

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 856 523**

51 Int. Cl.:

F04D 29/44 (2006.01)

F04D 1/00 (2006.01)

H02K 7/14 (2006.01)

H02K 16/02 (2006.01)

F04D 13/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.12.2014** **PCT/US2014/068306**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2015** **WO15084926**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2014** **E 14868207 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.12.2020** **EP 3077681**

54 Título: **Bomba difusora giratoria**

30 Prioridad:

03.12.2013 US 201361911269 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
27.09.2021

73 Titular/es:

FLOWSERVE MANAGEMENT COMPANY (100.0%)
5215 North O'Connor Boulevard, Suite 2300
Irving, TX 75039, US

72 Inventor/es:

DREISS, ANDREAS;
FAROOQI, REHAN;
TOSIN, STEFANO y
FRIEDRICH, JENS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 856 523 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

Bomba difusora giratoria

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere en general a bombas y, más particularmente, a una bomba centrífuga con difusor giratorio.

Los impulsores y difusores de bombas son componentes bien conocidos que cooperan entre sí en turbomáquinas giratorias para impartir energía a un fluido de trabajo. En una forma de bomba convencional, el impulsor gira para aumentar la energía cinética del fluido recibido axialmente, mientras que el difusor (a menudo en forma de una serie de paletas) permanece estacionario y radialmente hacia afuera del impulsor para convertir la energía cinética en energía de presión. Dicha configuración de bomba (normalmente conocida como bomba centrífuga) está diseñada para funcionar mejor en un conjunto de condiciones (llamado punto de mejor eficacia (BEP)) a cualquier velocidad dada.

Independientemente de la configuración, una medida de la capacidad de una bomba se conoce generalmente como la altura de succión positiva neta (NPSH), y más particularmente como la altura de succión positiva neta requerida (NPSH_R). Significativamente, este es un indicador importante de la capacidad de una bomba para evitar los efectos destructivos de la cavitación y hacer funcionar una bomba a una NPSH_R tan baja como sea posible sin tener problemas de cavitación es deseable porque evita los costes y las complejidades asociadas con un sistema sobrediseñado.

Las formas convencionales de bombas centrífugas, con su velocidad fija en el impulsor, difusor o ambos, son capaces de lograr mayor altura y densidades potencia, características NPSH_R mejoradas o similares evitando la cavitación, pero hacerlo a través de aumentos significativos en la complejidad y el coste de la bomba, así como límites en el intervalo operativo. Todas estas condiciones conducen a un funcionamiento de la bomba menos que óptimo, ya que las velocidades de equilibrio asociadas con los difusores giratorios no coinciden en relación con las necesidades de la bomba para un funcionamiento eficiente, sin cavitación.

Las mejoras en NPSH_R y el rendimiento relacionado pueden realizarse permitiendo que el difusor gire. En una forma, permitir que el difusor gire en respuesta al movimiento en el impulsor permite que las fuerzas de cizallamiento dentro y fuera del difusor giratorio establezcan una velocidad de equilibrio para mejorar la eficacia de la combinación de fase general de impulsor/difusor. Una bomba centrífuga mejorada de este tipo se conoce por el documento EP 2 466 142 A2.

El inconveniente de tal configuración es que el movimiento de corrotación del impulsor y el difusor limita la cantidad de aumento de presión que se puede producir en la fase única de impulsor/difusor. En otra forma (conocida como configuración de carrete libre o en cascada), el difusor giratorio puede estar acoplado mecánicamente con un miembro inductor giratorio colocado axial y fluidamente aguas arriba del impulsor. Estas configuraciones tienden a tener disposiciones de cojinetes complejas que limitan la aplicabilidad a configuraciones de bombas de baja potencia. En otra forma más, se puede utilizar un mecanismo de engranajes para acoplar tanto el impulsor como el difusor a un motor de velocidad fija. Tal disposición limita el aumento de presión producido por la bomba a un intervalo discreto de condiciones operativas.

La turbomaquinaria axial (como la que se utiliza en aplicaciones marítimas y aeronáuticas) ha empleado impulsores de contrarrotación sin difusor o colector colocado entre uno y otro como una forma de aumentar el rendimiento del sistema. Sin embargo, dichos dispositivos de flujo axial no son adecuados para su uso donde se necesitan bombas centrífugas de flujo mixto o flujo radial, ya que las máquinas de flujo axial están configuradas para fluidos de aumento de presión bajo (es decir, altura baja), y alto flujo en forma gaseosa. De por sí, la turbomáquina de flujo axial no es adecuada para aplicaciones de bombeo donde el aumento de presión es tal que la velocidad específica (Ns), como se define convencionalmente, solo alcanza valores muy bajos. A modo de ejemplo (usando unidades en inglés), la turbomaquinaria de flujo axial típica opera en intervalos de velocidad específicos de entre aproximadamente 7.000 y 20.000, mientras que los intervalos de turbomáquinas de flujo centrífugo y de flujo mixto están entre 500 y 10.000 y 2.000 y 8.000, respectivamente. De por sí, los presentes inventores desconocen el uso de fases de bomba de contrarrotación por debajo de velocidades específicas por debajo de aproximadamente 7.000. Lo que se necesita es una bomba centrífuga con un difusor que esté configurado para contrarrotar en relación con su impulsor acompañante como una forma de mejorar la operatividad de la bomba en los intervalos de velocidad específicos que suelen encontrar dichas bombas.

Compendio de la invención

Según la invención, se proporciona un conjunto de bomba según la reivindicación 1.

Al girar el difusor de la manera que se describe a continuación, se imparte energía adicional al fluido, aumentando así la densidad de potencia y la altura generada al hacerlo dentro del mismo alojamiento o espacio físico relacionado. Además, el impulsor puede diseñarse para funcionar a velocidades más bajas de lo que se requeriría en una configuración de difusor estacionario, permitiendo así que se genere la misma altura con valores NPSH_R mucho

menores. Adicionalmente, mejorando la altura y densidades de potencia, la presente invención permite amplios intervalos de funcionamiento de flujo, aumenta la relación potencia/peso de la bomba y amplía el intervalo de rendimiento de máxima eficacia.

Además, según la invención, se proporciona un método para presurizar un fluido según la reivindicación 10.

- 5 Por consiguiente, las velocidades de rotación relativas entre el impulsor y el difusor pueden adaptarse a un requisito de $NPSH_R$ particular. La bomba de la presente invención (y su método de funcionamiento concomitante) es especialmente útil para realizar operaciones de bombeo de fluidos en las que son primordiales unas condiciones de funcionamiento variables, niveles de eficacia extremadamente altos y bajos niveles de $NPSH_R$ o características cambiantes de Q-H.

10 Breve descripción de los dibujos

La siguiente descripción detallada de la presente invención se puede comprender mejor cuando se lee junto con los siguientes dibujos, donde la estructura similar se indica con números de referencia similares y en la que:

la figura 1 es una vista en corte de una bomba que destaca la ubicación de varios componentes en la misma, incluyendo componentes de impulsor y difusor giratorios según una realización de la presente invención;

- 15 la figura 2 es un gráfico que muestra los valores de altura y NPSH frente a las características de flujo de la bomba de la figura 1;

la figura 3A es una vista en corte simplificada de la bomba de la figura 1 accionada por una configuración de doble motor-embrague; y

- 20 la figura 3B es una vista en corte simplificada de la bomba de la figura 1 accionada por un solo motor con un árbol hueco concéntrico.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

- Haciendo referencia primero a la figura 1, se muestra una vista en corte de una bomba centrífuga 10 según la presente invención. En ella, un fluido F que será bombeado ingresa a la entrada estacionaria que se forma en un alojamiento o recinto relacionado 20 y luego al impulsor 30 (que actúa como primer rotor). El difusor 40, que está fluidamente corriente abajo del impulsor 30, también gira (haciéndolo actuar como un segundo rotor). Unos sellos 50 están montados en ubicaciones seguras dentro del alojamiento 20 para ayudar a contener el fluido F y reducir la contaminación cruzada entre este y un fluido lubricante (no mostrado). Una voluta radialmente hacia afuera 60 actúa como un colector estacionario basado en espiral del fluido bombeado F que se descarga del impulsor 30 y el difusor 40. Un árbol 70 incluye dos porciones de árbol de transmisión 70A (para el impulsor 30) y 70B (para el difusor giratorio 40) dispuestas concéntricamente que pueden rotar entre sí sobre el cojinete 80 que está dispuesto entre las porciones de árbol 70A y 70B. En el contexto actual, mientras que el alojamiento de bomba 20 puede estar asociado predominantemente con el revestimiento formado alrededor de la trayectoria de flujo de la entrada, la salida y el fluido F, así como definiendo pies integrales o conectables y otras herramientas estructurales, se entenderá que unas cubiertas adicionales, un revestimiento o estructura de contención relacionada también se pueden incluir. Por ejemplo, unas bridas de entrada y salida forman ubicaciones de montaje para conectar de manera fluida la entrada y salida respectivas del alojamiento de bomba 20 al conducto correspondiente (no mostrado), y puede incluir aberturas formadas en el mismo para recibir tornillos, pernos o sujetadores relacionados que se pueden utilizar para facilitar dicha conexión.

- Haciendo referencia a continuación a las figuras 3A y 3B, el movimiento de rotación impartido al impulsor 30 y al difusor 40 a través de las porciones de árbol 70A y 70B puede ser a través del funcionamiento de un motor dual 90 (figura 3A) o un solo motor de árbol concéntrico 100 (figura 3B). En cualquier caso, el movimiento impartido a las porciones de árbol 70A y 70B es preferiblemente de una variedad de contrarrotación, mientras los motores 90, 100 son del tipo de inducción de corriente alterna (CA), donde una armadura giratoria (rotor) está rodeada por un campo estacionario bobinado (estator, no mostrado). Como entienden los expertos en la técnica, cuando la corriente eléctrica (no mostrada) pasa a través de los devanados del estator, una parte del estator conocida como el polo (que puede estar hecha de un material magnéticamente permeable, como el hierro) alrededor del cual se envuelven los devanados se activa magnéticamente, lo que a su vez imparte una fuerza electromagnética al rotor, causando (así como el árbol acoplado 70) que rote. Un engranaje adecuado (por ejemplo, engranajes cónicos 110) puede utilizarse para proporcionar un acoplamiento independiente de los motores 90 (mostrado con particularidad en la figura 3A como 90A y 90B) a uno respectivo del impulsor 30 y el difusor 40, y además para permitirles girar en sentido contrario alrededor del eje del árbol 70. Además, la velocidad de rotación con la que las porciones de árbol 70A, 70B se mueven por el eje del árbol 70 se puede variar independientemente mediante transmisiones 120. Haciendo referencia con particularidad a la figura 3B, en otra forma, el único motor 100 puede comprender configuraciones de rotor concéntrico 100A, 100B para promover el acoplamiento a las porciones de árbol 70A y 70B.

- 55 Independientemente de que el sistema de accionamiento esté configurado como dos motores separados 90 (figura 3A) o un solo motor de doble rotor 100 (figura 3B), las placas de acero laminado del rotor (no mostradas) llevan un flujo

magnético que induce corriente eléctrica en una jaula de ardilla o estructura relacionada. El campo magnético inducido en el rotor interactúa con el campo magnético desplazado en el estator y conduce a la rotación y la generación de par. De igual modo, el cableado se forma como parte del estator y se conecta a una fuente de tensión para producir un campo magnético giratorio. Con especial atención a la configuración de rotor concéntrico de la figura 3B, la configuración de los devanados del rotor y del estator se puede variar de modo que las porciones de árbol acopladas 70A, 70B pueden controlarse de forma independiente, incluyendo en qué dirección (es decir, en sentido horario o antihorario) giran, proporcionando así la rotación deseada del respectivo impulsor 30 y difusor 40.

Los presentes inventores son conscientes de que la naturaleza de la trayectoria de flujo en máquinas axiales, de flujo mixto y centrífugas existe a lo largo de un continuo, ocupando el flujo axial un extremo del espectro y con flujo centrífugo en el extremo opuesto. Dentro de este entendimiento, en el contexto actual, los términos "bomba centrífuga", compresor centrífugo" o similares pretenden incluir configuraciones de bomba o compresor que también pueden incorporar algunos atributos de flujo mixto, siempre que dependan principalmente del movimiento del fluido que se bombea cuando sale de una fase de bomba particular en una dirección sustancialmente (si no completamente) radial hacia afuera. De por sí, un impulsor con importantes atributos de flujo mixto está incluido en la presente invención en situaciones en las que el difusor al que está acoplado proporciona el componente de flujo radial hacia afuera necesario.

De una forma preferida, la bomba 10 del objetivo de diseño tiene una velocidad específica N_s de aproximadamente 200 a 6.000 unidades estadounidenses o inglesas (donde la velocidad del árbol está en revoluciones por minuto (rpm), el caudal de la bomba 10 en su punto BEP está en galones por minuto (gpm) y la altura se mide en pies). Como entienden los expertos en la técnica, una medida de velocidad específica N_s es la capacidad de la bomba 10 para evitar problemas de cavitación asociados con valores bajos de $NPSH_R$. En una forma, la velocidad específica N_s se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{(gH)^{3/4}}$$

donde la velocidad específica N_s no tiene unidad, la velocidad giratoria n de la bomba 10 está en revoluciones por minuto, Q es el caudal en gpm en el BEP, g es la aceleración debida a la gravedad en pies por segundo al cuadrado y H es la altura total en el BEP.

Aunque se muestra en forma de una sola fase, la bomba 10 también puede incluir variantes de múltiples fases y puede tener un diseño de succión simple o doble, así como en voladizo o entre configuraciones de cojinete. Los usos preferidos de la bomba 10 incluir procesamiento químico, producción de petróleo (incluida la inyección de agua), refinado de petróleo, tuberías (petróleo, agua y otros fluidos), centrales de energía (fósil, nuclear, ciclos combinados, cogeneración o similares), aplicaciones de la industria del agua, de la industria minera y la industria biológica y farmacéutica. Además, la bomba 10 puede configurarse para aceptar fluidos monofásicos y multifásicos (como aquellos con aire u otros gases, así como sólidos).

Haciendo referencia a continuación a la figura 2 junto con las figuras 3A y 3B, una parte esencial de la invención es el sistema de control 130 que, basado en el diseño y los datos de prueba (como el que se muestra en la curva 200) de la bomba 10, tendría la capacidad de calcular la mejor combinación de velocidades para lograr el mejor funcionamiento de eficacia para las condiciones de funcionamiento o el mejor rendimiento $NPSH_R$ para las condiciones de succión disponibles. En una forma, el controlador 130 puede tener la forma de un controlador lógico programable (PLC) e incluir capacidades de procesamiento digital diseñadas (a través de interfaces apropiadas) para recibir señales de entrada y generar señales de control de salida a través de una unidad central de procesamiento (CPU). Tal controlador 130 también puede incluir un medio legible por ordenador que tiene instrucciones ejecutables por ordenador almacenadas en el mismo; dicho medio también puede servir como memoria de solo lectura (ROM) para almacenar un programa que controla el funcionamiento del aparato en general y una memoria de acceso aleatorio (RAM) que tiene un área de almacenamiento de datos. En una forma, la CPU puede estar conectada a una interfaz de entrada/salida. Como se apreciará además, tal controlador 130 puede formar parte de un sistema de control por ordenador más grande (no se muestra) que puede usarse para comunicar y controlar el funcionamiento de varias bombas 10 o componentes del sistema más grandes. Así, en una forma, el controlador 130 puede incluir uno o más módulos para realizar la funcionalidad indicada. Como se emplea en esta memoria, el término "módulo" se refiere a un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un circuito electrónico, un procesador (compartido, dedicado o en grupo) y memoria que ejecuta uno o más programas de software o firmware, un circuito lógico combinacional u otros componentes adecuados que proporcionen la funcionalidad deseada. En un ejemplo no limitativo, los datos correspondientes al funcionamiento de la bomba 10 (como curva 200, así como un mapa de impulsor o compresor o similar) se pueden almacenar en la memoria del controlador 130 como una tabla de búsqueda, estructura de datos u otros medios adecuados para permitir al controlador 130 determinar dónde está el estado de funcionamiento de la bomba 10 o motores 90, 100 en relación con una condición óptima. Dichos datos pueden estar precargados en el controlador 130 utilizando información proporcionada por, por ejemplo, el fabricante de la bomba, o construirse usando una rutina de diagnóstico que varía el funcionamiento de la bomba 10 y detecta determinadas condiciones operativas.

Los beneficios de utilizar un mecanismo de velocidad variable para controlar las velocidades relativas del impulsor 30 y el difusor 40 según un aspecto de la presente invención se muestran en forma de gráfico o curva 200 que representa

una métrica de rendimiento (en particular, una altura normalizada o eficacia) frente a la capacidad o el flujo de la bomba. Como se muestra, la curva de característica de flujo y altura 200 de la bomba 10 puede hacerse adimensional con respecto a una velocidad de referencia y dimensiones de referencia; de esta manera, la misma curva 200 puede ser aplicable a máquinas geoméricamente similares a todas las velocidades. Estas características adimensionales representan una altura adimensional o un aumento de presión a lo largo del eje Y, mientras que el eje X representa el flujo adimensional. La segunda parte del eje Y representa la $NPSH_R$ adimensional de la bomba, mientras los puntos A y B representan el BEP para el primer rotor (es decir, impulsor 30) y segundo rotor (es decir, difusor 40) si fueran una turbomáquina convencional, donde el BEP está representado por un máximo de dos puntos en el dominio adimensional. Para la bomba 10 de la presente invención, el funcionamiento sigue la línea marcada como "Lugar de Intervalo BEP" entre los puntos A y B en el espacio adimensional, y por lo tanto permite una gran flexibilidad para adaptarse a diferentes condiciones de funcionamiento. Las características $NPSH_R$ adimensionales también se muestran para ilustrar la flexibilidad de diseñar u operar la misma bomba 10 para un amplio intervalo de condiciones NPSH. En otra realización, es posible aplicar la presente invención a bombas multifase (no mostradas); en una configuración de este tipo, los impulsores (similar al impulsor 30) pueden montarse en un solo árbol (similar al árbol 70) y funcionan a la misma velocidad mientras que los difusores (similar al difusor 40) se pueden rotar a través de un sistema común separado de la manera descrita anteriormente.

En resumen, una bomba 10 según la presente invención se puede operar de manera que el difusor 40 se puede hacer girar independientemente del impulsor 30; esto ampliaría el pico de la curva BEP en comparación con una bomba convencional. En un escenario más particular, el difusor 40 puede funcionar bajo una resistencia fija (como el par impuesto por la transmisión 120); así, sería estacionario hasta que la diferencia de presión a través de las paletas del difusor 40 exceda un límite prescrito, después de que el difusor 40 comienza a girar. Esta configuración también limitará las situaciones de fuga para evitar que el difusor giratorio 40 vaya más allá de sus límites mecánicos. En cualquier evento, colocando el impulsor 30 y el difusor 40 en contrarrotación de velocidad variable entre sí, se conserva el beneficio de una alta altura y densidad de potencia en una sola bomba, así como la capacidad de permitir amplios intervalos de funcionamiento de altura y flujo y flexibilidad $NPSH_R$ correspondiente. En una variante, el impulsor 30 y el difusor 40 pueden colocarse en contrarrotación de velocidad fija entre sí como una forma de lograr una alta densidad de potencia de bomba.

La prerrotación o pregiro negativo entre el componente tangencial de la velocidad de salida absoluta del impulsor 30 y la velocidad tangencial opuesta de la entrada del difusor 40 crea un término aditivo en el valor de altura teórico de Euler del difusor 40. Por lo tanto, el difusor 40 produce una altura significativamente mayor que un solo impulsor que tiene la misma geometría de salida. La altura teórica total de la bomba 10 es la altura de Euler generada por el primer rotor (es decir, impulsor 30) más la gran altura de Euler generada por el segundo rotor (es decir, difusor 40).

A continuación se describe un ejemplo del funcionamiento del presente sistema. En el ejemplo, los presentes inventores modelaron la bomba 10 como un diseño unidimensional para incluir varios modelos de pérdida, función de desviación o deslizamiento, carga de la pala, cálculos de potencia y eficacia. El modelo unidimensional demostró que la curva del coeficiente de densidad de potencia tiene un punto de inflexión y es una función de una combinación específica de velocidades relativas del rotor. Los parámetros de ejemplo de diseño se seleccionaron en función del coeficiente de densidad de potencia más alto y la eficacia para las condiciones nominales deseadas. A diferencia de los sistemas de engranajes convencionales, las velocidades de la primera y segunda porciones de árbol 70A y 70B (así como el respectivo impulsor acoplado 30 y difusor 40) se pueden variar de forma independiente; en un estudio, los presentes inventores variaron el intervalo de velocidad desde ligeramente por debajo de 2000 RPM hasta ligeramente por encima de 2000 RPM a través de dos accionamientos eléctricos separados; uno de los cuales era un motor de árbol hueco como se discutió anteriormente. Los presentes inventores determinaron que esta disposición proporciona una flexibilidad significativa en el intervalo BEP adimensional de la bomba 10, dado que el BEP ya no es un "punto" en el espacio adimensional sino una línea (o lugar) en función de la relación de velocidad relativa; como se comentó anteriormente, esto se traza entre los puntos A y B en la figura 2. También es posible una extensión adicional de la flexibilidad debido a los accionamientos de velocidad independientes y variables.

La optimización del impulsor 30 y el difusor 40 se puede lograr utilizando un análisis de curvatura de líneas múltiples que combina modelos de pérdida dinámica de fluidos con modelos de deslizamiento o desviación en la entrada de la voluta 60. Por ejemplo, los parámetros se calculan de forma recursiva para cada línea de corriente de modo que el perfil de presión deseado en el tramo del impulsor 30 y el difusor 40 es el criterio de convergencia. De igual modo, numerosas hipótesis que son sensibles a los parámetros más importantes e independientes pueden optimizarse mediante la herramienta de optimización de la función de aptitud; en una forma no limitativa, la secuencia de comandos se puede lograr en Matlab-Reference-Surface-Optimizer (RSO) que se basa en una aproximación de superficie (como con un modelo de Kriging) para buscar mínimos locales con un método de gradiente. Tal planteamiento detecta la velocidad específica óptima N_s para el impulsor 30 y el difusor 40; esto, a su vez, maximiza los beneficios del presente diseño de contrarrotación en comparación con una máquina con el mismo punto de diseño que emplea un rotor convencional con diseño de estator de arrastre fijo. Como se ha mencionado anteriormente, la bomba 10 está configurada preferiblemente para funcionar en un intervalo de velocidad específica baja N_s (preferiblemente alrededor de 6.000), y más particularmente en un intervalo de velocidad específica muy baja N_s (preferiblemente entre aproximadamente 200 y 1.000 en una forma, entre aproximadamente 1.000 y 2.000 en otra forma, y entre aproximadamente 2.000 y 3.000 en otra forma). Suponiendo un error de aproximación numérica constante, la función de aptitud de la herramienta de optimización se basa en resultados de simulación numérica (CFD). La función de

aptitud es una función ponderada entre la altura total entre la entrada del primer rotor y la entrada de la voluta y la eficacia correspondiente. Los resultados, indicados por una región de máxima eficacia en la función de aptitud representan una combinación específica de velocidades de los rotores y la relación de presión entre ellos. Se identificaron las geometrías óptimas y se eligió una para fabricar y probar en una plataforma de pruebas. También se llevó a cabo un análisis CFD transitorio para determinar las pérdidas de voluta y las pérdidas de incidencia entre el primer y el segundo rotor y las pulsaciones de presión generadas.

La función objetivo de optimización podría definirse de diferente manera, como la búsqueda del máximo de eficacia absoluta o la mayor densidad de potencia o el intervalo de trabajo efectivo más amplio. Un atributo significativo de la bomba actual 10 es la amplia flexibilidad en un intervalo de condiciones de trabajo. En tono importante, esto permite el uso de una bomba mucho más pequeña de lo que se requeriría de otro modo, y en algunas circunstancias, con la cooperación adecuada del controlador 130, aliviaría la necesidad de una válvula de descarga (no mostrada). Como se indicó anteriormente, los mapas pueden incluirse como parte de la memoria del controlador 130 (por ejemplo, como una tabla de búsqueda) o generarse por un algoritmo configurado adecuadamente sobre el que puede actuar la CPU del controlador 130, basado en parámetros de entrada (como las velocidades de rotación del impulsor 30 y el difusor 40). El controlador 130 emplea planteamientos basados en la retroalimentación, como usar sensores (no mostrados) para observar los valores reales de las relaciones de velocidad del impulsor frente al difusor; tal conocimiento representa un grado adicional de libertad para el diseñador de bombas. Por ejemplo, se puede utilizar un conjunto de información de relación de velocidad para establecer el comportamiento de la bomba 10 en las condiciones de diseño; esta información también se puede utilizar para mejorar el rendimiento en condiciones fuera de diseño.

Si bien se han mostrado ciertas realizaciones y detalles representativos con el propósito de ilustrar la invención, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar varios cambios sin apartarse del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de bomba que comprende:

una bomba centrífuga (10) que comprende:

un alojamiento (20);

5 un impulsor (30) dispuesto de forma giratoria en dicho alojamiento (20) de modo que el fluido (F) introducido en el mismo se descarga de forma centrífuga desde allí para experimentar un primer aumento de energía;

un difusor (40) dispuesto de forma giratoria en dicho alojamiento (20) y colocado en comunicación fluida con dicho impulsor (30) de manera que al pasar a través de dicho difusor (40), dicho fluido descargado experimenta un segundo aumento de energía; y

10 un árbol concéntrico (70) que coopera de forma giratoria con cada uno de dicho impulsor (30) y dicho difusor (40) y que comprende dos porciones de árbol de transmisión dispuestas concéntricamente (70A, 70B);

al menos un motor (90, 100) acoplado de manera giratoria a cada uno de dicho impulsor (30) y dicho difusor (40) a través de dicho árbol (70) de manera que el movimiento rotativo impartido a cada uno sea independiente entre sí; caracterizado por

15 un controlador (130) que coopera con dicha bomba (10) y dicho motor (90, 100) para regular su funcionamiento en función de los valores detectados de las relaciones de velocidad del impulsor (30) y el difusor (40).

2. El conjunto de la reivindicación 1, en donde dicho impulsor (30) y dicho difusor (40) están en una relación de contrarrotación entre sí.

20 3. El conjunto de la reivindicación 1, en donde dicho difusor (40) está fluidamente corriente abajo de dicho impulsor (40).

4. El conjunto de la reivindicación 1, en donde dicho árbol (70) comprende una porción de árbol exterior (70B) que está acoplada de manera giratoria a dicho difusor (40) y una porción de árbol interior (70A) que está acoplada de manera giratoria a dicho impulsor (30).

25 5. El conjunto de la reivindicación 4, en donde dicho al menos un motor (90, 100) comprende un único motor de inducción de corriente alterna (100) que define un par de rotores de contrarrotación (100A, 100B), cooperando cada uno con una respectiva de dichas porciones de árbol interior y exterior (70A, 70B).

6. El conjunto de la reivindicación 4, en donde dicho al menos un motor (90, 100) define un par de motores de inducción de corriente alterna (90A, 90B), cooperando cada uno con una respectiva de dichas porciones de árbol interior y exterior (70A, 70B).

30 7. El conjunto de la reivindicación 6, que comprende además una transmisión (120) que coopera de manera giratoria con dicho par de motores.

8. El conjunto de la reivindicación 1, en donde dicho funcionamiento regulado de dicho al menos un motor (90, 100) y dicha bomba (10) se basa en una pluralidad de criterios operativos.

35 9. El conjunto de la reivindicación 8, en donde dichos criterios operativos se seleccionan del grupo que consiste en el punto de mejor eficacia y la altura de succión positiva neta.

10. Un método para presurizar un fluido, comprendiendo el método:

introducir un fluido (F) en una bomba centrífuga (10), comprendiendo dicha bomba:

un alojamiento (20);

40 un impulsor (30) dispuesto de forma giratoria en dicho alojamiento (20) de modo que el fluido (F) introducido en el mismo se descarga de forma centrífuga desde allí para experimentar un primer aumento de energía;

un difusor (40) dispuesto de forma giratoria en dicho alojamiento (20) y colocado en comunicación fluida con dicho impulsor (30) de manera que al pasar a través de dicho difusor (40), dicho fluido descargado experimenta un segundo aumento de energía;

45 un árbol concéntrico (70) que coopera de forma giratoria con cada uno de dicho impulsor (30) y dicho difusor (40) y que comprende dos porciones de árbol de transmisión dispuestas concéntricamente (70A, 70B);

acoplar de forma giratoria cada uno de dicho impulsor (30) y dicho difusor (40) a través de dicho árbol (70) de manera que el movimiento rotativo impartido a cada uno sea independiente entre sí, usando al menos un motor (90, 100) para impartir un par rotativo a dicho árbol (70);

descargar dicho fluido (F) de dicha bomba (10) con un contenido de energía mayor que antes de dicha introducción;

5 estando caracterizado el método por

hacer funcionar dicha bomba (10) a través de un controlador (130) que coopera con dicha bomba (10) y dicho motor (90, 100) para regular el funcionamiento de la misma en función de los valores detectados de las relaciones de velocidad del impulsor (30) y el difusor (40).

10 11. El método de la reivindicación 10, en donde dicho difusor (40) está fluidamente corriente abajo de dicho impulsor (30).

12. El método de la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en donde dicho fluido (F) está en un estado sustancialmente líquido tras dicha introducción en dicho impulsor (30).

15 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde dicho árbol (70) comprende una porción de árbol exterior (70B) que está acoplada de manera giratoria a dicho difusor (40) y una porción de árbol interior (70A) que está acoplada de manera giratoria a dicho impulsor (30).

14. El método de la reivindicación 13, en donde dicho al menos un motor (90, 100) define un par de motores, cooperando cada uno con una respectiva de una porción de árbol interior y exterior (70A, 70B) que define dicho árbol (70).

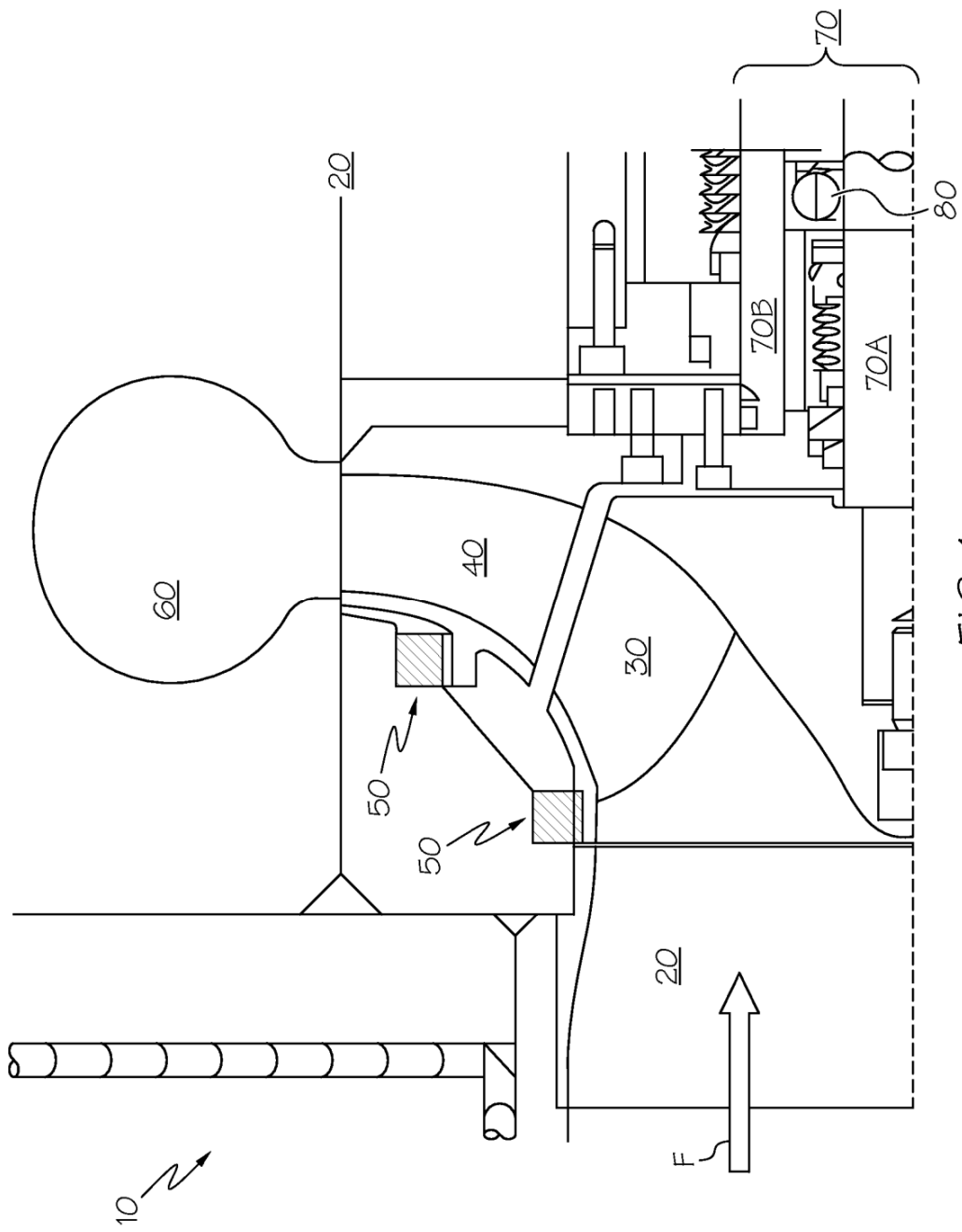


FIG. 1

200

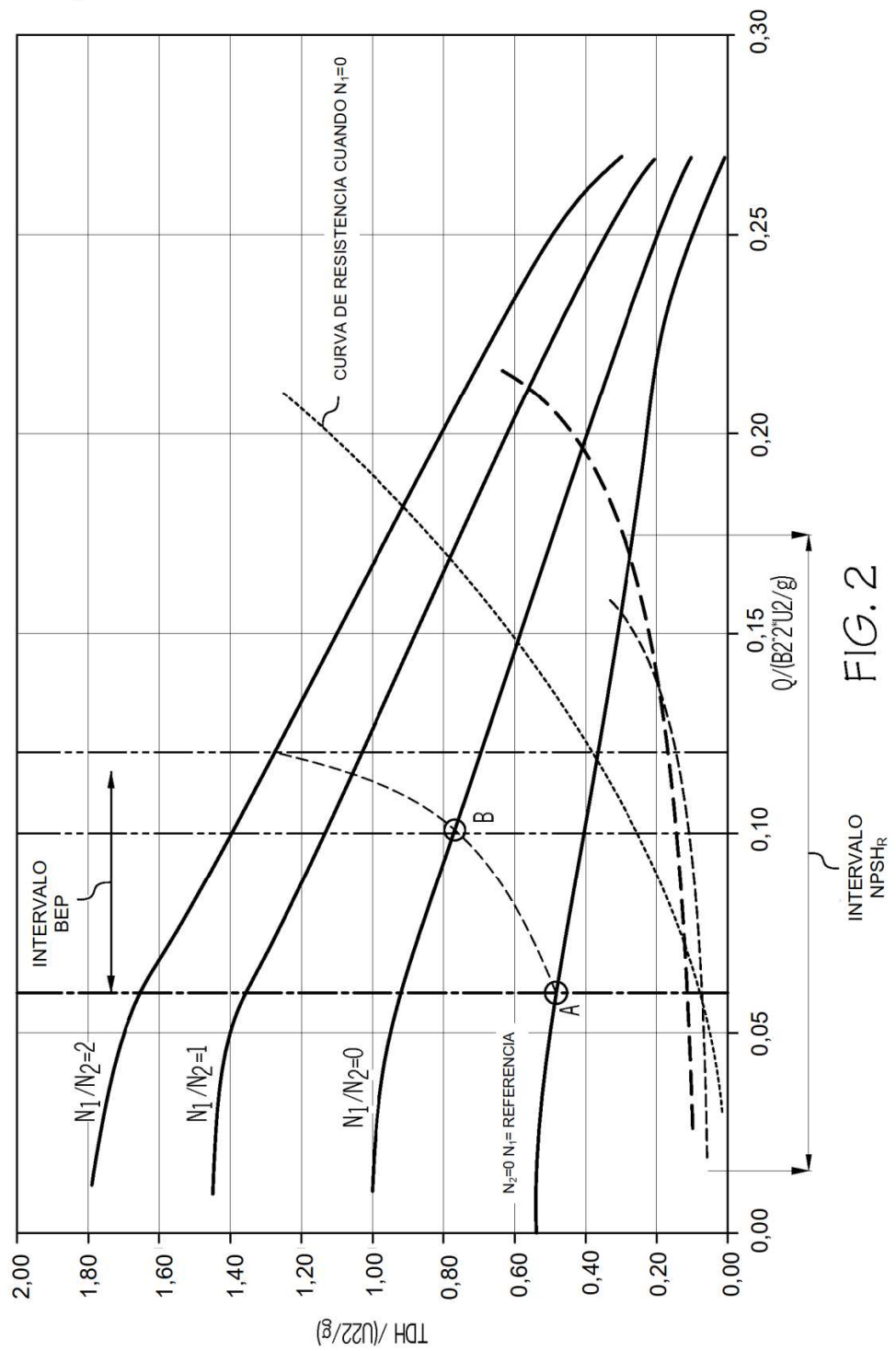
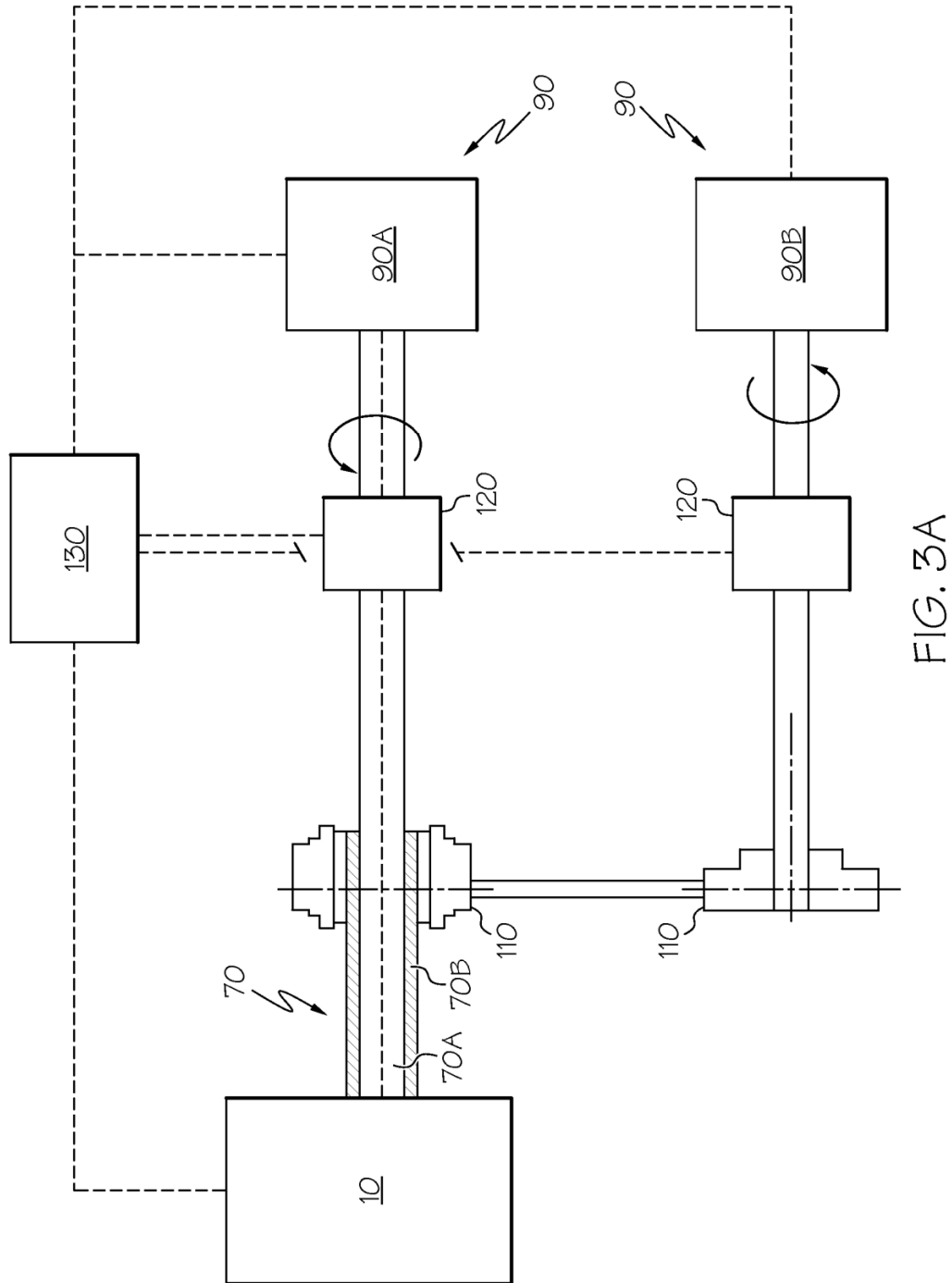


FIG. 2



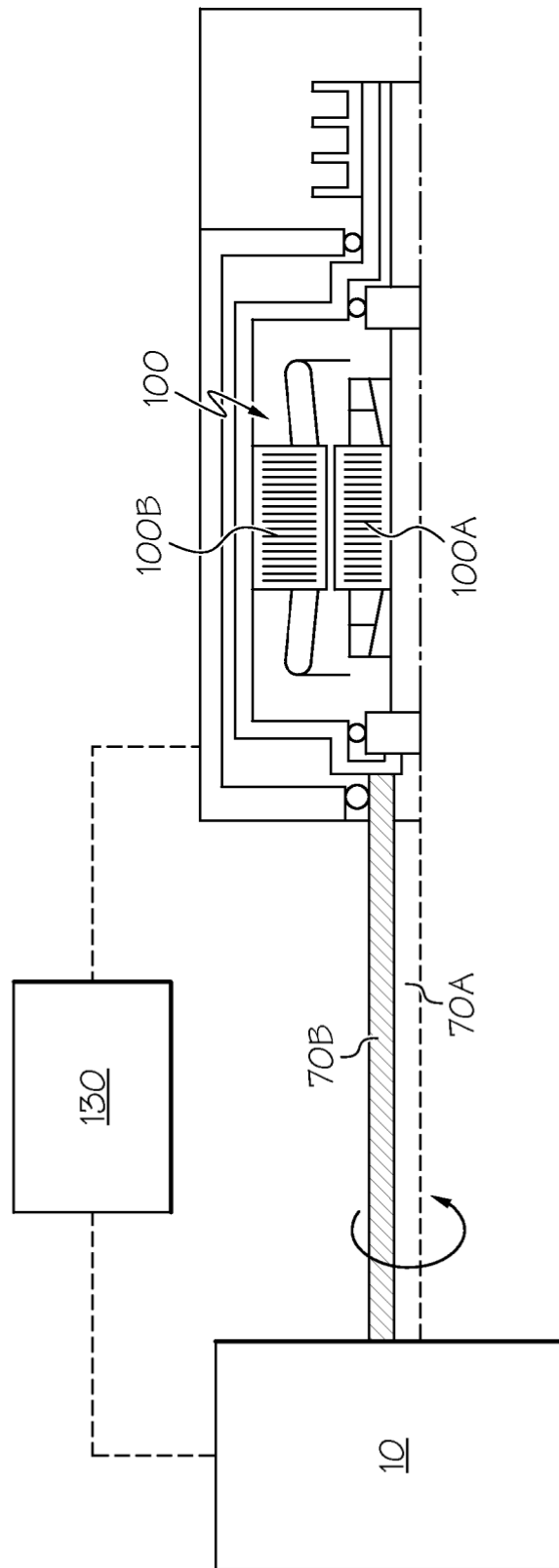


FIG. 3B