

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 282**

51 Int. Cl.:

F01N 3/02 (2006.01)

F02B 37/02 (2006.01)

F02B 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2012 E 12810105 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016 EP 2795075**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de un grupo propulsor y grupo propulsor**

30 Prioridad:

24.12.2011 DE 102011122442

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

05.09.2016

73 Titular/es:

**VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Berliner Ring 2
38440 Wolfsburg, DE**

72 Inventor/es:

**HOFFMEYER, HENRIK;
GNEGEL, PAUL;
LINDENKAMP, NILS y
THEOBALD, JÖRG**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 581 282 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

Procedimiento para el funcionamiento de un grupo propulsor y grupo propulsor

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de un grupo propulsor con las características según el preámbulo de la reivindicación 1. La invención se refiere además a un grupo propulsor con las características según el preámbulo de la reivindicación 10.

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente alemana DE 10 2011 122 442.8 de fecha 24-12-2011. El contenido divulgativo de este documento se incluye por la presente íntegramente en la revelación de la presente invención.

10 En vehículos, como por ejemplo turismos o camiones, se emplean normalmente grupos propulsores diseñados como motores de combustión para el accionamiento del vehículo. Los motores de combustión son habitualmente motores de gasolina o motores diesel. Para reducir los gastos de funcionamiento y las emisiones del vehículo y para aumentar la potencia así como la comodidad del vehículo, se han propuesto en el pasado, a este respecto, numerosas mejoras para los motores de combustión.

15 El documento DE 101 59 801 A1 se refiere, por ejemplo, a un motor de combustión con al menos un compresor accionado por la corriente de gases de escape del motor de combustión, y con un árbol de levas regulable por el procedimiento de Miller. En línea o paralelamente al compresor se dispone otra etapa de compresor no accionada por la corriente de gases de escape del motor de combustión. A un régimen de revoluciones bajo del motor de combustión se aumenta la presión de admisión mediante activación de la otra etapa de compresor. La otra etapa del
20 compresor no accionada por la corriente de gases de escape del motor de combustión se puede accionar, por ejemplo, de forma eléctrica. Una etapa de compresor accionada eléctricamente se define también como booster eléctrico.

25 El procedimiento de Miller se conoce por el documento US 2,670,595. El artículo "Miller- und Arkinson-Zyklus am aufgeladenen Dieselmotor" (Ciclo de Miller y Atkinson en el motor diesel cargado) de E. Schutting et. al., publicado en MTZ Motortechnische Zeitschrift (Revista Técnica del Motor), 2007, revista 06, páginas 480 a 485, contiene una representación del procedimiento de Miller. De acuerdo con el procedimiento de Miller, después del ciclo de expulsión se abre la válvula de admisión para aportar aire al cilindro. Esta válvula de admisión se cierra antes de que el pistón alcance el punto muerto inferior del ciclo de admisión.

30 El documento EP 2 041 414 B1 se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de un motor de gasolina en el que al menos una válvula de admisión del motor de gasolina se cierra muy pronto o muy tarde, y en el que se comprime una corriente de aire de combustión aportada al motor de gasolina con un compresor. Al menos a plena carga se aporta a la corriente de aire de combustión una corriente parcial de gas de escape recirculado como recirculación de gases de escape, haciendo funcionar el motor de gasolina con una relación de compresión geométrica mayor que 1 : 10.

35 El documento DE 102 33 256 A1 se refiere a un procedimiento para el encendido de la mezcla de carburante y aire en un motor de gasolina con inyección directa de carburante con una cámara de precombustión y encendido por chispa en la cámara de precombustión. La cámara de precombustión presenta una conexión operativa con un pequeño tazón de pistón.

40 Los documentos EP 1 688 601 A2, US 2004/221820 A1 y US 2004/103648 A1 describen respectivamente un motor diesel que funciona conforme al principio de Miller y que presenta un turbocompresor. El proceso motor descrito en estos documentos es un proceso cíclico de un motor diesel. Se trata de un proceso de combustión de autoencendido (HCCI) característico de motores diesel.

45 El documento US 2009/120418 A1 se refiere a un motor de combustión interna con un refrigerador apropiado para la refrigeración de los gases de escape recirculados, refrigerando el refrigerador el colector de escape y separándose la vía de recirculación de gases de escape del colector de gases de escape refrigerado.

Los documentos US 2010/199666 A1, US 4,010,613 A y US 4,214,443 A describen diferentes medidas para la refrigeración de los gases de escape, revelándose una realización especial de termocambiadores o de turbinas o un dispositivo para la refrigeración del aire aspirado para reducir emisiones.

50 Debido a la necesaria estrangulación del control de carga cuantitativo así como a las reducidas relaciones de compresión para evitar el golpeteo del motor, queda limitado el grado de rendimiento termodinámico de los motores de gasolina. Un planteamiento para la desestrangulación durante el funcionamiento a carga parcial y para el posible aumento de la relación de compresión geométrica representa el procedimiento de Miller antes mencionado y el procedimiento de Atkinson conocido por el estado de la técnica. Cerrando la válvula de admisión antes o después se reduce el consumo de aire y también la compresión efectiva. El consumo de aire describe la calidad del intercambio
55 de carga e indica la relación entre la cantidad de aire real aportada al cilindro durante el ciclo de admisión y la máxima cantidad de aire teórica. De este modo se desestrangula el motor y se reduce la temperatura final de compresión y, por consiguiente, la tendencia al golpeteo. Sin embargo, los procedimientos de Miller / Atkinson conocidos en el estado de la técnica presentan una clara pérdida de potencia.

La tarea de la presente invención consiste, por lo tanto, en incrementar el grado de rendimiento de un motor de gasolina sin reducir la potencia del motor.

Esta tarea se resuelve con un procedimiento para el funcionamiento de un grupo propulsor con un motor de gasolina según la reivindicación 1 o por medio de un grupo propulsor con un motor de gasolina según la reivindicación 10.

5 Las reivindicaciones dependientes definen formas de realización ventajosas y/o variantes perfeccionadas de la invención.

De acuerdo con la presente invención se proporciona un procedimiento para el funcionamiento de un grupo propulsor con un motor de gasolina y un refrigerador de gases de escape. En una variante de realización preferida, el motor de gasolina es un motor de gasolina de compresión elevada. La variante de realización preferida también se puede denominar como motor de gasolina sobrealimentado o de alta compresión. Con preferencia, el aire de combustión aportado se comprime en el cilindro del motor de gasolina con una relación de compresión geométrica mayor de 1:10 y menor de 1:20. El motor de gasolina es especialmente un motor de gasolina de inyección directa. Dicho con otras palabras: en una variante de realización preferida el carburante se inyecta directamente en el cilindro.

10 En el procedimiento según la invención el aire de combustión, aportado a un cilindro del motor de gasolina a través de una válvula de admisión, se comprime con un turbocompresor de gases de escape con una turbina que presenta una geometría de turbina variable. Los gases de escape conducidos a la turbina se enfrían según la invención en una parte del tubo de gases de escape, especialmente entre una válvula de salida del motor de gasolina y la turbina del turbocompresor de gases de escape. Los gases de escape se enfrían preferiblemente en un colector de gases de escape. Este colector se integra ventajosamente en una culata del motor de gasolina.

La válvula de admisión se cierra antes de que el pistón llegue en el cilindro al punto muerto inferior del cilindro. El turbocompresor de gases de escape comprende preferiblemente una rueda de turbina y una rueda de compresor unidas entre sí en un árbol. La rueda de turbina es accionada por una corriente de gases de escape del motor de gasolina. La rueda de compresor se dispone en un dispositivo de aportación de aire de combustión del motor de gasolina y comprime, accionada por la rueda de turbina acoplada a través del árbol, el aire de combustión aportado a los cilindros del motor de gasolina. Una sección transversal de flujo efectiva en la entrada de la turbina se diseña de forma variable. En una carcasa de turbina del turbocompresor de gases de escape, en la que se dispone la rueda de turbina, se pueden montar, por ejemplo, álabes de guía regulables. Regulando el ajuste de los álabes de guía se puede cambiar el número de revoluciones de la rueda de turbina con el mismo caudal de gases de escape, con lo que se puede cambiar la compresión producida por la rueda de compresor, la así llamada presión de admisión. Alternativamente se puede variar la sección transversal de flujo efectiva, por ejemplo con un manguito corredizo. El turbocompresor de gases de escape con geometría de turbina variable presenta preferiblemente una turbina radial y un compresor radial. En la entrada de la rueda de turbina se puede prever una disposición de álabe de guía que se ajuste a través de un regulador eléctrico. Girando los álabes de guía se puede variar la sección transversal de flujo efectivo delante de la rueda de turbina.

Debido al cierre prematuro de la válvula de admisión, antes de que el pistón llegue al punto muerto inferior, se puede aumentar la relación de compresión del motor de gasolina sin que se produzca un golpeteo del motor. Gracias a la variabilidad de la sección transversal de flujo en la entrada de turbina se amplía el campo característico de turbina aprovechable. El control de la turbina se realiza especialmente en dependencia de la presión de admisión necesaria. Con el aumento de la carga del motor se necesita una presión de admisión mayor. Para generarla se reduce la sección transversal de flujo en la entrada de turbina a fin de producir una mayor potencia de la turbina. Como limitación respecto a una aplicación de motor diesel, se limita la sección transversal mínima de flujo de turbina por medio de una máxima contrapresión de gases de escape admisible. Como consecuencia, el control también se diferencia del de los turbocompresores de gases de escape con control de flujo secundario (Waste-Gate), dado que conforme al principio aquí no se necesita una limitación de este tipo.

El empleo de una turbina de gases de escape con geometría de turbina variable conduce, por lo tanto, a un campo característico de compresor aprovechable más amplio, por lo que con cargas medias del motor de gasolina ya se puede generar una presión de admisión suficiente para compensar las pérdidas de admisión que se pueden producir debido al cierre prematuro de la válvula de admisión. De esta manera se puede conseguir especialmente en estas áreas operacionales un aumento considerable del grado de rendimiento termodinámico total. Como consecuencia del cierre prematuro de la válvula de admisión se produce en el cilindro, en el ciclo de admisión, un enfriamiento adicional del aire de combustión por expansión. El resultado es una reducción del trabajo de compresión así como una reducción de la temperatura del proceso que reduce la tendencia al golpeteo y las pérdidas de calor de la pared.

En el procediendo según la invención se puede reducir además una temperatura de gases de escape, con lo que se permite un diseño del turbocompresor de gases de escape también para temperaturas de gases de escape bajas para motores de gasolina, por ejemplo de un máximo de 850° C. Como consecuencia existe la posibilidad de una elección de materiales así como de un diseño de la rendija del turbocompresor para el motor de gasolina análoga a las de los actuales motores diesel, con lo que se puede reducir el coste del turbocompresor de gases de escape con geometría de turbina variable. Gracias a la reducción de la rendija se puede aumentar además el grado de rendimiento de la turbina. De este modo se puede conseguir con este procedimiento, en comparación con un turbocompresor de gases de escape con geometría de turbina fija empleado de acuerdo con el procedimiento de combustión de Miller, un incremento del grado de rendimiento neutral.

Conforme a una variante de realización, la geometría de turbina variable del turbocompresor de gases de escape se regula en función de una carga del motor de gasolina. La pérdida de admisión debida al cierre prematuro de la válvula de admisión se puede compensar de forma adecuada en todos los rangos de carga del motor de gasolina mediante una regulación de la geometría de turbina variable por medio del campo característico de compresión más ancho del turbocompresor de gases de escape con geometría de turbina variable. Especialmente en el funcionamiento a plena carga se puede reducir además la temperatura de proceso así como la temperatura de los gases de escape, gracias a lo cual se incrementa el grado de rendimiento del motor de gasolina y se pueden emplear materiales más económicos en el sistema de gases de escape.

Según otra variante de realización el aire de combustión aportado al cilindro se comprime adicionalmente con un compresor de accionamiento eléctrico, un así llamado booster eléctrico o e-booster. Debido al cierre prematuro de la válvula de admisión, antes de que el pistón alcance en el cilindro el punto muerto inferior, se reduce el consumo de aire, es decir, la relación entre la cantidad de aire real aportada al cilindro y la máxima cantidad de aire teórica en el cilindro. Como consecuencia de la reducción del consumo de aire se puede aumentar el tiempo de reacción del motor de gasolina, especialmente con una demanda de aumento del número de revoluciones o del par. Con ayuda del compresor de accionamiento eléctrico el tiempo de reacción del motor de gasolina se puede reducir comprimiendo el aire de combustión previamente con el compresor de accionamiento eléctrico y acelerando así el turbocompresor de gases de escape. El accionamiento eléctrico del compresor presenta, por ejemplo, una absorción de potencia inferior a 1 KW, por lo que se puede accionar con una red de 12 V instalada normalmente en un vehículo. La combinación de turbocompresor de gases de escape con geometría de turbina variable y compresor de accionamiento eléctrico permite además que el compresor de accionamiento eléctrico sólo se emplee brevemente para mejorar el tiempo de reacción del motor de gasolina, por lo que no hacen falta medidas para el aumento de la potencia eléctrica de la red eléctrica del vehículo.

Gracias a la combinación de un turbocompresor de gases de escape con un compresor accionado mecánicamente por medio del cigüeñal, prevista en un grupo de variantes de realización, se puede conseguir un campo característico de compresores muy amplio. Así se puede compensar una pérdida de admisión, provocada por el cierre prematuro de la válvula de admisión, en amplios rangos de números de revoluciones y de carga del motor de gasolina. De este modo se puede lograr, a su vez, un aumento del grado de rendimiento neutral del motor de gasolina en un extenso rango de carga del motor de gasolina.

De acuerdo con una variante de realización perfeccionada de la invención una válvula de derivación del turbocompresor de gases de escape se puede regular en dependencia de una carga del motor de gasolina. La válvula de derivación conduce una parte regulada de los gases de escape del motor de gasolina pasando al lado de una turbina del turbocompresor de gases de escape. Una válvula de derivación de este tipo también se denomina como Waste-Gate o válvula de bypass. Con ayuda de la válvula de derivación se puede proporcionar un amplio campo característico de compresores en el rango de plena carga, especialmente en caso de un régimen de revoluciones elevado, por lo que una compensación de las pérdidas de admisión se puede regular adecuadamente.

Conforme a otra variante de realización perfeccionada especialmente ventajosa, el motor de gasolina comprende una recirculación de gases de escape, enfriándose los gases de escape conducidos por el sistema de recirculación de gases de escape. La recirculación de gases de escape puede comprender, por ejemplo, una así llamada recirculación de gases de escape de alta presión y/o una así llamada recirculación de gases de escape de baja presión. La recirculación de gases de escape de alta presión acopla un conducto de gases de escape entre las válvulas de salida del motor de gasolina y la turbina del turbocompresor de gases de escape a un conducto de aportación de aire de combustión entre el compresor y las válvulas de admisión. La recirculación de gases de escape de baja presión acopla un conducto de gases de escape detrás de la turbina del turbocompresor de gases de escape a un conducto de aportación de aire de combustión delante del compresor. A causa de la refrigeración de la recirculación de gases de escape se puede enfriar el aire de combustión aportado al motor de gasolina, con lo que se reduce la temperatura del proceso. La recirculación de gases de escape se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante el refrigerante del motor, utilizando, por ejemplo, un colector de gases de escape integrado. La refrigeración de gases de escape para los gases de escape recirculados puede ser especialmente la misma que actúa sobre los gases de escape aportados a la turbina del turbocompresor de gases de escape.

La ventaja del grado de rendimiento se produce principalmente por el hecho de incrementar la potencia del motor. Los conceptos actuales del motor de gasolina tienen que prever una reducción de la temperatura de proceso en el cilindro mediante la aportación adicional de carburante para proteger el componente por el que pasan los gases de escape contra una excesiva carga térmica. Esta medida suele dar lugar a un elevado consumo adicional de carburante. Gracias al empleo del colector de gases de escape integrado esta medida se puede reducir claramente, pudiéndose incrementar el grado de rendimiento del motor en algunos puntos porcentuales y, por lo tanto, la potencia del motor. En comparación con el empleo de sistemas de recirculación de gases de escape tradicionales, la temperatura de los gases de escape se puede reducir considerablemente por medio del colector de gases de escape integrado.

Por otra parte, la válvula de admisión se puede cerrar en una gama del ángulo de cigüeñal del motor de gasolina de 35° a 90° antes del punto muerto inferior entre el ciclo de admisión y el ciclo de compresión. La válvula de admisión se puede cerrar especialmente en una gama del ángulo del cigüeñal del motor de gasolina de 50° a 70° antes del punto muerto inferior. El cierre de la válvula de admisión se refiere a un milímetro de carrera de la válvula, es decir,

la válvula de admisión se cierra en la gama de ángulos del cigüeñal antes indicada hasta que la carrera de válvula restante sea menor de un milímetro o igual a un milímetro. Mediante el cierre prematuro de la válvula de admisión el aire de combustión aportado hasta entonces se expande en el transcurso posterior del ciclo de admisión, con lo que el aire de combustión se enfría. De este modo se reduce el trabajo de compresión en el ciclo de compresión posterior así como la temperatura de proceso, lo que permite reducir una tendencia al golpeteo del motor de gasolina y las pérdidas de calor de pared. Al mismo tiempo se dispone de la plena relación de expansión para el ciclo de trabajo.

Conforme a otra variante de realización el motor de gasolina comprende un sistema de control de válvula variable. Un ángulo, con el que se cierra la válvula de admisión, se ajusta en función de una carga del motor de gasolina con ayuda de un sistema de control de válvula variable. Mediante el ajuste del ángulo de cierre de la válvula se puede regular el consumo de aire en dependencia de la carga, lo que permite una regulación libre de la carga del motor y, por lo tanto, un incremento del grado de rendimiento neutral.

Además, o alternativamente, los gases de escape se enfrían entre una válvula de salida del motor de gasolina y el turbocompresor de gases de escape mediante la refrigeración de un colector de gases de escape del motor de gasolina. Gracias a la refrigeración de los gases de escape antes del turbocompresor de gases de escape es posible diseñar el turbocompresor de gases de escape térmicamente para temperaturas de gases de escape más bajas, lo que permite una elección de materiales más económicos, así como una configuración más reducida de la rendija.

De acuerdo con la presente invención se proporciona además un grupo propulsor con un motor de gasolina. El grupo propulsor comprende un turbocompresor de gases de escape con una turbina que presenta una geometría de turbina variable y un sistema de control de válvula. El turbocompresor de gases de escape se ha concebido para la compresión de aire de combustión aportado a un cilindro del motor de gasolina a través de una válvula de admisión. El sistema de control de válvula se ha diseñado de manera que la válvula de admisión se cierre antes de que un pistón llegue en el cilindro a un punto muerto inferior, especialmente entre un ciclo de admisión y un ciclo de compresión. Por consiguiente, el motor de gasolina está especialmente indicado para la realización del procedimiento antes descrito con una o varias de las características señaladas, por lo que también comprende las ventajas antes descritas. El motor de gasolina permite en especial un incremento del grado de rendimiento frente a los motores de gasolina tradicionales, no reduciéndose la potencia del motor de gasolina a causa del incremento del grado de rendimiento.

Según la invención, el grupo propulsor presenta un refrigerador de gases de escape asignado a una parte del conducto de gases de escape para la refrigeración de los gases de escape aportados a la turbina en la parte del conducto de gases de escape. En un grupo de variantes de realización, la parte del conducto de gases de escape consiste en un colector de gases de escape. Éste se integra ventajosamente en parte o (de manera especialmente preferida) por completo en una culata del motor de gasolina.

En el caso del colector de gases de escape integrado el colector de gases de escape realizado normalmente por separado, se integra por completo en la culata, con lo que detrás de la salida de la culata queda un único tubo de unión a la turbina. Para que la temperatura del componente no suba de forma inadmisiblemente, el refrigerante fluye por el contorno del tubo que conduce gases de escape. Esta camisa de refrigerante también puede consistir en núcleos de rociado de varias piezas. En el caso del refrigerante se puede tratar especialmente de agua.

Los grupos propulsores según la invención pueden presentar un motor de gasolina con una relación de compresión geométrica del orden de 1 : 10 a 1 : 20, preferiblemente de 1 : 12 a 1 : 15, especialmente de 1 : 13. Estas relaciones de compresión tan grandes son posibles dado que con el cierre prematuro de la válvula de admisión se regula un consumo de aire de < 1 , con lo que se reduce la tendencia al golpeteo del motor de gasolina. El consumo de aire se ajusta, por ejemplo, en una gama de 0,5 a 0,9, preferiblemente en una gama de 0,6 a 0,8.

Conforme a la presente invención se propone finalmente un vehículo terrestre sin raíles con uno de los grupos propulsores con motor de gasolina descritos. Gracias al grado de rendimiento perfeccionado del motor de gasolina, se pueden reducir el consumo y las emisiones del vehículo, en especial las emisiones de CO₂. Dado que el incremento del grado de rendimiento se puede llevar a cabo de forma neutral, como ya se ha dicho antes, no se produce ningún tipo de pérdida de potencia para el usuario del vehículo.

A continuación se describen detalladamente algunas variantes de realización preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos.

Figura 1 muestra una representación esquemática de un grupo propulsor con motor de gasolina según una variante de realización de la presente invención.

Figura 2 muestra otra representación esquemática de un grupo propulsor con motor de gasolina según otra variante de realización de la presente invención.

Figura 3 muestra esquemáticamente un vehículo según la invención con una variante de realización de la invención.

En los motores de gasolina tradicionales el grado de rendimiento termodinámico queda limitado debido a la estrangulación necesaria en el control de carga cuantitativo así como a la relación de compresión reducida para evitar golpeteos del motor. Un planteamiento para la desestrangulación y el posible aumento de la relación de compresión geométrica representa el así llamado procedimiento de Miller o Atkinson. A través de un cierre

prematureo o tardío de la válvula de admisión (cierre prematuro admisión, FES; cierre tardío admisión, SES) se reduce el consumo de aire y la compresión efectiva. El motor se desestrangula, la temperatura final de compresión y, por lo tanto, la tendencia al golpeteo se reduce y la compresión geométrica se incrementa. El consumo de aire que indica la relación entre la cantidad de aire real y la máxima cantidad de aire teórica después del ciclo de admisión, se puede reducir con el procedimiento de Miller de, por ejemplo, 0,95 a 0,5 – 0,9. Sin embargo, debido al menor consumo de aire se puede producir una pérdida de potencia. Para evitar esta pérdida de potencia y conseguir, a pesar de ello, el incremento del grado de rendimiento por medio del procedimiento de Miller, se propone, según una variante de realización de la presente invención, un motor de gasolina con un procedimiento de Miller de alta compresión y un turbocompresor de gases de escape con geometría de turbina variable. A fin de lograr el procedimiento de Miller de alta compresión, la válvula de admisión se cierra antes de que el pistón llegue en un cilindro correspondiente al punto muerto inferior. La válvula de admisión se puede cerrar, por ejemplo, en una gama de ángulos del cigüeñal de 90° a 35° antes de llegar al punto muerto inferior. La válvula de admisión se puede cerrar preferiblemente en una gama del ángulo de cigüeñal de 70 a 50° antes de llegar al punto muerto inferior.

La figura 1 muestra una variante de realización de un grupo propulsor con motor de gasolina 1. El motor de gasolina 1 comprende un bloque de cilindros 2 con cuatro cilindros 3 indicados esquemáticamente. Por el lado de admisión 4 se aporta al motor de gasolina 1 aire de combustión a través de válvulas de admisión no representadas en la figura. Las válvulas de admisión pueden comprender un accionamiento de válvula variable de modo que un ángulo de cigüeñal, con el que se cierra la válvula de admisión, se pueda regular de forma variable. El aire de combustión aportado al lado de admisión 4 comprende aire fresco 5 así como gases de escape de combustión 6, que a través de los sistemas de recirculación de gases de escape 7 y 8 se mezclan con el aire fresco 5. El aire fresco 5 se mezcla con los gases de escape 6 por medio de una recirculación de gases de escape de baja presión 8 con una válvula de recirculación de gases de escape de baja presión regulable 9. Los gases de escape conducidos por la recirculación de gases de escape de baja presión 7 se enfrían adicionalmente con un refrigerador 18. Esta mezcla se comprime con un compresor de accionamiento eléctrico, un así llamado e-booster. El e-booster comprende un compresor 10 accionado por un motor eléctrico 11. A través de un sistema de control (no representado) del motor eléctrico 11, se puede regular de manera variable la compresión provocada por el compresor 10.

El aire comprimido por el compresor 10 se aporta a un turbocompresor de gases de escape 12 que en esta variante de realización tiene una geometría de turbina variable. El turbocompresor de gases de escape 12 comprende una turbina 13 accionada por los gases de escape del motor de gasolina 1 y un compresor 14, que están unidos entre sí a través de un árbol 15 común. Al aire de combustión comprimido por los compresores 10 y 14 se pueden aportar más gases de escape a través del sistema de recirculación de gases de escape de alta presión 7, desde el lado de gases de escape 16 del motor de gasolina 1. Para ajustar la recirculación de gases de escape a través del sistema de recirculación de gases de escape de alta presión 7, el sistema de recirculación de gases de escape de alta presión 7 comprende una válvula de recirculación de gases de escape de alta presión 17. El aire de compresión comprimido y mezclado con los gases de escape se aporta al lado de admisión 4 a través de un refrigerador de aire de admisión 19. Por el lado de gases de escape 16, los gases de escape de los cuatro cilindros 3 se recogen en un colector de gases de escape 20 y se aportan al sistema de recirculación de gases de escape de alta presión 7, así como a la turbina 13 con geometría variable. Para la refrigeración de los gases de escape el colector de gases de escape 20 puede estar dotado de un refrigerador de gases de escape 21 refrigerado, por ejemplo, con agua de refrigeración.

El turbocompresor de gases de escape 12 comprende además una válvula de derivación opcional 22, a través de la cual una parte regulable de los gases de escape del motor de gasolina 1 se conduce, pasando al lado de la turbina 13 del turbocompresor de gases de escape 12. Más abajo de la turbina 13, el motor de gasolina 1 comprende un sistema de depuración de gases de escape 23, por ejemplo un catalizador de tres vías. El motor de gasolina 1 comprende además un sistema de inyección de gasolina, preferiblemente un sistema de inyección directa de gasolina, que inyecta el carburante directamente en el cilindro 3.

Sobre la base del motor de gasolina 1 cargado por ejemplo por inyección directa de gasolina, se ajustan las variables de accionamiento de válvula en cuanto a fase, amplitud de control y desconexión de cilindro para la regulación sin estrangulación de la carga del motor por medio del grado de suministro. El bloque de cilindros 2 del motor de gasolina 1 presenta al mismo tiempo una mayor relación de compresión geométrica, por ejemplo del orden de 12 – 14, aproximadamente. Para la reducción del consiguiente aumento de la tendencia al golpeteo durante el funcionamiento a carga parcial o a plena carga, se regula el consumo de aire por medio de un cierre prematuro de admisión (FES) a <1 , por ejemplo en una gama de 0,5 – 0,9 o preferiblemente de 0,6 – 0,8. En estado de funcionamiento controlado con presión de carga, se recirculan además gases de escape refrigerados y convertidos a través del sistema de recirculación de gases de escape de baja presión 8 para aumentar la capacidad térmica específica de los gases de escape. Como se ha mostrado en la figura 1, por medio de la recirculación de gases de escape de baja presión 8 los gases de escape se extraen, filtran y enfrían detrás del catalizador 23 y se reconducen después delante de los compresores 10 y 14. La consiguiente pérdida de admisión se compensa a través de una subida de la presión del tubo de aspiración por medio de los compresores 10 y 14. En principio, parte de la compresión de los gases de escape no se lleva a cabo en el cilindro, sino por medio de los compresores 10 y 14. Con ayuda del refrigerador de aire de admisión 19, debidamente dimensionado, los gases de escape comprimidos se reconducen antes de la compresión restante en el cilindro 3. Debido al FES se produce en el cilindro 3 un enfriamiento adicional del gas de trabajo por expansión en el ciclo de admisión o aspiración. Esto da lugar a un

menor trabajo de compresión, así como a una menor temperatura de proceso, lo que reduce la tendencia al golpeteo y a pérdidas de calor de pared en el bloque de cilindros 2. Al mismo tiempo se dispone en el ciclo de trabajo de la relación de expansión completa de la relación de compresión geométrica. El mayor consumo de potencia frigorífica para el enfriamiento del aire de admisión y para la refrigeración de los gases de escape recirculados se compensa en su mayor parte por medio de una aportación reducida de calor al refrigerante del motor.

Para la carga del motor de gasolina 1 se emplea un turbocompresor de gases de escape 12 con geometría de turbina variable en combinación con un e-boosters 10, 11. Al contrario que en un turbocompresor de gases de escape tradicional con una válvula de derivación 22, ya se puede generar mediante la geometría de turbina variable de la turbina 13 y el consiguiente campo característico de turbina variable una presión de admisión suficiente a cargas medidas para compensar las pérdidas de admisión antes mencionadas y debidas al procedimiento. Todo el caudal de los gases de escape se puede conducir además a través de la turbina, con lo que se obtiene un aumento del rendimiento de la turbina en el rango de plena carga. El resultado es, especialmente en rangos de funcionamiento relevantes en lo que se refiere a los ciclos, un aumento considerable del grado de rendimiento termodinámico total. Gracias a la reducción de la temperatura de proceso y a la refrigeración ventajosa y preferida 21 del colector de gases de escape 20, el turbocompresor de gases de escape 12 se puede diseñar térmicamente para temperaturas de gases de escape bajas para los procedimientos de combustión de motores de gasolina, por ejemplo de 850°, como máximo. Como consecuencia, existe la posibilidad de una elección de materiales, así como de un diseño de la rendija más económicos en comparación con los conceptos de turbocompresor de gases de escape de turbocompresor con geometría de turbina variable para el motor de gasolina, lo que puede reducir el coste del turbocompresor de gases de escape con geometría de turbina variable. Gracias a la elección de materiales, se puede reducir el coste del turbocompresor de gases de escape y gracias al diseño reducido de la rendija se pueden conseguir grados de rendimiento de turbina mayores en comparación con los turbocompresores de gases de escape tradicionales para motores de gasolina.

En resumen, el proceso de trabajo antes descrito se consigue como consecuencia de la reducción de la temperatura de proceso debida a la compresión previa refrigerada, de la expansión interna con cierre prematuro de admisión (FES), de la recirculación refrigerada de los gases de escape, de la mayor relación de compresión geométrica y de la consiguiente prolongación de la expansión a una temperatura de gases de escape reducida al abrir la válvula de salida. La combinación del procedimiento de trabajo descrito (procedimiento de Miller de alta compresión) y del turbocompresor de gases de escape con geometría de turbina variable es, por lo tanto, decisiva para un incremento neutral del grado de rendimiento por medio del procedimiento de Miller de alta compresión y para temperaturas de gases de escape lo suficientemente bajas que permitan un esfuerzo económica y tecnológicamente aceptable para el empleo de un turbocompresor de gases de escape con geometría de turbina variable.

La figura 2 muestra otra variante de realización de un motor de gasolina 1 adecuada, por ejemplo, para una potencia unitaria mayor. El grupo propulsor con el motor de gasolina 1 de la figura 2 puede presentar, en lugar del turbocompresor 12 con geometría de turbina variable, un turbocompresor de gases de escape 212 con geometría de turbina fija. Es decir, el turbocompresor de gases de escape 212 comprende una turbina 213 con geometría de turbina fija. El turbocompresor de gases de escape 212 comprende adicionalmente una válvula de derivación 222 denominada también válvula de bypass o Waste-Gate. Alternativamente el grupo propulsor puede presentar un turbocompresor de gases de escape 212, acoplado a través de un árbol 215 a un compresor 214, con geometría de turbina variable. Al contrario que en la variante de realización representada en la figura 1, el motor de gasolina 1 de la figura 2 presenta, en lugar de un e-boosters 10, 11, un compresor 210 de accionamiento mecánico acoplado a través de un accionamiento 211 a un cigüeñal del motor de gasolina 1 y accionado a través del cigüeñal. Un concepto de este tipo formado por compresor 210 de accionamiento mecánico y turbocompresor de gases de escape 212 se denomina también como concepto Twin-Charger. Los restantes componentes del motor de gasolina 1 de la figura 2 corresponden a los componentes del motor de gasolina 1 de la figura 1. Una válvula de admisión del motor de gasolina 1 se cierra antes de que el pistón correspondiente llegue al punto muerto inferior. El motor de gasolina 1 de la figura 2 funciona por lo tanto también de acuerdo con el procedimiento de Miller.

La reducción de la temperatura de gases de escape descrita en relación con la figura 1, con reducción del consumo de aire en comparación con los motores de gasolina tradicionales, resulta en una entalpía de gases de escape reducida de la que el turbocompresor de gases de escape dispone para estados de funcionamiento transitorios, por ejemplo una demanda de carga espontánea. Esto conduce a mermas del grado de rendimiento en el funcionamiento transitorio del motor. Para mejorar el aumento del tiempo de reacción del motor de gasolina, que se produce debido a la reducción del consumo de aire, se integra en el sistema de carga un precompresor, especialmente el e-boosters 10, 11 representado en la figura 1 o el compresor 210 de accionamiento mecánico representado en la figura 2. El precompresor se posiciona detrás del filtro de aire en el tramo de aspiración delante del compresor principal 14 ó 214. Generando relaciones de presión inferiores a 1,5 hPa se acelera el turbocompresor de gases de escape 12 ó 212 con lo que consigue los tiempos de reacción deseados. En caso de motores más pequeños basta con una potencia de propulsión del e-boosters 10, 11 del orden de menos de 1000 vatios, es decir, la máquina eléctrica 11 puede funcionar, al menos por breve tiempo, con energía eléctrica de la red de a bordo de 12 voltios existente. En caso de motores más grandes la potencia eléctrica de la red de a bordo de 12 voltios no suele ser suficiente. En estos casos resulta ventajoso usar el precompresor 210 de accionamiento mecánico accionado mecánicamente por el cigüeñal del motor de gasolina 1.

La figura 3 muestra finalmente un vehículo 300 según una variante de realización de la presente invención que comprende el grupo propulsor con el motor de gasolina 1 antes descrito.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de un grupo propulsor con un motor de gasolina (1) que comprende:
 - la compresión del aire de combustión aportado a un cilindro (3) del motor de gasolina (1) por una válvula de admisión con un turbocompresor de gases de escape (12) y
 - el cierre de la válvula de admisión antes de que el pistón llegue en el cilindro (3) a un punto muerto inferior, caracterizado por
 - el empleo de un turbocompresor de gases de escape (12) con una turbina (13) que presenta una geometría de turbina variable y
 la refrigeración de los gases de escape aportados a la turbina (13) en una parte del conducto de gases de escape por medio de un refrigerador de gases de escape (21).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que los gases de escape se enfrían en un colector de gases de escape (20).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que para la refrigeración de los gases de escape se emplea un colector de gases de escape (20) que se integra en una culata del motor de gasolina (1).
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por la regulación de la geometría de turbina variable del turbocompresor de gases de escape (12) en función de una carga del motor de gasolina (1).
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el aire de combustión (5) aportado al cilindro se comprime adicionalmente con un compresor (10) de accionamiento eléctrico.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la válvula de admisión se cierra en una gama de ángulo de cigüeñal de 35 a 90° del motor de gasolina (1) antes del punto muerto inferior.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el motor de gasolina (1) comprende un sistema de control de válvula variable, regulándose el ángulo con el que se cierra la válvula de admisión en función de una carga del motor de gasolina (1).
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el carburante se inyecta directamente en el cilindro (3).
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el aire de combustión aportado se comprime en el cilindro (3) del motor de gasolina (1) con una relación de compresión geométrica mayor que 1 : 10 y menor que 1:20.
10. Grupo propulsor, especialmente para la realización del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende:
 - un motor de gasolina,
 - un turbocompresor de gases de escape (12) para la compresión de un aire de combustión aportado a un cilindro (3) del motor de gasolina (1) por una válvula de admisión y
 - un sistema de control de válvula diseñado para cerrar la válvula de admisión antes de que un pistón llegue en el cilindro (3) a un punto muerto inferior, caracterizado por
 - un turbocompresor de gases de escape con una turbina (13) que presenta una geometría de turbina variable y
 - un refrigerador de gases de escape (21) asignado a una parte del conducto de gases de escape para la refrigeración de los gases de escape aportados a la turbina (13) a través de la parte del conducto de gases de escape.
11. Grupo propulsor según la reivindicación 10, caracterizado por que la parte del conducto de gases de escape consiste en un colector de gases de escape (20).
12. Grupo propulsor según la reivindicación 11, caracterizado por que el colector de gases de escape (20) se integra en una culata del motor de gasolina (1).
13. Grupo propulsor según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que el motor de gasolina (1) presenta una relación de compresión geométrica mayor que 1 : 10 y menor que 1 : 20.
14. Grupo propulsor según la reivindicación 13, caracterizado por que el motor de gasolina (1) presenta una relación de compresión geométrica mayor que 1 : 12 y menor que 1 : 15.
15. Vehículo (300) con un grupo propulsor según una de las reivindicaciones 10 a 14.

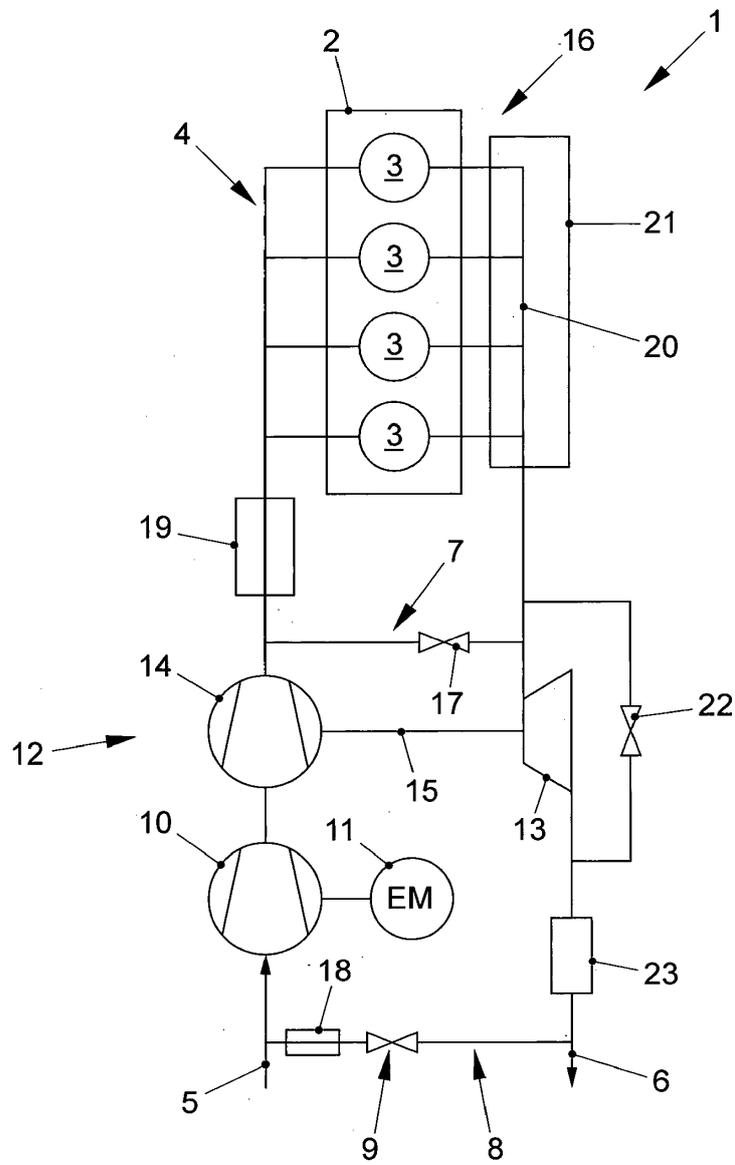


FIG. 1

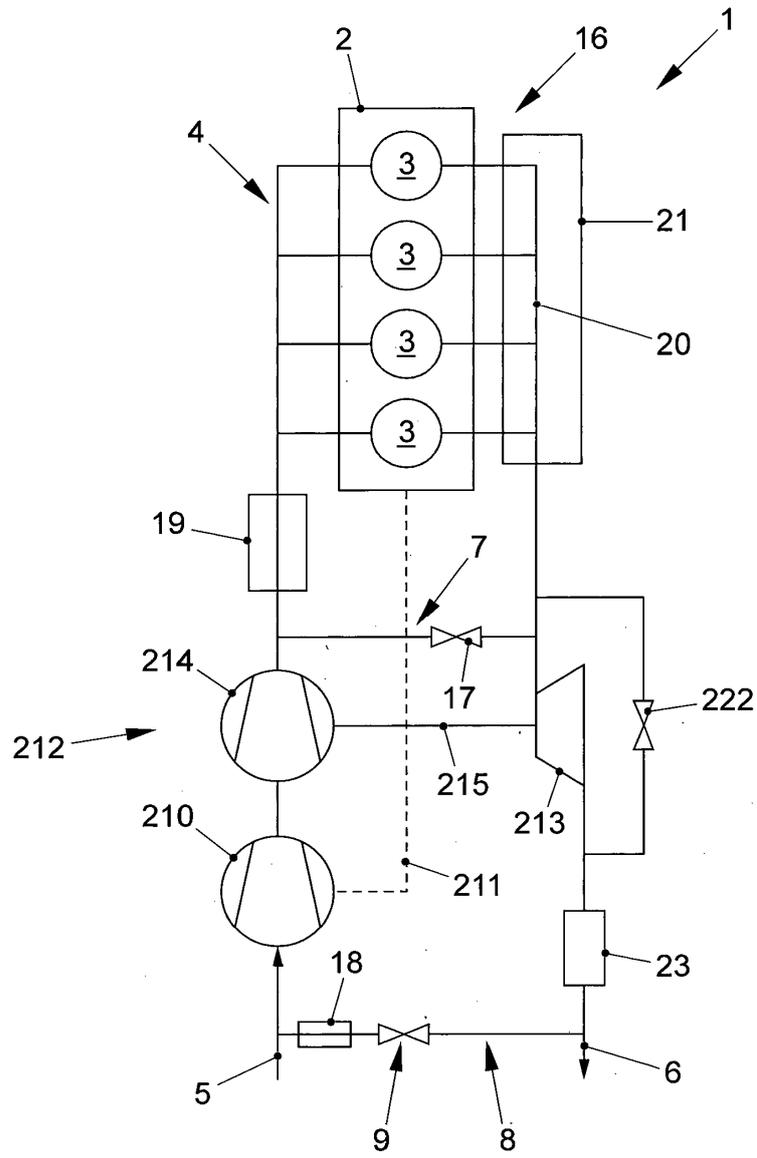


FIG. 2

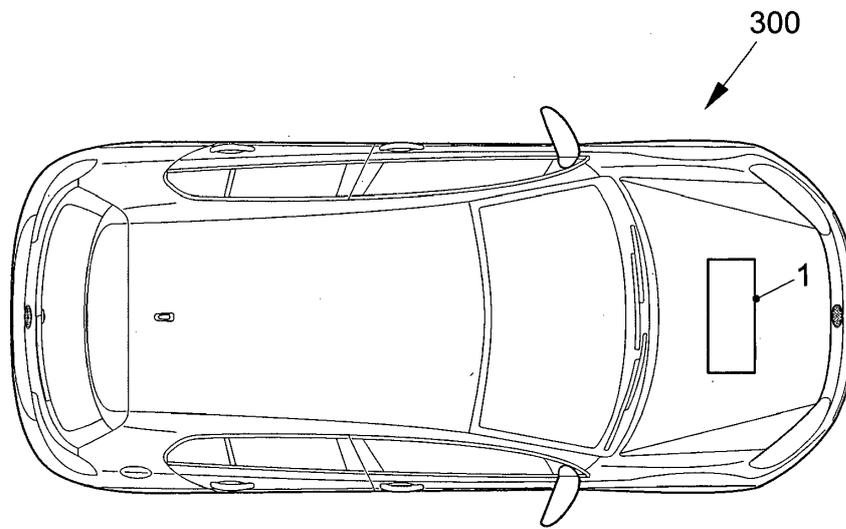


FIG. 3