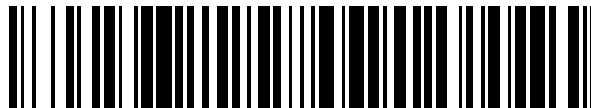


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 811**

51 Int. Cl.:

F04B 17/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.09.2012 PCT/US2012/054471**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.03.2013 WO13036937**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2012 E 12829956 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019 EP 2753832**

54 Título: **Un sistema de bomba y un método de funcionamiento de una bomba**

30 Prioridad:

09.09.2011 US 201161532650 P

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

18.10.2019

73 Titular/es:

**GRACO MINNESOTA INC. (100.0%)
88 11th Avenue N.E.
Minneapolis, MN 55413-1894, US**

72 Inventor/es:

**ROMAN, TIMOTHY, S. y
MROZEK, GREG, T.**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 727 811 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

Un sistema de bomba y un método de funcionamiento de una bomba

Antecedentes

5 La presente divulgación hace referencia en general a un sistema de bomba y a un método de funcionamiento de una bomba. Las realizaciones hacen referencia al desplazamiento positivo de sistemas de bomba. Más en particular, las realizaciones de la presente divulgación hacen referencia a sistemas de accionamiento para bombas reciprocantes y métodos para controlar la reciprocidad.

10 Las bombas de desplazamiento positivo comprenden sistemas en los que se extrae un volumen fijo de material para introducirlo en una cámara de expansión y se expulsa al exterior de la cámara a medida que se contrae. Dichas bombas comprenden habitualmente un mecanismo de bombeo reciprocante, tal como un pistón, o un mecanismo de bombeo giratorio, tal como un conjunto de engranajes. Las bombas de pistón reciprocantes, por lo tanto, requieren una entrada bidireccional que pueda accionar el pistón para expandir y contraer la cámara de bombeo. Los sistemas de bombeo habituales son accionados por una entrada rotativa, tal como un motor con un eje de rotación de salida. Los motores se configuran convencionalmente como motores neumáticos alimentados por aire comprimido, o 15 motores eléctricos alimentados por corriente alterna. Las entradas rotativas, por tanto, requieren que la rotación unidireccional del eje de salida sea convertida en un movimiento reciprocante. Esto se logra convencionalmente mediante el uso de sistemas de cigüeñal o de levas, tal como se describe en la patente de EE.UU. Nº 5,145,339 de Lehrke et al., que está asignada a Graco Inc. Los motores neumáticos no son eficientes en cuanto al consumo de energía debido a la necesidad de un motor que accione el compresor, la conversión del aire comprimido en un movimiento giratorio y la conversión del movimiento giratorio en movimiento reciprocante. Además, los motores neumáticos y los compresores que los alimentan producen cantidades no deseables de ruido y pueden experimentar problemas relacionados con la formación de hielo debido a la contracción y expansión del aire. Los motores eléctricos logran una eficiencia energética sobre los motores neumáticos, pero aún requieren unos dispositivos mecánicos complicados para convertir la rotación unidireccional en un movimiento bidireccional, lineal reciprocante para la bomba. Por lo tanto, existe la necesidad de sistemas de accionamiento mejorados para bombas reciprocantes de desplazamiento positivo. 25

30 El documento US 4,093,404 divulga una bomba dosificadora de doble efecto para su uso en un aparato para preparar matrices que contienen material frangible particulado. La bomba de doble efecto proporciona una salida dosificada de la matriz que contiene material frangible particulado que se mezcla con una matriz original de un aparato de extrusión en una mezcladora estática aguas abajo. La bomba incluye válvulas accionadas neumáticamente que controlan el flujo de la matriz hacia cada una de las dos cámaras de bombeo descargadas de forma alterna. La bomba se desensambla fácilmente para su limpieza y está rodeada por una camisa de calentamiento para mantener una temperatura esencialmente uniforme en la matriz durante el bombeo.

35 El documento US 6,577,089 divulga un método y un aparato para controlar la función de salida de un motor de corriente continua sin escobillas con imán permanente, detectando una corriente de entrada hacia el motor, calculando un par de torsión de salida generado por el motor como una función de la corriente de entrada al motor, calculando una presión de salida para una bomba en respuesta al par de torsión de salida, leyendo una presión de valor de referencia, y comparando la presión de valor de referencia con la presión de salida, y en respuesta a la misma controlar la operación de activación-desactivación del motor. El aparato incluye un circuito de detección y un procesador microelectrónico para realizar estas funciones. 40

El documento GB 2 158 617 A divulga un control de accionamiento de un motor de corriente continua sin escobillas, en particular para un sistema de unidad de disco.

Resumen

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de bomba según la reivindicación 1.

45 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método de funcionamiento de una bomba según la reivindicación 7.

Las características preferibles se exponen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

50 La FIG. 1 es un esquema de un sistema de bombeo que presenta una bomba de desplazamiento positivo accionada por un motor eléctrico bidireccional a través de un convertidor de movimiento.

La FIG. 2 es una vista en perspectiva de un sistema de bombeo de acuerdo con la configuración de la FIG. 1 en donde una bomba de pistón de desplazamiento lineal es accionada por un motor de corriente continua sin escobillas.

La FIG. 3 es una vista en despiece del sistema de bombeo de la FIG. 2 que muestra un sistema de engranajes reductores para acoplar un eje de salida del motor de corriente continua sin escobillas hacia un eje de entrada de la bomba de pistón de desplazamiento lineal.

La FIG. 4 es una vista en perspectiva del sistema de bombeo de la FIG. 3 que muestra un engranaje de piñón del eje de salida y un engranaje de cremallera del eje de entrada enlazado/unido por el sistema de engranajes reductores.

La FIG. 5A es un gráfico que muestra la polaridad de la corriente de entrada hacia el motor de corriente continua sin escobillas de las FIGS. 2-4 contra el tiempo.

La FIG. 5B es un gráfico que muestra la carrera del eje de la bomba de la bomba de pistón de desplazamiento lineal de las FIGS. 2-4 contra el tiempo.

Descripción detallada

La FIG. 1 es una vista esquemática del sistema 10 de bombeo que presenta una bomba 12 de desplazamiento positivo accionada por un motor 14 eléctrico y un convertidor 16 de movimiento. La bomba 12 extrae un fluido, tal como pintura, de un depósito 18 y administra el fluido presurizado a un pulverizador 20. El fluido no consumido por el pulverizador 20 regresa al depósito 18. El eje 22 de accionamiento del motor 14 y el eje 24 de bomba de la bomba 12 se encuentran mecánicamente acoplados al convertidor 16. El convertidor 16 produce un desplazamiento positivo del eje 24 de bomba a partir de la rotación del eje 22 de accionamiento. La salida 26 y la entrada 28 de la bomba 12 están conectadas al depósito 18 a través de las líneas 30A y 30B de fluido, respectivamente. El pulverizador 20 está acoplado a la línea 30A de fluido por el manguito 32. El motor 14 es controlado electrónicamente por el controlador 34, que incluye el sensor 35 de posición.

El motor 14 eléctrico está provisto de una fuente de alimentación proporcionada por el controlador 34 para proporcionar fuerza motriz al eje 22 de accionamiento. En la realización divulgada, el motor 14 comprende un motor giratorio en el que el eje 22 gira alrededor de un eje central. El controlador 34 está eléctricamente acoplado al motor 14 para controlar la corriente provista al motor 14, controlando de este modo la rotación del eje 22. En la realización descrita en referencia a las FIGS. 2 - 4, el motor 14 comprende un motor eléctrico de corriente continua (CC) sin escobillas. Sin embargo, el motor 14 puede comprender un motor de corriente continua con escobillas o un motor de corriente alterna (CA) con imán permanente.

La rotación del eje 22 gira un mecanismo de conversión dentro del convertidor 16. El convertidor 16 cambia el movimiento rotacional del eje 22 para convertirlo en un movimiento lineal del eje 24. Específicamente, el convertidor 16 convierte la rotación unidireccional del eje 22 en el desplazamiento del eje 24 en una única dirección. En la realización descrita en referencia a las FIGS. 2 - 4, el convertidor 16 comprende un sistema de piñón y cremallera en donde el eje 22 hace girar un engranaje de piñón que engrana con la cremallera de engranaje lineal acoplada al eje 24 de bomba. El convertidor 16 además incluye habitualmente un sistema de engranajes reductores que, por ejemplo, reduce la velocidad del eje 24 de bomba en relación al eje 22 de accionamiento. Sin embargo, el convertidor 16 puede comprender otros tipos de sistemas de conversión, tales como un sistema de levas o un sistema de manivelas.

El convertidor 16 está acoplado al eje 24 de bomba de la bomba 12. La bomba 12 comprende una bomba de desplazamiento positivo en donde la reciprocidad del eje 24 expande y contrae una cámara de bombeo. En la realización descrita en referencia a las FIGS. 2 - 4, la bomba 12 comprende una bomba de pistón de desplazamiento lineal, en donde un pistón se encuentra dispuesto en un cilindro para extraer fluido hacia la entrada 28 y para impulsar fluido comprimido de la salida 26. Sin embargo, la bomba 12 puede comprender otros tipos de bombas de desplazamiento positivo, tal como una bomba de membrana.

El líquido presurizado sale de la salida 26 de la bomba. El fluido presurizado es forzado a pasar a través de la línea 30A de fluido hacia el depósito 18. La bomba 12 extrae fluido sin presurizar del depósito 18 a través de la línea 30B de fluido y la entrada 28 mediante el mecanismo de bombeo de la bomba 12. El pulverizador 20 está conectado en paralelo con el depósito 18 para extraer fluido presurizado de la línea 30A de fluido. El pulverizador 20 es operado de forma selectiva para dispensar el fluido del depósito 18. El pulverizador 20 puede ser directamente operado manualmente o puede ser operado por un controlador como parte de un proceso de pulverización automático.

En la presente invención, el sistema 10 utiliza un motor eléctrico reversible, tal como un motor 14 de corriente continua sin escobillas, que alimenta un actuador lineal, tal como un convertidor 16, para accionar una bomba reciprocante, tal como una bomba 12 de pistón. En las realizaciones que utilizan un motor de corriente continua sin

escobillas, el controlador 34 opera para proporcionar una corriente inversa al motor 14 para generar el movimiento recíprocante. Más específicamente, el controlador 34 invierte la dirección del flujo de la corriente a través del motor 14 para producir un cambio en la dirección rotacional del eje 22. Los motores de corriente continua sin escobillas presentan una baja inercia, y pueden invertir las direcciones en una rápida respuesta a un cambio en la dirección del flujo de corriente. Además, los motores de corriente continua sin escobillas proporcionan un rango completo de par de torsión a velocidad cero, permitiendo, de ese modo, que la bomba 12 mantenga la presión completa, lo cual imita la respuesta de un motor neumático sin los problemas de ruido, gastos y formación de hielo. Los motores de corriente continua sin escobillas también tienen una relación directa entre la corriente aplicada y el par de torsión del eje. Por tanto, únicamente cambiará la velocidad del motor 14 a medida que la salida de par de torsión (y de corriente) constante del motor 14 mantiene una salida de presión constante en la bomba 12. Además, en otro aspecto de la presente invención, el controlador 34 utiliza el sensor 35 de posición para monitorizar la posición del eje 24 de bomba, de tal manera que la inversión de la bomba 12 pueda ser aleatorizada o variada para reducir el desgaste de los componentes internos del sistema 10.

La FIG. 2 es una vista en perspectiva del sistema 10 de bombeo de acuerdo con la configuración de la FIG. 1 en donde la bomba 12 de pistón de desplazamiento lineal es accionada por el motor 14 de corriente continua sin escobillas. La bomba 12 y el motor 14 se encuentran incluidas en el alojamiento 36, que también incluye el convertidor 16 de movimiento (no se muestra). El convertidor 16 incluye un sistema 38 de engranajes reductores, que está montado dentro del alojamiento 36. El sistema 38 de engranajes reductores, que incluye los ejes 40 y 42, conecta un engranaje de piñón del motor 14 a un engranaje de cremallera de la bomba 12. La bomba 12 incluye una entrada 28, una salida 26, un cilindro 44 de pistón y una camisa 46 del eje, que incluye un eje de entrada (FIG. 3) para la bomba 12. La bomba 12 está ensamblada al alojamiento 36 mediante barras 50A, 50B y 50C de acoplamiento (FIG. 3). Las barras 50A - 50C de acoplamiento mantienen la bomba 12 fija en relación al alojamiento 36 de tal manera que el eje 24 de bomba dentro de la camisa 46 pueda ser accionado por el motor 14 a través del convertidor 16 y el sistema 38 de engranajes reductores.

La FIG. 3 es una vista en despiece del sistema 10 de bombeo de la FIG. 2 que muestra el sistema 38 de engranajes reductores para acoplar el eje 22 de accionamiento del motor 14 de corriente continua sin escobillas al eje 24 de bomba de la bomba 12 de pistón de desplazamiento lineal. El convertidor 16 (FIG. 1) abarca el sistema 38 de engranajes reductores, que incluye un primer conjunto 56 de engranajes y un segundo 58 conjunto de engranajes. El alojamiento 36 incluye el alojamiento 36A principal, la cubierta 36B del engranaje y la cubierta 36C del motor.

El motor 14 se introduce en una cavidad dentro del alojamiento 36A principal, de tal manera que el eje 22 de accionamiento se extiende a través de la abertura 60A para proporcionar un eje de salida para accionar el sistema 38 de engranajes reductores. La cubierta 36C del motor está situada contra el alojamiento 36A principal para incluir el motor 14. El eje 40 del primer conjunto 56 de engranajes está asegurado entre la abertura 60B en el alojamiento 36A principal y la abertura 60C en la cubierta 36B del engranaje. El eje 42 del segundo conjunto 58 de engranajes está asegurado a la abertura 60D en la cubierta 36B del engranaje y se extiende hacia el interior de la cavidad 62 del alojamiento 36A principal. El eje 24 de bomba proporciona un eje de entrada para el funcionamiento de la bomba 12. Un primer extremo del eje 24 de bomba de la bomba 12 se extiende hacia el interior de la cavidad 62 del alojamiento 36A principal y se acopla al segundo conjunto 58 de engranajes a través de un engranaje de cremallera (ver el engranaje 70 de cremallera en la FIG. 4). Un segundo extremo del eje 24 de bomba se extiende a través de la camisa 46 hacia el interior del cilindro 44 de pistón para accionar un pistón (no se muestra). Las barras 50A - 50C de acoplamiento conectan la plataforma 64 de la bomba 12 a la base 66 del alojamiento 36A principal. Las piezas 46A y 46B de la camisa se sitúan alrededor del eje 24 de bomba entre las barreras 50A - 50C de acoplamiento. La entrada 28 de la bomba 12 se acopla a una fuente de fluido sin presurizar, tal como la línea 30B (FIG. 1) de fluido. La salida 26 de la bomba 12 se acopla a un dispensador de fluidos, tal como un pulverizador 20 (FIG. 1).

En una realización, el motor 14 está montado dentro del alojamiento 32 de tal manera que el eje 22 de accionamiento esté perpendicular al eje 24 de la bomba. Por ejemplo, el sistema 10 está diseñado para funcionar sobre una superficie plana, tal como el suelo. El eje 24 de bomba está configurado para ser en general perpendicular a dicha superficie plana. El motor 14 se monta, de ese modo, perpendicular al eje 24 y paralelo con la superficie plana. Como tal, la rotación del eje 22 puede convertirse fácilmente en una traslación lineal ascendente y descendente, tal como mediante el uso de un sistema de cremallera y piñón. El motor 14 gira el eje 22 de accionamiento, que provee de rotación al primer conjunto 56 de engranajes. El primer conjunto 56 de engranajes causa la rotación del segundo conjunto 58 de engranajes, lo que causa el movimiento del eje 24 de bomba de la bomba 12 a través del engranaje de cremallera (no se muestra). El eje 24 de la bomba acciona el pistón dentro del cilindro 44 para extraer fluido no presurizado hacia la entrada 28 y para impulsar fluido presurizado hacia el exterior de la salida 26. En una realización de la invención, la bomba 12 comprende una bomba de pistón de 4 bolas según se encuentra disponible en el comercio de Graco Inc. Un ejemplo de una bomba de pistón de 4 bolas se describe en general en la patente de EE.UU. Nº 5,368,454 de Powers, que está asignada a Graco Inc. Las piezas 46A y 46B de la camisa, entre otras cosas, protegen de la introducción de suciedad, polvo y restos en el cilindro 44 de la bomba a través de la abertura de acceso para el eje 24 de la bomba. Las barras 50A - 50C de acoplamiento mantienen de forma rígida la bomba 12 separada del alojamiento 36, de tal manera que el convertidor 16, que incluye el sistema 38 de engranajes reductores, pueda recíprocar el eje 24 de la bomba en relación al cilindro 44. Las barras 50A - 50C

de acoplamiento, de este modo, reaccionan en relación a las fuerzas generadas por el motor 14 y aplicadas a la bomba 12.

5 Cuando se encuentra ensamblado, el sistema 38 de engranajes reductores proporciona un acoplamiento de transmisión de potencia entre el engranaje 68 de piñón del eje 22 de accionamiento y el engranaje 70 de cremallera (FIG. 4) del eje 24 de la bomba. Específicamente, el engranaje 68 de piñón se conecta al engranaje 56A de entrada del conjunto 56 de engranajes. El engranaje 56B de salida se conecta al engranaje 58A de entrada del conjunto 58 de engranajes, que acciona el engranaje 58B de salida. El engranaje 58B de salida proporciona una entrada rotacional al engranaje 70 de cremallera. Como tal, la rotación del eje 22 por el motor 14 causa el desplazamiento lineal del eje 24. El convertidor 16, que incluye el sistema 38 de engranajes reductores, proporciona únicamente una 10 transmisión unidireccional de la fuerza desde el eje 22 al eje 24, de tal manera que una única dirección de movimiento del eje 24 se correlaciona con una única dirección de rotación del eje 22. La dirección de rotación del eje 22 por el motor 14 es invertida por el controlador 34 (FIG. 1) para causar que la reciprocidad repetida del eje 24 proporcione la acción de bombeo del pistón dentro del cilindro 44.

15 La FIG. 4 es una vista en perspectiva del sistema 10 de bombeo de la FIG. 3 que muestra el engranaje 68 de piñón del eje 22 de accionamiento (FIG. 3) y el engranaje 70 de cremallera del eje 24 de bomba unido por el sistema 38 de engranajes reductores. El alojamiento 36 no se muestra en la FIG. 4 de manera que pueda verse el ensamblaje de los componentes del sistema 10 de bombeo. La rotación del eje 22 de accionamiento por el motor 14 causa la traslación del eje 24 de bomba de la bomba 12. El motor 14 está provisto con un flujo inverso de la corriente continua del controlador 34 (FIG. 1) para causar la rotación alternante, en doble sentido o bidireccional del eje 22 de 20 accionamiento.

Durante un primer periodo de tiempo, un primer flujo direccional de corriente continua se proporciona al motor 14 para causar la rotación del eje 22 en una dirección en el sentido de las agujas del reloj, lo que causará que el eje de bomba de la bomba 12 se mueva en dirección ascendente con respecto a la FIG. 4. La rotación del engranaje 68 de piñón en la dirección en el sentido de las agujas del reloj causa la rotación del engranaje 56A de entrada en la 25 dirección en el sentido de las agujas del reloj. El engranaje 56A de entrada rota a una velocidad más lenta debido al mayor diámetro del engranaje 56A en comparación con el del engranaje 68 de piñón. El engranaje 56A de entrada y el engranaje 56B de salida se montan en el eje 40 de tal manera que el engranaje de salida 56B gira en la dirección en el sentido de las agujas del reloj a la misma velocidad que el engranaje 56A de entrada. El engranaje 56B de salida está engranado con el engranaje 58A de entrada, de tal manera que la rotación en el sentido de las agujas del reloj del engranaje 56B de salida causa la rotación en el sentido de las agujas del reloj del engranaje 58A de entrada del segundo conjunto 58 de engranajes, de tal manera que la rotación en el sentido de las agujas del reloj del engranaje 56B de salida causa la rotación en el sentido de las agujas del reloj del engranaje 58A de entrada. El engranaje 58A de entrada tiene un diámetro mayor que el engranaje 56B de salida, de tal manera que el engranaje 58A de entrada gira a una velocidad más lenta que el engranaje 56B de salida. El engranaje 58A de entrada y el engranaje 58B de salida se montan en el eje 42 de tal manera que el engranaje 58B de salida gira en la dirección en el sentido de las agujas del reloj a la misma velocidad que el engranaje 58A de entrada. Como tal, la velocidad de rotación en el sentido de las agujas del reloj del engranaje 58B de salida se reduce en comparación con la velocidad de rotación en el sentido de las agujas del reloj del engranaje 68 de piñón. La reducción de velocidad en particular depende de los parámetros específicos del motor 14 y de la bomba 12 y la salida deseada del sistema 10. El engranaje 58B de salida gira en el sentido de las agujas del reloj para impulsar el engranaje 70 de cremallera hacia 35 arriba en referencia a la orientación de la FIG. 4.

El movimiento ascendente del engranaje 70 de cremallera también fuerza el eje 24 de la bomba hacia arriba. La distancia que se desplaza el eje 24 de bomba hacia arriba se correlaciona directamente con el periodo de tiempo que el controlador 34 causa que el motor 14 gire el eje 22 en la primera dirección. Por tanto, la longitud de la carrera del eje 24 de la bomba, o el pistón dentro del cilindro 44, se corresponde directamente con la duración del tiempo en 45 que se provee de corriente al motor 14 en una dirección determinada. El eje 24 se mueve hacia el exterior alejándose de la bomba 12 para extraer fluido hacia el interior del cilindro 44 en la entrada 28.

Para reinsertar el eje 24 en el cilindro 44 e impulsar fluido presurizado hacia el exterior del cilindro 44 en la salida 26, el controlador 34 causa que el motor 14 invierta la dirección de rotación del eje 22 a una segunda dirección opuesta a la de la primera dirección. En una realización, el controlador 34 invierte el flujo direccional de la corriente a través del motor 14. Esto puede lograrse invirtiendo la polaridad de la corriente en los inducidos del motor 14, tal como se conoce en la técnica. Por tanto, el engranaje 70 de cremallera es impulsado hacia abajo (en referencia a la FIG. 4) a través de la interacción del primer conjunto 56 de engranajes y el segundo conjunto 58 de engranajes, que causa que el eje 24 de la bomba sea impulsado hacia el interior del cilindro 44. La reciprocidad lineal del eje 24 de bomba se logra de este modo alternando flujos continuos de corriente en direcciones opuestas a través del motor 14 durante periodos de tiempo, lo que es ordenado por el controlador 34 (FIG. 1). 55

Los parámetros de control para el motor 14 son ajustados por un operario del sistema 10 en base a la salida deseada de la bomba 12. Como tal, el controlador 34 comprende un sistema informático que incluye un procesador, una memoria, visualizador gráfico, interfaces de usuario, memoria y similar, tal como se conoce en la técnica. La

magnitud de la corriente provista al motor 14, la alternancia de la polaridad (dirección) de la corriente, y la duración de tiempo que se aplica cada polaridad de corriente al motor 14 está dictada por el controlador 34 (FIG. 1). El controlador 34 opera para mantener una magnitud estable de corriente al motor 14 en cada polaridad. Los resultados de corriente constantes en el motor 14 proporcionan una salida de par de torsión constante. El par de torsión del eje 22 de accionamiento se transmite directamente al eje 24 de la bomba en una relación lineal mediante el engranaje 68 de piñón, el sistema 38 de engranajes reductores y el engranaje 70 de cremallera. La velocidad del eje 22 de accionamiento es dictada de este modo por la fuerza que se hace reaccionar contra el eje 22 de accionamiento, de las presiones dentro de la bomba 12 a través del sistema 38 de engranajes reductores. Tal como se ha discutido anteriormente, los motores de corriente continua sin escobillas responden rápidamente a cambios en la corriente de entrada, lo que permite al motor 14 invertir rápidamente la dirección, deteniendo físicamente la rotación (donde la velocidad es igual a cero) durante un breve momento entremedias, a la vez que mantienen la salida de par de torsión durante todo el proceso. Por tanto, los motores de corriente continua sin escobillas pueden ser manipulados por el controlador 34 para reciprocarse el movimiento del eje 24 de bomba sin la necesidad de elaborar dispositivos mecánicos para convertir la rotación de un eje de salida en una traslación recíproca bidireccional de un eje de bomba. Además, los motores de corriente continua sin escobillas son más silenciosos y utilizan menos potencia que los motores neumáticos de la técnica anterior. Como tal, el sistema 10 de bombeo disminuye la salida de ruido y mejora los costes operativos en comparación con otros sistemas.

La FIG. 5A es un gráfico que muestra la corriente (i) de entrada al motor 14 de corriente continua sin escobillas de las FIGS. 2 - 4 contra el tiempo (t). La FIG. 5B es un gráfico que muestra la carrera (d) del eje 24 de bomba de la bomba 12 de pistón de desplazamiento lineal de las FIGS. 2 - 4 contra el tiempo (t). En referencia a la FIG. 5A, la magnitud de la corriente i es aproximadamente igual en todos los puntos en el tiempo. Por tanto, la salida de par de torsión del eje 22 es aproximadamente constante. Por ejemplo, en el tiempo A, el controlador 34 opera para proporcionar un flujo positivo del flujo de corriente a través del motor 14, que, dependiendo del engranaje, causa un movimiento ascendente del eje 24 de bomba. Posteriormente, el controlador 34 opera para proporcionar instantáneamente un flujo negativo del flujo de corriente a través del motor 14 con una magnitud igual a la polaridad positiva. Dicha inversión produce un movimiento descendente del eje 24 de bomba. De este modo, entre el tiempo A y el tiempo B tiene lugar un ciclo completo de inversión de la bomba. El flujo direccional de la corriente i se alterna continuamente entre un flujo positivo y negativo durante unos periodos de tiempo para causar la continua reciprocidad del eje 24 de bomba tan largos como se desee.

Un ciclo de inversión de la bomba que comprende una carrera ascendente y una carrera descendente del eje 24 de bomba se completa con un par de polaridades de corriente positiva y negativa. La cantidad de tiempo durante el cual tiene lugar cada ciclo de inversión de la bomba puede cambiar para lograr beneficios en el rendimiento del sistema 10, tal como se describe más adelante. En la realización representada, cada polaridad positiva y polaridad negativa aumenta durante el periodo de tiempo mostrado. De este modo, tiene lugar una segunda inversión de la bomba entre el tiempo B y el tiempo C y no es mayor que la primera inversión de la bomba entre el tiempo A y el tiempo B. Cada inversión de bomba posterior aumenta en el tiempo sobre inversión de bomba anterior. Esto corresponde al eje 24 de bomba atravesando una longitud lineal mayor, aumentando la longitud de la carrera del pistón en el cilindro 44, tal como se muestra en la FIG. 5B. Estas variaciones en la longitud de la carrera causan que el eje 24 de bomba invierta la dirección en diferentes posiciones de engrane de los engranajes dentro del sistema 38 de engranajes reductores, el engranaje 68 de piñón y el engranaje 70 de cremallera, mejorando de este modo la distribución del desgaste en el engranaje.

En referencia a la FIG. 5B, para la línea continua mostrada, la posición d del pistón dentro del cilindro 44 se muestra aumentando en magnitud desde el tiempo A al tiempo D. Por ejemplo, entre el tiempo A y el tiempo B, la carrera d aumenta a una posición en particular y a continuación se retrae de regreso a la posición de inicio. Cada inversión de bomba posterior aumenta la carrera d sobre la anterior. De ese modo, el tiempo A al tiempo B de la FIG. 5A corresponda a la misma trama de tiempo de la FIG. 5B, que muestra el aumento de la longitud de la carrera. Después de que aumente la longitud de la carrera para utilizar todo o la mayoría del cilindro 44 en el tiempo D, la longitud de la carrera puede reducirse progresivamente. El tiempo A al tiempo B de las FIGS. 5A y 5B puede por tanto ser una imagen especular a lo largo de un eje vertical en el tiempo D para acortar progresivamente los intervalos de corriente y la longitud de la carrera.

Los beneficios de variar la longitud de la carrera incluyen aumentar la vida útil del sistema 10 de bombeo. En particular, se aumenta la vida útil de los engranajes del convertidor 16. Las inversiones de bomba inducen la carga por impacto en los dientes del engranaje, particularmente en el engranaje 68 de piñón. Esto es particularmente así cuando el tiempo de inversión de la bomba se minimiza y el eje 22 de accionamiento invierte rápidamente la dirección. Variar la longitud de la carrera del eje 24 de bomba cambia qué dientes del engranaje están engranados cuando tiene lugar la inversión, distribuyendo de este modo la carga por impacto entre un número mayor de dientes del engranaje. Además, las posiciones a lo largo de las regiones de contacto de los cojinetes dentro del sistema 10 de bombeo, tal como a lo largo del eje 24, el eje 40 o el eje 42, en el que ocurre la inversión de la bomba variará, aumentando de este modo la vida útil de los cojinetes dentro del sistema 10.

5 Las gráficas de línea continua de las FIGS. 5A y 5B muestran una variación lineal y uniforme en la longitud de la carrera sobre un patrón predeterminado. Tal como puede verse en la FIG. 5A, entre el tiempo A y el tiempo B ha ocurrido una inversión de bomba completa. Cada periodo de inversión de tiempo se divide igualmente entre un flujo de corriente positivo y un flujo de corriente negativo. Dicha igual distribución asegura que el eje 24 de bomba no cause que el pistón dentro del cilindro 44 detenga su carrera, o impacte con el extremo del cilindro de manera que no tenga suficiente espacio para completar una carrera programada de la bomba. Sin embargo, la longitud de la carrera puede variarse aleatoriamente o puede variarse sobre un patrón no uniforme. La distribución de tiempo para las polaridades positiva y negativa dentro de cada inversión de bomba puede variar siempre que el controlador 34 monitorice la posición absoluta del pistón, o esté provisto de un patrón de programas que evite que se detenga la carrera del pistón en el cilindro. Como tal, el controlador 34 utiliza el sensor 35 de posición para monitorizar la posición absoluta del eje 24 de bomba en referencia al cilindro 44. Alternativamente, el cilindro 44 puede estar provisto de un sensor de posición para monitorizar la posición del pistón.

15 La línea continua en la FIG. 5B muestra, como un ejemplo, el cambio de una carrera ascendente a una carrera descendente en diversas posiciones (indicadas por las puntas de los picos), pero el cambio de una carrera descendente a una carrera ascendente siempre tiene lugar en la misma posición original (indicada por los valles en el eje cero). La línea discontinua, sin embargo, muestra que el cambio de la carrera descendente a la carrera ascendente en diferentes posiciones. La longitud de la carrera se mantiene por tanto dentro del espacio total disponible del cilindro 44 en todo momento, pero la posición en la que tiene lugar cada cambio de carrera puede cambiar. De este modo, no solo puede realizarse la magnitud de la carrera para variar, sino que la posición en la que tiene lugar el cambio de carrera con respecto a la posición del eje 24 en relación al cilindro 44 (y el engrane de los dientes del engranaje en el convertidor 16), puede realizarse para que varíe.

20 Aunque la presente invención se ha descrito en referencia a realizaciones preferidas, los trabajadores expertos en la técnica reconocerán que pueden realizarse cambios en cuanto a la forma y detalles sin apartarse del alcance de la invención.

25

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) de bomba que comprende:
 - un motor (14) eléctrico que tiene un eje (22) de salida que puede girar de forma inversa en una primera dirección de rotación y una segunda dirección de rotación opuesta;
 - 5 una bomba (12) que tiene un eje (24) de entrada que es desplazable en una primera dirección lineal y una segunda dirección lineal opuesta; y
 - un convertidor (16) que acopla el eje de salida al eje de entrada de tal forma que:
 - la rotación del eje de salida en la primera dirección de rotación traslada el eje de entrada en la primera dirección lineal;
 - 10 la rotación del eje de salida en la segunda dirección de rotación traslada el eje de entrada en la segunda dirección lineal; y
 - un controlador (34) que invierte repetidamente la rotación del eje de salida para producir el movimiento recíprocante del eje de entrada, caracterizado por que:
 - el motor eléctrico comprende un motor de corriente continua sin escobillas;
 - 15 el controlador invierte la dirección del flujo de corriente de la corriente proporcionada al motor eléctrico para invertir la rotación del eje de salida; y
 - el controlador varía un intervalo de tiempo entre las inversiones de la dirección del flujo de corriente, o varía el tiempo entre las inversiones de dirección del flujo de corriente de una inversión a la siguiente, o varía el tiempo entre las inversiones de dirección del flujo de corriente para aumentar gradualmente y disminuir gradualmente un límite superior e inferior.
 - 20
2. El sistema de bomba según la reivindicación 1, en donde la bomba comprende una bomba de desplazamiento positivo.
3. El sistema de bomba según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde el convertidor comprende un sistema de piñón y cremallera.
- 25 4. El sistema de bomba según la reivindicación 3, en donde el convertidor además comprende un sistema (38) de engranajes reductores.
5. El sistema de bomba según la reivindicación 1, en donde el controlador mantiene una salida de par de torsión constante del motor eléctrico.
6. El sistema de bomba según la reivindicación 1, en donde:
 - 30 la bomba comprende una bomba de desplazamiento positivo que tiene un eje de entrada linealmente desplazable; y
 - el convertidor comprende un sistema de conversión de piñón y cremallera que acopla el eje de salida al eje de entrada, de tal manera que la rotación en el sentido de las agujas del reloj del eje de salida traslade el eje de entrada en una primera dirección, y la rotación en el sentido en contra de las agujas del reloj del eje de salida traslada el eje de entrada en una segunda dirección opuesta.
- 35 7. Un método de funcionamiento de una bomba (12), donde el método comprende:
 - invertir repetidamente la dirección del flujo de corriente hacia un motor (14) eléctrico para causar una rotación alternante de un eje (22) de salida del motor en las direcciones en el sentido de las agujas del reloj y en sentido contrario a las agujas del reloj; y
 - convertir la rotación alternante del eje de salida en movimiento lineal recíprocante de un eje (24) de bomba,
 - 40 en donde el motor eléctrico comprende un motor de corriente continua sin escobillas; y

en donde el método además comprende variar un intervalo de tiempo entre las inversiones de dirección del flujo de corriente, o variar un tiempo entre las inversiones de dirección del flujo de corriente de una inversión a la siguiente, o variar un tiempo entre las inversiones de la dirección del flujo de corriente para aumentar gradualmente y disminuir gradualmente un límite superior e inferior.

5 8. El método según la reivindicación 7 en donde:

la bomba comprende una bomba de desplazamiento positivo.

9. El método según las reivindicaciones 7 u 8, en donde convertir la rotación alternante del eje de salida en movimiento lineal recíprocante del eje de la bomba comprende:

hacer girar el engranaje de piñón con el eje de salida; y

10 trasladar un engranaje de cremallera con el engranaje de piñón.

10. El método según la reivindicación 8 en donde:

la rotación del eje de salida en la dirección en el sentido de las agujas del reloj produce un movimiento lineal del eje de la bomba en una primera dirección; y

15 la rotación del eje de salida en el sentido contrario a las agujas del reloj produce un movimiento lineal del eje de la bomba en una segunda dirección opuesta.

11. El método según la reivindicación 8 y que además comprende:

suministrar un flujo constante de corriente al motor eléctrico para mantener un par de torsión constante; y

mantener una salida de presión constante en la bomba.

12. El método según la reivindicación 7 y que además comprende al menos uno de:

20 variar una magnitud de la longitud de una carrera del eje de bomba; y

variar una posición de cambio del eje de bomba donde el eje invierte la traslación lineal.

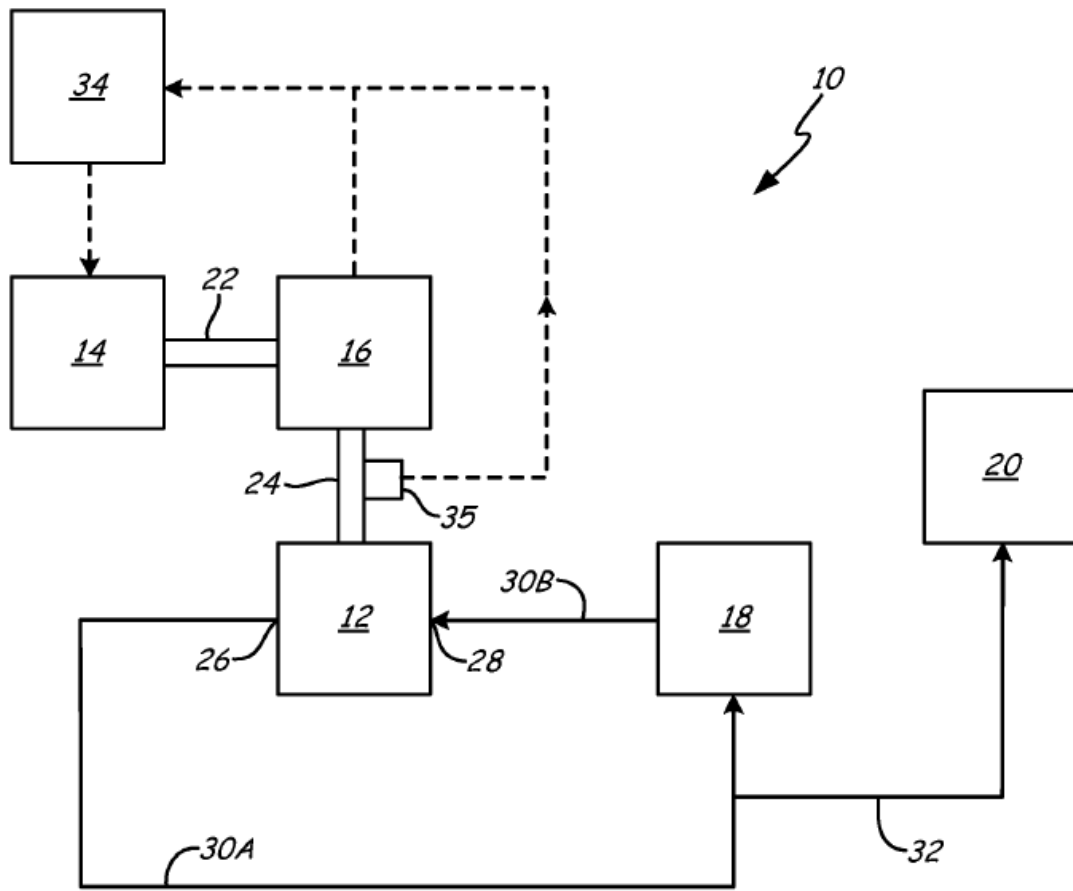


Fig. 1

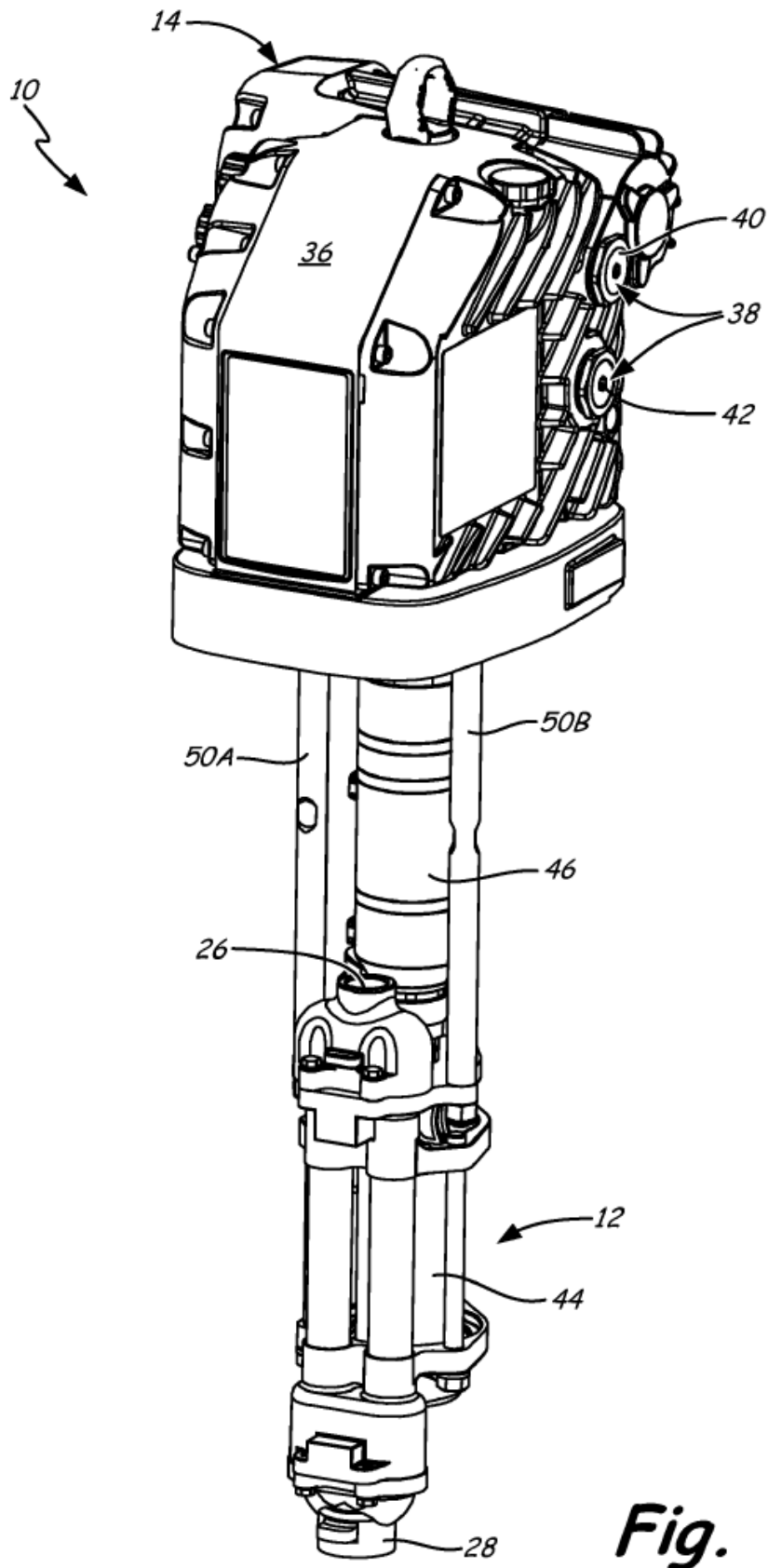


Fig. 2

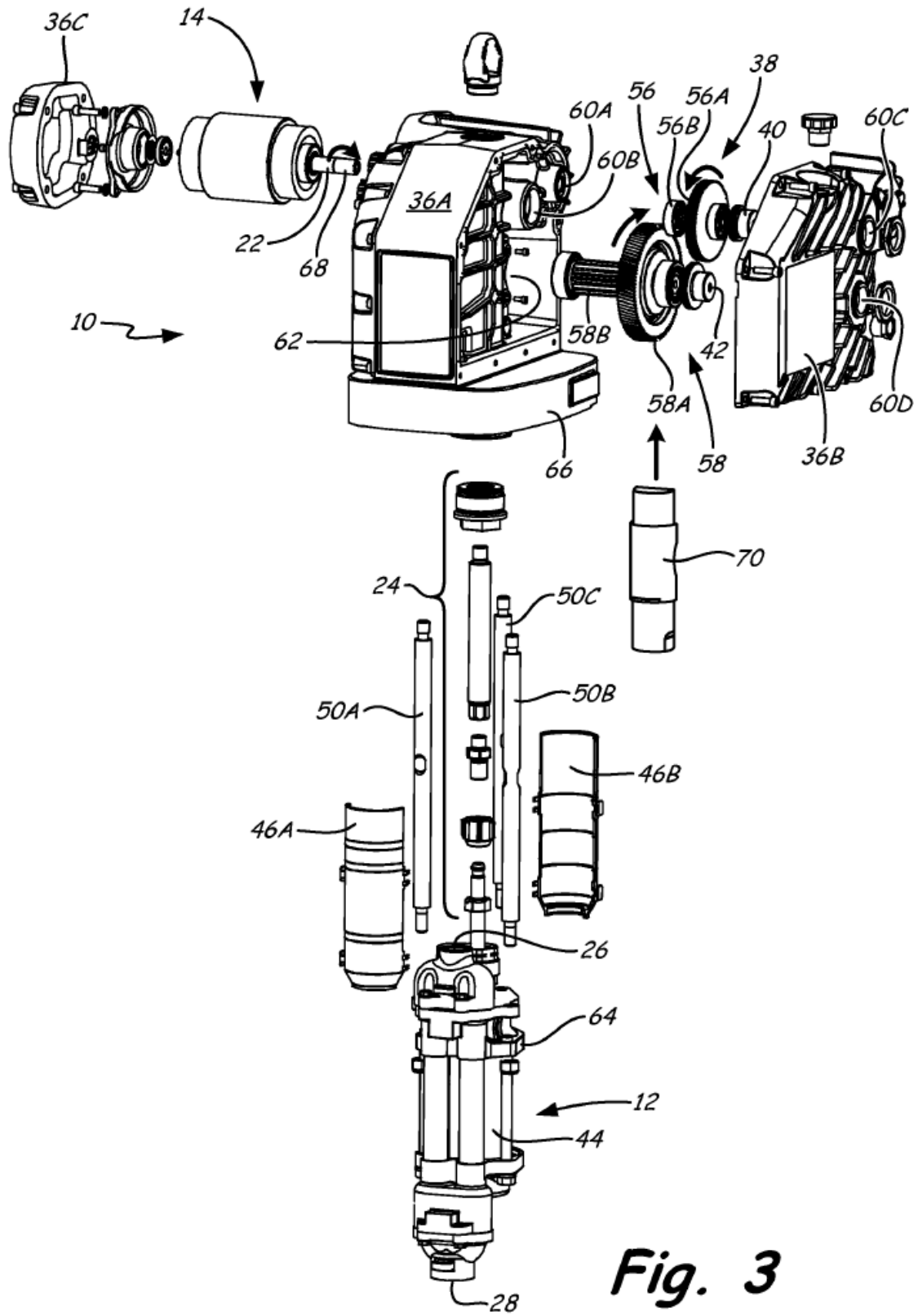


Fig. 3

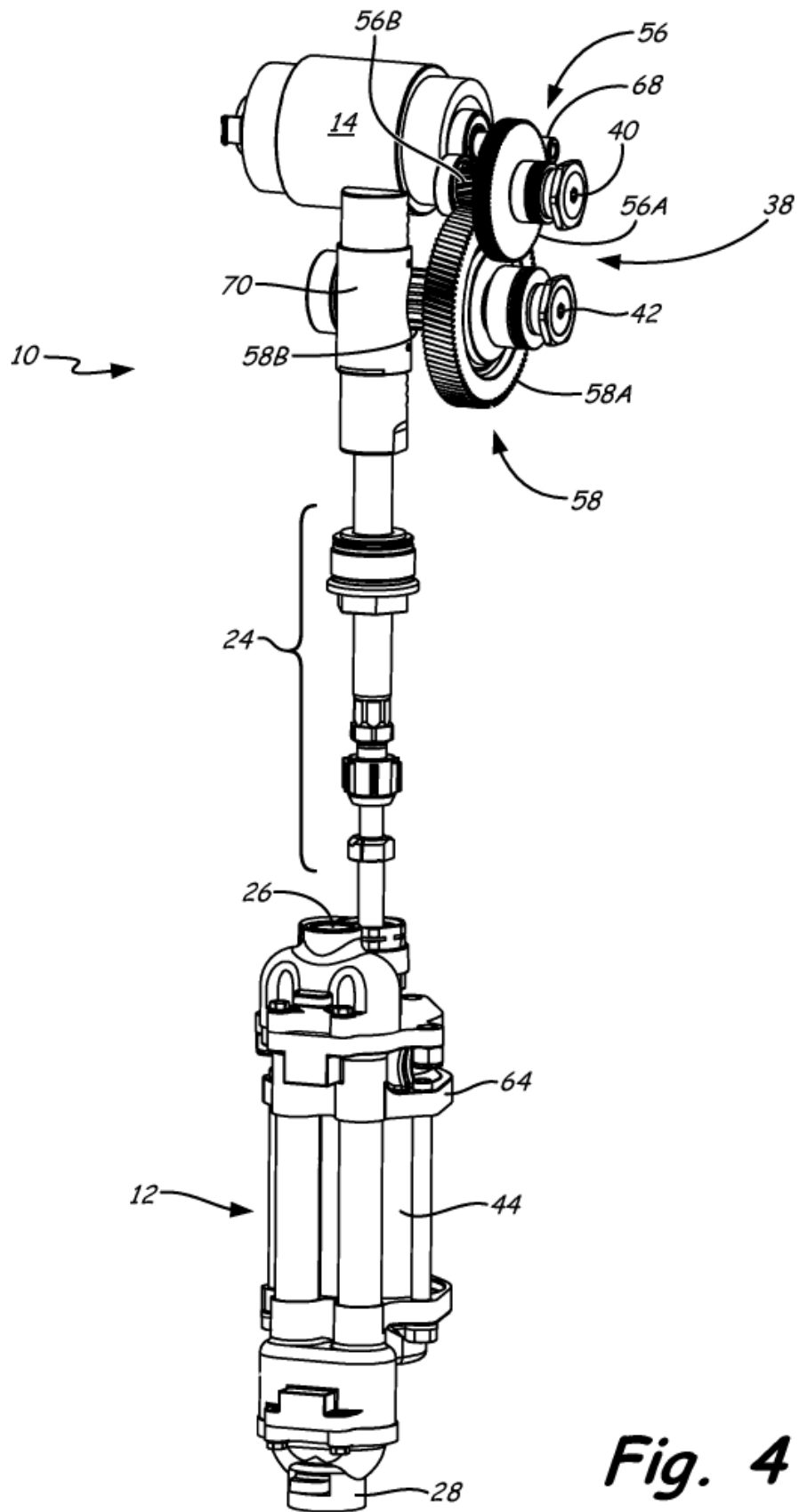


Fig. 4

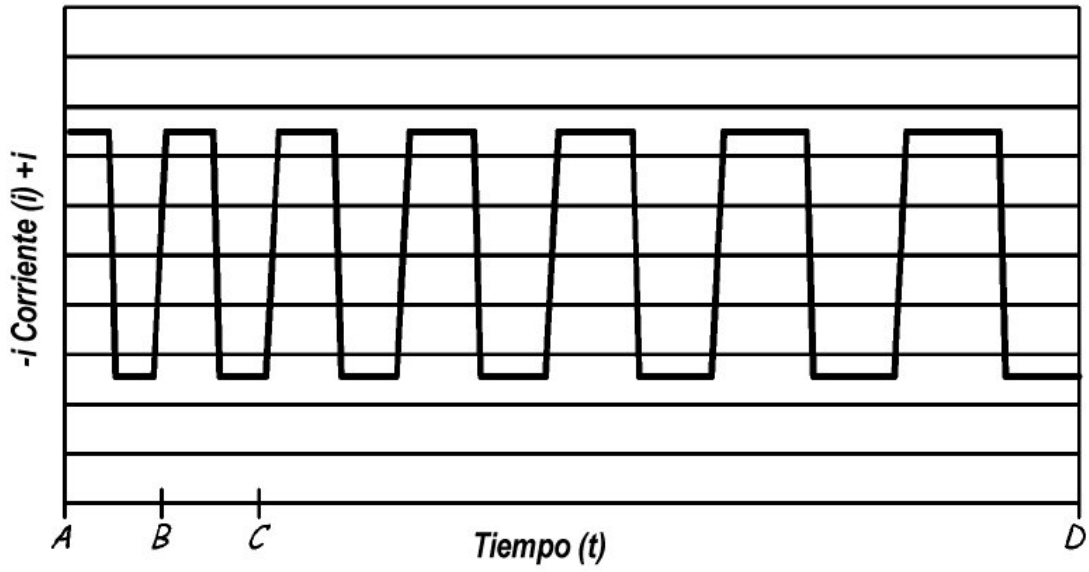


Fig. 5A

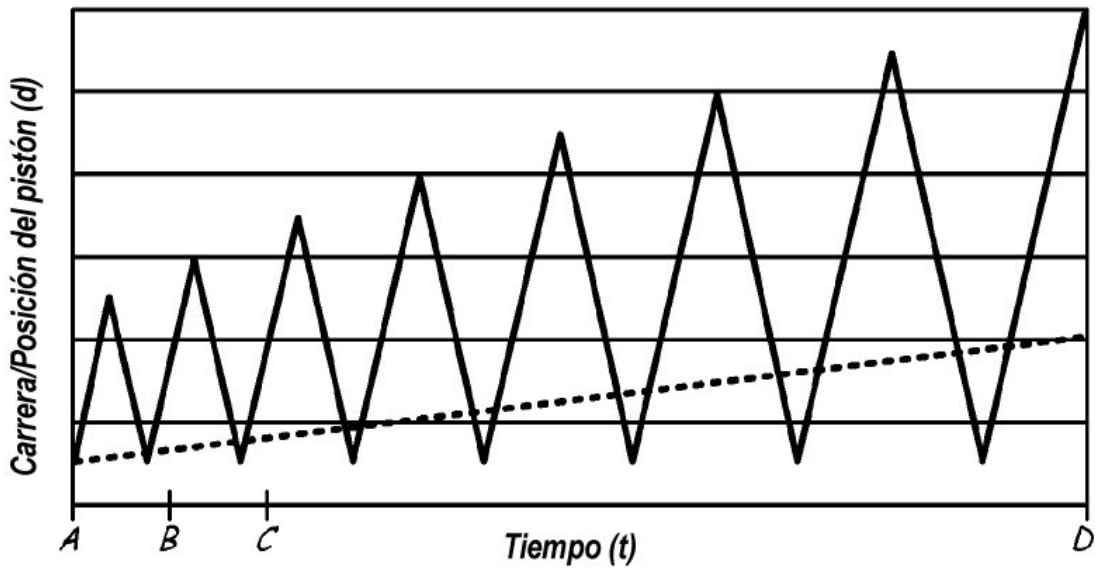


Fig. 5B