

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 808 024**

51 Int. Cl.:

F03B 3/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.07.2017 PCT/EP2017/066644**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.01.2018 WO18007390**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2017 E 17734120 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 3482066**

54 Título: **Procedimiento de optimización de la regulación del empaquetado de por lo menos una turbina hidráulica**

30 Prioridad:

05.07.2016 FR 1656403

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

25.02.2021

73 Titular/es:

**ELECTRICITÉ DE FRANCE (100.0%)
22-30 Avenue de Wagram
75008 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MOUSSEFF, OLIVIER y
HIDEUX, ERIC**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 808 024 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

Procedimiento de optimización de la regulación del empaletado de por lo menos una turbina hidráulica.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento de optimización de la regulación del empaletado de por lo menos una turbina hidráulica.

10 Antecedentes tecnológicos de la invención

La presente invención se sitúa en el campo de la producción de energía por vía hidroeléctrica.

15 En las presas y en las instalaciones de tubería forzada existentes, la energía que se produce depende esencialmente de la presión obtenida gracias a la altura del agua retenida por la presa, respectivamente que cae rápidamente en el interior de la tubería forzada.

20 La obtención de la altura de agua está asegurada o bien por la presa de retención, o bien por la creación de un depósito de agua en altitud. El agua atraviesa una turbina que acciona un alternador que produce electricidad.

Por razones de seguridad que se comprenden fácilmente, unos dispositivos de regulación y de interrupción del flujo están instalados aguas arriba de las turbinas.

25 A continuación se hace referencia a la figura 1 adjunta para explicar la estructura y el funcionamiento de este dispositivo de regulación y de interrupción.

En esta figura, el dispositivo, que rodea una turbina 1 no representada, es visible frontalmente.

30 El dispositivo de regulación y de detención, también denominado en términos del sector "empaletado" o "dispositivo de empaletado", está compuesto por láminas 2 denominadas "directrices", siendo cada una de ellas móvil alrededor de un eje propio 20 en un mismo movimiento de conjunto, que, cuando las directrices ocupan su posición de cierre (tal como la representada en la figura), pasan a apoyarse unas sobre otras (doble flecha h).

35 Este movimiento es posible por la presencia de un "círculo de empaletado" que, en realidad tiene la forma de un anillo 4, y que está unido cinemáticamente a cada una de las directrices 2.

Así, cada una de las directrices 2 está equipada con una manivela 6, fijada a su vez a un extremo de una bieleta 5. Esta bieleta está, por su parte, articulada sobre el círculo de empaletado 4.

40 Para facilitar la consulta de la figura adjunta, numerosos pares bieleta/manivela no han sido representados.

Por otro lado, el círculo de empaletado 4 está asociado a un par de gatos 3. Se extienden paralelamente uno al otro, son diametralmente opuestos, y son la imagen uno del otro en un espejo.

45 Su varilla 30 tiene su extremo libre articulado sobre el círculo 4. Siempre que los dos gatos 3 sean accionados de manera síncrona y en el mismo sentido, esto se traduce en una rotación del círculo de empaletado 4 (véase la doble flecha g).

50 Dicho movimiento de conjunto de las directrices 2 está entonces asegurado según la cadena cinemática siguiente:

/gatos 3 (flecha f) hacia el círculo de empaletado 4 (flecha g) hacia la bieleta 5 (flecha j) hacia la manivela 6 (flecha k) hacia la lámina directriz 2/(flecha h).

55 Evidentemente, en otros modos de realización no representados en la presente memoria, se podría tratar solo de uno de los dos gatos de la figura 1, o solo de un gato provisto de un balancín y solo de uno (o dos) brazos de accionamiento.

60 Otra alternativa sería tener dos gatos, pero no montados en oposición (lo cual necesita entonces que cuando se observa que su varilla se extiende, el otro la retrae).

Con el fin de asegurar la integridad del sistema de empaletado y de la turbina 1, en particular si una o varias directrices 2 están bloqueadas por ejemplo por residuos, las bieletas 5 tienen por función servir de "fusible mecánico" y romperse por lo tanto más allá de un esfuerzo límite.

65 Para garantizar la estanqueidad de la turbina 1 a nivel de las directrices 2, el constructor de la turbina 1 impone una sobrecarga al sistema de empaletado aplicando un exceso de desplazamiento al (a los) gato(s) de mando.

Así, en el ejemplo ilustrado en la presente memoria, el recorrido de la varilla 30 de los gatos 3 es regulable y puede ser ajustado por un dispositivo 31 (de modificación de la longitud de dicha varilla) colocado directamente sobre la varilla 30.

5

Esta sobrecarga provoca un desgaste prematuro de las directrices, manivelas y bieletas, que, en el peor de los casos, puede llegar hasta el deterioro de las directrices y/o la ruptura de las bieletas, lo cual obliga al encargado a unos trabajos de mantenimiento muy importantes.

10

Los distribuidores de los grupos hidráulicos están muy solicitados cuando tienen lugar las fases de arranque y de parada.

Sus funciones son las siguientes:

15

1. Regulación de la energía hidráulica:

Generan la puesta en rotación hasta el acoplamiento a la red del grupo hidráulico. Además, regulan la potencia del grupo desde cero hasta plena potencia.

20

2. Separación de la energía hidráulica:

Separan los grupos de la energía hidráulica y ponen en parada los grupos mediante un cierre normal o rápido, en un tiempo controlado que es muy estratégico.

25

En efecto, el tiempo de maniobra rápida del distribuidor cuando tiene lugar una parada de emergencia provocada por una protección, debe permitir evitar los excesos de velocidad en el grupo, controlando al mismo tiempo la sobrepresión en la parte de alimentación aguas arriba (impacto de la seguridad hidráulica sobre la tubería forzada).

30

3. Aislamiento de la energía hidráulica:

El distribuidor cerrado debe ser suficientemente estanco para evitar que los grupos se reinicien debido a fugas.

Cuando los grupos están parados y no están equipados con una compuerta de seguridad, las fugas generan unas pérdidas de agua y por lo tanto unas pérdidas de explotación.

35

Los esfuerzos del o de los gatos de mando deben ser suficientes para mantener el empaletado cerrado y oponerse al empuje hidrostático que tiende a abrirlo.

40

Los esfuerzos de maniobra y de cierre del distribuidor son, por lo tanto, estratégicos ya que no deben generar ningún desgaste prematuro en la totalidad o parte de la cadena cinemática que pudiera provocar unas fricciones anormales que causan una deriva de los tiempos de maniobra y perturbar la estanqueidad del sistema de empaletado del grupo en parada.

45

La presente invención prevé superar esta dificultad.

Se observará que un procedimiento de acuerdo con las características del preámbulo de la reivindicación 1 adjunta se describe en el documento US 3 613 721.

50

Resumen de la invención

La presente invención se refiere así a un procedimiento de optimización de la regulación del empaletado de por lo menos una turbina hidráulica, estando esta turbina provista de una serie de láminas directrices, siendo estas láminas directivas móviles según un mismo movimiento de conjunto, entre una posición de cierre en la que se apoyan de dos en dos unas sobre las otras y una posición de apertura en la que están alejadas unas de las otras, a través de un círculo de empaletado que está unido cinemáticamente a cada una de estas láminas directrices, estando este círculo de empaletado desplazado a su vez en rotación sobre sí mismo por lo menos por un gato, comprendiendo este gato un dispositivo de regulación del recorrido de su varilla,

55

caracterizado por que comprende por lo menos las etapas siguientes, siendo dicha turbina puesta en parada previamente y fuera del agua y estando la varilla de dicho gato provista de por lo menos un medidor de tensión:

60

1/ Calcular el esfuerzo teórico que debe ser aplicado a dicho gato para obtener un cierre estanco de dichas láminas directrices;

65

2/ Medir, a través de dicho medidor de tensión, el esfuerzo aplicado sobre dicho gato, estando este último fuera de servicio;

- 3/ Tras la puesta en servicio de dicho gato, desplazar su varilla hasta que dichas láminas directrices ocupen dicha posición de cierre y medir el esfuerzo correspondiente, denominado "esfuerzo medido";
- 5 4/ Comparar el esfuerzo medido con el esfuerzo teórico calculado en la etapa 1/;
- 5/ Poner fuera de servicio dicho gato si se constata una diferencia entre los dos esfuerzos al final de la etapa 4/;
- 10 6/ Modificar el recorrido de la varilla de dicho gato por medio de dicho dispositivo de regulación;
- 7/ Tras el accionamiento de dichas láminas directrices para hacer que ocupen dicha posición de apertura, repetir las etapas 3/ a 6/ siempre que dicho esfuerzo medido no haya alcanzado el esfuerzo teórico.
- 15 La regulación del pretensado permite oponerse al empuje hidrostático del sistema de empaletado cerrado, sin exceso de tensiones y deformaciones que puedan generar estos desgastes excesivos.

La optimización de la regulación del pretensado permite también:

- 20 - suprimir las roturas frecuentes de órganos fusibles;
- aumentar la producibilidad de los grupos reduciendo la frecuencia de las operaciones de mantenimiento;
- 25 - limitar las pérdidas de agua disminuyendo las fugas y por lo tanto las pérdidas de explotación;
- asegurar la continuidad de los esfuerzos de maniobra y por lo tanto de velocidad de cierre con respecto a la seguridad hidráulica.

Por otro lado, según otras características no limitativas y ventajosas de este procedimiento:

- 30 - cuando, entre dichas láminas directrices y dicho círculo de empaletado, se utilizan bieletas fusibles, entonces estas bieletas están provistas asimismo de por lo menos un medidor de tensión;
- 35 - comprende una última etapa de prueba en la que se repiten dichas etapas 3/ a 5/ mientras que dicha turbina está en funcionamiento;
- se utiliza, a título de dispositivo de regulación del recorrido de la varilla de dicho gato, por lo menos una cuña o por lo menos un sistema de tornillo/tuerca.
- 40 - se pone en práctica a través de un programa cargado en un ordenador.

Breve descripción de los dibujos

45 Otras características y ventajas de la invención aparecerán con la lectura de la descripción siguiente de un modo de realización preferido de la invención. Esta descripción está realizada con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 50 - como se ha indicado anteriormente, la figura 1 es una vista esquemática frontal de un dispositivo de regulación y de interrupción de una turbina hidráulica al cual se puede aplicar el procedimiento según la presente invención;
- la figura 2 es un esquema que muestra un gato de la instalación de la figura 1 que está equipado con un medidor de tensión.

55 Descripción detallada de la invención

Se describirá a continuación un modo de realización del procedimiento según la invención con referencia a la figura 1 a la que ya se hecho referencia anteriormente.

60 La primera de las etapas distintivas (es decir, la etapa 1/ citada anteriormente) de este procedimiento consiste en un cálculo del esfuerzo teórico que debe ser aplicado al o a los gatos 3 para obtener un cierre estanco de las láminas directrices 2.

65 El cálculo del esfuerzo teórico se realiza en mecánica estática en un fichero de cálculo que tiene en cuenta las diferentes tecnologías de los empaletados existentes. Este fichero debe ser informado sobre varias características que constituirán el objeto de los párrafos a), b), c) y d) explicados a continuación.

La transmisión de los esfuerzos se realiza según dos principios, es decir una transmisión de esfuerzos lineales o por pares.

- 5 Las bielas y bieletas 5 transmiten un esfuerzo lineal. Tienen una conexión con las otras piezas a las que están unidas por el eje de articulación a cada uno de sus extremos.

Por el contrario, el balancín, el círculo de empaquetado 4 y las manivelas 6 describen un movimiento rotativo y transmiten un esfuerzo en forma de un par.

- 10 Así, a título de ejemplo, cada gato 3 (de la figura 1) y su varilla 30 asociada transmiten un esfuerzo lineal al círculo de empaquetado 4. Este último transmite un par que es transformado en un esfuerzo lineal a las bieletas 5 que lo transmiten a su vez a las bielas 6, que, por último, transmiten a su vez un par a las directrices 2.

- 15 Algunas dimensiones y algunos ángulos de estas piezas están determinados por proyección en un programa de dibujo y por unos cálculos trigonométricos.

En efecto, estos ángulos son necesarios para los cálculos de transmisión de pares.

- 20 Este es el caso en particular de los gatos 3 con respecto al círculo de empaquetado 4 (ídem entre el círculo 4 y la bieleta 5 y entre la bieleta 5 y la manivela 6).

- 25 Permiten determinar el radio tangencial, es decir, el radio mínimo real de aplicación del esfuerzo, en otras palabras, la longitud del segmento en un extremo perpendicular al esfuerzo y en el otro extremo en el centro de rotación de la pieza en cuestión.

- 30 El cálculo del par se realiza por el producto del radio tangencial de aplicación del esfuerzo y el valor de dicho esfuerzo. El par se expresa entonces en metros por deca Newton (m.daN). Así, un par de 1 m.daN es el resultado de un esfuerzo de 1 daN sobre un radio de 1 metro.

Las características citadas anteriormente son las siguientes:

a) Esfuerzo del mando:

- 35 - Presión mínima del sistema hidráulico de mando del o de los gatos;
 - Dimensiones de las superficies de pistones sometidas a la presión hidráulica del o de los gatos;
 - $F = P \times S$ con:

- 40 F = fuerza en deca Newton;
 P = Presión en bares;
 S = Superficie de los pistones en m².

b) Determinación del par de mando de cierre de las directrices:

- 45 - Dimensiones de las diferentes piezas unidas entre sí, que forman la cadena cinemática de transmisión de los esfuerzos desde el gato 3 hasta las láminas directrices 2.
 - Posiciones geométricas de ciertas piezas;
 50 - Ángulos en grados entre las piezas que se transmiten los esfuerzos transformados en par;
 - Radios en metro para las piezas que transmiten un par 4.

Unas partes específicas deben ser indicadas según las diferentes tecnologías, y en particular en función de la presencia de un balancín, del número de brazos asociados y del número de gatos 3.

c) Determinación del par sufrido por las láminas directrices bajo la presión de agua (empuje hidrostático):

- 60 - Altura H de caída neta máxima (expresada en metros) de la instalación con vistas a conocer la presión hidrostática P, expresada en bares.
 - Geometrías de las superficies húmedas de las directrices sometidas a presión hidrostática, es decir:

- 65 $S1 = R1 \times H$ en la que R1 es el radio del borde de entrada y en la que la superficie está expresada en m²;

ES 2 808 024 T3

$S2 = R2 \times H$, en la que $R2$ es el radio del borde de fuga y en el que la superficie está expresada en m^2 ;

- $F = P \times (S1 - S2)$, fuerza residual (en daN) que tiene por efecto abrir (si $S1 < S2$) o cerrar (si $S1 > S2$) las directrices. Evidentemente, $F = 0$ cuando $S1 = S2$;
- $Rm = (R1 - R2)/2$, radio medio de aplicación de F , en metros;
- $C = F \times Rm$, par hidrostático (en m.daN) que tiene por efecto abrir o cerrar las directrices según si $S1 < S2$ o $S1 > S2$.

d) Pretensado requerido:

Una vez indicadas las características anteriores, un cálculo automatizado permite determinar los esfuerzos del pretensado que deberán ser aplicados en el cierre por las bielass de unión 5 del o de los gatos 3 al círculo 4, según la exactitud de dicho procedimiento. Este cálculo automatizado compara el par de cierre con el par hidrostático y aplica un margen con una tolerancia de regulación.

Una vez realizado este cálculo teórico, se procede a la realización de la segunda etapa del procedimiento, es decir la medición, a través de un medidor de tensión, del esfuerzo aplicado sobre dicho por lo menos un gato con el que está equipada la turbina, estando este gato fuera de servicio.

Como se muestra en la figura 2, este medidor 7 está colocado sobre la varilla 30 de cada gato 3. A título indicativo, un medidor bidireccional como el comercializado por la compañía HBM con la referencia 1XY31-6/350 o por la compañía VISHAY MICROMESURE con la referencia 06-CEA-125UT-350 es completamente adecuado.

Por tanto, este procedimiento comprende la instrumentación de medidores de deformación 7, con el fin de medir estos esfuerzos en la varilla 30 y los órganos de unión de cada gato 3 del círculo de empaletado 4.

La medición de las presiones de mando de los servomotores de los gatos 3 y la medición de sus desplazamientos permiten asegurar el buen funcionamiento de estos y verificar que el pretensado aplicado corresponde a la potencia correcta de los gatos.

Más precisamente, el control y la regulación del pretensado se realizan de la siguiente manera, tras la colocación de por lo menos un medidor de tensión 7 sobre la varilla 30 de cada gato 3 y, si es necesario, en las bieletas fusibles 5:

- a. puesta en parada de la instalación, estando la máquina fuera del agua;
- b. control y/o regulación óptimos de cierre de las láminas directrices 2, es decir en contacto unas con las otras;
- c. medición en vacío, a través del medidor de tensión 7, del esfuerzo aplicado sobre cada gato 3, no ejerciendo este último ningún esfuerzo;
- d. una puesta de nuevo en servicio del mando hidráulico del/de los gatos 3;
- e. después de la puesta de nuevo en servicio de dicho gato 3, desplazamiento de su varilla 30 hasta que las láminas directrices 2 ocupen su posición de cierre y medición del esfuerzo correspondiente. Este esfuerzo se califica de "esfuerzo medido";
- f. comparación de este esfuerzo medido con el esfuerzo teórico medido previamente;
- g. parada del mando hidráulico de cada gato 3 y puesta fuera de servicio de este si se ha constatado una diferencia entre estos dos esfuerzos;
- h. modificación del recorrido de la varilla 30 de cada gato 3 con la ayuda del dispositivo de regulación 31 (este dispositivo 31 puede comprender por lo menos una cuña o un sistema de tornillo/tuerca);
- i. tras el accionamiento de dichas láminas directrices 2 para hacer que ocupen su posición abierta, repetición de las etapas e) y siguientes siempre que dicho esfuerzo medido no haya alcanzado el esfuerzo teórico.

Una última etapa de prueba consiste en repetir dichas etapas e) a g) mientras que dicha turbina 1 está en funcionamiento.

Preferentemente, un ordenador permite la interpretación de la medición de los esfuerzos para la comparación con el fichero de cálculo del esfuerzo teórico.

La realización del procedimiento de la presente invención aporta en particular las ventajas siguientes:

- Regulación de los esfuerzos de cierre al valor estrictamente necesario.
- 5 - Medición precisa, en directo, del valor de pretensado que corresponde a la posición del círculo de empaletado cerrado.
- Medición los esfuerzos debidos a las fricciones durante las maniobras.
- 10 - Medición de agua bajo el empuje hidrostático real y verificación del logro de los resultados óptimos.
- Distribución de los esfuerzos en cada elemento de mando (en el caso en el que se utilicen varios brazos de maniobra).
- 15 La presente invención se aplica a todas las turbinas hidroeléctricas, ya sean de tipo FRANCIS, KAPLAN, de bulbo, de hélice o reversible (es decir, que puede funcionar como turbina o como bomba).

Esta metodología puede ser aplicada a unos grupos de cualquier potencia y de cualquier altura de caída.

20 Cuando el procedimiento se aplica a una u otra de las turbinas anteriores, procura las ventajas siguientes:

- Ganancia de producibilidad;
- Reducción del mantenimiento;
- 25 - Aumento de la vida útil de las piezas de desgaste y de guiado;
- Control de los esfuerzos en la cadena cinemática;
- 30 - Fiabilidad del funcionamiento de la cadena cinemática en el tiempo y, por ello, de los tiempos de maniobra (con lo cual, un impacto positivo en la seguridad hidráulica);
- Reducción del desgaste de las compuertas de seguridad mediante un mejor equilibrado de las presiones antes de maniobrarlas (la estanqueidad del empaletado impacta en la presión de equilibrado en la zona comprendida entre la compuerta y el empaletado).
- 35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de optimización de la regulación del empaletado de por lo menos una turbina hidráulica (1), estando esta turbina (1) provista de una serie de láminas directrices (2), siendo estas láminas directrices (2) móviles según un mismo movimiento de conjunto, entre una posición de cierre en la que se apoyan de dos en dos unas sobre las otras y una posición de apertura en la que están alejadas unas de las otras, a través de un círculo de empaletado (4) que está unido cinemáticamente a cada una de estas láminas directrices (2), siendo este círculo de empaletado (4) desplazado a su vez en rotación sobre sí mismo por lo menos por un gato (3), comprendiendo este gato (3) un dispositivo de regulación (31) del recorrido de su varilla (30),
- 10 caracterizado por que comprende por lo menos las etapas siguientes, siendo dicha turbina (1) puesta en parada previamente y fuera del agua y estando la varilla (30) de dicho gato (3) provista de por lo menos un medidor de tensión (7):
- 15 1/ Calcular el esfuerzo teórico que debe ser aplicado a dicho gato (3) para obtener un cierre estanco de dichas láminas directrices (2);
- 20 2/ Medir, a través de dicho medidor de tensión (3), el esfuerzo aplicado sobre dicho gato (3), estando este último fuera de servicio;
- 25 3/ Tras la puesta en servicio de dicho gato (3), desplazar su varilla (30) hasta que dichas láminas directrices (2) ocupen dicha posición de cierre y medir el esfuerzo correspondiente, denominado "esfuerzo medido";
- 30 4/ Comparar el esfuerzo medido con el esfuerzo teórico calculado en la etapa 1/;
- 35 5/ Poner fuera de servicio dicho gato (3) si se constata una diferencia entre los dos esfuerzos al final de la etapa 4/;
- 6/ Modificar el recorrido de la varilla (30) de dicho gato (3) por medio de dicho dispositivo de regulación;
- 7/ Tras el accionamiento de dichas láminas directrices (2) para hacer que ocupen dicha posición de apertura, repetir las etapas 3/ a 6/ siempre que dicho esfuerzo medido no haya alcanzado el esfuerzo teórico.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que se utilizan, entre dichas láminas directrices (2) y dicho círculo de empaletado (4), unas bieletas fusibles (5), caracterizado por que estas bieletas están provistas asimismo de por lo menos un medidor de tensión (7).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una última etapa de prueba en la que se repiten las etapas 3/ a 5/ mientras que dicha turbina (1) está en funcionamiento.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se utiliza, a título de dispositivo de regulación (31) del recorrido de la varilla (30) de dicho gato (3), por lo menos una cuña o por lo menos un sistema de tornillo/tuerca.
- 45 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se pone en práctica a través de un programa cargado en un ordenador.

FIG. 1

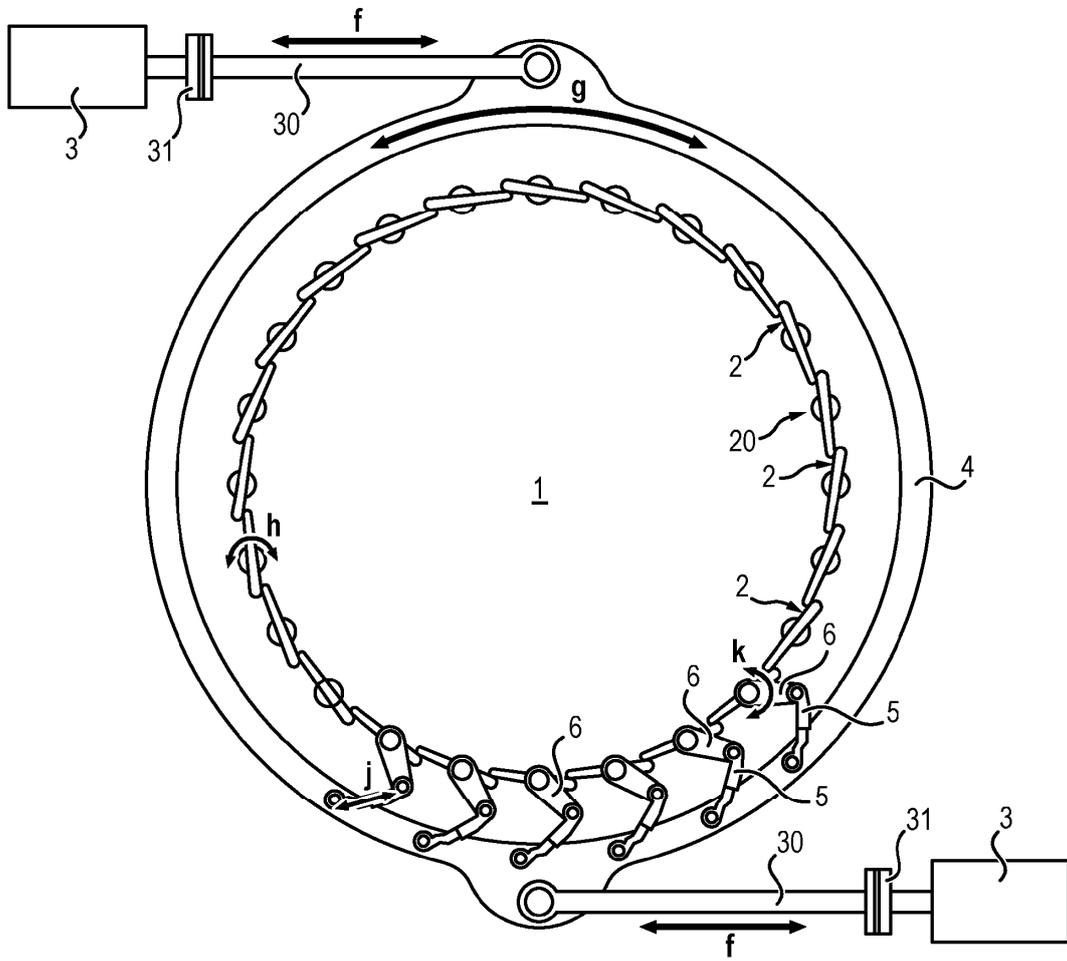


FIG. 2

