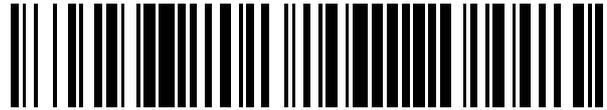


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 197**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2011 E 11190476 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016 EP 2458201**

54 Título: **Turbina eólica con sistema de variación de paso de pala hidráulico**

30 Prioridad:

**26.11.2010 DK 201070508
26.11.2010 US 417338 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.07.2016

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**ANDERSEN, JESPER LYKKEGAARD y
MADSEN, JENS BAY**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 578 197 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

Turbina eólica con sistema de variación de paso de pala hidráulico

5 La presente invención se refiere a una turbina eólica que tiene un rotor con palas ajustables y un sistema de variación de paso de pala hidráulico para controlar el ángulo de paso de la pala.

Antecedentes

10 Hace muchos años que se conocen turbinas eólicas que tienen sistemas de variación de paso de pala para ajustar el ángulo de paso de las palas, empleando por lo general unidades de accionamiento de variación de paso eléctricas o unidades de accionamiento de variación de paso hidráulicas. Se divulgan ejemplos tempranos de unidades de accionamiento de variación de paso hidráulicas en, por ejemplo, los documentos US 4.348.155 y US 4.352.634, ambos de United Technologies. Las válvulas hidráulicas que se usan para controlar el flujo de líquido a los
15 accionadores hidráulicos lineales se divulgan como válvulas de conmutación, es decir, válvulas que se accionan en un modo de encendido-apagado, y el par motor de variación de paso no es ajustable.

20 En los documentos EP 1 835 174 B1 y US 2007/0217912 A1 de Robert Bosch GmbH, se divulga una turbina eólica que tiene una unidad de accionamiento de variación de paso hidráulica en la que el flujo de líquido se controla por medio de un número de válvulas de conmutación que están dispuestas en paralelo y se pueden accionar en diferentes combinaciones con el fin de proporcionar lo que se conoce como hidráulica digital, para ajustar con precisión el flujo de líquido a la unidad de accionamiento de variación de paso hidráulica. Por lo tanto, se puede ajustar a un valor requerido el par motor de variación de paso y, por lo tanto, la velocidad de variación de paso.

25 El uso de válvulas hidráulicas proporcionales para controlar el flujo de líquido a la unidad de accionamiento de variación de paso hidráulica se divulga, por ejemplo, en el documento EP1 533 520 de Hawe Hydraulik y en el documento EP 2 072 815 de Gamesa. Las válvulas hidráulicas proporcionales prevén un ajuste preciso del flujo de líquido a la unidad de accionamiento de variación de paso hidráulica y, por lo tanto, también un ajuste de la velocidad de variación de paso.

30 El documento US 2008/0219846 A1 muestra un aparato para ajustar hidráulicamente las palas de un impulsor de un ventilador de flujo axial, que comprende un cilindro de ajuste que está dispuesto en ambos lados de un pistón de forma que se puede desplazar en el cilindro y que tiene una primera cámara y una segunda cámara provistas, respectivamente, con una conexión con unas líneas de aceite de control conectadas con válvulas de cuatro vías.
35 Cada una de no solo una línea de alimentación que conduce a una de las líneas de aceite de control, sino también de una línea de retorno conectada con la otra línea de aceite de control, están divididas en dos líneas ramificadas paralelas. Se proporcionan dos válvulas de cuatro vías redundantes, estando dispuesta cada una en una de las líneas ramificadas paralelas. En cada línea ramificada de cada línea de aceite de control, entre la conexión respectiva y la válvula de cuatro vías respectiva, está dispuesta una válvula de asiento que se cierra por fuerza de resorte.

40 Se conoce un sistema típico de ajuste individual de palas para turbinas eólicas a partir del documento DE 199 48 997 A1.

45 La ubicación de las turbinas eólicas es difícil en áreas geográficas en las que la accesibilidad por razones de mantenimiento y reparación, tales como ubicaciones en mar abierto y en regiones desérticas, montañosas y polares, existe una solicitud de sistemas en la turbina eólica que sean robustos frente a malfuncionamientos de partes del sistema, de tal modo que no se fuerza necesariamente que se detenga el funcionamiento de la turbina eólica en caso de fallo de componente sino que se puede continuar, a plena carga o con carga parcial hasta, por ejemplo, un
50 mantenimiento programado de la turbina eólica. Por lo tanto, el porcentaje de tiempo operativo se puede aumentar sin requerir más mantenimiento y reparación.

55 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de variación de paso de pala hidráulico que tenga una robustez mejorada.

Breve descripción de la invención

60 El objeto que se ha descrito en lo que antecede se soluciona mediante una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Las reivindicaciones dependientes adicionales 2 a 9 definen más realizaciones ventajosas de la turbina eólica de la reivindicación 1.

La presente invención se refiere a una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1.

65 El control del funcionamiento de la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica de una pala específica por medio de dos o más válvulas de carrete hidráulicas proporcionales acopladas en paralelo es ventajoso ya que el tamaño y, por lo tanto, el coste de las válvulas individuales, se puede reducir a la vez que, al

mismo tiempo, se asegura que la cantidad de fluido que fluye a través de las válvulas se pueda ajustar incluso más rápido, ya que no solo se puede ajustar el flujo a través de las válvulas individuales sino que, de acuerdo con la presente invención, también se puede ajustar la capacidad global, mediante el control del número de válvulas que se ponen en funcionamiento. Y, aún más, mediante el uso de dos o más válvulas acopladas en paralelo, el sistema se provee con redundancia ya que, si falla una válvula, la operación de variación de paso aún puede continuar por medio de las válvulas restantes, hasta que se puede solucionar el problema o hasta que el funcionamiento de la turbina eólica se detiene de una forma controlada.

5

Con la expresión unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica, se entiende una parte que comprende, al menos, un motor hidráulico, tal como un accionador lineal o un accionador angular, que se dispone para impulsar una rotación de la pala en torno a un eje longitudinal de la misma mediante la provisión de un par motor de accionamiento entre la pala y el buje de rotor con el que está conectada la pala, por medio de un cojinete de variación de paso.

10

Una válvula de carrete hidráulica proporcional (a la que se hace referencia en lo sucesivo como válvula hidráulica proporcional) es una válvula que se puede controlar continuamente, entre una posición cerrada y una posición completamente abierta, normalmente por medio de un solenoide proporcional o una presión piloto controlada en un líquido o gas piloto.

15

No obstante, se debería destacar que la expresión "*válvula de carrete hidráulica proporcional*" incluye, de hecho, cualquier tipo de válvula que controle la dirección de un flujo de fluido hidráulico mediante el control de la posición de un carrete, de tal modo que se bloquean o se abren los canales en el sistema hidráulico. El tamaño del flujo a través de la válvula depende, entre otras cosas, de la posición real del carrete, la cual depende, a su vez, de una entrada de señal de control-de ahí que la parte "proporcional" de la expresión se refiera a la relación entre la entrada de señal de control (tamaño, longitud, etc.) y la posición del carrete.

20

No obstante, se debería destacar que, en modo alguno, ha de ser directamente proporcional la relación entre el tamaño del flujo a través de la válvula y el tamaño o la longitud de la señal de control. Por ejemplo, dependiendo de la caída de presión a través de la válvula y del diseño real de la válvula y, en particular, del carrete, la relación entre el tamaño o la longitud de la señal de control y el tamaño del flujo a través de la válvula podría ser no lineal, es decir, el flujo podría aumentar de forma exponencial o de acuerdo con algún tipo de curva.

30

Por lo general, la posición del carrete es controlada por un solenoide de acuerdo con la magnitud de la tensión o la corriente de la señal de control que se suministra al solenoide, pero son factibles otros tipos de señales de control.

35

La posición del carrete también se podría controlar por medio de un motor, por lo cual el tiempo que el motor estuviera funcionando sería de una forma sustancialmente proporcional con la posición del carrete-pero no necesariamente con el tamaño del flujo, tal como se ha analizado en lo que antecede. A menudo, se hace referencia a una válvula en la que la posición del carrete es controlada por un motor como servo-válvula.

40

Una válvula hidráulica proporcional particularmente preferida para la presente invención son las válvulas de 4/3 vías, es decir, válvulas que tienen cuatro accesos, un acceso de bomba (P), un acceso de depósito (T) y dos accesos de accionador (A, B), y tres posiciones, una posición cerrada, una posición que conecta el acceso de bomba (P) con el acceso de accionador A y el acceso de depósito (T) con el acceso de accionador B, y una tercera posición que conecta el acceso de bomba (P) con el acceso de accionador B, y el acceso de depósito (T) con el acceso de accionador A. En las dos últimas posiciones, la apertura de la válvula se puede controlar continuamente entre la posición cerrada y una posición completamente abierta.

45

Las válvulas hidráulicas proporcionales están mutuamente conectadas en paralelo, lo que quiere decir que los accesos de salida (accesos de accionador) de las válvulas están conectados con el acceso o accesos de entrada de la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica de tal modo que dicho acceso o accesos de entrada se pueden alimentar con un flujo de líquido presurizado procedente de cada una de las válvulas hidráulicas proporcionales conectadas en paralelo. Para, por ejemplo, un accionador hidráulico lineal, es decir, un cilindro hidráulico, un acceso a una cámara interior, la cámara inferior o la cámara de biela de pistón, es un acceso de entrada cuando el pistón se mueve en un sentido y un acceso de salida cuando el pistón se mueve en el sentido opuesto. No obstante, el flujo a partir de un acceso, cuando está actuando como un acceso de salida, se puede drenar del accionador hidráulico sin pasar por las válvulas hidráulicas proporcionales, tal como se ejemplifica en lo sucesivo. En una realización, el flujo a la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica se puede proporcionar de forma simultánea a partir de la totalidad de las al menos dos válvulas hidráulicas proporcionales, en otras realizaciones el sistema de control esta adaptado para permitir que las válvulas hidráulicas proporcionales funcionen y alimenten un flujo de líquido a un acceso dado solo de forma alterna. En una realización particular, las dos o más válvulas hidráulicas proporcionales están además mutuamente conectadas en paralelo, de tal modo que al menos un flujo de líquido de retorno procedente de la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica puede ser recibido, de forma simultánea, por la totalidad de las al menos dos válvulas hidráulicas proporcionales.

50

55

60

65

Mediante la provisión de, al menos, dos válvulas hidráulicas proporcionales conectadas en paralelo entre sí, se obtienen varias ventajas. La pluralidad de válvulas proporcionales conectadas en paralelo proporcionará redundancia al sistema, de tal modo que el malfuncionamiento de una de las válvulas no obstaculizará el funcionamiento de la turbina eólica. Además, la provisión de dos o más válvulas proporcionales, en lugar de una,

5 posibilita el uso, para turbinas eólicas incluso más grandes, de componentes más pequeños ya disponibles en el mercado, componentes que son menos costosos y que tienen, en general, una alta fiabilidad.

En una realización particular, al menos una de dichas válvulas está dispuesta para no ser operativa a unas velocidades de variación de paso relativamente más bajas y para accionarse junto con una o más del resto de

10 dichas válvulas para proporcionar unas velocidades de variación de paso relativamente más altas.

En otra realización, una de dichas válvulas está dispuesta para accionarse como un respaldo en el caso de un malfuncionamiento de una o más del resto de dichas válvulas.

15 En una realización preferida, el sistema de variación de paso de pala hidráulico de la turbina eólica comprende tres válvulas conectadas en paralelo para controlar dicho flujo de líquido a la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica para cada pala. Por lo tanto, las válvulas se pueden diseñar de tal modo que se proporciona una redundancia plena, es decir, de tal modo que el funcionamiento normal se mantiene con el uso de dos de las

20 tres válvulas proporcionales.

En otra realización preferida, las dos o más válvulas proporcionales en paralelo se aplican en una turbina eólica en la que la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica para cada una de dichas palas comprende, al menos, dos accionadores hidráulicos lineales, en particular tres accionadores hidráulicos lineales, conectados con la pala y con un buje de rotor del rotor y en la que las válvulas hidráulicas proporcionales

25 conectadas en paralelo están dispuestas para controlar el flujo de líquido a cada uno de los accionadores hidráulicos lineales de esa pala. En una realización simple de tal sistema de accionamiento de variación de paso, los accionadores de la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica para cada una de dichas palas son de una configuración idéntica, es decir, tienen las mismas área de pistón y área de biela de pistón y están

30 dispuestas para funcionar en el mismo sentido con respecto a la pala y, por lo tanto, se pueden conectar mutuamente en paralelo, de tal modo que las cámaras de biela de pistón de los accionadores están mutuamente conectadas y las cámaras inferiores de los accionadores están mutuamente conectadas.

Además, una realización ventajosa de la presente invención es que el sistema de accionamiento de variación de paso de la turbina eólica comprenda medios de válvula dispuestos para separar, de forma selectiva, la conexión en paralelo de las válvulas, de tal modo que una válvula que presenta malfuncionamiento se puede separar del resto del sistema, con el fin de evitar una posible influencia negativa, procedente de la válvula que presenta malfuncionamiento, sobre la operabilidad del sistema.

35

De acuerdo con la presente invención, la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica para cada una de dichas palas comprende, al menos, un accionador hidráulico lineal conectado con la pala y con un buje de rotor del rotor y en la que dichas al menos dos válvulas conectadas en paralelo están dispuestas para proporcionar un flujo de líquido a una cámara o cámaras de biela de pistón del accionador o accionadores lineales hidráulicos por medio de, al menos, una primera válvula de una vía y la cámara o cámaras de biela de pistón está o están conectadas con una línea de presión para proporcionar fluido presurizado a dichas válvulas por medio de una

40 segunda válvula de una vía con el fin de permitir la regeneración de la presión.

Breve descripción del dibujo

En lo sucesivo se analizan realizaciones de la presente invención con referencia al dibujo adjunto, del cual

- 50
- la figura 1 ilustra una turbina eólica moderna grande, tal como se puede ver desde la parte delantera,
 - la figura 2 ilustra un buje de turbina eólica que comprende tres palas, tal como se puede ver desde la parte delantera,
 - la figura 3 ilustra una sección transversal simplificada de una góndola de turbina eólica, tal como se puede ver desde el lado,
 - 55 la figura 4 es un diagrama de una realización ejemplar.
 - la figura 5 es un diagrama de una realización ejemplar, y
 - la figura 6 es un diagrama de una realización de la invención.

60 Descripción detallada de realizaciones de la presente invención

La figura 1 ilustra una turbina eólica 1, que comprende una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 situada encima de la torre 2. El rotor de turbina eólica 4, que comprende tres palas de turbina eólica 5, está conectado con la góndola 3 a través del eje de baja velocidad que se extiende al exterior de la parte delantera de la góndola 3.

65

La figura 2 ilustra un rotor de turbina eólica 4 que comprende un buje 7 y tres palas 5, tal como se puede ver desde la parte delantera.

5 Tal como se ilustra, los cojinetes de variación de paso 9 están dispuestos entre las palas 5 y el buje 7, para
 10 posibilitar que las palas 5 se puedan rotar alrededor de su eje longitudinal y para transferir fuerzas procedentes
 principalmente de tres fuentes diferentes. Las palas 5 (y, por supuesto, los propios cojinetes 9) se encuentran bajo la
 constante influencia de la fuerza de la gravedad. La dirección de la fuerza gravitacional varía dependiendo de la
 posición de la pala 5, induciendo diferentes cargas sobre los cojinetes de variación de paso 9. Cuando la pala se
 encuentra en movimiento, el cojinete 9 también se encuentra bajo la influencia de una fuerza centrífuga, lo que
 produce, principalmente, una tracción axial en el cojinete 9. Por último, los cojinetes 9 se encuentran bajo la
 influencia de la carga eólica sobre las palas 5. Esta fuerza es, con diferencia, la carga más grande sobre los
 cojinetes 9 y la misma produce un enorme momento, que han de soportar los cojinetes 9.

15 La carga sobre, y procedente de, todos los cojinetes de variación de paso 9 se ha de transferir al buje 7 y,
 adicionalmente, al resto de la turbina eólica 1 y, al mismo tiempo, el cojinete de variación de paso 9 ha de posibilitar
 que se pueda variar el paso de la pala 5.

20 En la presente realización el rotor 4 comprende tres palas 5 pero, en otra realización, el rotor 4 podría comprender
 una, dos, cuatro o más palas 5.

25 En la presente realización, la turbina eólica 1 es una turbina eólica regulada por variación de paso 1 pero, en otra
 realización, la turbina eólica también podría ser simplemente una turbina eólica regulada por pérdida aerodinámica
 activa 1, debido a que tanto las turbinas eólicas reguladas por variación de paso 1 como las turbinas eólicas
 reguladas por pérdida aerodinámica activa 1 comprenden un sistema de variación de paso de pala hidráulico 6 para
 variar el paso de las palas 5.

30 La figura 3 ilustra una sección transversal simplificada de una góndola 3 de una turbina eólica 1 de la técnica
 anterior, tal como se puede ver desde el lado. Las góndolas 3 existen en una multitud de variaciones y
 configuraciones pero, en la mayor parte de los casos, el tren de accionamiento en la góndola 3 casi siempre
 comprende uno o más de los siguientes componentes: una caja de engranajes 10, un acoplamiento (que no se
 muestra), algún tipo de sistema de frenado 11 y un generador 12. Una góndola 3 de una turbina eólica moderna 1
 también puede incluir un convertidor 13 (que también se denomina inversor) y equipos periféricos adicionales tales
 como equipos de manipulación de potencia adicionales, armarios de control, sistemas hidráulicos, sistemas de
 refrigeración y más.

35 El peso de la totalidad de la góndola 3, incluyendo los componentes de góndola 10, 11, 12, 13, es soportado por una
 estructura de góndola 14. Por lo general, los componentes 10, 11, 12, 13 están colocados sobre, y/o conectados
 con, esta estructura de góndola de soporte de carga común 14. En la presente realización simplificada, la estructura
 de góndola de soporte de carga 14 solo se extiende a lo largo de la parte de debajo de la góndola 3, por ejemplo en
 40 la forma de una base de cama a la que están conectados algunos o todos los componentes 10, 11, 12, 13. En otra
 realización, la estructura de soporte de carga 14 podría comprender una correa de transmisión que, a través de un
 cojinete principal (que no se muestra), podría transferir la carga del rotor 4 a la torre 2, o la estructura de soporte de
 carga 14 podría comprender varias partes interconectadas, tal como una celosía.

45 En la presente realización, el sistema de variación de paso de pala hidráulico 6 comprende unos medios para rotar
 las palas 5 en la forma de unos accionadores lineales hidráulicos 15a, 15b, 15c, conectados con el buje 7 y las palas
 5 respectivas.

50 La figura 4 es un diagrama de componentes principales de un sistema de variación de paso de pala hidráulico para
 una única pala 5 de una turbina eólica 1 de acuerdo con una realización ejemplar, que comprende un accionador
 hidráulico lineal 15a con un pistón 16 dispuesto de forma que se puede desplazar en el interior de un cilindro 17, que
 está dividido por el pistón 16 en una cámara de biela de pistón 18 o cámara delantera (la cámara interna que
 comprende la biela de pistón 19) del cilindro 17, y una cámara inferior 20 o cámara trasera (la cámara interna que no
 comprende la biela de pistón 10). La biela de pistón 19 está conectada (lo que no se muestra) con el buje 7 del rotor
 55 de turbina eólica 4, y el cilindro 17 está conectado (lo que no se muestra) con la pala 5, con el fin de efectuar un
 desplazamiento angular de la pala 5 cuando se aplica líquido a presión a la cámara de biela de pistón 18 o a la
 cámara inferior 20. El flujo de líquido presurizado de la bomba hidráulica 21 al accionador hidráulico lineal 15a se
 controla por medio de dos válvulas hidráulicas proporcionales 22a, 22b. La bomba hidráulica 21 se puede disponer,
 para cada pala, tal como se muestra en la figura 4, o puede ser una disposición central, para proporcionar un líquido
 60 presurizado a los sistemas de variación de paso de pala hidráulicos para cada una de las palas 5.

Las válvulas hidráulicas proporcionales 22a, 22b, tienen unos accesos de presión Pa, Pb conectados por medio de
 la línea de presión 23 con la bomba hidráulica 21 y los accesos de depósito Ta, Tb, conectados por medio de la
 línea de depósito 24 con el depósito de baja presión 25. Un acceso de accionador Aa, Ab de cada válvula 22a, 22b,
 65 conecta con la cámara inferior 20 del accionador lineal hidráulico 15a, mientras que los otros accesos de accionador
 Ba, Bb están conectados con la cámara de biela de pistón 18 del accionador lineal hidráulico 15a.

Las válvulas hidráulicas proporcionales 22a, 22b son empujadas por resorte hacia una posición central neutra, en la que los accesos están cerrados y no fluye líquido alguno a través de las válvulas. Las válvulas 22a, 22b se pueden desplazar en un sentido por medio de solenoides o de un líquido piloto presurizado controlado, de tal modo que los accesos de presión Pa, Pb se abren de forma gradual hacia los primeros accesos de accionador Aa, Ab y los accesos de depósito Ta, Tb se abren de forma gradual hacia los segundos accesos de accionador Ba, Bb, o las válvulas 22a, 22b se pueden desplazar en el sentido opuesto dando lugar a que los accesos de presión Pa, Pb se abran de forma gradual hacia los segundos accesos de accionador Ba, Bb y a que los accesos de depósito Ta, Tb se abran de forma gradual hacia los primeros accesos de accionador Aa, Ab. Por lo tanto, el funcionamiento de las válvulas hidráulicas proporcionales 22a, 22b se puede usar para mover, de forma selectiva, el pistón 16 en uno o el otro sentido con el fin de variar el paso de la pala con una velocidad de variación de paso controlada y variable en un sentido o el otro. Las dos válvulas 22a, 22b, se pueden accionar de forma síncrona de tal modo que los flujos a través de las válvulas son sustancialmente iguales o, como alternativa, estas se pueden accionar de tal modo que una de las válvulas 22a, 22b, se acciona para unos caudales más bajos y, por lo tanto, unas velocidades de variación de paso más bajas, mientras que la otra de las válvulas 22a, 22b solo se acciona cuando se requiere una velocidad de variación de paso más alta. En una alternativa adicional, solo una de las válvulas 22a, 22b se acciona bajo el funcionamiento ordinario de la turbina eólica y la otra válvula solo se acciona en caso de malfuncionamiento de la primera válvula 22a, 22b. La provisión de dos válvulas hidráulicas proporcionales 22a, 22b provee al sistema de variación de paso de pala hidráulico con redundancia, de tal modo que el sistema se puede accionar incluso si una de las válvulas presentara malfuncionamiento.

En la figura 5 se encuentra un diagrama de componentes principales de un sistema de variación de paso de pala hidráulico para una única pala 5 de una turbina eólica 1 de acuerdo con una realización ejemplar adicional, que comprende dos accionadores hidráulicos lineales 15a, 15b conectados en paralelo y ambos dispuestos para ajustar el ángulo de paso de la misma pala de turbina eólica 5.

La conexión en paralelo de los dos accionadores incluye que las cámaras de biela de pistón 18 y las cámaras inferiores 20 de los accionadores 15a, 15b estén mutuamente conectadas entre sí con líneas de conexión de líquido, tal como se muestra con claridad en el diagrama en la figura 5. La disposición general del sistema de variación de paso de pala hidráulico que se muestra en la figura 5 es similar a la que se muestra en la figura 4.

No obstante, la disposición de la figura 5 tiene una característica particular para separar, de forma selectiva, una válvula proporcional 22a, 22b que presenta malfuncionamiento, del resto del sistema, con el fin de evitar una posible influencia negativa sobre la operabilidad del sistema, de la válvula proporcional 22a, 22b que presenta malfuncionamiento. De acuerdo con esta característica particular, que también se podría aplicar al sistema de la figura 4, las líneas que conectan los primeros accesos de accionador Aa, Ab de las válvulas proporcionales hidráulicas 22a, 22b con las cámaras inferiores 20 de los accionadores lineales hidráulicos 15a, 15b están equipadas con unas válvulas de tipo asiento de 2/2 vías 26a, 26b, y las líneas que conectan los segundos accesos de accionador Ba, Bb con las cámaras de biela de pistón 18 de los accionadores lineales hidráulicos 15a, 15b también están equipadas con unas válvulas de tipo asiento de 2/2 vías 27a, 27b. Estas válvulas de asiento 26a, 26b, 27a, 27b son empujadas por resorte hacia una posición cerrada, en la que no fluye líquido alguno a través de las válvulas 26a, 26b, 27a, 27b, y las válvulas se pueden accionar hasta la posición abierta durante el funcionamiento normal del sistema de variación de paso de pala hidráulico por medio de solenoides o de un líquido piloto presurizado controlado.

En la figura 6 se encuentra un diagrama de componentes principales de un sistema de variación de paso de pala hidráulico para una única pala 5 de una turbina eólica 1 de acuerdo con una realización de la presente invención, que comprende tres accionadores hidráulicos lineales 15a, 15b, 15c conectados en paralelo y ambos dispuestos para ajustar el ángulo de paso de la misma pala de turbina eólica 5, así como tres válvulas hidráulicas proporcionales 22a, 22b, 22c mutuamente conectadas en paralelo para controlar un flujo de líquido a los accionadores hidráulicos lineales 15a, 15b, 15c.

La conexión en paralelo de los tres accionadores incluye que las cámaras de biela de pistón 18 y las cámaras inferiores 20 de los accionadores 15a, 15b, 15c estén mutuamente conectadas entre sí con líneas de conexión de líquido, tal como se muestra con claridad en el diagrama en la figura 6. La disposición general del sistema de variación de paso de pala hidráulico que se muestra en la figura 6 es similar a las que se muestran en las figuras 4 y 5. Cuando se proporcionan tres válvulas hidráulicas proporcionales 22a, 22b, 22c mutuamente conectadas en paralelo, es posible diseñar el sistema de variación de paso de pala hidráulico de tal modo que serán suficientes solo dos válvulas para el funcionamiento normal de la turbina eólica, y una válvula es redundante, mediante lo cual se logra que el sistema se pueda fabricar a partir de válvulas proporcionales ya disponibles en el mercado, y que se obtenga una redundancia plena en caso de malfuncionamiento de una de las válvulas proporcionales.

La disposición de la figura 6 tiene una característica particular adicional para separar, de forma selectiva, una válvula proporcional 22a, 22b, 22c que presenta malfuncionamiento, del resto del sistema, con el fin de evitar una posible influencia negativa sobre la operabilidad del sistema, de la válvula proporcional 22a, 22b, 22c que presenta malfuncionamiento, en la que esta característica se presenta como una alternativa a la disposición para separar una válvula que presenta malfuncionamiento que se muestra en la figura 5. De acuerdo con esta característica particular,

que también se podría aplicar al sistema de las figuras 4 y 5, las líneas que conectan los primeros accesos de accionador Aa, Ab, Ac de las válvulas proporcionales hidráulicas 22a, 22b, 22c con las cámaras inferiores 20 de los accionadores lineales hidráulicos 15a, 15b, 15c están equipadas con las válvulas de tipo asiento de 2/2 vías 26a, 26b, y las líneas que conectan los segundos accesos de accionador Ba, Bb, Bc con las cámaras de biela de pistón 18 de los accionadores lineales hidráulicos 15a, 15b, 15c están equipadas, en su lugar, con unas válvulas de retención 28a, 28b, 28c que aseguran que el líquido pueda fluir de la línea de presión 23 a través de las válvulas proporcionales 22a, 22b, 22c y a las cámaras de biela de pistón 18 de los accionadores lineales hidráulicos 15a, 15b, 15c pero obstaculizan un flujo de líquido en el sentido opuesto desde la cámara de biela de pistón 18 a través de las válvulas proporcionales 22a, 22b, 22c y hasta la línea de depósito 24. En su lugar, cuando las válvulas proporcionales 22a, 22b, 22c se accionan para permitir un flujo de líquido desde la línea de presión 23 a las cámaras inferiores 20 de los accionadores lineales hidráulicos 15a, 15b, 15c, el líquido que se expulsa a presión de las cámaras de biela de pistón 18 pasa a través de una línea de retorno separada 29 equipada con una válvula de retención 30 y a la línea de presión 23, con el fin de regenerar la presión. Esto es posible debido a que el área del pistón 16 que está orientada hacia la cámara inferior 20 es más grande que el área del pistón 16 en el lado que está orientado hacia las cámaras de biela de pistón 18, debido a la presencia de la biela de pistón 19. Por lo tanto, la presión del líquido en las cámaras de biela de pistón 18 será más grande que la presión del líquido en las cámaras inferiores 20 que prevén la regeneración. En una realización alternativa, una de las válvulas de retención 28a, 28b, 28c se puede controlar hasta una posición abierta, de tal modo que el contenido de líquido de las cámaras de biela de pistón 18 se puede drenar a la línea de depósito 24 en lugar de a la línea de presión 23, en el caso de que se solicite una diferencia de presión más alta a través de los pistones 16 y, por lo tanto, un par motor de variación de paso más alto.

Lista de símbolos y números de referencia

- 25 1. Turbina eólica
- 2. Torre
- 3. Góndola
- 4. Rotor
- 5. Pala
- 30 6. Sistema de variación de paso de pala hidráulico
- 7. Buje
- 8. Unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica
- 9. Cojinete de variación de paso
- 35 10. Caja de engranajes
- 11. Freno
- 12. Generador
- 13. Convertidor
- 14. Estructura de góndola
- 40 15a. Primer accionador hidráulico lineal
- 15b. Segundo accionador hidráulico lineal
- 15c. Tercer accionador hidráulico lineal
- 16. Pistón
- 17. Cilindro
- 45 18. Cámara de biela de pistón
- 19. Biela de pistón
- 20. Cámara inferior
- 21. Bomba hidráulica
- 22a. Primera válvula hidráulica proporcional de 4/3 vías
- 22b. Segunda válvula hidráulica proporcional de 4/3 vías
- 50 22c. Tercera válvula hidráulica proporcional de 4/3 vías
- 23. Línea de presión
- 24. Línea de depósito
- 25. Depósito
- 26a. Válvula de 2/2 vías de tipo asiento que conecta el primer acceso de accionador de la primera válvula hidráulica proporcional con las cámaras inferiores de los accionadores lineales hidráulicos
- 55 26b. Válvula de 2/2 vías de tipo asiento que conecta el primer acceso de accionador de la segunda válvula hidráulica proporcional con las cámaras inferiores de los accionadores lineales hidráulicos
- 26c. Válvula de 2/2 vías de tipo asiento que conecta el primer acceso de accionador de la tercera válvula hidráulica proporcional con las cámaras inferiores de los accionadores lineales hidráulicos
- 60 27a. Válvula de 2/2 vías de tipo asiento que conecta el segundo acceso de accionador de la primera válvula hidráulica proporcional con las cámaras de biela de pistón de los accionadores lineales hidráulicos
- 27b. Válvula de 2/2 vías de tipo asiento que conecta el segundo acceso de accionador de la segunda válvula hidráulica proporcional con las cámaras de biela de pistón de los accionadores lineales hidráulicos
- 28a. Válvula de retención que conecta el segundo acceso de accionador de la primera válvula hidráulica proporcional con las cámaras de biela de pistón de los accionadores lineales hidráulicos
- 65 28b. Válvula de retención que conecta el segundo acceso de accionador de la segunda válvula hidráulica

ES 2 578 197 T3

- proporcional con las cámaras de biela de pistón de los accionadores lineales hidráulicos
- 28c. Válvula de retención que conecta el segundo acceso de accionador de la segunda válvula hidráulica proporcional con las cámaras de biela de pistón de los accionadores lineales hidráulicos
29. Línea de retorno
- 5 30. Válvula de retención dispuesta en la línea de retorno
- Ta Acceso de depósito de la primera válvula hidráulica proporcional
- Tb Acceso de depósito de la segunda válvula hidráulica proporcional
- Tc Acceso de depósito de la tercera válvula hidráulica proporcional
- 10 Pa Acceso de presión de la primera válvula hidráulica proporcional
- Pb Acceso de presión de la segunda válvula hidráulica proporcional
- Pc Acceso de presión de la tercera válvula hidráulica proporcional
- Aa Primer acceso de accionador de la primera válvula hidráulica proporcional
- Ab Primer acceso de accionador de la segunda válvula hidráulica proporcional
- 15 Ac Primer acceso de accionador de la tercera válvula hidráulica proporcional
- Ba Segundo acceso de accionador de la primera válvula hidráulica proporcional
- Bb Segundo acceso de accionador de la segunda válvula hidráulica proporcional
- Bc Segundo acceso de accionador de la tercera válvula hidráulica proporcional

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica (1) que tiene un rotor (4) con al menos dos palas (5) y un sistema de variación de paso de pala (6) para controlar el ángulo de paso de dichas palas (5),
 5 comprendiendo el sistema de variación de paso de pala (6), para cada una de dichas palas (5), una unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica (8), al menos dos válvulas (22a, 22b, 22c) mutuamente conectadas en paralelo para controlar un flujo de líquido a la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica (8) para esa pala (5) y una línea de presión (23) para proporcionar fluido presurizado a dichas válvulas conectadas en paralelo (22a, 22b, 22c),
 10 en la que cada una de dichas válvulas conectadas en paralelo (22a, 22b, 22c) comprende una disposición para proporcionar un flujo de líquido variable y en la que dichas válvulas conectadas en paralelo (22a, 22b, 22c) son válvulas de carrete hidráulicas proporcionales,
 en la que la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica (8) para cada una de dichas palas (5) comprende, al menos, un accionador hidráulico lineal (15a, 15b, 15c) conectado con dichas palas (5) y con un buje de rotor (7) del rotor (4),
 15 en la que dicho al menos un accionador hidráulico lineal (15a; 15b; 15c) comprende un pistón (16) dispuesto de forma que se puede desplazar en el interior de un cilindro (17) que está dividido por dicho pistón (16) en una cámara de biela de pistón (18) que tiene una biela de pistón (19), y una cámara inferior (20) que no tiene dicha biela de pistón (19), siendo un área de dicho pistón (16) que está orientada hacia dicha cámara inferior (20) más grande que un área de dicho pistón (16) que está orientada hacia dicha cámara de biela de pistón (18), debido a la presencia de dicha biela de pistón (19), y
 20 en la que dichas válvulas conectadas en paralelo (22a, 22b, 22c) están dispuestas para proporcionar un flujo de líquido a dicha cámara de biela de pistón (18) del accionador lineal hidráulico (15a, 15b, 15c), caracterizada por
 25 comprender adicionalmente al menos una primera válvula de una vía (28a, 28b, 28c) que está dispuesta entre dichas válvulas conectadas en paralelo (22a, 22b, 22c) y dicho al menos un accionador lineal hidráulico (15a, 15b, 15c) de tal modo que se puede proporcionar un flujo de líquido a dicha cámara de biela de pistón (18), y una línea de retorno separada (29) equipada con una segunda válvula de una vía (30) que conecta dicha cámara de biela de pistón (18) con dicha línea de presión (23) para proporcionar fluido presurizado a dichas válvulas
 30 conectadas en paralelo (22a, 22b, 22c) con el fin de permitir la regeneración de la presión cuando dichas válvulas conectadas en paralelo (22a, 22b, 22c) se accionan para permitir un flujo de líquido desde dicha línea de presión (23) a dicha cámara inferior (20) de dicho al menos un accionador lineal hidráulico (15a, 15b, 15c).
2. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que las válvulas de carrete hidráulicas proporcionales son válvulas de 4/3 vías.
3. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende tres de dichas válvulas conectadas en paralelo para controlar dicho flujo de líquido a la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica para cada pala.
- 40 4. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que al menos una de dichas válvulas (22a, 22b, 22c) está dispuesta para no ser operativa a unas velocidades de variación de paso relativamente más bajas y para accionarse junto con una o más del resto de dichas válvulas (22a, 22b, 22c) para proporcionar unas velocidades de variación de paso relativamente más altas.
- 45 5. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que una de dichas válvulas (22a, 22b, 22c) está dispuesta para accionarse como un respaldo en el caso de un malfuncionamiento de una o más del resto de dichas válvulas (22a, 22b, 22c).
- 50 6. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica para cada una de dichas palas comprende, al menos, dos accionadores hidráulicos lineales (15a, 15b, 15c) conectados con la pala y con un buje de rotor (7) del rotor y en la que dichas al menos dos válvulas conectadas en paralelo están dispuestas para controlar el flujo de líquido a cada uno de los accionadores hidráulicos lineales (15a, 15b, 15c) de esa pala.
- 55 7. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 6, en la que la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica para cada una de dichas palas comprende tres accionadores hidráulicos lineales conectados con la pala y con un buje de rotor del rotor.
- 60 8. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en la que los accionadores hidráulicos lineales de la unidad de accionamiento de variación de paso de pala hidráulica para cada una de dichas palas son de una configuración idéntica y están mutuamente conectados en paralelo, de tal modo que las cámaras de biela de pistón (18) de los accionadores están mutuamente conectadas y las cámaras inferiores (20) de los accionadores están mutuamente conectadas.
- 65

9. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además medios de válvula (26a, 26b, 26c, 27a, 27b) dispuestos para separar, de forma selectiva, la conexión en paralelo de las válvulas.

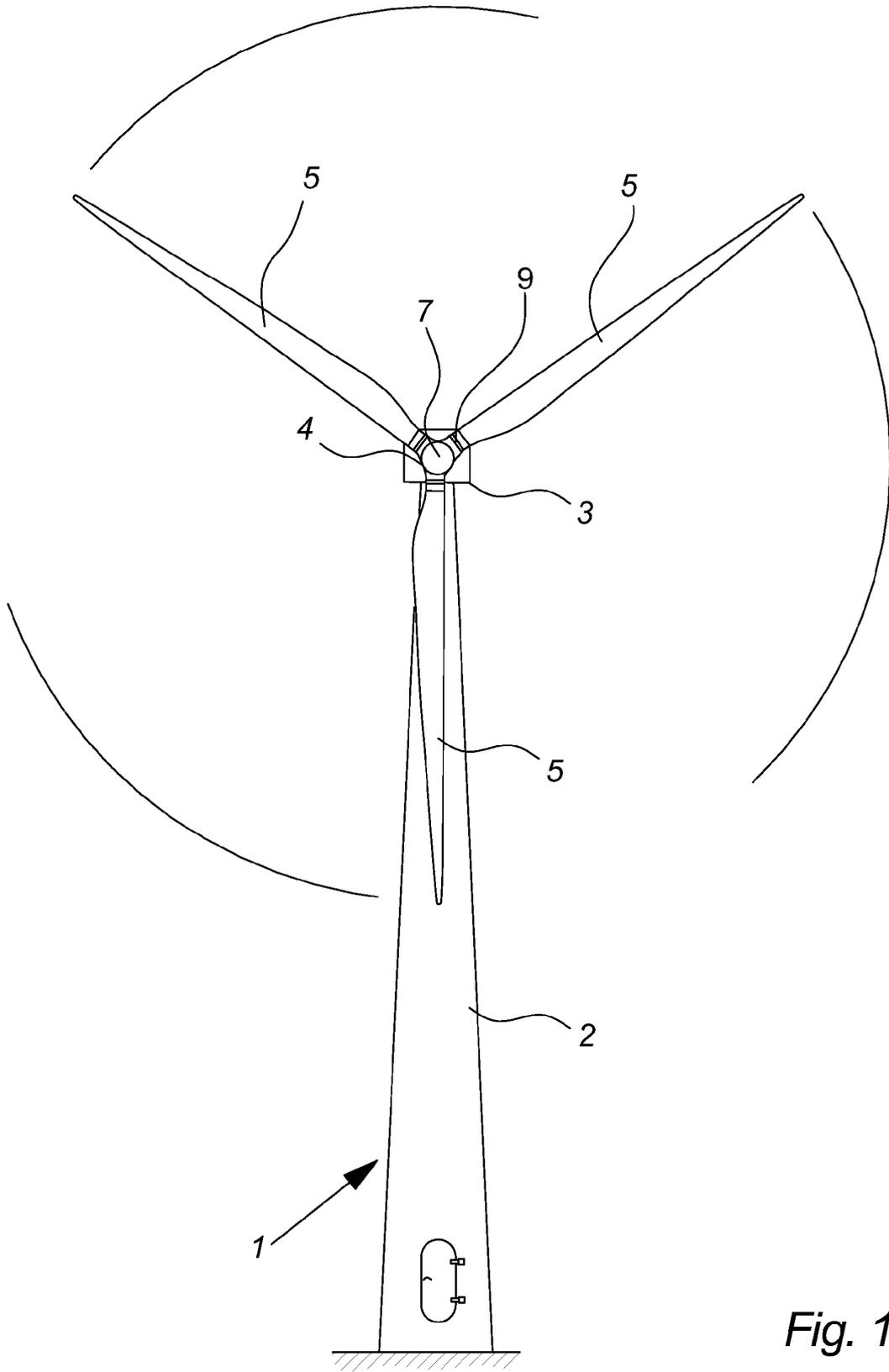


Fig. 1

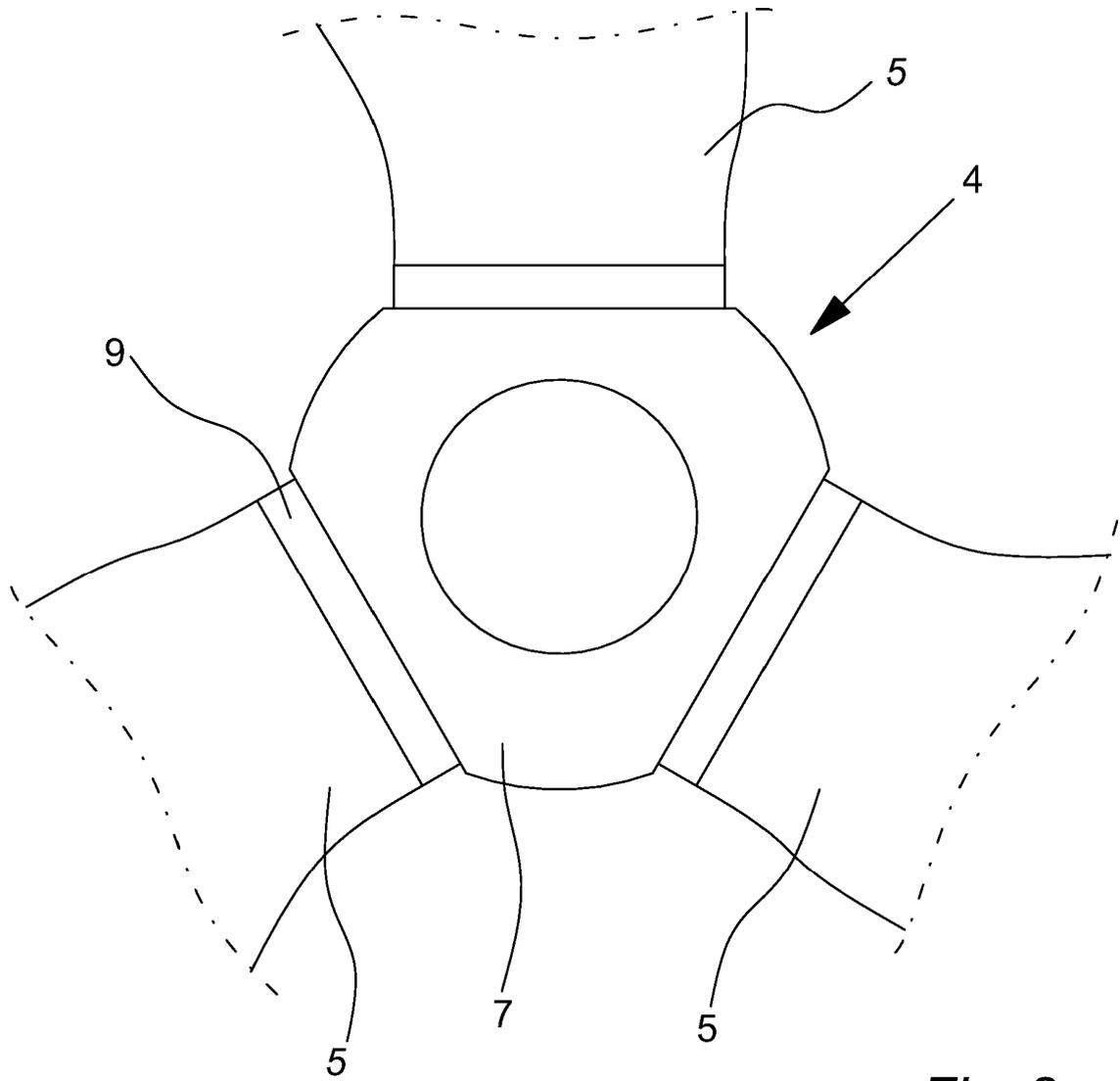


Fig. 2

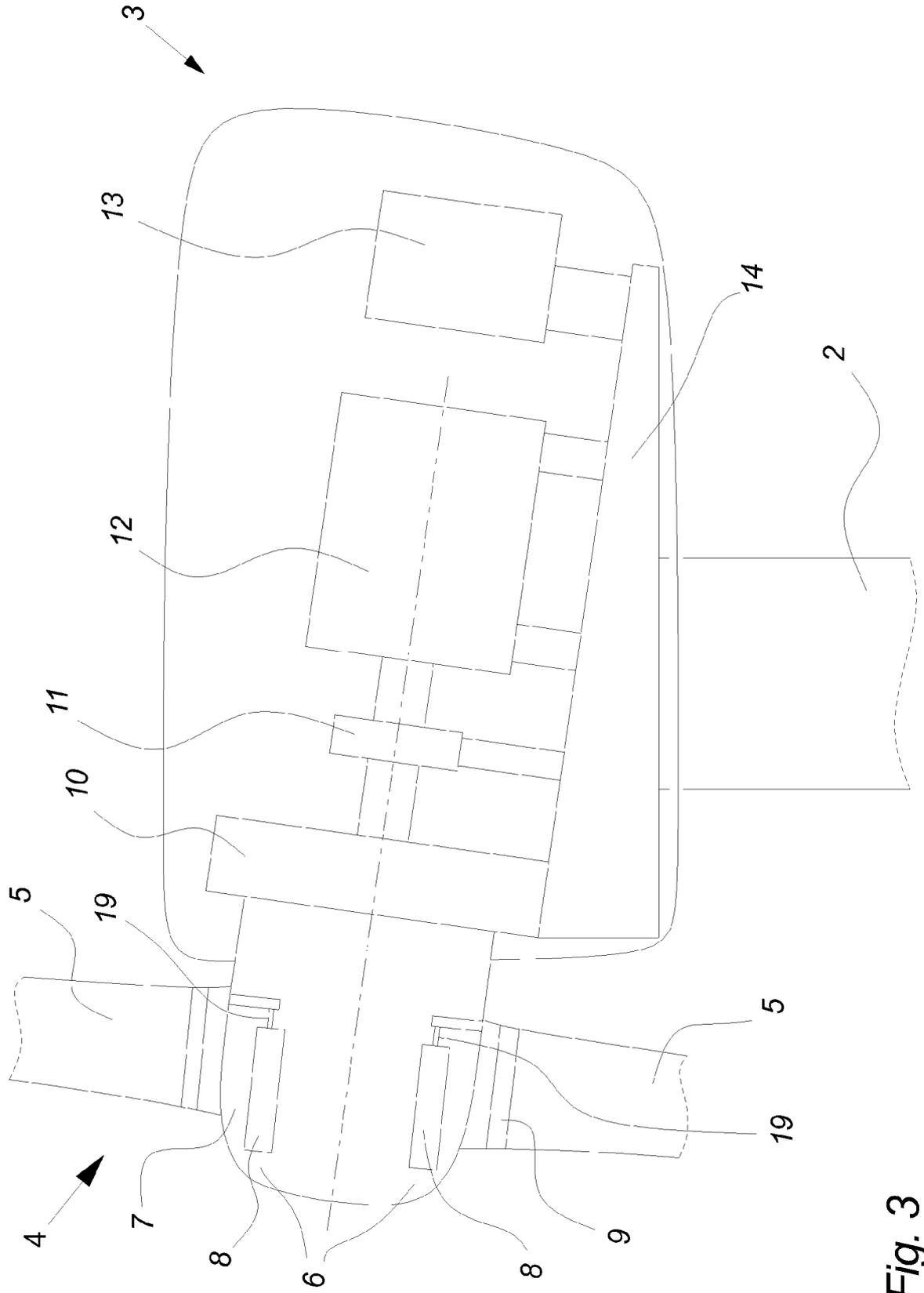


Fig. 3

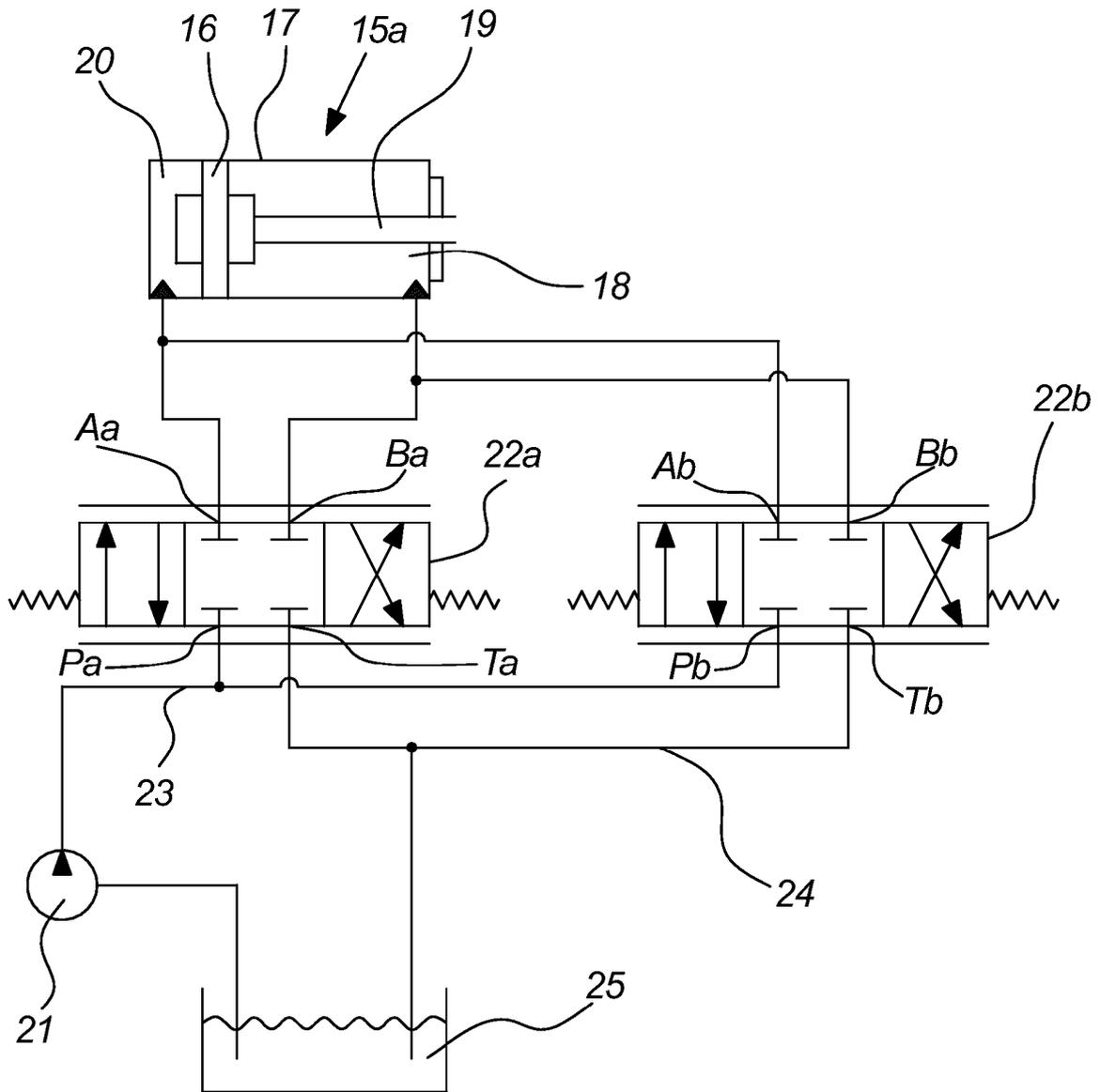


Fig. 4

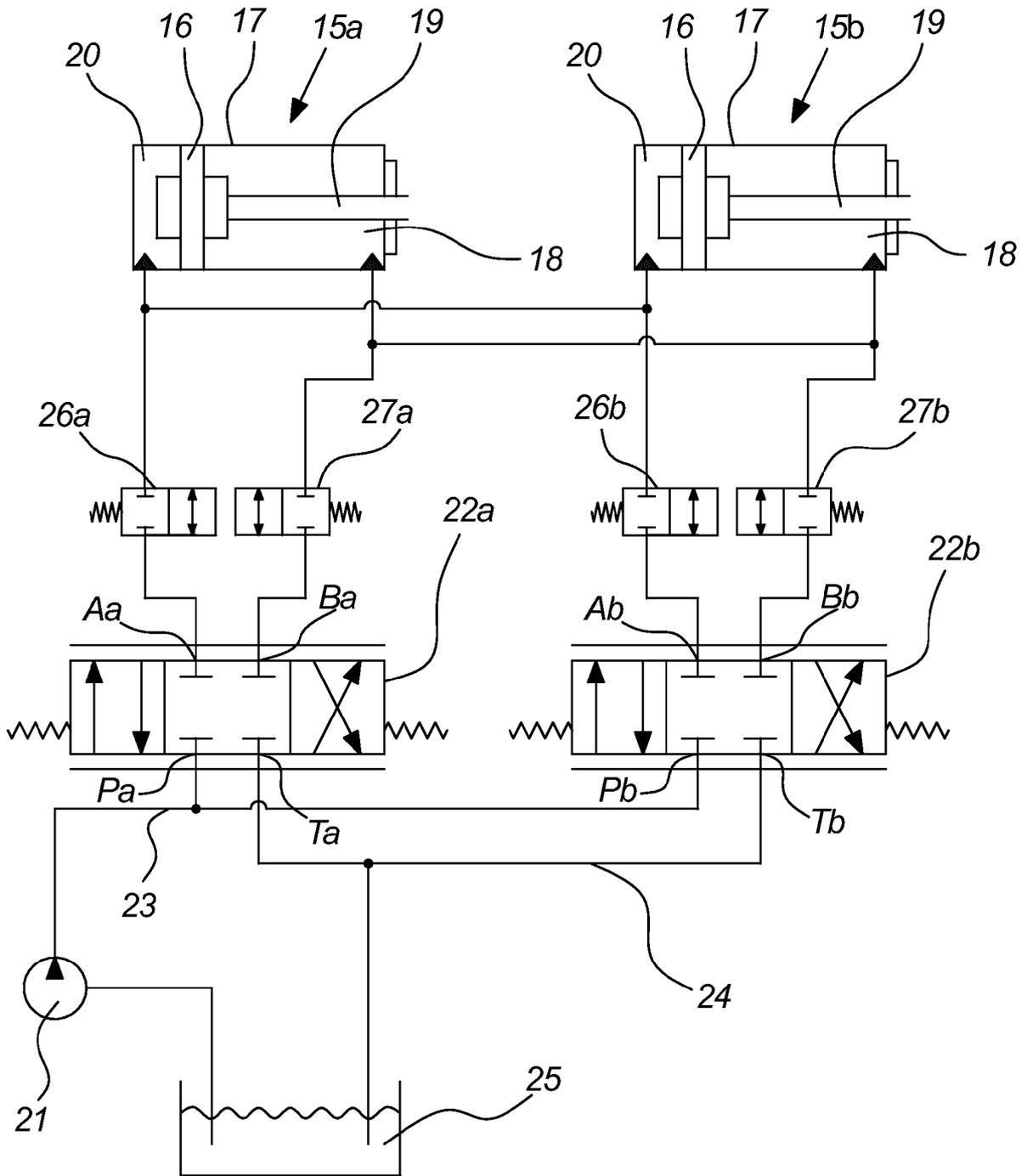


Fig. 5

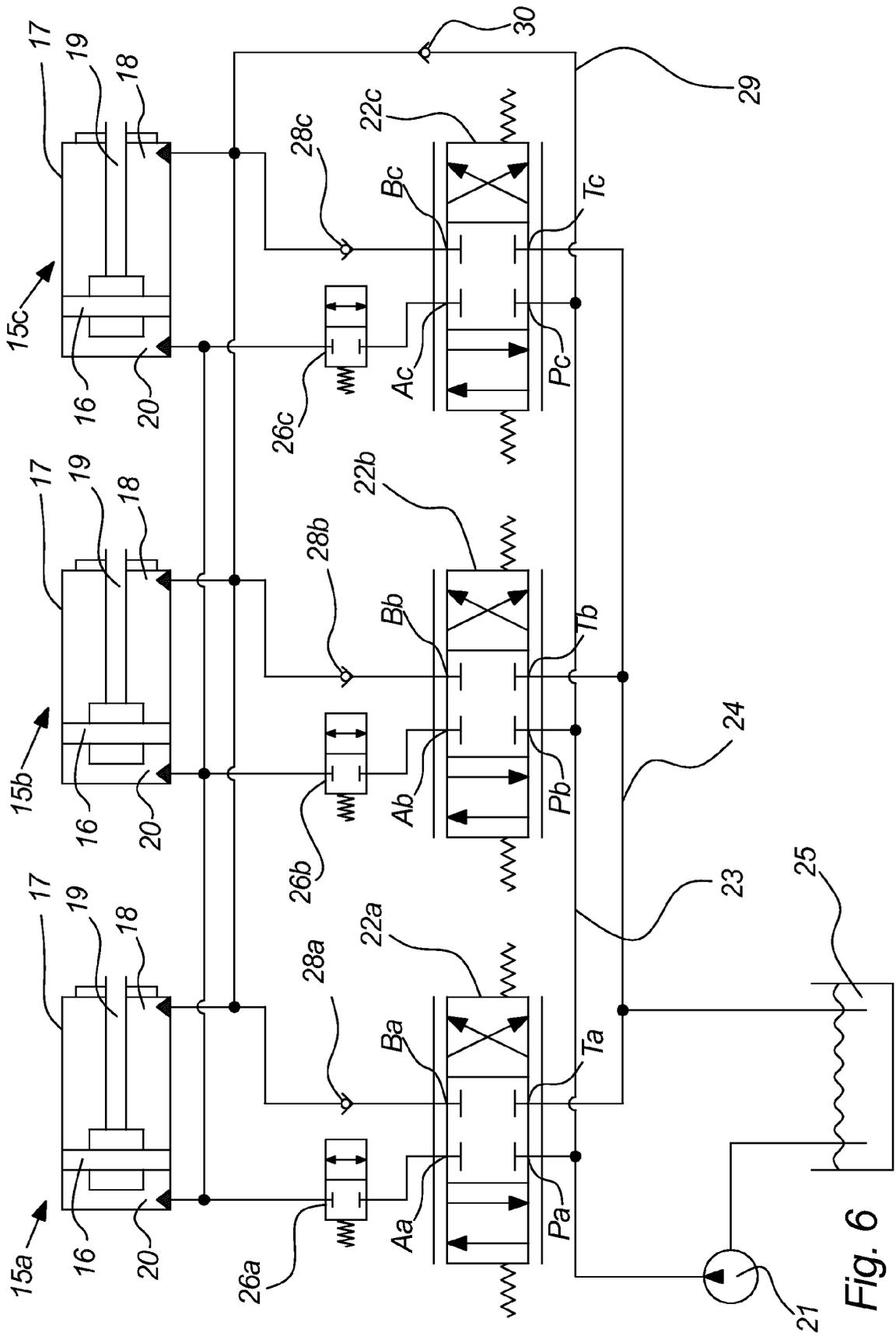


Fig. 6