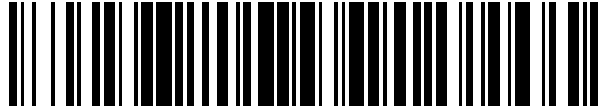


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 577 981**

51 Int. Cl.:

F02B 37/013 (2006.01)
F02B 37/10 (2006.01)
F02B 41/10 (2006.01)
F02B 39/10 (2006.01)
F02B 37/14 (2006.01)
F02B 37/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2012 E 12732799 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2715088**

54 Título: **Aparato motor híbrido sobrealimentado por un turbocompresor**

30 Prioridad:

30.05.2011 EP 11168087

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

19.07.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MAIER, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 577 981 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

Aparato motor híbrido sobrealimentado por un turbocompresor

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un aparato motor sobrealimentado por un turbocompresor y su método de control operativo, en particular para vehículos industriales. La invención tiene aplicación también en el campo de los motores marinos, en vehículos de transporte y en aplicaciones agrícolas, independientemente del tipo de combustible, gasolina, diesel o gas o hidrógeno.

Descripción de la técnica anterior

La turboalimentación de dos etapas ha sido propuesta como un medio para conseguir un alto rendimiento en motores, en particular en motores diesel para trabajos pesados, tales los destinados a los vehículos industriales o barcos. Dos turbosobrealimentadores están colocados en serie en la tubería de admisión del motor, impulsados por unas turbinas colocadas en la tubería de escape, que también pueden estar colocadas en serie, o dispuestas de otra manera.

La solución de turbocompresor comprende dos turbinas colocadas en serie en la tubería de escape, en donde la de baja presión está conectada al cigüeñal del motor diesel por medio de un engranaje reductor. Por lo tanto, tal segunda turbina proporciona un par motor suplementario al motor.

Un esquema de turbocompresor doble está descrito por la patente EP2042705. Muestra una turbina de alta presión y una turbina de baja presión dispuestas en la tubería de escape. Tales turbinas pueden estar colocadas en paralelo o en serie una con otra por medio de unas conexiones y unas válvulas de reducción apropiadas, especialmente cuando las dos turbinas están configuradas en paralelo, debido a las características diferentes de las dos turbinas.

La turbina de alta presión está conectada mecánicamente con un sobrealimentador de alta presión.

La turbina de baja presión está conectada al cigüeñal por medio de un enlace mecánico. El enlace comprende unos medios para reducir las variaciones de la velocidad, situado entre la segunda turbina y el cigüeñal, como en el caso de los motores sobrealimentados convencionales. Por otra parte, tal enlace mecánico conecta también un sobrealimentador de baja presión, dispuesto en la tubería de admisión, aguas arriba con respecto a un sobrealimentador de alta presión, estando este último conectado a la admisión del motor de combustión.

Un compresor impulsado y una turbina de potencia están acoplados al motor por medio de un embrague hidrodinámico y un engranaje reductor. El trabajo del embrague hidrodinámico es reducir la oscilación del par motor desde el cigüeñal a los engranajes de la turbomaquinaria. Una función adicional del embrague en la patente EP2042705 es conectar y desconectar del motor el compresor impulsado y la turbina de potencia. Esta función facilita que el sistema funcione como un turboalimentador de baja presión de funcionamiento libre con algunas pérdidas adicionales por fricción del engranaje.

La patente WO 2010/066452 enseña a gestionar el deslizamiento del impulso del embrague hidrodinámico para controlar la contrapresión, de los gases de escape y el EGR.

El sobrealimentador de baja presión recibe una energía mecánica del motor o también de la turbina de baja presión a través de tal enlace.

La patente DE 102005003714 muestra un sistema de compresor de dos etapas. Gracias a este esquema el compresor de baja presión impulsado necesita mucha energía para generar una sobrealimentación. No obstante, la posibilidad de control del compresor de baja presión impulsado mecánicamente es difícil de manejar.

Un esquema clásico de turbocompresor es capaz de proporcionar una reducción en el consumo de combustible, situada entre el 5% y el 10%, y una mejor densidad de potencia situada entre el 100% y el 110%, con respecto a un motor de combustión provisto de una geometría de turbina variable (VTG).

La densidad de potencia se define como Potencia [kW] / desplazamiento del motor [(litro)] denominada salida de potencia específica. Esta salida está entre 30-34 kW/l para los modernos sistemas diesel para trabajos pesados con la VTG controlable electrónicamente. Los sistemas de dos etapas y de dos etapas con compresor pueden alcanzar 50 kW/l.

Por el contrario, una disposición clásica turboalimentada de dos etapas es capaz de proporcionar una reducción de consumo de combustible inferior, situada entre 0% y 5% y una mejor densidad de potencia situada entre 115% y 130% con respecto a un esquema de la VTG. El término turboalimentador es sinónimo de sobrealimentador o compresor.

También se conoce, un denominado “esquema de turbocompresor eléctrico” que comprende un sobrealimentador de alta presión conectado axialmente con una turbina de alta presión y una turbina de baja presión conectadas con un generador eléctrico que produce energía eléctrica. Un motor eléctrico también está conectado con el cigüeñal del motor de combustión. Un primer inversor convierte la energía producida por el generador eléctrico en una corriente continua inyectada en una barra distribuidora de CC, y un segundo inversor, conectado con dicha barra distribuidora de CC, es adecuado para el suministro de potencia al motor eléctrico, que suministra un par motor suplementario al motor de combustión.

Con respecto al esquema de turbocompresor mecánico, en el esquema eléctrico la turbina de baja presión está por lo tanto desconectada del cigüeñal del motor y eso significa que no está afectada por las oscilaciones del motor. Al mismo tiempo también la transmisión del par motor suplementario al cigüeñal del motor de combustión puede ser realizada de una forma independiente por medio del motor eléctrico conectado al cigüeñal.

Aunque tales ventajas indudables con respecto a los esquemas mecánicos, de todos modos también todos los esquemas de turbocompresores eléctricos conocidos no permiten superar apreciablemente algunas desventajas tales como la baja densidad de potencia y el alto consumo de combustible. Por otra parte, los esquemas eléctricos conocidos y los esquemas mecánicos conocidos no permiten una estrategia de recuperación apreciable así como un marcado funcionamiento transitorio.

Resumen de la invención

Por lo tanto, el principal objeto de la presente invención es proporcionar un aparato motor sobrealimentado por un turbocompresor que permita superar las desventajas antes indicadas. Dentro de este objeto, un primer fin es proporcionar un aparato motor sobrealimentado que permita una reducción en el consumo de combustible y un aumento de la densidad de potencia. Otro fin de la presente invención es proporcionar un aparato motor que permita menos humo en la operación transitoria y en la estática. Otro objeto es proporcionar un aparato motor que permita mejores funcionamientos transitorios con respecto a las soluciones conocidas. Por otra parte, otro fin es proporcionar un aparato motor en el que las temperaturas de escape pudieran ser marcadamente disminuidas para estar debajo del límite de los materiales usados. No es el fin menos importante de la presente invención el proporcionar un aparato motor que sea fiable y fácil de fabricar a unos costes competitivos.

Este principal y estos objetos se consiguen por medio de un aparato motor de acuerdo con lo informado en la Reivindicación 1. Como se especifica más adelante, se pueden conseguir muchas ventajas por medio de la presente invención. Primeramente, el aparato motor permite las ventajas de los sistemas de turbocompresor simple y doble de los sistemas de turboalimentación de dos etapas. A la vista de las conexiones entre las turbinas y los sobrealimentadores del aparato motor, el esquema de esta invención también se denomina “motor con turbocompresor con turboalimentación de dos etapas inversa”.

En particular, el esquema del aparato motor comprende:

- a. un compresor de baja presión impulsado por la turbina de alta presión a través de un eje;
- b. una turbina de alta presión y una turbina de baja presión conectadas en serie a lo largo de la tubería de escape;
- c. un compresor de baja presión y un compresor de alta presión conectados en serie a lo largo de la tubería de aire fresco.

El aparato motor de acuerdo con la invención permite obtener un ajuste continuo de la velocidad del compresor de alta presión y un control preciso de la turbina de baja presión. A la vista de su impulsión eléctrica, la turbina de baja presión y el compresor de alta presión no están afectados por las oscilaciones del motor y son independientes de la velocidad del motor y de la carga del motor. Por otra parte, en el aparato motor de acuerdo con la invención el compresor de alta presión y la turbina de baja presión pueden trabajar independientemente uno de otro con velocidades diferentes. Este aspecto permite alcanzar una eficiencia óptima.

El aparato motor de acuerdo con la invención permite también conseguir un mejor funcionamiento transitorio. En efecto, de acuerdo con la invención el compresor de alta presión puede ser operado (por medio de un motor eléctrico) solamente cuando se produce un estado particular. A este respecto de acuerdo con una estrategia de control de la presente invención el compresor de alta presión es operado cuando al menos se produce uno de los siguientes estados:

- una temperatura de escape supera un valor predefinido;
- el valor Lambda supera un valor predefinido;
- la relación de la presión de la tubería de admisión supera al menos un valor de sobrepresión del compresor de baja presión;
- los medios de freno del motor están activados;
- la velocidad del motor es inferior a un valor predefinido.

Por lo tanto, en el aparato motor de acuerdo con la invención, durante el 80% del ciclo de impulsión el compresor de impulsión a alta presión puede ser desactivado ventajosamente. Este aspecto permite una recuperación óptima con una mayor densidad de potencia con respecto al aparato motor tradicional.

5 Las reivindicaciones dependientes describen unas realizaciones preferidas de la presente invención que forman una parte integrante de la presente descripción.

Las reivindicaciones describen unas realizaciones preferidas de la presente invención que forman una parte integrante de la presente descripción.

10

Breve descripción de los dibujos

La invención se verá claramente a partir de la siguiente descripción detallada, dada a modo de un ejemplo simple y no limitativo, para ser leída con referencia a las figuras del dibujo anejo, en donde:

15

La Figura 1 muestra una primera realización de un aparato motor híbrido de acuerdo con la invención;

La Figura 2 muestra una segunda realización de un aparato motor híbrido de acuerdo con la presente invención;

La Figura 3 muestra una comparación entre el funcionamiento de un aparato conocido y un aparato de acuerdo con la presente invención;

20

Las Figuras 4-6 muestran una comparación de varios sistemas de sobrealimentación aplicados al mismo estado límite del motor.

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

25

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La Figura 1 es una vista esquemática de un aparato motor de acuerdo con la presente invención. Como se especificará más adelante, el aparato motor comprende un conjunto mecánico y un conjunto eléctrico. Por este motivo en lo que sigue el aparato motor 1 también es nombrado "aparato híbrido". El aparato motor, por ejemplo de un vehículo industrial, de un barco o de otro tipo, comprende el motor de combustión interna 1, el cual es preferiblemente un motor diesel. El aparato comprende también una tubería de admisión 2 del motor 1 y una tubería de escape 20. Partiendo de la admisión de aire fresco, en dicha tubería de admisión 2 están conectados secuencialmente, de acuerdo con el recorrido del aire fresco:

35

- una unidad de compresor de baja presión (LPC) 11,
- un refrigerador interetapa de baja presión (LPIC) 12,
- un compresor de alta presión (HPC) 5,
- un refrigerador del aire de carga de alta presión (HPCAC) 13.

40

La tubería de admisión 2 comprende unos primeros medios de puenteo 3, 4 para puentear el HPC 5. Con más detalle, tales medios de puenteo comprenden una tubería 3 y una válvula 4. Un primer extremo de la tubería 3 está conectado aguas abajo del LPIC 12 mientras que un segundo extremo de la tubería 3 está conectado aguas abajo del HPACAC 13. Esta solución permite reducir la pérdida de presión a lo largo de la tubería de admisión cuando los primeros medios de paso 3, 4 están activados, que es cuando la válvula 4 está abierta y el aire fluye a través de la tubería 3. No obstante, hay que tener en cuenta que tales refrigeradores 12, 13 son actualmente opcionales.

45

Con referencia a la tubería de escape 20, a partir del motor 1, en dicha tubería de escape 20 están conectados secuencialmente, de acuerdo con el recorrido de los gases de escape, una turbina de alta presión (HPT) 6 y una turbina de baja presión (LPT) 7.

50

La persona experta en la técnica sabe lo que significan turbina de "baja presión" o de "alta presión" y lo que significan sobrealimentadores de "baja presión" o de "alta presión" en cuanto a masas de flujo, presiones y entalpías y a la vista de las conexiones en serie de tales componentes. Por lo tanto, también está claro que "alta" o "baja" definen claramente las características de un sobrealimentador o de una turbina en este contexto. A este respecto en la descripción que sigue, el término "compresor" y el término "sobrealimentador" se usan con el mismo significado.

55

De acuerdo con la invención, el LPC 11 está directa y operativamente conectado a la HPT 6. Más precisamente, el LPC 11 está impulsado por la HPT 6 por medio de un eje axial 61. Por otra parte, la HPT 6 está preferiblemente conectada al motor 1 mediante una doble conexión (doble entrada). Esta solución permite un mejor funcionamiento transitorio a baja velocidad ganando la pulsación de presión del colector de escape en un motor de cilindros en línea. A este respecto, la conexión directa del motor está raramente sujeta a una presión de escape constante. En los motores diesel turboalimentados de impulsos las turbinas de entrada doble permiten que se optimicen los impulsos del gas de escape debido a que se alcanza una mayor relación de presión de la turbina en un espacio de tiempo menor. De este modo, mediante el aumento de la relación de presión, un flujo de chorro positivo, mejorando el intervalo de tiempo siempre importante cuando un flujo de masa con una alta densidad está pasando a través de las turbinas. Como consecuencia de este estado, una utilización de la energía del gas de escape mejorada, las

60

65

características del impulso de presión del motor, y por lo tanto el comportamiento del par motor se mejoran, sobre todo a velocidades bajas del motor.

5 Como se muestra en la Figura 1, con el fin de evitar que los diversos cilindros interfieran unos con otros durante los ciclos de intercambio de carga, la mitad del número de cilindros están conectados a un colector 20 del gas de escape que forma la "salida" de dicho motor de combustión 1. Por lo tanto, la entrada doble de la HPT 6 permite que el flujo del gas de escape sea alimentado separadamente a través de la turbina.

10 De acuerdo con la presente invención, el aparato motor comprende un convertidor 55 de par motor eléctrico provisto para impulsar el HPC 5 y para proporcionar un par motor al cigüeñal del motor de combustión 1. Con más detalle, el convertidor 55 de par motor eléctrico comprende un generador eléctrico 30, preferiblemente un alternador, que tiene un rotor coincidente o asociado rotacionalmente con el eje 8 de la LPT 7. El convertidor 55 de par motor eléctrico comprende un primer motor eléctrico 32 que está conectado al HPC 5 para operar el HPC propiamente dicho. Por
15 otra parte, el convertidor 55 comprende también unos medios de conversión eléctricos 31, 34, 39 apropiados para convertir la energía eléctrica producida por el generador 40 y apropiados para dar potencia y controlar al menos dicho primer motor eléctrico 32.

Los medios de conversión electrónicos comprenden un inversor 31 al que está conectado eléctricamente el generador eléctrico 30. Tal inversor 31 está también conectado eléctricamente al primer motor eléctrico 32. De acuerdo con la realización mostrada en la Figura 1, el convertidor 55 de par motor comprende también un segundo motor eléctrico 33 conectado eléctricamente al inversor 31 y conectado mecánicamente al cigüeñal del motor de combustión 1 con el fin de proporcionar un par motor suplementario.

20 En cualquier caso, el convertidor 55 de par motor comprende también un acumulador 34 que puede ser una batería o una barra distribuidora de CC. Tal acumulador 34 está conectado eléctricamente al generador 30 a través del inversor 31.

Siempre con referencia al esquema de la Figura 1, la energía eléctrica producida por el generador 30 puede ser usada para operar, por medio del inversor 31, el primer motor eléctrico 32 con el fin de operar el HPC 5 o el segundo motor eléctrico 33 con el fin de proporcionar un par motor al cigüeñal del motor de combustión 31. No obstante, en función de las necesidades operativas del aparato, la energía producida por el generador puede también ser almacenada por medio del inversor 31 en la batería / barra distribuidora de CC. Como consecuencia, el par motor instantáneo proporcionado al primer motor eléctrico 32 puede ser desacoplado de la energía eléctrica instantáneamente producida por el generador 30 gracias al acumulador 34 (por ejemplo, batería / barra distribuidora de CC).
35

De acuerdo con una segunda realización mostrada en la Figura 2, los medios de conversión eléctricos del convertidor 55 de par motor eléctrico preferiblemente comprenden también un condensador 39 que es manejado operativamente por medio del inversor 31. El primer motor eléctrico 32 puede conseguir energía del condensador 39 en caso de una demanda a corto plazo y del acumulador (batería / barra distribuidora de CC 34) en el caso de una demanda a largo plazo. Esto permite mejorar el funcionamiento transitorio del compresor de alta presión 5. La energía eléctrica almacenada en el condensador 39 es controlada y distribuida por el inversor 31 acoplado al primer motor eléctrico 32.
40

45 Para el fin de la presente invención, la expresión "demanda a corto plazo" significa una demanda de potencia que tiene una duración menor de un minuto. Una "demanda a corto plazo" puede ser, por ejemplo, una demanda del conductor para realizar un adelantamiento, para ir por una zona montañosa corta o para conducir en un área de piedras con las ruedas cargadas. Por el contrario, la expresión "demanda a largo plazo" significa una demanda de potencia cuya duración sea mayor de dos minutos. Una mayor demanda de potencia podría ser solicitada para conducir el vehículo sobre una colina durante un período de tiempo largo o para conducir un barco contra el viento y/o las olas o también para conducir un vehículo en un área fangosa con gran resistencia.
50

Con respecto a la solución de la Figura 1, en la realización de la Figura 2 el convertidor 55 de par motor eléctrico comprende también una máquina asíncrona eléctrica 33b conectada al cigüeñal de motor de combustión 1. Como se especificará mejor más adelante, la máquina asíncrona 33b puede intervenir de acuerdo con tres modos operativos principales:
55

- puede trabajar como un "generador" proporcionando un freno para recuperar la energía del freno que es convertida en energía eléctrica almacenada, por medio del inversor 31, en el acumulador 34 y o en el condensador 39, lo que permite reducir la carga sobre los frenos del vehículo para reducir la abrasión y para obtener una vida útil más larga;
- 60 - puede trabajar como un "motor eléctrico" para proporcionar al cigüeñal del motor de combustión 1 un par motor suplementario que puede ser usado durante una corta demanda de potencia (sobrealimentación);
- puede trabajar como un "motor eléctrico" para soportar el motor de combustión para una demanda de potencia larga a fin de reducir la potencia del motor reduciendo por consiguiente el consumo de combustible e incrementando la recuperación de energía.
65

Por lo tanto, de acuerdo con un posible primer modo operativo, la máquina síncrona 33b puede soportar ventajosamente el aparato motor durante el frenado o deceleración generando un par motor negativo. En tal estado, por medio de la intervención del inversor 31, la máquina asíncrona trabaja como un “generador” produciendo una potencia eléctrica que es principalmente almacenada en el condensador 39. Si el condensador eléctrico está ya cargado, entonces la potencia eléctrica generada es almacenada en el acumulador 34. La gestión de la potencia generada por la máquina asíncrona 33b es realizada por el inversor 61 y por los medios de control (ECU) que operan en el inversor 31.

Por el contrario, cuando el aparato motor está acelerando, el inversor 34 cambia la configuración operativa de la máquina asíncrona 33b, la cual puede trabajar como un segundo motor eléctrico del convertidor 55 de par motor eléctrico. En particular, en tal estado, para una demanda a corto plazo la potencia eléctrica para operar la máquina asíncrona 33b es proporcionada, por medio del convertidor 31, por el condensador 39, mientras que en el caso de una demanda a largo plazo es proporcionada, siempre a través del convertidor 31, por el acumulador 34. En el caso de una demanda a largo plazo, la potencia eléctrica podría ser proporcionada a la máquina asíncrona también directamente por el generador 30.

Por lo tanto, sobre la base de lo anterior, el HPC 5 es controlado por medio del primer motor eléctrico 32 que puede ser alimentado a través del inversor 61, directamente con la energía que procede del generador 30 o con la energía almacenada en la batería / barra distribuidora de CC 34. El primer motor eléctrico 32 está activado cuando los primeros medios de puenteo 3, 4 han sido previa o concurrentemente desactivados. Con más detalle, cuando los primeros medios de puenteo 3, 4 están activados/operados (que es cuando la válvula 4 está abierta) el flujo de aire que procede del LPC 11 es puenteado en la tubería 3. En tal estado el HPC 5 normalmente no es operado por el primer motor eléctrico 32. Por el contrario, cuando los primeros medios de puenteo 3, 4 están desactivados (que es cuando la válvula 4 está cerrada) todo el flujo de aire cruza el HPC 5. En tales situaciones el HPC 5 puede ser operado por el primer motor eléctrico 32 con el fin de aumentar la relación de presión del flujo de aire con los fines indicados más adelante.

Con referencia particularmente a la solución de la Figura 2, de acuerdo con la presente invención, el aparato motor 1 antes explicado puede ventajosamente trabajar al menos de acuerdo con las siguientes configuraciones operativas:

1) una primera configuración denominada “configuración de una sola etapa” en la que el LPC 11 y la HPT 6 están activados y en donde el HPC 5 está desactivado. En tal configuración la máquina asíncrona 33b es operada como un “motor eléctrico” con el fin de proporcionar un par motor al cigüeñal del motor de combustión 1; en particular, la máquina asíncrona 33b puede ser operada, a través del inversor 31, por medio de la energía eléctrica almacenada en la batería 34 / barra distribuidora de CC; alternativamente, la máquina asíncrona 33b puede ser operada como un “motor eléctrico”, siempre a través del inversor 31, por medio de la energía eléctrica generada instantáneamente por el generador 30 conectado a la LPT 7;

2) una segunda configuración denominada “configuración de dos etapas” en la que el LPC 11 y la HPT 6 están activados y en la que la también HPC 5 es operada por medio del primer motor eléctrico 32; en esta segunda configuración el primer motor eléctrico 32 es operado, a través del inversor 31, directamente por medio de la energía eléctrica generada instantáneamente por el generador 30 conectado a la LPT 7. En este estado el aparato motor trabaja como un “aparato compuesto por dos etapas” en donde el LPC 11 es operado por la HPT 6 y en donde el HPC 5 es sustancialmente operado directamente por la LPT 7;

3) una tercera configuración en la que el LPC 11 y la HPT 6 están activados y el HPC 5 es operado por medio del primer motor eléctrico 32, el cual, a su vez, es operado por medio de la energía eléctrica que procede, a través del inversor 31, del acumulador 34 (batería / barra distribuidora de CC); en otras palabras con respecto a la segunda configuración, en esta tercera configuración la energía eléctrica generada instantáneamente por el generador 30 es almacenada en el acumulador 34.

Lo antes indicado sobre estas tres configuraciones operativas es válido también para la realización mostrada en la Figura 1, en donde un único motor eléctrico (segundo motor eléctrico 33), que no trabaja como generador, está conectado al cigüeñal del aparato motor.

Aparte de las anteriores configuraciones listadas 1)–3), hay otras posibles configuraciones operativas en las que el LPC 11 y la HPT 6 trabajan todo el tiempo. En particular, con referencia otra vez a la realización mostrada en la Figura 2, el aparato motor puede trabajar de acuerdo con:

4) una cuarta configuración en la que el LPC 11 y la HPT 11 trabajan y en la que la LPT 7 recupera energía operando el generador 30; en tal cuarta configuración el HPC 5 está desactivado y la máquina asíncrona 33b está fuera de funcionamiento; la energía eléctrica generada por el generador 30 es almacenada en el acumulador 34 y/o en el condensador 39;

5) una quinta configuración en la que se dan los mismos estados de la cuarta configuración para el LPC 11, la HPT 6, el HPC 5 y la LPT 7, pero en donde la máquina asíncrona trabaja como un “generador” para generar una energía eléctrica almacenada en el acumulador 34 y/o en el condensador 39;

6) una sexta configuración en la que para el LPC 11, la HPT 6, el HPC 5 y la LPT 7 se dan los mismos estados de la tercera configuración 3), y en donde la máquina asíncrona 33b trabaja como un “generador” para generar energía eléctrica que es almacenada en el acumulador 34 y/o en el condensador 39;

7) una séptima configuración en la que para el LPC 11, la HPT 6 y el HPC se dan los mismos estados de la sexta configuración, pero en donde la LPT 7 está desconectada y en donde la máquina asíncrona 33b también está desconectada debido a que el acumulador 34 y/o el condensador 39 están totalmente cargados;

8) una octava configuración en la que en el LPC 11, la HPT 6 y el HPC se dan las mismas situaciones de la sexta configuración, pero en donde la máquina asíncrona 33b está desconectada.

El aparato motor de acuerdo con la invención comprende unos medios de control, que comprenden por ejemplo una unidad de control electrónico (ECU) que controla el inversor (31) y por lo tanto la activación/desactivación del compresor de alta presión HPC 5 y de los primeros medios de puenteo 3, 4. Los medios de control ECU sustancialmente controlan y manejan el conjunto mecánico y el conjunto eléctrico (convertidor 55 de par motor eléctrico) del aparato motor para cambiar la configuración operativa propiamente dicho de uno a otro.

El aparato motor comprende también un primer medio de detección conectado operativamente a los medios de control ECU para detectar la temperatura de dichos gases de escape. En particular, tal temperatura es detectada en dicha tubería de escape 20 antes de la HPT 6. El aparato motor comprende también unos segundos medios de detección de dicho valor Lambda conectado operativamente a los medios de control ECU. Dichos segundos medios de detección comprenden preferiblemente al menos un sensor de presión y al menos un sensor de temperatura dispuestos a lo largo de la tubería de admisión 2 y conectados a los medios de control ECU (antes indicados) con el fin de calcular el valor Lambda. Con más detalle los medios de control ECU calculan la demanda de combustible y el flujo de la masa de aire, la presión de sobrealimentación y la temperatura medidas respectivamente por dicho al menos un sensor de presión y dicho al menos un sensor de temperatura de dichos segundos medios de detección.

De acuerdo con una solución alternativa, el segundo medio de detección podría comprender un sensor Lambda apropiado conectado operativamente a los medios de control ECU antes indicados.

El aparato motor comprende preferiblemente también unos medios de freno del motor y un sensor de la velocidad de revolución del motor, que puede ser, por ejemplo, el sensor tradicionalmente montado en un volante del motor de combustión. Por otra parte, el aparato preferiblemente comprende también al menos un sensor del par motor para detectar el par motor. También el sensor del par motor está conectado operativamente a los medios de control ECU. Además, preferiblemente se almacena un "mapa de combustible" en los medios de control ECU. Sobre la base de este mapa del combustible y de la información procedente del sensor del par motor los medios de control ECU activan el freno del motor. A este respecto, si se detecta una inyección activa entonces el freno del motor no puede ser activado. Por el contrario, si no hay una inyección de combustible y si la velocidad del motor es superior a un valor preestablecido (por ejemplo 1.000 rpm), entonces el freno del motor puede ser activado.

Se ha de tener en cuenta que en las soluciones conocidas los medios de control no están conectados a un sensor del par motor. En particular, en las soluciones conocidas, durante el modo de encendido, el par motor es buscado en el "mapa de combustible" que comprende datos relativos a la velocidad del motor, el par motor y la masa de combustible. Normalmente el "mapa de combustible" está definido y controlado en bancos de prueba. En las soluciones tradicionales, tras una solicitud del conductor, los medios de control entregan la masa de combustible sobre la base del mapa de combustible, pero no hay retroalimentación alguna del motor en cuanto al par motor. Por otra parte, en las soluciones tradicionales durante el modo de frenado los medios de control no detectan alimentación de combustible y el valor del par de frenado también procede del "mapa de frenado" que contiene datos relativos a la velocidad del motor y al par de frenado. También este "mapa de frenado" es definido y calibrado en bancos de prueba.

De forma diferente en la presente invención la presencia de un sensor del par motor que comunica con los medios de control ECU permite controlar las variaciones del motor y en particular la causa de tales variaciones. Esto permite mantener las variaciones del motor en un margen muy estrecho y compensar el envejecimiento y el desgaste durante el tiempo de vida útil.

De acuerdo con la invención, la estrategia del aparato motor 1 comprende un paso de desactivación de dichos primeros medios de puenteo 3, 4 y el paso de activación de dicho HPC 5 por medio del primer motor eléctrico 32, cuando ocurre al menos una de los siguientes estados:

- a) la temperatura de escape supera un valor predefinido (por ejemplo superior a 760°C);
- b) los valores Lambda son inferiores a un valor predefinido;
- c) la relación de presión en la tubería de admisión (2) supera al menos un valor de la sobrepresión del compresor de baja presión LPC 11;
- d) los medios de frenado del motor están activados;
- e) la velocidad de giro del motor es inferior a un valor predefinido.

En otras palabras, de acuerdo con la invención, partiendo sustancialmente de la primera configuración operativa antes indicada ("configuración de una única etapa"), cuando al menos se verifica una de las condiciones a)-e), entonces los primeros medios de puenteo 3, 4 están sustancialmente cerrados de modo que el flujo de la masa de aire pasa a través del HPC 5 para ser comprimida. En tal estado, el HPC 5 está operado por el primer motor eléctrico 32 para trabajar activamente sobre el flujo de la masa de aire. Por el contrario, cuando los primeros medios

de puenteo son activados (que es cuando el flujo de la masa de aire pasa a través de la tubería 3 y la válvula 4) entonces el primer motor eléctrico 32 es desactivado de modo que el HPC 5 no realice una compresión del flujo de aire. La desactivación de los primeros medios de puenteo 3, 4 es preferiblemente realizada antes, o simultáneamente con, la activación del HPC 5 por el primer motor eléctrico 32.

5 Los estados a)-e) antes indicados son comprobados por los medios de control ECU que consiguientemente intervienen en los primeros medios de puenteo 3, 4 del aparato motor. Los medios de control ECU pueden comprobar todos los estados a)-e) antes de intervenir en los primeros medios de puenteo 3, 4. Alternativamente los
10 medios de control ECU pueden intervenir tan pronto como uno de los estados a)-e) sea detectado independientemente del otro control.

En particular, cuando se produce el estado indicado en el punto a), entonces el HPC 5 es operado por el primer motor eléctrico (32) con el fin de producir una sobrealimentación de aire adicional para elevar el valor Lambda y para reducir la temperatura de combustión. Con referencia al estado indicado en el punto b) el valor lambda se
15 calcula a partir de la relación aire a combustible de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Lambda} = \text{AFR} / \text{AFR}_{\text{estequiométrica}}$$

En donde $\text{AFR} = m_{\text{aire}} / m_{\text{combustible}}$ y $\text{AFR}_{\text{estequiométrica}}$ se define como 14.545 para el Diesel. Se ha observado que la mejor eficiencia con el menor humo se alcanza cuando Lambda alcanza unos valores comprendidos en el intervalo entre 1,4 - 1,8. Cuando el valor Lambda, detectado por el sensor Lambda, se sale de este intervalo, entonces los
20 primeros medios de puenteo 3, 4 son activados/desactivados y el HPC 5 es operado/desactivado según sea el caso. En particular, si el valor Lambda es menor que 1,4 los primeros medios de puenteo 3, 4 son desactivados (válvula 4 cerrada) y el HPC 5 es operado por el primer motor eléctrico 32. Por el contrario, cuando el valor Lambda es superior a 1,8, entonces los primeros medios de puenteo son activados (válvula 4 abierta) y el primer motor eléctrico 32 es parado para detener el HPC 5.

25 Con referencia al estado indicado en el punto c), cuando el aparato motor está, por ejemplo, en la “configuración de etapa única” antes indicada, a una velocidad baja del motor (que es en un flujo de masa de aire bajo) la relación de presión del compresor LPC 11 (que es la relación entre las presiones aguas arriba y aguas abajo del LPC 11) tiene que ser aumentada con el fin de aumentar el par motor en el motor. Esto se hace desactivando los primeros medios
30 de puenteo 3, 4 y activando el HPC 5 por medio del primer motor eléctrico 32.

El mapa de trabajo del LPC 11 está claramente limitado por la línea de sobrepresión en una presión en aumento. Operando el compresor LPC 11 sobre la línea de sobrepresión los impulsos inestables destruirían el propulsor. La
35 situación de la tubería de sobrepresión en el mapa de trabajo del LPC 11 depende del diseño y del fabricante del compresor. De acuerdo con la invención, con el fin de aumentar la relación de presión en un flujo bajo de masa de aire se usa el HPC 5. Seccionando la relación de presión desde uno (LPC) a dos compresores (LPC y HPC) se podría alcanzar una relación de presión mayor sin cruzar la línea de sobrepresión del LPC 11. Está claro que en un flujo de masa mayor el compresor único (LPC) podría alcanzar sin sobrepresión la relación de presión solicitada, de modo que los primeros medios de puenteo 3, 4 puedan ser activados y el HPC 5 puede ser desconectado.

40 Con referencia al estado indicado en el punto d), durante la fase de frenado del motor del vehículo, los primeros medios de puenteo 3, 4 están desactivados y el HPC 5 (por medio del primer motor eléctrico 32) trabaja activamente sobre el flujo de la masa de aire con el fin de aumentar la potencia de frenado del motor. El modo de frenado del motor es el resultado de una demanda del conductor del vehículo, que mediante un conmutador o
45 mediante el pedal del freno, por ejemplo, envía una señal a los medios de control que controlan los datos operativos del motor y activan el modo de frenado. En particular, los medios de control desactivan los primeros medios de puenteo 3, 4, y operan el primer motor eléctrico 32 (que es el HPC 5) de acuerdo con lo antes indicado.

El aparato motor 1 preferiblemente comprende también un sistema de Recirculación de los Gases de Escape (en adelante EGR) para reducir los óxidos de nitrógeno durante la combustión. El EGR es controlado por la diferencia
50 entre la presión en la entrada 27 del motor de combustión, que es la presión medida en la proximidad del extremo de la tubería de admisión 2, y la presión en la salida 20b del motor de combustión 1, que es la presión en el comienzo de la tubería de escape 20 aguas arriba de la HPT 6. Si la presión en la entrada 27 es mayor que la presión en la salida 20b (ciclo de carga negativo) es posible la recirculación de los gases de escape, y viceversa.
55 Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención el flujo de la masa del EGR es regulado desactivando/activando los primeros medios de puenteo 3, 4 y operando el HPC 5 por medio del primer motor eléctrico 32. En tales estados el HPC 5 trabaja sobre el flujo de la masa de aire aumentando la presión en la entrada 27 y por lo tanto restaurando los estados para la recirculación de los gases de escape.

60 Resumiendo lo anterior, el aparato motor 1 de acuerdo con la invención es desplazado a la “configuración de dos etapas”, desactivando los primeros medios de puenteo 3, 4 y activando el compresor HPC 5 (por medio del primer motor eléctrico) con el fin de:

- aumentar la presión de sobrealimentación y reducir la temperatura de los gases de escape y mejorar la respuesta transitoria a una velocidad del motor y una tasa de flujo de masa bajas, y

- desplazar la línea de funcionamiento del motor fuera del área de sobrepresión del compresor de baja presión (LPC 11) en el mapa de rendimiento cuando se requiera una relación de presión alta a una tasa baja del flujo de masa, y
- aumentar la potencia de frenado del motor.

5 En consecuencia, se consiguen varias ventajas por medio de la presente invención:

- las ventajas de los sistemas simples con turboalimentación de dos etapas y los sistemas dobles de turbocompresión y los compresores de alta presión mecánicos están concentradas en un esquema de motor,
- mejora del rendimiento transitorio del motor,
- 10 - aumento de la potencia de frenado del motor,
- mejora de la estrategia de recuperación.

Con el fin de explicar mejor las ventajas alcanzables por la presente invención se definen aquí algunos parámetros útiles:

- 15 - la IMEP es la “presión media” dentro de un cilindro del motor durante un ciclo de trabajo, calculado a partir de un diagrama indicador. La “presión media” es la presión producida en la cámara de combustión durante el ciclo operativo. Es una expresión de la potencia sin fricción teórica conocida como la potencia en caballos de vapor indicados. Además de no tener en cuenta por completo la potencia perdida en la fricción, los caballos de vapor indicados no dan indicaciones sobre cuánta potencia real es entregada al eje propulsor para realizar un trabajo útil.
- 20 No obstante, están relacionados con las presiones reales que se producen en el cilindro y pueden ser usados como una medida de estas presiones. La IMEP es igual a la “presión media efectiva de frenado” (en adelante BMEP) más la “presión media efectiva de la fricción (en adelante FMEP)”.
- P_{salida} = presión después del motor (en la salida 20b);
- $P_{entrada}$ = presión antes del motor En la entrada 27);
- 25 - P_{motor} = Potencia en el cigüeñal
- $P_{recuperación}$ = Potencia de recuperación

Cualquier proceso técnico de generación de potencia está acompañado de pérdidas de energía y de un aumento de la entropía. La disipación de energía se produce durante el transporte, conversión, generación, aplicación, y es inevitable. Además de la ley de la naturaleza del aumento de la entropía se pierde una gran cantidad de energía en forma de calor. Los “Sistemas de Recuperación de Calor Residual” reciclan una parte de algunas pérdidas y de este modo mejoran la eficiencia en los ciclos termodinámicos.

- EPGE es el “Intercambio de Energía Potencial del Gas”, es la energía intercambiada. Si el trabajo del ciclo de carga es positivo el motor no realiza trabajo alguno para cargar y descargar el cilindro con el fluido de trabajo. Así, si el trabajo del ciclo de carga es positivo se aumenta la eficiencia del motor (EPGE +).

Si el trabajo del ciclo de carga es negativo el motor necesita gastar algún trabajo para el intercambio de gas (EPGE -), por lo tanto, la eficiencia disminuye.

- 40 - PFRC, es Recuperación de la Fracción de Potencia, es la energía. Los sistemas con recuperación del calor residual pueden reciclar una parte de algunas pérdidas y de este modo mejorar la eficiencia en los ciclos termodinámicos. PFRC es el factor en porcentaje de la potencia del motor y la potencia de recuperación (de los gases de escape al cigüeñal).
- POFS = Potencial de Ahorro de Combustible (relación sin dimensiones); este parámetro puede ser descrito también por medio de las siguientes ecuaciones:

$$45 \quad \begin{aligned} POFS &= EPEG + PFRC \\ POFS &= (IMEP/P_{salida} - P_{entrada}) + (P_{motor}/P_{recuperación}) \end{aligned}$$

Por lo tanto, los EPEG y PFRC influyen en la eficiencia del motor.

- 50 Los sistemas con recuperación de gases de escape usualmente tienen una mayor contrapresión (presión del gas en la salida) y un trabajo del ciclo de carga negativo.

El sistema de turboalimentación de dos etapas normal no puede recuperar energía pero podría alcanzar un trabajo positivo del ciclo de carga.

- 55 Los efectos negativos del EPEG pueden ser compensados aumentando el PFRC.

Las Figuras 4, 5 y 6 muestran una comparación de varias disposiciones de sobrealimentación aplicadas al mismo motor de combustión (Cursor™) provisto de:

- 60 7) una geometría de turbina variable [VTG] (referida con rombos vacíos);
- 8) un sobrealimentador de dos etapas [2Etapas] (referido con círculos vacíos);
- 9) un primer turbocompresor [TCD] con turboalimentación de una única etapa (referido con trazos planos);
- 10) un segundo turbocompresor [TC2], a saber un turboalimentador de dos etapas de acuerdo con el esquema descrito en la patente EP2042705 (referido con triángulos vacíos);
- 65 la realización de la presente invención (ITC) (referido con rectángulos vacíos).

En particular, los diagramas en las figuras 4-6 son trazados con el fin de mostrar comparaciones respectivamente de dichas cantidades POFS, EPEG, PFRC.

5 De 800 a 1.500 rpm el motor del aparato de acuerdo con la presente invención funciona como un sistema de turbocompresor de dos etapas (HPC y LPT están conectados al cigüeñal). A partir de 1.500 a 2.200 rpm el HPC es desconectado (primer motor eléctrico 32 parado), mientras que la LPT está siempre activada. La Figura 4 muestra que la disposición de la presente invención da una sorprendente reducción en ahorro de combustible a partir de aproximadamente 1.500 rpm del cigüeñal del motor con respecto a los esquemas conocidos. En línea con este resultado el diagrama de la Figura 6 muestra también un PFRC mayor a partir de 1.500 rpm. Y la Figura 5 muestra un EPEG inferior que arranca a partir de aproximadamente 1.500 rpm del cigüeñal del motor.

Parece que el POFC total es inferior con respecto a la disposición del esquema del TCD, no obstante se aumenta la densidad de potencia del esquema de acuerdo con la presente invención: 34 kW/l TCD frente a 38 kW/l ITC.

15 Una comparación correcta sería realizada entre el esquema de la presente invención (ITC) y el TC2 de acuerdo con la patente EP2042705, en donde ambos sistemas tienen la misma densidad de potencia. Por lo tanto, el POFC es claramente mejorado.

20 De acuerdo con la presente invención, el modo de funcionamiento libre de dos etapas, es decir HPC y LPT desactivados, puede ser usado para ganar más trabajo positivo del ciclo de carga en áreas operativas por debajo del 50% de la potencia nominal en el mapa. Este estado de funcionamiento no se muestra en las Figuras 2-5.

25 El punto de conmutación del HPC y la LPT no está fijado y depende de las propiedades del motor, del objetivo de potencia, de las propiedades de las turbinas, etc...

30 Por otra parte, se consigue un mejor rendimiento transitorio con respecto al esquema descrito en la patente EP2042705 y también con respecto al esquema descrito en la patente DE102005003714, debido al menor volumen de aire en el lado de alta presión del diseño de alta presión. Esto provoca también unos menores niveles de humo en modos de operación transitorios.

35 Por otra parte, con respecto a un turbocompresor normal de una única etapa, la presente invención muestra:
- unas menores emisiones de humo y una temperatura de trabajo inferior a una velocidad baja del motor,
- la densidad de potencia es fuertemente aumentada especialmente a una velocidad baja del motor.

40 Ha de tenerse en cuenta que en el estado de modo de frenado, el aparato motor 1 de acuerdo con la invención genera un par de frenado mayor a velocidades del motor inferiores, debido a la turbina de alta presión más pequeña, es decir una sobrealimentación mayor, en comparación con el esquema descrito en las patentes EP2042705 y DE102005003714.

45 Ambas realizaciones permiten reducir la demanda de potencia del sobrealimentador acoplado al motor a velocidades altas del motor, cuando se consigue el Lambda objetivo. Debido a esto se reduce fuertemente el consumo de combustible.

No se describirán detalles de puesta en práctica adicionales, ya que el experto en la técnica es capaz de realizar la invención partiendo de las enseñanzas de la anterior descripción.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un aparato motor que comprende:
- 5 – un motor de combustión interna (1) que tiene una tubería de admisión de aire (2) y una tubería de escape de gases (20);
- un compresor de baja presión (11) y un compresor de alta presión (5) dispuestos en dicha tubería de admisión de aire de acuerdo con la dirección de flujo del aire;
- 10 – una turbina de alta presión y una turbina de baja presión (7) dispuestas en dicha tubería de escape de acuerdo con la dirección de flujo de los gases;
- unos primeros medios de puenteo para puentear dicho compresor de alta presión (5);
- en donde dicha turbina de alta presión (6) está conectada con un eje a dicho compresor de baja presión (11), comprendiendo dicho aparato motor un convertidor (55) de par motor eléctrico que comprende al menos:
- 15 – un generador eléctrico (30) conectado para ser impulsado por dicha turbina de baja presión (7);
- un primer motor eléctrico (32) conectado para impulsar dicho compresor de alta presión (5);
- unos medios de conversión electrónicos (31) apropiados para convertir la energía eléctrica producida por dicho generador eléctrico (30) y para suministrar potencia y controlar al menos dicho primer motor eléctrico (32).
- 2.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho compresor de alta presión (5) es operado por dicho primer motor eléctrico (32) cuando al menos se produce uno de dichos estados:
- 20 a) una temperatura de escape supera un valor predefinido;
- b) dicho valor Lambda es inferior a un valor predefinido;
- c) dicha relación de presión en la tubería de admisión (2) supera al menos un valor de sobrepresión de dicho sobrealimentador de baja presión (11);
- 25 d) los medios de freno del motor de dicho aparato están activados;
- e) la velocidad de dicho motor es inferior a un valor predefinido.
- 3.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde dicho aparato comprende un sistema de recirculación de los gases de escape (EGR), estando dicho compresor de alta presión (5) operado por dicho primer motor eléctrico (32) si la presión en la entrada de dicho motor es inferior a la presión en la salida (20).
- 30 4.- Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dichos primeros medios de puenteo (3, 4) son desactivados cuando dicho primer motor eléctrico (32) es operado por dichos medios de conversión electrónicos.
- 35 5.- Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde dicho convertidor (55) del par motor eléctrico comprende un acumulador (34) y en donde dichos medios de conversión electrónicos comprenden un inversor (31) conectado eléctricamente a dicho acumulador (34), a dicho generador (30) y a dicho primer motor eléctrico (32).
- 40 6.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en donde dicho convertidor (55) del par motor eléctrico comprende también un segundo motor eléctrico suministrado con potencia y controlado por medio de dicho inversor (31).
- 45 7.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en donde dicho convertidor (55) del par motor eléctrico comprende también un condensador (39) conectado eléctricamente a dicho inversor (31) y en donde, en caso de una demanda a corto plazo, dicho primer motor eléctrico (32) es suministrado con potencia, por dicho inversor (31), por medio de la potencia eléctrica que procede de dicho condensador (39).
- 50 8.- Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en donde en caso de una demanda a largo plazo, dicho primer motor eléctrico (32) es suministrado con potencia, por dicho inversor (31), por medio de la energía eléctrica que procede de dicho condensador (39).
- 55 9.- Un aparato de acuerdo con las reivindicaciones 7 y 8, en donde dicho convertidor (55) del par motor eléctrico comprende también una máquina asíncrona (33b) conectada mecánicamente al cigüeñal de dicho motor de combustión (1) y conectada eléctricamente a dicho inversor (31).
- 60 10.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 9, en donde dicha máquina asíncrona (33b) es operada, por dicho inversor (31), para trabajar como un generador eléctrico durante el frenado/deceleración de dicho motor de combustión (1).
- 65 11.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 9, en donde dicha máquina asíncrona (33b) es operada, por dicho inversor (31), para trabajar como un motor eléctrico en un caso de demanda de potencia.
- 12.- Un vehículo, especialmente un vehículo industrial, que comprende un aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.

13.- Un método de control de un aparato motor con turbocompresor de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo también dicho aparato:

- 5 - unos primeros medios de detección para medir una temperatura de los gases de escape;
- unos segundos medios de detección para detectar el valor Lambda;
- unos medios para medir la presión aguas abajo y aguas arriba de dicho compresor de baja presión;
- unos medios de freno;
- un sensor de la velocidad de revolución del motor;

10 en donde dicho método de control comprende el paso de desactivar dichos primeros medios de puenteo (3, 4) y activar dicho compresor de alta presión (5) cuando se produce al menos uno de los siguientes estados:

- 15 a) una temperatura de los gases de escape supera un valor predefinido,
- b) dicho valor Lambda es inferior a un valor predefinido,
- c) dicha relación de presión en la tubería de admisión (2) supera al menos un valor de sobrepresión de dicho sobrealimentador de baja presión (11),
- d) los medios de freno del motor están activados,
- 15 e) dicha velocidad del motor es inferior a un valor predefinido.

14.- Un método de control de acuerdo con la reivindicación 13, en donde si dicho aparato motor comprende un sistema de recirculación de los gases de escape (EGR), el método comprende también los pasos de desactivar dichos primeros medios de puenteo (3, 4) y activar dicho compresor de alta presión (5) si la presión en la entrada (27) es inferior a la presión en la salida (20b) de dicho motor.

15.- Un método de control de acuerdo con la reivindicación 14, en donde dicha temperatura de los gases de escape es detectada en la tubería de escape (20) antes de dicha turbina de alta presión (6).

16.- Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13-15, en donde dicho estado b) se produce cuando dicho valor Lambda es inferior a aproximadamente 1,4, comprendiendo dicho método el paso de activar dichos primeros medios de puenteo si el valor Lambda supera aproximadamente 1,8.

17.- Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13-16, en donde si el aparato motor comprende unos medios de puenteo (25, 26) de dicha turbina de baja presión (7), cuando se produce dicho estado e) entonces se activan dichos medios de puenteo (25, 26) de dicha turbina de baja presión (8).

18.- Un programa de ordenador que comprende unos medios de código de programa de ordenador adaptados para realizar todos los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.

19.- Un medio que puede ser leído por un ordenador que tiene un programa grabado en él, comprendiendo dicho medio que puede ser leído por un ordenador unos medios de código de programa de ordenador adaptados para realizar todos los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, cuando dicho programa es ejecutado en un ordenador.

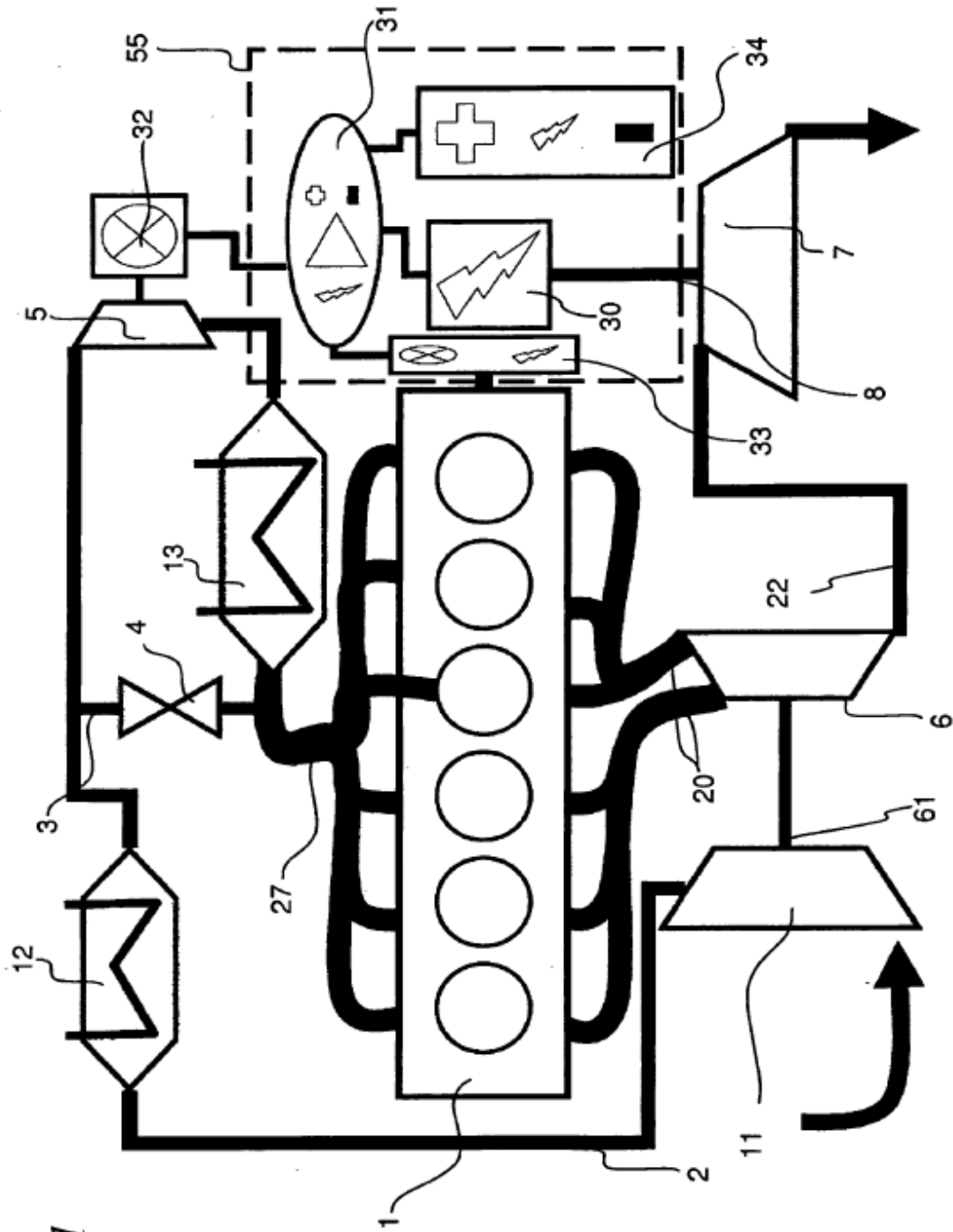
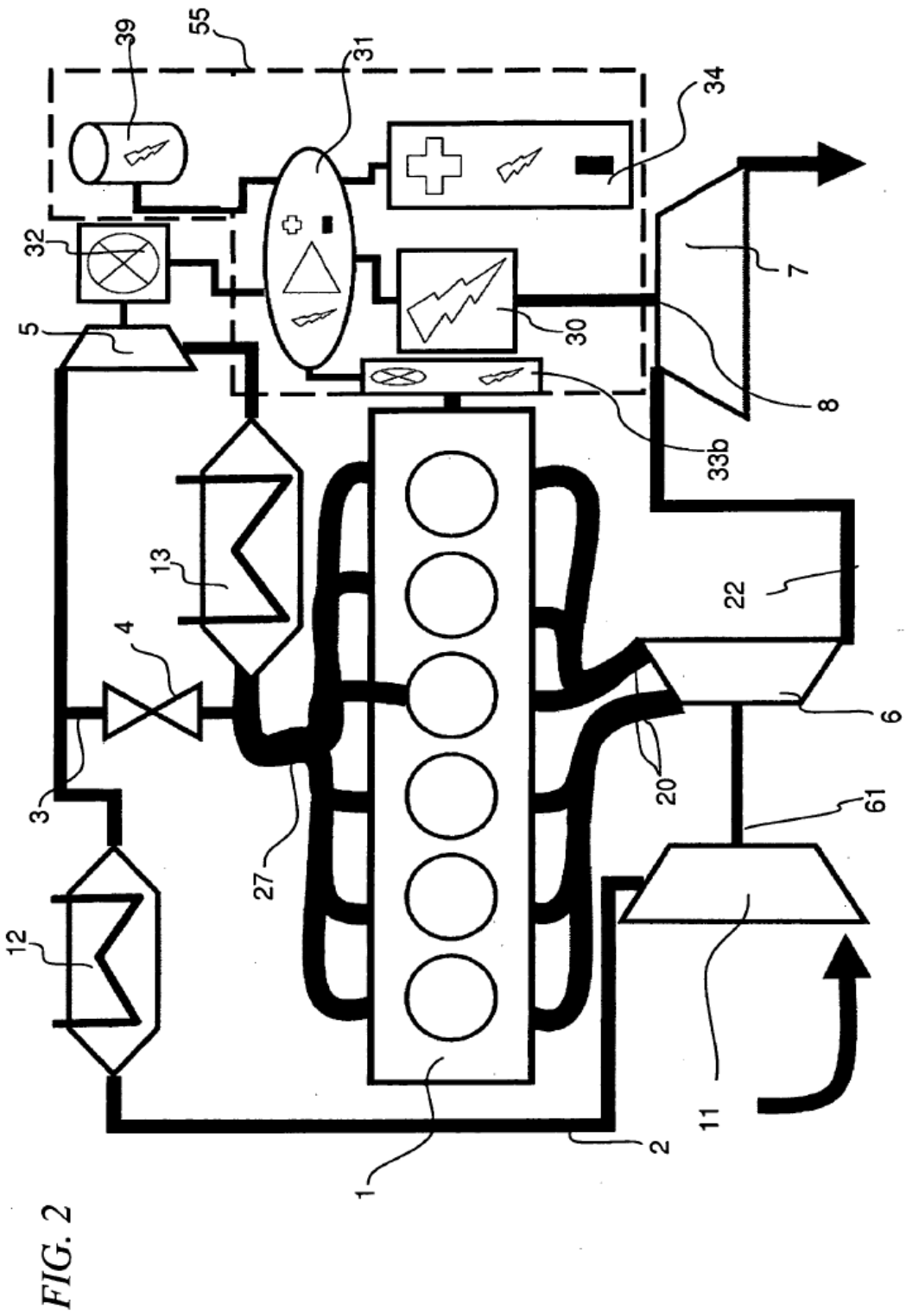


FIG. 1



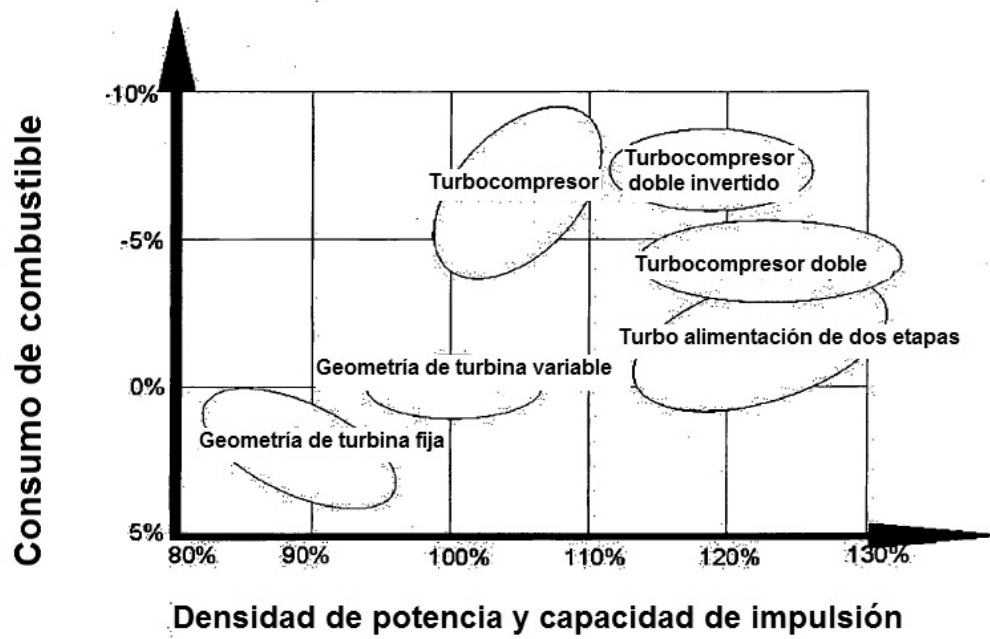


Fig. 3

- TC2 = Turbocompresor_doble
- 2Etapas= Turboalimentación de dos etapas
- VTG = Geometría de turbina variable
- TCD = Turbocompresor
- iTC = Turbocompresor doble invertido (de acuerdo con la presente invención)

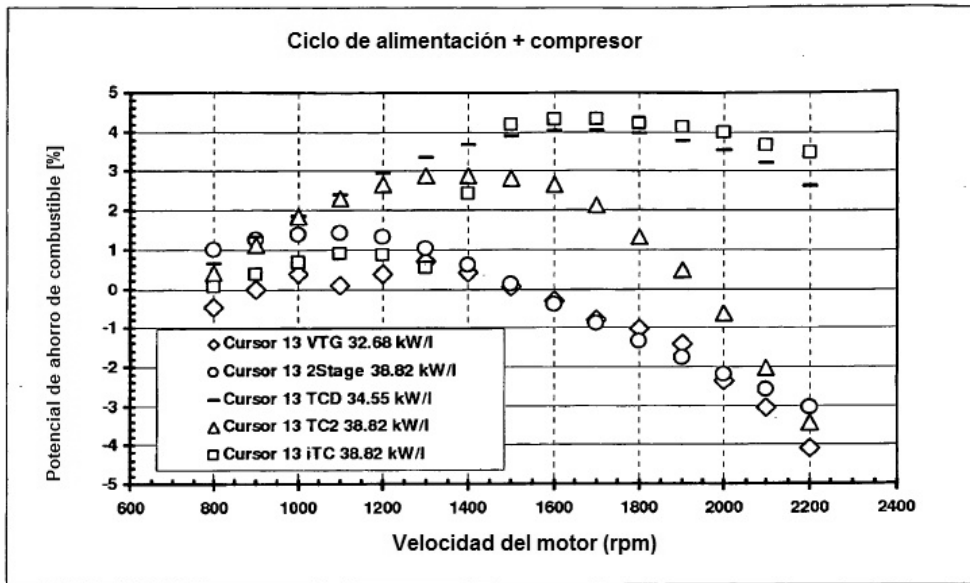


Fig. 4

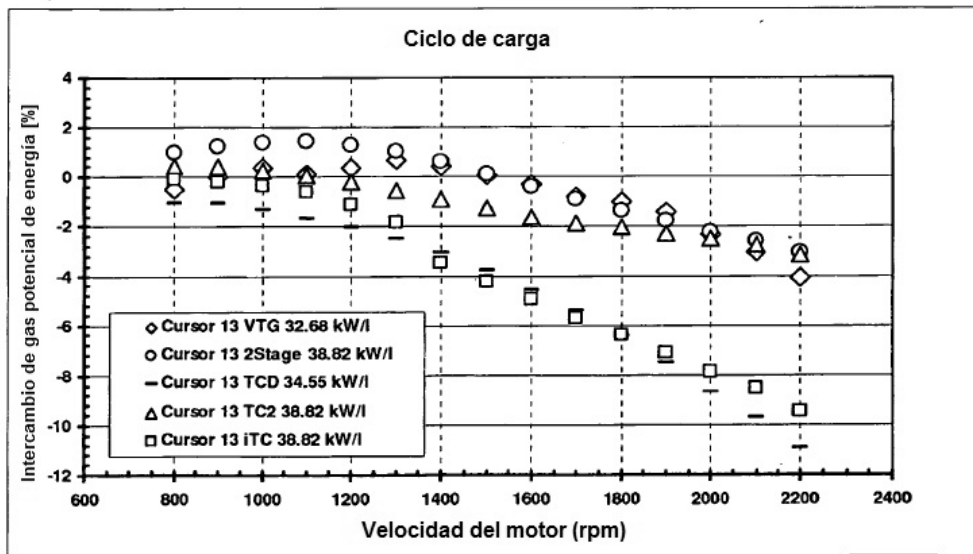


Fig. 5

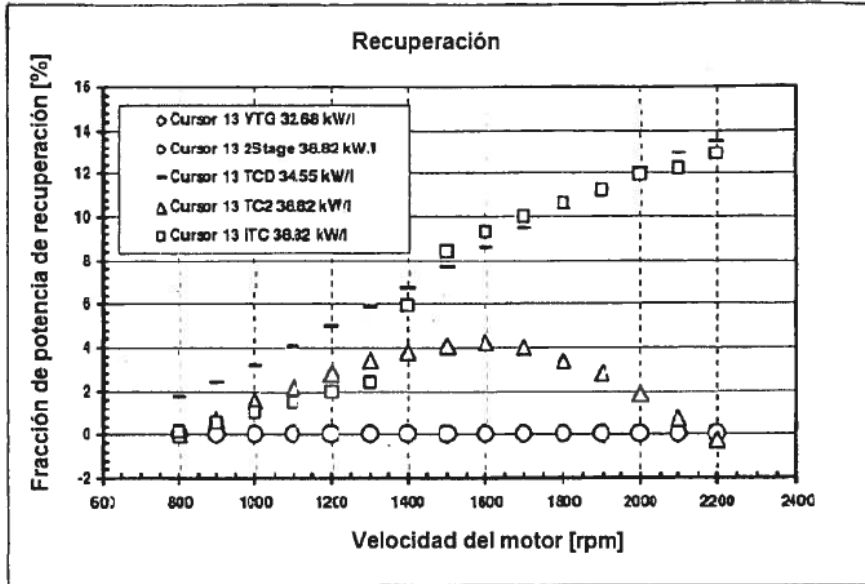


Fig. 6