

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 976 037**

51 Int. Cl.:

**F16H 15/38** (2006.01)

**F16H 61/664** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.03.2020** **PCT/EP2020/058952**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.10.2021** **WO21197568**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2020** **E 20717582 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2024** **EP 4127514**

54 Título: **Un método para controlar una transmisión variable continua y una transmisión equipada con un sistema de control para implementar dicho método**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.07.2024**

73 Titular/es:

**MAZARO NV (100.0%)**  
**Bommelsrede 42**  
**9070 Destelbergen, BE**

72 Inventor/es:

**DE MAZIERE, FILIP y**  
**PRESENT, LUCAS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 976 037 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 método para controlar una transmisión variable continua y una transmisión equipada con un sistema de control para implementar dicho método

**Campo de la invención**

La presente invención está relacionada con las transmisiones variables para la conducción de vehículos de carretera, vehículos todoterreno, maquinaria agrícola, o para la conducción de auxiliares en vehículos, así como componentes industriales como generadores y compresores en equipos fijos o móviles. La invención se refiere en particular a un método de control para una transmisión variable continua (-CVT), que utiliza el balanceo sin perforación de un ensamble de ruedas planetarias sobre las superficies de una rueda anular y una rueda solar, cuyas superficies de rodadura están diseñadas según una curva específica que permite el balanceo sin perforación. En la presente descripción, se aplicará el término "curva-CVT" para este tipo concreto de transmisión. El balanceo sin perforación significa que sólo hay un minúsculo microdeslizamiento en los contactos de rodadura de transmisión de par de las ruedas de tracción. Los documentos WO2009/146748A1 y WO2017/174106 muestran ejemplos de este tipo de transmisión.

**Arte previo.**

La CVT curva es un tipo de transmisión variable continua que incluye 1 o más variadores, como se muestra en las figuras 1 y 2, que comprenden una rueda anular 1, una o más ruedas planetarias 3 y una rueda solar 2. Las ruedas planetarias 3 están montadas de forma que puedan girar libremente sobre sus respectivas articulaciones 5 con respecto a un anillo de soporte común (no mostrado) que, en la realización mostrada, está conectado a un alojamiento de transmisión (no mostrado). La rueda anular 1 y la rueda solar son giratorias en torno a un eje central común 4.

Las ruedas anular, solar y planetaria se denominan ruedas de tracción y están configuradas para transmitir la rotación de un árbol de entrada (no mostrado) conectado a la rueda anular 1, a la rotación de un árbol de salida (no mostrado) conectado a la rueda solar 2.

Para transmitir el par por tracción entre la rueda anular 1 y las ruedas planetarias 3 y entre las ruedas planetarias 3 y la rueda solar 2, se requiere una fuerza de abrazadera mínima NR y NZ respectivamente. Estas fuerzas actúan perpendicularmente sobre el plano tangente en el punto de contacto 6 entre la rueda anular 1 y la rueda planetaria 3 y sobre el plano tangente en el punto de contacto 7 entre la rueda planetaria 3 y la rueda solar 2 respectivamente. Aplicando un par de accionamiento sobre la rueda anular 1, la rueda solar 2 será accionada con una cierta relación en función del ángulo de inclinación 8 entre el eje de rotación de la rueda planetaria y la normal sobre el eje de rotación común 4 de la rueda anular 1 y la rueda solar 2. Los pares en la rueda anular 1 y la rueda solar 2 inducen fuerzas de tracción en los puntos 6 y 7 respectivamente. Estas fuerzas de tracción están orientadas perpendicularmente sobre el plano de la figura.

Este tipo de CVT curva se controla tradicionalmente mediante un sistema de control que garantiza el mantenimiento del microdeslizamiento en cualquier condición de trabajo en estado estacionario de la transmisión en términos de velocidad del árbol de entrada, par transmitido y relación de transmisión. En otras palabras, el sistema de control aplica valores predefinidos de las fuerzas NR y NZ en función de las condiciones de trabajo anteriores: cuando la transmisión funciona a una velocidad de entrada y un par determinados y a una relación constante dada, se aplican fuerzas predefinidas NR y NZ que garantizan que se produzca el balanceo dentro del microdeslizamiento. Como estas fuerzas se definen cuando la relación es constante, en adelante se denominarán fuerzas de sujeción estáticas.

Con referencia a la figura 2 : cuando la transmisión está transmitiendo potencia y su relación aumenta o disminuye, el ángulo de inclinación 8 es variable lo que induce también fuerzas transversales TR y TZ que actúan perpendicularmente sobre las fuerzas de tracción y sobre las fuerzas de apriete en los puntos de contacto 6 y 7. Cuando cambia la relación de transmisión, las ruedas de tracción se ven obligadas a balancearse sobre un diámetro de rodadura cambiante, lo que induce un deslizamiento transversal en los contactos de rodadura. Mediante este deslizamiento transversal, las ruedas de tracción rodantes se deslizan perpendicularmente en la dirección de rodadura. El deslizamiento transversal es paralelo a las fuerzas TR y TZ mostradas en la fig.2, mientras que el deslizamiento longitudinal está orientado perpendicularmente en el plano de la sección transversal.

Para mantener las condiciones de microdeslizamiento durante el cambio de la relación de transmisión, los sistemas de control conocidos actualmente aumentan las fuerzas de sujeción estáticas NR y NZ por un componente de fuerza dinámica durante el cambio de relación. Esto se ilustra en la Figura 2, que muestra el efecto de un cambio rápido de la relación sobre las fuerzas. Se observa que las fuerzas normales NR y NZ son superiores a los valores estáticos. El componente de fuerza dinámica depende de la velocidad del cambio de relación. En otras palabras, durante un cambio de la relación, se aplican fuerzas de abrazadera mayores en comparación con las fuerzas de abrazadera estáticas aplicables para una relación constante. La fuerza de abrazadera dinámica es sólo un pequeño porcentaje de la fuerza de abrazadera estática para velocidades lentas y medias de cambio de relación, pero la fuerza de abrazadera dinámica llega a ser significativa para cambios de relación muy rápidos. Aunque estos cambios tan rápidos ocurren raramente,

la construcción mecánica y los controles deben diseñarse para ello de todos modos, ya que un cambio de relación muy rápido puede solicitarse también con la capacidad de par máxima de la transmisión.

Los sistemas de control más comunes aplicados para controlar una CVT curva utilizan energía hidráulica. En la realización mostrada en la fig. 1, un cilindro estacionario 12 con un pistón hidráulico 10 en su interior está empujando sobre un cojinete de empuje (no mostrado) contra la rueda anular 1 y de forma similar otro pistón 11 en un cilindro estacionario 13 está empujando contra la rueda solar 2 de forma que ambos pistones empujan juntos las ruedas de tracción bajo la influencia de las presiones hidráulicas  $p_1$  y  $p_2$ . Los pistones se desplazan axialmente bajo la influencia de un fluido hidráulico que circula por los conductos de alimentación 14 y 15. Mediante estos 2 pistones se puede controlar totalmente la transmisión: las fuerzas de sujeción y el ángulo de inclinación se pueden controlar de forma independiente. La conexión de los árboles de entrada y salida a la rueda anular y a la rueda solar, respectivamente, no se muestra en detalle en los dibujos. Esta conexión puede realizarse, por ejemplo, mediante una conexión de ranura deslizante, conocida como tal en el estado de la técnica y, por tanto, no descrita aquí en detalle.

Un cambio de relación se realiza desplazando los pistones axialmente, lo que se hace accionando un flujo controlado hacia un cilindro y simultáneamente hacia fuera del otro cilindro, mientras se controlan las presiones  $p_1$  y  $p_2$  de forma continua durante todo el cambio de relación. El control puede realizarse mediante uno o varios bucles de control, en los que intervienen sensores de presión y/o un sensor de desplazamiento, de modo que las fuerzas de contacto NR y NZ se controlan en múltiples instantes a lo largo del cambio de relación, de acuerdo con unos valores objetivo predefinidos. Las fuerzas de contacto NR y NZ se controlan basándose en un algoritmo implementado en el sistema de control y conocido como tal, que tiene en cuenta el par transmitido, las velocidades de los árboles y la velocidad del cambio de relación.

Cuanto mayor sea el par transmitido, mayor será la presión sobre los pistones hidráulicos 10 y 11. La construcción de las piezas de la transmisión y de los componentes hidráulicos debe ser lo suficientemente resistente como para soportar estas presiones. Un aumento de la presión debido a las fuerzas dinámicas de abrazadera es, por tanto, una desventaja, especialmente durante los cambios rápidos de relación.

El control de la presión se realiza generalmente mediante una bomba accionada directamente por el motor del vehículo o por un motor eléctrico. La presión de la bomba se regula a una presión fija o variable para que la presión sea al menos tan alta como la máxima de todos los requisitos de accionamiento hidráulico. La presión a cada pistón de accionamiento se regula mediante una válvula reductora de presión proporcional, controlada por un solenoide eléctrico. Cuando aumenta el volumen en un cilindro de accionamiento 12 o 13, el solenoide alimenta el flujo en este cilindro, consumiendo energía hidráulica de la bomba. Cuando el volumen de aceite en un cilindro de accionamiento disminuye, el solenoide drena el aceite al cárter de la transmisión, disipando la energía. Sin embargo, las electroválvulas provocan una importante caída de presión cuando alimentan o drenan un flujo elevado, que debe compensarse garantizando una mayor presión de bombeo. La caída de presión hace que los sistemas de control accionados por solenoide resulten particularmente ineficaces en cuanto a la entrega de las fuerzas de abrazadera dinámicas requeridas por el método de control descrito anteriormente, especialmente en caso de cambios rápidos de relación. Los solenoides también son vulnerables a la suciedad del aceite hidráulico. Las pequeñas partículas de suciedad pueden hacer que el solenoide se atasque y que la presión real no coincida con la solicitada. Además, los solenoides están montados en un bloque hidráulico, que requiere un mecanizado preciso y costoso.

### **Breve descripción de la invención**

La invención pretende controlar una curva-CVT sin perforación sin requerir aumentos excesivos de presión durante los cambios rápidos de relación. Este objetivo se consigue mediante el método de control de una curva-CVT de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas, y mediante una curva-CVT que incluye un sistema de control de acuerdo con la invención. El método de la invención es un método para controlar una curva-CVT sin perforación que comprende una rueda anular, un ensamble de ruedas planetarias y una rueda solar, en el que la rueda anular, la planetaria y la solar están sujetas entre sí. Las fuerzas normales para una relación constante se denominan valores estáticos de las fuerzas normales. Al igual que en las curvas-CVT del arte previo, los valores estáticos de las fuerzas normales entre el anillo y la rueda solar, por un lado, y las ruedas planetarias, por otro, están bien definidos cuando la relación de transmisión es constante, es decir, cuando el ángulo de giro de las ruedas planetarias es constante. El método está configurado para que durante un aumento o disminución continuos de la relación de transmisión, cualquier componente de fuerza añadida a los valores estáticos de la primera y/o la segunda fuerza normal sea cero o menor que un componente de fuerza predefinido que se requiere para mantener una condición de microdeslizamiento de los contactos de rodadura entre las ruedas planetarias y las ruedas anulares y solares. Este control de las fuerzas se aplica independientemente de la velocidad del cambio de relación.

La invención se refiere en particular a un método para controlar una transmisión variable continua que comprende un árbol de entrada y un árbol de salida dispuestos de forma giratoria alrededor de un eje de rotación central común, una rueda anular y una rueda solar dispuestas coaxialmente con respecto al eje central, y al menos un ensamble de ruedas planetarias pivotables, determinando el ángulo de pivote de las ruedas planetarias la relación de transmisión de la transmisión, en donde :

- la transmisión funciona mediante el balanceo sin perforación de las ruedas planetarias sobre las superficies de la rueda anular y la rueda solar, independientemente del ángulo de giro de las ruedas planetarias,.

5       • la rueda anular, las ruedas planetarias y la rueda solar están abrazadas entre sí de forma que la rueda anular ejerce una primera fuerza normal (NR) sobre cualquier rueda planetaria dada y la rueda solar ejerce una segunda fuerza normal (NZ) sobre dicha rueda planetaria,

10       • el método está configurado para controlar dichas primera y segunda fuerzas normales (NR,NZ), de modo que, cuando la transmisión funciona a una velocidad de entrada dada, un par transmitido dado y una relación de transmisión constante dada, se aplica un valor estático predefinido de la primera y segunda fuerza normal, y se aplica una condición de microdeslizamiento a los contactos de rodadura entre las ruedas planetarias y la rueda anular y la rueda solar,.

15       caracterizado porque:

20       • durante un aumento o disminución continuos del ángulo de giro y, por tanto, de la relación de transmisión, cualquier componente de fuerza añadida a los valores estáticos de la primera y la segunda fuerza normal es cero o menor que un componente de fuerza predefinido que se requiere para mantener la condición de microdeslizamiento.

Según una realización, durante el aumento o la disminución de la relación de transmisión, una de las fuerzas normales se mantiene en el valor estático mientras que la otra se controla para superar las fuerzas de reacción tangenciales generadas por el cambio del ángulo de giro.

25       Según una realización, la rueda anular y la rueda solar están sujetas entre sí bajo la influencia directa o indirecta de una primera y una segunda presión hidráulica.

30       Dichas presiones hidráulicas pueden actuar directamente sobre pistones hidráulicos respectivos, configurados para moverse axialmente en la dirección del eje central, y en los que la rueda anular y la rueda solar están fijadas a los pistones respectivos.

35       La invención se refiere igualmente a una transmisión variable continua que comprende un árbol de entrada y un árbol de salida dispuestos de forma giratoria alrededor de un eje de rotación central común, una rueda anular, una rueda solar dispuestas coaxialmente con respecto al eje central y al menos un ensamble de ruedas planetarias pivotantes, determinando el ángulo de pivote de las ruedas planetarias la relación de transmisión de la transmisión, en donde la transmisión funciona mediante el balanceo sin perforación de las ruedas planetarias sobre las superficies de la rueda anular y la rueda solar, independientemente del ángulo de pivote de las ruedas planetarias, en donde la rueda anular y la rueda solar están abrazadas entre sí de modo que la rueda anular ejerce una primera fuerza normal (NR) sobre cualquier rueda planetaria dada y la rueda solar ejerce una segunda fuerza normal (NZ) sobre dicha rueda planetaria, caracterizado porque la transmisión comprende un sistema de control configurado para controlar la transmisión de acuerdo con el método de la invención.

45       Según una realización, dicho sistema de control es un sistema de control hidráulico. En este último caso, la transmisión puede regularse mediante una primera y una segunda presión hidráulica realizada en un primer y un segundo cilindro hidráulico por un fluido hidráulico, actuando dichas presiones para abrazaderas la rueda anular y la rueda solar juntas.

50       Según una realización, la primera y la segunda presión actúan directamente sobre los respectivos primer y segundo pistones que son móviles dentro de dichos respectivos primer y segundo cilindros.

Dicho sistema de control puede comprender un primer y un segundo ensamblaje de motor/bomba, cada ensamble comprende una bomba hidráulica acoplada a un motor eléctrico, estando dichos ensamblajes configurados para controlar dichas presiones primera y segunda en los cilindros respectivos.

55       Según una realización, el puerto de salida de la bomba de un ensamble de motobomba está conectado al puerto de entrada de la bomba del otro ensamble de motobomba.

60       Según una realización, las bombas de los ensambles motor-bomba pueden actuar como motores hidráulicos, y en donde los motores eléctricos de los ensambles motor-bomba pueden actuar como generadores.

#### **Breve descripción de las figuras**

La Figura 1 ilustra las fuerzas normales que actúan sobre las ruedas de tracción de un CVT de curva sin perforación cuando la transmisión funciona con una relación de transmisión constante.

La Figura 2 ilustra las fuerzas aplicadas por los sistemas de control del arte previo cuando cambia la relación de transmisión a una velocidad determinada del cambio de relación.

5 La Figura 3 ofrece un ejemplo de las fuerzas aplicadas de acuerdo con el método de la invención cuando la relación de transmisión cambia a una velocidad comparable a la del caso de la figura 2.

La Figura 4 muestra un sistema de control hidráulico para controlar una curva-CVT sin perforación de acuerdo con una realización preferida de la invención.

10 La Figura 5 muestra un sistema de control hidráulico para controlar una curva-CVT sin perforación de acuerdo con una realización alternativa de la invención

### **Descripción detallada de la invención**

15 La Figura 1 ilustra los componentes básicos antes descritos de una CVT curva sin perforación, tal como se conoce por el documento WO2017/174106, y controlada por presiones hidráulicas p1 y p2 que actúan a través de un pistón y un cojinete de empuje sobre la rueda anular 1 y la rueda solar 2, respectivamente. Son posibles otras alternativas, en las que la rueda anular 1 o la rueda solar 2 es estacionaria y la estructura a la que están acopladas las articulaciones 5, ya sea un árbol central o un anillo circunferencial, es móvil axialmente. La invención es aplicable también a estas realizaciones. No obstante, la invención se explicará basándose en la realización mostrada en la figura 1, en donde el anillo 1 y la rueda solar 2 son giratorios y desplazables axialmente, y en donde las articulaciones 5 son fijas.

20 Como se indica en la introducción, la Figura 1 muestra las fuerzas normales NR y NZ cuando la transmisión funciona con una relación de transmisión constante. Estas fuerzas de abrazadera NR y NZ son las fuerzas "normales" en el sentido de que actúan perpendicularmente en el plano tangente en el punto de contacto 6 entre la rueda anular 1 y la rueda planetaria 3 y en el plano tangente en el punto de contacto 7 entre la rueda planetaria 3 y la rueda solar 2. Aplicando un par de accionamiento sobre la rueda anular 1, la rueda solar 2 se acciona con una determinada relación en función del ángulo de inclinación 8 de las ruedas planetarias 3. Los pares en la rueda anular 1 y la rueda solar 2 inducen fuerzas de tracción en los puntos de contacto 6 y 7. Estas fuerzas de tracción están orientadas perpendicularmente sobre el plano del dibujo. Como la transmisión funciona sin deslizamiento del taladro, sólo hay un minúsculo microdeslizamiento en los contactos rodantes de transmisión del par de las ruedas de tracción. Típicamente, dicho microdeslizamiento se sitúa entre el 0,1 y el 0,3%. Debido a las fuerzas de tracción, este microdeslizamiento es un deslizamiento tangencial, por lo que el deslizamiento se produce en paralelo a la dirección de balanceo.

35 En la literatura científica sobre mecánica de contacto de cuerpos en balanceo, el microdeslizamiento se describe de la siguiente manera: 2 cuerpos tridimensionales se balancean uno sobre otro y son cargados por una fuerza normal en su punto de contacto, de modo que los cuerpos se deforman elásticamente y se crea una zona de contacto. Cuando se ejerce tracción entre los 2 cuerpos, el deslizamiento entre los cuerpos se denomina microdeslizamiento siempre que el área de contacto comprenda una zona en donde los puntos de material de los 2 cuerpos se adhieran entre sí. 40 En el resto de la zona de contacto, las superficies resbalan una sobre otra debido a la deformación elástica de los cuerpos. Cuando la zona de adherencia desaparece (debido a una tracción elevada o a una fuerza normal baja) el deslizamiento deja de ser microslip para convertirse en macroslip. En la presente descripción, se aplica el significado científico anteriormente descrito de "microslip" y "macroslip". A veces se aplica la misma terminología a las transmisiones variables continuas accionadas por correa (CVTs de correa) en las que no hay contactos rodantes. Por lo tanto, cualquier documentación sobre correas-CVT que haga referencia al microslip y/o al macroslip no es relevante para la presente solicitud de patente.

50 Como se indica en la introducción y se ilustra en la figura 2, la estrategia de control actual para los CVT de curva sin perforación consiste en mantener el balanceo siempre dentro del microdeslizamiento durante todo el cambio de relación, aplicando un componente de fuerza dinámica que depende de la velocidad del cambio de relación y que puede llegar a ser muy elevado en cambios de relación rápidos, lo que provoca elevados aumentos de presión en los cilindros 12 y 13. Esto puede reducir la eficacia, especialmente cuando el sistema de control está equipado con válvulas de control accionadas por solenoide.

55 Los inventores han comprobado, a partir de investigaciones teóricas y prácticas, que la fuerza dinámica durante los cambios de relación no es necesaria para garantizar un funcionamiento óptimo de la curva-CVT sin perforación. El método de la invención se basa en este hallazgo contraintuitivo. Según el método de la invención, no se añade ningún componente de fuerza dinámica de mantenimiento del microdeslizamiento a los valores estáticos de NR y NZ, durante un aumento o disminución continuos de la relación. Por "componente de fuerza dinámica de mantenimiento del microdeslizamiento" se entiende, un componente de fuerza que depende de la velocidad del cambio de relación y que está configurado para mantener la condición de microdeslizamiento durante el cambio de relación. Según una realización preferida, la fuerza de sujeción estática para una de las fuerzas normales NR o NZ (cuál de las dos depende de la dirección en donde cambia la relación) se aplica durante todo el cambio de relación, independientemente de la velocidad del cambio. Esto se ilustra en la Figura 3, que muestra un ejemplo de las fuerzas aplicadas en reacción al mismo cambio (rápido) de relación ilustrado en la Figura 2. Mientras que en el método de control del arte previo, NR 65

y NZ aumentaban considerablemente, NZ se mantiene igual en la figura 3, mientras que NR sólo aumenta ligeramente para superar las fuerzas de reacción TR y TZ generadas al pivotar alrededor de la articulación.

Así, tanto NR como NZ siguen controlados en sus valores estáticos durante el cambio de relación, con sólo una pequeña corrección en uno de los dos para vencer las fuerzas de reacción TR y TZ, y mantener así el momento instantáneo alrededor de la articulación 5 igual a cero durante el cambio de relación. El propio valor estático puede cambiar durante el cambio de relación. Sin embargo, lo importante es que, según la realización preferida, no se añade a NR ni a NZ ningún componente dinámico configurado para mantener la condición de microslip.

En el caso de la transmisión divulgada WO2009/146748A1, el eje de articulación se cruza con el eje central de rotación, lo que significa que las fuerzas de reacción TR y TZ pasan por el eje de articulación, no generando ningún momento alrededor de este eje, por lo que no es necesario compensar estas fuerzas de reacción. Así que en este caso, las fuerzas normales NR y NZ pueden mantenerse en sus valores estáticos durante todo el cambio de relación, es decir, el componente de fuerza añadido es cero en ambos lados.

Mientras que en los sistemas del arte previo, un cambio rápido de la relación genera un aumento importante de las fuerzas en comparación con los valores de fuerza estáticos debido al componente de fuerza dinámica siempre positivo necesario para mantener el microdeslizamiento, el método de la realización preferida de la invención no añade este componente dinámico particular a los valores estáticos (podrían añadirse fuerzas menores que este componente particular, véase más adelante). Cuando el cambio de proporción es lento, este componente dinámico no es significativo, y las fuerzas aplicadas por las realizaciones del método de la invención no difieren mucho del método del arte previo. Sin embargo, cuando la relación cambia rápidamente, las fuerzas aplicadas por el método de la invención pueden ser considerablemente menores que en el método del arte previo. Esto significa que cuando la relación cambia muy rápidamente, no es necesario aplicar altas presiones en los cilindros 12 y 13 ni en los conductos de alimentación 14 y 15 hacia estos cilindros.

Según algunas realizaciones, un componente de fuerza menor que el "componente configurado para mantener la condición de microdeslizamiento" podría añadirse a las fuerzas NR y NZ durante el cambio de relación, mientras que, preferiblemente, el equilibrio de fuerzas alrededor de la articulación se mantiene durante todo el cambio, es decir, el momento instantáneo alrededor de la articulación se mantiene en cero. Los componentes de fuerza dinámicos necesarios para mantener el microdeslizamiento son bien conocidos por los métodos del arte previo descritos anteriormente, por lo que la invención está claramente definida: cuando se añade cualquier componente de fuerza a los valores estáticos de NR y/o NZ durante un cambio de relación, este componente de fuerza debe ser cero o menor que las fuerzas necesarias para mantener el microdeslizamiento. La invención puede explicarse también de forma puramente matemática. Según el arte previo, los valores mínimos requeridos durante un cambio de relación para las fuerzas de apriete NR y NZ son función de la velocidad de entrada, el par de entrada, la relación de transmisión y la velocidad de variación de la relación. Según la presente invención, los valores mínimos para las fuerzas NR y NZ son una función de la velocidad de entrada, el par de entrada (o equivalentemente, la velocidad de salida y el par de salida) y la relación de transmisión para una velocidad cero de cambio de relación. Por lo tanto, para cada variación distinta de cero de la velocidad de la relación, el valor mínimo de NR y NZ en la invención actual es siempre inferior al del arte previo -en condiciones iguales de velocidad de entrada, par de entrada y relación de transmisión- porque las fuerzas dinámicas aplicadas en los métodos del arte previo son siempre positivas.

La invención también está relacionada con una curva-CVT equipada con un sistema de control capaz de implementar el método de la invención. Puede tratarse de cualquier sistema de control adecuado capaz de controlar las fuerzas NR y NZ de acuerdo con el método, es decir, aplicando las fuerzas estáticas durante cualquier cambio de relación, independientemente de su velocidad. En la Figura 4 se ilustra una realización preferida de un sistema de control hidráulico adecuado para llevar a cabo el método anterior. Las presiones p1 y p2 son suministradas por dos ensambles motor-bomba 20 y 21, cada uno de los cuales comprende una bomba hidráulica 20a/21a que también puede actuar como motor hidráulico y, acoplado rotativamente a ella, un motor eléctrico 20b/21b que también puede actuar como generador. Los motores eléctricos 20b/21b de los ensambles motor-bomba se alimentan a través de una fuente de energía adecuada, que puede ser la batería de un vehículo en donde esté instalada la transmisión. Las bombas 20a y 21a están conectadas de tal manera que la bomba 21a que suministra p2 está acoplada entre un sumidero de líquido hidráulico 30 y el puerto de entrada de la bomba 20a que suministra p1. En otras palabras, existe una conexión 31 entre el puerto de salida de la bomba 21a y el puerto de entrada de la bomba 20a.

El sistema funciona mediante un algoritmo de control que controla las fuerzas de acuerdo con el método de la invención. A partir del diseño y las dimensiones de la transmisión, se definen las fuerzas estáticas NR, TR, NZ, TZ para cada combinación de par, velocidad y para cada relación constante. Mediante la suma vectorial de NR y TR, se calcula la presión necesaria sobre el pistón 10. De forma similar, la presión sobre el pistón 11 se calcula a partir de las fuerzas NZ y TZ. Cuando se conocen las características del ensamble motor-bomba, se define la corriente eléctrica necesaria para los motores eléctricos de los ensambles motor-bomba. Durante el cambio de relación, el algoritmo no añade un componente de fuerza dinámica a estos valores estáticos, que está configurado para mantener la condición de microdeslizamiento. Según la realización preferida, una de las fuerzas NR y NZ se mantiene en el valor estático, mientras que la otra se controla para superar las fuerzas de reacción TR y TZ generadas al pivotar alrededor de la bisagracuando la relación cambia.

El control de bucle cerrado durante el cambio de relación puede realizarse mediante un sensor de presión en el cilindro en el lado de la rueda solar o en el lado de la rueda anular, posiblemente en combinación con un sensor de posición en el pistón en el lado de la rueda anular, en el lado de la rueda solar o midiendo las velocidades del árbol de salida y de entrada. Cualquier control de bucle cerrado en términos de sensores y controladores conocidos en la técnica para regular un cambio de relación manteniendo el microdeslizamiento también puede utilizarse en un sistema según la invención. La diferencia está en las fuerzas como tales: mientras que tanto NR como NZ aumentan en un componente dinámico cuando es necesario mantener el microdeslizamiento, este aumento de estas dos fuerzas no es necesario según el método de la invención, al menos no en función de la velocidad del cambio de relación.

El control por bombas descrito anteriormente elimina por completo los solenoides, de modo que se superan todas las caídas de presión y los problemas de robustez de los solenoides, independientemente de la velocidad de cambio de relación. Además, el sistema de control mostrado en la Figura 4, que utiliza los ensambles motor-bomba 20 y 21 acoplados de la manera descrita anteriormente mediante la conexión 31, ahorra mucha energía hidráulica.

Cuando la relación de transmisión está cambiando, un cilindro se está llenando, mientras que el otro se está vaciando. Ambos flujos no son iguales debido a la geometría especial de las superficies de rodadura de la rueda anular y la rueda solar, pero la diferencia de flujo entre el flujo de llenado y el de vaciado es sólo una pequeña fracción de cada uno de estos flujos. En la práctica, este flujo diferencial es sólo del 10 al 25% del flujo que llega a uno de los cilindros.

El ensamble motor-bomba 21 debe proporcionar la presión  $p_2$  en el cilindro 13 correspondiente, pero sólo tiene que suministrar el pequeño flujo diferencial. Por lo tanto, debe dimensionarse sólo para la potencia correspondientemente menor en lugar de la potencia hidráulica total sólo para este cilindro.

Las presiones  $p_1$  y  $p_2$  se regulan en función de las fuerzas requeridas NR, TR, NZ y TZ. Generalmente, las presiones  $p_1$  y  $p_2$  no son iguales y su relación depende de la relación de transmisión y de otros parámetros. Sin embargo, la diferencia entre ambas presiones es sólo una pequeña fracción de la propia presión. La bomba 20a debe suministrar todo el flujo al cilindro 12, pero sólo por encima de la diferencia de presión entre los 2 cilindros. Así, también el ensamble motor-bomba 20 puede dimensionarse para una fracción de la potencia -entre un 10 y un 25%- que se necesitaría para alimentar únicamente al cilindro 12.

En la disposición de la fig. 4, ambos ensambles motor-bomba 20 y 21 tienen que suministrar, por tanto, sólo entre un 10 y un 25% de la potencia que se necesitaría si ambos cilindros se alimentaran individualmente. Además, el cambio de la relación de transmisión en un sentido puede consumir energía, mientras que el cambio de la relación en el otro sentido recuperará energía gracias a que las bombas pueden actuar como motores hidráulicos y los motores eléctricos como generadores. Teniendo en cuenta las eficiencias de las bombas, los motores y la fricción de las juntas de los pistones, el consumo neto de energía es sólo de alrededor del 40% - 60% de la energía suministrada sin recuperación de energía.

Combinando las menores necesidades de potencia con la recuperación de energía, el sistema de control mostrado en la figura 4 sólo consume entre un 5 y un 15% de energía en comparación con un sistema optimizado con solenoides. Además, el sistema de control de la fig. 4 elimina por completo un bloque hidráulico.

El sistema de control mostrado en la Figura 4 constituye, por tanto, una realización preferida de un sistema de control adecuado para implementar el método de la invención.

No obstante, el método según la invención puede ser implementado también por otros sistemas de control hidráulico. El sistema de la Figura 5, por ejemplo, comprende de nuevo dos ensambles motor-bomba 20 y 21, pero ahora no hay conexión directa entre ambos. Esto significa que ambos ensambles motor-bomba 20 y 21 deben ser capaces de proporcionar todo el flujo y la presión necesarios en los dos cilindros. Esta configuración es, por tanto, menos eficiente en cuanto al consumo de energía de los ensambles motor-bomba. El experto puede imaginar otras configuraciones de control hidráulico que difieran ligeramente de los sistemas de las figuras 4 y 5, pero que sean adecuadas para poner en práctica el método de la invención. Todas estas variantes entran dentro del ámbito de la presente invención.

En los ensambles motor-bomba mostrados en las figuras 3 y 4, no es imprescindible que las bombas 20a/21a puedan actuar como motor hidráulico y que los motores eléctricos 20b/21b puedan actuar como generador. Si estas capacidades no están presentes, la recuperación de energía no es posible, pero el sistema sigue siendo adecuado para implementar el método de la invención.

El método de la invención puede igualmente ser implementado por un sistema de control hidráulico como se conoce actualmente en el arte, utilizando solenoides, posiblemente combinados con un amplificador de flujo, de lo contrario la caída de presión causada por los solenoides hace improbable cambiar el flujo hacia los cilindros suficientemente rápido. Incluso cuando se utilizan amplificadores de flujo, los cambios de relación muy rápidos generan caídas de presión. Sin embargo, con los sistemas de control que utilizan ensambles motor-bomba, como en las realizaciones mostradas en las figuras 4 y 5, no se produce este problema de pérdida de presión, por lo que estos sistemas son

especialmente adecuados para implementar el método de la invención. Estos sistemas son capaces de aplicar cualquier velocidad de cambio de relación que pueda esperarse prácticamente sin caídas de presión.

5 Por último, los sistemas de control que no utilizan energía hidráulica también pueden ser adecuados para implementar el método de la invención, como los sistemas de control que utilizan muelles mecánicos, pistones neumáticos o accionadores electromecánicos para realizar las fuerzas de abrazadera necesarias.

10 Como ya se ha dicho, la invención no se limita a una CVT curva en donde la rueda anular y la rueda solar son axialmente móviles y se accionan directamente, como por ejemplo mediante las presiones  $p_1$  y  $p_2$  en las realizaciones mostradas en los dibujos. En una transmisión en donde, por ejemplo, la rueda anular es estacionaria y las ruedas planetarias y la rueda solar son accionadas directamente por fuerzas externas, las fuerzas NR, TR y NZ,TZ son una función conocida de estas fuerzas externas y pueden implementarse como tales en el algoritmo de control, por lo que también pueden controlarse de acuerdo con el método de la invención.

15 La invención es aplicable también a una transmisión variable reversible (RVT) como la descrita en el documento WO 2009/146748, que comprende 2 juegos de ruedas planetarias montadas entre una rueda anular primaria y una rueda solar secundaria y con una rueda intermedia entre los dos juegos. Esta transmisión puede controlarse también mediante dos presiones que actúan sobre la rueda anular primaria y la rueda solar secundaria, como en las realizaciones descritas anteriormente. El método de control según la invención puede aplicarse como tal en esta  
20 transmisión. Los sistemas de control mostrados en las figuras 4 y 5 pueden aplicarse también como tales a un RVT, en donde el ensamble motor-bomba 20 está conectado a la rueda anular primaria y el ensamble motor-bomba 21 está conectado a la rueda solar secundaria o viceversa.

25 Aunque la invención se ha ilustrado y descrito detalladamente en los dibujos y en la descripción anterior, dicha ilustración y descripción deben considerarse ilustrativas o ejemplares y no restrictivas.

## REIVINDICACIONES

1. Método para controlar una transmisión variable continua que comprende un árbol de entrada y un árbol de salida dispuestos de forma giratoria alrededor de un eje de rotación central común (4), una rueda anular (1) y una rueda solar (2) dispuestas coaxialmente con respecto al eje central (4), y al menos un ensamble de ruedas planetarias pivotantes (3), determinando el ángulo de giro (8) de las ruedas planetarias la relación de transmisión de la transmisión, en donde:  
5 - la transmisión funciona mediante el balanceo sin perforación de las ruedas planetarias (3) sobre las superficies de la rueda anular (1) y la rueda solar (2), independientemente del ángulo de giro de las ruedas planetarias,  
10 - la rueda anular (1), las ruedas planetarias (3) y la rueda solar (2) están sujetas entre sí de modo que la rueda anular (1) ejerce una primera fuerza normal (NR) sobre una rueda planetaria (3) cualquiera y la rueda solar (2) ejerce una segunda fuerza normal (NZ) sobre dicha rueda planetaria (3),  
15 - el método está configurado para controlar dichas primera y segunda fuerzas normales (NR,NZ), de modo que, cuando la transmisión funciona a una velocidad de entrada dada, un par transmitido dado y una relación de transmisión constante dada, se aplica un valor estático predefinido de la primera y segunda fuerza normal, y se aplica una condición de microdeslizamiento a los contactos de rodadura entre las ruedas planetarias (3) y la rueda anular y la rueda solar (1,2),  
**caracterizado porque:**  
- durante un aumento o disminución continuos del ángulo de pivote (8) y, por tanto, de la relación de transmisión, cualquier componente de fuerza añadida a los valores estáticos de la primera y la segunda fuerza normal es nula o menor que un componente de fuerza predefinido que se requiere para mantener la condición de microdeslizamiento.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el aumento o la disminución de la relación de transmisión, una de las fuerzas normales se mantiene en el valor estático mientras que la otra se controla para superar las fuerzas de reacción tangenciales generadas por el cambio del ángulo de giro.
- 25 3. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la rueda anular (1) y la rueda solar (2) están sujetas entre sí bajo la influencia directa o indirecta de una primera y una segunda presión hidráulica (p1,p2).
- 30 4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde dichas presiones hidráulicas (p1,p2) actúan directamente sobre pistones hidráulicos respectivos (10,11), configurados para moverse axialmente en la dirección del eje central (4), y en donde la rueda anular (1) y la rueda solar (2) están fijadas a los pistones respectivos (10,11).
- 35 5. Transmisión variable continua que comprende un árbol de entrada y un árbol de salida dispuestos de forma giratoria alrededor de un eje de rotación central común (4), una rueda anular (1), una rueda solar (2) dispuestas coaxialmente con respecto al eje central (4) y al menos un ensamble de ruedas planetarias pivotantes (3), determinando el ángulo de pivote (8) de las ruedas planetarias la relación de transmisión de la transmisión, en donde la transmisión funciona mediante el balanceo sin perforación de las ruedas planetarias (3) sobre las superficies de la rueda anular (1) y la rueda solar (2), independientemente del ángulo de giro de las ruedas planetarias, en donde la rueda anular (1) y la  
40 rueda solar (2) están abrazaderas entre sí de manera que la rueda anular (1) ejerce una primera fuerza normal (NR) sobre cualquier rueda planetaria (3) dada y la rueda solar (2) ejerce una segunda fuerza normal (NZ) sobre dicha rueda planetaria, **caracterizado porque** la transmisión comprende un sistema de control configurado para controlar la transmisión de acuerdo con el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
- 45 6. La transmisión de acuerdo con la reivindicación 5, dicho sistema de control es un sistema de control hidráulico.
7. La transmisión de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la transmisión está regulada por una primera y una segunda presión hidráulica (p1,p2) realizadas en un primer y un segundo cilindro hidráulico (12,13) por un fluido hidráulico, actuando dichas presiones para abrazaderas la rueda anular (1) y la rueda solar (2) juntas.
- 50 8. La transmisión de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la primera y la segunda presión (p1,p2) actúan directamente sobre los respectivos primer y segundo pistones (10,11) que son móviles dentro de dichos respectivos primer y segundo cilindros (12,13).
- 55 9. La transmisión de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en donde dicho sistema de control comprende un primer y un segundo ensamble motor/bomba (20,21), cada ensamble comprende una bomba hidráulica (20a,21a) acoplada a un motor eléctrico (20b,21b), estando dichos ensambles configurados para controlar dichas primera y segunda presiones en los respectivos cilindros (12,13).
- 60 10. La transmisión de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el puerto de salida de la bomba de un ensamble de motobomba está conectado al puerto de entrada de la bomba del otro ensamble de motobomba.
- 65 11. La transmisión de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, en donde las bombas (20a,21a) de los ensambles motor-bomba pueden actuar como motores hidráulicos, y en donde los motores eléctricos (20b,21b) de los ensambles motor-bomba pueden actuar como generadores.

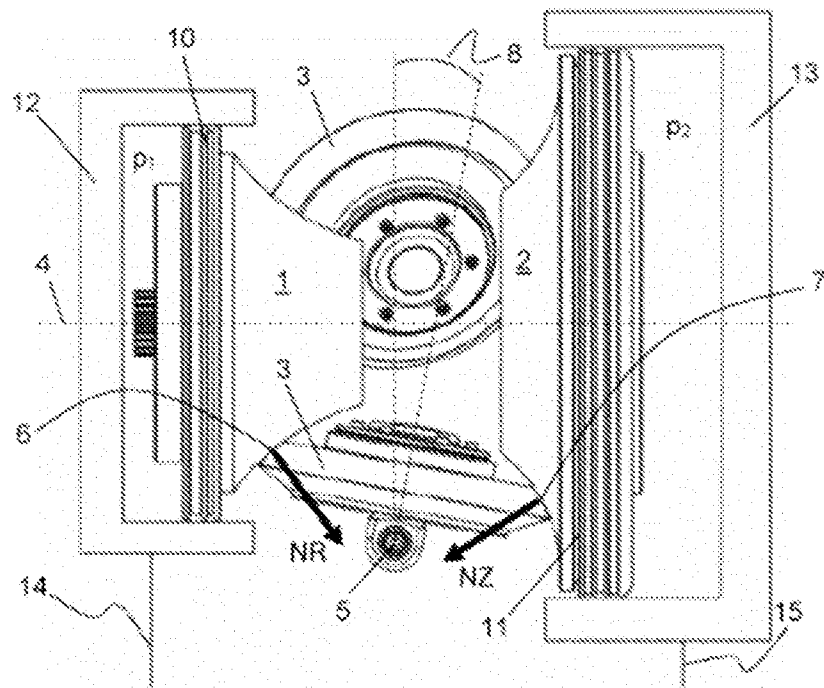


FIG. 1

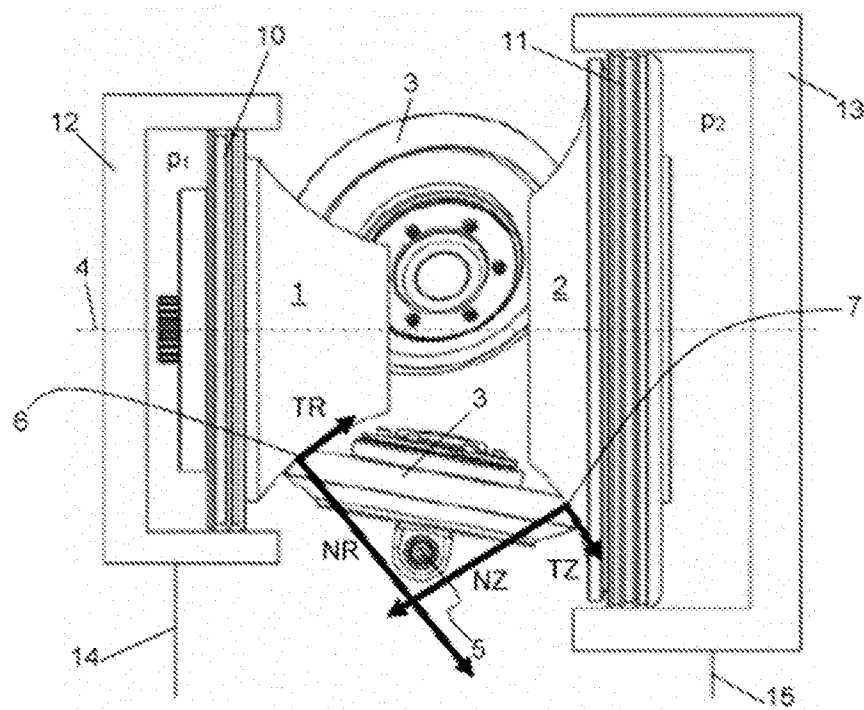
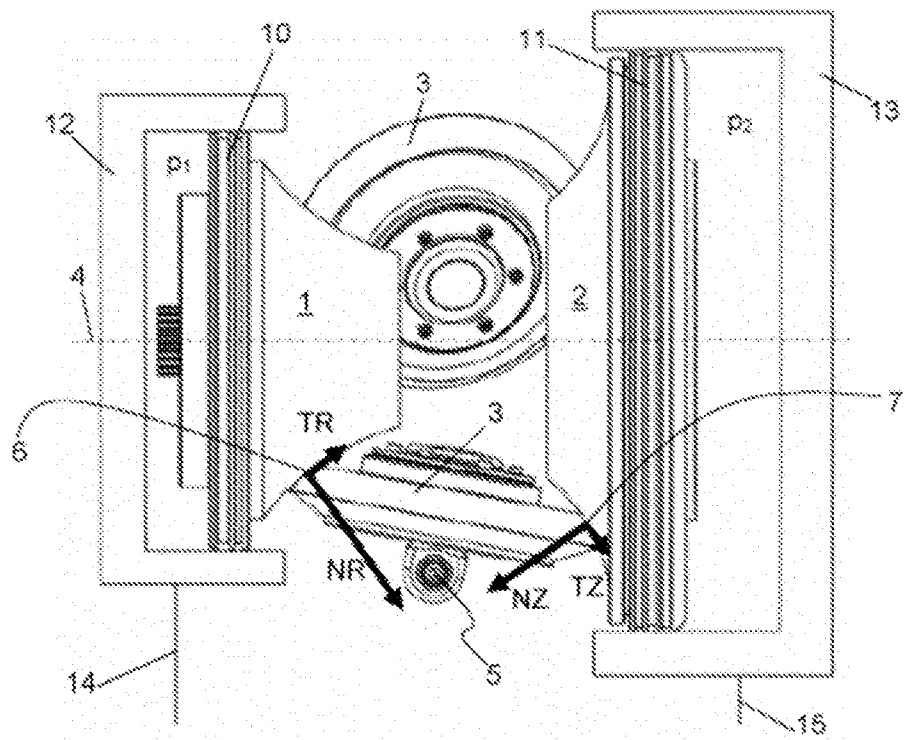


FIG. 2



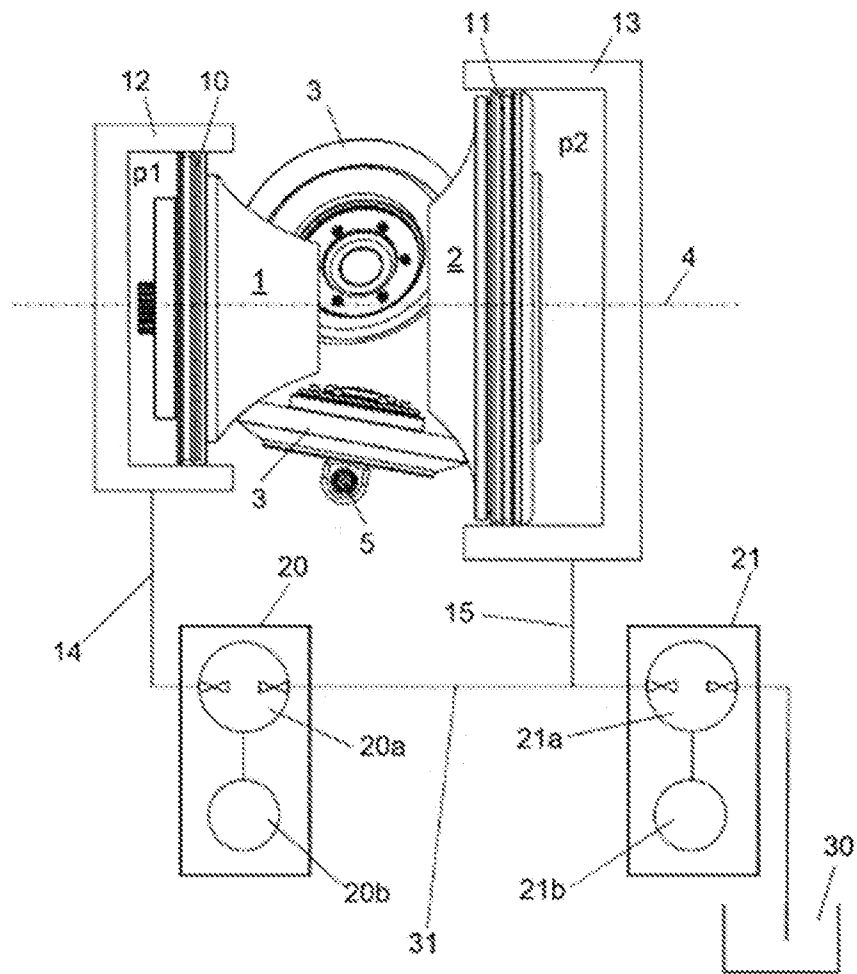


FIG. 4

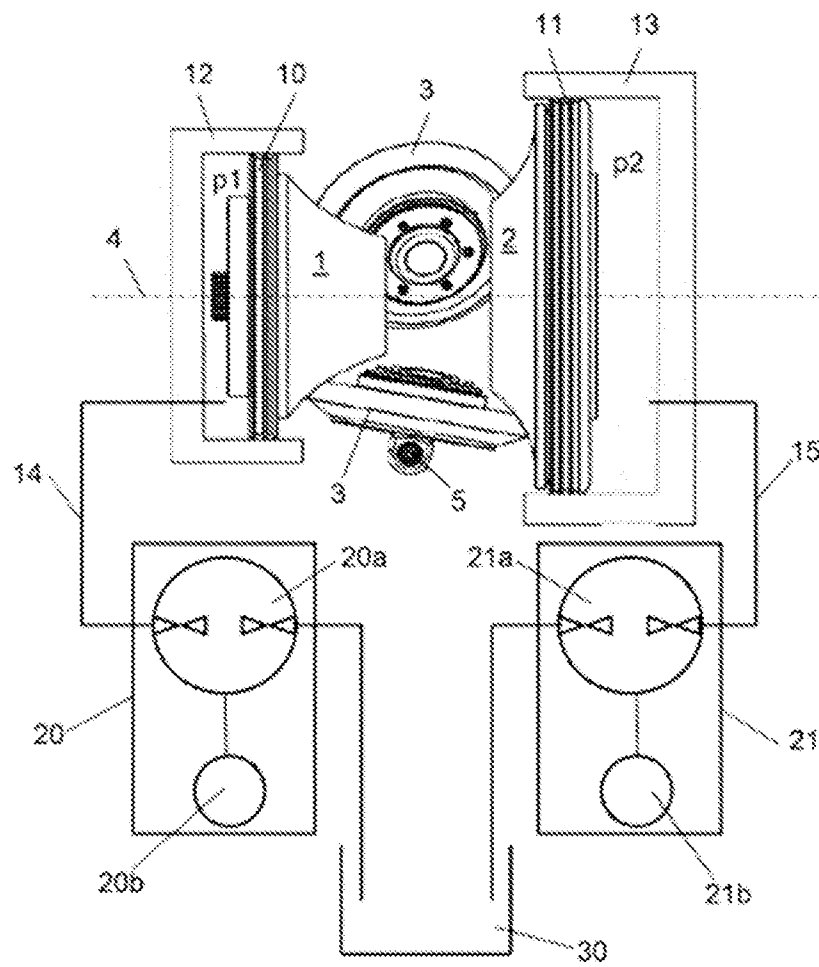


FIG. 5