

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 469**

51 Int. Cl.:

F03D 9/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2011 E 11194124 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2479429**

54 Título: **Una turbina eólica y un método para la alimentación de uno o más actuadores hidráulicos de cambio de paso**

30 Prioridad:

24.01.2011 DK 201100043

24.01.2011 US 201161435415 P

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

20.10.2017

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 2 638 469 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

Una turbina eólica y un método para la alimentación de uno o más actuadores hidráulicos de cambio de paso

5 Antecedentes de la invención

La invención se refiere a una turbina eólica que comprenden medios para la producción de energía para una red eléctrica. La turbina eólica comprende adicionalmente un rotor que incluye una o más palas, en la que el rotor comprende adicionalmente uno o más actuadores hidráulicos de cambio de paso para controlar activamente el ángulo de paso de una o más de las palas.

La invención se refiere adicionalmente a un método para la alimentación de uno o más actuadores hidráulicos de cambio de paso para controlar activamente el ángulo de paso de una o más palas de una turbina eólica.

15 Descripción de la técnica relacionada

Una turbina eólica conocida en la técnica comprende una torre de turbina eólica ahusada y una góndola de turbina eólica situada en la parte superior de la torre. Se conecta un rotor de turbina eólica con un número de palas de turbina eólica a la góndola a través de un árbol de baja velocidad, que se extiende fuera del frente de la góndola tal como se ilustra en la figura 1.

Las turbinas eólicas modernas controlan la carga sobre el rotor mediante el cambio de paso de las palas hacia y fuera de viento incidente. Se cambia el paso de las palas para optimizar la producción de potencia o para proteger a la turbina eólica de sobrecargas dañinas.

Para realizar el cambio de paso cada pala está provista con una disposición de cambio de paso que comprende un cojinete de paso entre el buje y la pala, y alguna clase de mecanismo de cambio de paso, por ejemplo en la forma de un actuador hidráulico, para proporcionar la fuerza para el cambio de paso de la pala y su mantenimiento en una posición dada.

Este actuador hidráulico se alimenta típicamente por una bomba hidráulica que es accionada por un motor eléctrico alimentado por la red eléctrica para la que la turbina eólica produce la energía eléctrica.

Sin embargo, en el caso de fallo de la red puede ser aún necesario cambiar el paso de las palas, por ejemplo para parar la turbina eólica mediante la estabilización de las palas, para controlar una rotación lenta del rotor durante la marcha en vacío o como una contramedida en caso de que una o más de las palas oscilen en el sentido del borde.

Por ejemplo, a partir del documento US 4.348.155 se conoce por lo tanto proveer al sistema hidráulico con acumuladores de presión de modo que las palas puedan estabilizarse en caso de un fallo de la red o un defecto similar pero la potencia proporcionada desde los acumuladores está limitada y de una vida muy corta.

Por el documento EP 1 788 237 A2 se conoce por lo tanto la alimentación de la bomba hidráulica por la red eléctrica durante un funcionamiento normal y por ejemplo, por medio de una batería durante fallos de la red pero dicha batería es tanto pesada como cara.

El documento de Erich Hau: "Wind Turbines", 2006, Springer-Verlag, páginas 278-279 describe un método para impedir un embalamiento del rotor cuando se pierde súbitamente la carga.

Un objeto de la invención es por lo tanto proporcionar una técnica ventajosa para la alimentación de un actuador hidráulico de cambio de paso de una turbina eólica.

La invención

La presente invención proporciona una turbina eólica que comprende medios para la producción de energía para una red eléctrica. La turbina eólica comprende adicionalmente un rotor que incluye una o más palas, en la que el rotor comprende adicionalmente uno o más actuadores hidráulicos de cambio de paso para controlar activamente el ángulo de paso de una o más de las palas. La turbina eólica comprende también una o más bombas hidráulicas de actuador adaptadas para alimentar los actuadores hidráulicos de cambio de paso, en los que las una o más bombas hidráulicas de actuador se alimentan por una fuente de energía en funcionamiento normal. La turbina eólica comprende adicionalmente una bomba hidráulica de emergencia adaptada también para la alimentación de los actuadores hidráulicos, siendo alimentada la bomba hidráulica de emergencia por un almacenamiento de energía eléctrica.

Las una o más bombas hidráulicas de actuador que accionan los actuadores de cambio de paso durante un funcionamiento normal han de tener una capacidad relativamente alta para ajustar constante y rápidamente el ángulo de paso de todas las palas, por ejemplo en respuesta a unas situaciones del viento constantemente

- cambiantes, para ajustarle a una consigna de producción de potencia dada u otra. Por ello, en caso de emergencia, por ejemplo en la que la fuente de energía de funcionamiento normal ya no está disponible, requeriría un almacenamiento de energía masivo para asegurar la operación de cambio de paso si esto se debiera llevar a cabo por las bombas hidráulicas de actuador de funcionamiento normal. Pero durante un fallo de la red o en
- 5 circunstancias similares en las que la fuente de energía de funcionamiento normal no está disponible el sistema de cambio de paso solo tiene que ajustar el ángulo de paso de las palas de modo relativamente lento y relativamente pocas veces —es decir, si se detectan las oscilaciones en el sentido del borde de las palas o para asegurar una
- 10 marcha en vacío lenta sustancialmente constante del rotor—. La capacidad requerida de las bombas se reduce por lo tanto grandemente durante períodos en los que la fuente de energía de funcionamiento normal no está disponible y es por lo tanto ventajoso proveer adicionalmente a la turbina eólica con una bomba hidráulica de emergencia dedicada debido a que dicha bomba hace más simple adaptar la capacidad a la situación de emergencia y de ese
- 15 modo asegurar un consumo de energía más bajo durante los períodos en los que la fuente de energía de funcionamiento normal no está disponible. Por ello, el funcionamiento del sistema de cambio de paso se asegura durante un periodo largo de tiempo (es decir semanas y meses) por medio de un almacenamiento de energía eléctrica relativamente pequeño y barato. Adicionalmente, la alimentación de la bomba hidráulica de emergencia dedicada separada mediante un almacenamiento de energía eléctrica es ventajoso porque permite el ajuste del ángulo de paso de las palas incluso si la red eléctrica no está disponible o si el tren de accionamiento no está girando.
- 20 También, al hacer la bomba hidráulica de emergencia separada de las bombas hidráulicas de actuador de funcionamiento normal se asegura que, si las bombas hidráulicas de actuador se averían por alguna razón o dejan de funcionar, la bomba hidráulica de emergencia es capaz de hacer funcionar el sistema de cambio de paso y cambiar el paso de las palas a una posición segura.
- 25 Debería remarcarse que por la expresión “*una fuente de energía de funcionamiento normal*” se ha de entender cualquier clase de fuente de energía capaz de alimentar las una o más bombas hidráulicas de actuador durante el funcionamiento normal de la turbina eólica, es decir cuando el rotor de la turbina eólica está girando por lo que se está generando energía eléctrica y alimentando directa o indirectamente a la red eléctrica.
- 30 La fuente de energía de funcionamiento normal sería en la mayor parte de los casos la red eléctrica pero podría ser también un acoplamiento directo o indirecto al tren de accionamiento de la turbina eólica —tal como si la bomba fuera a ser accionada por un árbol de salida del generador de la turbina eólica o la bomba comprendiera un motor eléctrico que está siendo alimentado por un generador dedicado que es accionado por el tren de accionamiento de la turbina eólica o el motor eléctrico pudiera accionarse directamente por el generador o generadores principales de
- 35 la turbina eólica—. Debería remarcarse también que por la expresión “*un almacenamiento de energía eléctrica*” se debe entender cualquier clase de baterías, acumuladores eléctricos, capacidades/condensadores o dispositivos similares capaces de almacenar energía eléctrica.
- 40 En un aspecto de la invención, dicha bomba hidráulica de emergencia es una bomba hidráulica de capacidad fija. Una bomba hidráulica de capacidad fija es más simple, fiable y barata que una bomba hidráulica de capacidad variable y dado que la bomba hidráulica de emergencia solo se supone que funcionará muy raramente en caso de fallo del sistema de bombeo normal —tal como en un fallo de la red o similar— es particularmente importante que la bomba sea fiable. Adicionalmente, dado que la demanda del sistema de accionamiento del cambio de paso se reduce grandemente cuando la turbina eólica no está funcionando normalmente, es decir no está produciendo energía para la red eléctrica, es ventajoso usar una bomba hidráulica de capacidad fija “simple” y fiable durante estos períodos.
- 50 Debería remarcarse que por la expresión “*bomba hidráulica de capacidad fija*” se debe entender una bomba hidráulica que tenga una correlación directa entre las RPM (rotaciones por minuto) de entrada y la cantidad de aceite producido. Los tipos conocidos de bombas hidráulicas de capacidad fija son bombas de engranajes, bombas de tornillo y bombas de pistón radial pero son factibles otros tipos de bombas para su uso como una bomba hidráulica de capacidad fija tal como bomba rotativas de paletas, bombas de eje inclinado y bombas de pistón axial.
- 55 En un aspecto de la invención, dichas una o más bombas hidráulicas de actuador son una o más bombas hidráulicas de capacidad variable.
- 60 Las bombas hidráulicas de capacidad variable son más eficientes en energía lo que es ventajoso porque las bombas han de funcionar de modo sustancialmente constante durante el funcionamiento normal de la turbina eólica y dada la posibilidad de variar la capacidad, este tipo de bomba es particularmente adecuada para la alimentación de los actuadores hidráulicos de cambio de paso porque la demanda de cambio de paso varía constante y rápidamente.
- 65 Debería remarcarse que por la expresión “*bomba hidráulica de capacidad variable*” se debe entender bombas hidráulicas que comprenden medios para ajustar o variar mecánicamente la capacidad de la bomba mediante el

incremento o reducción del volumen de aceite que se suministra por la bomba por revolución. Los tipos conocidos de bombas hidráulicas de capacidad variable son bombas rotativas de paletas, bombas de eje inclinado y bombas de pistón axial, pero son factibles otros tipos de bomba para su uso como bomba hidráulica de capacidad variable.

5 En un aspecto de la invención, la capacidad de cada una de dichas una o más bombas hidráulicas de actuador es entre 2 y 100, preferentemente entre 5 y 20 y siendo lo más preferido entre 7 y 15 veces mayor que la capacidad de dicha bomba hidráulica de emergencia.

10 Si la capacidad de la bomba hidráulica de emergencia es demasiado pequeña con relación a la capacidad de las bombas hidráulicas de actuador la bomba hidráulica de emergencia no será capaz de proporcionar suficiente potencia para los actuadores de cambio de paso para asegurar que puede cambiarse el paso de las palas, por ejemplo antes de que se acumulen oscilaciones en el sentido del borde de las palas hasta un nivel potencialmente dañino. Sin embargo, si la capacidad de la bomba hidráulica de emergencia es demasiado grande con relación a la capacidad de las bombas hidráulicas de actuador la bomba hidráulica de emergencia se hace demasiado cara y requerirá demasiada potencia para funcionar. Por ello, los presentes intervalos de tamaño presentan una relación ventajosa entre eficiencia y coste.

20 En un aspecto de la invención, dicha bomba hidráulica de emergencia tiene una capacidad de entre 0,5 y 100 litros/minuto, preferentemente entre 1 y 30 litros/minuto y siendo lo más preferido entre 2 y 10 litros/minuto.

Estos intervalos de tamaño presentan una capacidad ventajosa para el cambio de paso de las palas de una turbina eólica moderna grande a velocidad suficiente para asegurar que las oscilaciones en el sentido del borde de las palas no se acumulan hasta un nivel potencialmente dañino antes de que se cambie el paso de las palas.

25 En un aspecto de la invención, dicha turbina eólica comprende adicionalmente medios de detección de estado para la detección de una indicación del estado operativo de dichas bombas hidráulicas de actuador.

30 Dado que el almacenamiento de energía eléctrica de la bomba hidráulica de emergencia es de capacidad limitada, es ventajoso hacer funcionar la bomba hidráulica de emergencia solamente cuando es necesario. Es por lo tanto ventajoso proporcionar a la turbina eólica medios de detección de estado para la detección de situaciones en las que debería permitirse que funcione la bomba hidráulica de emergencia.

35 Los medios de detección de estado podrían disponerse, por ejemplo, para detectar uno o más de las siguientes situaciones: fallo de la red eléctrica, caída (o pérdida completa) de presión en el sistema hidráulico, estado operativo de las una o más bombas hidráulicas de actuador, ángulo de paso de la pala, es decir si están las palas giradas a la posición correcta y el estado de acoplamiento a la red es decir, si la turbina eólica está desconectada (por ejemplo durante servicio) o conectada a la red eléctrica. Si se detectaran uno o más de estos estados por los medios de detección de estado operativo se activaría que es posible el funcionamiento de la bomba hidráulica de emergencia.

40 Los medios de detección de estado podrían ser cualquier clase de sensores —tales como sensores de temperatura, sensores de presión, voltímetros o amperímetros— o cualquier clase de dispositivo electrónico o mecánico adecuado para actuar como un detector de estado capaz de detectar una indicación del estado operativo de las bombas hidráulicas de actuador.

45 En un aspecto de la invención, dichos medios de detección de estado comprenden medios de detección del estado de la red para la detección de si dicha red eléctrica está disponible.

50 La no disponibilidad de la red eléctrica —tanto debido a fallo de la red como porque la turbina eólica se desconecta deliberadamente de la red eléctrica— es de lejos la razón más común por la que no es posible el funcionamiento normal de las una o más bombas hidráulicas de actuador y es por tanto particularmente ventajoso proporcionar un medio de detección de estado con los medios de detección del estado de la red para detectar si la red eléctrica está disponible.

55 Los medios de detección de estado de la red podrían ser un voltímetro, un amperímetro o cualquier otra clase de dispositivo electrónico o mecánico adecuado para actuar como un detector de estado de la red capaz de detectar si la red eléctrica está disponible.

60 En un aspecto de la invención, dicha turbina eólica comprende adicionalmente medios de control para permitir el funcionamiento de dicha bomba hidráulica de emergencia dependiendo de una salida procedente de dichos medios de detección de estado.

65 Por ese medio se consigue una realización ventajosa de la invención. Los medios de control podrían ser cualquier clase de PLC, microprocesador, PC o cualquier otra clase de dispositivo electrónico o mecánico adecuado para actuar como un controlador capaz de permitir el funcionamiento de la bomba hidráulica de emergencia en función de una salida de los medios de detección de estado.

En un aspecto de la invención, dicho almacenamiento de energía eléctrica es una o más baterías.

5 Las baterías son una forma muy fiable, barata y simple de almacenar energía durante largos períodos de tiempo y es por lo tanto ventajoso usar baterías para la alimentación de una bomba hidráulica de emergencia de una turbina eólica.

De acuerdo con la invención, dicha turbina eólica comprende adicionalmente medios de detección de oscilación adaptados para detectar oscilaciones en el sentido del borde en una o más de dichas una o más palas.

10 Como se ha explicado anteriormente, dado que el almacenamiento de energía eléctrica de la bomba hidráulica de emergencia es de capacidad limitada, es ventajoso hacer funcionar solamente la bomba hidráulica de emergencia cuando es necesario. Es ventajoso por lo tanto proporcionar a la turbina eólica con medios de detección de oscilación que permitan que la bomba hidráulica de emergencia se haga funcionar solo sustancialmente cuando ocurren situaciones específicas tales como cuando se detectan oscilaciones en el sentido del borde en una o más de las palas.

15 Los medios de detección de oscilación podrían ser cualquier clase de sensores, extensómetros, acelerómetros, cables de fibra óptica, cámaras o cualquier otra clase de dispositivos electrónicos o mecánicos adecuados para actuar como un detector de oscilación capaz de detectar oscilaciones en el sentido del borde en una o más de las palas de la turbina eólica.

20 De acuerdo con la invención, dicha turbina eólica comprende adicionalmente medios de control de la bomba hidráulica de emergencia adaptados para activar dicha bomba hidráulica de emergencia si dichos medios de detección de oscilación detectan oscilaciones en el sentido del borde por encima del nivel predefinido en una o más de dichas una o más palas.

25 Dado que la potencia disponible para el accionamiento de la bomba hidráulica de emergencia es limitada es ventajoso hacer funcionar solamente la bomba hidráulica de emergencia cuando las oscilaciones en el sentido del borde están por encima del nivel predefinido que indica que las oscilaciones no se están deteniendo por sí mismas, y asegurando que las oscilaciones se detienen antes de que alcancen un nivel peligroso.

30 En un aspecto de la invención, dicho almacenamiento de energía eléctrica es uno o más condensadores.

35 Es el uso de condensadores es ventajoso porque proporcionan un almacenamiento de energía simple, duradero y barato.

En un aspecto de la invención, dicha fuente de energía de funcionamiento normal es dicha red eléctrica.

40 Es ventajoso alimentar las una o más bombas hidráulicas de actuador por medio de la red eléctrica porque la red eléctrica proporciona una fuente de energía barata y fiable durante el funcionamiento normal de la turbina eólica.

45 La invención proporciona adicionalmente un método de alimentar uno o más actuadores hidráulicos de cambio de paso para controlar activamente el ángulo de paso de una o más palas de una turbina eólica. Los actuadores hidráulicos de cambio de paso son accionados por medio de una o más bombas hidráulicas de actuador durante el funcionamiento normal de la turbina eólica y las bombas hidráulicas de actuador son alimentadas por una fuente de energía de funcionamiento normal. El método comprende las etapas de:

- detección de una indicación del estado operativo de las bombas hidráulicas de actuador, y
- permitir que los actuadores hidráulicos de cambio de paso se puedan alimentar por una bomba hidráulica de emergencia si se detecta un estado no operativo de las bombas hidráulicas de actuador. La bomba hidráulica de emergencia es alimentada por un almacenamiento de energía eléctrica.

50 Es ventajoso alimentar la bomba hidráulica de emergencia por medio de un almacenamiento de energía eléctrica porque, si se detecta un estado no operativo de las bombas hidráulicas de actuador, ese estado podría estar provocado por un fallo de la red u otras situaciones que conllevan que la fuente de alimentación de funcionamiento normal no esté disponible. Y haciendo que el almacenamiento de energía eléctrica accione una bomba hidráulica de emergencia separada es posible adaptar esta bomba específicamente a las circunstancias especiales que ocurren cuando se detecta un estado no operativo de las bombas hidráulicas de actuador, es decir la turbina eólica no está produciendo energía no requiriéndose, por ello, una reacción rápida o reacción constante del sistema de cambio de paso. Sin embargo, dado que la cantidad de energía disponible en el almacenamiento de energía eléctrica está limitada por naturaleza, es también ventajoso que la bomba hidráulica de emergencia solo se haga funcionar cuando se detecta un estado no operativo de las bombas hidráulicas de actuador.

55 De acuerdo con la presente invención, dicho método comprende adicionalmente la etapa de activar dicha bomba hidráulica de emergencia si se detectan oscilaciones en el sentido del borde por encima de un nivel predefinido en una o más de dichas palas de turbina eólica.

Dado que la cantidad de energía disponible del almacenamiento de energía eléctrica está limitada por naturaleza, es también ventajoso que la bomba hidráulica de emergencia solo se haga funcionar cuando es absolutamente necesario —cuando se detecta el estado no operativo de las bombas hidráulicas de actuador—. Por ello, es ventajoso que la bomba hidráulica de emergencia solo se active si se detectan oscilaciones en el sentido del borde por encima de un nivel predefinido en una o más de las palas.

En un aspecto de la invención, dicho método es un método para la alimentación de uno o más actuadores hidráulicos de cambio de paso para una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las turbinas eólicas mencionadas anteriormente.

10 Figuras

Se describirán en lo que sigue unas pocas realizaciones de ejemplo de la invención con referencia a las figuras, de las que

15 la fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna grande como es conocida en la técnica, tal como se ve desde el frente,

la fig. 2 ilustra un rotor de turbina eólica como es conocido en la técnica, que comprende tres palas, tal como se ve desde el frente,

20 la fig. 3 ilustra una sección transversal simplificada de una góndola de turbina eólica como es conocida en la técnica, tal como se ve desde el lateral,

la fig. 4 es un diagrama de los componentes principales de un sistema hidráulico de paso de las palas para una pala de turbina eólica,

la fig. 5 es un diagrama de los componentes principales y dispositivos de control de un sistema hidráulico de cambio de paso de palas para una pala de turbina eólica, y

30 la fig. 6 es un diagrama eléctrico de las bombas hidráulicas de un sistema hidráulico de cambio de paso de palas para una turbina eólica.

Descripción detallada de la técnica relacionada

35 La fig. 1 ilustra una turbina eólica 1 moderna tal como se conoce en la técnica que comprende una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 situada en la parte superior de la torre 2. El rotor 4 de la turbina eólica, que comprende tres palas 5 de turbina eólica montadas sobre un buje 6, se conecta a la góndola 3 a través de un árbol de baja velocidad que se extiende fuera del frente de la góndola 3. Adicionalmente, la figura muestra que se montan cojinetes 7 de paso en las raíces de las palas 5.

40 La fig. 2 ilustra un rotor 4 de turbina eólica tal como se conoce en la técnica que comprende un buje 6 y tres palas 5 tal como se ven desde el frente.

Como se ilustra, los cojinetes 7 de paso se disponen entre las palas 5 y el buje 6 para permitir que giren las palas 5 alrededor de su eje longitudinal y para transferir las fuerzas principalmente desde tres orígenes diferentes. Las palas 5 (y los cojinetes 7 en sí, naturalmente) están bajo la constante influencia de la fuerza de la gravedad. La dirección de la fuerza gravitacional varía dependiendo de las posiciones de las palas 5, incluyendo cargas diferentes sobre los cojinetes 7 de paso. Cuando las palas están en movimiento, los cojinetes 7 están también bajo la influencia de una fuerza centrífuga, que produce principalmente una tracción axial en los cojinetes 7. Finalmente los cojinetes 7 están bajo la influencia de la carga del viento sobre las palas 5. Esta fuerza es de lejos la mayor carga sobre los cojinetes 7 y produce un movimiento masivo, que han de soportar los cojinetes 7.

La carga sobre y desde todos los cojinetes 7 de paso ha de transferirse al buje 6 y adicionalmente al resto de la turbina eólica 1, y cada cojinete 7 de paso debe, al mismo tiempo, permitir que se cambie el paso de la pala 5.

55 En la realización mostrada, el rotor 4 comprende tres palas 5, pero en otras realizaciones el rotor 4 podría comprender una, dos, cuatro o más palas 5.

60 En la realización mostrada, la turbina eólica 1 es una turbina eólica 1 de paso regulado, pero en otras realizaciones, la turbina eólica podría asimismo ser justamente una turbina eólica 1 de pérdida activa regulada, dado que tanto las turbinas eólicas 1 de paso regulado como las turbinas eólicas 1 de pérdida activa regulada comprenden un mecanismo de paso para el cambio de paso de las palas 5.

65 La fig. 3 ilustra una sección transversal simplificada de una góndola 3 de una turbina eólica 1 de la técnica anterior tal como se ve desde el lateral. Las góndolas 3 existen en una multitud de variaciones y configuraciones, pero en la mayor parte de los casos el tren de accionamiento de la góndola 3 comprende uno o más de los siguientes

componentes: una caja de engranajes 9, un acoplamiento (no mostrado), alguna clase de sistema de frenado 10 y un generador 11. Una góndola 3 de una turbina eólica 1 moderna puede incluir también un convertidor 12 (también llamado inversor) y equipo periférico adicional tal como equipo de manejo de energía adicional, cabinas de control, sistemas hidráulicos, sistemas de refrigeración y más.

5 El peso de toda la góndola 3 incluyendo los componentes de la góndola 9, 10, 11, 12 es soportado por una estructura de góndola 13. Los componentes 9, 10, 11, 12 se colocan normalmente sobre y/o se conectan a esta estructura de góndola de soporte de carga 13 común. En la realización simplificada mostrada, la estructura de góndola de soporte de carga 13 solo se extiende a lo largo de la parte inferior de la góndola 3, por ejemplo en la forma de un bastidor de base sobre el que se conectan algunos o todos los componentes 9, 10, 11, 12. En otras realizaciones, la estructura de soporte de carga 13 podría comprender una corona de engranaje que podría transferir la carga del rotor 4 a la torre 2 a través de un cojinete principal (no mostrado), o la estructura de soporte de carga 13 podría comprender varias partes interconectadas, tal como una celosía.

15 En la realización ilustrada, las palas 5 de la turbina eólica 1 se conectan al buje 6 a través de cojinetes 7 de paso que permiten que las palas 5 giren alrededor de su eje longitudinal. En esta realización, se conecta un accionador 8 de paso de palas a una primera pala 5 y se conecta un segundo accionador 20 de paso de palas a una segunda pala 5. Cada uno de los accionadores 8, 20 de paso de palas comprende medios para ajustar activamente el ángulo de paso de las palas en forma de actuadores hidráulicos 16 conectados al buje 6 y las palas 5 respectivas.

20 Descripción detallada de la invención

La fig. 4 es un diagrama de los componentes principales de un sistema hidráulico de cambio de paso de palas para una pala 5 de turbina eólica.

25 En esta realización de la invención la turbina eólica 1 comprende tres palas 5 de turbina eólica comprendiendo cada una un accionador 8, 20, 22 de paso de palas. En esta realización solo se ilustra específicamente el accionador 8 de paso de palas para la primera pala 5 y la presencia de los accionadores 20, 22 de paso de palas para la segunda y tercera palas 5 solo se indica por cajas 20, 22 vacías. Sin embargo, los accionadores 20, 22 de paso de palas para la segunda y tercera palas 5 son en principio similares al accionador 8 de paso de palas ilustrado para la primera pala 5.

30 En esta realización de la invención, el sistema hidráulico de cambio de paso de las palas comprende tres bombas hidráulicas de actuador 14 y una bomba hidráulica de emergencia 17 acopladas todas ellas en paralelo. En otra realización de la invención, el sistema hidráulico de cambio de paso de palas podrían comprender otro número de bombas hidráulicas de actuador 14 tal como una, dos, cuatro o más y el sistema puede comprender otro número de bombas hidráulicas de emergencia 17 tal como dos, tres, cuatro o más y las bombas 14, 17 podrían acoplarse de modo diferente.

40 En esta realización de la invención todas las bombas hidráulicas de actuador 14 son bombas hidráulicas de capacidad variable pero en otra realización una o más de las bombas hidráulicas de actuador 14 podrían ser bombas hidráulicas de capacidad fija. De modo similar, en esta realización la bomba hidráulica de emergencia 17 es una bomba hidráulica de capacidad fija pero en otra realización podría ser una bomba hidráulica de capacidad variable.

45 En esta realización de la invención las bombas hidráulicas 14, 17 alimentan un líquido hidráulico presurizado adecuado —tal como aceite hidráulico— a los accionadores de paso 8, 20, 22 en los que el líquido se conduce a un lado del pistón en el actuador 16 de paso hidráulico por medio de una válvula 21 que en esta realización es una válvula proporcional 21.

50 La barra del pistón de actuador hidráulico de paso 16 se conecta (no mostrado) directa o indirectamente al buje 6 del rotor 4 de la turbina eólica y la carcasa del cilindro de actuador hidráulico de paso 16 se conecta directa o indirectamente a la pala 5 o viceversa de modo que efectúen un desplazamiento angular (cambio de paso) de la pala 5 cuando el líquido bajo presión se aplica a cualquier lado del pistón en el actuador hidráulico de paso 16.

55 En esta realización el accionador de paso 8 comprende también un acumulador hidráulico 18 que también se presuriza por el líquido presurizado desde las bombas 14, 17. Si —por ejemplo durante viento elevado y máxima producción de potencia— la red eléctrica falla súbitamente, tendrá que cambiarse el paso de las palas 5 fuera del viento muy rápidamente para impedir que se incremente la velocidad del rotor, lo que podría conducir a un fallo catastrófico. En esta realización de la invención, las bombas hidráulicas de actuador 14 son alimentadas por la red eléctrica y cuando la red falla las bombas hidráulicas de actuador 14 no son capaces de proporcionar la presión para la estabilización de las palas 5. En dichos casos el líquido presurizado dentro del acumulador hidráulico 18 se libera por medio de la válvula del acumulador 19 proporcionando de ese modo un incremento de presión instantáneo aunque de corta vida que proporciona potencia suficiente para cambiar el paso de las palas a una posición estabilizada “segura”.

En otra realización de la invención el accionador de paso podría no comprender un acumulador hidráulico 18 y el cambio de paso de emergencia de las palas 5 en caso de fallo de la red o similares se realizaría totalmente por medio del líquido presurizado proporcionado por la bomba hidráulica de emergencia 17 o el cambio de paso de emergencia de las palas 5 se podría realizar en una colaboración entre un sistema de respaldo de presión tal como uno o más acumuladores hidráulicos 18 y la bomba hidráulica de emergencia 17.

Una vez que las palas 5 hayan alcanzado su posición de estacionamiento no habría en principio necesidad de cambio de paso de las palas 5 de nuevo hasta que se reanude la producción de potencia normal cuando de nuevo pueda cambiarse el paso por medio de las bombas hidráulicas de actuador 14. Sin embargo, para evitar marcas de parada que se forman en los cojinetes y los engranajes del tren de accionamiento de la turbina eólica, es ventajoso que el rotor 4 y por lo tanto el tren de accionamiento esté constantemente en marcha en vacío al menos durante períodos más largos de parada. Para asegurar esta constante marcha en vacío del rotor 4 sin que la rotación se acumule o detenga es necesario ajustar ocasionalmente el ángulo de paso de una o más de las palas 5. De la misma manera, durante la parada, fenómenos de turbulencia del viento y similares pueden provocar que se acumulen vibraciones en el sentido del borde en las palas 5. Las vibraciones en el sentido del borde por encima de un cierto nivel pueden conducir a roturas en la estructura de las palas y para impedir que las vibraciones se acumulen es ventajoso cambiar el paso de la pala 5 afectada para eliminar o reducir las condiciones que provocan que la pala 5 vibre en el sentido del borde. También, durante el montaje o servicio de la turbina eólica 1, en que la turbina eólica 1 estaría desconectada de la red eléctrica, podría surgir una necesidad para el cambio de paso de las palas 5.

Por ello, es ventajoso proporcionar a la turbina eólica con una bomba hidráulica de emergencia 17 que esté alimentada por una batería o un almacenamiento de energía eléctrica 29 similar de modo que pueda cambiarse el paso de las palas 5 incluso si la fuente de energía de funcionamiento normal —tal como la red eléctrica— no está disponible durante un largo período de tiempo.

En esta realización preferida de la invención las bombas hidráulicas 14, 17 se disponen para proporcionar líquido presurizado a los sistemas hidráulicos de cambio de paso de palas para todas las palas 5 pero en otra realización puede disponerse un conjunto de bombas 14, 17 por separado para cada pala 5.

Es evidente para el experto en la materia que el sistema se muestra solo esquemáticamente en la fig. 4 y que serían posibles un cierto número de variaciones en el sistema, por ejemplo incluyendo otras formas de controlar el flujo del líquido a y desde el acumulador 18 y el cilindro de cambio de paso 16 y para controlar la interacción entre los componentes del accionamiento del cambio de paso.

La fig. 5 es un diagrama de los componentes principales y dispositivos de control de un sistema hidráulico de cambio de paso de palas para una pala 5 de turbina eólica.

En esta realización de la invención la turbina eólica 1 está adicionalmente equipada con medios de detección de estado 24. Los medios de detección de estado 24 están adaptados para detectar si las bombas hidráulicas de actuador 14 están trabajando apropiadamente, es decir para detectar una indicación del estado operativo de las bombas hidráulicas de actuador 14. En esta realización de la invención los medios de detección de estado 24 comprenden medios de detección del estado de la red por ejemplo en la forma de un voltímetro o un amperímetro (no mostrados) para detectar si la red eléctrica está disponible, un detector de posición del interruptor (no mostrado) para detectar la posición del interruptor de turbina principal que conecta la turbina 1 a la red eléctrica, un manómetro 23 que mide la presión del líquido en uno o más lugares en el sistema de cambio de paso y un sensor de temperatura (no mostrado) para detectar una situación de sobrecalentamiento de las bombas hidráulicas de actuador 14. Sin embargo, en otra realización de la invención los medios de detección de estado 24 podrían comprender menos detectores, de modo que en una realización los medios de detección de estado 24 solo comprenderían los medios de detección del estado de la red o en otra realización los medios de detección de estado 24 podrían comprender otros detectores u otra combinación de detectores capaces de detectar una indicación del estado operativo de las bombas hidráulicas de actuador 14.

En esta realización los medios de detección de estado 24 se disponen centralmente pero en otra realización los medios de detección de estado 24 podrían disponerse en localizaciones diferentes en la turbina eólica 1.

Se suministran una o más señales desde los medios de detección de estado 24 a los medios de control 25 y si estas señales indican que el estado operativo de las bombas hidráulicas de actuador 14 no es como se supone que debe ser, los medios de control 25 permitirán que la bomba hidráulica de emergencia 17 pueda funcionar. De ese modo, si los medios de detección de estado 24 detectan por ejemplo que la red eléctrica ya no está disponible esta información se proporciona a los medios de control 25 que permitirán el funcionamiento de la bomba hidráulica de emergencia 17. Esto no significa necesariamente que la bomba hidráulica de emergencia 17 empezará a funcionar inmediatamente. Por ejemplo, si la pala ya se ha estabilizado por medio de las bombas hidráulicas de actuador 14 en funcionamiento normal, la bomba hidráulica de emergencia 17 no empezará a funcionar hasta que, por ejemplo, se detecte que la velocidad de rotación de la marcha en vacío del rotor 4 se incrementa más allá del nivel predefinido o si los medios de detección de oscilación 26 detectan que una o más de las palas 5 estaba oscilando en

el sentido del borde.

En esta realización los medios de control 25 se muestran como un dispositivo separado tal como un microprocesador separado, un PLC o un dispositivo de control similar pero en otra realización los medios de control 5 25 podrían ser una parte integral de otro dispositivo de control en la turbina eólica 1 tal como el controlador principal de la turbina eólica.

Comparada con las bombas hidráulicas de actuador 14, la bomba hidráulica de emergencia 17 es de un tamaño relativamente pequeño, es decir la bomba hidráulica de emergencia 17 tiene por ejemplo una capacidad que es diez 10 veces más pequeña que la capacidad de cada una de las bombas hidráulicas de actuador 14. Esto significa que la velocidad de cambio de paso se reduce de modo importante cuando el sistema de paso es alimentado solamente por la bomba hidráulica de emergencia 17 pero esto también significa que el tamaño del almacenamiento de energía eléctrica 29 que alimenta la bomba hidráulica de emergencia 17 puede reducirse grandemente.

15 La fig. 6 es un diagrama eléctrico de las bombas hidráulicas 14, 17 de un sistema hidráulico de cambio de paso de palas para una turbina eólica 1.

En esta realización de la invención las tres bombas hidráulicas de actuador 14 son accionadas cada una por medio de motores eléctricos 28 y la fuente de energía de funcionamiento normal es en este caso la red eléctrica 27 a la que 20 se entrega la energía producida por la turbina eólica 1.

La bomba hidráulica de emergencia 17 es accionada también por medio de un motor eléctrico 28 y el almacenamiento de energía eléctrica que alimenta el motor eléctrico 28 es en este caso una batería.

25 La invención se ha ejemplificado anteriormente con referencia a ejemplos específicos de turbinas eólicas 1, accionadores de paso 8, 20, 22, sistemas hidráulicos de cambio de paso y otros. Sin embargo, debería entenderse que la invención no está limitada a los ejemplos particulares descritos anteriormente sino que puede diseñarse y alterarse en una multitud de variedades dentro del alcance de la invención tal como se especifica en las reivindicaciones.

30 **Lista de números de referencia**

- 1. Turbina eólica
- 2. Torre
- 35 3. Góndola
- 4. Rotor
- 5. Pala
- 6. Buje
- 7. Cojinete de paso
- 40 8. Accionador de paso de palas para la 1ª pala
- 9. Caja de engranajes
- 10. Frenos
- 11. Generador
- 12. Convertidor
- 45 13. Estructura de la góndola
- 14. Bomba hidráulica de actuador
- 15. Tanque
- 16. Actuador hidráulico de cambio de paso
- 17. Bomba hidráulica de emergencia
- 50 18. Acumulador hidráulico
- 19. Válvula del acumulador
- 20. Accionador de paso de palas para la 2ª pala
- 21. Válvula hidráulica
- 22. Accionador de paso de palas para la 3ª pala
- 55 23. Manómetro
- 24. Medios de detección de estado
- 25. Medios de control
- 26. Medios de detección de oscilación
- 27. Red eléctrica
- 60 28. Motor eléctrico
- 29. Almacenamiento de energía eléctrica

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica (1) que comprende medios para producir energía para una red eléctrica (27), comprendiendo adicionalmente dicha turbina eólica (1)
- 5 un rotor (4) que incluye una o más palas (5), en la que dicho rotor (4) comprende adicionalmente uno o más actuadores hidráulicos de cambio de paso (16) para controlar activamente el ángulo de paso de una o más de dichas palas (5),
 10 una o más bombas hidráulicas de actuador (14) adaptadas para alimentar dichos actuadores hidráulicos de cambio de paso (16) y en la que dichas una o más bombas hidráulicas de actuador (14) son alimentadas por una fuente de energía de funcionamiento normal,
caracterizada por que
 15 dicha turbina eólica (1) comprende adicionalmente una bomba hidráulica de emergencia (17) también adaptada para alimentar dichos actuadores hidráulicos (16), siendo alimentada dicha bomba hidráulica de emergencia (17) por un almacenamiento de energía eléctrica (29),
 en la que dicha turbina eólica comprende adicionalmente medios de detección de oscilación (26) adaptados para detectar oscilaciones en el sentido del borde en una o más de dichas una o más palas, y
 20 en la que dicha turbina eólica comprende adicionalmente medios de control (25) de bomba hidráulica de emergencia adaptados para activar dicha bomba hidráulica de emergencia si dichos medios de detección de oscilación detectan oscilaciones en el sentido del borde por encima de un nivel predefinido en una o más de dichas una o más palas.
2. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha bomba hidráulica de emergencia es una bomba hidráulica de capacidad fija.
- 25 3. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que dichas una o más bombas hidráulicas de actuador son una o más bombas hidráulicas de capacidad variable.
- 30 4. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la capacidad de cada una de dichas una o más bombas hidráulicas de actuador es entre 2 y 100, preferentemente entre 5 y 20 y siendo lo más preferido entre 7 y 15 veces mayor que la capacidad de dicha bomba hidráulica de emergencia.
- 35 5. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicha bomba hidráulica de emergencia tiene una capacidad de entre 0,5 y 100 litros/minuto, preferentemente entre 1 y 30 litros/minuto y siendo lo más preferido entre 2 y 10 litros/minuto.
- 40 6. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicha turbina eólica comprende adicionalmente medios de detección de estado (24) para detectar una indicación del estado operativo de dichas bombas hidráulicas de actuador.
- 45 7. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 6, en la que dichos medios de detección de estado comprenden medios de detección del estado de la red para detectar si dicha red eléctrica está disponible.
- 50 8. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en la que dicha turbina eólica comprende adicionalmente medios de control (25) para permitir el funcionamiento de dicha bomba hidráulica de emergencia en función de una salida de dichos medios de detección de estado.
9. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicho almacenamiento de energía eléctrica son una o más baterías.
- 55 10. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que dicho almacenamiento de energía eléctrica son uno o más condensadores.
11. Un método para alimentar uno o más actuadores hidráulicos de cambio de paso (16) para controlar activamente el ángulo de paso de una o más palas (5) de una turbina eólica (1), siendo accionados dichos actuadores hidráulicos de cambio de paso (16) por medio de una o más bombas hidráulicas de actuador (14) durante el funcionamiento normal de dicha turbina eólica (1), en el que dichas bombas hidráulicas de actuador (14) son alimentadas por una fuente de energía de funcionamiento normal y en el que dicho método comprende las etapas de:
- 60 • detectar una indicación del estado operativo de dichas bombas hidráulicas de actuador (14),
 • permitir que los actuadores hidráulicos de cambio de paso (16) se puedan alimentar por una bomba hidráulica de emergencia (17) si se detecta un estado no operativo de dichas bombas hidráulicas de actuador (14), siendo alimentada dicha bomba hidráulica de emergencia (17) por un almacenamiento de energía eléctrica (29), y
 65 • activar dicha bomba hidráulica de emergencia si se detectan oscilaciones en el sentido del borde por encima de un nivel predefinido en una o más de dichas palas de turbina eólica.

12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicho método es un método para alimentar uno o más actuadores hidráulicos de cambio de paso de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

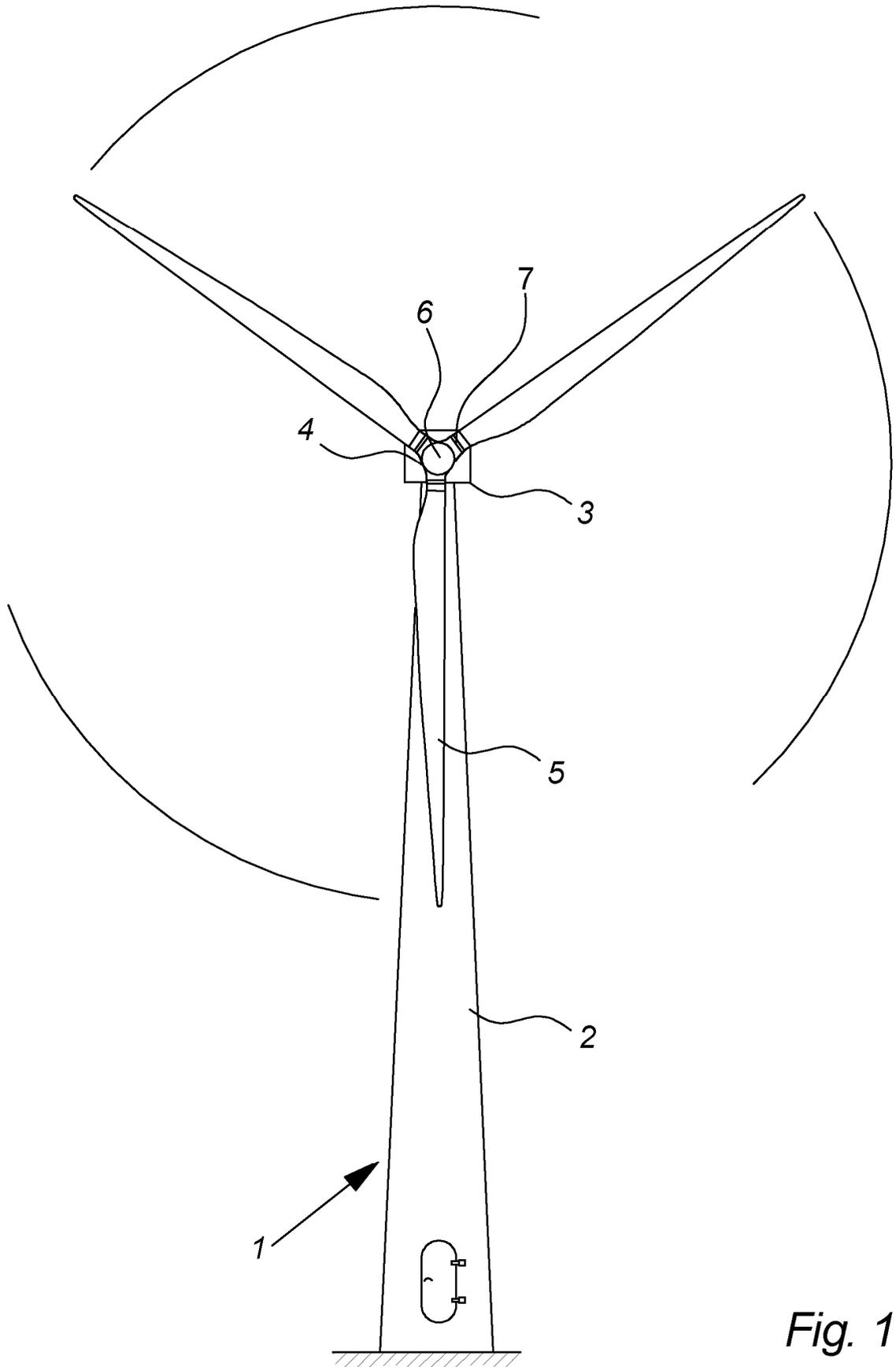


Fig. 1

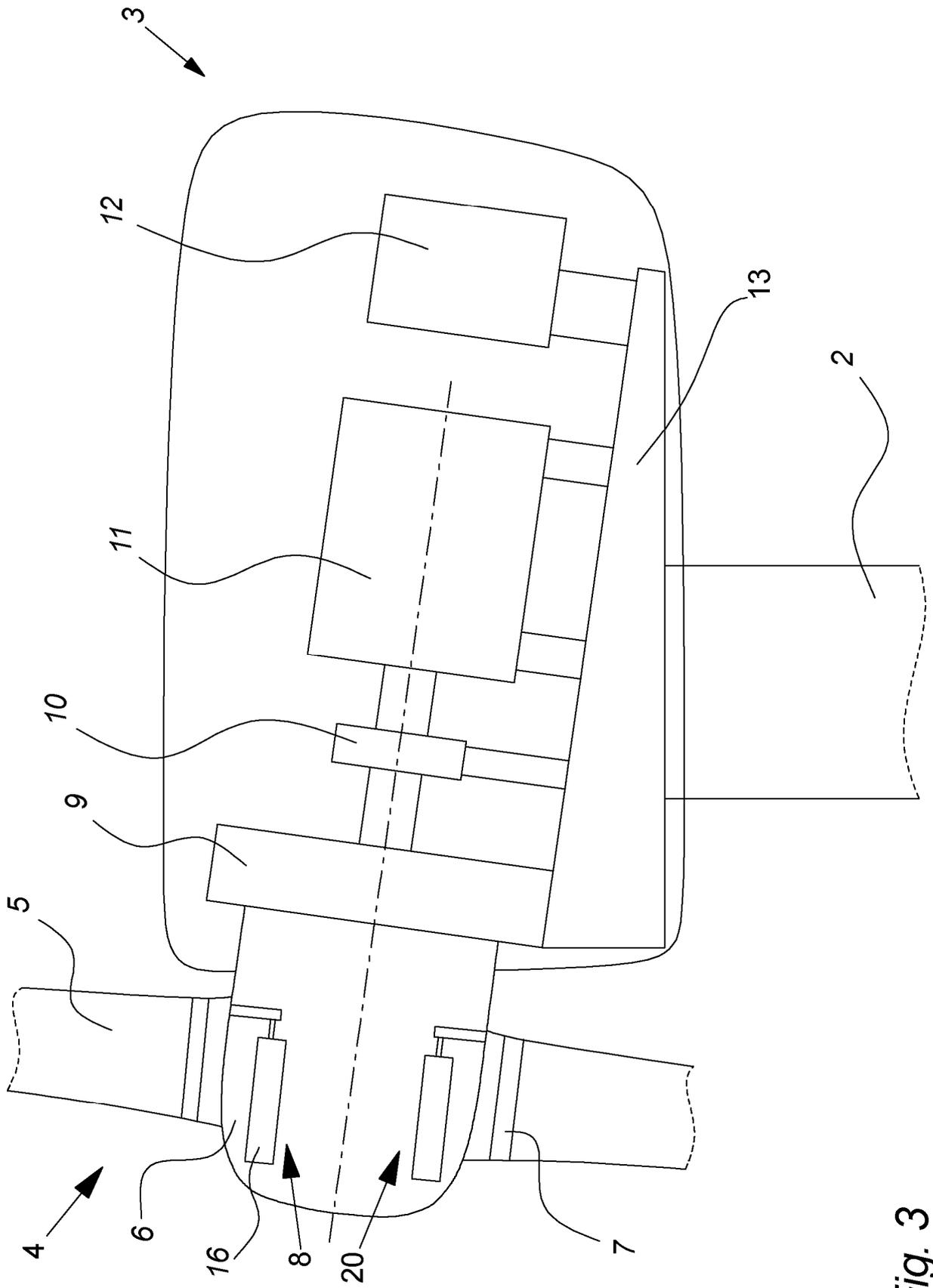


Fig. 3

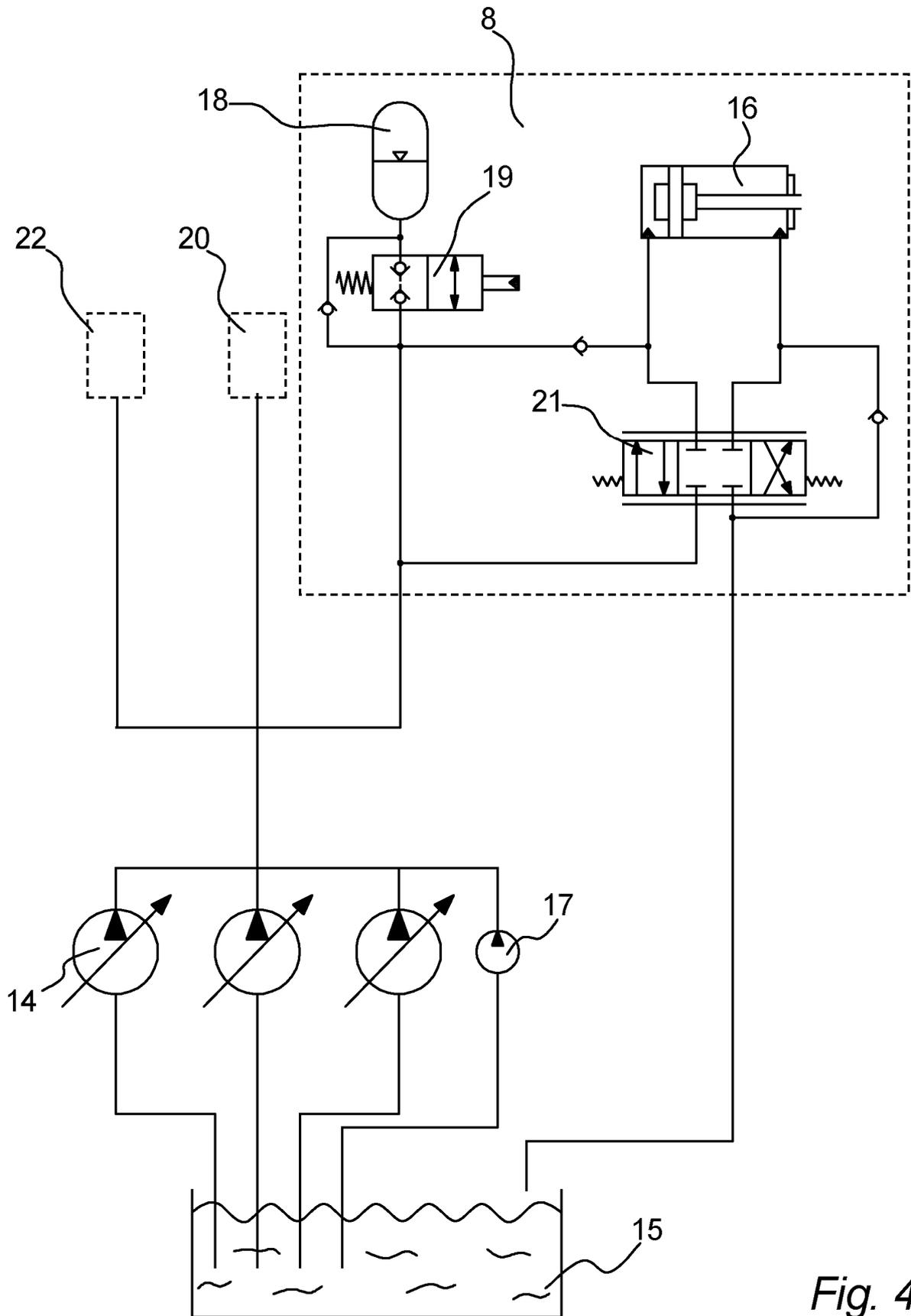


Fig. 4

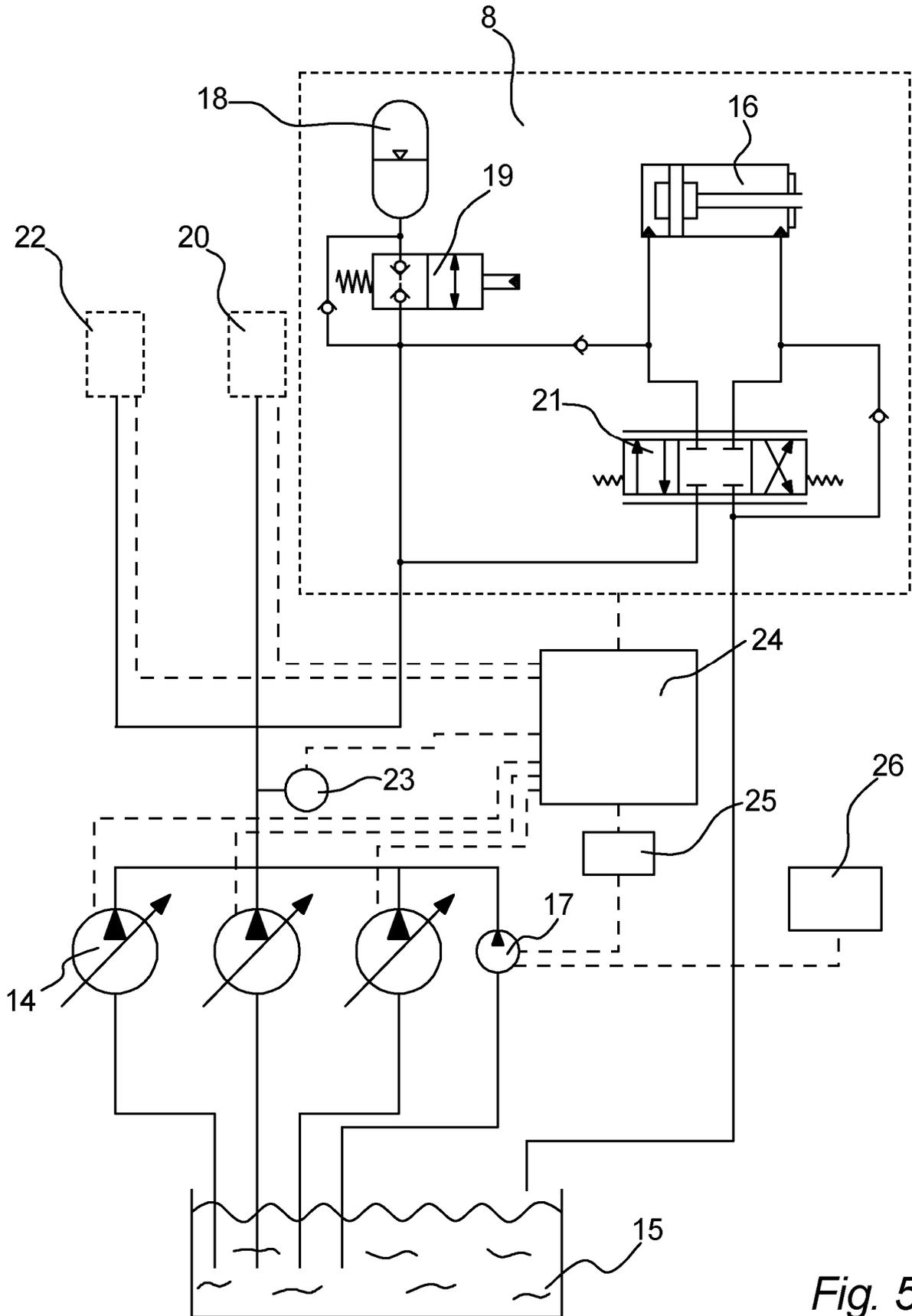


Fig. 5

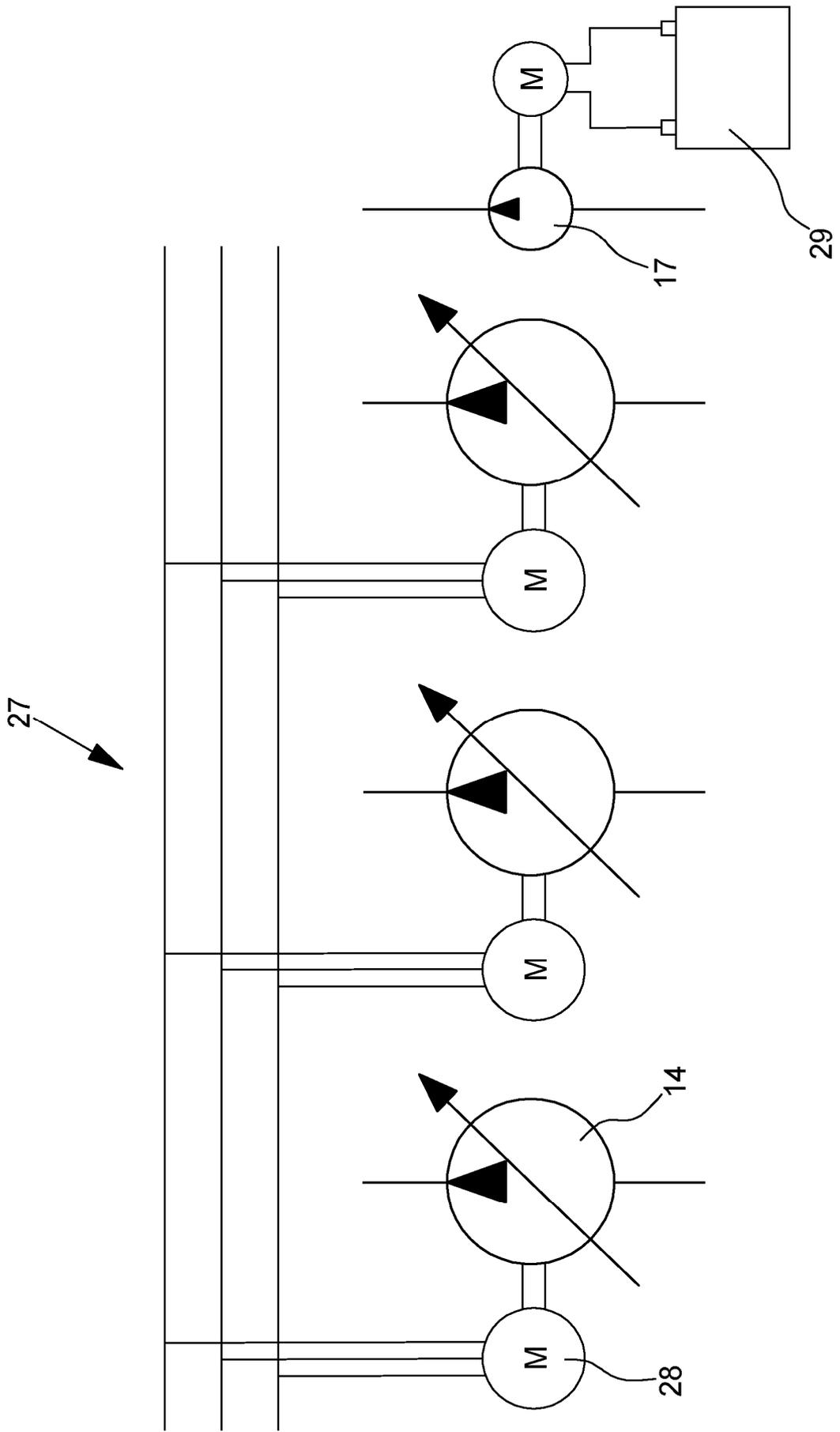


Fig. 6