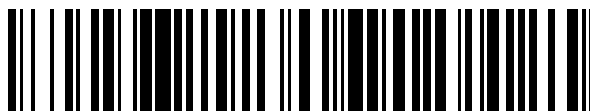


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 478 591**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F15B 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2007** **E 07823067 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.05.2014** **EP 2072815**

54 Título: **Sistema de giro de pala de aerogenerador**

30 Prioridad:

11.10.2006 ES 200602592

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2014

73 Titular/es:

GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L.
(100.0%)

Polígono Industrial Ciudad de la Innovacion 9-11
31621 Sarriguren (Navarra), ES

72 Inventor/es:

STEFFENSEN, ULRIK

ES 2 478 591 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

SISTEMA DE GIRO DE UNA PALA DE AEROGENERADOR

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a los aerogeneradores en general y más específicamente a un sistema de giro de al menos una pala de aerogenerador durante el proceso de parada del rotor de dicho aerogenerador.

10 ANTECEDENTES

Con los recursos energéticos volviéndose gradualmente más escasos y costosos, la producción energética a partir del viento se convierte progresivamente más atractiva. Consecuentemente, durante los últimos años se ha incrementado el interés hacia las energías alternativas como la electricidad generada a partir del viento.

Cuando un aerogenerador funciona en condiciones normales, las palas pueden girarse a posición de bandera durante la parada del aerogenerador. Esto puede realizarse de manera controlada la mayoría de las veces, pero durante las paradas de emergencia, en caso de caída de tensión de red, fallo en el generador o en el sistema de control, el giro de las palas pueden generar diversas cargas incontroladas a la hora de realizar una parada de emergencia.

Mientras que el sistema de control de cambio de paso de la pala del aerogenerador puede ser capaz de llevar las palas a posición de bandera, por ejemplo en caso de excesiva velocidad del viento, los sistemas de puesta en bandera son utilizados para llevar las palas a bandera en caso de emergencia durante un fallo del sistema de control de cambio de paso. Una practica común para conseguir dicha puesta en bandera es ajustar aproximadamente a 90° el ángulo de giro de las palas, de forma que el flujo del viento sobre las palas reduce rápidamente la velocidad de giro del rotor. De esta manera el par provocado por las palas y por ende la velocidad de rotación del rotor del generador es minimizada.

Se han intentado varios sistemas para proporcionar a los aerogeneradores sistemas de puesta en bandera de las palas cuando se considera necesario desconectar el aerogenerador. Para reducir el tiempo de parada en condiciones de excesiva velocidad del viento, es deseable una rápida
5 puesta en bandera. Por otra parte, la puesta en bandera a un ritmo constante, una alta velocidad puede redundar en una sobrecarga en la pala debido al considerable par de deceleración y al empuje inverso experimentado por las palas a medida que alcanzan la posición de bandera. Por lo tanto, como las palas son orientadas a la posición de bandera, el giro de la pala aumenta hasta
10 tal punto donde el flujo del viento no proporciona un momento positivo sobre el rotor de la turbina, el paso siguiente a realizar sería reducir la la velocidad de puesta en bandera para reducir el par de deceleración y el empuje inverso experimentado por las palas, minimizando así el estrés de la pala. Por razones de seguridad, la reducción de la velocidad de giro de las palas como resultado
15 de la aproximación a la posición de bandera no debe anteponerse a alcanzar la posición de bandera con la máxima rapidez mientras el flujo de aire sobre las palas genere un par positivo en el eje del rotor.

Los sistemas de cambio de paso de emergencia son principalmente hidráulicos o eléctricos.

20 La patente US 4462753 presenta un sistema hidráulico/mecánico de cambio de paso para aerogeneradores con un sistema de emergencia separado. El sistema de puesta en bandera incluye un actuador de puesta en bandera, sistemas de control operativamente conectados a él y dispositivos de ajuste operativamente conectados a los sistemas de control para variar selectivamente
25 el ratio de operación del actuador de puesta en bandera, para la puesta en bandera de las palas de la turbina de viento a velocidad variable. Una desventaja de esta invención es la necesidad de un seguidor para el funcionamiento de la válvula. El seguidor es costoso y problemático de fabricar. Otra desventaja de esta invención es que usa actuadores separados para girar
30 las palas durante una parada de emergencia y otro actuador para el funcionamiento normal. Otra desventaja adicional del desarrollo es el uso de

bombas eléctricas para girar las palas durante la emergencia. En caso de caída de tensión, esto podría acarrear consecuencias fatales.

Los problemas de cambio de paso de emergencia han sido previamente resueltos introduciendo una válvula de control en el sistema hidráulico que limita la velocidad de giro alrededor de los 10 grados/segundo. Esta velocidad de giro es una solución que limita la velocidad de rotación a un valor aceptable en la mayoría de los casos. Gracias a ello se pueden prevenir las cargas extremas de la turbina. El problema crucial es que las válvulas de control del flujo son inexactas. Esta pérdida de exactitud supone que puedan darse flujos de 11 grados/segundo. Las cargas pueden por consiguiente verse incrementadas significativamente. Otra desventaja es que la velocidad de giro depende de la viscosidad del aceite y por lo tanto de la temperatura del mismo.

Los sistemas eléctricos trabajan de forma diferente. Cuando se activa el cambio de paso de emergencia, no existe garantía de continuidad eléctrica en el resto del aerogenerador. Esto puede ser crucial debido al hecho de que el sistema de control puede quedar fuera de servicio. Las baterías u otras fuentes de alimentación eléctrica situadas junto al sistema de giro pueden llevar las palas a posición de bandera. La desventaja de este método es que el generador normalmente origina un par de oposición, sin embargo en caso de disfunción eléctrica el par de oposición no aparecerá. De forma que se puede producir un importante incremento en la velocidad angular del rotor, que puede repercutir en el eje de giro y en el peor de los casos dañar algún componente. Además, las cargas aerodinámicas pueden producir severas cargas incontrolados, debido a que las cargas, generalmente hablando, son proporcionales al cuadrado de la velocidad. Por otro lado, si el giro es demasiado rápido, la pala experimentará una sustentación negativa, y por lo tanto, el rotor puede empujar la turbina hacia delante e introducir cargas extremas en las palas y la torre.

La patente WO06007838 muestra un método de control de al menos una pala durante el proceso de parada del rotor de un aerogenerador. El método optimiza el control de la velocidad del proceso en respuesta a uno o más valores del sistema y/o uno o más valores del entorno del sistema cuando cambia su velocidad de giro de 10 grados/segundo de la etapa inicial a 5 grados/segundo

de la etapa final durante el proceso de parada. En la invención se presenta el sistema de control y el aerogenerador, así como su uso. Una desventaja de este sistema es el uso de un sistema de control durante la parada de emergencia. Mientras que sería ventajoso utilizar únicamente un sistema pasivo mecánico, la
5 invención emplea un sistema de control de la turbina que requiere alimentación eléctrica con la desventaja y el riesgo en caso de caída de tensión.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema simple y
10 fiable y un método para el control de cambio de paso de una pala de un aerogenerador durante el proceso de parada de emergencia de del rotor sin que se produzcan las desventajas anteriormente mencionadas. Especialmente, el objeto de la invención es proporcionar un método y un sistema, en el cual el proceso de parada sea fiable y simple y funcione también durante caídas de
15 tensión. Otras ventajas de la presente invención serán detalladas en la realización práctica de la invención.

El objeto de la presente invención se lleva a cabo por un sistema para girar la pala del de un aerogenerador. El sistema tiene un primer sistema de cambio de paso configurado para girar las palas durante el funcionamiento en
20 condiciones de trabajo normales basado en la realimentación de la señal del sistema de control de cambio de paso, donde el sistema es configurado para girar las palas a la posición de bandera con una velocidad variable durante el proceso de una parada de emergencia. Es más, el sistema además del primer sistema de guiado del giro tiene también un sistema no realimentado de cambio
25 de paso de emergencia para girar las palas a posición de bandera.

El sistema de acuerdo con la presente invención no necesita un lazo de control en situaciones de emergencia y es por tanto, independiente de cualquier sistema de control eléctrico. El sistema de parada de emergencia también funciona en caso de caída de tensión.

30 Preferiblemente el sistema de cambio de paso es de naturaleza hidráulica, donde las válvulas se encuentren abiertas o cerradas hasta el reconocimiento de una situación de emergencia, como por ejemplo una

velocidad del rotor cercana un umbral de seguridad predeterminado, o en caso de un fallo de red. Según lo explicado anteriormente, son posibles varias realizaciones prácticas.

La invención es configurada para una velocidad de cambio de paso
5 variable durante una parada de emergencia. Especialmente, la velocidad de giro es regulada por etapas en uno o más pasos, por la razón explicada en la introducción anterior.

La invención también abarca un sistema para conducir una pala a
10 posición de bandera durante una parada de emergencia del rotor del aerogenerador, que comprende un actuador hidráulico conectado funcionalmente con la pala para cambiar el giro de la pala durante el movimiento del actuador hidráulico y un acumulador de emergencia conectados al actuador hidráulico para conducir dicho actuador hidráulico con el fluido del acumulador de emergencia. El acumulador de emergencia almacena el fluido bajo presión,
15 que se puede liberar durante una parada de emergencia. Debido al almacenaje de la energía potencial en el acumulador de emergencia, ninguna otra energía, como la corriente eléctrica, es necesaria para conducir el actuador hidráulico.

El sistema además comprende un circuito desde el acumulador de emergencia hasta una cara del pistón en el actuador hidráulico, un primer
20 circuito desde el lado opuesto del pistón a un primer acumulador para recibir el caudal con un primer flujo volumétrico desde el actuador hidráulico durante el giro de la pala a posición de bandera, y un segundo circuito desde el lado opuesto del pistón a un segundo acumulador para recibir el caudal a un segundo flujo volumétrico desde el actuador hidráulico durante el giro de la pala a la
25 posición de bandera, donde la capacidad del primer acumulador es menor que la capacidad volumétrica del acumulador de emergencia para disminuir la velocidad de giro durante el llenado del segundo acumulador una vez se ha llenado el primer acumulador. El término "flujo volumétrico" se refiere aquí a la cantidad de fluido por unidad de tiempo.

30 Por ejemplo, el acumulador de emergencia puede comprender un miembro resistente para mantener el fluido bajo presión en el acumulador de emergencia, el miembro resistente se configura para conducir el fluido del

acumulador de emergencia debido a la extensión o a la contracción del miembro resistente.

Aunque puede no ser una solución preferente, el acumulador de emergencia puede comprender como alternativa al miembro resistente, un
 5 miembro pesado sobre el fluido en el acumulador de emergencia para mantener el fluido bajo presión, el miembro pesado se configura para conducir el fluido del acumulador de emergencia mediante el movimiento descendente del miembro pesado.

Tal y como se ha empleado en la presente invención, la palabra miembro
 10 resistente abarca a cualquier miembro resistente capaz de ser expandido o contraído. El miembro resistente podría a modo de ejemplo ser un resorte o un gas presurizado como por ejemplo el aire.

La actual invención proporciona un sistema de cambio de paso de emergencia preparado para girar una pala un cierto ángulo, por ejemplo 6-8
 15 grados, para reducir rápidamente la elevación de dicha pala. Al girar este ángulo, la elevación en la lámina será reducida perceptiblemente y, por consiguiente, se conseguirá reducir la velocidad angular del rotor. A continuación, las palas se giran lentamente durante el resto del recorrido hasta llegar a la posición de bandera final. Cuando el ángulo del ataque corresponde
 20 al ángulo del ataque negativo máximo, la velocidad relativa de las palas es baja y por lo tanto no soportarán grandes cargas. De este modo el sistema proporciona una herramienta simple y fiable para controlar por lo menos el giro de una pala durante el proceso de parada de emergencia del rotor de un aerogenerador. El sistema proporciona un método, en el cual la velocidad de
 25 cambio de paso es variable e independiente de los valores instantáneos del sistema de control. Por consiguiente, el sistema de cambio de paso funciona de la manera prevista incluso en casos de caída de tensión, fallo en el sistema del generador o de control y otras situaciones, en los cuales los sistemas alternativos no pueden girar las palas y por ende se generan fuertes cargas
 30 incontroladas.

Teniendo un acumulador de emergencia que comprende un resorte para almacenar el fluido a presión en el acumulador de emergencia, el resorte es

configurado para conducir el fluido del acumulador de emergencia debido a la extensión o a la contracción del resorte, es posible almacenar la energía mecánica y utilizarla para girar una pala de la turbina eólica a posición de bandera durante un proceso de parada de emergencia. De esta forma, se
5 alcanza un sistema puramente mecánico que funciona en ausencia de corriente eléctrica. Dicho sistema proporciona un alto grado de seguridad.

El acumulador de emergencia puede también comprender un miembro pesado encima del fluido que hay en el acumulador de emergencia para almacenar el fluido bajo presión. Asegurando que el miembro pesado es
10 configurado para propulsar el fluido del acumulador de emergencia debido al movimiento descendente del miembro pesado, la energía mecánica se puede almacenar y utilizar para conducir una pala de la turbina eólica a posición de bandera.

En una realización particular de la de la presente invención, el sistema
15 comprende una dispositivo de válvulas para la activación del escape del fluido del acumulador de emergencia, en el que la disposición de las válvulas se configura para activar el escape del fluido del acumulador de emergencia mediante una señal de activación, dicha señal de activación indica que la velocidad de la turbina sobrepasa cierto valor umbral, y consiste en una señal no
20 realimentada por el sistema de control para el funcionamiento del rotor en condiciones normales. Liberando el fluido del acumulador de emergencia debido a una señal de activación que indica que la velocidad de la turbina sobrepasa cierto umbral emplear una señal realimentada del sistema de control, se consigue un sistema capaz de funcionar apropiadamente, aun cuando el sistema
25 de control esté dañado o fuera de servicio, liberando el fluido provisto para conducir el actuador hidráulico. El valor umbral se puede predeterminedar según pautas generales.

En otra realización de la presente invención, el sistema comprende un dispositivo de válvulas para la activación del escape del fluido del acumulador de
30 emergencia, en el que la disposición de las válvulas se configura para activar la liberación del fluido del acumulador de emergencia debido a una señal de la activación, donde la ausencia de corriente eléctrica en el dispositivo de válvulas

es la propia señal de la activación. De este modo, es posible operar el sistema en caso de caída de tensión, fallo en el sistema del generador o de control y otras situaciones, en las cuales los sistemas alternativos pueden fallar a la hora de girar las palas y por consiguiente introducir grandes cargas incontroladas.

5 Este mecanismo es extremadamente importante y requerido en muchas situaciones de emergencia para prevenir enormes daños.

En otra realización más de la presente invención, el dispositivo de válvulas comprende una válvula de emergencia de resorte entre el acumulador de emergencia y el actuador hidráulico, que se configura para ser cerrada
10 durante el normal funcionamiento de la turbina debido a la acción de la presión hidráulica que el fluido contra el resorte. Así se consigue que el dispositivo de válvulas se abra automáticamente en situaciones de emergencia debido a la ausencia de corriente eléctrica. Sin embargo, también es posible aplicar un sistema de control para establecer la apertura de la válvula de emergencia en
15 situaciones de emergencia sin la ausencia de corriente eléctrica. De hecho, con la presente invención se puede conseguir una combinación de un sistema independiente de la corriente eléctrica junto con otro sistema dependiente de la corriente eléctrica.

En otra realización de la actual invención, la presión del fluido se controla
20 por una válvula que es precargada por un resorte, que se puede liberar por la señal de la activación. De esta manera es posible controlar la válvula de forma sencilla. La señal de la activación puede ser una señal generada por un sistema de control o una señal generada por la ausencia de corriente eléctrica. Cerrando la válvula por medio de un actuador eléctrico que carga el resorte, la válvula
25 puede abrirse liberando el resorte. La liberación del resorte puede realizarse usando un actuador eléctrico en presencia de electricidad, o por la ausencia de corriente eléctrica necesaria para sujetar el resorte y mantener la válvula cerrada. En caso de no haber electricidad disponible, el actuador eléctrico no puede sujetar el resorte que por tanto se libera y comienza a girar la pala de la
30 turbina eólica a posición de bandera.

Lo antedicho satisface el objeto de la presente invención para proporcionar un sistema y un método en los cuales la velocidad de cambio de paso variable, por ejemplo dividiendo las velocidades en al menos dos etapas.

De esta manera se consigue un sistema, que de forma sencilla, puede
5 girar una pala a posición de bandera en dos velocidades. La presencia del
circuito entre el acumulador de emergencia y una cara del pistón en el actuador
hidráulico asegura que el fluido puede mover el pistón en el actuador hidráulico
durante una situación de emergencia. El circuito desde el lado opuesto del
pistón en el actuador hidráulico al primer acumulador provee los medios para el
10 transporte del fluido desde el actuador hidráulico durante el giro de la pala de un
aerogenerador a posición de bandera a una primera velocidad de puesta en
bandera. Dado que la capacidad del primer acumulador es menor que la
capacidad volumétrica del acumulador de emergencia, la velocidad de cambio
de paso varía una vez se llena el primer acumulador. Esta velocidad menor de
15 giro después del llenado del primer acumulador puede ser controlada ajustando
el flujo volumétrico del fluido en el circuito entre el primer y el segundo
acumulador.

Así, esta realización práctica también cumple el propósito de la presente
invención proveyendo un sistema y un método en el que la velocidad de cambio
20 de paso es independiente de los valores realimentados del lazo de control.

En una realización preferencial de la presente invención, se provee un
regulador de caudal en el segundo circuito limitando el flujo del segundo
acumulador respecto al flujo del primer acumulador. El regulador de caudal
puede ser por ejemplo una tobera ó una válvula. Situando una tobera o una
25 válvula en el segundo circuito para restringir el flujo del segundo acumulador
respecto al flujo del primer acumulador, es posible de una manera sencilla
proveer un sistema de regulación de la velocidad de cambio de paso. Los
elementos pueden ser puramente mecánicos, de forma que el sistema puede
operar en ausencia de electricidad. Si el regulador de caudal restringe
30 severamente el caudal, durante la primera etapa de la parada de emergencia, en
primer lugar el flujo llenará el primer recipiente mientras que un pequeño caudal
irá al segundo recipiente. Una vez llenado el primer recipiente, el fluido puede

únicamente ser transmitido al segundo recipiente a través del regulador de caudal determinando la velocidad de cambio de paso durante la segunda etapa de la puesta en bandera.

En otra realización particular de la actual invención, el primer depósito del acumulador comprende un miembro resistente y un acumulador para contener el fluido en el acumulador de emergencia bajo presión, el acumulador es configurado para recibir el fluido bajo flujo volumétrico decreciente debido a la extensión o a la contracción del miembro resistente durante el llenado del primer depósito del acumulador. Empleando un miembro resistente, por ejemplo un resorte, la fuerza para llenar el primer depósito del acumulador aumenta continuamente durante el llenado del primer depósito, implicando una disminución constantemente de la velocidad de cambio de paso. Usando a un miembro resistente, la energía mecánica se puede almacenar en el miembro resistente. El fluido hidráulico se puede proveer luego de la energía almacenada para salir del depósito del acumulador. El acumulador, que por ejemplo puede ser un cartucho o un cilindro, es capaz de recibir cierta cantidad de fluido. El miembro resistente puede ser expandido o contraído para proporcionar espacio para el fluido que se almacena en el primer acumulador. Cambiando el volumen del acumulador es posible alterar la duración del llenado del primer acumulador y por lo tanto la duración de la primera etapa del proceso de puesta en bandera.

De la descripción anterior, se desprende que la velocidad de cambio de paso es regulada por el volumen del primer depósito y por el regulador de caudal al segundo depósito. Además, en el caso de los miembros elásticos tales como resortes, se produce una variación del flujo durante la puesta en bandera debido a la compresión continuada del resorte en el primer depósito y a la liberación continuada del resorte en el acumulador de emergencia. Además, se pueden emplear limitadores de flujo adicionales para fijar exactamente el caudal en este sistema pasivo con los requisitos generales para la velocidad de cambio de paso en situaciones de emergencia.

En otra realización de la presente invención, el actuador hidráulico se configura para la regulación del giro de la pala también bajo condición de funcionamiento normal de la turbina del viento. De modo que se provee un

sistema de menores exigencias técnicas para la regulación del cambio de paso de la pala. De esta forma, el sistema de cambio de paso requiere menos espacio, ya que el sistema operativo en condiciones normales y el sistema de emergencia pueden hacer uso de los mismos circuitos hidráulicos. Este hecho
 5 satisface otro objetivo de la actual invención por proporcionar un sistema y un método donde se utiliza el mismo mecanismo para girar las palas tanto durante una parada de emergencia como durante su normal funcionamiento.

En otra realización de la presente invención, el sistema comprende una válvula proporcional para conducir el actuador hidráulico durante el
 10 funcionamiento normal, donde el sistema comprende válvulas configuradas para desviar hidráulicamente la válvula proporcional en condiciones de emergencia. Usando una válvula proporcional, es posible dirigir el actuador hidráulico durante el funcionamiento normal. El proceso de cambio de paso puede lograrse usando ajustes menores. Esto es extremadamente importante durante el funcionamiento
 15 normal. Por consiguiente, la combinación de un “sistema de cambio de paso de emergencia” y de un “sistema de cambio de paso en condiciones normales” es una solución óptima.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

20 La invención será explicada en detalle a continuación con referencia a las siguientes figuras, donde

La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de la realización de la presente invención con un acumulador de emergencia cargado mediante un resorte,

25 La Figura 2 muestra una turbina eólica con tres palas en el rotor de la turbina eólica,

La Figura 3 ilustra esquemáticamente las fuerzas involucradas durante el proceso de cambio de paso de una pala según la presente invención,

30 La Figura 4 muestra un diagrama de bloques de una realización alternativa con un elemento pesado para cargar el acumulador de emergencia,

La Figura 5 muestra otra realización con una regulación de velocidad en el lado de entrada del actuador hidráulico,

La Figura 6 muestra un esquema para un motor que carga el acumulador de emergencia.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

5

La figura 1 muestra un diagrama de bloques del circuito hidráulico en situación de parada mecánica en la realización del sistema de cambio de paso y de puesta en bandera de la pala de una turbina eólica según la presente invención. Un pistón 4 es adaptado para moverse dentro de un cilindro del actuador hidráulico 3 de la pala de una turbina eólica en presencia de fluido hidráulico 2, 11. El pistón 4 está conectado a una pala de la turbina eólica según se muestra en la FIG.2 mediante un vástago 36. El acumulador de emergencia 8 tiene un resorte 14 y un pistón 12 encerrado en un cilindro 16 que contiene el fluido hidráulico. El acumulador de emergencia 8 se puede vaciar a través de un circuito 18, 20 que está conectada al primer lado del actuador hidráulico 3. En condiciones normales, el actuador hidráulico 3 puede mover el vástago 36 y fijar así la orientación de la pala 48 por medio de la válvula proporcional 10 controlada por un sistema de control, por ejemplo en relación a la válvula proporcional 10. En condiciones normales, el fluido hidráulico se puede evacuar de la válvula proporcional 10 para alimentar el primer lado del actuador hidráulico 3 por un circuito 24. Esta acción moverá el pistón 4 del actuador hidráulico 3 a la derecha. Durante esta operación el fluido hidráulico será vaciado del segundo lado del actuador hidráulico 3 a la válvula proporcional 10 por el circuito 32. Asimismo se puede conseguir el movimiento inverso del pistón mediante la válvula proporcional en condiciones normales de funcionamiento.

Durante una situación de la emergencia, en caso de caída de red y fallo en el generador o en el sistema de control, la orientación de las palas se establece por medio del sistema de emergencia. En presencia de una señal de activación, que podría deberse a la ausencia de electricidad o a que la velocidad de giro exceda un valor umbral predeterminado, detectado por ejemplo por el sistema de control, las válvulas de emergencia 23, 37, 31 se abren y la válvula proporcional 10 se cierra, o la válvula de presión 25 en el circuito 24 se cierra.

Por consiguiente, el fluido hidráulico se vacía del acumulador de emergencia 8 debido a la energía mecánica almacenada en el resorte 14 del acumulador de emergencia. Entonces, el único camino para el fluido hidráulico es entrar en el actuador hidráulico 3 moviendo el pistón 4 del actuador hidráulico y, de ese modo, se conduce la pala 46 a posición de bandera. En la etapa inicial del proceso de puesta en bandera, el movimiento del pistón 4 del actuador hidráulico vaciará el fluido hidráulico del segundo lado del actuador hidráulico 3 a través del circuito 33, 34, 38 en el primer depósito 6 debido a la diferencia de resistencia relativa del flujo en el primer inyector del depósito 43 y en el segundo inyector del depósito 41 dado que la resistencia al flujo es más alta en el segundo inyector del depósito 41 que en el primer inyector del depósito 43. Cuando el primer depósito 6 es abastecido con una cierta cantidad de fluido hidráulico, se igualan las fuerzas a ambos lados del pistón del primer acumulador del depósito 44. A partir de aquí, el fluido hidráulico vaciado del actuador hidráulico 3 puede atravesar solamente el circuito 26 conectado al segundo depósito 66.

Hay que destacar que el resorte 42 del acumulador 6 es opcional y puede ser omitido. El vaciado del fluido del actuador hidráulico 3 puede en este caso ser a través del circuito 26 conectado con el segundo depósito 66 cuando el depósito se llena. El segundo depósito se puede equipar con un resorte y un pistón. Sin embargo, esta disposición del resorte puede también ser omitida, y el segundo depósito 66 puede ser un tanque para recibir el fluido del actuador hidráulico 3.

Como alternativa o además de los limitadores de flujo 43, 41, es posible emplear la válvula de control de flujo 37, 31 con un retraso en la regulación de la cantidad del flujo. De esta manera, se puede inicialmente forzar al fluido a entrar en el primer depósito 6 cuando una válvula 37 se abre. A partir de aquí, la otra válvula 31 se puede abrir para suministrar el llenado del segundo depósito 66.

Tal y como se ha descrito, el circuito hidráulico puede realizar una parada de emergencia de la pala 46 desviando la válvula proporcional 10, que es aislada hidráulicamente durante una parada de emergencia, por ejemplo cerrando las válvulas 25 y 25'. Por ejemplo, el cierre de las válvulas 25, 25' y la

apertura de las válvulas 23, 37, 39 y 31 puede conseguirse mediante válvulas eléctricas ó, alternativamente, válvulas hidráulicas que requieren presión hidráulica para abrirse o cerrarse respectivamente. En caso de emergencia, esta presión puede fallar, dando como resultado el apropiado cierre o apertura pasiva
 5 de las válvulas respectivas. La velocidad de cambio de paso durante una parada de emergencia se puede controlar de varias maneras; usando las válvulas reguladoras de flujo o inyectoras y colocando estos componentes en el lado de entrada, el lado de salida o ambos lados del cilindro de cambio de paso 3.

La figura 2 ilustra una turbina eólica 50 con tres palas 48. La turbina
 10 eólica comprende una torre 46 una barquilla 54 y un buje 52. El viento que pasa por el área de barrido de las palas 48 permitirá al rotor girar en un plano perpendicular a la dirección del viento. Este movimiento rotatorio puede ser utilizado para la generación eléctrica que se puede suministrar a la red.

La figura 3 muestra las fuerzas implicadas durante una operación de
 15 guiado de una pala según la presente invención. La pala 48 se gira en dirección contraria a las agujas del reloj desde una posición 62 a la posición 64. La pala 48 es guiada fuera del empuje del viento a la posición 64 por una rotación sobre su eje longitudinal para reducir la carga de la pala. Se muestra la dirección del viento 60, la velocidad rotacional 56 y W_r 58. La pala 48 se gira a posición de
 20 bandera desde la posición 62 a la posición 64. La posición 62 corresponde a cualquier situación durante el normal funcionamiento, donde las palas 48 se hayan enfrentadas al viento para optimizar las fuerzas de elevación en la pala y hacer girar el eje del rotor de la turbina eólica. La pala 48 está bajo influencia de una fuerza de la elevación ortogonal a la dirección del viento y bajo una fuerza
 25 resistente paralela a la dirección del viento 60. La suma de la fuerza de elevación y de la fuerza resistente determina la magnitud de la aceleración de la pala 48.

La figura 4 muestra un diagrama de bloques del circuito hidráulico en una situación de parada mecánica representando un sistema de cambio de paso y
 30 de puesta en bandera de la pala igual que la presentada en la figura 1. Sin embargo el acumulador de emergencia 8 tiene un pistón 129 en el acumulador

de emergencia que se carga con un peso 74 en vez de un resorte. Alternativamente, el resorte se puede sustituir suministrando un gas presurizado.

Otro sistema alternativo se muestra en la figura 5. Un acumulador de emergencia 8, activado en situaciones de emergencia, está conectado con el cilindro de cambio de paso 3 a través de la válvula 23 y el circuito 20. El fluido del cilindro de emergencia puede pasar a través de la válvula 23 al cilindro de cambio de paso 3 de dos formas, la primera de ellas a través del circuito 18, circuito 21, regulador de caudal 43', cara del pistón 27, y el circuito 21', y el segundo camino es a través del circuito 18, el regulador de caudal 41' y el circuito 18'. Como el regulador de caudal 41' es más estrecho que el regulador de caudal 43', el flujo pasará sobre todo a través del limitador 43' al principio del proceso de emergencia de puesta en bandera. La cámara del pistón 27 recibirá el fluido en el compartimiento inferior 30 y empujará el pistón 28 hacia arriba, lo que vacía el fluido del compartimiento superior 30' y provoca el primer movimiento rápido del pistón 4 en el cilindro de cambio de paso 3. Después del llenado completo del compartimiento inferior 30 y el vaciado del compartimiento superior 30', no puede pasar más fluido a la cámara del pistón 27 y sólo es posible dirigir el flujo hacia la entrada más restrictiva en la línea 18, 18' que causan un segundo movimiento más lento del pistón 4 del cilindro de cambio de paso 3.

La figura 6 representa otra realización más. Como ya es sabido de las soluciones del estado del arte, en condiciones normales para mover las palas se utiliza un motor eléctrico (C.A. ó C.C.) con engranajes,. Sin embargo, este sistema eléctrico controlado por lazo cerrado se combina con un sistema de emergencia hidráulico en lazo abierto. En este caso la bomba del motor se emplea por un lado para rellenar el acumulador de emergencia, y por otro, para girar las palas en caso de emergencia cuando el sistema eléctrico aun funciona. Si el sistema eléctrico deja de funcionar, la combinación de las válvulas, la energía almacenada en las válvulas y la energía del acumulador hidráulico se emplea para dirigir el fluido y cambiar el giro de las palas en dos o más etapas. Los sistemas derivados de las figuras 1, 4 y 5 pueden ser usado en este caso.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de giro de una pala de aerogenerador (46), comprende un primer sistema de giro configurado para ajustar el cambio de paso de las palas durante el funcionamiento del aerogenerador en condiciones normales basado en la realimentación de una señal del sistema de control de cambio de paso, en el que el sistema está configurado para girar las palas a posición de bandera con velocidad de cambio de paso variable durante un proceso de parada de emergencia, el sistema además del primer sistema de cambio de paso comprende un sistema de cambio de paso de emergencia no realimentado para girar las palas a posición de bandera, el sistema está configurado para disminuir escalonadamente la velocidad de cambio de paso durante la parada de emergencia y el sistema de cambio de paso de emergencia comprende un actuador hidráulico (3) funcionalmente conectado a la pala (46) para cambiar el giro de la pala (46) durante el movimiento del actuador hidráulico y un acumulador de emergencia (8) conectado al actuador hidráulico (3) para dirigir el actuador hidráulico (3) con el fluido del acumulador de emergencia, estando dicho fluido almacenado bajo presión en el acumulador de emergencia y caracterizado porque el sistema comprende unas líneas (18, 20) desde el acumulador de emergencia (8) hasta uno de los lados del pistón (4) del actuador hidráulico (3), una primera línea (33, 34) desde el lado opuesto del pistón hasta el primer depósito (6) para recibir el fluido con un primer flujo volumétrico desde el actuador hidráulico (3) durante el guiado de la pala (46) a posición de bandera, y una segunda línea (26) desde el lado opuesto del pistón (4) hasta un segundo depósito (66) para recibir un segundo flujo volumétrico desde el actuador hidráulico (3) durante el guiado de la pala (46) a posición de bandera, donde la capacidad del primer depósito (6) es menor que la capacidad volumétrica del acumulador de emergencia (8) para reducir la velocidad de cambio de paso durante el llenado del segundo depósito (66) tras haber llenado el primer depósito (6) .

2. Sistema según reivindicación 1, caracterizado porque

- el acumulador de emergencia (8) comprende un resorte (14) para mantener bajo presión el fluido en el acumulador de emergencia (8), estando el resorte (14) configurado para conducir el fluido fuera del acumulador de emergencia (8) debido a la expansión o contracción del resorte (14)

5 ó

- el acumulador de emergencia (8) comprende un peso (74) sobre el fluido del acumulador de emergencia para mantener bajo presión el fluido, estando el peso (74) configurado para conducir el fluido fuera del acumulador de emergencia (8) debido al movimiento descendente del peso (74).

10

3. Sistema según reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque comprende una distribución de válvulas (23, 37, 31) para liberar el fluido presurizado en el acumulador de emergencia (8), donde la distribución de las válvulas está configurada para liberar el fluido del acumulador de emergencia (8) debido a una
15 señal de activación, indicando la señal de activación una velocidad de la turbina cercana a cierto valor umbral, estando la señal de activación libre de la realimentación del sistema de control para el normal funcionamiento del rotor.

4. Sistema según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque comprende
20 un dispositivo de válvulas para liberar el fluido del acumulador de emergencia (8), donde el dispositivo de válvulas (23, 37, 31) se configura para liberar el fluido del acumulador de emergencia (8) debido a una señal de activación, siendo la señal de activación la falta de corriente eléctrica en el dispositivo de válvulas (23, 37, 31).

25

5. Sistema según las reivindicaciones 3 o 4, caracterizado porque el dispositivo de válvulas (23, 37, 31) comprende una válvula de emergencia de resorte (23) entre el acumulador de emergencia (8) y el actuador hidráulico (3), donde la válvula de emergencia (23) se configura para estar cerrada durante el
30 funcionamiento en condiciones normales de la turbina debido a la acción de la presión del fluido contra el resorte.

6. Sistema según reivindicación 5, caracterizado porque la presión del fluido se controla mediante una válvula precargada por un resorte, liberándose la carga del resorte mediante la señal de activación.

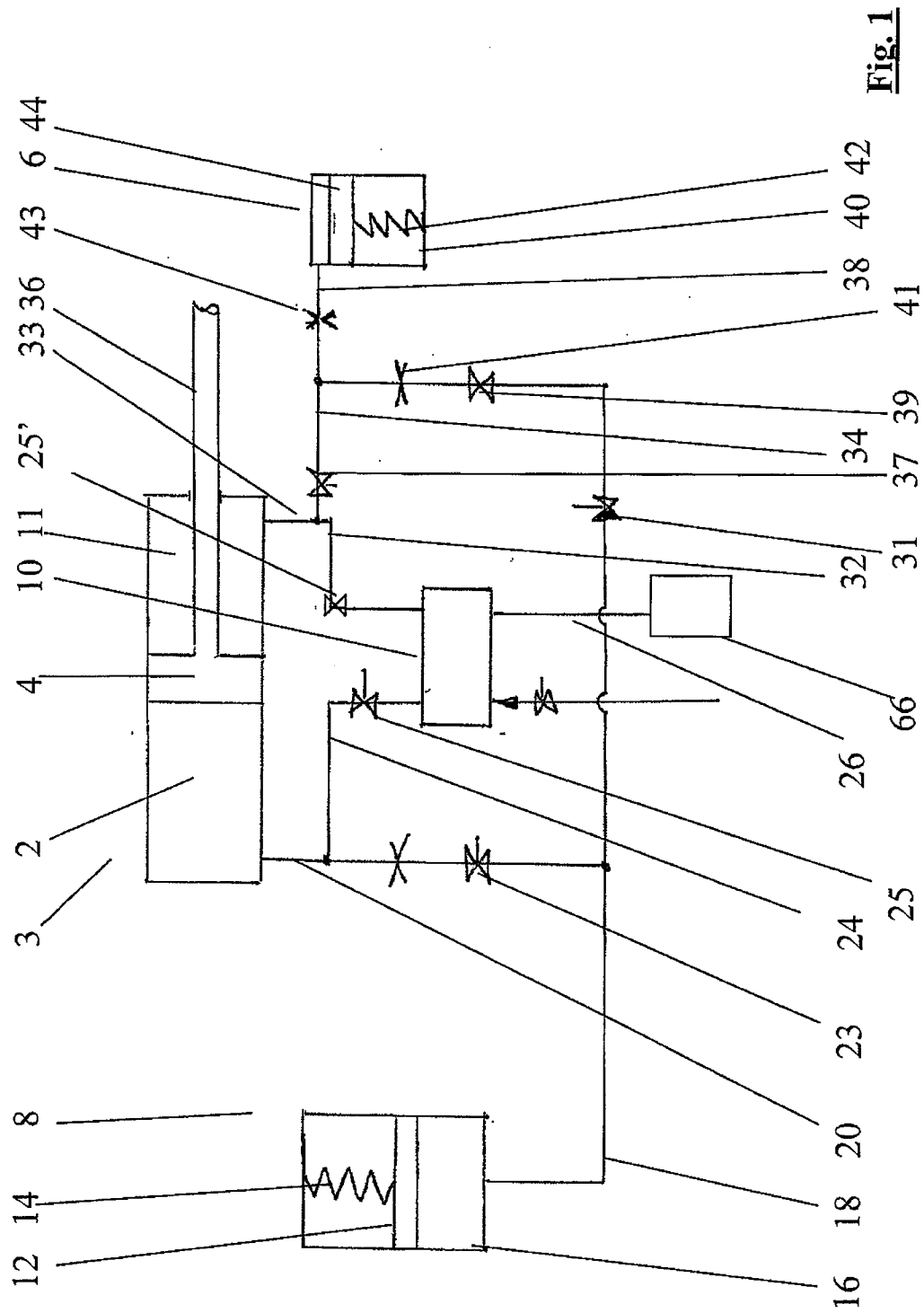
5 7. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque la segunda línea (26) dispone de un regulador de caudal (31) para limitar el paso de flujo al segundo depósito (66) en función del flujo del primer depósito (6).

10 8. Sistema según la reivindicación 1 o 7, caracterizado porque el primer depósito (6) dispone de un resorte (42) y un émbolo (44) para mantener bajo presión el fluido en el acumulador de emergencia (8), siendo configurado el émbolo (44) para recibir caudal volumétrico decreciente debido a la expansión o la compresión del resorte (42) durante el llenado del primer depósito (6).

15 9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-8 anteriores, caracterizado porque el actuador hidráulico (3) está configurado para la regulación del giro de la pala (48) también durante el funcionamiento en condiciones normales de la turbina eólica.

20 10. Sistema según reivindicación 9, caracterizado porque comprende una válvula proporcional (10) para dirigir el actuador hidráulico (3) en condiciones normales, que comprende válvulas (25) configuradas para desviar hidráulicamente la válvula proporcional (10) en condiciones de emergencia.

25



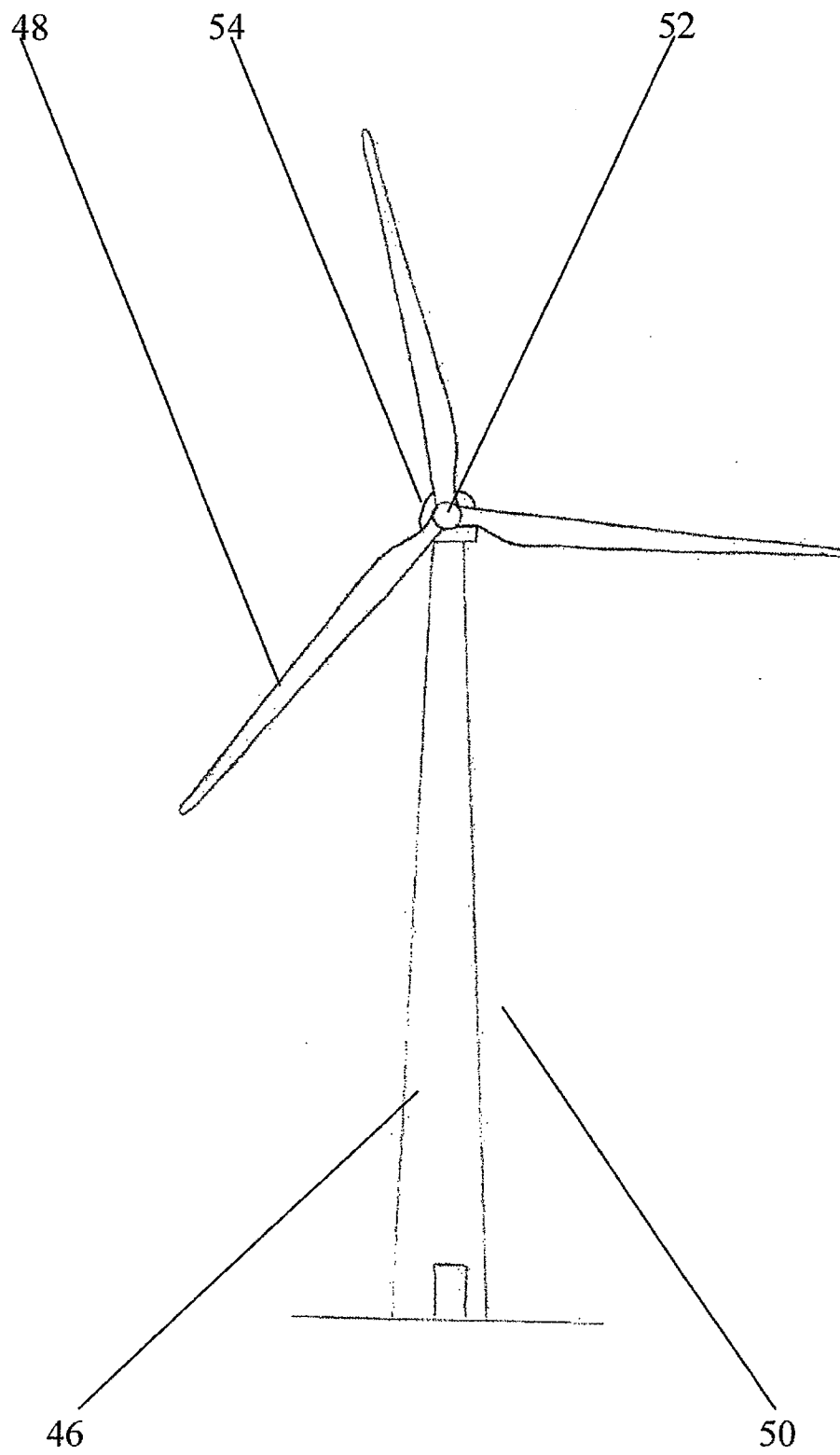


Fig. 2

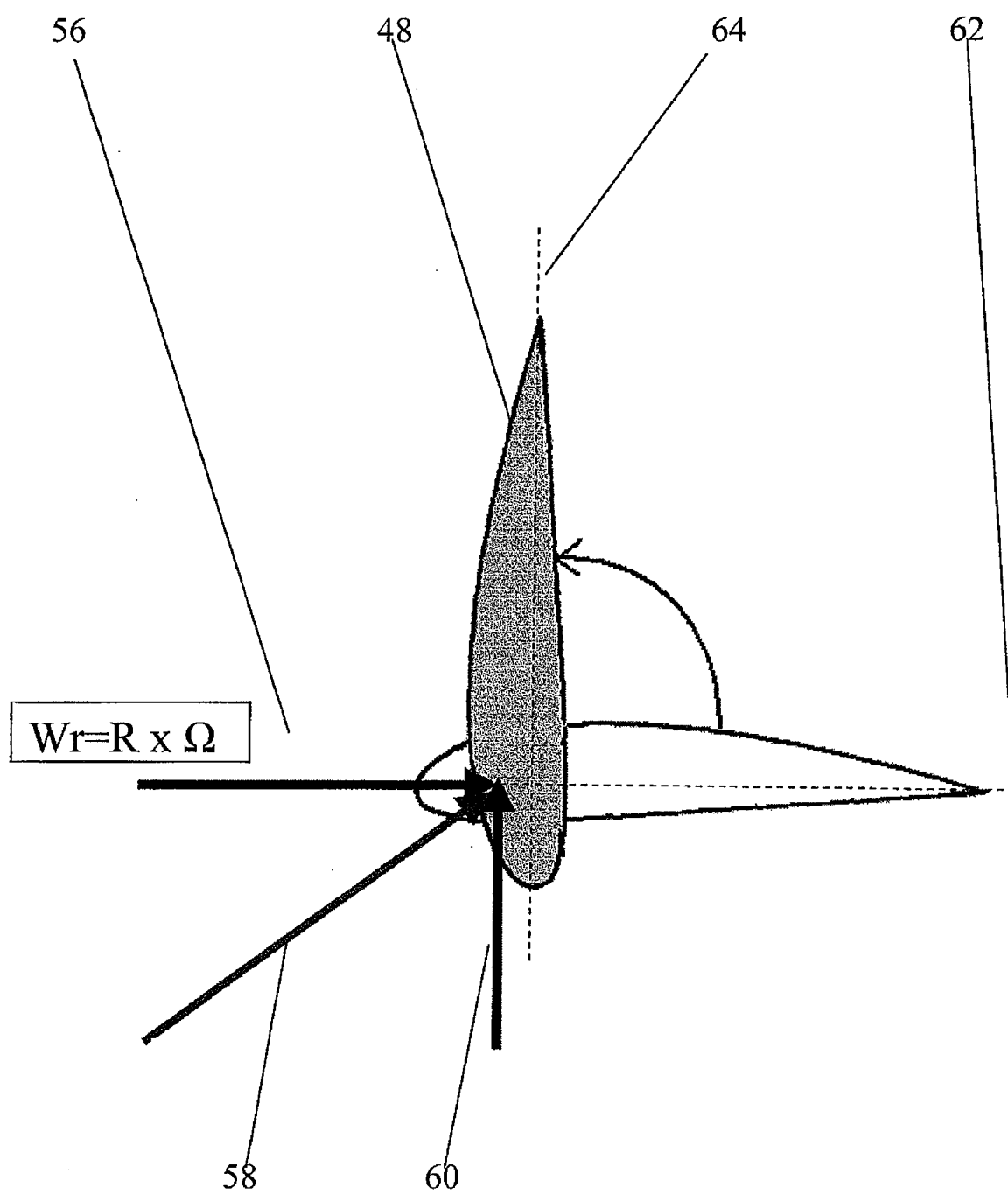


Fig. 3

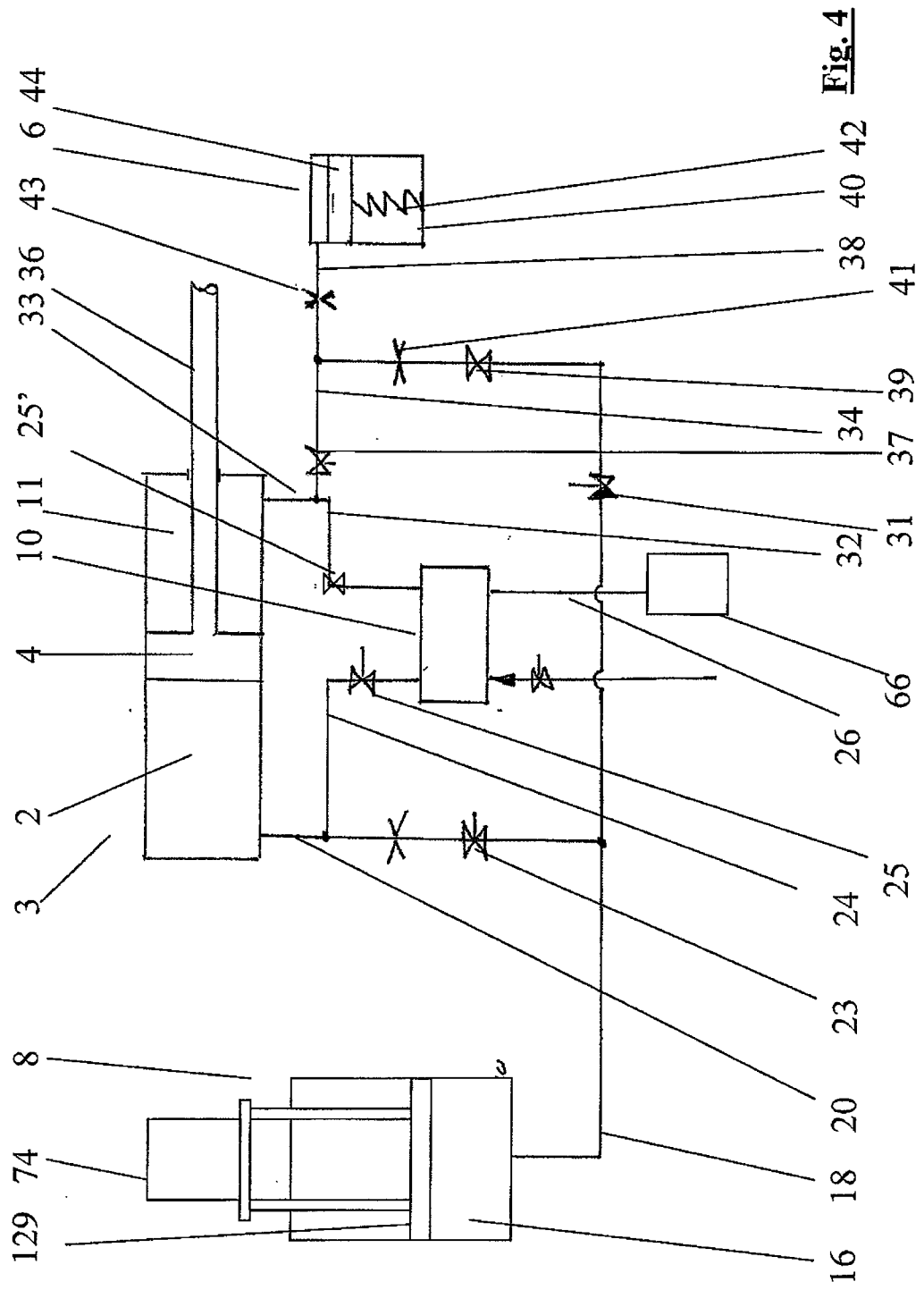


Fig. 4

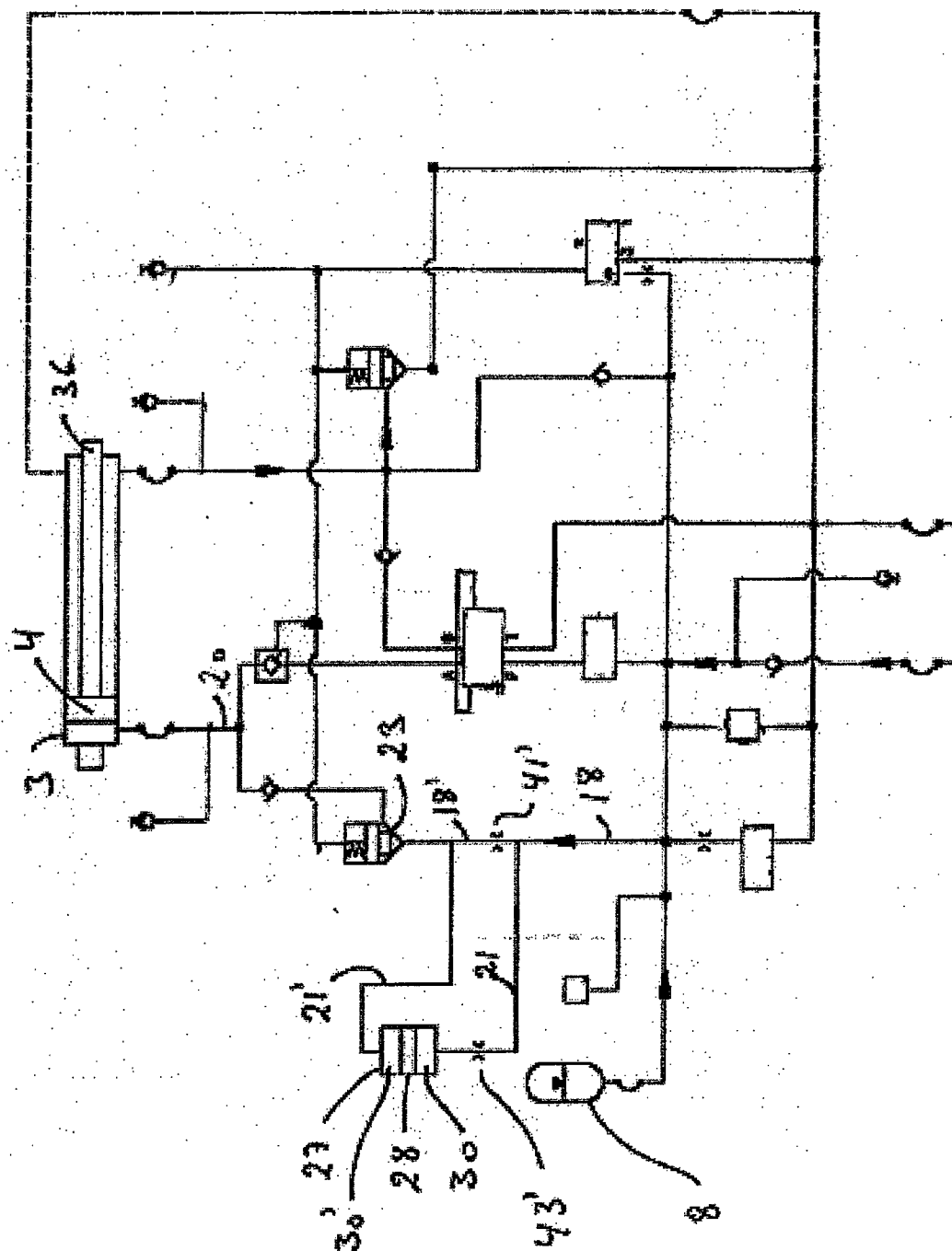


Fig. 5

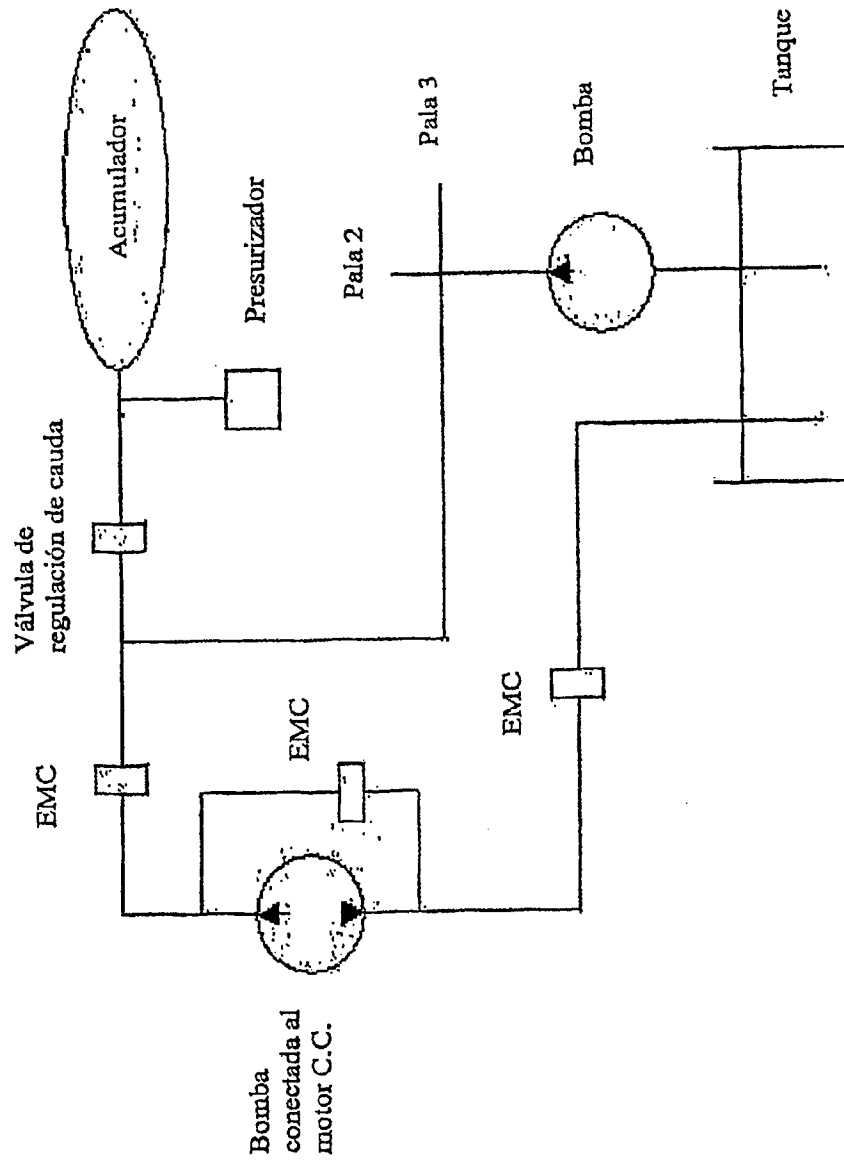


Fig. 6