

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 108**

51 Int. Cl.:

F04B 7/00 (2006.01)

F04B 49/24 (2006.01)

F01B 25/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09766166 .4**

96 Fecha de presentación: **22.06.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2307720**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2011**

54 Título: **Máquinas y procedimientos de trabajo con fluidos**

30 Prioridad:
20.06.2008 GB 0811385

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.03.2012

73 Titular/es:
**Artemis Intelligent Power Limited
Unit 3, Edgefield Industrial Estate Edgefield Road
Loanhead, Midlothian EH20 9TB, GB**

72 Inventor/es:
**STEIN, Uwe Bernhard Pascal y
CALDWELL, Niall James**

74 Agente/Representante:
Linage González, Rafael

ES 2 377 108 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

Máquinas y procedimientos de trabajo con fluidos

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de las máquinas de trabajo con fluidos, en particular a máquinas de trabajo con fluidos que comprenden al menos una cámara de trabajo de volumen cíclicamente variable, en las que el desplazamiento neto de fluido a través de la o de cada cámara de trabajo se regula mediante al menos una válvula controlable electrónicamente, de ciclo a ciclo, para determinar el caudal neto de fluido a través de la o de cada cámara de trabajo.

Algunas realizaciones de la invención se refieren a un procedimiento para suministrar fluido a, o recibir fluido desde, una cámara de trabajo de una máquina de trabajo con fluidos. Algunas realizaciones de la invención tienen como objetivo facilitar la apertura de una válvula controlable electrónicamente durante un ciclo de motorización de una máquina de trabajo con fluidos.

Antecedentes de la invención

20 Las máquinas de trabajo con fluidos incluyen máquinas accionadas mediante fluidos y/o máquinas de impulsión de fluidos, tales como bombas, motores y máquinas que pueden funcionar como una bomba o como un motor en diferentes modos de funcionamiento.

25 Cuando una máquina de funcionamiento de fluidos funciona como una bomba, un colector de baja presión actúa normalmente como una fuente neta de fluidos y un colector de alta presión actúa normalmente como un sumidero neto de fluidos. Cuando una máquina de trabajo con fluidos funciona como un motor, un colector de alta presión actúa normalmente como una fuente neta de fluidos y un colector de baja presión actúa normalmente como un sumidero neto de fluidos. En esta descripción y en las reivindicaciones adjuntas, los términos "colector de alta presión" y "colector de baja presión" se refieren a colectores con una presión superior e inferior entre sí. La diferencia de presión entre los colectores de alta y de baja presión, y los valores absolutos de la presión en los colectores de alta y de baja presión, dependerán de la aplicación. Por ejemplo, la diferencia de presión puede ser mayor en el caso de una bomba que esté optimizada para una aplicación de bombeo de gran potencia que en el caso de una bomba que esté optimizada para determinar de manera precisa el desplazamiento neto del fluido, por ejemplo, una bomba para dispensar una cantidad medida de fluido (por ejemplo, un combustible líquido), que solamente pueda tener una diferencia de presión mínima entre los colectores de alta y de baja presión. Una máquina de trabajo con fluidos puede tener más de un colector de baja presión.

Aunque la invención se ilustrará con referencia a aplicaciones en las que el fluido es un líquido, tal como un líquido hidráulico generalmente incompresible, el fluido puede ser alternativamente un gas.

40 Se conocen máquinas de trabajo con fluidos que comprenden una pluralidad de cámaras de trabajo de volumen cíclicamente variable, en las que el desplazamiento del fluido a través de las cámaras de trabajo se regula mediante válvulas controlables electrónicamente, de ciclo a ciclo y en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para determinar el caudal neto de fluido a través de la máquina. Por ejemplo, el documento EP 0 361 927, considerado como la técnica anterior más cercana, desvela un procedimiento para controlar el caudal neto de fluido a través de una bomba con múltiples cámaras mediante la apertura y/o cierre de válvulas de vástago controlables electrónicamente, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para regular la comunicación de fluidos entre las cámaras de trabajo individuales de la bomba y un colector de baja presión. Como resultado, un controlador puede seleccionar cámaras individuales, de ciclo a ciclo, para desplazar un volumen fijo predeterminado de fluido o para pasar por un ciclo inactivo sin ningún desplazamiento neto de fluido, permitiendo de ese modo que el caudal neto de la bomba se adapte dinámicamente a la demanda.

El documento EP 0 494 236 desarrolló este principio e incluyó válvulas de vástago controlables electrónicamente que regulan la comunicación de fluidos entre cámaras de trabajo individuales y un colector de alta presión, facilitando de ese modo la provisión de una máquina de trabajo con fluidos que funciona como una bomba o como un motor en modos de funcionamiento alternantes. El documento EP 1 537 333 introdujo la posibilidad de ciclos parciales, permitiendo que los ciclos individuales de las cámaras de trabajo individuales desplacen cualquiera de una pluralidad de diferentes volúmenes de fluido para adaptarse mejor a la demanda.

60 Factores clave que determinan el rendimiento de las máquinas de trabajo con fluidos de este tipo incluyen las características de rendimiento de las válvulas controlables electrónicamente. Estas válvulas son normalmente válvulas de vástago accionadas electromagnéticamente, aunque también se concibe la utilización de otros tipos de válvula. Las características de rendimiento relevantes incluyen la velocidad a la que se abren y se cierran las válvulas controlables electrónicamente, la diferencia de presión que deben vencer para poder abrirse, su vida útil operativa y la sección transversal de la trayectoria de flujo a través de la válvula cuando está abierta, que limita el caudal de fluido e influye en las características de flujo de fluido dentro y fuera de las cámaras de trabajo. Por

consiguiente, las válvulas controlables electrónicamente son un componente caro y que limitan el rendimiento de tales máquinas de trabajo con fluidos, siendo deseable reducir al menos una de las necesidades impuestas en las válvulas controlables electrónicamente.

- 5 En particular, un problema técnico importante, que determina la especificación de las válvulas controlables electrónicamente para una aplicación particular, surge cuando el fluido fluye hacia el interior de una cámara de trabajo de una bomba desde un colector de baja presión durante una carrera de expansión de una cámara de trabajo. El caudal del fluido está limitado por la sección transversal y la geometría de la trayectoria de flujo a través de la válvula de vástago y por las propiedades del fluido de trabajo. Cuando el fluido que fluye hacia el interior de la
- 10 cámara de trabajo es un líquido, se somete a cavitación, lo que aumenta el ruido, reduce la eficacia al necesitar una diferencia de presión a través de la válvula de vástago y genera daños en la máquina. Un problema diferente surge durante la carrera de contracción de una cámara de trabajo en un motor, cuando el fluido sale hacia un colector de baja presión, donde una mayor caída de presión provoca un funcionamiento poco eficiente y donde la válvula de vástago puede cerrarse de manera involuntaria provocando posibles daños a la válvula y un bombeo involuntario.
- 15 Este problema se ha solucionado normalmente especificando válvulas controlables electrónicamente más grandes para aplicaciones de mayor caudal o para aplicaciones que requieren características de flujo de fluido más específicas. Sin embargo, las válvulas controlables electrónicamente más grandes son más caras y puede haber un detrimento en las características de rendimiento. Por ejemplo, las válvulas controlables electrónicamente más
- 20 grandes pueden abrirse y cerrarse más lentamente que las válvulas más pequeñas o pueden necesitar más energía eléctrica, forzando el establecimiento de soluciones intermedias.

Por consiguiente, algunos aspectos de la invención tienen como objetivo reducir las demandas de rendimiento en las válvulas controlables electrónicamente para facilitar un rendimiento mejorado o para permitir la utilización de válvulas

25 controlables electrónicamente de especificación más pequeña y/o reducida, a diferencia de otros casos, para obtener una máquina de trabajo con fluidos con características de rendimiento especificadas. Algunos aspectos de la invención también tienen como objetivo reducir la acumulación de fluido caliente que puede producirse en la caja de cigüeñal de motores y/o bombas de pistón radial.

- 30 Aspectos adicionales de la invención afrontan problemas asociados con la apertura de la válvula de baja presión, que conecta una cámara de trabajo con un colector de baja presión, en un motor de trabajo con fluidos (tal como una máquina de trabajo con fluidos que puede funcionar solamente como un motor, o una máquina de trabajo con fluidos que puede funcionar como un motor o como una bomba en diferentes modos de funcionamiento). En un ciclo de motorización, una válvula de alta presión asociada con la cámara de trabajo se cierra, bajo el control activo del
- 35 controlador, poco antes del final de la carrera de expansión. A medida que se expande la cámara de trabajo, disminuye la presión del fluido atrapado dentro de la cámara de trabajo. Normalmente, la presión del fluido atrapado dentro de la cámara de trabajo deberá disminuir para aproximarse a la presión de colector de baja presión antes de que la válvula de baja presión pueda abrirse. Sin embargo, la presión del fluido atrapado dentro de la cámara de trabajo puede tardar una gran cantidad de tiempo en disminuir hasta un valor suficientemente bajo por diferentes
- 40 motivos. En primer lugar, la tasa de cambio de volumen de cámara de trabajo disminuye hacia el final de la carrera de expansión en la mayoría de las máquinas de trabajo con fluidos. En segundo lugar, la variación de presión del fluido atrapado dentro de la cámara de trabajo no es una función lineal del volumen de la cámara de trabajo, en el caso de muchos fluidos hidráulicos utilizados habitualmente. Además, los gases que se disuelven en el fluido hidráulico pueden evaporarse, lo que tiene el efecto de reducir la tasa esperada de disminución de presión dentro de
- 45 la cámara de trabajo. Este retraso puede reducir la eficacia del motor de trabajo con fluidos. De hecho, pueden producirse fallos si la presión dentro de la cámara de trabajo no disminuye hasta un valor suficientemente bajo para permitir la apertura de la válvula de baja presión, por ejemplo en el arranque o durante el funcionamiento con temperaturas especialmente altas o bajas.

- 50 Por consiguiente, algunos aspectos de la invención tienen como objetivo facilitar la apertura de una válvula de baja presión, que regula la comunicación entre el interior de una cámara de trabajo y un colector de baja presión, durante un ciclo de motorización de una máquina de trabajo con fluidos.

Sumario de la invención

- 55 Según un primer aspecto de la presente invención se proporciona una máquina de trabajo con fluidos que comprende un controlador y una cámara de trabajo de volumen cíclicamente variable, presentando la cámara de trabajo una válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente asociada con la misma para controlar la conexión de la cámara de trabajo con un colector de baja presión, pudiendo hacerse funcionar el controlador para
- 60 controlar de manera activa al menos la válvula primaria de baja presión, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para determinar el desplazamiento neto de fluido por parte de la cámara de trabajo de ciclo a ciclo, caracterizada porque la cámara de trabajo comprende además un orificio secundario de baja presión que puede abrirse y cerrarse en una relación en fase con los ciclos de volumen de cámara de trabajo para conectar la cámara de trabajo con un colector de baja presión, para permitir que el fluido fluya hacia el interior o el exterior de
- 65 la cámara de trabajo simultáneamente a través de la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión, durante una parte de al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo.

Determinar el desplazamiento neto de fluido por parte de la cámara de trabajo de ciclo a ciclo se refiere a determinar el desplazamiento neto de fluido por parte de la cámara de trabajo, durante ciclos individuales de volumen de cámara de trabajo, de entre una pluralidad de posibles desplazamientos netos de fluido (que pueden ser
5 desplazamientos netos discretos y/o seleccionados de entre una variedad continua de desplazamientos netos). Con el fin de determinar el desplazamiento neto de fluido por parte de la máquina de trabajo, el controlador puede controlar de manera activa una pluralidad de válvulas controlables electrónicamente.

La máquina de trabajo con fluidos puede comprender una pluralidad de dichas cámaras de trabajo. En este caso, el
10 controlador puede hacerse funcionar para controlar de manera activa una pluralidad de válvulas controlables electrónicamente, que comprenden al menos la válvula primaria de baja presión asociada con cada una de la pluralidad de dichas cámaras de trabajo, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para determinar el desplazamiento neto de cada una de la dicha pluralidad de cámaras de trabajo de ciclo a ciclo. Normalmente, esto determina el caudal neto de fluido a través de toda la máquina de trabajo con fluidos. El
15 controlador puede hacerse funcionar para determinar el desplazamiento neto de fluido por parte de cámaras de trabajo individuales, o grupos de cámaras de trabajo, durante ciclos individuales de volumen de cámara de trabajo.

“Controlar de manera activa” se refiere a permitir que el controlador influya en el estado de una válvula controlable electrónicamente, al menos en algunas circunstancias, mediante un mecanismo de control que consume potencia y
20 no es exclusivamente una respuesta pasiva, por ejemplo, la apertura o cierre de una válvula sensible solamente a la diferencia de presión a través de una válvula. Términos relacionados como “control activo” deben interpretarse de manera análoga. Sin embargo, la válvula primaria de baja presión, y al menos una válvula diferente controlable electrónicamente, si las hubiera, también se hacen funcionar preferentemente para abrirse o cerrarse mediante medios pasivos. La válvula primaria de baja presión se abre normalmente de manera pasiva debido a la caída de
25 presión dentro de la cámara de trabajo, tal como en una carrera de admisión. Por ejemplo, la válvula primaria de baja presión, o al menos una válvula diferente controlable electrónicamente, si las hubiera, pueden, durante al menos algunos ciclos, abrirse de manera pasiva debido a una diferencia de presión y pueden cerrarse de manera selectiva bajo el control activo del controlador durante una parte del ciclo.

“Controlar de manera activa” (y términos relacionados como “control activo”) incluye la posibilidad de que el controlador pueda hacerse funcionar para provocar de manera selectiva que una válvula controlable electrónicamente realice al menos una de las acciones de abrirse, cerrarse, permanecer abierta y/o permanecer cerrada. El controlador solo puede influir en el estado de una válvula controlable electrónicamente durante una parte de un ciclo de trabajo. Por ejemplo, el controlador no puede abrir la válvula primaria de baja presión contra una
30 diferencia de presión durante la mayor parte de un ciclo de trabajo cuando la presión dentro de la cámara de trabajo es importante. Normalmente, el controlador controla de manera activa la válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente, y al menos una válvula diferente controlable electrónicamente, si las hubiera, transmitiendo una señal de control o bien directamente a una válvula controlable electrónicamente o a un accionador de válvula controlable electrónicamente, tal como un conmutador de semiconductor. Transmitir una señal de control incluye
40 transmitir una señal que denota el estado provisto de una válvula controlable electrónicamente (por ejemplo, abierta o cerrada) o un pulso que denota que el estado de una válvula controlable electrónicamente debe modificarse (por ejemplo, que la válvula debe abrirse o cerrarse), o un pulso que denota que debe mantenerse el estado de una válvula controlable electrónicamente. El controlador puede transmitir una señal de manera continua e interrumpir o cambiar la señal para provocar un cambio en el estado de una válvula controlable electrónicamente; por ejemplo, la
45 válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente, o al menos una válvula diferente controlable electrónicamente, si las hubiera, pueden comprender una válvula abierta de solenoide, normalmente cerrada, que se mantiene abierta mediante la provisión de una corriente eléctrica y que se cierra de manera activa interrumpiendo la corriente.

“Una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo” se refiere a que el momento del control activo por parte del controlador de la válvula primaria de baja presión, y al menos una válvula diferente controlable electrónicamente, si las hubiera, se determina con referencia a la fase de los ciclos de volumen de la cámara de trabajo. Por consiguiente, la máquina de trabajo con fluidos comprende normalmente medios de determinación de fase de cámara de trabajo, tal como un sensor de posición. Por ejemplo, cuando los ciclos de volumen de cámara de
50 trabajo están relacionados de manera mecánica con la rotación de un árbol, la máquina de trabajo con fluidos comprende preferentemente un sensor de posición de árbol y, opcionalmente, un sensor de velocidad de árbol, y el controlador puede hacerse funcionar para recibir una señal de posición de árbol del sensor de posición de árbol y, opcionalmente, una señal de velocidad de árbol de uno de dichos sensores de velocidad de árbol. En realizaciones que comprenden una pluralidad de cámaras de trabajo, con una diferencia de fase entre los ciclos de volumen de
55 diferentes cámaras de trabajo, el controlador puede hacerse funcionar normalmente para determinar la fase de cámaras de trabajo individuales.

De esta manera, la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión funcionan conjuntamente para suministrar fluido hacia el interior o el exterior de la cámara de trabajo, desde al menos un colector de baja
60 presión, durante una parte de al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo. Como resultado, las características de llenado o de expulsión de la cámara de trabajo son mejores que en el caso en que se establezca

una conexión de fluidos entre la cámara de trabajo y al menos un colector de baja presión solamente por medio de la válvula primaria de baja presión. Por ejemplo, la fuerza que actúa contra la expansión o contracción de la cámara de trabajo, debido a la diferencia de presión entre la cámara de trabajo y el o cada colector de baja presión, puede reducirse. Si el fluido es un líquido, las características de flujo mejoradas con el orificio secundario de baja presión pueden eliminar la cavitación cuando se utiliza una válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente que hubiera tenido en otro caso un área de sección transversal demasiado pequeña. Esto puede tener el efecto de reducir el ruido y/o mejorar la eficacia de la máquina de trabajo con fluidos y/o aumentar la vida operativa de la máquina. La provisión de una trayectoria de flujo secundaria para el fluido durante una carrera de expansión puede mejorar particularmente el rendimiento de la bomba en el arranque, o en condiciones de frío, cuando el fluido hidráulico está a una temperatura relativamente baja, presentando de ese modo una viscosidad relativamente alta.

Preferentemente, el orificio secundario de baja presión está cerrado durante al menos parte de cada ciclo de volumen de cámara de trabajo. Preferentemente, la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión están cerrados simultáneamente solo durante ciclos seleccionados de volumen de cámara de trabajo determinados por el controlador. Por ejemplo, la válvula primaria de baja presión puede permanecer abierta durante ciclos seleccionados de volumen de cámara de trabajo determinados por el controlador. Preferentemente, la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión están cerrados simultáneamente entre los instantes en que la válvula primaria de baja presión está abierta. Normalmente, al menos bajo algunas condiciones de funcionamiento, la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión están cerrados simultáneamente entre periodos consecutivos en los que la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión están abiertos simultáneamente.

Normalmente, la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario están abiertos simultáneamente durante ciclos consecutivos de volumen de cámara de trabajo. Aunque la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario pueden estar abiertos simultáneamente cuando la máquina de trabajo con fluidos está empezando a funcionar, antes de que haya finalizado un ciclo completo de volumen de cámara de trabajo, la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario están normalmente abiertos simultáneamente durante al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo, y normalmente durante al menos algunos ciclos consecutivos de volumen de cámara de trabajo, después del primer ciclo de volumen de cámara de trabajo que se produce cuando se enciende la máquina de trabajo con fluidos.

La al menos una cámara de trabajo puede tener un conmutador asociado con la misma para acoplar de manera alternante la válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente a (i) el dicho colector de baja presión y (ii) un colector de alta presión, por ejemplo como el desvelado en el documento EP 1 738 007. Sin embargo, la cámara de trabajo comprende normalmente una válvula de alta presión para controlar la conexión de la cámara de trabajo con un colector de alta presión. La válvula de alta presión puede comprender una válvula de retención accionada mediante presión (por ejemplo, en el caso de una bomba) o una válvula adicional controlable electrónicamente (por ejemplo, en el caso de un motor o de una máquina de trabajo con fluidos que puede hacerse funcionar como una bomba o como un motor), que se controla preferentemente por el controlador.

Preferentemente, el controlador puede hacerse funcionar, con respecto a al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo en los que tanto la válvula primaria de baja presión como el orificio secundario de baja presión están abiertos simultáneamente, para hacer que la válvula primaria de baja presión se cierre bajo el control activo del controlador, para interrumpir la comunicación de la cámara de trabajo con el o cada uno de dichos colectores de baja presión, un cierto tiempo después de que se cierre el orificio secundario de baja presión. En estas circunstancias, el orificio secundario de baja presión ya está cerrado cuando el controlador puede hacer que se cierre la válvula primaria de baja presión para interrumpir la comunicación de la cámara de trabajo con el o cada uno de dichos colectores de baja presión y, por tanto, el final de un periodo durante el cual la cámara de trabajo está en comunicación de fluidos con un, u opcionalmente dos o más, colectores de baja presión, permanece bajo en control del controlador. Esto permite al controlador seleccionar el desplazamiento neto de fluido a través de la cámara de trabajo de ciclo a ciclo, por ejemplo, seleccionando el momento de cierre de la válvula primaria de baja presión con respecto a la fase de ciclos de volumen de cámara de trabajo o, por ejemplo, seleccionando opcionalmente un ciclo inactivo de la cámara de trabajo en el que no hay ningún desplazamiento neto de fluido a través de la cámara de trabajo, quizá manteniendo abierta la válvula primaria de baja presión durante un ciclo (por ejemplo como se describe en el documento EP 0 361 927) o haciendo que la cámara de trabajo no esté en comunicación de fluidos con ningún colector de baja presión durante un ciclo (por ejemplo como se describe en el documento WO 2007/088380). Normalmente, el volumen de cámara de trabajo sigue variando de manera cíclica durante ciclos inactivos en los que no hay ningún desplazamiento neto de fluido a través de la cámara de trabajo. Además, el controlador puede definir de manera más precisa el final del periodo durante el cual la cámara de trabajo está en comunicación de fluidos con un, u opcionalmente dos o más, colectores de baja presión, que en el caso en que se utiliza una válvula que no se controla de manera electrónica.

Por consiguiente, la válvula primaria de baja presión no requiere una sección transversal de trayectoria de flujo tan larga como en el caso de no proporcionar el orificio secundario de baja presión. Esto puede permitir la utilización de una válvula controlable electrónicamente con una sección transversal de trayectoria de flujo más pequeña, a diferencia de otros casos, para obtener características de rendimiento deseadas. Por consiguiente, la válvula

primaria de baja presión puede seleccionarse con mayor énfasis con respecto a su rendimiento para definir el final del periodo durante el cual una cámara de trabajo está en comunicación de fluidos con un, u opcionalmente dos o más, colectores de baja presión, por ejemplo debido a su velocidad de cierre, su capacidad para abrirse venciendo un gradiente de presión, su consumo de energía o su fiabilidad, en comparación con el caso en que la sección transversal de trayectoria de flujo de la válvula primaria de baja presión tiene una mayor prioridad.

Tanto la válvula primaria de baja presión como el orificio secundario de baja presión pueden abrirse para establecer e interrumpir una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y el mismo colector de baja presión. Como alternativa, tanto la válvula primaria de baja presión como el orificio secundario de baja presión pueden abrirse para establecer e interrumpir una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un colector diferente de baja presión. En este caso, los dos colectores de baja presión tendrán normalmente presiones similares.

Puede que la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión solo estén abiertos simultáneamente durante una carrera de expansión de la cámara de trabajo, por ejemplo, cuando la máquina de trabajo con fluidos funciona como una bomba. El orificio secundario de baja presión solo puede abrirse durante una carrera de expansión de la cámara de trabajo, pero la válvula primaria de baja presión puede cerrarse opcionalmente bajo el control activo del controlador durante o justo antes del comienzo de la carrera de contracción (punto muerto inferior en una máquina de pistones) y puede abrirse al final de la carrera de contracción (punto muerto superior en una máquina de pistones) de la cámara de trabajo.

Puede que la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión solo estén abiertos simultáneamente durante una carrera de contracción de la cámara de trabajo, por ejemplo, en el caso de una máquina de trabajo con fluidos que funciona como un motor, tal como una máquina de trabajo con fluidos en la que la válvula de alta presión comprende una válvula controlable electrónicamente bajo el control activo del controlador.

El orificio secundario de baja presión solo puede abrirse durante una carrera de contracción de la cámara de trabajo, pero la válvula de baja presión controlable electrónicamente puede cerrarse opcionalmente bajo el control activo del controlador antes del final de la carrera de contracción (punto muerto superior en una máquina de pistones) y puede abrirse durante o después del final de la carrera de contracción (punto muerto superior en una máquina de pistones).

Preferentemente, tanto la válvula primaria de baja presión como el orificio secundario de baja presión están abiertos durante el funcionamiento, durante al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo, en el instante de una carrera de expansión o de contracción, según sea apropiado, en que la tasa de cambio de volumen de la cámara de trabajo es máxima, ya que éste es el momento en que se requiere la mayor tasa de admisión o descarga de fluido, respectivamente. De hecho, puesto que la diferencia de presión a través de la válvula primaria de baja presión es proporcional al cuadrado del caudal de fluido a través de la válvula primaria de baja presión, puede ser suficiente que la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión estén abiertos, durante el funcionamiento, durante una parte limitada de una carrera de expansión o contracción, según sea apropiado. Dicha parte limitada de una carrera de expansión o de contracción es preferentemente inferior al 50% de la duración de una carrera de expansión o de contracción, según sea apropiado, incluyendo el instante en una carrera de expansión o de contracción, según sea apropiado, en que la tasa de cambio del volumen de la cámara de trabajo es máxima.

El periodo de tiempo durante el cual tanto el orificio secundario de baja presión como la válvula primaria de baja presión están abiertos simultáneamente durante ciclos seleccionados es preferentemente inferior al 90%, y preferentemente superior al 30%, de la duración de una carrera de contracción o de una carrera de expansión, según sea apropiado. Esto permite un margen de variación en el periodo de tiempo que transcurre entre el cierre del orificio secundario de baja presión y el cierre de la válvula primaria de baja presión de ciclo a ciclo, para seleccionar diferentes desplazamientos netos de fluido durante ciclos individuales de volumen de cámara de trabajo permitiendo al mismo tiempo que el orificio secundario de baja presión suministre o reciba un fluido adicional durante una parte significativa de la carrera de contracción o de la carrera de expansión.

Cuando la máquina de trabajo con fluidos funciona como una bomba (por ejemplo, cuando la máquina de trabajo con fluidos es una bomba, o cuando la máquina de trabajo con fluidos puede hacerse funcionar como una bomba o como un motor en modos de funcionamiento alternantes, y está funcionando como una bomba), puede ser que al principio de la carrera de expansión de un ciclo de bombeo (es decir, un punto central superior), la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión estén cerrados simultáneamente y que el orificio secundario de baja presión permanezca cerrado durante un periodo de tiempo que es suficiente para hacer que la presión dentro de la cámara de trabajo descienda por debajo de la presión del colector de baja presión, de manera que haya un diferencial de presión neto a través de la válvula de baja presión, provocando que se abra la válvula de baja presión. Esta reducción de presión se produce porque la cámara de trabajo es un volumen cerrado que se expande, donde la válvula de baja presión, el orificio secundario de baja presión y la válvula de alta presión están cerrados simultáneamente. Después, el orificio secundario de baja presión se abre después de que la válvula de baja presión se haya abierto durante al menos algunos (y en algunas realizaciones, todos) los ciclos de volumen de cámara de trabajo. Esta configuración es particularmente ventajosa cuando la válvula de baja presión es una válvula controlable electrónicamente y de apertura pasiva ya que se reduce la extensión en la que la válvula de baja presión debe desplazarse hasta la posición abierta con el fin de que funcione correctamente. En algunas realizaciones, la válvula

de baja presión no se lleva hasta la posición abierta. Por lo tanto, la válvula de baja presión puede abrirse rápidamente y de manera fiable minimizando o evitando al mismo tiempo el desplazamiento hasta la posición abierta. Es ventajoso reducir o eliminar tal desplazamiento ya que este desplazamiento resiste el cierre activo de la válvula de baja presión. Preferentemente, la presión dentro de la cámara de trabajo desciende lo suficiente como para provocar cavitación después del punto muerto superior, antes de que la válvula primaria de baja presión o el orificio secundario de baja presión se abran.

Puede que la válvula primaria de baja presión se abra después del orificio secundario de baja presión durante al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo. Puede que la válvula primaria de baja presión se abra antes que el orificio secundario de baja presión durante al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo. En algunas realizaciones, el controlador puede hacerse funcionar para determinar si la válvula primaria de baja presión se abre antes o después del orificio secundario de baja presión de ciclo a ciclo.

Preferiblemente, cualquiera de entre la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión se abre primero durante los dichos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo en un momento del ciclo de volumen de la cámara de trabajo en que la diferencia de presión entre la cámara de trabajo y el colector baja presión es mínima, por ejemplo inferior al 5% de la presión de diseño máxima de la cámara de trabajo.

La apertura y/o el cierre del orificio secundario de baja presión puede controlarse, o no, por el controlador. El orificio secundario de baja presión puede abrirse de manera pasiva, por ejemplo, en respuesta a que la presión de la cámara de trabajo sea inferior, al menos en una cantidad predeterminada, a la presión del respectivo colector de baja presión. Por consiguiente, el orificio secundario de baja presión puede ser una válvula accionada mediante presión.

En algunas realizaciones, el orificio secundario de baja presión puede abrirse o cerrarse mediante una válvula secundaria controlable electrónicamente, cuya apertura o cierre, o ambos, están bajo el control activo del controlador para establecer o interrumpir una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un colector de baja presión por medio del orificio secundario de baja presión. El orificio secundario de baja presión puede abrirse y cerrarse mediante una válvula secundaria controlable electrónicamente que se abre de manera pasiva durante el funcionamiento, en respuesta a que la presión de la cámara de trabajo sea inferior a la presión en el colector de baja presión. El orificio secundario de baja presión puede abrirse o cerrarse mediante una válvula secundaria controlable electrónicamente que se cierra de manera pasiva durante el funcionamiento, en respuesta a que la presión de la cámara de trabajo sea superior a la presión del colector respectivo de baja presión.

Cuando el orificio secundario de baja presión puede abrirse o cerrarse por medio de una válvula secundaria de baja presión controlable electrónicamente, la válvula primaria de baja presión y la válvula secundaria de baja presión controlable electrónicamente pueden seleccionarse para que cada una tenga las características de funcionamiento que mejor se adapten a la función de cerrar en último lugar y de abrir en primer lugar la conexión entre la cámara de trabajo y el o cada colector de baja presión, respectivamente.

El orificio secundario de baja presión puede abrirse por medios diferentes a una válvula controlable electrónicamente. Por ejemplo, el orificio secundario de baja presión puede estar normalmente cerrado pero puede abrirse en respuesta a que la presión dentro de la cámara de trabajo sea inferior, en una cantidad predeterminada, a la presión en el colector de baja presión que se comunica con el orificio secundario de baja presión. Por lo tanto, el orificio secundario de baja presión puede comprender una válvula de retención normalmente cerrada que puede abrirse mediante presión.

La fase de la apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión puede ser invariable con respecto a los ciclos de volumen de cámara de trabajo, es decir, la apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión pueden sincronizarse en fase. En el caso de una máquina de trabajo con fluidos que puede hacerse funcionar como una bomba o un motor en diferentes modos de funcionamiento, la apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión no están preferentemente sincronizados en fase. Esto se debe a que el orificio secundario de baja presión puede abrirse normalmente durante la carrera de expansión para un ciclo de bombeo y durante la carrera de contracción para un ciclo de motorización, pero no en ambas.

Si la apertura y el cierre de cada orificio secundario de baja presión están sincronizados en fase con respecto al ciclo de expansión y de contracción de la cámara de trabajo, cada orificio secundario de baja presión puede abrirse y cerrarse mediante una disposición mecánica relacionada de manera operativa con el ciclo de expansión y de contracción de la cámara de trabajo.

Si la máquina de trabajo con fluidos comprende un árbol giratorio, tal como un cigüeñal, la apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión pueden relacionarse de manera operativa con el ángulo del árbol giratorio mediante una disposición mecánica. Por consiguiente, la válvula primaria de baja presión puede abrirse de ciclo a ciclo bajo el control activo del controlador, pero puede que la apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión no varíen de ciclo a ciclo y pueden estar sincronizados en fase de manera fija con el ciclo de expansión y de contracción de la cámara de trabajo, por ejemplo en virtud de una disposición mecánica relacionada de manera

operativa con el ángulo de un árbol giratorio, si lo hubiera. El orificio secundario de baja presión puede comprender una válvula accionada mecánicamente que se hace funcionar mediante una varilla de empuje relacionada de manera mecánica con los ciclos de expansión y de contracción de la cámara de trabajo.

- 5 El orificio secundario de baja presión puede comprender al menos una abertura en la cámara de trabajo; por ejemplo, si la cámara de trabajo comprende un pistón hueco, el orificio secundario de baja presión puede comprender una abertura en el pistón hueco, tal como una abertura en la base del pistón hueco. La máquina de trabajo con fluidos puede hacerse funcionar para hacer que al menos un tubo de conducción de fluido se alinee periódicamente con la dicha al menos una abertura para establecer de ese modo una comunicación de fluidos entre
 10 la cámara de trabajo y un colector durante un periodo de tiempo, normalmente en una relación en fase con, y preferentemente sincronizada en fase, con ciclos de volumen de cámara de trabajo. Si la máquina de trabajo con fluidos comprende una pluralidad de dichas cámaras de trabajo, un único tubo de conducción de fluido puede alinearse a su vez periódicamente con las aberturas asociadas a una pluralidad de dichas cámaras de trabajo. Normalmente, el o cada tubo de conducción de fluidos está formado en un elemento giratorio, tal como un árbol
 15 giratorio, o una excéntrica giratoria o árbol que presenta una pluralidad de orejetas, tales como una leva anular.

Por ejemplo, la máquina de trabajo con fluidos puede ser una bomba de pistón, donde la cámara de trabajo presenta un volumen definido por un cilindro y un pistón de movimiento alternante, por ejemplo, un pistón hueco. La máquina de trabajo con fluidos puede ser una bomba de pistón radial en la que un cilindro tiene una base en contacto
 20 deslizante con una excéntrica acoplada a (normalmente integrada en la superficie de) un cigüeñal giratorio. Si la máquina de trabajo con fluidos comprende una pluralidad de dichas cámaras de trabajo definidas por cilindros, donde cada uno tiene una base en contacto deslizante con la misma excéntrica, la excéntrica puede incluir al menos un tubo de conducción de fluido adaptado para establecer a su vez de manera periódica una comunicación de fluidos entre una abertura de la base de cada cilindro que está en contacto deslizante con la excéntrica y un colector
 25 de baja presión, abriendo a su vez de ese modo el orificio secundario de baja presión asociado con cada cámara de trabajo en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo para establecer, y posteriormente interrumpir, una comunicación de fluidos entre cada cámara de trabajo y el dicho colector de baja presión. El dicho colector de baja presión puede comprender la caja de cigüeñal de una bomba de pistón radial. El al menos un tubo de conducción de fluido puede comprender al menos una ranura periférica que se extiende alrededor de parte de la
 30 circunferencia de la excéntrica. Por tanto, la o cada ranura periférica puede establecer periódicamente una comunicación de fluidos entre el interior de los pistones y el fluido del interior de la caja de cigüeñal circundante en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo.

Como alternativa, la máquina de trabajo con fluidos puede ser una bomba de pistón axial en la que la cámara de trabajo tiene un volumen definido por un cilindro y un pistón de movimiento alternante, por ejemplo un pistón hueco,
 35 accionado por y en comunicación con un disco oscilante, donde la cámara de trabajo comprende una abertura que funciona como el orificio secundario de baja presión y el disco oscilante comprende al menos un tubo de conducción de fluido adaptado para establecer periódicamente una comunicación de fluidos entre la dicha abertura de la base del cilindro y un colector de baja presión, abriéndose de ese modo periódicamente el orificio secundario de baja
 40 presión de la cámara de trabajo. Si se proporciona una pluralidad de dichas cámaras de trabajo, donde más de una tiene un volumen definido por un cilindro y un pistón de movimiento alternante en comunicación con el mismo disco oscilante, el al menos un tubo de conducción de fluido está dispuesto preferentemente para establecer periódicamente una comunicación de fluidos entre la abertura de la base de cada una de dichas cámaras de trabajo y un colector de baja presión para abrir a su vez de ese modo el orificio secundario de baja presión de cada una de
 45 dichas cámaras de trabajo. El colector de baja presión en comunicación con el al menos un tubo de conducción de fluido puede comprender la caja de cigüeñal de una bomba de pistón axial. El al menos un tubo de conducción de fluido puede comprender al menos una ranura en la superficie del disco oscilante dispuesto para establecer a su vez periódicamente, e interrumpir después, una comunicación de fluidos entre el interior del pistón, o de cada uno de la dicha pluralidad de pistones, y el fluido del interior de la caja de cigüeñal circundante en una relación en fase con
 50 ciclos de volumen de cámara de trabajo.

La cámara de trabajo es preferentemente alargada en su extensión máxima y la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión pueden estar provistos de manera espaciada a lo largo de la longitud de la cámara de trabajo, por ejemplo, en o cerca de los extremos opuestos de la cámara de trabajo. "De manera
 55 espaciada a lo largo de la longitud" se refiere a que un vector que se extiende desde la válvula primaria de baja presión hasta el orificio secundario de baja presión tiene una componente paralela a la longitud de la cámara de trabajo, lo que no supone la limitación de que dicho vector sea necesariamente paralelo al eje de la cámara de trabajo.

60 Al proporcionarse trayectorias para que el fluido penetre en la cámara de trabajo en dos ubicaciones diferentes que están separadas a lo largo de la longitud de la cámara de trabajo, las características de flujo del fluido que fluye hacia el interior o el exterior de la cámara de trabajo son mejores que en caso de que la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión fueran adyacentes. Si la cámara de trabajo es alargada en su extensión máxima, la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión están provistos
 65 preferentemente en extremos opuestos de la cámara de trabajo para maximizar este efecto.

Si la cámara de trabajo es un cilindro de pistón que tiene un extremo generalmente fijo y un extremo móvil (por ejemplo, en el caso de una máquina de pistón radial o axial), la válvula primaria de baja presión está provista preferentemente en el extremo fijo del cilindro para minimizar el movimiento de la válvula primaria de baja presión.

La válvula primaria de baja presión puede ser coaxial con el cilindro o extenderse de manera radial desde el cilindro en el extremo fijo del cilindro. La válvula de alta presión también está normalmente provista en el extremo fijo del cilindro, normalmente de manera coaxial con o extendiéndose de manera radial desde la válvula de baja presión. En estas disposiciones, el orificio secundario de baja presión está provisto preferentemente en el extremo opuesto del cilindro. Esto tiene la ventaja de provocar un intercambio de fluido en todas las partes del cilindro de ciclo a ciclo, reduciendo los puntos calientes en el fluido alrededor de la base del cilindro. Por ejemplo, el orificio secundario de baja presión puede ser coaxial a o extenderse de manera radial desde el cilindro, en el extremo móvil del cilindro.

El controlador puede hacerse funcionar para controlar la apertura y/o el cierre de la válvula primaria de baja presión. Si la válvula de alta presión comprende una válvula controlable electrónicamente, el controlador puede hacerse funcionar preferentemente para controlar la apertura y/o el cierre de la dicha válvula controlable electrónicamente. Si el orificio secundario de baja presión puede abrirse y/o cerrarse mediante una válvula secundaria de baja presión controlable electrónicamente, el controlador puede hacerse funcionar preferentemente para controlar la apertura y/o el cierre de la válvula secundaria de baja presión controlable electrónicamente.

El controlador puede hacerse funcionar preferentemente para controlar la apertura y/o el cierre de la al menos una válvula controlable electrónicamente (que comprende al menos la válvula primaria de baja presión) de ciclo a ciclo mediante cualquiera, o preferentemente ambas, de las acciones de determinar si abrir y/o cerrar una válvula controlable electrónicamente específica durante un ciclo específico, y de determinar la fase de la abertura y/o cierre de una válvula controlable electrónicamente específica con respecto a un ciclo del volumen de la cámara de trabajo. Controlar la apertura y/o el cierre de la al menos una válvula controlable electrónicamente incluye la posibilidad de mantener una válvula abierta o cerrada.

Normalmente, al controlar la fase de apertura y/o de cierre de la al menos una válvula controlable electrónicamente (que comprende al menos la válvula primaria de baja presión) de ciclo a ciclo, el controlador puede hacerse funcionar para hacer que la cámara de trabajo desplace un volumen de fluido seleccionado de entre una pluralidad de diferentes volúmenes seleccionables, de ciclo a ciclo. Normalmente, la pluralidad de diferentes volúmenes seleccionables incluye el máximo volumen desplazable por una cámara de trabajo individual y ningún desplazamiento neto. Los desplazamientos netos pueden evitarse mediante un ciclo inactivo en el que la válvula de baja presión controlable electrónicamente permanece abierta durante todo un ciclo de volumen de cámara de trabajo o sellando la cámara de trabajo durante todo un ciclo de volumen de cámara de trabajo, por ejemplo como se describe en el documento WO 2007/088380. Por desplazamiento se entiende el movimiento neto de fluido desde el o cada colector de baja presión hasta el (o cada) colector de alta presión, o viceversa, y no se refiere a ningún movimiento neto de fluido entre colectores de baja presión, o colectores de alta presión, que pueda producirse. La pluralidad de diferentes volúmenes seleccionables también incluye preferentemente al menos un volumen, y preferentemente una pluralidad de volúmenes (por ejemplo, una variedad continua de volúmenes) entre ningún desplazamiento neto y el volumen máximo desplazable por parte de la cámara de trabajo. Sin embargo, si está provista una pluralidad de cámaras de trabajo, el controlador también puede controlar de esta manera grupos de cámaras de trabajo. El controlador normalmente equilibra el caudal neto medio temporal de fluido de al menos una cámara de trabajo con una señal de demanda recibida que puede ser constante o variable. La máquina de trabajo con fluidos se utiliza normalmente en combinación con acumuladores de alta y/o de baja presión en comunicación con los colectores de alta y/o de baja presión respectivamente para suavizar la presión o el flujo del fluido de entrada y/o de salida.

La al menos una válvula controlable electrónicamente (incluyendo la válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente, y la válvula de alta presión y/o la válvula secundaria controlable electrónicamente, si están provistas) es normalmente una válvula de sellado frontal. La al menos una válvula controlable electrónicamente (incluyendo la válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente, y la válvula de alta presión y/o la válvula secundaria controlable electrónicamente, si están provistas) es normalmente una válvula de vástago. La al menos una válvula controlable electrónicamente (incluyendo la válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente, y la válvula de alta presión controlable electrónicamente y/o la válvula secundaria controlable electrónicamente, si están provistas) pueden ser una válvula de vástago accionada de manera electromagnética. La al menos una válvula controlable electrónicamente (incluyendo la válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente, y la válvula de alta presión controlable electrónicamente y/o la válvula secundaria controlable electrónicamente, si están provistas) puede ser una válvula de vástago controlada por solenoide.

La válvula primaria de baja presión es una abertura normalmente hacia dentro, hacia la cámara de trabajo. La válvula de alta presión es una abertura normalmente hacia fuera que se aleja de la cámara de trabajo.

La máquina de trabajo con fluidos puede ser una bomba. La máquina de trabajo con fluidos puede ser un motor. La máquina de trabajo con fluidos puede hacerse funcionar como una bomba o como un motor en modos de funcionamiento alternantes. La máquina de trabajo con fluidos puede comprender además al menos un colector en comunicación con la válvula primaria de baja presión, el orificio secundario de baja presión y/o la válvula de alta

presión.

En realizaciones en las que la máquina de trabajo con fluidos comprende una pluralidad de dichas cámaras de trabajo, las características opcionales y preferidas descritas en este documento se aplican normalmente a cada uno de dicha cámara de trabajo, dicha válvula primaria de baja presión, dicho orificio secundario de baja presión y, cuando sea pertinente, dicha válvula de alta presión asociada con cada una de dichas cámaras de trabajo, según sea apropiado. Normalmente, el o cada colector de baja o de alta presión está en comunicación con más de una cámara (por ejemplo, cada una) de la pluralidad de dichas cámaras de trabajo.

10 Según un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un procedimiento para suministrar fluido a o para recibir fluido desde una cámara de trabajo de máquina de trabajo con fluidos de volumen cíclicamente variable, durante una carrera de admisión o de descarga de la cámara de trabajo, respectivamente, que comprende abrir una válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para establecer una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un colector de baja presión bajo el control activo de un controlador de ciclo a ciclo, caracterizado porque el procedimiento comprende además abrir un orificio secundario de baja presión, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para establecer una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un colector de baja presión mediante una segunda trayectoria de manera que, durante una parte de al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo, la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión están abiertos simultáneamente de manera que el fluido fluye hacia el interior o el exterior de la cámara de trabajo, según sea apropiado, a través de la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión.

Preferentemente, durante al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo en los que tanto la dicha válvula primaria de baja presión como el dicho orificio secundario de baja presión están abiertos simultáneamente, el controlador puede hacerse funcionar para cerrar la válvula primaria de baja presión un cierto tiempo después de que se cierre el orificio secundario de baja presión.

Características opcionales adicionales del segundo aspecto de la invención corresponden a las descritas en relación con el primer aspecto anterior de la invención.

30 Según un tercer aspecto de la presente invención se proporciona una máquina de trabajo con fluidos que comprende un controlador y una cámara de trabajo de volumen cíclicamente variable, presentando la cámara de trabajo una válvula de alta presión asociada con la misma para controlar la conexión de la cámara de trabajo con un colector de alta presión, y una válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente para controlar la conexión de la cámara de trabajo con un colector de baja presión, pudiendo hacerse funcionar el controlador para controlar de manera activa al menos la válvula primaria de baja presión, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para determinar el desplazamiento neto de fluido de ciclo a ciclo por parte de la cámara de trabajo, pudiendo hacerse funcionar la máquina de trabajo con fluidos para llevar a cabo un ciclo de motorización bajo al menos algunas circunstancias, caracterizada porque la máquina de trabajo con fluidos está adaptada para liberar fluido presurizado de la cámara de trabajo antes de la apertura de la válvula primaria de baja presión, durante un ciclo de motorización.

La liberación resultante de fluido presurizado facilita preferentemente la apertura de la válvula primaria de baja presión. Preferentemente, la válvula de alta presión también puede controlarse electrónicamente y la al menos una válvula controlada activamente por el controlador también comprende normalmente la válvula de alta presión.

La máquina de trabajo con fluidos puede comprender medios de despresurización que pueden hacerse funcionar para liberar fluido presurizado de la cámara de trabajo antes de la apertura de la válvula primaria de baja presión, durante un ciclo de motorización, para facilitar la apertura de la válvula primaria de baja presión.

50 Preferentemente, la cámara de trabajo tiene un orificio secundario de baja presión asociado con la misma, que puede abrirse y cerrarse en una relación en fase con los ciclos de volumen de cámara de trabajo para liberar fluido presurizado de la cámara de trabajo, por ejemplo conectando la cámara de trabajo a un colector de baja presión, antes de la apertura de la válvula primaria de baja presión, durante un ciclo de motorización, para reducir la presión dentro de la cámara de trabajo y facilitar de ese modo la apertura de la válvula primaria de baja presión.

Por tanto, al liberarse fluido presurizado de la cámara de trabajo, antes de la apertura de la válvula de baja presión, durante un ciclo de motorización, la presión dentro de la cámara de trabajo desciende más rápidamente o hasta un valor inferior, en comparación con otros casos, facilitando la apertura de la válvula de baja presión. De hecho, la apertura del orificio secundario de baja presión puede provocar la apertura de la válvula primaria de baja presión.

Liberar fluido presurizado de la cámara de trabajo antes de la apertura de la válvula primaria de baja presión se refiere a liberar fluido presurizado de la cámara de trabajo antes de la apertura de la válvula primaria de baja presión durante un ciclo de motorización dado. Normalmente, el fluido presurizado se libera durante la segunda mitad de una carrera de expansión. Normalmente, el fluido presurizado se libera después que se cierre la válvula de alta presión. Normalmente, el fluido presurizado se libera entre el momento en que se cierra la válvula de alta presión y el

momento en que se abre la válvula primaria de baja presión.

Preferentemente, el orificio secundario de baja presión puede abrirse y cerrarse en una relación en fase con los ciclos de cámara de trabajo para liberar fluido presurizado de la cámara de trabajo, por medio de una disposición mecánica relacionada de manera operativa con los ciclos de expansión y de contracción de la cámara de trabajo. De manera ventajosa puede estar provista una disposición mecánica que puede abrirse venciendo un diferencial de presión significativo, que supere sustancialmente el diferencial de presión que debe vencer la válvula de baja presión para poder abrirse.

10 El momento de la apertura y del cierre del orificio secundario de baja presión se selecciona dependiendo de la aplicación provista de la máquina de trabajo con fluidos. Por ejemplo, si la máquina de trabajo con fluidos comprende un árbol giratorio (por ejemplo, en una máquina de pistón giratorio) y la máquina de trabajo con fluidos está adaptada de manera que el árbol giratorio rota siempre o principalmente en un sentido, el periodo de tiempo entre la apertura del orificio secundario de baja presión y el punto muerto inferior puede ser diferente al periodo de tiempo entre el punto muerto inferior y el cierre del orificio secundario de baja presión. Si la máquina de trabajo con fluidos funciona siempre o principalmente como un motor, el orificio secundario de baja presión puede abrirse justo antes, durante o justo después del punto muerto inferior, y el orificio secundario de baja presión puede cerrarse mucho después del punto muerto inferior, y preferentemente en o después del punto de máxima tasa de cambio entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior del volumen de cámara de trabajo. Si la máquina de trabajo con fluidos funciona principalmente como una bomba, el orificio secundario de baja presión puede cerrarse justo antes de o en el punto muerto inferior.

Si el orificio secundario de baja presión asociado con la cámara de trabajo puede abrirse y cerrarse en una relación en fase con los ciclos de volumen de cámara de trabajo para conectar la cámara de trabajo a un colector de baja presión, antes de la apertura de la válvula de baja presión, durante un ciclo de motorización, para liberar fluido presurizado y reducir de ese modo la presión dentro de la cámara de trabajo y facilitar la apertura de la válvula de baja presión, puede que el orificio secundario de baja presión permanezca abierto hasta al menos el punto en la siguiente carrera de contracción en el que la tasa de reducción de volumen de cámara de trabajo es máxima, para facilitar el flujo de fluido fuera de la cámara de trabajo hacia al menos un colector de baja presión. Sin embargo, puede que el orificio secundario de baja presión se cierre poco después de que se haya abierto la válvula de baja presión. Puede que el orificio secundario de baja presión se cierre antes de que se abra la válvula de baja presión.

La máquina de trabajo con fluidos puede comprender un árbol giratorio, tal como un cigüeñal. En este caso, la apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión pueden estar relacionados de manera operativa con el ángulo del árbol giratorio mediante una disposición mecánica. Por consiguiente, la válvula primaria de baja presión puede abrirse de ciclo a ciclo bajo el control activo del controlador, pero puede que la apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión no varíen de ciclo a ciclo y pueden estar sincronizados en fase de manera fija con el ciclo de expansión y de contracción de la cámara de trabajo, por ejemplo en virtud de una disposición mecánica relacionada de manera operativa con el ángulo de un árbol giratorio, si lo hubiera. El orificio secundario de baja presión puede comprender una válvula accionada mecánicamente que se hace funcionar mediante una varilla de empuje relacionada de manera mecánica con los ciclos de expansión y de contracción de la cámara de trabajo.

El orificio secundario de baja presión puede comprender al menos una abertura en la cámara de trabajo; por ejemplo, si la cámara de trabajo comprende un pistón hueco, el orificio secundario de baja presión puede comprender una abertura en el pistón hueco, tal como una abertura en la base del pistón hueco. La máquina de trabajo con fluidos puede hacerse funcionar para hacer que al menos un tubo de conducción de fluido se alinee periódicamente con dicha al menos una abertura para establecer de ese modo una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un colector durante un periodo de tiempo, normalmente en una relación en fase con, y preferentemente sincronizada en fase con, ciclos de volumen de cámara de trabajo. Si la máquina de trabajo con fluidos comprende una pluralidad de dichas cámaras de trabajo, un único tubo de conducción de fluido puede alinearse a su vez periódicamente con las aberturas asociadas con una pluralidad de dichas cámaras de trabajo. Normalmente, el o cada tubo de conducción de fluido está formado en un elemento giratorio, tal como un árbol giratorio, o una excéntrica giratoria o árbol que presenta una pluralidad de orejetas, tal como una leva anular.

Por ejemplo, la máquina de trabajo con fluidos puede ser una bomba de pistón, donde la cámara de trabajo presenta un volumen definido por un cilindro y un pistón de movimiento alternante, por ejemplo, un pistón hueco. La máquina de trabajo con fluidos puede ser una bomba de pistón radial en la que un cilindro tiene una base en contacto deslizante con una excéntrica acoplada a (normalmente integrada en la superficie de) un cigüeñal giratorio. Si la máquina de trabajo con fluidos comprende una pluralidad de dichas cámaras de trabajo definidas por cilindros, donde cada una tiene una base en contacto deslizante con la misma excéntrica, la excéntrica puede incluir al menos un tubo de conducción de fluido adaptado para establecer a su vez de manera periódica una comunicación de fluidos entre una abertura de la base de cada cilindro que está en contacto deslizante con la excéntrica y un colector de baja presión, abriendo a su vez de ese modo el orificio secundario de baja presión asociado con cada cámara de trabajo en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo para establecer, y posteriormente interrumpir, una comunicación de fluidos entre cada cámara de trabajo y el dicho colector de baja presión. El dicho colector de baja presión puede comprender la caja de cigüeñal de una bomba de pistón radial. El al menos un tubo

de conducción de fluido puede comprender al menos una ranura periférica que se extiende alrededor de parte de la circunferencia de la excéntrica. Por tanto, la o cada ranura periférica puede establecer periódicamente una comunicación de fluidos entre el interior de los pistones y el fluido del interior de la caja de cigüeñal circundante en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo.

5

Como alternativa, la máquina de trabajo con fluidos puede ser una bomba de pistón axial en la que la cámara de trabajo tiene un volumen definido por un cilindro y un pistón de movimiento alternante, por ejemplo un pistón hueco, accionado por y en comunicación con un disco oscilante, donde la cámara de trabajo comprende una abertura que funciona como el orificio secundario de baja presión y el disco oscilante comprende al menos un tubo de conducción de fluido adaptado para establecer periódicamente una comunicación de fluidos entre la dicha abertura de la base del cilindro y un colector de baja presión, abriendo de ese modo periódicamente el orificio secundario de baja presión de la cámara de trabajo. Si se proporciona una pluralidad de dichas cámaras de trabajo, donde más de una tiene un volumen definido por un cilindro y un pistón de movimiento alternante en comunicación con el mismo disco oscilante, el al menos un tubo de conducción de fluido está dispuesto preferentemente para establecer periódicamente una comunicación de fluidos entre la abertura de la base de cada una de dichas cámaras de trabajo y un colector de baja presión para abrir a su vez de ese modo el orificio secundario de baja presión de cada una de dichas cámaras de trabajo. El colector de baja presión en comunicación con el al menos un tubo de conducción de fluido puede comprender la caja de cigüeñal de una bomba de pistón axial. El al menos un tubo de conducción de fluidos puede comprender al menos una ranura en la superficie del disco oscilante dispuesto para establecer a su vez periódicamente, e interrumpir después, una comunicación de fluidos entre el interior del pistón, o de cada uno de dicha pluralidad de pistones, y el fluido del interior de la caja de cigüeñal circundante en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo.

Por tanto, el orificio secundario de baja presión puede comprender al menos una abertura en la cámara de trabajo que se muestra periódicamente, o se alinea con un tubo de fluido, por ejemplo, una muesca formada en la superficie de un cigüeñal giratorio. Si la cámara de trabajo comprende un pistón hueco que se mueve de manera alternante dentro de un cilindro, el orificio secundario de baja presión puede comprender una abertura en el pistón hueco y/o en el cilindro, abertura que se muestra, o aberturas que se alinean, durante un ciclo de motorización, hacia al final de la carrera de expansión para liberar fluido presurizado de la cámara de trabajo, reduciendo la presión dentro de la cámara de trabajo y facilitando de ese modo la apertura de la válvula de baja presión.

Preferentemente, el diferencial de presión entre la cámara de trabajo y el colector de baja presión en el que el orificio secundario de baja presión libera fluido presurizado supera el diferencial de presión que debe vencer la válvula primaria de baja presión para poder abrirse en un factor de al menos 10, y normalmente de al menos 100 o de al menos 1000.

La máquina de trabajo con fluidos puede ser un motor, en cuyo caso puede hacerse funcionar para llevar a cabo solamente ciclos de motorización. Sin embargo, la máquina de trabajo con fluidos puede hacerse funcionar como un motor o como una bomba en diferentes modos de funcionamiento, en cuyo caso solo llevará a cabo ciclos de motorización cuando funcione como un motor.

La máquina de trabajo con fluidos comprende normalmente una pluralidad de dichas cámaras de trabajo. El fluido presurizado puede liberarse de dichas cámaras de trabajo individuales, o grupos individuales de dichas cámaras de trabajo, en diferentes momentos de los ciclos del volumen de las cámaras de trabajo respectivas; por ejemplo, dichas cámaras de trabajo individuales, o grupos individuales de dichas cámaras de trabajo, pueden liberar fluido presurizado por medio de un orificio secundario de baja presión en diferentes momentos de los ciclos del volumen de las cámaras de trabajo respectivas. Por tanto, cámaras de trabajo individuales, o grupos individuales de cámaras de trabajo, pueden optimizarse para diferentes fines.

La máquina de trabajo con fluidos también puede comprender al menos una cámara de trabajo que no puede hacerse funcionar para liberar fluido presurizado de la cámara de trabajo antes de la apertura de la válvula primaria de baja presión.

La máquina de trabajo con fluidos puede comprender un cigüeñal giratorio que presenta una pluralidad de cámaras de trabajo dispuestas individualmente, o en grupos, en ubicaciones axialmente separadas a lo largo de la longitud del cigüeñal giratorio, presentando cada ubicación axialmente separada una ranura periférica en el cigüeñal giratorio a través de la cual el fluido presurizado puede liberarse de las cámaras de trabajo respectivas, donde al menos dos ranuras periféricas están ubicadas en ángulos diferentes alrededor del eje del cigüeñal de manera que el fluido presurizado no puede quedar retenido simultáneamente dentro de todas las cámaras de trabajo ubicadas en un lado del cigüeñal, reduciéndose de ese modo la fuerza máxima potencial resultante en el cigüeñal. En este caso, al menos dos ranuras periféricas están ubicadas normalmente en levas excéntricas axialmente separadas, y puede que las al menos dos dichas levas excéntricas axialmente separadas estén ubicadas en ángulos diferentes alrededor del eje del cigüeñal, estando ubicadas las ranuras periféricas respectivas en una orientación similar con respecto a la leva excéntrica en la que están ubicadas.

65

Características adicionales del tercer aspecto de la invención pueden corresponder a las características descritas

anteriormente en relación con el primer y el segundo aspecto de la invención.

Según un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para hacer funcionar una cámara de trabajo de máquina de trabajo con fluidos de volumen cíclicamente variable, durante un ciclo de motorización de la cámara de trabajo, que comprende abrir una válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente, en una relación de fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para establecer una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un colector de baja presión bajo el control activo de un controlador de ciclo a ciclo, caracterizado porque el procedimiento comprende además liberar presión de la cámara de trabajo antes de la apertura de la válvula primaria de baja presión, durante la carrera de expansión de uno de dichos ciclos de motorización.

La liberación resultante de fluido presurizado facilita preferentemente la apertura de la válvula primaria de baja presión. Preferentemente, la presión se libera en la cámara de trabajo antes de la apertura de la válvula primaria de baja presión abriendo un orificio secundario de baja presión a través del cual puede liberarse fluido de la cámara de trabajo.

También preferentemente, el orificio secundario de baja presión se abre mediante una disposición mecánica que está relacionada de manera operativa con ciclos de volumen de cámara de trabajo. Normalmente, la máquina de trabajo de fluido comprende un árbol giratorio, y la apertura del orificio secundario de baja presión está relacionada de manera mecánica con el árbol giratorio.

Características preferidas y opcionales del procedimiento corresponden a las características descritas en relación con los tres primeros aspectos de la invención.

Según un quinto aspecto de la invención se proporciona una máquina de trabajo con fluidos que comprende un controlador y una cámara de trabajo de volumen cíclicamente variable, presentando la cámara de trabajo una válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente asociada con la misma para controlar la conexión de la cámara de trabajo con un colector de baja presión, pudiendo hacerse funcionar el controlador para controlar de manera activa al menos la válvula primaria de baja presión, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para determinar el desplazamiento neto de fluido por parte de la cámara de trabajo de ciclo a ciclo, caracterizada porque, en funcionamiento, durante un ciclo de bombeo de volumen de cámara de trabajo, la válvula primaria de baja presión se cierra al principio de una carrera de expansión de manera que la cámara de trabajo se sella y la presión en la cámara de trabajo desciende después suficientemente por debajo de la presión del colector de baja presión para abrir la válvula primaria de baja presión.

Preferentemente, la presión dentro de la cámara de trabajo desciende lo suficiente como para provocar cavitación en la cámara de trabajo. Preferentemente, la máquina de trabajo con fluidos es una bomba, o una máquina que puede hacerse funcionar como una bomba o como un motor en modos de funcionamiento alternantes.

Según un sexto aspecto de la invención se proporciona un procedimiento para hacer funcionar una máquina de trabajo con fluidos que presenta una cámara de trabajo de volumen cíclicamente variable, un colector de baja presión y una válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente, caracterizado por las etapas llevadas a cabo durante un ciclo de bombeo de volumen de cámara de trabajo, de la válvula primaria de baja presión que se cierra antes de que la cámara de trabajo alcance un volumen mínimo de manera que se sella la cámara de trabajo y la cámara de trabajo permanece sellada a medida que el volumen de la cámara de trabajo comienza a expandirse de manera que la presión en la cámara de trabajo desciende suficientemente por debajo de la presión del colector de baja presión para abrir la válvula primaria de baja presión.

Normalmente, al menos la válvula primaria de baja presión se controla de manera activa, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para determinar el desplazamiento neto de fluido por parte de la cámara de trabajo de ciclo a ciclo.

Preferentemente, la presión dentro de la máquina de trabajo desciende lo suficiente como para provocar cavitación en la cámara de trabajo. Preferentemente, la máquina de trabajo con fluidos es una bomba o una máquina que puede hacerse funcionar como una bomba o como un motor en modos de funcionamiento alternantes.

Otras características opcionales y preferidas del quinto y del sexto aspecto de la invención corresponden a las descritas anteriormente en relación con los cuatro primeros aspectos de la invención.

La invención también incluye un séptimo aspecto relacionado con un código de programa que, cuando se ejecuta en un controlador de máquina de trabajo con fluidos hace que la máquina de trabajo con fluidos funcione como una máquina de trabajo con fluidos según el primer aspecto de la invención, o hace que la máquina de trabajo con fluidos funcione como una máquina de trabajo con fluidos según el tercer aspecto de la invención, o que funcione como una máquina de trabajo con fluidos según el quinto aspecto de la invención para llevar a cabo un procedimiento según el segundo aspecto de la invención, o para llevar a cabo un procedimiento según el cuarto aspecto de la invención o para llevar a cabo un procedimiento según el sexto aspecto de la invención.

El código de programa puede adoptar la forma de un código fuente, código objeto, una fuente intermedia de código, tal como una forma parcialmente compilada, o cualquier otra forma adecuada para su utilización en la implementación de los procedimientos de la invención. El código de programa puede almacenarse en un medio portador, que es normalmente un medio portador legible por ordenador tal como una ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM de semiconductor, o un medio de grabación magnético, por ejemplo un disco flexible o un disco duro. Además, el medio portador puede ser un medio portador que puede transmitirse, tal como una señal eléctrica u óptica que puede transmitirse mediante un cable eléctrico u óptico, por radio o por otros medios. Cuando un programa está contenido en una señal que puede transmitirse directamente por cable, el medio portador puede estar constituido por tal cable u otros dispositivos o medios.

Descripción de los dibujos

A continuación se ilustrará una realización de ejemplo de la presente invención con referencia a las figuras siguientes, en las que:

La Figura 1 es un diagrama esquemático de una cámara de trabajo individual de una máquina de trabajo con fluidos;

La Figura 2 es un cronograma que ilustra el estado de la válvula primaria de baja presión, del orificio secundario de baja presión y de la válvula de alta presión, así como la presión dentro de una cámara de trabajo durante un ciclo de bombeo;

La Figura 3 es un diagrama esquemático de un flujo de fluido dentro de una cámara de trabajo de una bomba hidráulica de pistón radial, durante una carrera de expansión;

La Figura 4 es un diagrama esquemático de un flujo de fluido fuera de una cámara de trabajo de la bomba hidráulica de pistón radial de la Figura 3, durante una carrera de contracción;

La Figura 5 es un cronograma que ilustra el estado de la válvula primara de baja presión, del orificio secundario de baja presión y de la válvula de alta presión, así como la presión dentro de una cámara de trabajo durante un ciclo de motorización;

La Figura 6 es un cronograma para un motor hidráulico, o una bomba/motor hidráulicos, que presenta un orificio de despresurización, que ilustra el estado de la válvula primaria de baja presión, del orificio de despresurización y de la válvula de alta presión, así como la presión dentro de una cámara de trabajo, y el par motor del cigüeñal, durante un ciclo de motorización;

La Figura 7 es un diagrama esquemático de un flujo de fluido fuera de una cámara de trabajo de un motor hidráulico, o de una bomba/motor hidráulicos con un orificio de despresurización;

La Figura 8 es un diagrama esquemático de un flujo de fluido fuera de una cámara de trabajo de una realización alternativa de un motor hidráulico, o de una bomba/motor hidráulicos, con un orificio de despresurización;

La Figura 9 es un diagrama esquemático de un flujo de fluido fuera de la cámara de trabajo de un ejemplo adicional de un motor hidráulico, o de una bomba/motor hidráulicos con un orificio de despresurización; y

La Figura 10 es un diagrama esquemático que muestra la reducción en las fuerzas resultantes en un cigüeñal a partir de la liberación de fluido presurizado desde dos grupos de pistones.

50 Descripción detallada de realizaciones de ejemplo

Primer ejemplo

En un primer ejemplo, una máquina de trabajo con fluidos en forma de una bomba hidráulica incluye una pluralidad de cámaras de trabajo. La Figura 1 ilustra una cámara 2 de trabajo individual que tiene un volumen definido por la superficie interior de un cilindro 4 y de un pistón 6 que se acciona por medio de un cigüeñal 8 mediante un mecanismo 9 de cigüeñal y que se mueve de manera alternante dentro del cilindro para variar de manera cíclica el volumen de la cámara de trabajo. Un sensor 10 de posición y de velocidad de árbol determina la posición angular instantánea y la velocidad de rotación del árbol, y transmite señales de la posición y velocidad del árbol a un controlador 12, que permite determinar al controlador la fase instantánea de los ciclos de cada cámara de trabajo individual. El controlador es normalmente un microprocesador o microcontrolador que ejecuta, durante el funcionamiento, un programa almacenado.

La cámara de trabajo comprende una válvula primaria de baja presión en forma de una válvula 14 de vástago de sellado frontal accionable electrónicamente, que está orientada hacia dentro hacia la cámara de trabajo y que puede hacerse funcionar para sellar de manera selectiva un canal que se extiende desde la cámara de trabajo hasta un

primer colector 16 de baja presión que funciona generalmente como una fuente neta de fluido durante el funcionamiento. La válvula primaria de baja presión es una válvula cerrada de solenoide, normalmente abierta, que se abre de manera pasiva cuando la presión dentro de la cámara de trabajo es inferior a la presión dentro del primer colector de baja presión, durante una carrera de admisión, para establecer una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y el primer colector de baja presión, pero que puede cerrarse de manera selectiva bajo el control activo del controlador para interrumpir la comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y el primer colector de baja presión. Un experto en la materia apreciará que pueden utilizarse válvulas alternativas controlables electrónicamente, tales como válvulas abiertas de solenoide normalmente cerradas.

10 La cámara de trabajo comprende además una válvula 18 de alta presión en forma de una válvula de suministro accionada mediante presión. La válvula de alta presión está orientada hacia fuera con respecto a la cámara de trabajo y puede hacerse funcionar para sellar un canal que se extiende desde la cámara de trabajo hasta un colector 20 de alta presión, que funciona como un sumidero neto de fluido durante el funcionamiento. La válvula de alta presión funciona como una válvula de retención de apertura mediante presión, normalmente cerrada, que se abre de manera pasiva cuando la presión dentro de la cámara de trabajo supera la presión dentro del colector de alta presión.

Un orificio secundario 22 de baja presión puede abrirse y cerrarse por medio de una válvula secundaria 24 de baja presión que, cuando se abre, establece una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un segundo colector 26 de baja presión, que también funciona como una fuente neta de fluido durante el funcionamiento. En este ejemplo, la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión están conectados a dos colectores de baja presión distintos de presión similar. Sin embargo, pueden estar conectados alternativamente al mismo colector de baja presión. La apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión pueden sincronizarse en fase con el ciclo de trabajo de la cámara de trabajo, por ejemplo, en virtud de una unión mecánica 28 entre el cigüeñal y la válvula secundaria de baja presión. Como alternativa, la apertura o el cierre de la válvula secundaria de baja presión puede controlarse de manera activa por el controlador, en virtud de una conexión electrónica 30. Como alternativa, la válvula secundaria de baja presión puede ser una válvula de retención que puede abrirse mediante presión, normalmente cerrada, que se abre en respuesta a una caída de presión de la cámara de trabajo con respecto al segundo colector de baja presión, en cuyo caso no es necesario incluir la unión mecánica ni la conexión electrónica.

La Figura 2 es un cronograma que ilustra el estado de la válvula primaria de baja presión, del orificio secundario de baja presión y de la válvula de alta presión, así como la presión en la cámara de trabajo durante un ciclo de bombeo. La válvula primaria de baja presión se abre en o cerca del punto muerto superior debido a la diferencia de presión entre el primer colector de baja presión y la cámara de trabajo, lo que permite al fluido fluir hacia el interior de la cámara de trabajo desde el primer colector de baja presión para iniciar una carrera de admisión. La creciente velocidad del fluido pasada la válvula primaria hace que la presión de la cámara de trabajo descienda, durante un periodo de tiempo durante la carrera de admisión, hasta que se abra la válvula secundaria de baja presión. La apertura del orificio secundario de baja presión puede estar sincronizada en fase mecánicamente con respecto a la posición del cigüeñal y puede producirse un cierto tiempo después de la apertura de la válvula primaria de baja presión. Como alternativa, la apertura de la válvula secundaria de baja presión puede producirse por la creciente diferencia de presión entre el colector de baja presión y la cámara de trabajo. El orificio secundario de baja presión se abre en un instante del ciclo de bombeo en que la tasa de cambio del volumen de cilindro de trabajo es máxima y el flujo de fluido adicional resulta más beneficioso.

Una vez que se haya abierto la válvula secundaria de baja presión, el fluido hidráulico entra en la cámara de trabajo desde el colector de baja presión a través de la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión. Después de un periodo de tiempo, la válvula secundaria de baja presión se cierra de manera que el fluido entra de nuevo en la cámara de trabajo desde el colector de baja presión solamente a través de la válvula primaria de baja presión.

El controlador determina la fase del ciclo de bombeo de cámara de trabajo utilizando las señales de posición y de velocidad de árbol recibidas y, en o cerca del punto muerto inferior, decide si seleccionar un ciclo de bombeo o un ciclo inactivo. En el ejemplo ilustrado en la Figura 2, el controlador selecciona un ciclo de bombeo y envía una señal que hace que la válvula primaria de baja presión se cierre. La válvula primaria de baja presión se cierra un cierto tiempo después del cierre del orificio secundario de baja presión. Una vez que se cierra la válvula primaria de baja presión, la cámara de trabajo queda aislada de los colectores de baja presión, la presión de la cámara de trabajo aumenta y la válvula de alta presión se abre para recibir un volumen definido de fluido en el colector de alta presión. Durante otros ciclos, el controlador puede provocar alternativamente que la válvula primaria de baja presión permanezca abierta de manera que el fluido de baja presión recibido desde ambos colectores de baja presión se lleve hacia el primer colector de baja presión sin ningún desplazamiento neto de fluido desde los colectores de baja presión hasta los colectores de alta presión.

Al proporcionarse un orificio secundario de baja presión, las características de flujo del fluido hidráulico que entra en la cámara de trabajo durante una carrera de admisión son mejores que en caso de proporcionarse solamente la válvula primaria de baja presión. Por ejemplo, se produce una menor cavitación y se ejerce una menor resistencia al

avance para resistir la expansión de la cámara de trabajo de lo que sería de otro modo el caso. Sin embargo, puesto que la apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión no están en fase con la apertura y el cierre de la válvula primaria de baja presión, la válvula primaria de baja presión controlable electrónicamente controla los momentos de comunicación entre la cámara de trabajo y el primer colector de baja presión para iniciar y terminar la carrera de admisión. Por tanto, la válvula primaria de baja presión puede tener una sección transversal de flujo de fluido más pequeña que en caso de que todo el fluido entrase en la cámara de trabajo a través de la válvula primaria de baja presión.

Cabe destacar que, aparte de determinar si cerrar o mantener abierta de ciclo a ciclo la válvula primaria de baja presión, el controlador puede hacerse funcionar para modificar la sincronización precisa del cierre de la válvula primaria de baja presión con respecto al volumen variable de la cámara de trabajo para determinar el desplazamiento neto de fluido desde los colectores de baja presión hasta el colector de alta presión durante un ciclo de bombeo. Tal y como se ha descrito anteriormente, al mantenerse la válvula primaria de baja presión abierta durante un ciclo, puede producirse una carrera inactiva en la que, aunque el fluido fluye hacia el interior de la cámara de trabajo desde los colectores de baja presión y sale hacia el primer colector de baja presión, no hay ningún desplazamiento neto desde los colectores de baja presión hasta el colector de alta presión. (Puede haber un desplazamiento neto desde el segundo colector de baja presión hasta el primer colector de baja presión, pero esto no se considera un desplazamiento neto por parte de la bomba). Una carrera parcial que desplaza un volumen de fluido igual a una proporción (normalmente una proporción relativamente pequeña) de la capacidad de la cámara de trabajo puede implementarse retrasando el cierre de la válvula primaria de baja presión y la apertura de la válvula de alta presión hasta justo antes del punto muerto superior, y el volumen preciso que se desplaza puede seleccionarse en función del momento preciso en que se producen estos eventos. El momento preciso de la apertura y/o del cierre de la válvula primaria de baja presión y de la válvula de alta presión también puede modificarse en circunstancias específicas, tales como el arranque, el funcionamiento en condiciones relativamente frías y el apagado del dispositivo. Detalles adicionales de estas opciones de tiempo se desvelan en los documentos EP 0 361 927, EP 0 494 236 y EP 1 537 333.

El fluido descargado a través del colector de alta presión se suministra normalmente a un acumulador de presión para suavizar la presión de salida y el rendimiento medio temporal se modifica por el controlador en función de una señal de demanda recibida por el controlador de igual manera que en la técnica anterior.

Segundo ejemplo

En un segundo ejemplo, la máquina de trabajo con fluidos puede hacerse funcionar como un motor o como una bomba. La estructura del segundo ejemplo de máquina de trabajo con fluidos también se corresponde con la estructura ilustrada en la Figura 1. En esta realización, la válvula primaria de baja presión funciona como una fuente neta de fluido o como un sumidero neto en el modo de bombeo o de motorización, respectivamente. El orificio secundario de baja presión también funciona como una fuente neta de fluido o como un sumidero de red, respectivamente, y la válvula de alta presión funciona como un sumidero neto de fluido o como una fuente neta, respectivamente. Un único colector de baja presión funciona como una fuente neta de fluido, en el modo de bombeo, o como un sumidero de fluido, en el modo de motorización, y el colector de alta presión funciona como un sumidero de fluido, en el modo de bombeo, o como una fuente de fluido, en el modo de motorización. Durante las carreras inactivas en las que una cámara de trabajo está en comunicación de fluidos con el colector de baja presión, ningún colector funciona como una fuente o sumidero netos de fluido.

Al igual que en el primer ejemplo, el orificio primario de baja presión es una válvula de vástago controlable electrónicamente orientada hacia dentro. Sin embargo, en este ejemplo, el orificio secundario de baja presión y la válvula de alta presión también comprenden válvulas de vástago accionables electrónicamente que están orientadas hacia dentro o hacia fuera, respectivamente, y que pueden controlarse de manera activa por el controlador de ciclo a ciclo a través de conexiones electrónicas 30 y 32. En el modo de bombeo, la distribución de tiempo del orificio secundario de baja presión y de la válvula de alta presión es la misma que en el primer ejemplo. En el modo de motorización, el fluido se recibe a través de la válvula de alta presión durante las carreras de expansión de cámara de trabajo para activar el cigüeñal y se proporciona a través de la válvula primaria de baja presión durante las carreras de contracción de cámara de trabajo. El orificio secundario de baja presión se abre durante una parte de la carrera de contracción para proporcionar una trayectoria adicional para que el fluido se desplace desde la cámara de trabajo.

Al utilizarse una válvula controlable electrónicamente para regular el orificio secundario de baja presión, en lugar de una disposición mecánica accionada mediante el cigüeñal, el controlador puede abrir el orificio secundario de baja presión durante las carreras de expansión cuando la máquina de trabajo con fluidos se hace funcionar como una bomba y durante las carreras de contracción cuando la máquina de trabajo con fluidos se hace funcionar como un motor.

En una implementación alternativa de esta segunda realización de ejemplo, el orificio secundario de baja presión puede cerrarse por medio de una válvula de retención accionada mediante presión que no se controla mediante el controlador. La válvula de retención accionada mediante presión permite la recepción de fluido dentro del cilindro

desde el colector de baja presión en la carrera de expansión cuando la válvula primaria de baja presión está abierta. Al utilizarse una válvula de retención accionada mediante presión para proporcionar una segunda trayectoria para que el fluido entre en la cámara de trabajo, la cámara de trabajo puede recibir más fácilmente fluido desde el colector de baja presión, pudiendo evitarse por tanto la cavitación. La válvula de retención accionada mediante presión se cerrará en la carrera de contracción cuando descargue fluido hacia el colector de baja presión en una carrera inactiva o de descarga de motor, y se cerrará en la carrera de expansión durante una carrera de motor.

Tercer ejemplo

10 En una tercera realización de ejemplo, una máquina de trabajo con fluidos en forma de una bomba hidráulica de pistón radial utiliza un cigüeñal ranurado para proporcionar un orificio secundario de baja presión. La Figura 3 ilustra un flujo de fluido a través de una cámara 100 de trabajo individual definida por la superficie interior de un cilindro 102 y un pistón hueco 104 de movimiento alternante, a medio camino de una carrera de expansión.

15 La cámara de trabajo tiene una válvula primaria 106 de baja presión, en forma de una válvula de vástago controlable electrónicamente, que puede abrirse y cerrarse para establecer e interrumpir una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un primer colector 108 de baja presión. Una válvula de alta presión en forma de una válvula 110 de descarga accionada mediante presión puede abrirse y cerrarse para establecer e interrumpir una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un colector 112 de alta presión. La base 114 del pistón está en contacto deslizante con una excéntrica 116 de cigüeñal. Una abertura 118 en la base del pistón funciona como un orificio

20 secundario de baja presión que se abre cuando una ranura 120, que se extiende alrededor de una parte de la periferia de la excéntrica, se extiende a través de cualquier lado de la pared de pistón para establecer una comunicación de fluidos entre el interior de la cámara de trabajo y el fluido hidráulico del interior de la caja 122 de cigüeñal, que funciona como un segundo colector de baja presión. Por consiguiente, durante una parte de la carrera de expansión, el fluido fluirá hacia el interior de la cámara de trabajo (i) a través de la válvula primaria de baja

25 presión y (ii) a través de la ranura de cigüeñal y la abertura en la base del pistón.

Al igual que antes, el orificio secundario de baja presión se abre un cierto tiempo después de que la válvula primaria de baja presión se abra debido a que la presión en la cámara 100 de trabajo desciende hasta un nivel en que ya no puede mantenerse cerrada, y el orificio secundario de baja presión se cierra un cierto tiempo antes de que el controlador pueda enviar opcionalmente una señal para hacer que la válvula primaria de baja presión se cierre con el fin de iniciar el modo de bombeo en la carrera de contracción.

La Figura 4 ilustra el flujo de fluido durante la carrera de contracción posterior, donde la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión están cerrados, mediante la válvula de vástago controlable electrónicamente y el cuerpo de la excéntrica de cigüeñal, respectivamente, y el fluido se desplaza hacia el colector de alta presión a través de la válvula de descarga de alta presión. La apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión están sincronizados en fase con los ciclos de volumen de cámara de trabajo, tal y como se define por la ubicación de la ranura en la excéntrica de cigüeñal. La variación de la presión de la cámara de trabajo durante las carreras de expansión y de contracción corresponde a la ilustrada en la Figura 2.

40 Esta disposición tiene varias ventajas. En primer lugar, al suministrarse fluido simultáneamente desde cualquier extremo de las alargadas cámaras de trabajo durante la parte de la carrera de expansión en la que el volumen de las cámaras de trabajo aumenta más rápidamente, no es necesario que el fluido fluya tan rápidamente, de modo que se mejoran las características de flujo del fluido que entra en las cámaras de trabajo. En segundo lugar, no se forma una acumulación de fluido en el extremo móvil de cada cámara de trabajo que puede permanecer de un ciclo a otro. Un suministro fresco de fluido entra por la abertura de la base de cada pistón durante cada ciclo, refrigerando la base de cada pistón. Además, fuerzas centrífugas actúan en la misma dirección que el flujo de fluido neto desde el cigüeñal hasta la salida de alta presión, incrementando la eficacia global de la bomba.

Cuarto ejemplo

La disposición de las Figuras 3 y 4 puede hacerse funcionar como un motor hidráulico de pistón radial mediante la utilización de una válvula activa de alta presión y modificando la ubicación de la ranura en el cigüeñal para alterar la fase de la apertura del orificio secundario de baja presión de manera que el orificio secundario de baja presión se abra durante la carrera de contracción en lugar de en la carrera de expansión. La Figura 5 ilustra la apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión sincronizado en fase durante el ciclo de motorización. En este caso, la presión en la cámara de trabajo aumenta durante la expulsión de fluido hacia el colector de baja presión a través del orificio primario de baja presión hasta que la apertura del orificio secundario de baja presión sincronizado en fase proporcione una trayectoria de flujo alternativa y reduzca la presión de la cámara de trabajo.

Quinto ejemplo

Una quinta realización de ejemplo afronta los problemas técnicos relacionados con la apertura de una válvula de baja presión durante un ciclo de motorización de un motor de trabajo con fluidos o de una máquina de trabajo con fluidos que puede hacerse funcionar como un motor o como una bomba, en diferentes modos de funcionamiento.

Esta realización se corresponde con el motor hidráulico de pistón radial del cuarto ejemplo, excepto en que la ubicación de la ranura en el cigüeñal está situada de manera que el orificio secundario de baja presión se abre poco antes del final de la carrera de expansión, después de que se haya cerrado la válvula de alta presión, en una sincronización en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo.

5

El efecto de esta disposición en el funcionamiento de la máquina de trabajo con fluidos se ilustra en la Figura 6. El funcionamiento del motor de trabajo con fluidos es el convencional durante la primera parte de la carrera de expansión. El fluido presurizado se recibe desde el colector de alta presión hacia el interior de la cámara de trabajo, a través de una válvula activa de alta presión. Una vez que se ha cerrado la válvula de alta presión, la presión dentro de la cámara de trabajo empieza a disminuir, aunque el fluido dentro de la cámara de trabajo permanece presurizado. Después del cierre de la válvula de alta presión, pero antes del punto muerto inferior, la ranura se alinea con la base del pistón de cámara de trabajo formando un orificio secundario de baja presión. El fluido presurizado se lleva desde el interior de la cámara de trabajo hacia el interior de la caja de cigüeñal a través de la ranura de cigüeñal. Por consiguiente, la presión dentro de la cámara de trabajo desciende rápidamente para cerrarse a la presión del colector de baja presión. La válvula de baja presión, que se desplaza suavemente hasta una posición abierta mediante un resorte débil, se abre de ese modo de manera pasiva venciendo solamente un diferencial de presión mínimo. Poco después del punto muerto inferior, la ranura ya no está alineada con la base del pistón, cerrándose de este modo el orificio secundario de baja presión. Como alternativa, la válvula de baja presión puede abrirse cuando la presión dentro de la cámara de trabajo es lo suficientemente baja.

10

15

20

Puesto que la ranura es una parte integrante del cigüeñal, puede abrirse a pesar del gran diferencial de presión entre la cámara de trabajo y la caja de cigüeñal circundante. Una válvula de baja presión controlable electrónicamente que puede abrirse venciendo el gran diferencial de presión que se produce en este instante en un ciclo de motorización en muchas aplicaciones prácticas necesitaría una potencia considerable y/o se abriría más lentamente. Además, la provisión de un orificio secundario de baja presión, o de otro medio de despresurización, permite que el tiempo que transcurre entre el cierre de la válvula de alta presión y la apertura de la válvula de baja presión sea inferior en comparación con otros casos, permitiendo que la válvula de alta presión se cierre después y/o que la válvula de baja presión se abra antes que en comparación con otros casos, minimizándose de ese modo la cantidad de tiempo que la cámara de trabajo no está recibiendo un fluido de alta presión o no está liberando fluido hacia el colector de baja presión, aumentando de ese modo la eficacia energética de la máquina de trabajo con fluidos. En el ejemplo ilustrado en la Figura 6, si no fuera por la liberación de fluido presurizado utilizando el orificio secundario de baja presión, la presión dentro de la cámara de trabajo seguiría la trayectoria ilustrada con una línea de puntos, en cuyo caso la válvula de baja presión no se abriría.

25

30

35

También está previsto que el orificio secundario de baja presión pueda permanecer abierto hasta al menos el instante en la carrera de contracción en que el volumen de la cámara de trabajo está cambiando más rápidamente, para permitir que el fluido fluya fuera de la cámara de trabajo hacia el colector de baja presión a través de la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión simultáneamente.

40 **Sexto ejemplo**

En una realización de ejemplo adicional, ilustrada en la Figura 8, una abertura 123 está provista hacia el extremo radialmente hacia fuera de un pistón. La parte del pistón que incluye la abertura se extiende fuera del cilindro, formando un orificio secundario de baja presión a través del cual puede liberarse fluido hidráulico hacia la caja de cigüeñal, desde poco antes hasta poco después del punto muerto inferior. En una realización alternativa, ilustrada en la Figura 9, una abertura 124 está provista en cambio hacia el extremo radialmente hacia dentro del cilindro, formando un orificio secundario de baja presión a través del cual puede liberarse fluido hidráulico presurizado hacia la caja de cigüeñal, desde poco antes hasta poco después del punto muerto inferior. En una realización adicional, pueden proporcionarse aberturas en el pistón y en el cilindro que se solapan durante un periodo de tiempo desde poco antes hasta poco después del punto muerto inferior.

45

50

Un experto en la materia apreciará que los orificios secundarios de baja presión que se abren para expulsar el fluido desde la cámara de trabajo de una máquina de trabajo con fluidos, durante una carrera de motorización, para facilitar la apertura de una válvula primaria de baja presión, pueden implementarse de muchas maneras. Asociar mecánicamente la apertura y el cierre del orificio secundario de baja presión a los ciclos de volumen de cámara de trabajo tiene la ventaja de que el orificio secundario de baja presión puede abrirse venciendo un gran diferencial de presión.

55

Con referencia a la Figura 10, una posible implementación de la invención es una máquina de trabajo con fluidos, que incluye un cigüeñal, con una pluralidad de conjuntos de cámaras de trabajo (130a a 130f, y 132a a 132f) dispuestos en ubicaciones separadas axialmente a lo largo del cigüeñal, presentando cada conjunto una leva excéntrica 116. Preferentemente, las levas excéntricas están dispuestas en fases diferentes entre sí. En este caso puede proporcionarse una ranura periférica en cada excéntrica (122a y 122b) de cigüeñal con respecto a cada conjunto de cámaras de trabajo, y las ranuras periféricas de cada excéntrica de cigüeñal pueden estar dispuestas en orientaciones similares con respecto a la excéntrica en la que están formadas, de manera que no es posible retener simultáneamente el fluido presurizado dentro de todas las cámaras de trabajo en cualquier lado del cigüeñal. Puesto

60

65

que las cámaras de trabajo presurizadas aplican a dicho cigüeñal fuerzas ortogonales al eje del cigüeñal, esto reduce la fuerza máxima potencial resultante en el cigüeñal, en un plano ortogonal al eje del cigüeñal, reduciendo las fuerzas netas en el cigüeñal, aumentando potencialmente la vida útil operativa y reduciendo las vibraciones.

- 5 Pueden realizarse variaciones y modificaciones adicionales dentro del alcance de la invención descrita en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Máquina de trabajo con fluidos que comprende un controlador (12) y una cámara (2, 100) de trabajo de volumen cíclicamente variable, presentando la cámara de trabajo una válvula primaria (14, 106) de baja presión controlable electrónicamente asociada con la misma para controlar la conexión de la cámara de trabajo con un colector (16, 108) de baja presión, pudiendo hacerse funcionar el controlador para controlar de manera activa al menos la válvula primaria de baja presión, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para determinar el desplazamiento neto de fluido por parte de la cámara de trabajo de ciclo a ciclo, caracterizada porque la cámara de trabajo comprende además un orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión que puede abrirse y cerrarse en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo para conectar la cámara de trabajo a un colector (26, 122) de baja presión, para permitir que el fluido fluya hacia el interior o el exterior de la cámara de trabajo simultáneamente a través de la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión durante una parte de al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo.
2. Máquina de trabajo con fluidos según la reivindicación 1, en la que el controlador (12) puede hacerse funcionar, con respecto a al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo en los que tanto la válvula (14, 106) primaria de baja presión como el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión están abiertos simultáneamente, para interrumpir la comunicación entre la cámara (2, 100) de trabajo y el o cada uno de dichos colectores (16, 108) de baja presión, un cierto tiempo después de que se cierre el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión.
3. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la válvula primaria (14, 106) de baja presión y el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión pueden abrirse simultáneamente en el instante de una carrera de expansión o de contracción, según sea apropiado, en que la tasa de cambio de volumen de la cámara (2, 100) de trabajo es máxima.
4. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de dichas cámaras (2, 100) de trabajo, en la que el controlador (12) puede hacerse funcionar para controlar una pluralidad de válvulas controlables electrónicamente, incluyendo al menos la válvula primaria (14, 106) de baja presión controlable electrónicamente asociada con cada una de la pluralidad de dichas cámaras de trabajo, de ciclo a ciclo, para determinar el desplazamiento neto de fluido por parte de cada una de la pluralidad de dichas cámaras de trabajo.
5. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la máquina de trabajo con fluidos es una bomba, o un motor, o puede hacerse funcionar como una bomba o como un motor en diferentes modos de funcionamiento.
6. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión puede abrirse y cerrarse mediante una válvula secundaria controlable electrónicamente.
7. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión puede abrirse y cerrarse por medio de una válvula de retención normalmente cerrada que puede abrirse mediante presión.
8. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión puede abrirse y cerrarse mediante una disposición (28) mecánica relacionada de manera operativa al ciclo de expansión y de contracción de la cámara (2, 100) de trabajo.
9. Máquina de trabajo con fluidos según la reivindicación 8, en la que el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión comprende al menos una abertura en la cámara (2, 100) de trabajo y la máquina de trabajo con fluidos comprende al menos un tubo de conducción de fluido, pudiendo hacerse funcionar la máquina de trabajo con fluidos para alinear periódicamente el al menos un tubo de conducción de fluido con la al menos una abertura para establecer de ese modo una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un colector (16, 108) de baja presión durante un periodo de tiempo, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo.
10. Máquina de trabajo con fluidos según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, donde la máquina de trabajo con fluidos es una bomba de pistón radial, en la que la cámara (2, 100) de trabajo tiene un volumen definido por un cilindro (4, 102) y un pistón (6, 104) de movimiento alternante, presentando el cilindro una base en contacto deslizante con una excéntrica (116) acoplada a un cigüeñal giratorio (8), comprendiendo el orificio secundario (118) de baja presión una abertura (118) en la base del cilindro, donde la excéntrica comprende al menos un tubo (120) de conducción de fluido adaptado para establecer periódicamente una comunicación de fluidos entre la abertura y un colector (16, 108) de baja presión en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo.
11. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la válvula primaria (14, 106) de baja presión y el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión pueden abrirse para

establecer e interrumpir una comunicación de fluidos entre la cámara (2, 100) de trabajo y diferentes colectores de baja presión.

5 12. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la válvula primaria (14, 106) de baja presión y el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión están dispuestos de manera espaciada a lo largo de la longitud de la cámara de trabajo.

10 13. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cámara (2, 100) de trabajo es un cilindro (4, 102) de pistón que presenta un extremo generalmente fijo y un extremo móvil, y en la que la válvula primaria (14, 106) de baja presión está provista en el extremo fijo del cilindro y el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión está provisto en el extremo móvil del cilindro.

15 14. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un árbol giratorio (8), cuyo desplazamiento angular está relacionado de manera mecánica con el volumen instantáneo de la cámara (2, 100) de trabajo; y un sensor (10) de posición de árbol que puede hacerse funcionar para determinar el desplazamiento angular de dicho árbol giratorio.

20 15. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un colector (16, 26, 108, 122) en comunicación con la cámara de trabajo.

25 16. Máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que funciona como una bomba en la que, en funcionamiento, al principio de la carrera de expansión de un ciclo de bombeo, la válvula primaria (14, 106) de baja presión y el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión están cerrados simultáneamente y el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión permanece cerrado durante un periodo de tiempo que es suficiente para hacer que la presión dentro de la cámara de trabajo descienda por debajo de la presión del colector (16, 108) de baja presión, de manera que hay un diferencial de presión neto a través del colector (16, 108) de baja presión, provocando que se abra la válvula (14, 106) de baja presión.

30 17. Procedimiento para suministrar fluido hacia o recibir fluido desde una cámara (2, 100) de trabajo de máquina de trabajo con fluidos de volumen cíclicamente variable, durante una carrera de admisión o de descarga de la cámara de trabajo respectivamente, que comprende abrir una válvula primaria (14, 106) de baja presión controlable electrónicamente, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para establecer una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un colector (16, 108) de baja presión bajo el control activo de un controlador (12) de ciclo a ciclo, caracterizado porque el procedimiento comprende además abrir un orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión, en una relación en fase con ciclos de volumen de cámara de trabajo, para establecer una comunicación de fluidos entre la cámara de trabajo y un colector de baja presión a través de una segunda trayectoria, de manera que, durante una parte de al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo, la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión están abiertos simultáneamente de manera que el fluido fluye hacia el interior o el exterior de la cámara de trabajo, según sea apropiado, a través de la válvula primaria de baja presión y el orificio secundario de baja presión.

45 18. Procedimiento según la reivindicación 17, en el que con respecto a al menos algunos ciclos de volumen de cámara de trabajo en los que la dicha válvula primaria (14, 106) de baja presión y el dicho orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión están abiertos simultáneamente, el controlador puede hacerse funcionar para cerrar la válvula primaria de baja presión un cierto tiempo después de que se cierre el orificio secundario de baja presión.

50 19. Procedimiento según la reivindicación 17 o la reivindicación 18, en el que la máquina de trabajo con fluidos es una bomba, o un motor, o puede hacerse funcionar como una bomba o como un motor en diferentes modos de funcionamiento.

55 20. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, en el que, en funcionamiento, al principio de la carrera de expansión de un ciclo de bombeo, la válvula (14, 106) primaria de baja presión y el orificio secundario (22, 118, 123, 124) de baja presión están cerrados simultáneamente y el orificio secundario de baja presión permanece cerrado durante un periodo de tiempo que es suficiente para hacer que la presión dentro de la cámara de trabajo descienda por debajo de la presión del colector (16, 108) de baja presión, de manera que hay un diferencial de presión neto a través del colector de baja presión, provocando que se abra la válvula de baja presión.

60 21. Código de programa que, cuando se ejecuta en un controlador (12) de máquina de trabajo con fluidos, hace que la máquina de trabajo con fluidos funcione como una máquina de trabajo con fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, o que se suministre fluido a, o se reciba fluido desde, una cámara de trabajo de máquina de trabajo con fluidos según el procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20.

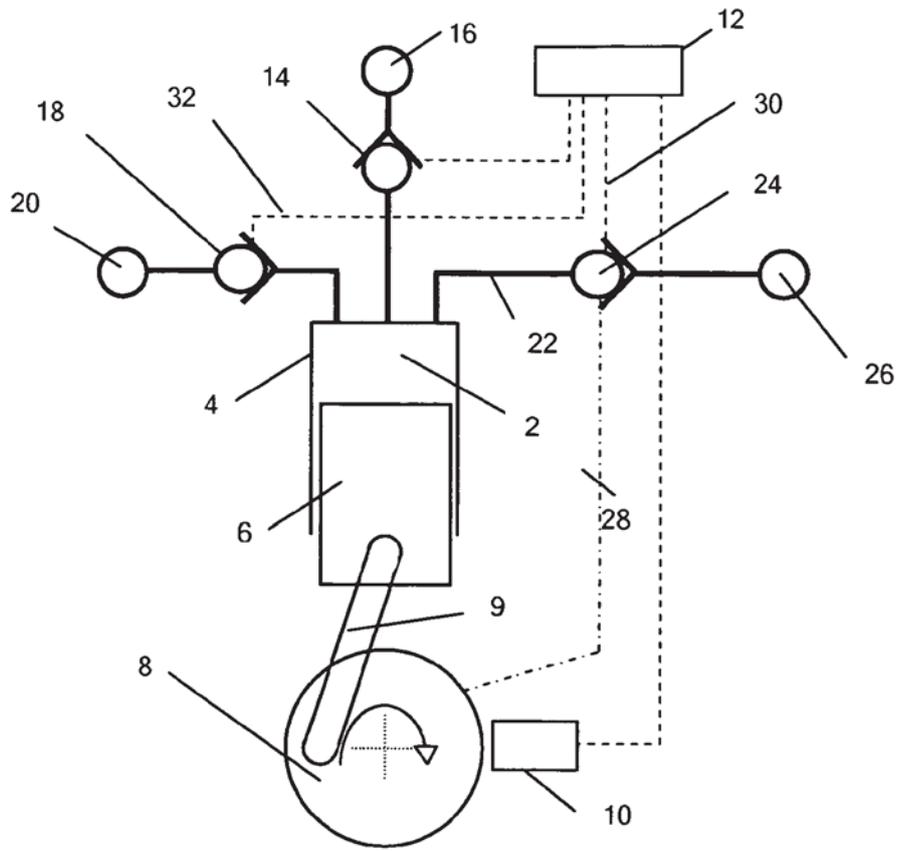


Fig. 1

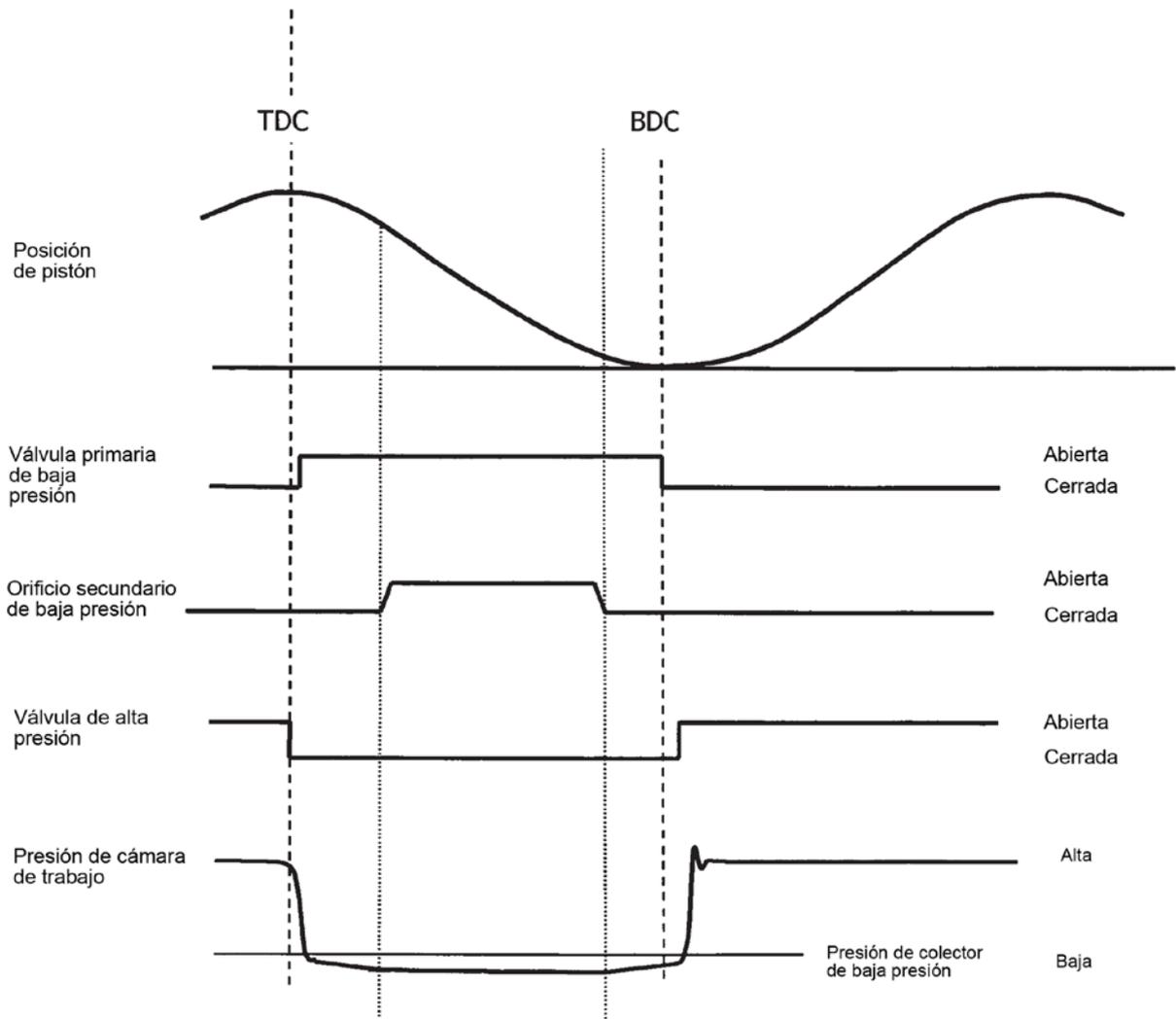


Fig. 2

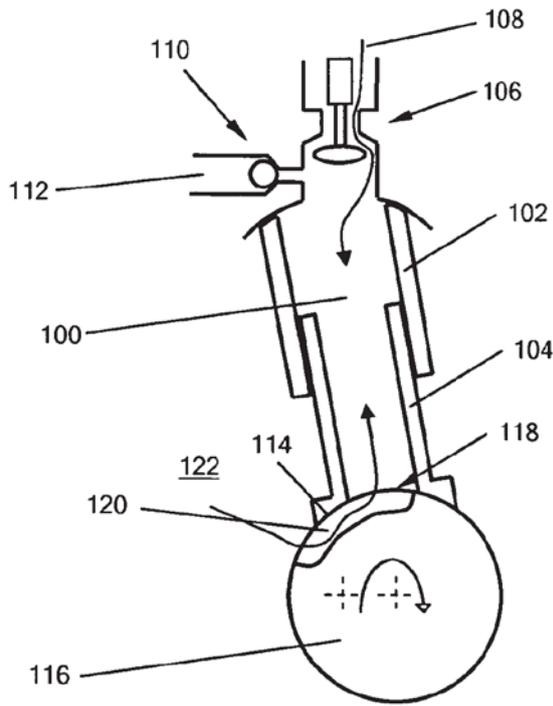


Fig. 3

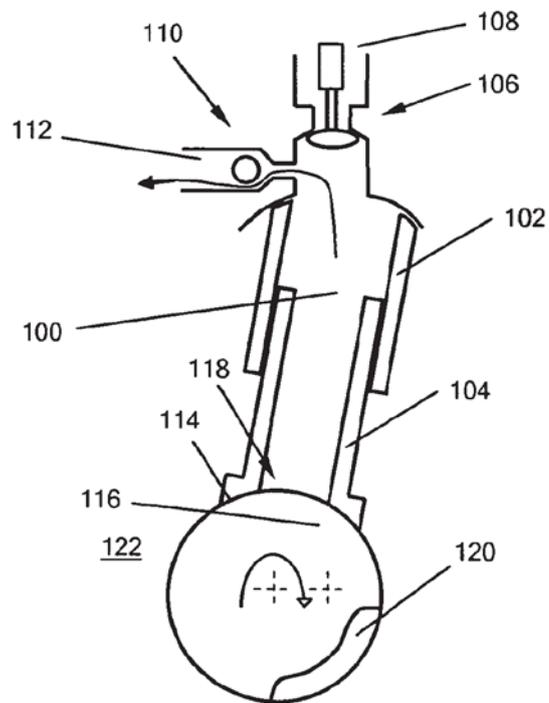


Fig. 4

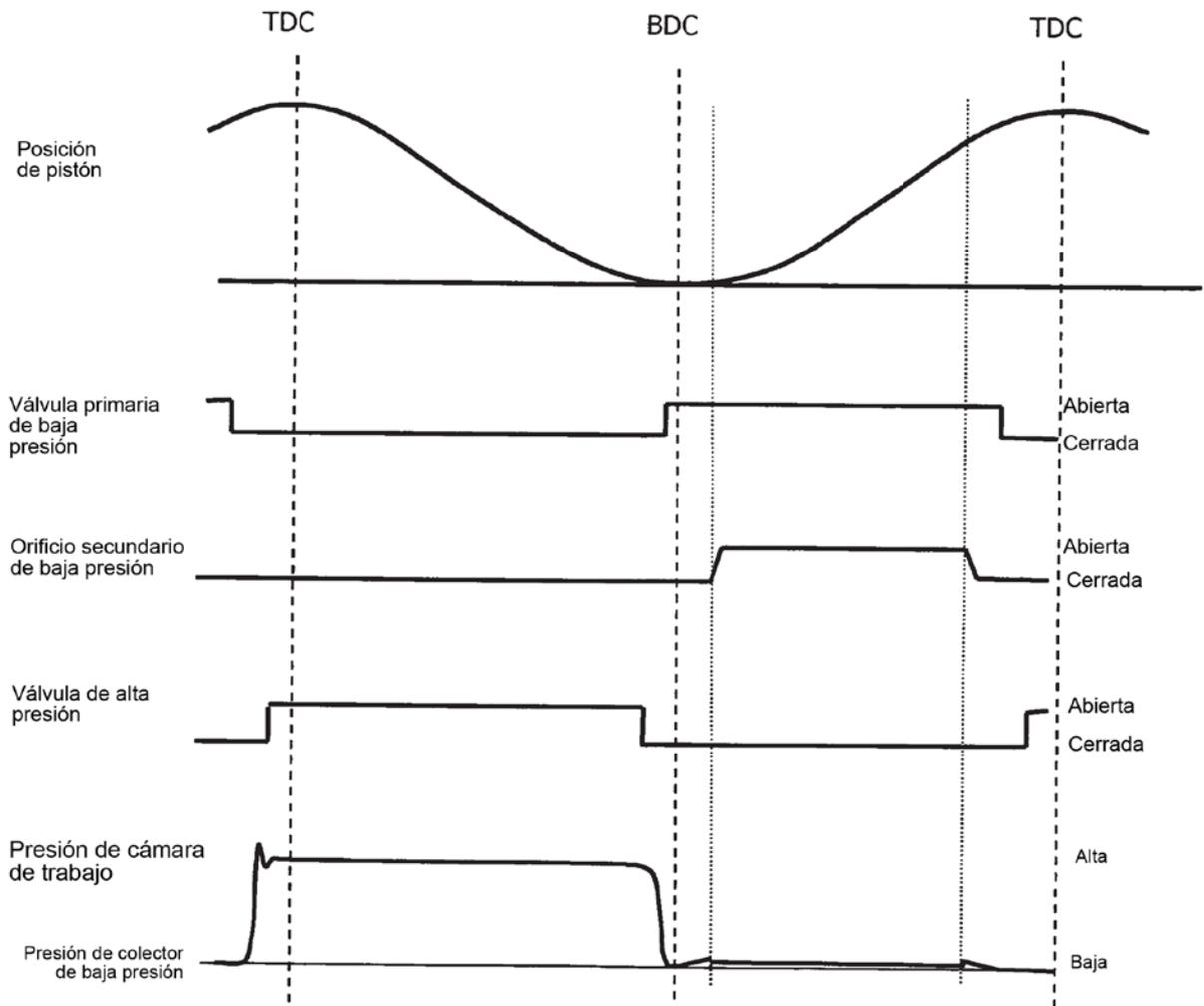


Fig. 5

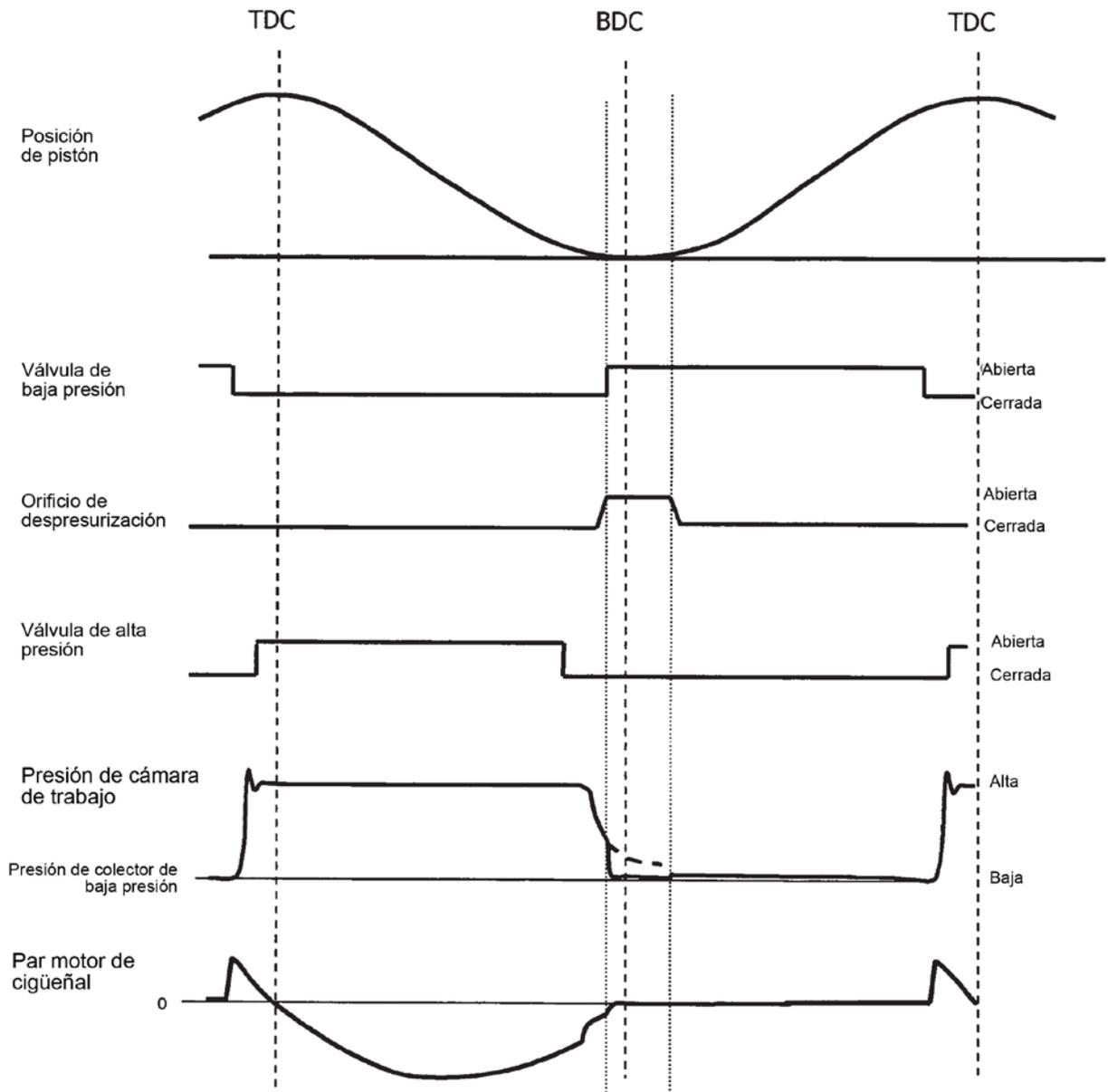


Fig. 6

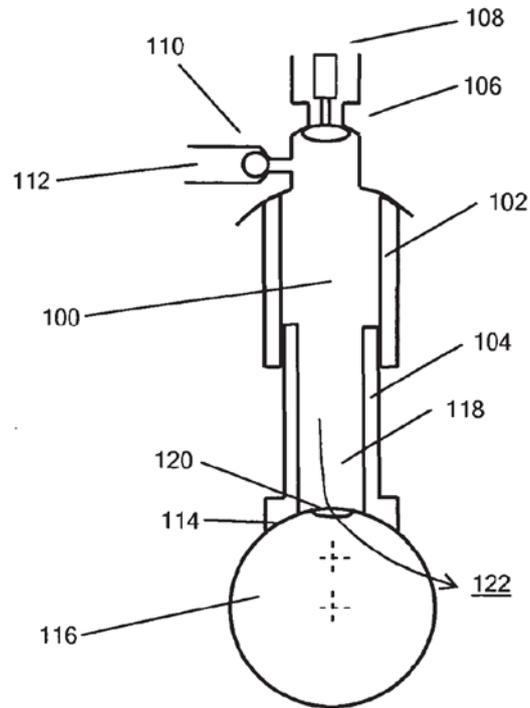


Fig. 7

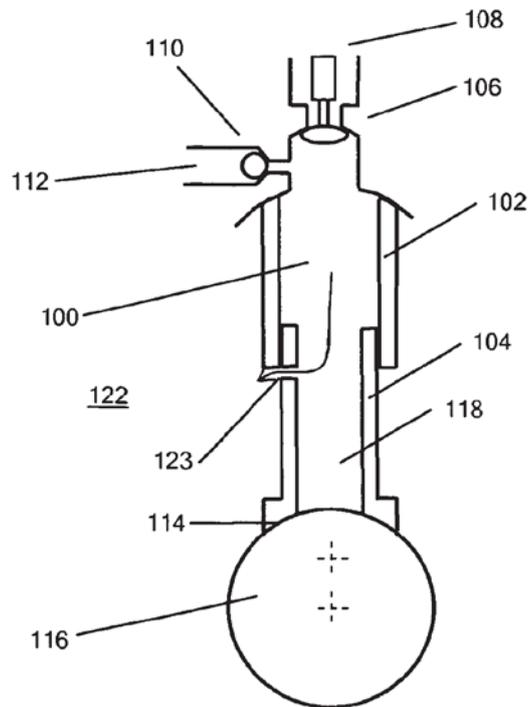


Fig. 8

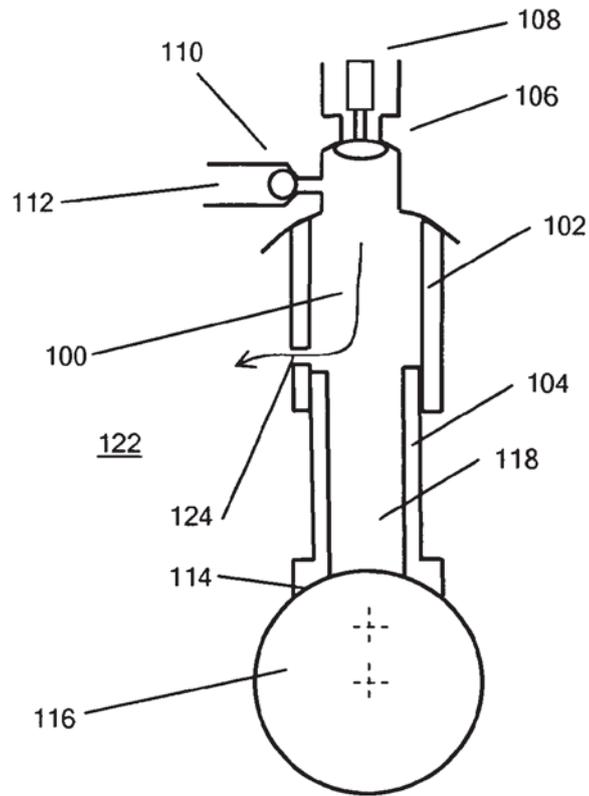


Fig. 9

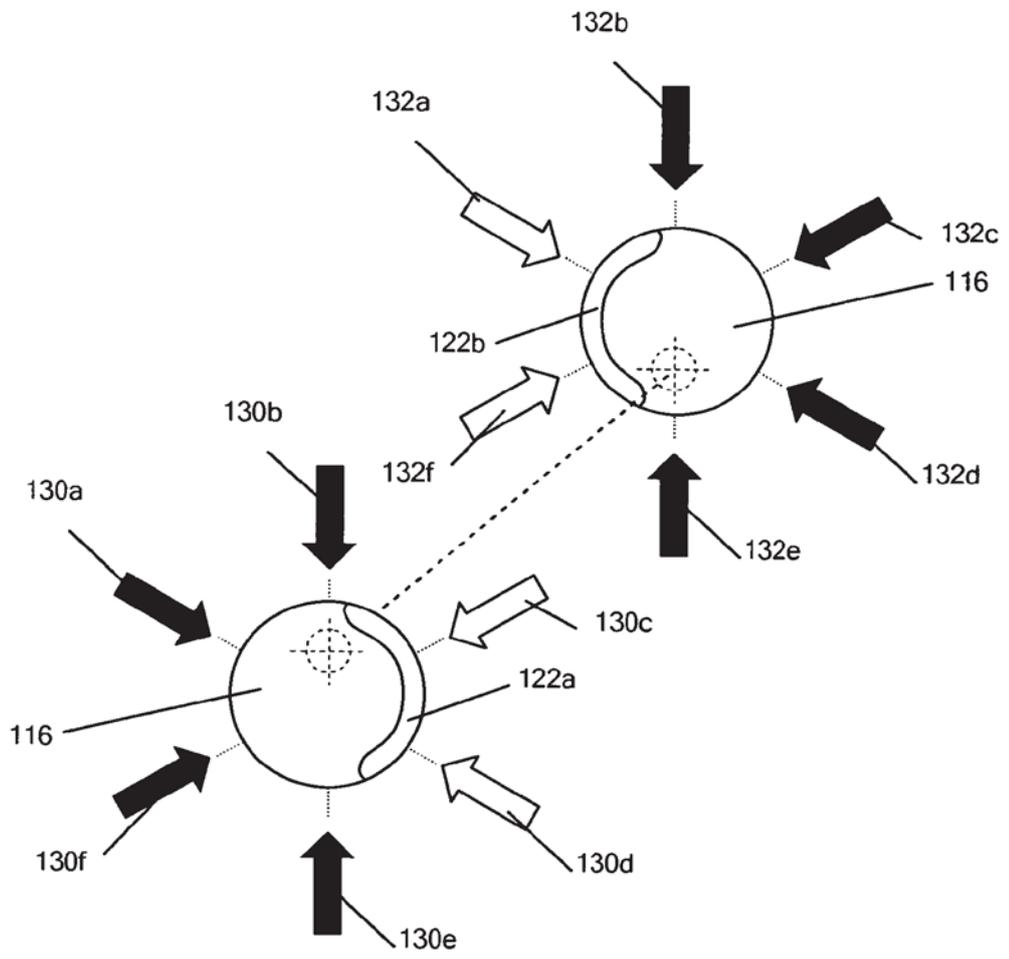


Fig. 10