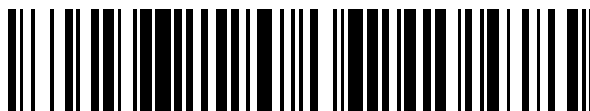


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 723**

51 Int. Cl.:

G01M 13/02 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2011** E 11183279 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020** EP 2574777

54 Título: **Un banco de pruebas y un procedimiento para comprobar cajas de engranajes que tienen diferentes relaciones de engranajes**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.10.2020

73 Titular/es:

**MOVENTAS GEARS OY (100.0%)
Vesangantie 1, P.O. Box 158
40101 Jyväskylä, FI**

72 Inventor/es:

**VILGREN, VOITTO y
TOIKKANEN, JARI**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 788 723 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 banco de pruebas y un procedimiento para comprobar cajas de engranajes que tienen diferentes relaciones de engranajes

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere a un banco de pruebas para comprobar cajas de engranajes y a un procedimiento para comprobar una caja de engranaje. Más particularmente, la invención se refiere a proporcionar un banco de pruebas que es adecuado para diferentes cajas de engranajes que tienen diferentes relaciones de engranaje y que es capaz de ajustar un par de prueba controlable a una caja de engranaje bajo prueba.

Antecedentes de la invención

- 10 Los requisitos establecidos para las cajas de engranajes modernas son muchas veces un reto difícil de alcanzar. Las cajas de engranajes deben ser eficientes, fuertes, suficientemente pequeñas, silenciosas y fáciles de fabricar. Además, las cajas de engranajes deben ser rentables. A pesar del progreso realizado en los últimos años con respecto al análisis y la simulación, los experimentos siguen siendo esenciales. Hay muchos modos de fallo que pueden aparecer cuando se excede la capacidad de resistencia de carga de una caja de engranaje. La rotura de diente, picaduras y micropicaduras, así como también el desgaste excesivo o incluso el desgaste superficial son los problemas potenciales. Además de la capacidad de resistencia de carga, también hay otros parámetros importantes como la eficiencia y el comportamiento dinámico que necesitan ser investigados experimentalmente. Por lo tanto, se necesitan bancos de pruebas que permitan que las cajas de engranajes funcionen bajo condiciones de velocidad y un par predefinidas.

- 20 Una manera simple de diseñar este tipo de banco de pruebas es colocar una caja de engranaje bajo prueba entre un motor y un freno. Esta disposición tiene, sin embargo, muchas desventajas. En primer lugar, el motor se dimensiona para suministrar toda la potencia bajo la cual debe comprobarse la caja de engranaje. En segundo lugar, el freno se dimensiona para que sea capaz de recibir toda la potencia. Los altos costos de la instalación y un alto consumo de energía son el resultado. Una manera más ventajosa de comprobar las cajas de engranajes es incluir la caja de engranaje bajo prueba en un lazo cerrado de potencia, que puede ser o bien eléctrico o mecánico. En el primer caso, un motor eléctrico acciona el eje de entrada de la caja de engranaje bajo prueba y el eje de salida de la caja de engranaje se acopla a un generador que alimenta la energía de nuevo a una red eléctrica. De esta manera, el consumo total de energía se reduce significativamente. Sin embargo, existe el inconveniente del gran tamaño tanto del motor como del generador debido a que se dimensionan de acuerdo con la potencia máxima de prueba. En el segundo caso, el banco de pruebas comprende un sistema de engranaje que puede conectarse a los ejes de entrada y salida de la caja de engranaje bajo prueba y un eje de transmisión de potencia de manera que la potencia mecánica sea capaz de fluir en un lazo cerrado de potencia mecánica constituido por el sistema de engranaje, la caja de engranaje bajo prueba, y el eje de transmisión de potencia. Se utiliza un motor de accionamiento para rotar el sistema. El banco de pruebas en base al lazo cerrado de potencia mecánica proporciona ventajas significativas. El costo de instalación se reduce significativamente, ya que no se necesita generador ni freno, y el motor de accionamiento se califica solo de acuerdo con la pérdida de potencia mecánica que tiene lugar en el lazo cerrado de potencia mecánica. Los retos de los bancos de pruebas en base a un lazo cerrado de potencia mecánica se refieren, entre otros, a lograr el par de prueba deseado y controlable y a la necesidad de comprobar diferentes cajas de engranajes con diferentes relaciones de engranajes.

- 40 La publicación US3112643 divulga un banco de pruebas que comprende un engranaje planetario en el lazo cerrado de potencia mecánica. El par de prueba se ajusta a la caja de engranaje bajo prueba al aplicar una fuerza tangencial a la caja de satélites del engranaje planetario. La fuerza tangencial se genera durante la prueba con un engranaje auxiliar de tornillo sin fin conectado a la periferia exterior de la caja de satélites. El engranaje auxiliar de tornillo sin fin se puede controlar, por ejemplo, ya sea manualmente o con el uso de un motor paso a paso controlado numéricamente. El banco de pruebas divulgado en el documento US3112643 proporciona la posibilidad de imponer el par de prueba deseado y controlable a la caja de engranajes bajo prueba. El par de prueba se puede variar durante la prueba mediante el control del engranaje auxiliar de tornillo sin fin. El inconveniente del banco de pruebas es que el banco de pruebas es adecuado para comprobar solo las cajas de engranajes que tienen una cierta relación de engranaje, es decir, no es posible comprobar diferentes cajas de engranajes que tienen relaciones de engranaje arbitrarias. Un banco de pruebas del tipo descrito anteriormente también se divulga por Athanassios Mihailidis y otros: "A New System for Testing Gears Under Variable par and Speed", Recent Patents of Mechanical Engineering 2009, 2, 179-192, Bentham Science Publishers Ltd. La publicación de Athanassios Mihailidis y otros, se refiere a la publicación mencionada anteriormente US3112643.

- 55 La publicación JP60018739 describe un procedimiento y un sistema para controlar una carga del par al dirigir la carga de un par a un dispositivo bajo prueba por un servomotor a través de un mecanismo de engranaje planetario.

La publicación JPS63236940 describe un sistema de prueba que comprende un dispositivo de engranaje a comprobar, dispositivos de engranaje de circulación de potencia y un dispositivo de engranaje de carga del par que tiene primeros ejes conectados a los dispositivos de engranaje de circulación de potencia y un segundo eje conectado a un motor de

carga del par. El motor de carga de un par rota en correspondencia con una diferencia en la velocidad de rotación en los primeros ejes del dispositivo de engranaje de carga del par y suministra un par al sistema de prueba.

5 La publicación DE854274 describe un sistema de prueba donde un dispositivo de engranaje bajo prueba se dispone dentro de un lazo de potencia mecánica que comprende un dispositivo de engranaje de carga de un par que tiene los primeros ejes que pertenecen al lazo de potencia mecánica y un segundo eje conectado a un motor de carga del par. El motor de carga de un par rota en correspondencia con una diferencia en la velocidad de rotación en los primeros ejes del dispositivo de engranaje de carga del par y suministra un par al sistema de prueba.

Sumario

10 Lo siguiente presenta un sumario simplificado para proporcionar un entendimiento básico de algunos aspectos de varias realizaciones de la invención. Este sumario no es una visión exhaustiva de la invención. No se pretende identificar elementos claves o críticos de la invención ni delinear el ámbito de la invención. El siguiente sumario simplemente presenta algunos conceptos de la invención en una forma simplificada como preludeo de una descripción más detallada de las realizaciones de ejemplificación de la invención.

15 De acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, se proporciona un nuevo banco de pruebas para comprobar una caja de engranaje. El banco de pruebas de acuerdo con la invención comprende:

- un sistema de engranaje que comprende interfaces de conexión giratorias adecuadas para conectarse a los ejes de entrada y salida de la caja de engranaje bajo prueba,
- un eje de transmisión de potencia de manera que la potencia mecánica sea capaz de fluir en un lazo cerrado de potencia mecánica constituido por el sistema de engranaje, la caja de engranaje bajo prueba y el eje de transmisión de potencia, y
- un motor de accionamiento para accionar el lazo cerrado de potencia mecánica,

25 en el que el sistema de engranaje comprende una etapa de engranaje diferencial que tiene un primer y segundo elementos giratorios que forman parte del lazo cerrado de potencia mecánica y cuya diferencia mutua de velocidad de rotación depende de la velocidad de rotación de un tercer elemento giratorio de la etapa de engranaje diferencial, y en donde el banco de pruebas se adapta a la relación de engranaje de la caja de engranaje bajo prueba al permitir que el tercer elemento giratorio de la etapa de engranaje diferencial gire a tal velocidad que una diferencia de velocidad del primer y segundo elementos giratorios de la etapa de engranaje diferencial compense el efecto las relaciones de engranaje de otros elementos, que incluyen la caja de engranaje bajo prueba, en el lazo cerrado de potencia mecánica, y el banco de pruebas comprende además un dispositivo de control conectado al tercer elemento giratorio de la etapa de engranaje diferencial y dispuesto para controlar el par que actúa sobre el tercer elemento giratorio cuando el tercer elemento giratorio se hace girar. La etapa de engranaje diferencial es un engranaje planetario, en el que un eje de engranaje solar y una corona dentada de engranaje del engranaje planetario son el primer y el segundo elementos giratorios de manera que la corona dentada de engranaje tiene dientes de engranaje también en su periferia exterior, y una caja de satélites del engranaje planetario es el tercer elemento giratorio.

35 El banco de pruebas descrito anteriormente se adapta a diferentes relaciones de engranaje de diferentes cajas de engranajes a comprobar lo que permite que el tercer elemento giratorio de la etapa de engranaje diferencial gire a tal velocidad que la diferencia de velocidad del primer y segundo elementos giratorios de la etapa de engranaje diferencial compense el efecto de las relaciones de engranaje de los otros elementos, que incluyen la caja de engranaje bajo prueba, en el lazo cerrado de potencia mecánica. Por lo tanto, la condición necesaria de que el producto de todas las relaciones de engranaje sea la unidad en el lazo cerrado de potencia mecánica se satisface con la ayuda de la etapa de engranaje diferencial. El par ajustado a la caja de engranaje bajo prueba puede variarse durante la prueba y el par puede controlarse mediante el control del par que actúa sobre el tercer elemento giratorio de la etapa de engranaje diferencial.

45 De acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un nuevo procedimiento para comprobar una caja de engranaje. El procedimiento de acuerdo con la invención comprende;

- conectar los ejes de entrada y salida de la caja de engranaje bajo prueba a las interfaces de conexión giratorias de un banco de pruebas de engranaje, el banco de pruebas de engranajes que constituye junto con la caja de engranaje bajo prueba un lazo cerrado de potencia mecánica,
- accionar el lazo cerrado de potencia mecánica para suministrar las pérdidas de potencia mecánica al lazo cerrado de potencia mecánica,
- adaptar la relación de engranaje del banco de pruebas de engranaje para que se corresponda con la relación de engranaje de la caja de engranaje bajo prueba con la ayuda de una etapa de engranaje diferencial que tiene el primer y segundo elementos giratorios que forman parte del lazo cerrado de potencia mecánica y cuya diferencia

mutua de velocidad de rotación depende de la velocidad de rotación de un tercer elemento giratorio de la etapa de engranaje diferencial, y

- ajustar el par de prueba a la caja de engranaje bajo prueba mediante el control del par que actúa sobre el tercer elemento giratorio cuando el tercer elemento giratorio se hace girar,

5 en el que la etapa de engranaje diferencial es un engranaje planetario, un eje de engranaje solar y una corona dentada de engranaje del engranaje planetario que son el primer y segundo elementos giratorios de manera que la corona dentada de engranaje tiene dientes de engranaje también en su periferia exterior, y una caja de satélites del engranaje planetario es el tercer elemento giratorio.

10 Una cantidad de realizaciones de ejemplificación de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes acompañadas.

Diferentes realizaciones de ejemplificación de la invención tanto en cuanto a construcciones como a los procedimientos de operación, junto con objetos adicionales y ventajas de los mismos, se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción de las realizaciones de ejemplificación específicas cuando se lean en relación con los dibujos adjuntos.

15 En este documento el verbo "comprende" se utiliza como una limitación abierta que no excluye ni requiere la existencia de características no mencionadas. Las características mencionadas en las reivindicaciones dependientes son libre y mutuamente combinables a menos que se indique explícitamente de cualquier otra manera.

Breve descripción de las figuras

Las realizaciones de ejemplificación de la invención y sus ventajas se explican con mayor detalle a continuación en el sentido de ejemplos y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

20 La Figura 1 ilustra el principio de un banco de pruebas de acuerdo con una realización de la invención para comprobar una caja de engranaje,

La Figura 2 muestra una ilustración esquemática de un banco de pruebas de acuerdo con una realización de la invención para comprobar una caja de engranaje, y

25 La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con una realización la invención para comprobar una caja de engranaje.

Descripción de las realizaciones

La Figura 1 ilustra el principio de un banco de pruebas de acuerdo con una realización de la invención para comprobar una caja de engranaje 114. El banco de pruebas comprende un sistema de engranaje 101 y un eje de transmisión de potencia 104. El sistema de engranaje comprende interfaces de conexión giratorias 102 y 103, por ejemplo, bridas, adecuadas para conectarse a los ejes de entrada y salida de la caja de engranaje 114 bajo prueba. El sistema de engranaje 101 y el eje de transmisión de potencia 104 constituyen, junto con la caja de engranaje 114 bajo prueba, un lazo cerrado de potencia mecánica como se ilustra en la Figura 1. El banco de pruebas comprende también un motor de accionamiento 105 dispuesto para accionar el lazo cerrado de potencia mecánica. En estado estacionario, el motor de accionamiento 105 tiene que suministrar solo la pérdida de potencia del lazo cerrado de potencia mecánica y, por lo tanto, la potencia nominal del motor de accionamiento 105 puede ser significativamente menor que la potencia de prueba máxima de la caja de engranaje 114 bajo prueba. El sistema de engranaje 101 comprende una etapa de engranaje diferencial 106 que tiene un primer y segundo elementos giratorios 107 y 108 que forman parte del lazo cerrado de potencia mecánica y cuya relación de engranaje mutua depende de la velocidad de rotación de un tercer elemento giratorio 109 de la etapa de engranaje diferencial. El banco de pruebas se adapta a la relación de engranaje de la caja de engranaje 114 bajo prueba al permitir que el tercer elemento giratorio 109 de la etapa de engranaje diferencial gire a tal velocidad que la diferencia de velocidad del primer y segundo elementos giratorios 107 y 108 de la etapa de engranaje diferencial compense el efecto de las relaciones de engranaje de los otros elementos, que incluyen la caja de engranaje bajo prueba, en el lazo cerrado de potencia mecánica. En el caso de ejemplificación que se muestra en la Figura 1, la etapa de engranaje diferencial es un engranaje planetario. El primer y segundo elementos giratorios 107 y 108 son el eje de engranaje solar del engranaje planetario y la corona dentada de engranaje del engranaje planetario, respectivamente. En la construcción de ejemplificación mostrada en la Figura 1, la corona dentada de engranaje tiene dientes de engranaje también en su periferia exterior. El tercer elemento giratorio 109 de la etapa de engranaje diferencial 106 es la caja de satélites del engranaje planetario. Como se mencionó anteriormente en este documento, debe señalarse que un engranaje planetario no es la única alternativa posible para la etapa de engranaje diferencial.

El banco de pruebas comprende además un dispositivo de control conectado al tercer elemento giratorio 109 de la etapa de engranaje diferencial y dispuesto para controlar el par que actúa sobre el tercer elemento giratorio cuando el tercer elemento giratorio se hace girar. Mediante el control del par que actúa sobre el tercer elemento giratorio 109, es posible controlar el par de prueba ajustado a la caja de engranaje 114 bajo prueba. En el caso de ejemplificación mostrado en la Figura 1, el dispositivo de control comprende una máquina eléctrica 110 y un dispositivo convertidor

eléctrico 111. El convertidor eléctrico se dispone para controlar la máquina eléctrica 110 sobre la base de una diferencia entre el par de la máquina eléctrica y un par de referencia. En un banco de pruebas de acuerdo con una realización de ejemplificación de la invención, el dispositivo convertidor eléctrico 111 se dispone para cambiar el par de referencia en respuesta a una situación en la que la velocidad de rotación de la máquina eléctrica 110 coincide un límite de velocidad superior o un límite de velocidad inferior. El par de referencia se cambia en la dirección en que la velocidad de rotación retorna a una ventana de velocidad definida por los límites de velocidad superior e inferior.

La máquina eléctrica 110 puede ser una máquina eléctrica de corriente alterna "CA" y el dispositivo convertidor eléctrico 111 puede ser un convertidor de frecuencia que se conecta a una red de suministro de energía trifásica 113. Una máquina eléctrica de CA puede ser, por ejemplo, una máquina de inducción o una máquina síncrona de imán permanente. Para alcanzar una buena precisión de control, el convertidor de frecuencia puede disponerse utilizando un control de vector en base al control no solo de la frecuencia y amplitudes de voltajes y corrientes, sino también de las fases instantáneas de los voltajes y corrientes. Especialmente, si se usa un tacómetro, se puede lograr una muy buena precisión de control. La máquina eléctrica también podría ser una máquina eléctrica de corriente continua "CC" y el dispositivo convertidor podría ser un convertidor de CA a CC, por ejemplo, un convertidor de tiristores. En algunas aplicaciones, el dispositivo de control conectado al tercer elemento giratorio 109 de la etapa de engranaje diferencial podría ser un simple freno, pero una desventaja inherente de un freno es que puede producir solo un par que actúa contra la dirección de rotación. Una máquina eléctrica puede producir un par en ambas direcciones, en función de si la máquina eléctrica funciona como motor o como generador.

En un banco de pruebas de acuerdo con una realización de la invención, el motor de accionamiento 105 que se dispone para accionar el lazo cerrado de potencia mecánica es un motor eléctrico que se suministra y controla con un dispositivo convertidor eléctrico 112 dispuesto para controlar la velocidad de rotación del motor eléctrico sobre la base de una diferencia entre la velocidad de rotación del motor eléctrico y una velocidad de referencia. En el caso de ejemplificación que se muestra en la Figura 1, el motor de accionamiento 105 es un motor eléctrico de corriente alterna y el dispositivo convertidor eléctrico 112 es un convertidor de frecuencia. Para alcanzar una buena precisión de control de velocidad, el dispositivo convertidor 112 puede disponerse utilizando un control de vector. Especialmente, si se usa un tacómetro, es posible alcanzar una muy buena precisión de control de velocidad. También es posible que el motor eléctrico sea un motor eléctrico de CA que se conecte directamente a la red de suministro de energía 113. En este caso, la velocidad de rotación del motor 105 se determina por la frecuencia de la red de suministro, pero puede haber fluctuaciones significativas en la velocidad de rotación cuando hay cambios dinámicos en las condiciones de carga instantánea.

La Figura 2 muestra una ilustración esquemática de un banco de pruebas de acuerdo con una realización de la invención para comprobar una caja de engranaje 214. La parte superior de la Figura 2 muestra una vista lateral del banco de pruebas donde la caja de engranaje 214 está en la posición de prueba. La parte inferior de la Figura 2 muestra la sección tomada a lo largo de la línea A-A que se muestra en la parte superior de la Figura 2. El banco de pruebas comprende un sistema de engranaje 201 y un eje de transmisión de potencia 204. El sistema de engranaje comprende interfaces de conexión giratorias 202 y 203, por ejemplo, bridas, adecuadas para conectarse a los ejes de entrada y salida de la caja de engranaje 214 bajo prueba. El sistema de engranaje 201 y el eje de transmisión de potencia 204 constituyen, junto con la caja de engranaje 214, un lazo cerrado de potencia mecánica. El banco de pruebas comprende también un motor de accionamiento 205 dispuesto para accionar el lazo cerrado de potencia mecánica. El sistema de engranaje 201 comprende una etapa de engranaje diferencial 206 mostrada en la sección A-A donde los dientes de engranaje se representan con líneas discontinuas. La etapa de engranaje diferencial 206 es similar a la etapa de engranaje diferencial 106 mostrada en la Figura 1. El banco de pruebas comprende además una máquina eléctrica 210 que se conecta a la caja de satélites de la etapa de engranaje diferencial 206. La máquina eléctrica 210 se suministra y se controla con un dispositivo convertidor eléctrico 211.

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con una realización la invención para comprobar una caja de engranaje. El procedimiento comprende:

- acción 301: conectar los ejes de entrada y salida de la caja de engranaje bajo prueba a las interfaces de conexión giratorias de un banco de pruebas, el banco de pruebas que constituye junto con la caja de engranaje bajo prueba un lazo cerrado de potencia mecánica, y
- acción 302: accionar el lazo cerrado de potencia mecánica para suministrar las pérdidas de potencia mecánica al lazo cerrado de potencia mecánica.
- acción 303: adaptar la relación de engranaje del banco de pruebas para que se corresponda con la relación de engranaje de la caja de engranaje bajo prueba con la ayuda de una etapa de engranaje diferencial que tiene un primer y un segundo elementos giratorios que forman parte del lazo cerrado de potencia mecánica y cuya diferencia mutua de velocidad de rotación depende de la velocidad de rotación de un tercer elemento giratorio de la etapa de engranaje diferencial, y
- acción 304: ajustar un par de prueba a la caja de engranaje bajo prueba mediante el control del par que actúa sobre el tercer elemento giratorio cuando el tercer elemento giratorio se hace girar.

En el procedimiento de acuerdo con la invención, la etapa de engranaje diferencial es un engranaje planetario. El eje de engranaje solar y la corona dentada de engranaje del engranaje planetario son el primer y el segundo elementos giratorios, respectivamente, y la caja de satélites del engranaje planetario es el tercer elemento giratorio.

5 En un procedimiento de acuerdo con una realización de la invención, el par que actúa sobre el tercer elemento giratorio se controla con un sistema que comprende una máquina eléctrica y un dispositivo convertidor eléctrico que controla la máquina eléctrica sobre la base de una diferencia entre el par de la máquina eléctrica y un par de referencia. Preferentemente, la máquina eléctrica es una máquina eléctrica de corriente alterna y el dispositivo convertidor eléctrico es un convertidor de frecuencia.

10 En un procedimiento de acuerdo con una realización de la invención, el par de referencia se cambia en respuesta a una situación en la que la velocidad de rotación de la máquina eléctrica coincide con un límite de velocidad superior o un límite de velocidad inferior. El par de referencia se cambia en la dirección en que la velocidad de rotación retorna a una ventana de velocidad definida por los límites de velocidad superior e inferior.

15 En un procedimiento de acuerdo con una realización de la invención, el lazo cerrado de potencia mecánica se acciona con un motor eléctrico y la velocidad de rotación del motor eléctrico se controla en base a una diferencia entre la velocidad de rotación del motor eléctrico y una velocidad de referencia. El motor eléctrico puede ser un motor eléctrico de corriente alterna que se suministra y se controla mediante un convertidor de frecuencia. Los ejemplos específicos proporcionados en la descripción dada anteriormente no deben interpretarse como limitantes. Por lo tanto, la invención no se limita simplemente a las realizaciones descritas anteriormente. La invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un banco de pruebas para comprobar una caja de engranaje (114), comprendiendo el banco de pruebas:
 - un sistema de engranaje (101, 202) que comprende interfaces de conexión giratorias (102, 103, 202, 203) adecuadas para conectarse a los ejes de entrada y salida de la caja de engranaje bajo prueba,
- 5 - un eje de transmisión de potencia (104, 204) de manera que la potencia mecánica es capaz de fluir en un lazo cerrado de potencia mecánica constituido por el sistema de engranaje, la caja de engranaje bajo prueba y el eje de transmisión de potencia cuando la caja de engranaje bajo prueba está conectada a las interfaces de conexión giratorias, y
 - un motor de accionamiento (105, 205) para accionar el lazo cerrado de potencia mecánica,
- 10 en el que el sistema de engranaje comprende una etapa de engranaje diferencial (106, 206) que tiene un primer y segundo elementos giratorios (107, 108) que forman parte del lazo cerrado de potencia mecánica y cuya diferencia mutua de velocidad de rotación depende de la velocidad de rotación de un tercer elemento giratorio (109) de la etapa de engranaje diferencial, y en el que el banco de pruebas está adaptado a la relación de engranaje de la
- 15 caja de engranaje (114) bajo prueba lo que permite que el tercer elemento giratorio (109) de la etapa de engranaje diferencial gire a tal velocidad que la diferencia de velocidad del primer y segundo elementos giratorios (107, 108) de la etapa de engranaje diferencial compense el efecto de las relaciones de engranaje de otros elementos, que incluyen la caja de engranaje bajo prueba, en el lazo cerrado de potencia mecánica, y el banco de pruebas comprende además un dispositivo de control (110, 111, 210, 211) conectado al tercer elemento giratorio de la
- 20 etapa de engranaje diferencial y dispuesto para controlar el par que actúa sobre el tercer elemento giratorio cuando el tercer elemento giratorio se hace girar, caracterizado porque la etapa de engranaje diferencial es un engranaje planetario, un eje de engranaje solar y una corona dentada de engranaje del engranaje planetario que son el primer y segundo elementos giratorios y una caja de satélites del engranaje planetario que es el tercer elemento giratorio.
- 25 2. Un banco de pruebas de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de control comprende una máquina eléctrica (110, 210) y un dispositivo convertidor eléctrico (111, 211) dispuesto para controlar la máquina eléctrica sobre la base de una diferencia entre el par de la máquina eléctrica y un par de referencia.
- 30 3. Un banco de pruebas de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el dispositivo convertidor eléctrico está dispuesto para cambiar el par de referencia en respuesta a una situación en la que la velocidad de rotación de la máquina eléctrica coincide con un límite de velocidad superior o un límite de velocidad inferior, cambiando el par de referencia en una dirección para que la velocidad de rotación retorne a una ventana de velocidad definida por los límites de velocidad superior e inferior.
- 35 4. Un banco de pruebas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el motor de accionamiento (105) es un motor eléctrico y el banco de pruebas comprendiendo otro dispositivo convertidor eléctrico (112) dispuesto para controlar la velocidad de rotación del motor eléctrico sobre la base de una diferencia entre la velocidad de rotación del motor eléctrico y una velocidad de referencia.
- 40 5. Un banco de pruebas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en el que la máquina eléctrica es una máquina eléctrica de corriente alterna y el dispositivo convertidor eléctrico es un convertidor de frecuencia.
- 45 6. Un banco de pruebas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4-5, en el que el motor de accionamiento es un motor eléctrico de corriente alterna y el otro dispositivo convertidor eléctrico (112) es un convertidor de frecuencia.
- 50 7. Un procedimiento para comprobar una caja de engranaje, comprendiendo el procedimiento:
 - conectar (301) los ejes de entrada y salida de la caja de engranaje bajo prueba a las interfaces de conexión giratorias de un banco de pruebas, constituyendo el banco de pruebas junto con la caja de engranaje bajo prueba un lazo cerrado de potencia mecánica,
 - accionar (302) el lazo cerrado de potencia mecánica para suministrar pérdidas de potencia mecánica al lazo cerrado de potencia mecánica,
 - adaptar (303) la relación de engranaje del banco de pruebas para que se corresponda con la relación de engranaje de la caja de engranaje bajo prueba con la ayuda de una etapa de engranaje diferencial que tiene primer y segundo elementos giratorios que forman parte del lazo cerrado de potencia mecánica y cuya diferencia mutua de velocidad de rotación depende de la velocidad de rotación de un tercer elemento giratorio de la etapa de engranaje diferencial, y
 - imponer un par de prueba a la caja de engranaje bajo prueba mediante el control (304) del par que actúa sobre el tercer elemento giratorio cuando el tercer elemento giratorio rota,

caracterizado porque la etapa de engranaje diferencial es un engranaje planetario, un eje de engranaje solar y una corona dentada de engranaje del engranaje planetario que son el primer y segundo elementos giratorios y una caja de satélites del engranaje planetario que es el tercer elemento giratorio.

- 5 8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el par que actúa sobre el tercer elemento giratorio está controlado mediante un sistema que comprende una máquina eléctrica y un dispositivo convertidor eléctrico que controla la máquina eléctrica en base a una diferencia entre el par de la máquina eléctrica y un par de referencia.
- 10 9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el par de referencia es cambiado en respuesta a una situación en la que la velocidad de rotación de la máquina eléctrica coincide con un límite de velocidad superior o un límite de velocidad inferior, cambiando el par de referencia en una dirección para que la velocidad de rotación retorne a una ventana de velocidad definida por los límites de velocidad superior e inferior.
10. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en el que el lazo cerrado de potencia mecánica es accionado con un motor eléctrico y la velocidad de rotación del motor eléctrico es controlada sobre la base de una diferencia entre la velocidad de rotación del motor eléctrico y una velocidad de referencia.
- 15 11. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que la máquina eléctrica es una máquina eléctrica de corriente alterna y la máquina eléctrica es controlada con un convertidor de frecuencia.

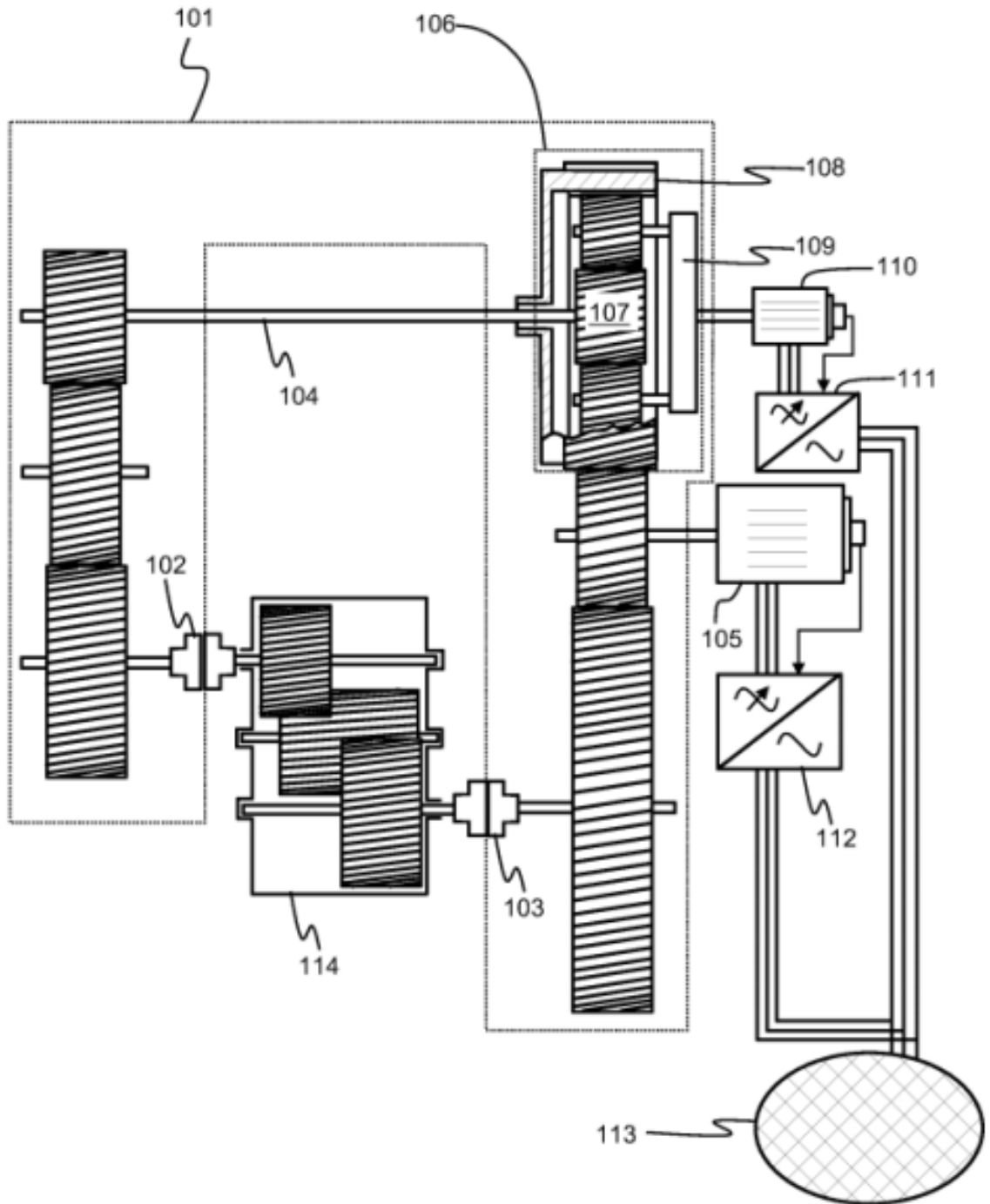


Figura 1

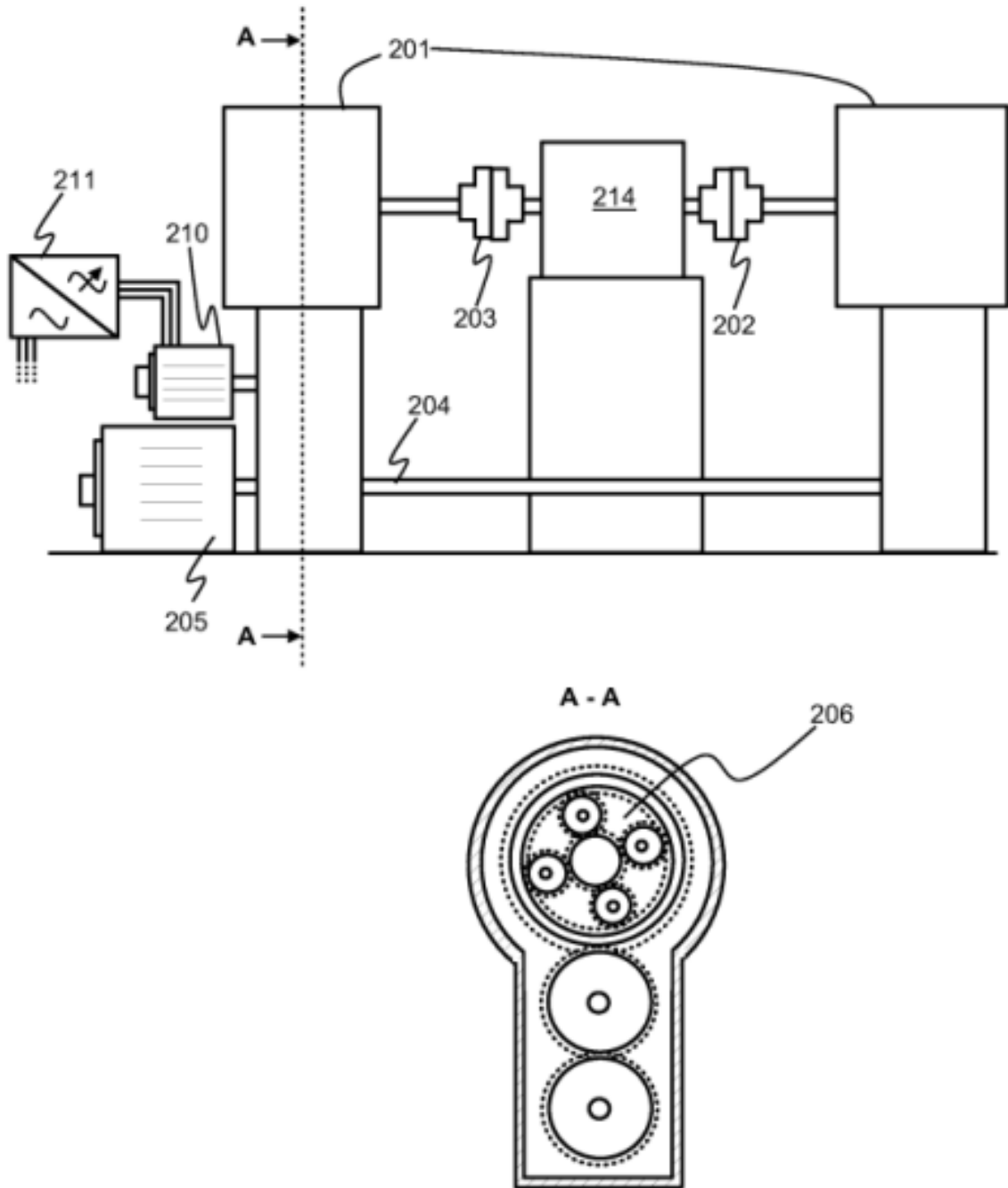


Figura 2

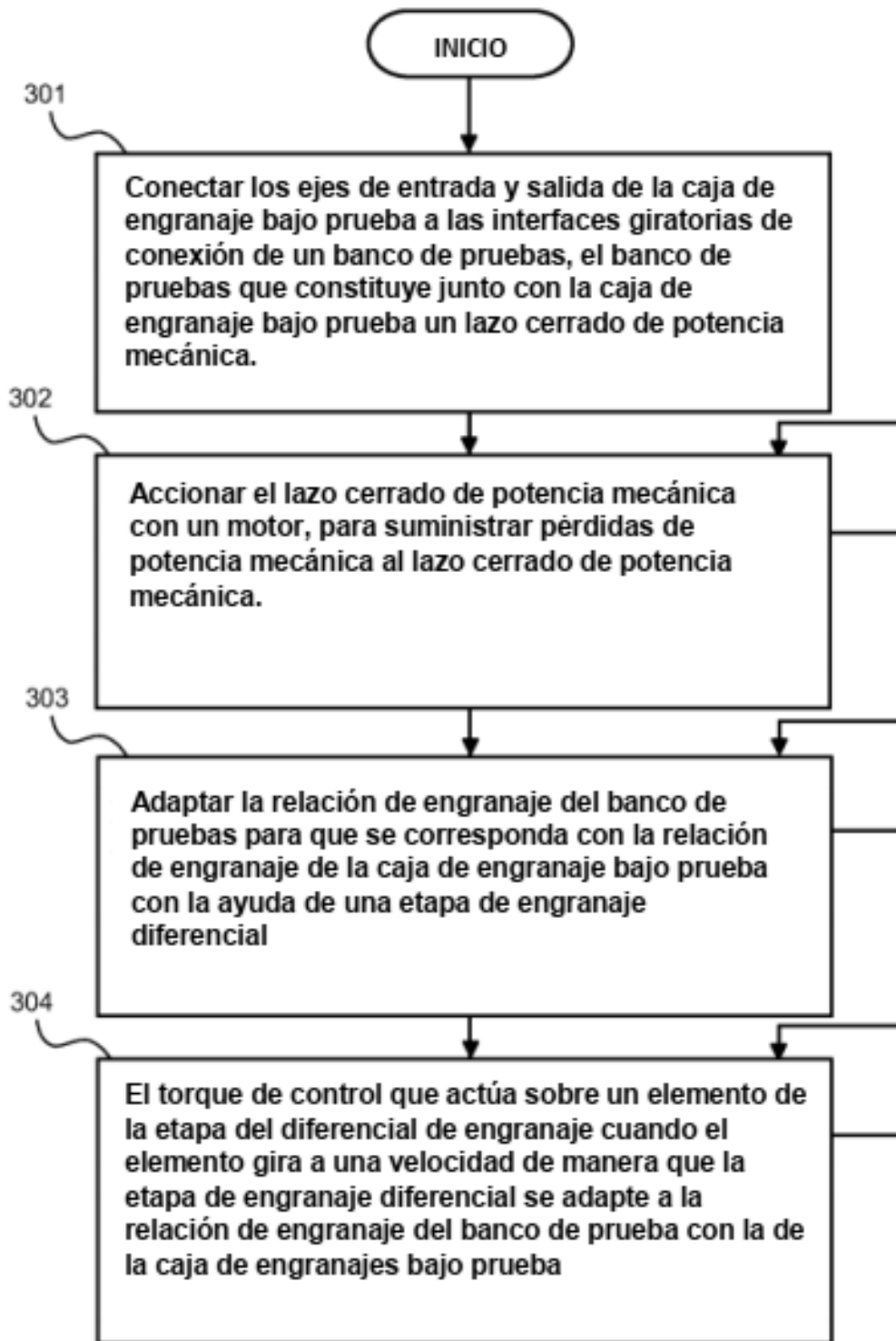


Figura 3