

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 860**

51 Int. Cl.:

F04D 13/12 (2006.01)

F04D 15/00 (2006.01)

F04D 15/02 (2006.01)

G05B 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2014 E 14169568 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 2947325**

54 Título: **Método de control de bomba**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.06.2020

73 Titular/es:

**GRUNDFOS HOLDING A/S (100.0%)
Poul Due Jensens Vej 7-11
8850 Bjerringbro , DK**

72 Inventor/es:

**MOGENSEN, NIELS y
KALLESØE, CARSTEN SKOVMOSE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 769 860 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

Método de control de bomba

5 La invención se refiere a un método de control de bombas para controlar el funcionamiento de un sistema de bombas con al menos dos equipos de bombas, que están dispuestos paralelos o en serie entre sí.

10 Tales sistemas de bomba se encuentran, por ejemplo, en campos de pozos, en los que están presentes varios pozos con al menos una bomba, respectivamente, que transportan agua en paralelo desde los pozos. De acuerdo con la cantidad de agua requerida, se pueden poner en funcionamiento las bombas en diferente número y se pueden accionar con diferente número de revoluciones.

15 Además, se conocen sistemas de bombas, en los que para la elevación de la presión se conectan varias bombas en serie. Según la altura de la diferencia de la presión a generar, se pueden accionar en este caso las bombas en diferentes números o con diferente potencia.

20 Cuando en tales sistemas de bombas se accionan en común diferentes tipos o bien diferentes tamaños de bombas o bombas con diferentes condiciones de conexión hidráulica entre sí, es difícil optimizar el funcionamiento de las bombas individuales de tal manera que se pueda conseguir la carga hidráulica deseada, es decir, una presión diferencial deseada o flujo con un consumo mínimo de energía.

25 El documento WO 2009/053923 A2 publica un procedimiento para la optimización de un sistema de bombas, en el que varias bombas están dispuestas paralelas entre sí. Según este sistema, para cada bomba en el sistema se registra una curva característica que representa el consumo de energía por cantidad transportada sobre el número de revoluciones o bien la frecuencia. En función de estas curvas se accionan las bombas, respectivamente, con un número de revoluciones, en el que el consumo de energía adopta un mínimo. En este sistema es un inconveniente que en el caso de modificaciones del sistema antes de la puesta en servicio, deben calcularse las curvas características de acuerdo con la técnica de medición.

30 El documento EP 2 610 693 A1 publica igualmente un procedimiento para la optimización del consumo de energía en un sistema de bombas, en el que igualmente durante la puesta en servicio se registran primero características de las bombas y a continuación se realiza la regulación o bien el control de las bombas en virtud de estas características registradas. Este sistema tiene igualmente el inconveniente de que durante la puesta en servicio deben registrarse primero las características y de que después del procedimiento no reacciona automáticamente a modificaciones en curso en el sistema.

35 El documento EP 2 610 693 A1 publica otro procedimiento para el control de varias bombas en un sistema de bombas. También este sistema necesita primero valores de partida para cada equipo de bombas, como por ejemplo la potencia máxima de las bombas, con lo que se complica la puesta en servicio y sólo difícilmente es posible una adaptación automática del procedimiento a modificaciones en el sistema.

40 El cometido de la invención es preparar un procedimiento de control de bombas así como un sistema de bombas, que posibilitan un funcionamiento mejorado optimizado en la energía de varios equipos de bombas, pudiendo reaccionar la optimización de energía especialmente a modificaciones en el sistema.

45 Este cometido se soluciona por medio de un procedimiento de control de bombas con las características indicadas en la reivindicación 1 así como por medio de un sistema de bombas con las características indicadas en la reivindicación 14. Formas de realización preferidas se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes, de la descripción siguiente así como de las figuras adjuntas.

50 El procedimiento de control de bombas según la invención está previsto para controlar el funcionamiento de un sistema de bombas con dos o más equipos de bombas. En este caso, los varios equipos de bombas pueden estar dispuestos en paralelo o en serie entre sí. Una conexión en paralelo está prevista, en general, para elevar a través de varias bombas la corriente de transporte, mientras que la conexión en serie está prevista para posibilitar una elevación mayor de la presión a través de varias bombas conectadas sucesivas.

55 Según la invención, ahora está previsto un procedimiento de control de bombas, que posibilita emplear la pluralidad de equipos de bombas de manera especialmente eficiente de energía, es decir, distribuir la carga hidráulica total necesaria sobre la pluralidad de equipos de bombas, de tal manera que éstos se pueden accionar de manera lo más eficiente posible de energía. La carga hidráulica total es en el caso de una conexión en paralelo todo el flujo del sistema de bombas, mientras que la carga hidráulica total en una conexión en serie de los equipos de bombas es la diferencia de presión total sobre el sistema de bombas, es decir, la altura de transporte total del sistema de bombas.

De acuerdo con la invención, en una primera etapa se calcula la potencia total específica Es de todo el sistema de

bombas. La potencia es en este caso la potencia registrada de todo el sistema de bombas, es decir, la potencia registrada de todos los equipos de bombas controlados en común en el sistema de bombas o bien optimizados de la manera descrita a continuación. En particular en la potencia se trata de una potencia eléctrica, que registran los equipos de bombas. A partir de la potencia total registrada se determina la potencia total específica E_s , colocando la potencia total calculada en relación con la potencia hidráulica total de todo el sistema de bombas. En este caso, como se ha descrito anteriormente, se trata del flujo total o bien de la altura de transporte total. La carga hidráulica total puede ser en este caso la carga hidráulica teórica total o bien con preferencia la carga hidráulica total registrada realmente.

En la etapa siguiente, se calcula según la invención una potencia individual específica $E_{P,n}$ de cada equipo individual de bombas del sistema de bombas. A tal fin, se registra la potencia individual tomada del equipo de bombas, que es con preferencia la potencia de accionamiento eléctrico. Ésta se pone entonces en relación con la carga hidráulica individual del equipo de bombas respectivo. La carga hidráulica individual puede ser en este caso, como se ha descrito, en una conexión en paralelo la corriente de transporte del equipo individual de bombas o en el caso de una conexión en serie de varios equipos de bombas la altura de transporte o bien la presión diferencial del equipo individual de bombas. La potencia específica individual $E_{P,n}$ forma de esta manera la relación de la potencia individual de un equipo de bombas con su carga hidráulica individual.

A partir de la potencia total específica E_s determinada de esta manera así como de la potencia específica individual $E_{P,n}$ de cada equipo de bombas se forma en una etapa siguiente para cada equipo de bombas un factor de carga $E_{gain,n}$ individual para cada equipo de bombas según la ecuación

$$E_{gain,n} = \frac{E_s}{E_{P,n}}$$

Sobre la base de este factor de carga individual calculado para cada equipo de bombas a controlar del sistema de bombas se adapta en la etapa siguiente la carga hidráulica individual del equipo de bombas. Esta adaptación se realiza en base al factor de carga individual y a la carga hidráulica deseada, con preferencia de una carga hidráulica total deseada. Es decir, que la carga hidráulica, que resulta del equipo individual de bombas, se ajusta en base a la carga hidráulica deseada, es decir, con preferencia la carga hidráulica total deseada teniendo en cuenta el factor de carga individual. Es decir, que realmente se acciona el equipo individual de bombas entonces no con la carga hidráulica calculada, que se ha obtenido a partir de una distribución aritmética sencilla de la carga hidráulica total deseada sobre los equipos de bomba, sino con una carga hidráulica adaptada a través del factor de carga E_{gain} . El factor de carga E_{gain} tiene en cuenta en este caso la eficiencia energética de cada equipo de bomba individual y proporciona que aquellos equipos de bombas con una eficiencia energética mejor sean accionados con prioridad o con una porción mayor, de manera que, en general, se mejora la eficiencia energética de todo el sistema de bombas.

De acuerdo con una primera forma de realización de la invención, la adaptación de la carga hidráulica individual de los equipos de bombas se realiza en función de una carga hidráulica individual deseada del equipo respectivo de bombas, siendo determinada la carga hidráulica individual deseada con preferencia a través de la división de una carga total hidráulica deseada con preferencia a través de división de una carga hidráulica total deseada por el número de los equipos de bombas activos. Es decir, que la carga hidráulica individual deseada se determina a través de una distribución aritmética sencilla de la carga total sobre el número de equipos de bombas presentes. A continuación, de acuerdo con esta forma de realización teniendo en cuenta el factor de carga individual $E_{gain,n}$, se adapta entonces para cada equipo individual de bombas esta carga hidráulica individual deseada determinada anteriormente para la optimización de la energía, es decir, que se eleva o se reduce, de manera que resulta una distribución, que se diferencia de la distribución sencilla realizada anteriormente, de las cargas hidráulicas, sobre la pluralidad de equipos de bombas, de manera que éstos se emplean de la manera más eficiente energética posible. Esto significa que una porción mayor de la carga hidráulica total se distribuye sobre equipos de bombas especialmente eficientes energéticos.

De manera más preferida, la adaptación de la carga hidráulica individual de cada equipo de bombas se realiza a través de una multiplicación de la carga hidráulica deseada, especialmente de una carga hidráulica deseada, por el factor de carga $E_{gain,n}$ respectivo o a través de multiplicación de la carga hidráulica deseada por una variable derivada del factor de carga $E_{gain,n}$ deseado. De esta manera se puede someter el factor de carga $E_{gain,n}$ para la formación de una variable derivada a una operación matemática o se puede multiplicar o potenciar, por ejemplo, todavía con factores adicionales.

Especialmente en una conexión en serie de los equipos de bombas, la adaptación de la carga hidráulica individual de cada uno de estos equipos de bombas se realiza con preferencia a través de multiplicación de la carga hidráulica deseada, especialmente de la carga hidráulica total individual deseada por el cuadrado del factor de carga $E_{gain,n}$ respectivo.

Según la invención, el procedimiento de control trabaja de tal manera que se desconecta un equipo de bombas de los al menos dos equipos de bombas cuando el factor de carga $E_{\text{gain},n}$ individual respectivo, que pertenece a este equipo de bombas, está por debajo de un mínimo predeterminado. De esta manera, se puede desconectar un equipo de bombas con eficiencia energética reducida y se puede distribuir toda la carga hidráulica sobre equipos de bombas con mejor eficiencia energética.

Según la invención, se conecta un equipo de bombas de los al menos dos equipos de bombas cuando un factor de carga $E_{\text{gain},n}$ individual respectivo, con preferencia estimado, que pertenece a este equipo de bombas, está por encima de un máximo predeterminado. Así, por ejemplo, se puede conectar un equipo de bombas desconectado anteriormente después de la etapa del procedimiento mencionada anteriormente.

Según otra forma de realización preferida, los al menos dos equipos de bombas están dispuestos paralelos entre sí, de manera que la carga hidráulica total de todo el sistema de bombas es el flujo de todo el sistema de bombas y la carga hidráulica individual de cada equipo de bombas es el flujo individual del equipo de bombas respectivo. De manera más preferida, la carga hidráulica total deseada es un flujo total deseado del sistema de bombas, que está constituido por varios equipos de bombas dispuestos paralelos.

Según otra forma de realización preferida, los al menos dos equipos de pueden estar conectados en serie, de manera que la carga hidráulica total de todo el sistema de bombas es en este caso la presión diferencial sobre todo el sistema de bombas y la carga hidráulica individual de cada equipo de bombas es la presión diferencial individual o bien la altura de transporte individual sobre el equipo de bombas respectivo. En este caso, la carga hidráulica total deseada es de manera más preferida una presión diferencial total deseada o bien una altura de transporte total deseada. En el caso de una pluralidad de equipos de bombas, se puede utilizar también una combinación de equipos de bombas conectados en paralelo o en serie, pudiendo realizarse el control entonces en función tanto del flujo como también de la altura de transporte.

De acuerdo con otra forma de realización del procedimiento de control según la invención, se tiene en cuenta para un equipo de bombas, que ha sido desconectado, para el control siguiente su potencia, es decir, su potencia absorbida, especialmente la potencia eléctrica antes de la desconexión. Es decir, que para este equipo de bombas, si está desconectado, se realiza el cálculo de los factores mencionados anteriormente sobre la base de la última potencia antes de la desconexión. De este modo, se puede formar un factor de carga individual estimado.

Según la invención, se regula la carga hidráulica individual para cada equipo de bombas, es decir, que está previsto un circuito de regulación para la carga hidráulica individual en el equipo de bombas. El equipo de bombas puede ser regulable a tal fin especialmente en su número de revoluciones, de manera que a través de la modificación del número de revoluciones se puede realizar la regulación a la carga hidráulica deseada. De manera más preferida, alternativa o adicionalmente se realiza una regulación de la carga hidráulica total de todo el sistema de bombas a través de un circuito de regulación respectivo.

Según otra variante preferida del procedimiento de control de bombas según la invención, en al menos uno, con preferencia en cada uno de los equipos de bombas se realiza un registro del valor de medición de la carga hidráulica individual así como con preferencia de la potencia, es decir, de la potencia absorbida del equipo de bombas. De este modo, se puede prescindir de un registro externo de valores de medición. Los valores de medición necesarios son registrados con preferencia directamente en el equipo de bombas. En este caso, se puede determinar directamente la carga hidráulica, como la altura de transporte o el flujo o se puede determinar también a partir de otras variables, especialmente variables eléctricas de un motor de accionamiento eléctrico, dado el caso teniendo en cuenta valores de medición adicionales. También pueden estar integrados sensores necesarios directamente en el equipo de bombas.

De manera más preferida, el procedimiento de control de bombas según la invención se realiza de tal manera que se realizan una determinación de la potencia específica individual $E_{P,n}$ de cada equipo de bombas y el cálculo del factor de carga $E_{\text{gain},n}$ individual para cada equipo de bombas a través de una unidad de control individual para el equipo de bombas respectivo o a través de una unidad de control central para varios equipos de bombas. La unidad de control individual puede estar integrada de manera especialmente preferida en el propio equipo de bombas.

El procedimiento de control de bombas según la invención así como descrito a continuación se realiza de manera especialmente preferida continuamente durante el funcionamiento del sistema de bombas. De esta manera, durante el funcionamiento se realiza continuamente una adaptación de la distribución de la carga y, por lo tanto, una optimización del consumo de energía.

Según una forma de realización especialmente preferida de la invención, en el procedimiento de control de bombas puede estar prevista todavía otra etapa de procedimiento o regulación, que sirve para mantener la distribución de la carga hidráulica en zonas predeterminadas. De esta manera, con preferencia, la carga hidráulica individual deseada de cada equipo de bombas se ajusta de tal manera que las cargas hidráulicas individuales de los al menos dos, con

preferencia de tres equipos de bombas están en una relación predeterminada entre sí. Esto puede ser especialmente ventajoso cuando se emplean equipos de bombas conectados en paralelo como en campos de pozos, puesto que de esta manera se pueden garantizar determinadas relaciones de mezclas entre varios pozos, a pesar de la optimización descrita anteriormente de la distribución de la carga. De este modo, se prevén dos regulaciones superpuestas, a saber, por una parte, la distribución de la carga para la optimización del consumo de energía y superpuesta una regulación que mantiene la distribución de la carga en relaciones predeterminadas. De este modo se puede definir una relación, por ejemplo, a través de la siguiente desigualdad:

$$b_i > \alpha_{i1} \cdot q_1 + \alpha_{i2} \cdot q_2 + \alpha_{i3} \cdot q_3$$

en donde

b_i es una constant, que es con preferencia igual a 0 y α_{i1} , α_{i2} y α_{i3} son constantes, que definen la relación de las conbstantes de transporte q_1 , q_2 y q_3 entre sí. Éste es un ejemplo para tres equipos de bombas. Una desigualdad correspondiente podría establecerse también para más equipos de bombas. Hay que reconocer que a pesar de las relaciones definidas de esta manera, permanece un espacio de juego de optimización, en el que se puede variar la distribución de la carga para la optimización del consumo de energía.

Además del procedimiento de control de bombas descrito anteriormente, según la invención está previsto un sistema de bombas con al menos dos equipos de bombas, en donde los equipos de bombas pueden estar dispuestos paralelos o en serie entre sí. En este sistema de bombas se puede aplicar el procedimiento de control de bombas según la descripción anterior, estando presentes una o varias instalaciones de control, en las que se ejecuta el procedimiento de control- A este respecto, se remite con respecto a la configuración del sistema de bombas y sus instalaciones de control igualmente a la descripción anterior del procedimiento de control de bombas, que se puede emplear en tales instalaciones de control.

El sistema de bombas según la invención presenta, además, una unidad de control, que está configurada para el ajuste de la carga hidráulica total deseada para todo el sistema de bombas y para determinar una potencia total específica para todo el sistema de bombas. Cuando las bombas están conectadas en paralelo, la carga hidráulica total es el flujo total, mientras que en un circuito en serie la carga total es la presión diferencial total o bien la altura de transporte total del sistema de bombas. En la potencia total se trata de la potencia total absorbida, especialmente la potencia eléctrica total absorbida del sistema de bombas, es decir, de todos los equipos de bombas que pertenecen al sistema. Además, en el sistema de bombas está prevista al menos una unidad de control, que está configurada para determinar una potencia específica individual $E_{P,n}$ de un equipo de bombas individual, que define una potencia individual con relación a la carga hidráulica individual del equipo de bombas respectivo. Para la potencia individual $E_{P,n}$ de cada equipo de bombas se divide a tal fin la potencia individual, es decir, la potencia individual absorbida, especialmente potencia eléctrica por la carga hidráulica individual, es decir, en la conexión en paralelo la corriente de transporte individual o en conexión en serie la presión diferencial individual. La unidad de control está configurada, además, para calcular un factor de carga $E_{gain,n}$ individual para el equipo de bombas respectivo según la ecuación siguiente:

$$E_{gain,n} = \frac{E_s}{E_{P,n}}$$

Además, la unidad de control está configurada para la adaptación de una carga hidráulica individual deseada del equipo de bombas respectivo en función del factor de carga E_{gain} formado de esta manera y de una carga hidráulica deseada, especialmente de la carga hidráulica individual deseada. A tal fin, como se ha descrito anteriormente, se puede multiplicar, como se ha descrito anteriormente, la carga hidráulica deseada, es decir, con preferencia la carga hidráulica total deseada, por ejemplo por el factor de carga $E_{gain,n}$ o su cuadrado. A este respecto, se remite a la descripción anterior del procedimiento de control de bomba. Alternativamente es posible prever al menos dos tipos diferentes de unidades de control, a saber, una unidad de control central, que ajusta toda la carga hidráulica y determina la potencia total específica y unidades de control locales, que están configuradas para la determinación de la potencia individual y para el cálculo del factor de carga $E_{gain,n}$ individual y para la adaptación de la carga hidráulica de cada equipo de bombas individual.

La unidad de control, que está configurada para la determinación del factor de carga individual y para el ajuste de la carga hidráulica individual, está asociada con preferencia como unidad de control local o individual a un equipo de bombas y de manera más preferida está integrada en este equipo de bombas. De esta manera, se consigue un control descentralizado de los equipos de bombas individuales. En particular, se pueden detectar directamente valores de medición en los equipos de bombas individuales y se pueden procesar directamente.

De manera especialmente preferida, los equipos de bombas presentan motores de accionamiento ajustables y

regulables en su número de revoluciones. De este modo a través de la modificación del número de revoluciones se puede modificar la altura de transporte o bien la presión diferencial o la corriente volumétrica. Como se ha descrito anteriormente, los equipos de bombas pueden estar configurados de forma que detectan directamente el flujo y, dado el caso, la presión diferencial o la derivan a partir de variables eléctricas.

5 El sistema de bombas está configurado de manera especialmente preferida como campo de pozos, en donde equipos de bombas individuales están asociados a pozos individuales.

10 De manera más preferida, dichas unidades de control están configuradas de manera que pueden realizar una o varias de las variantes descritas anteriormente del procedimiento de control de las bombas.

15 De manera especialmente preferida, una unidad de control, especialmente una unidad de control central, puede estar configurada de tal manera que pone las cargas hidráulicas individuales de los al menos dos, con preferencia tres o más equipos de bombas en una regulación de orden superior en una relación predeterminada entre sí o bien mantiene una distribución de la carga en una relación predeterminada entre sí. También a este respecto se remite con respecto a la configuración detallada a la descripción del procedimiento de control de las bombas.

A continuación se describe la invención de forma ejemplar con la ayuda de las figuras adjuntas. En éstas:

20 La figura 1 muestra esquemáticamente un sistema de bombas con varios equipos de bombas conectados en paralelos.

La figura 2 muestra un sistema de bombas con varios equipos de bombas conectados en paralelos, como se emplea en un campo de pozos.

25 La figura 3 muestra esquemáticamente la disposición de varios equipos de bombas conectados en serie.

La figura 4 muestra esquemáticamente el procedimiento de control y regulación para la adaptación de la distribución de la carga sobre varios equipos de bombas, y

30 La figura 5 muestra esquemáticamente una regulación adicional para mantener la distribución de las cargas hidráulicas en una relación predeterminada.

35 El procedimiento de control según la invención o bien el sistema de bombas según la invención se pueden emplear en diferentes configuraciones, especialmente con una conexión en serie o en paralelo de varios equipos de bombas. La figura 1 muestra una aplicación, en la que tres equipos de bombas 2 están dispuestos en un circuito paralelos entre sí. Esta es una aplicación-Booster, en la que se suman las tres corrientes de transporte Q_1 , Q_2 y Q_3 de los tres equipos de bombas 2 en una corriente de transporte total Q_s . La presión diferencial o bien la altura de transporte H_s es igual en todos los tres equipos de bombas 2. Los equipos de bombas 2 pueden estar dimensionados diferentes en este caso, como se indica en la figura 1 a través de la variable.

40 La figura 2 muestra una disposición de tres equipos de bombas 2, que están conectados en paralelo, pero no están dispuestos en el circuito. Tal aplicación se emplea, por ejemplo, en un campo de pozos, en donde los tres equipos de bombas 2 pueden estar asociados a pozos diferentes. También aquí los equipos de bombas 2 están dimensionados diferentes, como se indica a través de las diferentes variables en la figura 2. En esta configuración, los tres equipos de bombas 2 tienen diferentes corrientes de transporte Q_1 , Q_2 y Q_3 así como diferentes alturas de transporte H_1 , H_2 y H_3 , que se suman en una corriente de transporte total Q_s así como una altura de transporte total H_s .

50 La figura 3 muestra una aplicación, en la que dos equipos de bombas 2 están conectados en serie, por ejemplo para posibilitar una elevación mayor de la presión. La corriente de transporte Q_s es aquí igual a través de los dos equipos de bombas 2, pero se suman las alturas de transporte H_1 y H_2 de los dos equipos de bombas 2 para formar la altura total de transporte H_s . También aquí los dos equipos de bombas 2 pueden estar dimensionados diferentes.

55 Puesto que en virtud del diferente dimensionado de los equipos de bombas 2 y de las diferentes condiciones de conexión hidráulica, estos equipos de bombas 2 trabajan con diferente eficiencia, según la invención está previsto distribuir a través de un procedimiento especial de control de las bombas, toda la carga hidráulica, es decir, o bien toda la corriente de transporte Q_s o toda la altura de transporte H_s sobre los diferentes equipos de bombas 2, de manera que se consigue una eficiencia energética lo más grande posible. Los equipos de bombas 2 están accionados en este caso eléctricamente y presentan, respectivamente, una unidad de control local individual 4. Cada sistema de bombas presenta, además, todavía, una unidad de control central 6, que están conectadas para señales con las unidades de control 4 individuales. Esto se puede realizar o bien a través de línea de señales eléctricas u ópticas o también a través de conexiones de señales sin cables, como por ejemplo conexiones de radio o una comunicación-Powerline.

El procedimiento de control se describe a continuación en detalle con la ayuda de la figura 2. En este caso, partes del control o bien de la regulación, como se muestra en la figura 4, se asocian a las unidades de control 4 individuales o bien son realizadas por éstas, mientras que otras partes son realizadas por la unidad de control central 6. En la figura 2 se muestran como ejemplo tres bombas con tres corrientes de transporte Q_1 , Q_2 y Q_3 así como tres alturas de transporte H_1 , H_2 y H_3 . En la figura 2 se consideran sólo dos bombas con las corrientes de transporte Q_1 y Q_2 así como las alturas de transporte H_1 y H_2 . No obstante, se entiende que en principio se puede emplear un número discrecional de bombas. Por lo tanto, a continuación se utiliza el índice n para identificar parámetros individuales de una bomba opcional. Los equipos de bombas individuales absorben una potencia eléctrica P_n , general una corriente de transporte Q_n (en la figura 4: Q_1 , Q_2) así como una presión diferencial o bien una altura de transporte H . (en la figura 4: H_1 , H_2). En el módulo de suma 8, que puede estar asociado a la unidad de control central 6, se suman las potencias eléctricas P_n (aquí P_1 y P_2) o bien el consumo de potencia eléctrica de todos los equipos de bombas 2. De manera correspondiente, en el módulo de suma se suma la corriente de transporte Q_n (aquí Q_1 y Q_2), es decir, la carga hidráulica de los equipos de bombas 2. En el módulo de sumas 12 se suman de manera correspondiente las alturas de transporte H_n (aquí H_1 y H_2) como carga hidráulica. En este caso, se entiende que el módulo de sumas 10 se emplea para sumar las corrientes de transporte Q_n , especialmente en un circuito paralelo de los equipos de bombas 2, mientras que el módulo de sumas 12 se emplea para sumar las alturas de transporte H_n en el circuito en serie de equipos de bombas 2. Cuando el sistema está previsto sólo para una de estas aplicaciones, se puede suprimir totalmente de manera correspondiente uno de los módulos de suma 10, 12. Las variables necesarias se detectan con preferencia por el equipo de bombas 2 o bien por las unidades de control 4 individuales asociadas directamente a ellas y se transmiten a los módulos de sumas 8, 10 y 12, que pueden ser componentes de la unidad de control central 6.

Los datos de partida, es decir, la suma P_S de las potencias P_n consumidas se conducen desde el módulo de suma 8 a un módulo de cálculo 14, en el que se calcula una potencia total específica E_S del sistema total, relacionando la potencia eléctrica a la carga hidráulica o bien dividiendo la potencia total por la carga hidráulica total. En el caso de un circuito paralelo de bombas, la carga hidráulica es la corriente de transporte total Q_S , que se emite desde el módulo de sumas 10. En el caso de un circuito en serie de los equipos de bombas 2, la potencia hidráulica total es la altura de transporte total H_S , que se emita desde el módulo de sumas 12. A través del módulo de selección 16 se selecciona entre las sumas de los módulos de sumas 10 y 12, según que el sistema se emplee para un circuito en serie o circuito en paralelo. Cuando el sistema está configurado exclusivamente para una de estas aplicaciones, cuando se prescinde de uno de los módulos de sumas 10 u 12, se puede prescindir de manera correspondiente también del módulo de selección 16. El módulo de cálculo 14 sirve para la optimización de costes, considerando la potencia total específica E_S para la regulación de todo el sistema.

A otro módulo de cálculo 18 se conduce igualmente en el lado de salida del módulo de selección o bien la corriente de transporte total Q_S o la altura de transporte total H_S . Además, se conduce al módulo de cálculo 18 en el lado de entrada una corriente de transporte de referencia Q_{ref} o una altura de transporte de referencia H_{ref} como carga hidráulica a alcanzar o bien carga hidráulica de referencia. El módulo de cálculo 18 forma un regulador para la corriente de transporte total Q_S o la altura de transporte total H_S para alcanzar los valores hidráulicos de referencia necesarios y emite una corriente de transporte Q_D deseada o una altura de transporte H_S deseada como carga hidráulica total deseada. Desde el módulo de cálculo 18 se conduce la carga hidráulica deseada, es decir, la corriente de transporte Q_D deseada y/o la altura de transporte H_D deseada a un módulo de distribución 20. De manera correspondiente, se conduce desde el módulo de cálculo 14 la potencia total específica E_S del módulo de distribución 20, que distribuye estos datos en las unidades de control 4 individuales de los equipos de bombas individuales.

Las unidades de control 4 individuales presentan, respectivamente, un módulo de determinación del factor de carga 22, en el que se forma un factor de carga individual $E_{gain,n}$ (aquí $E_{gain,1}$ y $E_{gain,2}$) a través de la división de una potencia específica total E_S por la potencia específica individual $E_{p,n}$. La potencia específica individual $E_{p,n}$ es detectada en este caso por el equipo de bombas 2 respectivo, exactamente la carga hidráulica individual en forma del flujo Q_n o de la altura de transporte H_n . La potencia individual P_n se divide por la carga hidráulica individual, con lo que se calcula la potencia específica individual $E_{p,n}$. Sobre la base de la fórmula

$$E_{gain,n} = \frac{E_S}{E_{p,n}}$$

se forma en el modulo de determinación del factor de carga 22 a partir de estas variables de entrada el factor de carga específico $E_{gain,n}$. El factor de carga específico $E_{gain,n}$ se conduce a un módulo de adaptación de la carga 24, en el que sobre la base del factor de carga $E_{gain,n}$ y de la carga hidráulica deseada, es decir, sobre la base de la corriente de transporte Q_D deseada o de la altura de transporte H_D deseada se ajusta la corriente de transporte $Q_{n,D}$ (aquí $Q_{1,D}$ y $Q_{2,D}$) o la altura de transporte individual deseada $H_{n,D}$ (aquí $H_{1,D}$ y $H_{2,D}$) para el equipo de bombas

2 respectivo. A tal fin, en el caso de bombas conectadas en paralelo, que son reguladas al flujo Q_n , se multiplica con preferencia el factor de carga $E_{gain,n}$ por la carga hidráulica deseada, es decir, el flujo Q_D deseado. En el caso de conexión en serie, se multiplica de manera correspondiente la altura de transporte HD deseada por el cuadrado E_{gain}^2 del factor de carga E_{gain} . En el regulador 26 siguiente se regula de manera correspondiente la carga hidráulica de acuerdo con la altura de transporte $H_{n,D}$ individual deseada o la corriente de transporte $Q_{n,D}$ individual deseada, sobre la base del flujo Q_n (aquí Q_1 y Q_2) detectado realmente en el equipo de bombas 2 o bien la altura de transporte H_n (aquí H_1 y H_2) detectada realmente como retorno. En el lado de salida del regulador 26 está dispuesto un regulador del número de revoluciones 28, que ajusta de manera correspondiente el número de revoluciones n_n del equipo de bombas 2.

A través de la utilización del factor de carga $E_{gain,n}$, que se forma individualmente para cada equipo de bombas 2, se asegura que aquel equipo de bombas, que presenta la mejor eficiencia energética tiene una participación mayor en la carga hidráulica a aplicar que un equipo de bombas 2 que presenta una eficiencia energética más reducida. Las unidades de control 4 individuales pueden estar configuradas, además, de tal manera que en determinadas condiciones, desconectan totalmente el equipo de bombas. Esto se realiza con preferencia cuando el factor de carga $E_{gain,n}$ formado para el equipo de bombas 2 respectivo no alcanza un mínimo predeterminado. Se realiza una reconexión cuando el factor de carga $E_{gain,n}$ individual excede de nuevo un máximo predeterminado o bien un valor de ajuste predeterminado. En el estado desconectado, se toma como base para la determinación del factor de carga $E_{gain,n}$ en lugar de la potencia E_{Pn} individual específica real, la E_{Pn} individual específica, que ha dominado o bien se ha medido antes de la desconexión.

Para poder asegurar en el caso de varios equipos de bombas 2, especialmente en un campo de pozos, como se muestra en la figura 2, con equipos de bombas 2 conectados en paralelo, que la distribución de la carga hidráulica se realiza en límites predeterminados, se puede superponer una regulación adicional, que se representa en la figura 5. En los ejemplos representados en la figura 5, están previstos tres equipos de bombas 2, que están designados con los números 1-3. Con la regulación debe predeterminarse una distribución proporcional de la carga, por ejemplo sobre la base de la siguiente desigualdad $b_i > \alpha_{i1}q_1 + \alpha_{i2}q_2 + \alpha_{i3}q_3$. En esta fórmula b_i es con preferencia una constant, que es típicamente 0. $\alpha_{i1}q_1 + \alpha_{i2}q_2 + \alpha_{i3}q_3$ son constantes, que representan o predeterminan los límites para la relación de mezcla.

En la figura 5 se designan los flujos generados realmente por los equipos de bombas 2 con Q_1 , Q_2 y Q_3 . Éstos se suman en el módulo de suma 10 para dar el flujo Q_s , como se ha descrito con la ayuda de la figura 4.

En el regulador o bien módulo de cálculo 18 se realiza la regulación del flujo como se ha descrito con la ayuda de la figura 4, sumando la señal de partida para cada uno de los equipos de bombas 2 con una señal Feedforward $\frac{Q_{ref.}}{k}$

en la que k es el número de las bombas que se encuentran en servicio y Q_{ref} es el flujo teórico total. Al mismo tiempo se multiplica cada flujo Q_1 , Q_2 y Q_3 individual por el factor α_{i2} o bien α_{i2} o α_{i3} . Las señales multiplicadas de esta manera se suman con la constant b_i según la fórmula mencionada anteriormente. A continuación se calcula en un módulo de regulación 32 un factor de adaptación g en función de si se cumple o no la desigualdad en el sumador 30. El factor de adaptación g se multiplica por las constantes α_{i1} , α_{i2} y α_{i3} y el resultado se suma a continuación individualmente para cada equipo de bombas 2 en un sumador 34 con el factor Feedforward $\frac{Q_{ref.}}{k}$ y la salida del

regulador 18. Como resultado se emiten de esta manera valores para el flujo individual deseado $Q_{1,D}$, $Q_{2,D}$, y $Q_{3,D}$, que corresponden a la carga hidráulica individual $Q_{n,D}$, es decir, al flujo individual deseado $Q_{n,D}$, en la figura 4. A continuación se realiza entonces según la figura 4 en el módulo de adaptación de la carga 34 la multiplicación por el factor de carga individual $E_{gain,n}$. De esta manera se asegura al mismo tiempo con la optimización de energía, que las bombas individuales proporcione, respectivamente, una porción determinada de la carga hidráulica o bien del flujo o bien que esta porción se mueva en ciertos límites.

Los sumadores de módulos de regulador descritos anteriormente del control pueden estar realizados todos como módulos de software en un sistema de ordenador.

Lista de signos de referencia

- 2 Equipo de bombas
- 4 Unidades de control individual
- 6 Unidad de control central
- 8, 10, 12 Módulos de sumas
- 14 Módulo de cálculo
- 16 Módulo de selección
- 18 Módulo de cálculo
- 20 Módulo distribuidor
- 22 Módulo de determinación del factor de carga

ES 2 769 860 T3

	24	Módulo de adaptación de carga
	26	Regulador
	28	Regulador del número de revoluciones
	30	Sumador
5	32	Módulo regulador
	34	Sumador
	$E_{P,n}$	Potencia individual específica de una bomba individual
	E_S	Potencia total específica de todo el sistema
	P_n	Potencia de una bomba individual
10	Q_n	Flujo de una bomba individual
	H_n	Altura de transporta de una bomba individual
	Q_{ref}	Flujo de referencia de todo el sistema
	H_{ref}	Altura de transporte de referencia de todo el sistema
	H_D	Altura de transporte deseada de todo el sistema
15	Q_D	Corriente de transporte deseada de todo el sistema
	$H_{n,D}$	Altura de transporte individual deseada
	$Q_{n,D}$	Corriente de transporte individual deseada
	E_{gain}	Factor de carga
	$n_{,n}$	Número de revoluciones de una bomba individual
20	a, b	Constantes
	g	Factor de adaptación
	Q_S	Realimentación de la corriente de transporte de todo el sistema
	H_S	Realimentación de la altura de transporte de todo el sistema
	P_S	Realimentación de potencia de todo el sistema
25	k	Número de las bombas que se encuentran en servicio

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de control de bombas para controlar el funcionamiento de un sistema de bombas con al menos dos equipos de bombas (2), que están dispuestos en paralelo o en serie entre sí, con las siguientes etapas:

determinación de una potencia total específica E_S absorbida de todo el sistema de bombas, que define una potencia total en relación a una carga hidráulica total de todo el sistema de bombas,
 determinación de una potencia individual específica $E_{P,n}$ de cada equipo de bombas (2), que define una potencia absorbida individual detectada en relación a una carga hidráulica individual del equipo respectivo de bombas (2), caracterizado por: cálculo de un factor de carga individual $E_{gain,n}$ para cada equipo de bombas (2) según la ecuación

$$E_{gain,n} = \frac{E_S}{E_{P,n}}$$

adaptación de la carga hidráulica individual (Q_n ; H_n) de los equipos de bombas (2) en función de una carga hidráulica total deseada (Q_S ; H_D) así como del factor de carga individual $E_{gain,n}$ del equipo de bombas (2) respectivo así como regulación individual de la carga hidráulica individual (Q_n ; H_n) para cada equipo de bombas (2), en donde un equipo de bombas (2) de los al menos dos equipos de bombas (2) se desconecta cuando el factor de carga individual $E_{gain,n}$ respectivo, que pertenece a este equipo de bombas (2), está por debajo de un mínimo predeterminado, y un equipo de bombas (2) de los al menos dos equipos de bombas (2) se conecta de nuevo, cuando un factor de carga $E_{gain,n}$ individual estimado respectivo, que pertenece a este equipo de bombas, está por encima de un máximo predeterminado.

2. Procedimiento de control de bombas según la reivindicación 1, caracterizado por que la adaptación de la carga hidráulica individual (Q_n ; H_n) de los equipos de bombas (2) se realiza en función de una carga individual deseada del equipo de bombas (2) respectivo, en donde la carga hidráulica individual deseada se determina con preferencia a través de la división de una carga total hidráulica (Q_D ; H_D) deseada por el número (k) de los equipos de bombas activos (2).

3. Procedimiento de control de bombas según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la adaptación de la carga hidráulica individual (Q_n ; H_n) de cada equipo de bombas (2) se realiza a través de multiplicación de la carga hidráulica (Q_D ; H_D) deseada con el factor de carga $E_{gain,n}$ respectivo o una variable derivada de éste.

4. Procedimiento de control de bombas según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos dos equipos de bombas (2) están conectados en serie y la adaptación de la carga hidráulica (H_n) individual de cada equipo de bombas (2) se realiza por multiplicación de la carga hidráulica total (H_D) deseada por el cuadrado del factor de carga $E_{gain,n}$ respectivo.

5. Procedimiento de control de bombas según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos dos equipos de bombas (2) están conectados en serie, en donde la carga hidráulica total de todo el sistema de bombas es la presión diferencial (H_S) sobre todo el sistema de bombas y la carga hidráulica individual de cada equipo de bombas (2) es la presión diferencial (H_n) individual sobre el equipo de bombas (2) respectivo.

6. Procedimiento de control de bombas según la reivindicación 5, caracterizado por que la carga hidráulica total deseada es una presión diferencial total (H_D) deseada.

7. Procedimiento de control de bombas según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que al menos dos equipos de bombas (2) están dispuestos paralelos entre sí, en donde la carga hidráulica total (Q_S) de todo el sistema de bombas es el flujo (Q_S) de todo el sistema de bombas y la carga hidráulica individual de cada equipo de bombas (2) es el flujo individual (Q_n) de los equipos de bombas (2) respectivos.

8. Procedimiento de control de bombas según la reivindicación 7, caracterizado por que la carga hidráulica total deseada es un flujo total (Q_D) deseado.

9. Procedimiento de control de bombas según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que para un equipo de bombas (2), que ha sido desconectado, se tiene en cuenta su potencia antes de la desconexión.

10. Procedimiento de control de bombas según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en uno, con preferencia en cada equipo de bombas (2) se realiza una detección del valor de medición de la carga hidráulica (Q_n ; H_n) individual así como la potencia (P_n) del equipo de bombas (2).

11. Procedimiento de control de bombas según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se

realizan una determinación de la potencia específica E_{Pn} , individual de cada equipo de bombas (2) y el cálculo del factor de carga $E_{gain,n}$ individual para cada equipo de bombas (2) a través de una unidad de control (4) individual para el equipo de bombas (2) respectivo o a través de una unidad de control central (6) para varios equipos de bombas (2).

5 12. Procedimiento de control de bombas según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se realiza continuamente durante el funcionamiento del sistema de bombas.

10 13. Procedimiento de control de bombas según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se ajusta la carga hidráulica ($Q_{n,D}$; $H_{n,D}$) de cada equipo de bombas (2), de tal manera que las cargas hidráulicas (Q_n ; H_n) individuales de los al menos dos, con preferencia al menos tres equipos de bombas (2) están en una relación determinada entre sí.

15 14. Sistema de bombas con al menos dos equipos de bombas (2), que están dispuestos paralelos o en serie, con medios para determinar toda la potencia específica individual, y con al menos una unidad de control (4, 6), que está instalada para realizar el procedimiento según la reivindicación 1.

20 15. Sistema de bombas según la reivindicación 14, caracterizado por que la unidad de control, que está configurada para determinar el factor de carga $E_{gain,n}$ individual y para ajustar la carga hidráulica (Q_n , H_n) individual está asociada como unidad de control (4) individual a un equipo de bombas (2) y con preferencia está integrada en este equipo de bombas (2).

25 16. Sistema de bombas según la reivindicación 14 ó 15, caracterizado por que los equipos de bombas (2) presentan motores de accionamiento ajustables y regulables en su número de revoluciones (n_n).

17. Sistema de bombas según una de las reivindicaciones 14 a 16, caracterizado por que forma un campo de pozos.

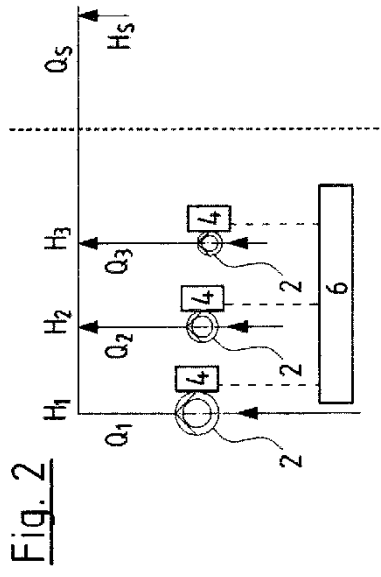
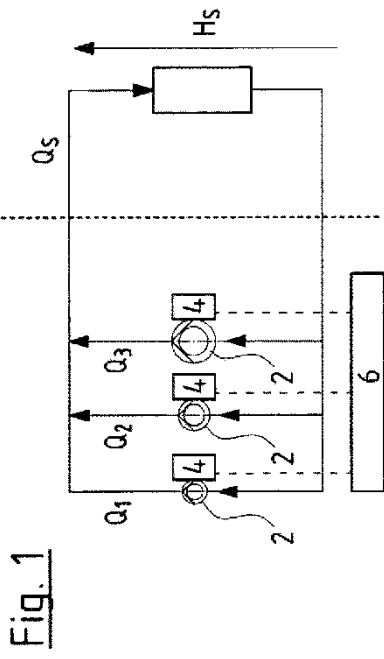


Fig. 3

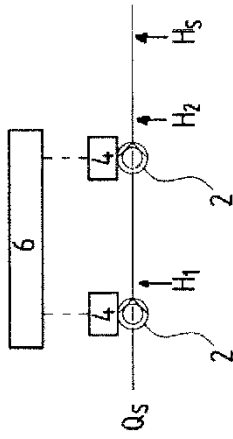


Fig. 4

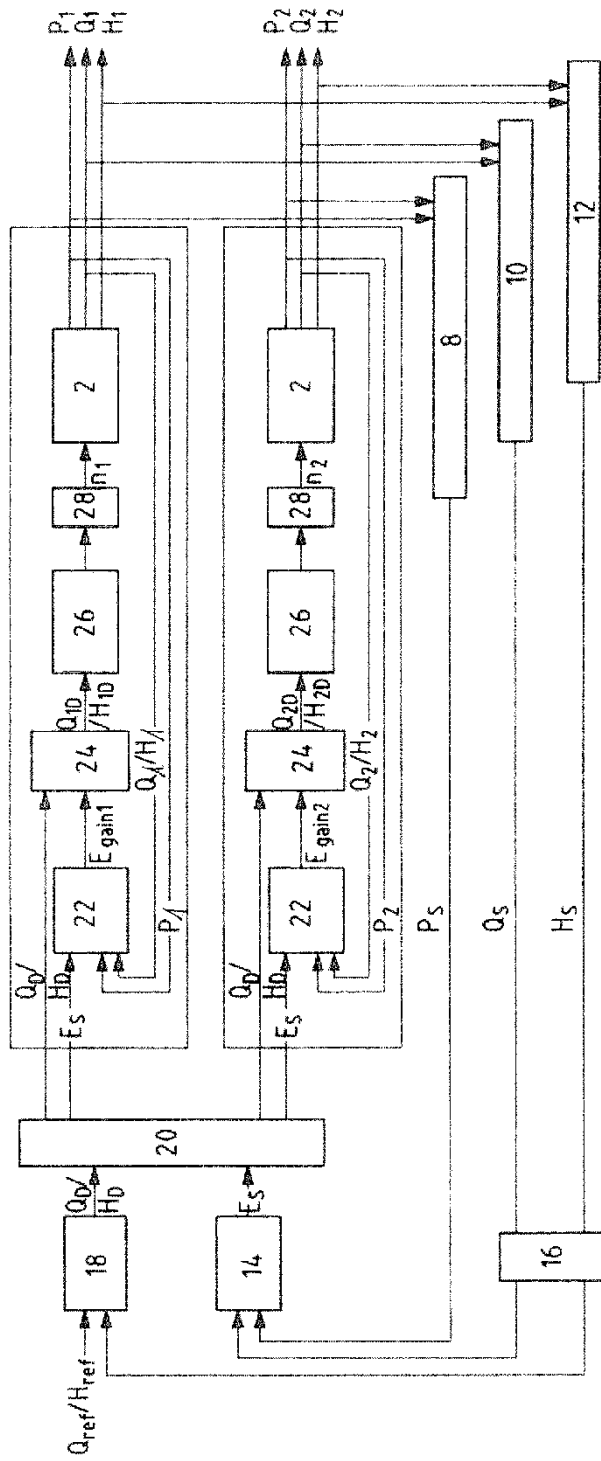


Fig. 5

