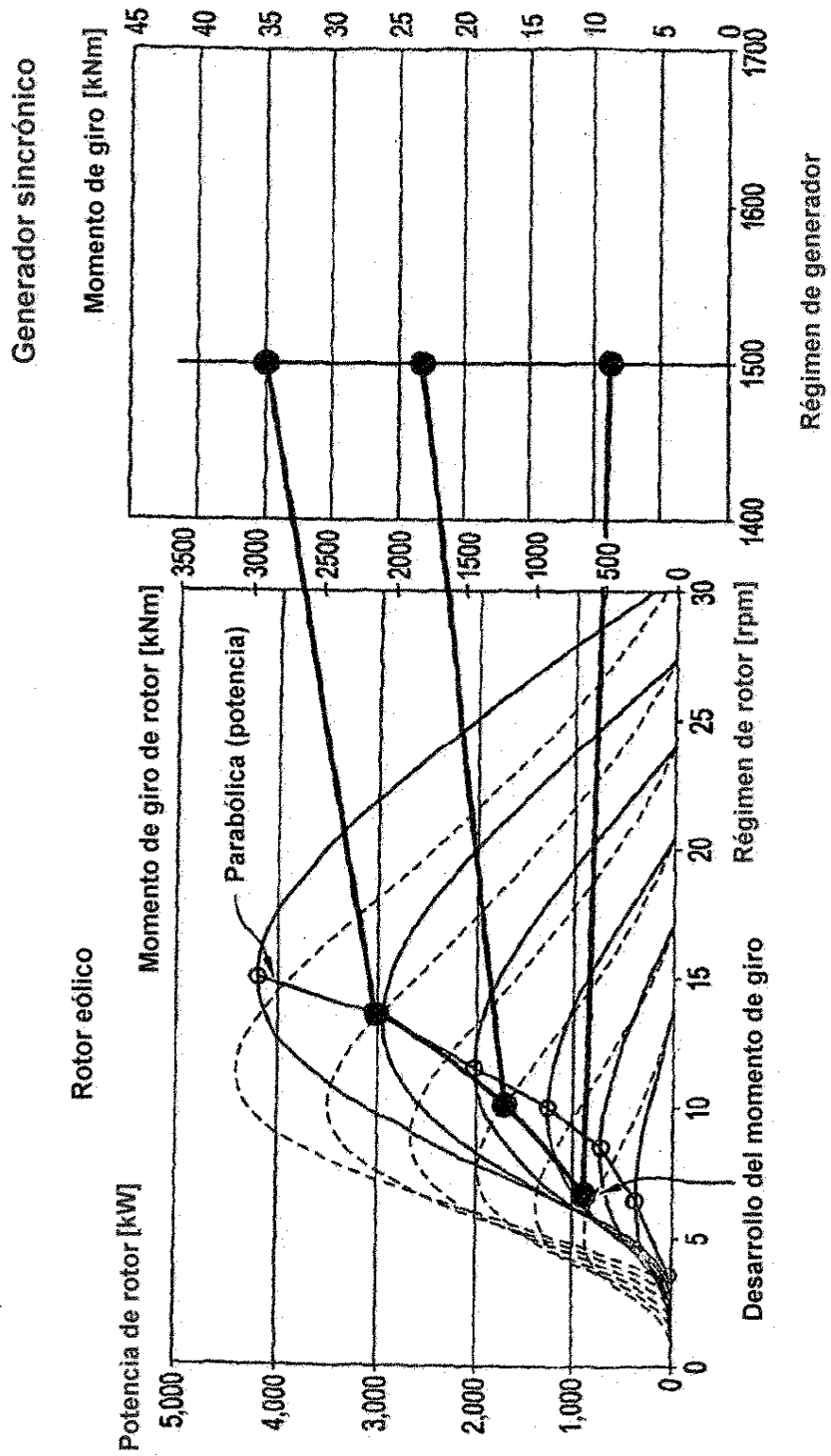


Fig.3

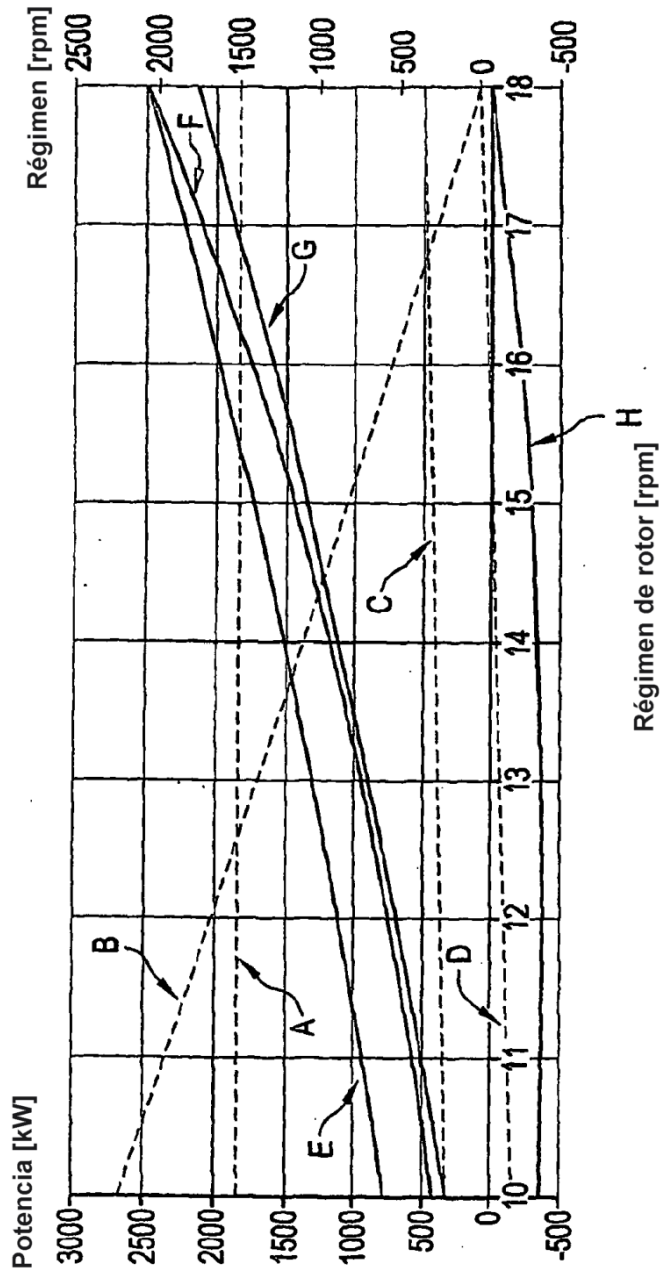


Fig.4

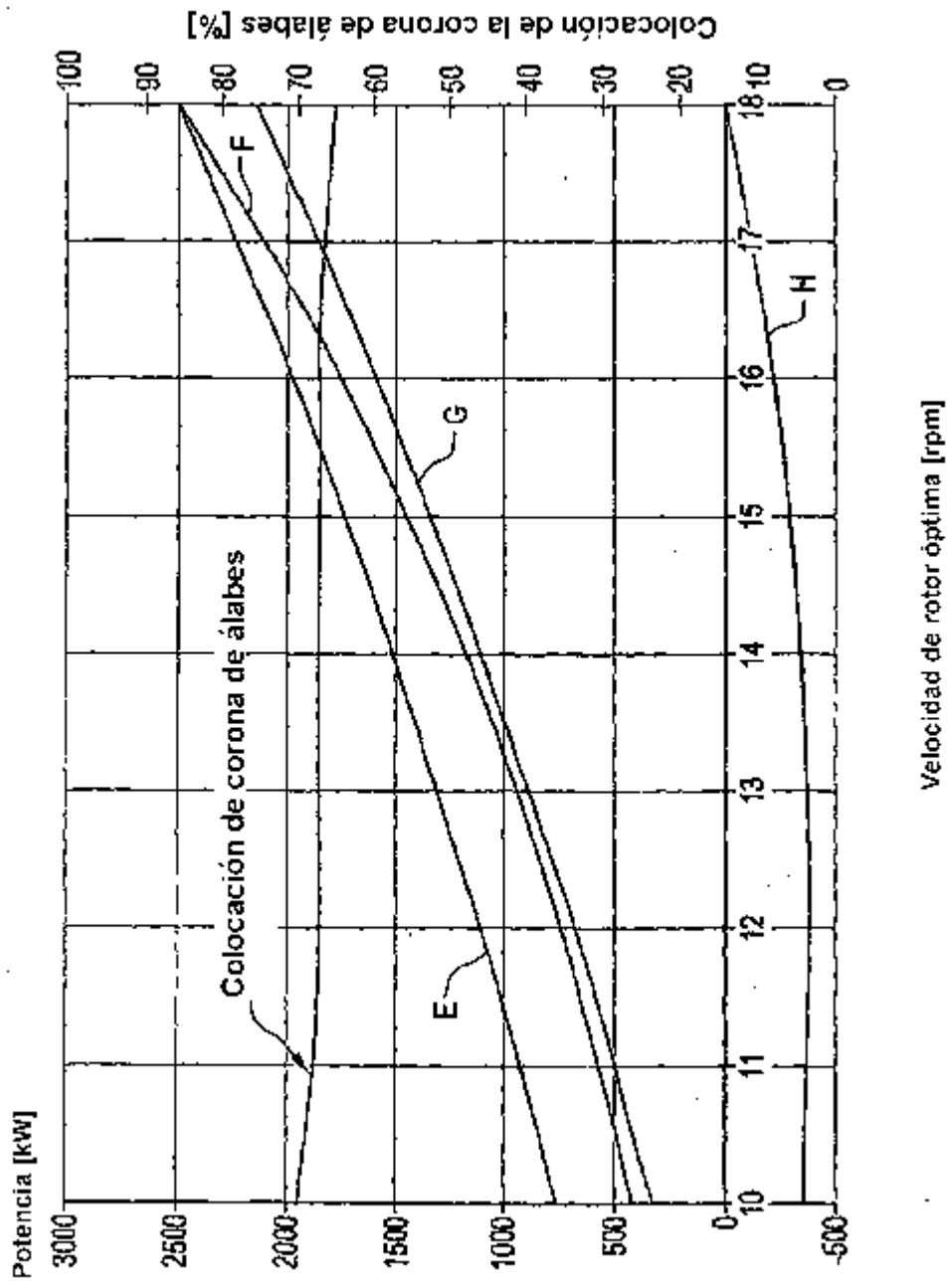


Fig. 5a

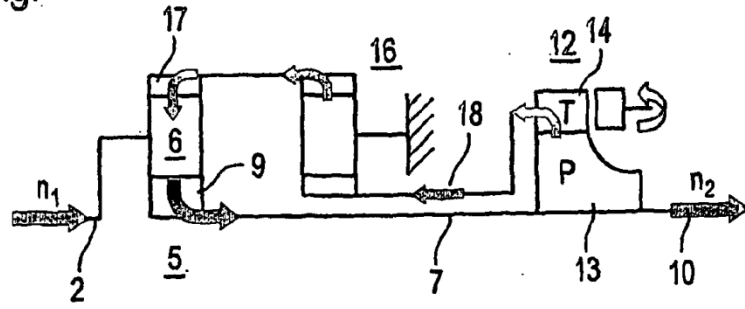


Fig. 5b

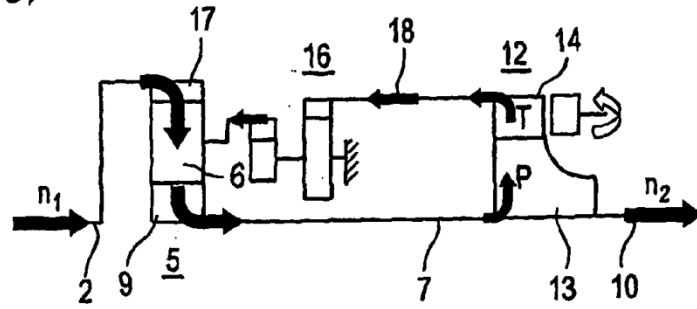


Fig. 5c



Fig. 6

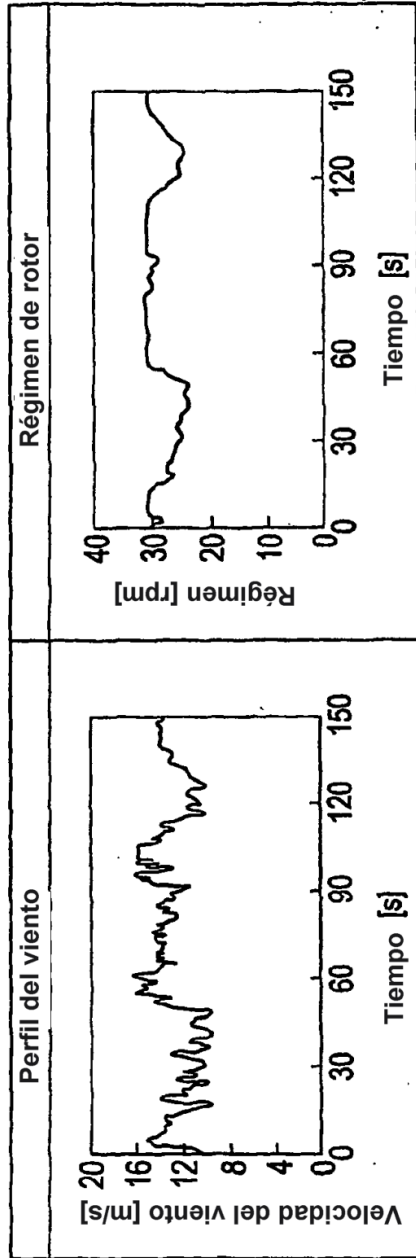


Fig. 7

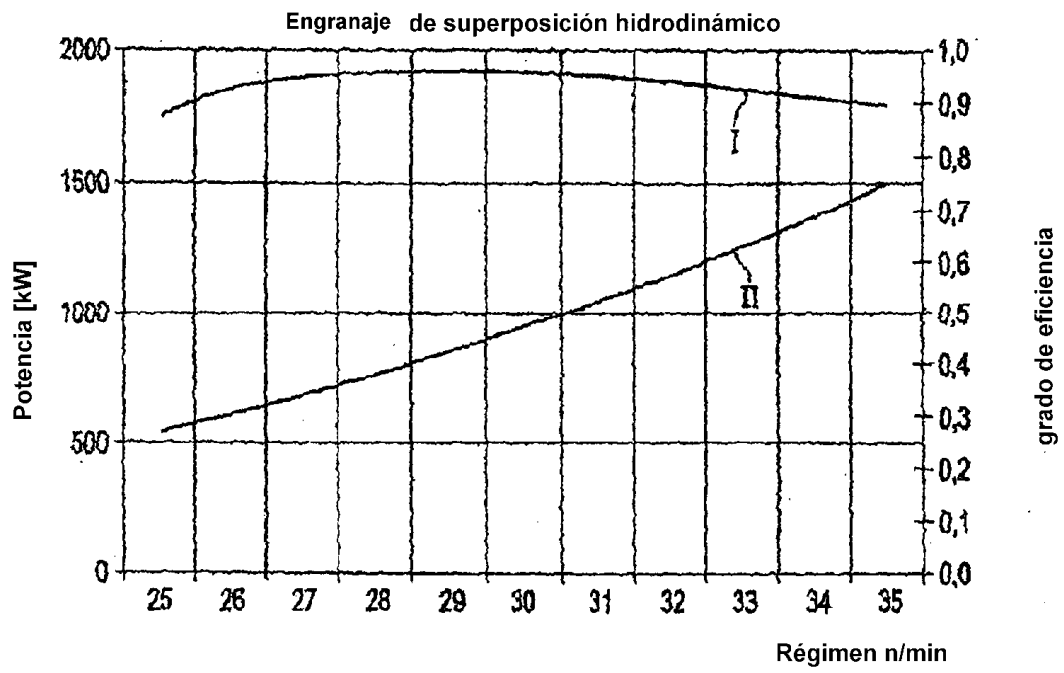


Fig. 8

