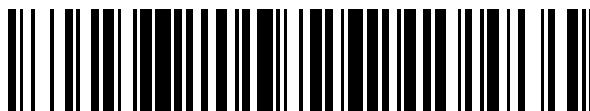


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 597 163**

51 Int. Cl.:

**F02B 37/00** (2006.01)

**F02B 39/10** (2006.01)

**F02B 41/10** (2006.01)

**F16H 47/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2013** **E 13198836 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016** **EP 2886824**

54 Título: **Esquema de turbotracción mejorado, en particular en el campo de los vehículos industriales**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.01.2017**

73 Titular/es:

**FPT MOTORENFORSCHUNG AG (100.0%)**  
**Schlossgasse 2**  
**9320 Arbon, CH**

72 Inventor/es:

**JAEGER, LAURENTIUS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 597 163 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**

Esquema de turbotracción mejorado, en particular en el campo de los vehículos industriales

5 Campo de la Invención

La presente invención se relaciona con un esquema de turbotracción mejorado, en particular en el campo de los vehículos industriales.

10 Descripción de la técnica anterior

Los sistemas de turbotracción son conocidos de finales de los años 60.

15 Por ejemplo, el documento de patente de EE.UU. nº 4100742 muestra una configuración de turbotracción clásica, en la que una primera etapa de turbina acciona un compresor, mientras que una segunda etapa de turbina, usualmente denominada turbina de potencia, es engranada con el cigüeñal con el fin de ayudar al motor de combustión.

Comúnmente se usa un acoplamiento hidrodinámico para conectar la turbina de potencia al tren del cigüeñal; este tipo de conexión impide que las vibraciones torsionales del cigüeñal, que son amplificadas por las elevadas relaciones de engranaje de la transmisión entre el cigüeñal y la turbina, afecten a la turbina.

20 Se conoce en la técnica el uso de embragues, por ejemplo acoplamientos hidrodinámicos conmutables para conectar/desconectar las turbinas de potencia a los trenes de cigüeñal del motor, aunque raramente se ponen en práctica.

25 Se conoce el acoplamiento de un motor eléctrico con un turbocompresor con el fin de obtener un incremento deseado de la velocidad del compresor. No obstante, esto implica el uso de medios para almacenar la energía que se necesita para alimentar al motor eléctrico.

30 Se conoce también el acoplamiento de un motor eléctrico, que actúa como un generador, con un turbocompresor con el fin de obtener una reducción deseada de la velocidad del compresor. Esto, a su vez, implica el uso de medios para almacenar la energía generada por la máquina eléctrica.

Resumen de la Invención

35 El principal objeto de la presente invención es proporcionar un esquema de turbotracción mejorado, hecho con dispositivos mecánico y eléctricos, adecuado para mejorar la eficiencia global de los esquemas conocidos, en particular, sin el uso de medios de almacenamiento eléctrico; el esquema propuesto es eléctricamente autosuficiente, no requiere de la presencia de un entorno eléctrico de vehículo híbrido con referencia particular a los medios de almacenamiento eléctrico para proveer la energía a ser transportada hasta un accionamiento eléctrico de tracción. Aún así, es adecuado para su integración en un vehículo híbrido.

40 El principio principal de la invención es engranar de manera estable un primer motor/generador eléctrico con el árbol del turbocompresor y engranar de manera estable un segundo motor/generador eléctrico con el árbol de la turbina de potencia, engranada con el tren del cigüeñal por vía de un embrague controlable y controlar las dos máquinas eléctricas de manera opuesta, específicamente, la primera como generador y la segunda como motor o viceversa de acuerdo con las condiciones operativas del momento del sistema motor.

45 Preferiblemente, tales condiciones demandan control activo de la velocidad del turbocompresor o de la velocidad de la turbina de potencia.

50 De acuerdo con una primera condición, cuando por ejemplo se requiere aumentar la velocidad del compresor por encima de los valores que pueden ser alcanzados mediante su única turbina, el embrague entre la turbina de potencia y el tren del cigüeñal recibe orden de cerrarse, mientras que el motor eléctrico de la turbina de potencia trabaja como un generador y es accionado por el tren del cigüeñal para complementar la potencia eléctrica al motor acoplado al turbocompresor. Esta condición puede tener lugar mientras que el motor está en ignición o impulsado a cualquier velocidad; con el motor en modo freno, la condición tiene lugar sólo hasta una cierta velocidad, típicamente la velocidad de ralentí elevada del motor. En todos los modos, en la condición anterior el objetivo del control es aumentar la densidad del aire que entra en el motor para aumentar la potencia del motor o el par de freno.

60 A carga y velocidad de motor alta, en modo en ignición, la turbina entrega más energía al árbol del turbo de la que es requerida por el compresor. En estas condiciones, es preferible que se ordene al embrague cerrarse mientras que el motor eléctrico acoplado con el turbocompresor trabaja como generador transfiriendo potencia eléctrica al motor acoplado con la turbina de potencia, complementándola así finalmente al tren del cigüeñal.

65 A velocidad de motor elevada, durante el freno motor, es deseable desacoplar la turbina de potencia de los trenes del cigüeñal. Entonces, es necesario evitar que se sobreacelere. En esta situación también es deseable complementar energía al turbocompresor para aumentar la capacidad de freno motor. Una realización de la

invención propone transferir, es estas condiciones (embrague abierto), la energía ganada por el motor eléctrico acoplado con la turbina de potencia trabajando como generador hacia el motor acoplado con el turbocompresor.

5 Ventajosamente, la posibilidad de limitar, cuando se requiera, la velocidad de la turbina de potencia, esta última puede ser diseñada para una relación álabe-velocidad óptima en modo en ignición sin restricciones de las capacidades de sobreaceleración en condiciones de impulsión o freno motor.

10 Gracias a la presente invención, la energía eléctrica producida por el primer motor/generador eléctrico es dirigida al segundo motor/generador eléctrico y viceversa, sin el uso de medios de almacenamiento eléctrico para almacenar temporalmente la energía eléctrica producida. Así, los motores/generadores eléctricos están interconectados eléctricamente mediante electrónicas de potencia que adaptan y controlan adecuadamente las corrientes eléctricas que fluyen entre los motores/generadores.

15 En la presente invención, las funciones primarias del turbocompresor y de la turbina de potencia se mantienen: ambas convierten entalpía del flujo de gases de escape en par mecánico y velocidad rotacional; esta potencia mecánica se usa en el turbocompresor para accionar un compresor, mientras que en la turbina de potencia se complementa al cigüeñal del motor de combustión interna. Sólo la potencia usada para controlar las velocidades y/o presión de sobrealimentación y/o flujo másico de aire y/o la contrapresión y/o la eficiencia de la turbina de los dos dispositivos turbo es transferida al camino eléctrico. La mayor parte de la potencia de las turbinas es transferida sobre los caminos mecánicos a sus respectivos usuarios.

20 Por lo tanto, un primer objeto de la presente invención es un esquema de turbotracción mejorado.

25 Otro objeto de la presente invención es un método de controlar dicho esquema de turbotracción.

Otro objeto más de la presente invención es un vehículo que comprende dicho esquema de turbotracción.

En este contexto, el término esquema tiene el mismo significado que sistema.

30 Estos y otros objetivos se alcanzan por medio de las reivindicaciones anexas, las cuales describen realizaciones preferidas de la invención, formando parte integral de la presente descripción.

#### Breve descripción de los dibujos

35 La invención quedará totalmente clara a partir de la descripción detallada que sigue, dada a título de mera ejemplificación y ejemplo no limitativo, para ser leída con referencia a las figuras de los dibujos, en las que la figura 1 muestra el esquema de turbotracción mejorado de acuerdo con la presente invención.

40 Los mismos números y letras de referencia en las figuras designan las mismas partes o partes funcionalmente equivalentes.

#### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

45 De acuerdo con la figura 1, un motor de combustión E, por ejemplo de tipo Diesel, tiene una colector de admisión In y un colector de escape Ex. Una unidad turbocompresor T-C define una primera etapa de sobrealimentación, que tiene la primera turbina T conectada operativamente inmediatamente aguas abajo del colector de escape. El compresor C, accionado por la primera turbina T, succiona aire fresco del ambiente, lo comprime, mientras que la unidad enfriadora intermedia CAC enfría el aire comprimido antes de entrar en el colector de admisión In.

50 Pueden implementarse un sistema EGR y una válvula de descarga WG. Además, la turbina T puede ser de tipo de geometría variable.

Una segunda turbina PT está dispuesta aguas abajo de dicha primera turbina T a lo largo de la tubería de escape, según el flujo de los gases de escape. También, la turbina de potencia puede ser de tipo de geometría variable.

55 Tal segunda turbina PT, es denominada en adelante en este documento como turbina de potencia, estando acoplada con el cigüeñal K a través de un embrague CL y engranajes G para adaptar la velocidad de la turbina de potencia a la velocidad del motor.

60 Un primer motor/generador eléctrico EM1 está acoplado operativamente con la primera etapa de sobrealimentación. Por ejemplo, el rotor del motor/generador eléctrico EM1 puede tener dos extremos accesibles opuestos, uno de ellos conectado axialmente con el árbol de la primera turbina T y el otro con el árbol del compresor C.

La turbina de potencia está emparejada operativamente de manera estable con un segundo motor/generador EM2.

65 Ambos motores/generadores eléctricos EM1 y EM2 están conectados eléctricamente entre sí por vía de electrónicas de potencia PE adecuadas, específicamente inversores/rectificadores y similares, y su funcionamiento está

## ES 2 597 163 T3

controlado por medios de control CTRL. Dichos medios de control pueden controlar también la operación del embrague CL.

5 Preferiblemente, a velocidades de motor y cargas elevadas, el primer motor/generador EM1 trabaja como generador para reducir la presión de sobrealimentación del motor y así la velocidad del compresor, de este modo la energía eléctrica producida por EM1 es dirigida al segundo motor/generador EM2, que coopera – como motor – con la turbina de potencia en ayudar al motor, así la alimentación de combustible puede reducirse. En particular, los medios de control pueden estar adaptados para reducir automáticamente el combustible alimentado – con respecto a una posición correspondiente del pedal acelerador – sobre la base de la potencia mecánica suministra por el segundo motor/generador EM2.

10 Preferiblemente, a velocidad y cargas bajas del motor, y durante los pasos de carga en el modo en ignición, cuando el motor necesita más presión de sobrealimentación del compresor, el segundo motor/generador eléctrico trabaja como generador, estando acoplado con el tren del cigüeñal, mientras que la energía eléctrica producida por él es dirigida al primer motor/generador, que coopera – como motor – con la primera turbina en accionar el compresor.

15 Preferiblemente, a velocidades de motor bajas y moderadas en modo freno motor, de manera similar a la de arriba, cuando el motor necesita más presión de sobrealimentación del compresor, el segundo motor/generador eléctrico trabaja como generador, estando acoplado con el tren del cigüeñal, mientras que la energía eléctrica producida por él es dirigida al primer motor/generador eléctrico, que coopera – como motor – con la primera turbina en accionar el compresor.

20 Preferiblemente, a velocidades de motor elevadas en modo freno motor, la turbina de potencia es desacoplada del tren del cigüeñal abriendo el respectivo embrague. Para evitar que la turbina de potencia se sobreacelere, el segundo motor/generador eléctrico trabaja como generador, es decir frenando la turbina de potencia, mientras que la energía eléctrica producida por él es dirigida al primer motor/generador eléctrico que coopera – como motor – con la primera turbina en accionar el compresor.

25 Gracias a la presente invención, la energía eléctrica en este sistema es producida y consumida sin almacenarla. Esto implica una transferencia de energía eléctrica más rápida y una mejor eficiencia.

30 No obstante, pueden transferirse cantidades de potencia necesitada o suministrada por dispositivos externos a/desde medios/generadores de cargas/almacenamiento.

35 De acuerdo con otra realización de la presente invención, los motores/generadores pueden reemplazar completamente al bien conocido alternador accionado por la clásica correa. Así, la energía almacenada en la clásica batería de plomo para rearrancar el motor de combustión y para alimentar los servicios auxiliares a bordo puede ser suministrada por dichos motores/generadores.

40 De manera similar, de acuerdo con otra realización de la presente invención, el segundo motor/generador puede reemplazar completamente al bien conocido motor de arranque eléctrico convirtiendo el motor de arranque engranado clásico en obsoleto.

45 Así, no sólo se reduce el consumo de combustible sino que también se mejoran la capacidad de respuesta en carga y la capacidad de freno motor del sistema motor.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, puede disponerse una clapeta aguas abajo de dicha turbina de potencia PT a lo largo de dicha tubería de escape.

50 Durante la operación de freno motor, específicamente cuando la alimentación de combustible está cortada y el motor está impulsado por la inercia del vehículo, la clapeta puede cerrarse con el fin de desarrollar una contrapresión, la cual aumenta el trabajo de bombeo del motor de combustión y, así, el efecto de freno motor.

55 El control de los motores/generadores eléctricos y opcionalmente del embrague, es llevado a cabo por medios de control que pueden estar integrados dentro de la unidad de control ECU del motor o en otra unidad de control específica.

60 Esta invención puede ser implementada ventajosamente en un programa informático que comprenda medios de código para ejecutar uno o más pasos de tal método, cuando tal programa están siendo ejecutado en un ordenador. Por esta razón, la patente cubrirá también tal programa informático y el medio legible por ordenador que comprende un mensaje grabado, comprendiendo tal medio legible por ordenador los medios de código del programa para ejecutar uno o más pasos de tal método, cuando tal programa es ejecutado en un ordenador.

65 Muchos cambios, modificaciones, variaciones y otros usos y aplicaciones de la invención objeto quedarán claros a los expertos en la técnica después de considerar la especificación y los dibujos que acompañan los cuales divulgan

realizaciones preferidas de la misma. Todos tales cambios, modificaciones, variaciones y otros usos y aplicaciones los cuales no salen del alcance de la invención según se define por las reivindicaciones anexas se considera que están cubiertos por esta invención.

- 5 No se describirán más detalles de implementación, pues la persona experta en la técnica es capaz de llevar a cabo la invención arrancando a partir de las enseñanzas de la descripción anterior.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un sistema de turbotracción mejorado, en particular en el campo de los vehículos industriales, que comprende un motor de combustión (E) que tiene
- 10 un cigüeñal (K),  
un primer sistema turbocompresor, en el que una primera turbina (T) acciona un compresor (C) de aire fresco, una turbina de potencia (PT) dispuesta aguas abajo de dicha primera turbina (T), acoplada operativamente con dicho cigüeñal (K) a través de un embrague,
- 15 en el que un primer motor/generador eléctrico (EM1) está acoplado de manera estable con dicho sistema turbocompresor (T, C), un segundo motor/generador eléctrico (EM2) está acoplado de manera estable con dicha turbina de potencia (PT), estando interconectados eléctricamente los primer y segundo motores/generadores eléctricos (EM1, EM2), y en el que medios de control (CTRL) están adaptados para controlar dichos
- 20 motores/generadores eléctricos (EM1, EM2) como motor o generador y adaptados para controlar uno de una manera opuesta con respecto al otro, de forma que la energía eléctrica producida por uno sea consumida por el otro y viceversa.
- 25 2. Sistema de turbotracción de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos medios de control (CTRL) están adaptados para controlar dichos motores/generadores eléctricos (ME1, ME2) según dicha manera opuesta, en condición en ignición y/o en condiciones impulsado y freno motor, en operaciones transitorias y/o estacionarias del sistema motor.
- 30 3. Sistema de turbotracción de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que dicho medios de control (CTRL) son capaces
- de comprobar una condición en la que se requiere aumentar la velocidad del compresor (C) y cuando dicha condición se verifica, dichos medios de control están adaptados para controlar dicho primer motor/generador eléctrico (EM1) para trabajar como motor y dicho segundo motor/generador eléctrico (EM2) para trabajar como generador y ordenar el cierre de dicho embrague (CL).
- 35 4. Sistema de turbotracción de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dichos medios de control (CTRL) están adaptados para ejecutar dichos pasos cuando al menos una de las siguientes condiciones adicionales se verifican:
- el motor de combustión está en ignición o  
el motor de combustión está impulsado o en velocidad baja o moderada de condición de freno.
- 40 5. Sistema de turbotracción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 2 – 4. en el que dichos medios de control (CTRL) son capaces de comprobar las siguientes condiciones:
- 45 el motor de combustión está en ignición y se requiere reducir la velocidad del compresor (C) y cuando dichas condiciones se verifican dichos medios de control están adaptados para controlar dicho primer motor/generador eléctrico (EM1) para trabajar como generador y dicho segundo motor/generador eléctrico (EM2) para trabajar como motor y ordenar un cierre de dicho embrague con el fin de complementar al cigüeñal (K).
- 50 6. Sistema de turbotracción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 2 – 4. en el que dichos medios de control (CTRL) son capaces de comprobar las siguientes condiciones:
- 55 velocidad del motor elevada durante el freno motor y cuando dichas condiciones se verifican dichos medios de control están adaptados ordenar la apertura de dicho embrague y para controlar dicho segundo motor/generador eléctrico (EM2) para trabajar como generador limitando la velocidad de la turbina de potencia y controlar dicho primer motor/generador eléctrico (EM1) para trabajar como motor para aumentar la velocidad del compresor con el fin de aumentar el par de freno motor.
- 60 7. Sistema de turbotracción de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dichos medios de control (CTRL) están adaptados para reducir automáticamente el combustible alimentado – con respecto a una posición correspondiente del pedal acelerador – sobre la base de una potencia mecánica suministrada por dicho segundo motor/generador eléctrico (EM2).
- 65 8. Vehículo industrial que comprende un esquema de turbotracción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 7.

- 5 9. Método de controlar un sistema de turboatracción, en particular en el campo de los vehículos industriales, comprendiendo el sistema de turboatracción un motor de combustión (E) que tiene un cigüeñal (K), un primer sistema turbocompresor, en el que una primera turbina (T) acciona un compresor de aire fresco, una turbina de potencia (PT) dispuesta aguas abajo de dicha primera turbina (T), acoplada de manera estable con dicho cigüeñal (K) a través de un embrague, en el que un primer motor/generador eléctrico (EM1) está acoplado de manera estable con dicho sistema turbocompresor (T, C), un segundo motor/generador eléctrico (EM2) está acoplado operativamente con dicha turbina de potencia (PT), estando interconectados eléctricamente los primer y segundo motores/generadores eléctricos (EM1, EM2), y en el que medios de control (CTRL) están adaptados para controlar dichos motores/generadores eléctricos (EM1, EM2) como motor o generador, comprendiendo el método el procedimiento de controlar uno de dichos motores/generadores eléctricos (EM1, EM2) de una manera opuesta con respecto al otro, de forma que la energía eléctrica producida por uno sea consumida por el otro y viceversa.
- 10 10. Método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dicho procedimiento para controlar dichos motores/generadores eléctricos (EM1, EM2) de acuerdo con dicha manera opuesta, es ejecutado en condición en ignición y/o en condiciones impulsado y freno motor, en operaciones transitorias y/o estacionarias del sistema motor.
- 15 11. Método de acuerdo con las reivindicaciones 9 o 10, en el que dicho procedimiento comprende
- 20       comprobar una condición en la que se requiere aumentar la velocidad del compresor (C) y cuando dicha condición se verifica el procedimiento comprende controlar dicho primer motor/generador eléctrico (EM1) para trabajar como motor y dicho segundo motor/generador eléctrico (EM2) para trabajar como generador y ordenar un cierre de dicho embrague (CL).
- 25 12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dichos pasos son llevados a cabo cuando al menos una de las siguientes condiciones adicionales se verifican:
- 30       el motor de combustión está en ignición o  
      el motor de combustión está impulsado o en velocidad o baja y moderada de condición de freno.
- 35 13. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 10 – 12, que comprende, además, la comprobación de las siguientes condiciones:
- 40       el motor de combustión está en ignición y se requiere reducir la velocidad del compresor (C) y cuando dichas condiciones se verifican el procedimiento comprende el control de dicho primer motor/generador eléctrico (EM1) para trabajar como generador y dicho segundo motor/generador eléctrico (EM2) para trabajar como motor y la orden de un cierre de dicho embrague con el fin de complementar al cigüeñal (K).
- 45 14. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 10 – 12. que comprende, además, la comprobación de las siguientes condiciones:
- 50       velocidad del motor elevada durante el freno motor y cuando dichas condiciones se verifican el procedimiento comprende la orden de la apertura de dicho embrague y el controlar dicho segundo motor/generador eléctrico (EM2) para trabajar como generador limitando la velocidad de la turbina de potencia y controlar dicho primer motor/generador eléctrico (EM1) para trabajar como motor para aumentar la velocidad del compresor con el fin de aumentar el par de freno motor.
- 55 15. Método de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende, además, el paso de reducir automáticamente el combustible alimentado – con respecto a una posición correspondiente del pedal acelerador – sobre la base de una potencia mecánica suministrada por dicho segundo motor/generador eléctrico (EM2).
16. Programa informático que comprende medios de código de programa informático adaptados para ejecutar todos los pasos de cualquiera de las reivindicaciones de 9 a 15, cuando dicho programa es ejecutado en un ordenador.
17. Un medio legible por ordenador que tiene un programa grabado en él, comprendiendo dicho medio legible por ordenador medios de código de programa informático adaptados para ejecutar todos los pasos de cualquiera de las reivindicaciones de 9 a 15, cuando dicho programa es ejecutado en un ordenador.

