

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 949**

51 Int. Cl.:

**F16H 3/00** (2006.01)

**H02K 9/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2015** E 15175939 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2017** EP 3115644

54 Título: **Unidad de accionamiento de tracción bi-direccional autoventilada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.01.2018**

73 Titular/es:

**BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH  
(100.0%)  
Schöneberger Ufer 1  
10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**BUSCHBECK, JAN**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 650 949 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**

Unidad de accionamiento de tracción bi-direccional autoventilada

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a una unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada, en particular para un vehículo ferroviario.

Técnica anterior

10 Las unidades de tracción bidireccional autoventiladas convencionales para vehículos ferroviarios incluyen un árbol del motor de tracción, que puede girar en ambas direcciones para impulsar un vehículo hacia delante y hacia atrás, y un ventilador montado directamente en el árbol del motor para enfriar el motor. Para obtener el mismo rendimiento de refrigeración independientemente de la dirección de desplazamiento, el ventilador normalmente tiene así un denominado diseño simétrico, es decir, con cuchillas simétricas, y la eficiencia del ventilador no está optimizada, lo que significa que la dimensión, el consumo de energía y el ruido generado son más altos de lo deseable. Alternativamente, el ventilador puede estar equipado con palas de paso controlables. Pero tal equipo es particularmente costoso de fabricar y de mantener.

15 Partiendo de la disposición de ventilador simétrica habitual, una unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada conocida del documento DE 19842473 comprende un motor bidireccional, un ventilador asimétrico para ventilar el motor y un dispositivo de transmisión mecánica entre el motor y el ventilador. La transmisión mecánica es operativa para impulsar el rotor del ventilador en la misma dirección y con una relación de transmisión constante de 1:1, independientemente de la dirección de rotación del árbol del motor. La transmisión mecánica incluye un tren de engranajes planetarios que comprende un engranaje anular, un piñón central y un conjunto de engranajes planetarios soportados en al menos un portador planetario. Se proporcionan ruedas libres entre los engranajes planetarios y el portador planetario para bloquear el engranaje planetario en una dirección de rotación. Esta disposición proporciona resultados interesantes en términos de dirección de rotación del ventilador y relación de velocidad. Sin embargo, la posición de desplazamiento de las ruedas libres con respecto al eje de rotación principal del ventilador y del árbol del motor puede provocar un desgaste rápido y excesivo y un deterioro de la rueda libre en uso. Además, la relación de transmisión 1:1 es inherente a esta estructura y no se puede cambiar sin agregar un engranaje reductor. Por lo tanto, la relación de transmisión no se puede optimizar para cumplir los requisitos de refrigeración y emisión de ruido.

30 En el documento US 5.607.369 se divulga un sistema de engranaje de movimiento diferencial para controlar la relación de velocidad por medio del cambio de dirección de entrada. Este sistema causa el cambio de la relación de velocidad de salida al cambiar la dirección giratoria del árbol de entrada del sistema de engranaje de movimiento diferencial. En una realización, el sistema de engranaje de movimiento diferencial comprende: un árbol de entrada giratorio en direcciones opuestas; un árbol de salida; un primer mecanismo de accionamiento unidireccional conectado entre el árbol de entrada y el árbol de salida; un piñón central conectado al árbol de entrada; un engranaje de movimiento diferencial engranado con el piñón central; un engranaje anular acoplado con el engranaje de movimiento diferencial; un cubierta estacionaria; y medios para unir el engranaje anular a la cubierta estacionaria para evitar la rotación relativa entre la corona diferencial y la cubierta estacionaria. Como resultado, la relación de velocidad es  $-T1/T2$  en una dirección y  $1+T1/T2$  en la otra dirección, donde T1 es el número de dientes del piñón central y T2 el número de dientes de la corona diferencial. Mientras que el árbol de salida gira en la misma dirección, independientemente de la dirección de rotación del árbol de entrada, la diferencia significativa en las relaciones de velocidad, que es el propósito principal de este sistema, lo hace inadecuado para la unidad de accionamiento autoventilada.

45 El documento anterior DE 10 2007 020345 divulga una unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada que comprende un motor bidireccional, un ventilador para ventilar el motor y una transmisión mecánica entre un árbol del motor y un rotor de ventilador del ventilador, en el que la transmisión mecánica es operativa para impulsar el rotor del ventilador en una dirección preferida del ventilador con una primera relación de transmisión constante cuando el árbol del motor gira en una primera dirección de tracción y para impulsar el rotor del ventilador en la dirección preferida del ventilador con una segunda relación de transmisión constante cuando el árbol del motor gira en una segunda dirección de tracción opuesta a la primera dirección de tracción, donde la transmisión mecánica incluye un tren de engranajes planetario que comprende un piñón central, una corona diferencial y un conjunto de uno o más engranajes planetarios soportados en al menos un portador planetario y además incluye ruedas libres, en donde una de las ruedas libres opera entre la corona diferencial y el rotor del ventilador para bloquear la rotación del rotor del ventilador con respecto a la corona diferencial de encendido en la dirección preferida del ventilador.

55 El documento EP 2 444 312 divulga un aparato de cambio de velocidad, que utiliza rotación en sentido horario y antihorario de un par de motor con un engranaje planetario para lograr el objetivo de un cambio de marcha, es decir,

para proporcionar diferentes relaciones de engranajes de salida en la misma dirección de rotación de salida. Con este fin, el aparato de cambio de velocidad comprende una unidad de accionamiento bidireccional que comprende un motor bidireccional, un manguito de anillo de salida y una transmisión mecánica entre un árbol de motor del motor y el manguito de anillo de salida, en el que la transmisión mecánica es operativa. para impulsar el manguito de anillo de salida en una dirección preferida con una primera relación de engranaje constante cuando el árbol del motor gira en una primera dirección de tracción y para conducir el manguito de anillo de salida en la dirección preferida con una segunda relación de engranaje constante cuando el árbol del motor gira en una segunda dirección de tracción opuesta a la primera dirección de tracción, donde la transmisión mecánica incluye un tren de engranajes planetario que comprende un engranaje planetario, una corona diferencial y un conjunto de uno o más engranajes planetarios soportados en al menos un portador planetario y además incluye ruedas libres. Una primera de las ruedas libres opera entre el portador planetario y el manguito de anillo de salida para bloquear la rotación del manguito de anillo de salida con respecto al portador planetario en una dirección opuesta a la dirección preferida y una segunda de las ruedas libres opera entre la corona diferencial y el manguito del anillo de salida para bloquear la rotación del manguito del anillo de salida con respecto a la corona diferencial en la dirección preferida.

15 Resumen de la invención

La invención tiene como objetivo proporcionar una unidad de accionamiento autoventilada mejorada, que puede proporcionar una reducción sustancial en la emisión de ruido del ventilador independientemente de la dirección de desplazamiento, por medios puramente mecánicos.

De acuerdo con la invención, se proporciona una unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada que comprende un motor bidireccional, un ventilador para ventilar el motor y una transmisión mecánica entre un árbol del motor y un rotor del ventilador, en donde la transmisión mecánica es operativa para impulsar el rotor del ventilador en una dirección preferida del ventilador con una primera relación de engranaje constante R1 cuando el árbol de motor gira en una primera dirección de tracción y para impulsar el rotor del ventilador en la dirección preferida del ventilador con una segunda relación de transmisión constante R2 cuando el árbol del motor gira en una segunda dirección de tracción opuesta a la primera dirección de tracción, donde la transmisión mecánica incluye un tren de engranaje planetario que comprende un piñón central, una corona diferencial y un conjunto de uno o más engranajes planetarios soportados en al menos un portador planetario y además incluye ruedas libres, en donde una primera de las ruedas libres opera entre la corona diferencial y el rotor del ventilador para bloquear la rotación del rotor del ventilador con respecto a la corona diferencial en la dirección preferida del ventilador y

30 una segunda de las ruedas libres opera entre el portador planetario y el rotor del ventilador para bloquear la rotación del rotor del ventilador con respecto al portador planetario en una dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador.

Preferiblemente, la transmisión mecánica es tal que:

$$\frac{90}{100} \leq \left| \frac{R_1}{R_2} \right| \leq \frac{110}{100}$$

35 Preferiblemente, la transmisión mecánica es tal que la primera relación de transmisión constante R<sub>1</sub> es diferente de 1:1 y la segunda relación de transmisión constante R<sub>2</sub> es diferente de 1:1.

De acuerdo con una realización preferida, las ruedas libres, el árbol del motor y el rotor del ventilador tienen un eje de rotación común.

40 Ventajosamente, los engranajes planetarios pueden rotar libremente en ambas direcciones con respecto al portador planetario. Se evitan los problemas de desgaste que pueden ocurrir cuando se encuentra una rueda libre entre la rueda planetaria y el portador planetario.

Preferiblemente, una de las ruedas libres opera entre el soporte planetario y una carcasa fija de la unidad de accionamiento de tracción para bloquear la rotación del portador planetario con respecto a la carcasa fija en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador.

45 Preferiblemente, una de las ruedas libres opera entre la corona diferencial y una carcasa fija de la unidad de accionamiento de tracción, para bloquear la rotación de la corona diferencial con respecto al portador planetario en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador.

Preferiblemente, una de las ruedas libres opera entre el árbol del motor y el piñón central para bloquear la rotación del piñón central con respecto al árbol del motor en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador.

Preferiblemente, una de las ruedas libres opera entre el piñón central y una carcasa fija de la unidad de accionamiento, para bloquear la rotación del piñón central con respecto a la carcasa fija en la dirección preferida del ventilador.

Breve descripción de las figuras

- 5 Otras ventajas y características de la invención se harán más claramente evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones específicas de la invención proporcionadas solo como ejemplos no restrictivos y representadas en los dibujos adjuntos en los que:
- La figura 1 es una ilustración esquemática de una unidad de accionamiento autoventilada de acuerdo con una realización de la invención;
- 10 - La figura 2 es un diagrama funcional de la unidad de accionamiento de la figura 1 cuando un árbol de motor de la unidad de accionamiento gira en una dirección preferida del ventilador;
- La figura 3 es un diagrama de velocidad (denominado diagrama de Kutzbach) de la unidad de accionamiento de la figura 1 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en la dirección preferida del ventilador;
- 15 - La figura 4 es un diagrama funcional de la unidad de accionamiento de la figura 1 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en una dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador;
- La figura 5 es un diagrama de velocidad de la unidad de accionamiento de la figura 1 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador;
- 20 - La figura 6 es una ilustración esquemática de una unidad de accionamiento autoventilada de acuerdo con otra realización de la invención;
- 20 - La figura 7 es un diagrama funcional de la unidad de accionamiento de la figura 6 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en la dirección preferida del ventilador;
- La figura 8 es un diagrama de velocidad de la unidad de accionamiento de la figura 6 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en la dirección preferida del ventilador;
- 25 - La figura 9 es un diagrama funcional de la unidad de accionamiento de la figura 6 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador;
- La figura 10 es un diagrama de velocidad de la unidad de accionamiento de la figura 6 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador;
- 30 - La figura 11 es una ilustración esquemática de una unidad de accionamiento autoventilada de acuerdo con todavía otra realización de la invención;
- 30 - La figura 12 es un diagrama funcional de la unidad de accionamiento de la figura 11 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en la dirección preferida del ventilador;
- La figura 13 es un diagrama de velocidad de la unidad de accionamiento de la figura 11 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en la dirección preferida del ventilador;
- 35 - La figura 14 es un diagrama funcional de la unidad de accionamiento de la figura 11 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador;
- La figura 15 es un diagrama de velocidad de la unidad de accionamiento de la figura 11 cuando el árbol del motor de la unidad de accionamiento gira en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador;

Los números de referencia correspondientes se refieren a partes iguales o correspondientes en cada una de las figuras.

- 40 Descripción detallada de las formas de realización preferidas

Con referencia a la figura 1, una unidad de accionamiento 10 según una primera realización de la invención para accionar una o más ruedas (no mostradas) de un vehículo ferroviario comprende una unidad de motor 12, una transmisión mecánica 14 y un ventilador 16, recibidos en una carcasa 18. La unidad de motor 12 comprende un

estator 20 recibido y fijado a la carcasa 18, y un rotor 22 fijado o integrado con un árbol de motor 24 y soportado para girar alrededor de un eje de revolución 100 por un cojinete principal 26.

5 La transmisión mecánica 14 comprende un conjunto de engranajes planetarios 28 que consta de un piñón central 30, una corona diferencial 32 y un conjunto de uno o más engranajes planetarios 34 soportados para la rotación mediante un portador planetario giratorio 36. El piñón central 30, la corona diferencial 32 y el portador planetario 36 tienen un eje de revolución común, que es coaxial con el eje de revolución 100 del árbol del motor 24 y con un eje de revolución de un rotor 38 del ventilador 16. El rotor 38 de ventilador tiene una forma asimétrica, que está optimizada para operar en una dirección de rotación, que se denominará en lo sucesivo la dirección preferida del ventilador.

La transmisión mecánica 14 comprende además un conjunto de ruedas libres que incluyen:

- 10 - una primera rueda libre 40 lateral de entrada, que opera entre el árbol del motor 24 y el piñón central 30 para bloquear la rotación del piñón central 30 con respecto al árbol del motor 24 en la dirección preferida del ventilador;
- una segunda rueda libre 42 lateral de entrada, que opera entre el árbol del motor 24 y el engranaje anular 32, para bloquear la rotación de la corona diferencial 32 con respecto al árbol del motor 24 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador;
- 15 - una primera rueda libre 44 intermedia, que opera entre el piñón central 30 y una parte 18.1 de la carcasa 18 de la unidad de accionamiento 10, para bloquear la rotación del piñón central 30 con respecto a la carcasa 18 en la dirección preferida del ventilador;
- una primera rueda libre 46 lateral de salida, que funciona entre la corona diferencial 32 y el rotor 38 del ventilador para bloquear la rotación del rotor 38 del ventilador con respecto a la corona diferencial 32 en la dirección preferida del ventilador;
- 20 - una segunda rueda libre intermedia 48, que opera entre el portador planetario 36 y una parte de la carcasa 18 de la unidad de accionamiento de tracción 10 para bloquear la rotación del portador planetario 36 con respecto a la carcasa fija 18 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador; y
- 25 - una segunda rueda libre 50 lateral de salida, que opera entre el portador planetario 36 y el rotor del ventilador 38, para bloquear la rotación del rotor del ventilador 38 con respecto al portador planetario 36 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador.

30 Como resultado de esta disposición, la transmisión mecánica es operativa para impulsar el rotor del ventilador 38 en la dirección preferida del ventilador con una primera relación de engranaje constante  $R_1$  cuando el árbol de motor 24 gira en la dirección preferida del ventilador y accionar el rotor del ventilador 38 en la dirección preferida del ventilador con una segunda relación de engranaje constante  $R_2$  que tiene la misma magnitud que  $R_1$  (pero un signo opuesto) cuando el árbol de motor 24 gira en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador. Esto se ilustra con más detalles en las Figuras 2 a 5.

35 En las ilustraciones esquemáticas de las Figuras 2 y 3, el árbol del motor 24 gira en la dirección preferida del ventilador 102 para bloquear la segunda rueda libre 42 lateral de entrada y desbloquear la primera rueda libre del lado de entrada 40. El árbol del motor 24 acciona la corona diferencial 32 en la dirección preferida del ventilador. El portador planetario 36 puede girar libremente en la dirección preferida del ventilador, pero el piñón central 30 no, porque la segunda rueda libre intermedia 48 está desbloqueada y la primera rueda libre intermedia 44 está bloqueada. El rotor de ventilador 38 es accionado por el soporte planetario 36 a través de la segunda rueda libre 50 lateral de salida bloqueada, mientras que la primera rueda libre 46 lateral de salida permanece desbloqueada. Los vectores de velocidad resultantes se representan en el diagrama de velocidad de la figura 3, donde 124 es la velocidad del árbol del motor, 130 la velocidad del piñón central, 132 la velocidad de la corona diferencial, 134 la velocidad de los engranajes planetarios, 136 la velocidad del portador planetario y 138 la velocidad del rotor del ventilador. Los engranajes planetarios 34 giran para impulsar el portador planetario 36 en la dirección preferida del ventilador a una velocidad reducida con respecto a la velocidad de rotación del árbol del motor 24. La relación de velocidad  $R_1$  entre la velocidad de rotación del árbol del motor 24 y la velocidad de rotación del portador planetario 36 es igual a la relación del número de dientes  $N_R$  de la corona diferencial 32 al número de dientes  $N_S$  del piñón central 30:

$$(1) \quad R_1 = \frac{N_R + N_S}{N_R}$$

50 En las ilustraciones esquemáticas de las Figuras 4 y 5, el árbol del motor 24 gira en la dirección 102 opuesta a la dirección preferida del ventilador. Como resultado, la primera rueda libre 40 lateral de entrada se bloquea y la

primera rueda libre intermedia 44 se desbloquea, de modo que el árbol del motor 24 acciona el piñón central 30 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador. La segunda rueda libre intermedia 48 está bloqueada e impide la rotación del portador planetario 36 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador, de modo que los engranajes planetarios 34 giran y accionan la corona diferencial 32 en la dirección preferida del ventilador, lo que desbloquea la segunda rueda libre 42 lateral de entrada. Finalmente, la primera rueda libre 46 lateral de salida se bloquea y la segunda rueda libre 50 lateral de salida se desbloquea, de modo que el rotor del ventilador 38 gira con la corona diferencial 32 en la dirección preferida del ventilador. Los vectores de velocidad resultantes se representan en el diagrama de velocidad de la Figura 5. La relación de velocidad  $R_2$  entre la velocidad de rotación del árbol del motor 24 y la velocidad de rotación del rotor del ventilador 38 es tal que:

$$(2) \quad R_2 = -\frac{N_R}{N_S}$$

Para tener el mismo enfriamiento para ambas direcciones de desplazamiento, la cantidad de dientes debe elegirse de forma que  $R_1$  sea igual a  $-R_2$ . Eso es posible para exactamente una relación de transmisión  $|R_{1,2}| = 1.618$ . Por lo tanto, es posible proporcionar la refrigeración requerida y, al mismo tiempo, reducir la velocidad de rotación del ventilador en comparación con la velocidad del eje, de modo que el nivel de ruido también se mantendrá bajo.

Con referencia ahora a la segunda realización de la figura 6, una unidad de accionamiento 10 para accionar una o más ruedas de un vehículo ferroviario comprende una unidad de motor 12, una transmisión mecánica 14 y un ventilador 16 soportado por una carcasa 18. La unidad de motor 12 comprende un estator 20 recibido y fijado a la carcasa 18, y un rotor 22 fijado o integrado con un árbol de motor 24 y soportado por un cojinete principal 26 para girar alrededor de un eje de revolución 100.

La transmisión mecánica 14 comprende un conjunto de engranajes planetarios 28 que consta de un piñón central 30 fijo o integral con el árbol del motor 24, una corona diferencial 32 y un conjunto de uno o más engranajes planetarios 34 soportados para rotación por un portador planetario giratorio 36. El piñón central 30, la corona diferencial 32 y el portador planetario 36 tienen un eje de rotación común, que es coaxial con el eje de revolución 100 del árbol del motor 24 y con un eje de revolución de un rotor 38 del ventilador 16. El rotor 38 de ventilador está optimizado para una operación en una dirección de rotación, que se denominará la dirección preferida del ventilador.

La transmisión mecánica 14 comprende además un conjunto de ruedas libres que incluyen:

- una primera rueda libre intermedia 52, que opera entre la corona diferencial 32 y la carcasa 18 para bloquear la rotación de la corona diferencial 32 con respecto a la carcasa 18 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador;

- una segunda rueda libre intermedia 48, que opera entre el portador planetario 36 y la carcasa 18 para bloquear la rotación del portador planetario 36 con respecto a la carcasa 18 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador;

- una primera rueda libre 46 lateral de salida, que opera entre el portador planetario 36 y el rotor del ventilador 38, para bloquear la rotación del rotor del ventilador 38 con respecto al portador planetario 36 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador; y

- una segunda rueda libre 50 lateral de salida, que opera entre la corona diferencial 32 y el rotor del ventilador 38, para bloquear la rotación del rotor del ventilador 38 con respecto a la corona diferencial 32 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador.

Como resultado de esta disposición, la transmisión mecánica 16 es operativa para impulsar el rotor de ventilador 38 en la dirección preferida del ventilador con una primera relación de engranaje constante  $R_1$  cuando el árbol de motor gira en una primera dirección de tracción 102 y para accionar el rotor de ventilador 38 en la dirección preferida del ventilador con una segunda relación de engranaje constante  $R_2$  cuando el árbol del motor gira en una segunda dirección de tracción 104 opuesta a la primera dirección de tracción. Esto se ilustra con más detalles en las Figuras 7 a 10.

En las ilustraciones esquemáticas de las Figuras 7 y 8, el piñón central 32 gira en la dirección preferida del ventilador 102 junto con el árbol del motor. La segunda rueda libre 48 intermedia está desbloqueada y el portador planetario 36 puede girar libremente en la dirección preferida del ventilador. La primera rueda libre 52 intermedia está bloqueada para evitar la rotación de la corona diferencial 32 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador. La primera rueda libre 46 lateral de salida bloqueada y la segunda rueda libre 50 lateral de salida desbloqueada permiten que el rotor 38 del ventilador gire junto con el portador planetario 36 en la dirección preferida 102 del ventilador. Como resultado, los engranajes planetarios 34 giran para impulsar el portador planetario 36 en la

5 dirección preferida del ventilador 102 a una velocidad reducida. Los vectores de velocidad correspondientes se representan en el diagrama de velocidad de la figura 7, donde 124 es la velocidad del árbol del motor, 130 la velocidad del piñón central, 132 la velocidad de la corona diferencial, 134 la velocidad de los engranajes planetarios, 136 la velocidad del portador planetario y 138 la velocidad del rotor del ventilador. La relación de velocidad  $R_1$  de la velocidad de rotación del árbol del motor a la velocidad de rotación del portador planetario 36 puede derivarse del número de dientes  $N_S$  del piñón central 30 al número de dientes  $N_R$  de la corona diferencial 32:

$$(3) \quad R_1 = \frac{N_S + N_R}{N_S}$$

10 En las ilustraciones esquemáticas de las Figuras 9 y 10, el piñón central 32 gira con el árbol del motor 24 en la dirección 104 opuesta a la dirección preferida del ventilador. Como resultado, la segunda rueda libre 48 intermedia se bloquea para evitar la rotación del portador planetario 36 en la dirección 104 opuesta a la dirección preferida del ventilador. La primera rueda libre 52 intermedia permanece desbloqueada y los engranajes planetarios 34 engranan con el piñón central 30 y la corona diferencial 32 para impulsar la corona diferencial 32 en la dirección preferida del ventilador. La primera rueda libre 46 lateral de salida está desbloqueada y la segunda rueda libre 50 lateral de salida está bloqueada, de modo que el rotor del ventilador 38 gira con la corona diferencial 32 en la dirección preferida del ventilador. Los vectores de velocidad resultantes se representan en el diagrama de velocidad de la Figura 10. La relación de velocidad  $R_2$  entre la velocidad de rotación del rotor 36 del ventilador y la velocidad de rotación del árbol 24 del motor es tal que:

$$(4) \quad R_2 = -\frac{N_R}{N_S}$$

En consecuencia,

$$20 \quad (5) \quad \left| \frac{R_1}{R_2} \right| = \frac{N_R + N_S}{N_R}$$

Para obtener una capacidad de enfriamiento similar en ambas direcciones,  $N_S$  tiene que ser menor que  $N_R$  por lo menos un orden de magnitud. Preferiblemente,

$$(6) \quad N_S \leq \frac{N_R}{10}$$

En consecuencia,

$$25 \quad (7) \quad \begin{cases} 1 \leq \left| \frac{R_1}{R_2} \right| \leq \frac{11}{10} \\ 11 \leq R_1 \\ R_2 \leq -10 \end{cases}$$

Más preferiblemente,

$$(8) \quad N_S \leq \frac{N_R}{20}$$

En consecuencia,

$$(9) \quad \begin{cases} 1 \leq \left| \frac{R_1}{R_2} \right| \leq \frac{21}{20} \\ 21 \leq R_1 \\ R_2 \leq -20 \end{cases}$$

30 Con esta realización, la relación de velocidad puede ser suficientemente similar en ambas direcciones de rotación del árbol motor 24 para asegurar sustancialmente la misma eficiencia de enfriamiento y nivel de ruido en ambas

direcciones de viaje, siempre que el sistema satisfaga la desigualdad (6) y preferiblemente la desigualdad (8). Existe una cierta latitud, aunque no tan grande como en la primera realización, para adaptar la relación de velocidad a las necesidades de refrigeración modificando el tamaño del piñón central 30 y los engranajes planetarios 34 y este resultado se obtiene con una disposición muy simplificada, con solo cuatro ruedas libres.

- 5 Con referencia ahora a la tercera realización de la figura 11, una unidad de accionamiento 10 para accionar una o más ruedas de un vehículo sobre rieles comprende una unidad de motor 12, una transmisión mecánica 14, un ventilador 16 y una carcasa común 18. La unidad de motor 12 es un estator 20 recibido y fijado a la carcasa 18 y un rotor 22 fijado o integrado con un árbol de motor 24 y soportado para girar alrededor de un eje de revolución 100 por un cojinete principal 26.
- 10 La transmisión mecánica 14 comprende un conjunto de engranajes planetarios 28 que consta de un piñón central 10 fijo o integral con el árbol del motor 24, una corona diferencial 32 y un conjunto de uno o más engranajes planetarios 36 soportados para la rotación por el portador planetario giratorio 36 y engranando con el piñón central 30 y la corona diferencial 32. El piñón central 30, la corona diferencial 32 y el portador planetario giratorio 36 tienen un eje de rotación común, que es coaxial con el eje de revolución 100 del árbol del motor 24 y con un eje de revolución de un rotor 38 del ventilador 16. Los engranajes planetarios 34 han girado con respecto al portador planetario alrededor de ejes de rotación que son preferiblemente paralelos con el eje de revolución 100. El rotor 38 de ventilador está optimizado para operar en una dirección de rotación, que se denominará la dirección 102 de ventilador preferida. La transmisión mecánica 14 comprende además un engranaje de sincronización 54 que comprende un conjunto de uno o más engranajes de sincronización 56 soportados para girar por un portador planetario fijo 58 que puede fijarse o integrarse con una parte fija de la carcasa 18. Los engranajes de sincronización 56 engranan con la corona diferencial 32 y con un engranaje portador planetario 60 formado en el portador planetario 36 para sincronizar la rotación de la corona diferencial 32 y del portador planetario 36.
- 15
- 20

La transmisión mecánica comprende además un conjunto de ruedas libres que incluyen:

- 25 - una primera rueda libre 46 lateral de salida, que opera entre el portador planetario 36 y el rotor del ventilador 38, para bloquear la rotación del rotor del ventilador 38 con respecto al portador planetario en la dirección 104 opuesta a la dirección preferida del ventilador;
- una segunda rueda libre 50 lateral de salida, que opera entre la corona diferencial 32 y el rotor del ventilador 38, para bloquear la rotación del rotor del ventilador 38 con respecto a la corona diferencial 32 en la dirección 104 opuesta a la dirección preferida del ventilador.
- 30 Como resultado de esta disposición, la transmisión mecánica es operativa para impulsar el rotor 38 de ventilador en la dirección 102 de ventilador preferida con una primera relación  $R_1$  de engranaje constante cuando el árbol 24 de motor gira en la dirección 102 de ventilador preferida, y para accionar el rotor de ventilador 38 en la dirección preferida del ventilador 102 con una segunda relación de engranaje constante  $R_2$  cuando el árbol de motor gira en la dirección 104 opuesta a la dirección preferida del ventilador. Esto se ilustra con más detalles en las Figuras 12 a 15.
- 35 En las ilustraciones esquemáticas de las Figuras 12 y 13, el piñón central 30 gira en la dirección preferida del ventilador 102 junto con el árbol de motor 24. Los engranajes planetarios 34 engranan con el piñón central 30 y la corona diferencial 32 para accionar la corona diferencial 32 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador. Los engranajes de sincronización 56 engranan con la corona diferencial 32 y el portador planetario 36 para accionar el portador planetario 36 en la dirección preferida del ventilador. Como resultado, la primera rueda libre 46 lateral de salida se bloquea y la segunda rueda libre 50 lateral de salida se desbloquea, de modo que el rotor del ventilador gira junto con el portador planetario 36 en la dirección preferida del ventilador 102. Los vectores de velocidad resultantes se representan en el diagrama de velocidad de la figura 13, donde 124 es la velocidad del árbol del motor, 130 la velocidad del piñón central, 132 la velocidad de la corona diferencial, 134 la velocidad de los engranajes planetarios, 136 la velocidad del portador planetario, 138 a la velocidad del rotor del ventilador, 156 a la
- 40
- 45

La relación de velocidad en este caso depende del número de dientes  $N_s$  del piñón central 30, el número de dientes  $N_R$  de la corona diferencial 32 y el número de dientes  $N_c$  del engranaje portador planetario 60, de la siguiente manera:

$$(10) \quad R_1 = \frac{N_s + N_c + N_R}{N_s}$$

- 50 En las ilustraciones esquemáticas de las Figuras 14 y 15, el piñón central 30 gira con el árbol del motor 24 en la dirección 104 opuesta a la dirección preferida del ventilador. Los engranajes planetarios 36 engranan con el piñón central 30 y la corona diferencial 32 para accionar la corona diferencial 32 en la dirección preferida del ventilador.



5 Los engranajes de sincronización 56 engranan con la corona diferencial 32 y el engranaje portador planetario 60 para accionar el portador planetario 36 en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador. Como resultado, la primera rueda libre 46 lateral de salida se desbloquea y la segunda rueda libre 50 lateral de salida se bloquea, de modo que el rotor del ventilador 38 gira junto con el portador planetario 36 en la dirección preferida del ventilador. La relación de transmisión entre el rotor 38 del ventilador y el árbol 24 del motor en este caso es la siguiente:

$$(11) \quad R_2 = -\frac{N_R}{N_C} \cdot \frac{N_S + N_R + N_C}{N_S}$$

Consecuentemente,

$$(12) \quad \left| \frac{R_2}{R_1} \right| = \frac{N_R}{N_C}$$

10 Para obtener una capacidad de enfriamiento similar en ambas direcciones,  $N_S$  tiene que ser sustancialmente igual a  $N_R$ . Preferiblemente,

$$(13) \quad 1 \leq \frac{N_R}{N_C} \leq \frac{11}{10}$$

Por consiguiente,

$$(14) \quad 1 \leq \left| \frac{R_2}{R_1} \right| \leq \frac{11}{10}$$

15 Más preferiblemente,

$$(15) \quad 1 \leq \frac{N_R}{N_C} \leq \frac{105}{100}$$

En consecuencia,

$$(16) \quad 1 \leq \left| \frac{R_2}{R_1} \right| \leq \frac{105}{100}$$

20 Con esta realización, la relación de velocidad se puede adaptar a las necesidades de refrigeración simplemente modificando el tamaño del piñón central 30 y los engranajes planetarios, para un diámetro dado de la corona diferencial. El tamaño de los engranajes de sincronización 56 debe mantenerse pequeño, es decir, para satisfacer la desigualdad (13) y preferiblemente la desigualdad (15) para minimizar la diferencia en la eficiencia de enfriamiento y el nivel de ruido en las dos direcciones de rotación. Estos resultados se obtienen con una disposición muy simplificada, con solo dos ruedas libres.

25 Se pueden hacer varias modificaciones. El estator 20 puede estar fuera o dentro del rotor 22. El árbol 24 del motor puede ser plano o hueco, y puede tener cualquier forma con una simetría de revolución. Las ruedas libres pueden ser de cualquier tipo. Los engranajes planetarios 34 pueden girar con respecto al portador planetario 36 alrededor de ejes de rotación que son perpendiculares al eje de revolución 100. Los engranajes de sincronización 60 se pueden montar entre el piñón central 30 y el portador planetario 36.

30 Puede ser ventajoso aumentar la holgura de la rueda dentada/juego de dientes y/o la holgura libre de la rueda (es decir, la rotación hasta que la rueda libre esté bloqueada) para evitar la tensión mecánica de la transmisión mecánica.

## REIVINDICACIONES

1. Unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada (10) que comprende un motor bidireccional (12), un ventilador (16) para ventilar el motor (12) y una transmisión mecánica (14) entre un árbol de motor (24) del motor (12) y un rotor de ventilador (38) del ventilador (16), donde la transmisión mecánica (14) es operativa para impulsar el rotor de ventilador (38) en una dirección preferida (102) del ventilador con una primera relación de engranaje constante  $R_1$  cuando el árbol del motor (24) gira en una primera dirección de tracción y acciona el rotor del ventilador (38) en la dirección preferida del ventilador con una segunda relación de engranaje constante  $R_2$  cuando el árbol del motor (24) gira en una segunda dirección de tracción opuesta a la primera dirección de tracción, donde la transmisión mecánica (14) incluye un tren de engranajes planetarios (28) que comprende un piñón central (30), una corona diferencial (32) y un conjunto de uno o más engranajes planetarios (34) soportados en al menos un portador planetario (36) y además incluye ruedas libres (40, 42, 44, 46, 48, 50, 52), en donde un primer (46) de las ruedas libres opera entre la corona diferencial (32) y el rotor del ventilador (38) para bloquear la rotación del rotor del ventilador (38) con respecto a la corona diferencial (32) en la dirección preferida del ventilador, caracterizado porque el ventilador (16) es un ventilador asimétrico, el rotor (38) es un rotor asimétrico, y una segunda (50) de las ruedas libres opera entre el portador planetario (36) y el rotor del ventilador (38) para bloquear la rotación del rotor del ventilador (38) con respecto al portador planetario (36) en una dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador.

2. La unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada de la reivindicación 1, en la que la transmisión mecánica (14) es tal que:

$$\frac{90}{100} \leq \left| \frac{R_1}{R_2} \right| \leq \frac{110}{100}$$

3. La unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la transmisión mecánica (14) es tal que la primera relación de engranaje constante  $R_1$  es diferente de 1:1 y la segunda relación de engranaje constante  $R_2$  es diferente de 1:1.

4. La unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que las ruedas libres (40, 42, 44, 46, 48, 50, 52), el árbol del motor (24) y el rotor del ventilador (38) tienen un eje de rotación común.

5. La unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que los engranajes planetarios (34) pueden girar libremente en ambas direcciones con respecto al soporte planetario (36).

6. La unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que una (48) de las ruedas libres funciona entre el soporte planetario (36) y una carcasa fija (18) de la unidad de accionamiento de tracción (10) para bloquear la rotación del portador planetario (36) con respecto a la carcasa fija (18) en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador.

7. La unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que una (52) de las ruedas libres funciona entre la corona diferencial (32) y una carcasa fija (18) de la unidad de accionamiento de tracción (10), para bloquear la rotación de la corona diferencial (32) con respecto al portador planetario (36) en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador.

8. La unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que una (40) de las ruedas libres funciona entre el árbol del motor (24) y el piñón central (30) para bloquear la rotación del piñón central (30) con respecto al árbol del motor (24) en la dirección opuesta a la dirección preferida del ventilador.

9. La unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que una (44) de las ruedas libres funciona entre el piñón central (30) y una carcasa fija (18) de la unidad de accionamiento (10), para bloquear la rotación del piñón central (30) con respecto a la carcasa fija (18) en la dirección preferida del ventilador.

10. La unidad de accionamiento de tracción bidireccional autoventilada de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la transmisión mecánica (14) incluye al menos un conjunto de uno o más engranajes de sincronización (56) que engranan con un engranaje de soporte (60) fijado al portador planetario (36) y con uno del piñón central o corona diferencial (30, 32), estando el conjunto de uno o más engranajes de sincronización (60) soportados cada uno para la rotación alrededor de un eje de rotación fijo con respecto a una carcasa (18) de la unidad de accionamiento (10).

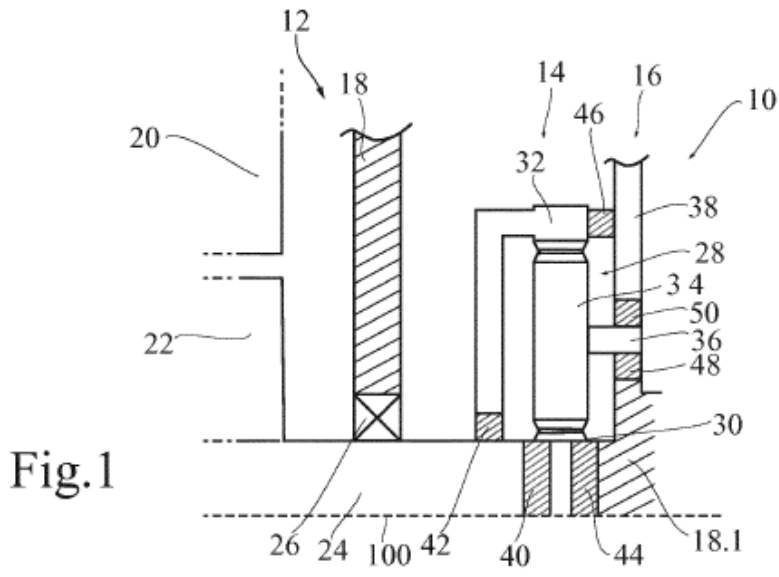


Fig.1

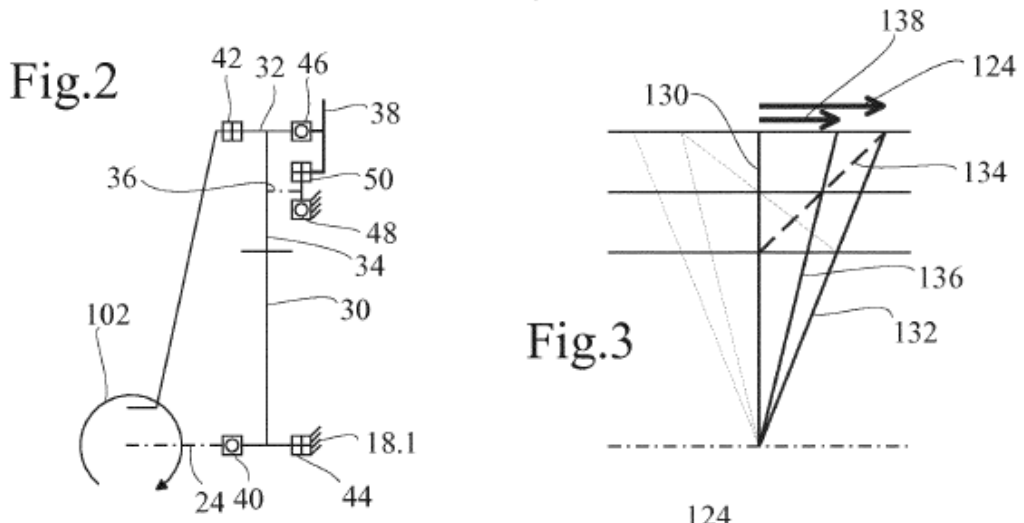


Fig.2

Fig.3

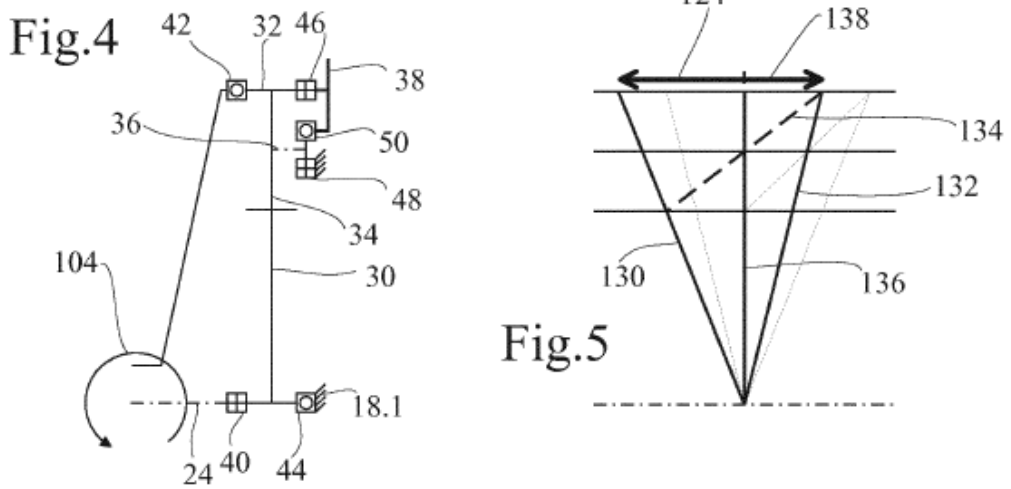


Fig.4

Fig.5

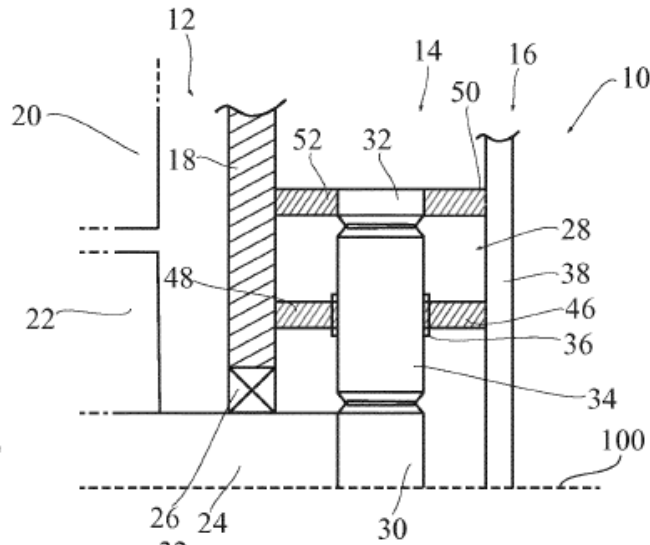


Fig. 6

Fig. 7

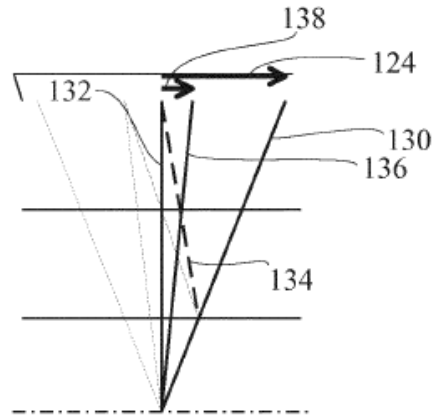
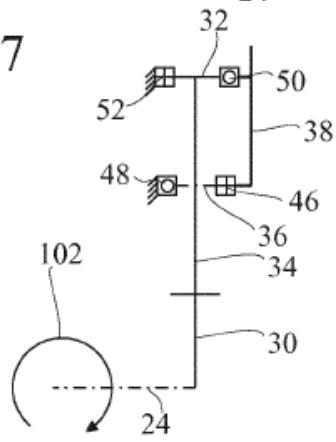


Fig. 8

Fig. 9

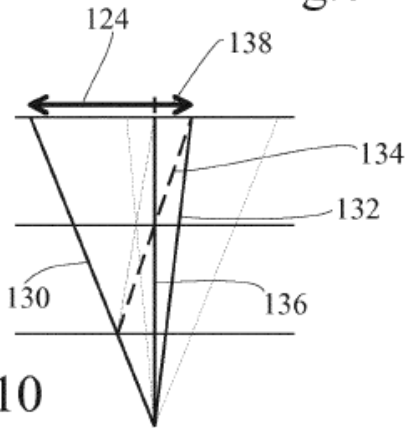
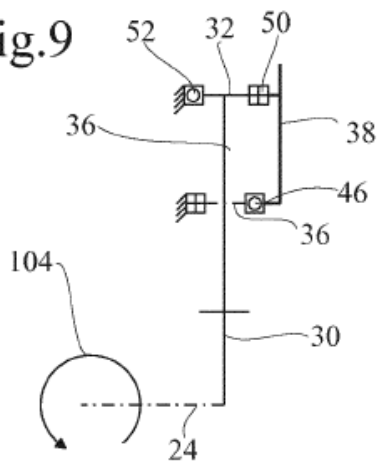


Fig. 10

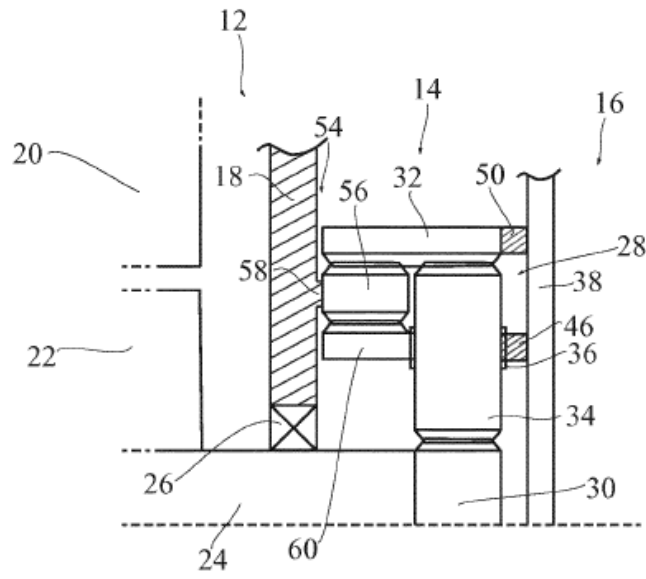


Fig. 11

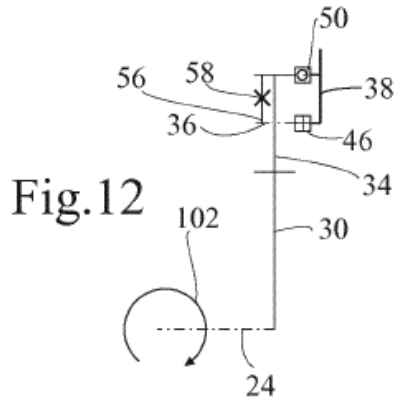


Fig. 12

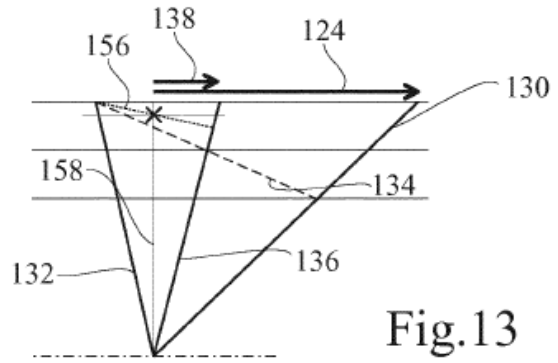


Fig. 13

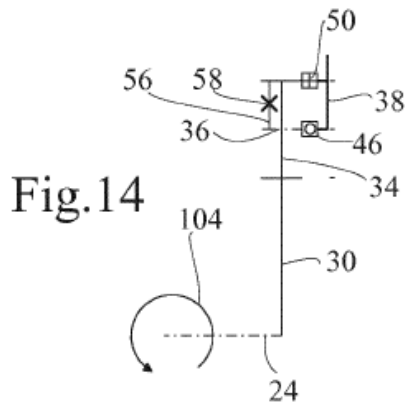


Fig. 14

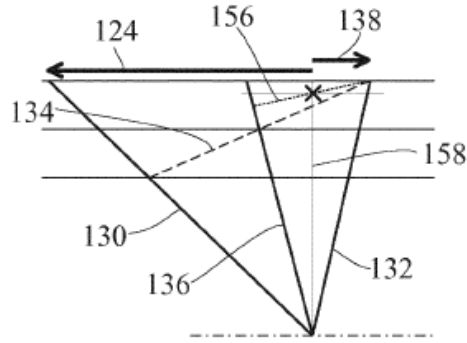


Fig. 15