

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 357**

51 Int. Cl.:

F02D 41/00 (2006.01)

F02D 19/02 (2006.01)

F02D 19/06 (2006.01)

F02D 41/14 (2006.01)

F02B 37/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.01.2014 PCT/EP2014/000140**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2014 WO14154312**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2014 E 14701144 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 2978957**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para hacer funcionar un motor de combustión interna**

30 Prioridad:

28.03.2013 DE 102013205725

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

11.02.2021

73 Titular/es:

**MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH (100.0%)
Maybachplatz 1
88045 Friedrichshafen , DE**

72 Inventor/es:

**FLOHR, ANDREAS;
GELLER, ANDREAS y
BERNHARD, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 805 357 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 y dispositivo para hacer funcionar un motor de combustión interna

5 La invención se refiere, según el preámbulo de la reivindicación 1, a un procedimiento para hacer funcionar un motor de combustión interna, en particular un motor de combustión interna de gas, con un trayecto de aspiración y un motor con un número de cilindros. La invención se refiere también a una regulación para el motor de combustión interna según el preámbulo de la reivindicación 14 y a un motor de combustión interna según el preámbulo de la reivindicación 16. El motor de combustión interna presenta en el trayecto de aspiración una carga y una derivación para sortear la carga.

10 Se sabe que generalmente se utilizan elementos estranguladores para la regulación de la carga en motores de combustión interna. Los motores de combustión interna se someten cada vez más a modos de funcionamiento transitorios, es decir, de forma más general, no estacionarios, incluso en aplicaciones no móviles, por lo que la regulación de la carga es cada vez más importante.

15 Se ha demostrado que esto es comparativamente complejo, particularmente en el caso de motores de combustión interna de gas. Los campos de aplicación de los motores de combustión interna de gas son aplicaciones móviles, tales como en el sector del transporte marítimo o en el sector de vehículos comerciales y pesados, así como también aplicaciones estacionarias, tales como en las centrales eléctricas formadas por varios bloques, que están diseñadas de forma particularmente ventajosa para un suministro de gas variable.

20 El documento US 6.131.552 divulga en general un sistema de control de combustible que puede regular el suministro de gas a una cámara de mezcla en función de un estado operativo medido del motor. Se ha demostrado que el procedimiento de control del documento US 6.131.552 A u otras dosificaciones de gas que solo dependen de la carga son insuficientes incluso en sistemas de regulación complejos.

25 Un gasto de aire generalmente es una medida de la carga gaseosa nueva de un aire de carga en una mezcla de carga que se alimenta a un motor de combustión interna, permitiendo el gasto de aire también obtener información sobre la calidad del sistema de aspiración y del proceso de aspiración. El gasto de aire real representa generalmente la proporción de la masa de aire nuevo realmente suministrada al motor, o a un cilindro del mismo, durante un ciclo de trabajo en una mezcla de carga. Esta masa de mezcla real se determina con respecto a la masa de carga nueva teórica a partir del volumen de desplazamiento geométrico y de la densidad de carga teórica en estado ambiental (en el caso de motores de aspiración libre), o en el caso de motores sobrealimentados se tiene en cuenta a este respecto el estado de la carga nueva tras el compresor o tras el radiador de aire de carga.

30 Sobre la carga nueva suministrada a un cilindro influyen una serie de factores, tales como, por ejemplo, los tiempos de control de válvulas o la sección transversal de abertura de las válvulas. Básicamente, esto se puede determinar a partir de un módulo para determinar la carga del motor, que se basa en un modelo de trayecto de aspiración. De hecho, la carga nueva suministrada al motor en una mezcla de carga solo corresponde, sin embargo, a la teórica en casos excepcionales. El consumo de aire no es un valor constante para un motor, sino que depende en gran medida de la velocidad de giro y las relaciones geométricas existentes de la sección de aspiración y la cámara de combustión; para superar esta dependencia puede considerarse, por ejemplo, un diagrama característico adecuado.

35 Los modelos de trayecto de aspiración, a su vez, se conocen en reguladores de motores, básicamente en motores de combustión interna en general, tales como, por ejemplo, los de los documentos EP 1 398 490 A2 o US 6.273.076B1. Estos tienen en común que, al modelar el trayecto de aspiración, en el caso más sencillo como un recipiente de presión homogéneo, para registrar los procesos dinámicos en la ruta del aire, como una idea básica generalizada, el comportamiento de almacenamiento del trayecto de aspiración (también conocido como tubo de aspiración) se modela por medio del procedimiento de llenado y vaciado. A este respecto, el tubo de aspiración se trata como un recipiente de presión, que se llena continuamente con aire a través de una válvula de estrangulación y desde el cual el motor aspira aire por medio de su comportamiento de aspiración de forma correspondiente al ciclo de trabajo a través de la válvula de entrada.

40 Sin embargo, se ha demostrado que el suministro de combustible a un motor de combustión interna de gas, en particular en el rango de funcionamiento transitorio del motor de combustión interna y en el caso de calidades de combustible variables, es aún mucho más complejo. Además, en los motores de combustión interna de gas, en particular para el diseño de un motor de combustión interna de gas encendido por chispa, se ha demostrado que, en general, una regulación de la carga, en particular la operación en el rango de carga reducida y/o en el rango de carga transitoria, puede ser problemática. Así, en general en motores de combustión interna, pero particularmente en motores de combustión interna de gas, en el caso de desbordamiento de carga y el cierre de las válvulas de estrangulación puede producirse el bombeo del compresor, si el compresor del turbocompresor de gases de escape funciona durante un corto periodo de tiempo fuera de su rango de funcionamiento debido a una rápida reducción en el flujo másico de gas transportado por el mismo. Además, el potencial de conexión adicional de carga de un motor de gas puede ser muy limitado si estaba abierto en funcionamiento estacionario.

- Al mismo tiempo, el trayecto de aspiración entre la salida del compresor y la entrada de la cámara de combustión está constituido por volúmenes parcialmente grandes, que almacenan o liberan masas de mezcla significativas. Esto se aplica en particular si se producen cambios de presión y/o temperatura en los volúmenes parciales individuales cuando hay cambios en la carga y/o la velocidad de giro del motor. Como consecuencia de una formación de masa de mezcla adaptada, pero solo de forma limitada al punto de funcionamiento, que es imprecisa debido en particular a los volúmenes parcialmente grandes, en un motor de combustión interna de gas se pueden esperar altas emisiones de hidrocarburos (emisión de HC) u otras emisiones aumentadas (NOx, CO, partículas, etc.), así como también bajos niveles de eficacia debido al gas de combustión sin quemar.
- Al hacer funcionar motores de gas, la formación de la mezcla habitualmente tiene lugar antes del compresor del turbocompresor de gases de escape; con respecto al motor de gas, el presente problema se refiere no solo a aquellos con formación de mezcla central sino también a aquellos con formación de mezcla específica de cilindro.
- Sería deseable hacer que el funcionamiento de un motor de combustión interna, en particular un funcionamiento de gas de un motor de combustión interna de gas, en particular en el rango transitorio, preferentemente de carga reducida, sea más ventajosa con respecto a los requisitos de carga y también a las condiciones de emisión.
- En este punto se aplica la invención, cuya tarea es especificar un procedimiento y un dispositivo por medio del cual se logre un funcionamiento mejorado de un motor de combustión interna, en particular tal como un motor de combustión interna de gas. En particular, es un objeto de la invención proporcionar una regulación de carga mejorada durante el funcionamiento. En particular, es un objeto de la invención lograr una mejora en el funcionamiento transitorio y/o estacionario. Los saltos de par de un motor deben evitarse preferentemente en el funcionamiento transitorio. Preferentemente, en el marco de un procedimiento operativo mejorado, debe estar previsto un accionamiento mejorado de los estranguladores, en particular un estrangulador de motor y/o un estrangulador de derivación del compresor; en particular, se deben evitar emisiones excesivas incluso en caso de requerimientos de carga cambiantes.
- En particular, deberá ponerse a disposición un motor de combustión interna mejorado, en particular tal como un motor de combustión interna de gas, que opere de forma transitoria y/o estacionaria. En particular, deberá configurarse de forma más ventajosa una capacidad de conexión adicional de carga, preferentemente partiendo de un funcionamiento estacionario. En particular, se debe evitar un bombeo del compresor, preferentemente partiendo de un funcionamiento transitorio. En particular, se debe evitar en gran medida que un turbocompresor tenga que funcionar fuera de su rango de funcionamiento diseñado. El objeto de la invención también es abordar al menos uno de los problemas descritos anteriormente. Al menos se deberá proponer una solución alternativa.
- El objeto relacionado con el procedimiento se logra por medio de la invención con un procedimiento según la reivindicación 1.
- A este respecto se parte de un procedimiento del tipo mencionado al comienzo para hacer funcionar un motor de combustión interna con
- el trayecto de aspiración y un motor con un número de cilindros y un receptor dispuesto aguas arriba de los cilindros, en el que
- el trayecto de aspiración presenta:
- una carga con un compresor y una derivación para sortear la carga, y en el que
 - un estrangulador de motor está asociado al receptor y un estrangulador de derivación del compresor está asociado a la derivación.
- En el procedimiento, una posición del estrangulador de motor y/o del estrangulador de derivación del compresor se ajusta en función del funcionamiento para influir en un fluido de carga.
- La invención prevé que al menos un flujo másico y/o un estado del fluido de carga antes del motor se determine asignando un modelo de trayecto de aspiración al tramo de aspiración, por medio del cual se determina al menos un flujo másico y/o un estado del fluido de carga antes del motor.
- La invención prevé que, sobre la base de un resultado de determinación, el estrangulador de derivación del compresor se ajuste en función del estrangulador de motor según la invención.
- Con respecto a una aplicación en un motor de combustión interna de gas, se influye sobre una parte de mezcla de una mezcla de gas-aire correspondientemente ajustando en función del funcionamiento el estrangulador de motor y/o el estrangulador de derivación del compresor. Según otro perfeccionamiento, con respecto al primer aspecto del procedimiento al trayecto de aspiración está asociado un modelo de trayecto de aspiración, por medio del cual

se determina al menos un flujo másico de mezcla y/o un estado de mezcla de la parte de mezcla. Según la invención, en el procedimiento, sobre la base de un resultado de determinación, se ajusta el estrangulador de derivación del compresor en función del estrangulador de motor.

- 5 La implementación del primer y/o segundo aspecto preferentemente tiene lugar en el marco de una dependencia del control y/o de la regulación.

10 Un modelo de trayecto de aspiración prevé ventajosamente la simulación de un trayecto de aspiración en el marco de una regulación del motor de combustión interna, en particular un motor de combustión interna de gas. De hecho, los modelos de trayecto de aspiración en reguladores de motor son básicamente conocidos. Sin embargo, el perfeccionamiento a este respecto se basa en la consideración de que, especialmente para el uso del motor de gas, en particular con la formación de la mezcla antes de un compresor y/o una regulación de válvula de estrangulación en una derivación del compresor y/o en un trayecto de alimentación del motor, el modelado habitual mencionado al comienzo ya es deficiente desde el principio. En particular, se muestra que un flujo másico de gas requerido, tal como se determina para un funcionamiento estacionario directamente a partir del flujo másico de mezcla, y que se determina únicamente a partir de un gasto de aire en el motor, es deficiente.

15 El perfeccionamiento tiene en cuenta, en este sentido, para el primer aspecto de la invención, opcionalmente por primera vez la consideración de que un trayecto entre la ubicación de una aspiración del fluido de carga y la ubicación de una entrada en la cámara de combustión puede ser comparativamente largo y, por lo tanto, comprende de por sí un volumen comparativamente grande que, de forma poco realista, puede describirse en un estado estacionario. Especialmente en el caso de un motor de gas, se ha demostrado que es adecuado un trayecto entre la ubicación de la formación de la mezcla, por ejemplo, antes del compresor del turbocompresor de gases de escape, y la ubicación de una entrada a la cámara de combustión comparativamente largo y, por lo tanto, comprende de por sí un volumen comparativamente grande que puede describirse de forma poco realista en un estado estacionario. Los volúmenes parcialmente grandes pueden almacenar o suministrar masas de mezcla significativas si se producen cambios de presión y/o temperatura en los volúmenes parciales individuales cuando hay cambios en la carga y/o la velocidad de giro del motor.

20 En el primer aspecto opcional, se ha detectado que el flujo másico y/o el estado del fluido de carga o, especialmente en el caso de un motor de gas el flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla en la salida del mezclador de gases, se desacopla temporalmente del de la entrada de la cámara de combustión. Hasta la fecha, esta circunstancia no se ha tenido suficientemente en cuenta en modelos de trayecto de aspiración, ya sea para un motor de gas u otro motor de combustión interna. En particular, las consideraciones estacionarias habituales de un motor de gas, en las que solo se tiene en cuenta la presión de la mezcla antes de un cilindro, por lo tanto, no son favorables, como se reconoce mediante el primer aspecto opcional de la invención, para garantizar el cumplimiento con las proporciones definidas del aire de combustión.

25 El concepto de la invención prevé, dicho de forma breve, que después en el primer aspecto se determine al menos un flujo másico y/o estado del fluido de carga, en particular al menos un flujo másico de mezcla y/o estado de mezcla de la parte de mezcla, antes al motor, preferentemente sobre la base de un modelo de trayecto de aspiración; según la invención en el segundo aspecto, en particular sobre la base de un resultado de determinación, el estrangulador de derivación del compresor (VDBK) se ajusta en función del estrangulador de motor (DK). Adicionalmente o como alternativa a una posición de un estrangulador, se determina en particular una sección transversal de abertura del mismo. A este respecto, debe tenerse en cuenta que esto se aplica en particular a un modo de funcionamiento transitorio del motor de combustión interna. Preferentemente esto se implementa opcionalmente con una primera escala temporal más rápida o una de una segunda escala temporal más lenta, en particular para el modo de funcionamiento transitorio. Para un modo de funcionamiento estacionario, el accionamiento del estrangulador de derivación del compresor transitorio puede ser irrelevante dado que este está inactivo. Por lo tanto, la selección de un accionamiento del estrangulador de derivación del compresor en función del estrangulador de motor está supeditada a un valor de validez que indica que el estrangulador de derivación del compresor y/o el estrangulador de motor están abiertos.

30 En general, la invención tiene la ventaja de que, en particular en el caso de un modo de funcionamiento transitorio, se puede seleccionar una posición del estrangulador de derivación del compresor (VDBK) en función del estrangulador de motor (DK) de tal manera que se descargue el turbocompresor. Esto también tiene la ventaja de que, en particular en el caso de un modo de funcionamiento que parte de un modo de funcionamiento estacionario, se puede seleccionar una posición del estrangulador de derivación del compresor (VDBK) dependiendo del estrangulador de motor (DK) de tal forma que el turbocompresor pueda generar ya un mejor potencial de conexión adicional de carga en un modo de funcionamiento estacionario o partiendo del mismo.

35 Básicamente, el concepto de la invención se extiende en general, tal como se reivindica, a cualquier tipo de motor de combustión interna sobrealimentado con un motor de combustión, que posea un primer y un segundo elemento de estrangulación, en particular válvulas de estrangulación, que se utilizan para regular la carga. El estrangulador de motor está diseñado en particular como una primera válvula de estrangulación. El estrangulador de derivación del compresor está diseñado, en particular, como una segunda válvula de estrangulación.

5 No obstante, el concepto ha demostrado ser particularmente útil para su uso en un motor de combustión interna de gas; en particular porque este también deberá tener en cuenta la formación de la mezcla, de forma central o específica del cilindro. En particular, puede utilizarse de forma más ventajosa el concepto para motores de combustión interna de gas con formación central de mezcla antes de un compresor, es decir, preferentemente con un mezclador de gases, y/o con una formación de mezcla específica de cilindro, es decir, antes de un cilindro. En particular, este puede referirse a motores de combustión interna de gas encendidos por chispa. Básicamente, el concepto de la invención también es adecuado para motores de combustión interna con inyección piloto, es decir, en particular motores de combustión interna de diésel-gas u otros motores de combustión interna de combustible dual, siendo también este el caso con formación de mezcla central y también específica del cilindro.

15 En este sentido, no se requiere ni un mezclador de gases ni un sistema de inyección para combustible líquido en un motor de combustión interna para implementar el concepto de la invención; pero pueden estar previstos en un perfeccionamiento preferido.

20 Como resultado, el concepto de la invención proporciona por vez primera un accionamiento autónomo y optimizado temporalmente de un sistema de estrangulación con tiempos de reacción apropiados dependiendo del estado operativo de un motor de combustión interna de gas, ya que sobre la base de un resultado de determinación de un flujo másico y/o de un estado de fluido de carga antes del motor se ajusta el estrangulador de derivación del compresor (VDBK), en particular una sección transversal de abertura del mismo, en función del estrangulador de motor (DK), en particular una sección transversal de abertura del mismo. En particular, esto se refiere al accionamiento del estrangulador de derivación del compresor, en particular la válvula de derivación del compresor, en función del estrangulador de motor, en particular la válvula de estrangulación del motor.

25 El accionamiento no requiere datos de diagramas características complejos ni sensores adicionales. Un flujo másico de mezcla a través de un estrangulador, en particular una válvula, se puede determinar espacialmente en función del modelo y se puede implementar de forma diferencial temporal o de forma transitoria en pasos temporales finitos con una determinada velocidad de paso y se puede adaptar a un diseño del motor de combustión interna según sea necesario. Con ello puede ponerse a disposición un sensor virtual de válvula o de estrangulador, por ejemplo, en el caso de una válvula VBP o una válvula del motor.

30 El objeto concerniente al dispositivo se alcanza con la invención mediante un dispositivo de regulación para un motor de combustión interna según la reivindicación 14.

35 El concepto de la invención conduce al logro del objeto con respecto al dispositivo también en un motor de combustión interna según la reivindicación 16.

40 En particular, se ha demostrado que es ventajoso proporcionar al motor de combustión interna, en particular al motor de combustión interna de gas, una carga en el sistema de aspiración, en particular una carga que comprende un intercambiador de calor de carga. Dependiendo de las dimensiones del motor de combustión interna o del motor de combustión interna de gas, en particular sobre la base de un motor grande, se puede proporcionar una carga en una o dos etapas, preferentemente con recirculación de gases de escape. En particular, se proporciona un trayecto de derivación al trayecto de aspiración del sistema de aspiración para sortear la carga. Se ha demostrado que es ventajoso proporcionar actuadores correspondientes para influir en la presión de carga, tales como, por ejemplo, placas, válvulas, estranguladores, en particular una válvula de estrangulación antes del volumen del receptor y/o antes de una válvula de derivación del compresor en el trayecto de derivación. En cada caso de conformidad con la presión de carga NOMINAL y/o REAL del trayecto de aspiración, se realiza una estrangulación del motor.

45 En particular, un motor de combustión interna puede presentar un sistema de aspiración con un trayecto de aspiración, preferentemente con un mezclador de gases o una mezcla de gas específica para el cilindro, y el motor con un número de cilindros. En una modificación, también puede estar previsto un sistema de inyección, que está ventajosamente diseñado como un sistema de inyección de riel común. Además, se ha demostrado que es ventajoso disponer un volumen del receptor previamente al número de cilindros aguas arriba de los cilindros, en particular en el modelo de trayecto de aspiración, que puede realizarse, por ejemplo, en forma de un colector o un trayecto de mezcla o similar o describe un colector o un trayecto de mezcla en el modelo de trayecto de aspiración.

50 Como se puede observar en particular en la simulación del proceso cíclico y ensayos en motores de gas, la invención mejora la estabilidad de las proporciones del aire de combustión, especialmente en el caso de un funcionamiento transitorio del motor (conexión/desconexión adicional de carga), por lo que, por una parte, se pueden representar saltos de carga más grandes y, por otra parte, se posibilita una adaptación más fácil del funcionamiento de conmutación de carga, también en banco de pruebas.

55 Estos y otros perfeccionamientos ventajosos de la invención se pueden encontrar en las reivindicaciones dependientes y especifican, en particular, posibilidades ventajosas para realizar el concepto de la invención en el marco de los perfeccionamientos y con la especificación de ventajas adicionales. Las reivindicaciones

dependientes se refieren en gran medida a un motor de combustión interna de gas y, en este sentido, especifican un flujo másico del fluido de carga antes del motor como un flujo másico de mezcla de una mezcla de gas-aire antes del motor y el estado del fluido de carga antes del motor como un estado de mezcla de una mezcla de gas-aire antes del motor. No obstante, debe entenderse que el concepto de las reivindicaciones dependientes no se limita a un motor de combustión interna de gas, sino que, en principio, puede ampliarse a un motor de combustión interna sobrealimentado general sobre la base de la reivindicación 1; a este respecto, la descripción siguiente con respecto a un estado de mezcla de una mezcla de gas-aire puede entenderse que en general se refiere a un estado del fluido de carga y con respecto a un flujo másico de mezcla a un flujo másico de un fluido de carga. Por un fluido de carga debe entenderse en este sentido preferentemente aire de carga o una mezcla de aire de carga/gas de escape, en particular en el caso de un motor de combustión interna general sobrealimentado, o un aire de carga en el caso de una formación de mezcla de gas específica de cilindro en el caso de un motor de combustión interna de gas. Por una mezcla de gas y aire debe entenderse, en particular, una mezcla de gas de combustión-aire en el caso de un motor de combustión interna de gas con formación de mezcla central, en particular en un mezclador de gases, pero no se limita a la misma.

En un perfeccionamiento particularmente preferido concerniente al primer aspecto, está previsto además lo siguiente:

- una división del trayecto de aspiración, es decir, entre el mezclador de gases y el motor, en varios, en particular al menos dos volúmenes, preferentemente exactamente dos volúmenes grandes, uno de los cuales es el volumen del receptor, y/o
- el uso del procedimiento de llenado y vaciado y/o el uso de información de presión y temperatura de los puntos de medición ya existentes. Para el modelo de trayecto de aspiración puede utilizarse el procedimiento de llenado y vaciado, en particular utilizando información de presión y temperatura de los puntos de medición ya existentes. En el marco del primer aspecto, puede tenerse en cuenta de forma particularmente ventajosa el flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla de la parte de mezcla en el volumen del receptor.

Un perfeccionamiento en el segundo aspecto se basa en la consideración de que en los motores de combustión interna en general y los motores de gas en particular que se hacen funcionar por un motor Otto el uso regulado mejorado de las válvulas de estrangulación para la regulación de la carga es de mayor importancia, por ejemplo, en el marco de la regulación de la cantidad. En consecuencia, en el segundo aspecto, el control de la válvula de estrangulación basada en el modelo está garantizado por primera vez, es decir, se garantiza el ajuste del estrangulador de derivación del compresor (VDBK) en función del estrangulador de motor (DK), en particular el control basado en el modelo de trayecto de aspiración de una válvula de estrangulación del motor y/o de la válvula de derivación del compresor.

Esto se puede implementar preferentemente en el marco de una determinación simultánea en tiempo real. Por medio del concepto del segundo aspecto, está previsto un accionamiento basado en el modelo de trayecto de aspiración del estrangulador de derivación del compresor (VDBP) y/o de la válvula del estrangulador de motor (DK) para cambios de carga transitorios. En particular, el concepto sirve para lograr cambios diferenciales en el flujo másico de mezcla determinado de forma basada en el modelo, para un accionamiento de la derivación del compresor, a través de al menos una válvula de estrangulación, preferentemente a través de la válvula de estrangulación del motor (DK) y/o la válvula de derivación del compresor (VBP).

En el marco de un perfeccionamiento particularmente preferido, un tercer aspecto prevé además determinar el flujo másico y/o el estado del fluido de carga, especialmente en el caso de un motor de gas el flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla de la parte de mezcla, en una primera escala temporal más lenta y/o una segunda escala temporal más rápida, y el estrangulador de derivación del compresor (VDBK) se ajusta en función del estrangulador de motor (DK), opcionalmente sobre la base de una de las escalas temporales. Un modo operativo de un funcionamiento estacionario o transitorio se selecciona preferentemente formando al menos un valor diferencial a través del estrangulador de motor (DK) relacionado con el flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla de la parte de mezcla. Por ejemplo, mediante un valor diferencial de una diferencia de flujo másico y/o una diferencia de presión u otro estado de mezcla puede identificarse uno de los modos de funcionamiento de un funcionamiento estacionario o transitorio a través del estrangulador de motor (DK).

El perfeccionamiento se basa en la consideración de que el funcionamiento transitorio ventajoso de un motor de combustión interna de gas deberá realizarse teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, una presión de carga en el trayecto de aspiración, en particular una estrangulación del aire de carga, en la válvula de estrangulación del motor y/o en la válvula de derivación del compresor. Esto puede ser particularmente ventajoso cuando se conmuta entre el funcionamiento con gas y el funcionamiento con diésel. En ambos casos, deben tenerse en cuenta las características especiales de un motor de gas.

Así, incluso en procesos altamente dinámicos, un turbocompresor también puede descargarse. Por ejemplo, se puede evitar un bombeo del compresor o un modo de funcionamiento general de un turbocompresor fuera de su

5 rango de funcionamiento definido. En un modo de funcionamiento estacionario, la dependencia se puede utilizar para mejorar un potencial de conexión adicional de carga. En el tercer aspecto, el perfeccionamiento proporciona una base para el hecho de que, dependiendo del modo de funcionamiento del motor de combustión interna, se puede seleccionar una regulación, cuya escala temporal se adapta a la dinámica. Así, por ejemplo, en una forma de realización particularmente preferida, se puede realizar un accionamiento de la válvula de derivación del compresor utilizando una señal rápida, menos precisa, para el flujo másico a través de válvulas de estrangulación sobre la base de una ecuación de flujo y una señal lenta más precisa del modelo de trayecto de aspiración.

10 En particular, se ha demostrado que es ventajoso que el flujo másico y/o el estado del fluido de carga, en particular el flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla de la parte de mezcla, se determine en una primera escala temporal más lenta y en una segunda escala temporal más rápida simultáneamente en tiempo real, es decir, en tiempo real para el desarrollo operativo real. Se puede disponer de los datos correspondientes al estado operativo para el flujo másico y/o el estado del fluido de carga, en particular el flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla de la parte de mezcla de forma actualizada. Se proporciona ventajosamente un sensor virtual, que suministra valores en tiempo real para el flujo másico y/o el estado del fluido de carga, en particular el flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla de la parte de mezcla.

15 Adicionalmente o como alternativa, se ha demostrado que es ventajoso que el flujo másico y/o el estado del fluido de carga, en particular el flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla de la parte de mezcla, se determinen en paralelo entre sí en una primera escala temporal más lenta y en una segunda escala temporal más rápida. Esto proporciona opciones preferidas para comparar estados operativos virtualmente determinados; con este perfeccionamiento se puede obtener una base seleccionable sobre cuya base se pueda efectuar la regulación.

20 En particular, la regulación puede efectuarse sobre una primera base de datos cuando se desarrolla en la escala temporal más lenta o sobre una segunda base de datos cuando se desarrolla en la escala temporal más rápida. La primera posibilidad puede ofrecer ventajas con respecto a la precisión. La segunda posibilidad puede ofrecer ventajas con respecto a un tiempo de reacción de la regulación con respecto a las condiciones de funcionamiento que cambian transitoriamente.

25 Ventajosamente, para ajustar el estrangulador de motor de forma directriz, es decir, en una primera etapa de regulación y/o control, se determina un flujo másico, en particular un flujo másico de mezcla, a través del estrangulador de motor (DK); esto opcionalmente en una primera o en una segunda escala temporal o en paralelo en ambas escalas temporales, en particular de tal forma que los valores de comparación de cada una de las escalas temporales estén disponibles de manera asignable y/o puedan compararse. Adicionalmente o como alternativa, puede considerarse un estado, en particular un estado de mezcla, en el receptor, de forma directora, es decir, en una primera etapa de regulación y/o control, en una primera y/o una segunda escala temporal, en particular de tal manera que los valores de comparación estén disponibles y/o se comparen. Con ello se puede inferir en una escala temporal ventajosa una regulación o se pueden comparar coeficientes de una etapa de regulación y/o control rápida y lenta. Preferentemente, en caso de un funcionamiento estacionario del motor de combustión interna, los resultados de cálculo relacionados con una primera escala temporal más lenta concerniente al funcionamiento estacionario y los resultados de cálculo relacionados con una segunda escala temporal más rápida concerniente al funcionamiento transitorio pueden relacionarse entre sí. Por ejemplo, los resultados de una comparación se pueden utilizar para escalar coeficientes de una ecuación de flujo en función del tiempo. Esto conduce a una función de aprendizaje que se produce automáticamente durante el funcionamiento del motor de combustión interna y que puede utilizarse para lograr una mejor adaptación operativa de coeficientes de las unidades de regulación individuales.

30 Por ejemplo, basándose en un resultado de determinación para un funcionamiento estacionario se puede realizar el ajuste del estrangulador de derivación del compresor (VDBK), en particular una sección transversal de abertura del mismo, en función del estrangulador de motor (DK), en particular una posición del mismo y/o una sección transversal de abertura del mismo, por medio de una primera escala temporal más lenta y/o basándose en un resultado de determinación para un funcionamiento transitorio el ajuste del estrangulador de derivación del compresor (VDBK) en función del estrangulador de motor (DK) por medio de una segunda escala temporal más rápida.

35 El ajuste del estrangulador de derivación del compresor (VDBK) se puede realizar en función del estrangulador de motor (DK) simultáneamente para el primer caso de una primera escala temporal más lenta y el segundo caso de una segunda escala temporal más rápida. En particular, en el marco de un perfeccionamiento particularmente preferido, puede estar previsto un accionamiento del estrangulador de derivación del compresor utilizando una señal rápida, dado el caso, más imprecisa, para el flujo másico a través de válvulas de estrangulación sobre la base de una ecuación de flujo y una señal lenta, dado el caso más precisa, a partir del modelo de trayecto de aspiración.

40 En particular, puede estar prevista una comparación de la señal rápida, dado el caso, más imprecisa, con la señal lenta, dado el caso más precisa, en funcionamiento estacionario ("función de autoaprendizaje").

5 Puede realizarse el ajuste del estrangulador de derivación del compresor (VDBK) en función del estrangulador de motor (DK) simultáneamente para el primer caso de una primera escala temporal más lenta y el segundo caso de una segunda escala temporal más rápida. En particular, en el marco de un perfeccionamiento particularmente preferido, puede estar previsto un accionamiento del estrangulador de derivación del compresor utilizando una señal rápida, dado el caso, más imprecisa, para el flujo másico a través de válvulas de estrangulación sobre la base de una ecuación de flujo y una señal lenta, dado el caso más precisa, a partir del modelo de trayecto de aspiración.

10 De forma particularmente preferida, puede realizarse el ajuste del estrangulador de derivación del compresor (VDBK) en función del estrangulador de motor (DK) determinando un flujo másico de mezcla cuasiestacionario para al menos el volumen del receptor, en particular además del intercambiador de calor de carga, preferentemente por medio del procedimiento de llenado-vaciado. En particular, esto se puede realizar en una primera escala temporal más lenta.

15 De forma particularmente preferida, puede realizarse el ajuste del estrangulador de derivación del compresor (VDBK) en función del estrangulador de motor (DK) determinando un flujo másico de mezcla transitorio para el estrangulador de motor (DK), en particular por medio de al menos una ecuación de flujo en función del tiempo. En particular, esto se puede realizar en una segunda escala temporal más rápida. En particular, en el primer caso, el ajuste del estrangulador de derivación del compresor (VDBK) también se realiza en una escala temporal rápida, preferentemente como variante estándar para condiciones de funcionamiento transitorias, y en el segundo caso, el ajuste del estrangulador de derivación del compresor (VDBK) se realiza en una escala temporal lenta, preferentemente para condiciones de funcionamiento transitorias, en las que la escala temporal rápida no se puede utilizar por razones numéricas. En el marco de este perfeccionamiento particularmente preferido, ambas variantes del accionamiento de derivación del compresor (escala temporal rápida y lenta) solo están pensadas para condiciones de funcionamiento transitorias. La escala temporal rápida es preferentemente la variante estándar, que solo se utiliza en casos en los que los cálculos subyacentes no son válidos o son inadecuados por razones numéricas. En estos casos, la escala temporal más lenta se utiliza como variante sustitutiva.

30 Así, en el marco de un primer problema parcial, por ejemplo, se identificó que, particularmente en caso de motores de gas, en el caso de desbordamientos de la carga y, en consecuencia, cuando las válvulas de estrangulación están cerradas, puede producirse un bombeo del compresor; este es particularmente el caso si el compresor del turbocompresor de gases de escape se debe hacer funcionar fuera de su rango de funcionamiento durante un corto periodo de tiempo mediante una reducción rápida del flujo másico de gas que transporta. El perfeccionamiento ha reconocido que al abrir una válvula de derivación del compresor (válvula VBP), que deberá utilizarse para controlar el flujo másico de derivación del compresor, se puede evitar un bombeo del compresor. En particular, un funcionamiento transitorio puede comprender: un desbordamiento de la carga, una conexión adicional de carga, un cambio de combustible. Para estos y otros casos puede estar previsto, por ejemplo, un cierre del estrangulador de motor DK y una apertura prácticamente simultánea del estrangulador de derivación del compresor; en particular con una reacción de regulación rápida posible en el marco del concepto puede evitarse, de esta forma, el bombeo del compresor en caso de desbordamiento de la carga.

45 Además, en el marco de una solución a un segundo problema parcial, se puede proporcionar la mejora del potencial de conexión adicional de carga de un motor de gas mediante el cierre de la válvula VBP; especialmente cuando esta estaba abierta en funcionamiento estacionario. Por ejemplo, puede utilizarse también un cierre del estrangulador de derivación del compresor durante el funcionamiento estacionario y una apertura posterior del mismo para aumentar el potencial de conexión adicional de carga.

50 En la implementación, un modo operativo de un funcionamiento estacionario o transitorio se puede identificar preferentemente calculándose al menos un valor diferencial a través de un estrangulador, en particular el estrangulador de motor (DK), concerniente al flujo másico de mezcla y/o al estado de mezcla de la parte de mezcla. En particular, se puede formar una diferencia de flujo másico y/o de presión para este propósito y uno de los modos de funcionamiento se puede identificar por medio del valor de la diferencia. Esto utiliza aproximadamente una regulación de valor umbral que puede llevarse a cabo de forma particularmente eficaz en el tiempo.

55 Por ejemplo, se puede identificar un modo operativo de funcionamiento transitorio cuando un valor diferencial a través de un estrangulador, en particular a través del estrangulador de motor (DK) concerniente al flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla de la parte de mezcla, es superior a un valor límite (GW) y/o presenta un cambio de signo. Esta es información que puede utilizarse en el marco de una regulación de accionamiento con accionamiento VBP transitorio.

60 Inversamente, se puede identificar un modo operativo de funcionamiento de estado estacionario si un valor diferencial a través de un estrangulador, en particular a través del estrangulador de motor (DK) concerniente al flujo másico de mezcla y/o al estado de mezcla de la parte de mezcla es inferior a un valor límite (GW) y/o no presenta cambio de signo.

65 Para controlar una variable de ajuste de un estrangulador, también ha demostrado ser ventajoso asociar a un

primer y segundo estrangulador, en particular el estrangulador de motor (DK), un primer diagrama característico del estrangulador y/o al estrangulador de derivación del compresor (VDPK) un segundo diagrama característico del estrangulador. En el marco de un perfeccionamiento particularmente preferido, el uso de un diagrama característico del estrangulador es útil para lograr un cambio en el flujo másico a lo largo del tiempo en función de una relación de presión del trayecto VBP o la posición de la válvula VBP ($dm/dt = f(\text{relación de presión a lo largo del trayecto VBP, posición de la válvula VBP})$). Para el trayecto de derivación del compresor está prevista la determinación del ángulo de apertura de la válvula VBP NOMINAL. En particular, un diagrama característico del estrangulador puede indicar un flujo másico cuasiestacionario.

Un diagrama característico del estrangulador presenta ventajosamente una primera dependencia de una presión antes y/o después del estrangulador. Adicionalmente o como alternativa, un diagrama característico del estrangulador en una segunda dependencia puede indicar una posición del estrangulador. El primer y/o el segundo diagrama característico del estrangulador tienen, en particular, un flujo másico cuasiestacionario en una primera dependencia de una presión antes y/o después del estrangulador, y/o en una segunda dependencia de una posición del estrangulador.

Además, el uso de un sensor de gas virtual facilita el cumplimiento de las normas de emisión actuales y futuras. En particular, el cálculo en tiempo real de los flujos másicos de mezcla se puede realizar en varios puntos del trayecto de aspiración del regulador del motor. Esto también se puede utilizar preferentemente para lograr una mezcla de esos mezcladores de gases a través de la unidad de medición de gas existente, lo que conduce a la masa de mezcla virtualmente determinada en la relación de aire de combustión deseada.

En particular, el modelo del trayecto de aspiración puede indicar al menos un flujo másico y/o estado del fluido de carga, en particular al menos un flujo másico de mezcla y/o estado de mezcla de la parte de mezcla, en el volumen del receptor y al menos un gran volumen adicional del trayecto de aspiración, en particular teniendo en cuenta al menos un gran volumen adicional de uno o varios intercambiadores de calor de carga y/o del trayecto de derivación y/o del o de los compresores.

En el marco de una variante de construcción particularmente preferida, se puede formar, por medio de una parte de mezcla de salida de la mezcla de gas-aire asociada a al menos un estado de mezcla posterior, una parte de mezcla de entrada de la mezcla de gas-aire asociada a un estado de mezcla anterior. A este respecto, se ha demostrado que es ventajoso que la parte de mezcla de entrada en el estado de mezcla anterior se determine en una regulación a través de la parte de mezcla de salida en el estado de mezcla posterior, y la determinación se realiza mediante el modelo de trayecto de aspiración que sirve como base de un modelo de cálculo para el trayecto de aspiración. En particular, se puede determinar la parte de mezcla de salida en una alimentación del motor y la parte de mezcla de entrada en el mezclador de gases, en particular en el marco de una determinación simultánea en tiempo real. Esto puede observarse como una indicación de un sensor virtual de masa de mezcla entre la entrada del cilindro y la salida del mezclador de gases.

En un motor de gas, el funcionamiento con gas es preferentemente un funcionamiento con gas de encendido por chispa; esta ha demostrado ser particularmente eficaz y adecuada para muchas aplicaciones. En principio, sin embargo, otro principio de encendido también puede ser adecuado, tal como, por ejemplo, un sistema de encendido para diésel u otro encendido para combustible líquido. En particular, el funcionamiento con gas también puede ser alternativamente un funcionamiento de inyección piloto con formación de mezcla externa de una mezcla de gas-aire y utilizando una inyección piloto de diésel u otra inyección piloto de combustible líquido.

En general, incluso si no se describe en primer plano, existe la posibilidad, no menos importante debido a la calidad de combustible comparativamente constante, de hacer funcionar el motor de combustión interna de gas con gas o con combustible líquido tal como diésel o gas licuado. En particular, una mezcla de combustible que comprende una mezcla de carga y/o un combustible líquido se puede suministrar al motor en funcionamiento. A este respecto, el motor puede hacer funcionar en un primer estado operativo en funcionamiento de diésel, con diésel u otro combustible líquido, y en un segundo estado operativo en funcionamiento de gas, con gas como combustible en la mezcla de carga. Este tipo de motor de combustión interna de gas también se conoce como motor de combustión interna multicomcombustible (motor de combustión interna de combustible dual) y, además de la opción preferida de combustible de diésel y gas, también se puede hacer funcionar con una amplia variedad de otros combustibles. En particular, alternativamente en funcionamiento con gas, el motor de combustión interna de gas puede hacerse funcionar en modo de inyección piloto con formación de mezcla externa de una mezcla de gas-aire y una inyección piloto de diésel. Por lo tanto, los motores del motor de combustión interna de gas también se denominan motores de inyección piloto y se construyen regularmente sobre la base de un diseño de motor diésel y se encuentran entre las tecnologías más modernas, especialmente en el sector de posibilidades de aplicación ecológicas de motores grandes. Un motor de inyección piloto también puede funcionar con combustible líquido tal como diésel u otro combustible líquido tal como gas natural licuado (GNL) o también gas de petróleo licuado (LPG); en la mayor parte de los casos, un motor de combustión interna de gas puede presentar un motor de gas-diésel para la formación de un motor de combustión interna de gas-diésel.

En particular, un motor de combustión interna de gas presenta un sistema de inyección que preferentemente puede

regularse electrónicamente. En particular, un motor de combustión interna puede presentar además un sistema de inyección, que está ventajosamente diseñado como un sistema de inyección de riel común. En particular, un sistema de inyección puede regularse para diferentes calidades de gas, tales como biogás o gas de petróleo, en forma líquida o también de forma adecuada para el uso de aceites tales como aceites vegetales o similares como combustible líquido. A este respecto, los sistemas de inyección de riel común en particular, pero dado el caso también los sistemas de inyector unitario con regulación electrónica, han demostrado ser adecuados. El medio de encendido, en funcionamiento con gas, se puede añadir al combustible gaseoso real de la mezcla de carga en el cilindro con alta compresión o también se puede añadir al canal de aspiración. Los motores de gas que operan en funcionamiento con gas, en particular el funcionamiento con gas de encendido por chispa o el funcionamiento de inyección piloto, con formación de mezcla externa, son más flexibles en su uso de combustible e incluso presentan menores emisiones.

Ahora, a continuación, se describirán ejemplos de formas de realización de la invención haciendo referencia al dibujo con respecto a un motor de gas. No es necesario que este represente los ejemplos de formas de realización a escala, sino que el dibujo, cuando sea útil para la explicación, se lleva a cabo en forma esquemática y/o ligeramente distorsionada. Con respecto a los añadidos a las enseñanzas que son directamente evidentes a partir del dibujo, se hace referencia al estado de la técnica relevante. A este respecto, deberá tenerse en cuenta que pueden realizarse diversas modificaciones y cambios con respecto a la forma y al detalle de una forma de realización sin desviarse de la idea general de la invención. Las características de la invención divulgadas en la descripción, en el dibujo y en las reivindicaciones pueden ser esenciales tanto individualmente como en cualquier combinación para el perfeccionamiento de la invención. Además, todas las combinaciones de al menos dos de las características divulgadas en la descripción, el dibujo y/o las reivindicaciones se encuentran dentro del marco de la invención. La idea general de la invención no se limita a la forma exacta o al detalle de la forma de realización preferida mostrada y descrita a continuación, ni se limita a un objeto que estaría restringido en comparación con el objeto reivindicado en las reivindicaciones. Para los intervalos de dimensionamiento especificados, los valores que se encuentran dentro de los límites indicados también se divulgarán como valores límite y pueden utilizarse y reivindicarse según sea necesario. Otras ventajas, características y detalles de la invención se extraen de la descripción siguiente de los ejemplos de formas de realización preferidos y del dibujo; en el que se muestra:

Figura 1: un esquema de un motor de combustión interna de gas con un mezclador de gases y una trayectoria de aspiración con carga mediante un turbocompresor y un intercambiador de calor de carga y un motor con un número de cilindros después del volumen del receptor, pudiendo sortearse la carga mediante un trayecto de derivación; el motor de combustión interna de gas está diseñado para un funcionamiento con gas de encendido por chispa; en una alternativa que se muestra en líneas discontinuas, el motor de combustión interna de gas también puede estar diseñado como un motor de combustión interna de gas-diésel y se puede hacer funcionar en funcionamiento de diésel puro, así como en funcionamiento mixto o en funcionamiento con gas puro (por ejemplo, como funcionamiento de inyección piloto con inyección de una mezcla de encendido en forma de diésel), estando diseñado el sistema de inyección en forma de un sistema de riel común que se muestra en líneas discontinuas;

Figura 2. un primer esquema de cálculo para determinar una composición de la mezcla (derivación del compresor) por medio de un control y/o una regulación, en el que se calcula un flujo másico de gas NOMINAL a partir del flujo másico de mezcla que sale del mezclador de gases, y en el que se tiene en cuenta ventajosamente un flujo de retorno de la mezcla de gas-aire desde el mezclador de gases hacia el lado del aire, es decir, en el que se evita un enriquecimiento adicional por gas de combustión cuando se aspira de nuevo, mediante el almacenamiento de la masa de gas que fluye de retorno;

Figura 3: un segundo esquema de cálculo para determinar una composición de mezcla (radiador de aire de carga de flujo másico) mediante un control y/o una regulación, en el que se calcula un flujo másico de mezcla que fluye a través del compresor al volumen del recipiente entre la salida del compresor, la válvula de estrangulación y la válvula de derivación del compresor;

Figura 4: un tercer esquema de cálculo para determinar una composición de mezcla (llenado de cilindro) por medio de un control y/o una regulación, en el que se calcula un flujo másico de mezcla, que fluye desde los volúmenes del receptor a las cámaras de combustión de los cilindros;

Figura 5: una representación esquemática de una forma de realización preferida de una estructura de regulador para funcionamiento con gas, determinándose una posición para el estrangulador de derivación del compresor, que depende de la posición de un estrangulador de motor, y en el que se establece una especificación de ajuste más lenta y más rápida mediante la determinación de un flujo másico de mezcla a través del estrangulador de motor, estableciéndose la especificación de ajuste más lenta sobre la base de un flujo másico de mezcla cuasiestacionario y/o la especificación de ajuste más rápida sobre la base de un flujo másico de mezcla transitorio a través del estrangulador de motor.

La figura 1 muestra un motor de combustión interna de gas 100 con un motor 10 y un sistema de aspiración con un trayecto de aspiración ramificado 30. En el trayecto de aspiración, están dispuestos, entre otras cosas, un

mezclador de gases 40 y para formar una carga, un turbocompresor 50 y un intercambiador de calor de carga 60, a este respecto en forma de un radiador de aire de carga, así como una derivación 70.

5 En el caso presente, el motor está diseñado con un número de dieciséis cilindros como un motor V con ocho cilindros A_i , $i = 1..8$ en un lado A y ocho cilindros B_i , $i = 1..8$ en un lado B; este tipo de disposición y de número de cilindros se representa únicamente como un ejemplo en el caso presente. En particular, para aplicaciones de motores grandes, también son adecuadas las configuraciones del motor con diez, doce, veinte, veinticuatro u veintiocho cilindros u otro número de cilindros.

10 En el caso de una configuración alternativa o adicional como motor de combustión interna de combustible dual, el motor de combustión interna también presenta un sistema de inyección 20 que se muestra en líneas discontinuas, que en el caso presente está formado como un sistema de riel común con un riel común 21, del cual se derivan un número de líneas de inyección 22, en cada caso con inyector 23 y un dispositivo de almacenamiento individual 24 dispuesto antes del inyector, hacia un cilindro A_i , B_i , $i = 1..8$ del motor 10, respectivamente. El sistema de inyección
15 20 está diseñado para dividir en porciones combustible líquido tal como diésel o también otro combustible líquido o licuado para inyectarlo como combustible líquido en un funcionamiento con diésel o como inyección piloto en un funcionamiento con gas o de inyección piloto en cada caso al comienzo de cada ciclo de trabajo de un cilindro A_i , B_i ; esto se realiza a presiones de inyección muy altas. En consecuencia, en esta variante, el motor 10 presenta además un sistema de inyección de riel común 20 para un combustible líquido, a este respecto en particular
20 combustible diésel, así como una carga 50 con un intercambiador de calor de carga 60 y con una derivación 70 para sortear la carga 50 y el intercambiador de calor de carga 60.

Con referencia adicional a la parte esencial de la forma de realización mostrada con líneas continuas, el mezclador
25 de gases 40 conectado al trayecto de aspiración 30 en el extremo del lado de entrada del sistema de aspiración aspira el aire de carga LL del entorno y lo mezcla con gas de combustión BG. La mezcla de carga, también denominada mezcla de gas de combustión en el funcionamiento con gas, en adelante también denominada "mezcla G", con un caudal másico $m^{(')}_{G}$ (" $'$ ") se representa en el dibujo para mayor claridad como un punto por encima de la masa m u otras variables) se alimenta con la presión de aspiración p_1 y a una temperatura de aspiración T_1 , que corresponde esencialmente a la temperatura ambiente, a través de un trayecto de compresor
30 32 a un compresor 51 del turbocompresor 50, en el que se comprime a una presión de compresión p_2 a una temperatura de compresión T_2 . El compresor 51 se acciona por medio de una turbina 52 y se asienta con la misma en un eje común de cargador 53; la turbina 52 de la línea de gas de escape 90 es accionada a su vez por el gas de escape AG que sale del motor 10 en la línea de gas de escape 90. El flujo másico $m^{(')}_{G}$ de la mezcla G que se calienta como resultado de la compresión a la temperatura de compresión T_2 se alimenta a un trayecto de
35 enfriamiento 31 del trayecto de aspiración 30 y se conduce desde el mismo a un intercambiador de calor de carga 60 a través de una estructura de radiador 61; en el volumen 62 del intercambiador de calor representado simbólicamente en este caso, tiene lugar un intercambio de calor con un medio de enfriamiento en la estructura de radiador 61, de forma que la mezcla G se enfríe. La mezcla de gas de combustión abandona el volumen del intercambiador de calor de tamaño V3 en forma enfriada a una temperatura de carga T_3 y una presión de carga
40 p_3 en la dirección de una sección de carga 33 para alimentar la mezcla G al motor 10.

En un modelo de trayecto de aspiración, el estado de mezcla G antes del compresor 51 se indica comparativamente en general por medio de las variables de estado para presión y temperatura, en este caso temperatura de aspiración T_1 y presión de aspiración p_1 antes del compresor 51, o después del compresor 51 a una presión de
45 compresión aumentada p_2 y una temperatura de compresión aumentada T_2 con las variables de estado p_2 , T_2 después del compresor 51, descritas por medio de un modelo de compresor adecuado; esto se realiza, por ejemplo, según una ecuación de estado de gas, tal como, por ejemplo, para un gas ideal o real. A los componentes siguientes del intercambiador de calor 60 y el receptor 80, tales como, por ejemplo, a un colector y/o a un trayecto de recolección, se les asocia una particular importancia como grandes volúmenes del trayecto de aspiración 30 según el concepto de la invención, de modo que a estos y al espacio adicional del trayecto de aspiración para
50 modelar los estados de gas adicionales está asociado un volumen de intercambiador de calor V3 o un volumen de receptor V5 en el modelo de trayecto de aspiración. En consecuencia, la mezcla de gas de combustión G en el volumen del intercambiador de calor V3 asume las variables de estado p_3 , T_3 , a este respecto debido al enfriamiento y a un aumento en el volumen al disminuir la presión de carga y la temperatura de carga p_3 , T_3 .

55 El estado de la mezcla G en la derivación 70 se determina, básicamente, según las variables de estado p_1 , T_1 en la entrada o p_3 , T_3 en la salida de la derivación 70 o viceversa en el caso de un flujo de retorno a través de la derivación 70; es decir, se establece una mezcla de gas de derivación G_{BP} en el trayecto de derivación 71 de la derivación 70 en función de las condiciones de presión prevaletientes y la posición del estrangulador de derivación del compresor 72, en este caso según el ángulo de ajuste α_{VBP} de la válvula de derivación del compresor. El trayecto de derivación 71 se puede utilizar en particular para recircular el exceso de mezcla G antes del compresor
60 51, para comprimirlo posteriormente y alimentarlo de nuevo para la combustión a los cilindros A_i , B_i del motor 10.

65 Antes de alimentar la mezcla de gases G al receptor 80 en el estado p_3 , T_3 al motor 10, esta se conduce con modificación de la presión y la temperatura, en virtud del volumen del receptor V5, a la presión del receptor p_5 y la temperatura del receptor T_5 , en virtud de un flujo másico guiado $m^{(')}_{DK}$ a través del estrangulador de motor 82

al volumen del receptor 81. En el caso presente, un primer y un segundo volumen de receptor 81.B, 81.A se asignan a un lado B o un lado A del motor 10, respectivamente, es decir estos están dispuestos aguas arriba de los cilindros A_i , B_i y después de los trayectos de carga primero y segundo 33.B, 33.A del lado B y el lado A y después del volumen del intercambiador de calor 62. En el caso presente, el estrangulador de motor 82 está formado por una primera y una segunda válvula de estrangulación del motor 82.B, 82.A, que están asociadas respectivamente al primer y segundo volúmenes del receptor 81.B, 81.A, pudiendo ajustarse la primera y la segunda válvula de estrangulación del motor 82.B, 82.A independientemente una de otra; en adelante, se hace referencia a las mismas conjuntamente cuando sea más sencillo, por estrangulador de motor 82. El volumen del receptor 81 debe entenderse como la suma del primer y segundo volumen del receptor 81.A y 81.B. En el volumen 81 del receptor, la mezcla G asume los estados de gas caracterizados por p_5 y T_5 debido al aumento en el volumen y en función de la posición α_{DK} de las válvulas de estrangulación del motor 82.A, 82.B en el volumen V_5 del volumen del receptor 81; esto se realiza en función del caudal másico del lado B o del lado A $m^{(')}_{DK}$, B o $m^{(')}_{DK}$, A según la posición de las válvulas de estrangulación del motor 82.B y 82.A.

Los estados de la mezcla de gases G caracterizados por p_i , T_i , $i = 1,2$ o V_j , p_j , T_j , $j = 3,5$ se determinan esencialmente en las regiones tales como aquellas que se proporcionan por medio del compresor 51, el volumen del intercambiador de calor 62 y el volumen del receptor 81, o con respecto a los límites que se proporcionan por medio el estrangulador de motor 82 y el estrangulador de derivación del compresor 72 o el compresor 51.

Se puede observar que existe una necesidad de mejora en caso de una regulación para hacer funcionar un motor de combustión interna como un motor de combustión interna de gas 100, con especial consideración del trayecto de aspiración 30, que se representa con más detalle en el extracto en la figura 2 con el mezclador de gases 40 y el compresor 51 y en la figura 3 con el intercambiador de calor de carga 60 y en la figura 4 con el receptor 80. Por motivos de simplicidad, a continuación, se utilizan los mismos números de referencia para partes idénticas o similares o partes con funciones idénticas o similares.

Se puede observar que el ajuste de los flujos másicos $m^{(')}_{G}$ para el gas de combustión BG y $m^{(')}_{LL}$ para el aire de carga LL en el mezclador de gases 40 correspondiente a una relación de aire de combustión $LAMBDA_{NOMINAL}$ o una relación de aire estequiométrica Lst no tiene por qué realizarse necesariamente considerando condiciones estacionarias a lo largo del trayecto de aspiración. Por lo tanto, el concepto de la invención tiene en cuenta en un modelo de trayecto de aspiración, tal como se describe con referencia a la figura 1, al menos dos volúmenes grandes para reunir el volumen del trayecto de aspiración, a saber, el volumen del receptor 80 y el volumen 62 del intercambiador de calor de carga. El trayecto de aspiración 30 se modela en el marco del modelo del trayecto de aspiración sobre la base del procedimiento de llenado y vaciado tal como se conoce básicamente. Los cambios de estado en los volúmenes se consideran cuasi-isotérmicos en el presente caso. Esto simplifica el sistema al restringir el mantenimiento de las masas con respecto a un enfoque adiabático y, en particular, simplifica un cálculo simultáneo del motor de combustión interna o el trayecto de aspiración del mismo en tiempo real. Básicamente, sin embargo, un enfoque adiabático con suficiente capacidad de cálculo también se puede utilizar para simular los cambios de estado en el trayecto de aspiración.

Además, se implementan supuestos especiales para dispositivos del trayecto de aspiración en el marco de modelos adicionales, en particular si los valores medidos no están disponibles para el dispositivo correspondiente del trayecto de aspiración 30. Esto se aplica, por ejemplo, al modelo adicional de un compresor, que describe la actividad del compresor 51 y los estados de la mezcla G antes del compresor por medio de la temperatura y la presión ($G(p_1, T_1)$) y después del compresor ($G(p_2, T_2)$).

La figura 2 ilustra además a este respecto, de forma adicional, los flujos de masa de la mezcla $m^{(')}$ después del mezclador de gases 40 para la parte de mezcla $G(p_1, T_1)$, a saber, el flujo másico de la mezcla $m^{(')}_{MEZCLADOR, SALIDA}$. Este se alimenta al compresor 51, por ejemplo, en funcionamiento estacionario si la válvula de derivación del compresor 72 está cerrada. Esto demuestra ser particularmente ventajoso para mantener o mejorar un potencial de conexión adicional de carga del motor 10.

Cuando la válvula de derivación del compresor 72 está abierta, puede realizarse también una recirculación del exceso de mezcla de gases G al compresor 51; esta se representa por el flujo másico recirculado $m^{(')}_{VBP}$. En este estado, se alimenta al compresor 51 un flujo másico reunido $m^{(')}_{MEZCLADOR, SALIDA} + m^{(')}_{VBP}$. El flujo másico $m^{(')}_{VERD}$ que sale del compresor 51 corresponde a un estado de mezcla $G(p_2, T_2)$ con el flujo másico de la mezcla $m^{(')}_{VERD}$. Sobre esta base, el flujo másico de gas $NOMINAL$ se puede calcular a partir del flujo másico de la mezcla que sale del mezclador de gases 40. Para este propósito, se puede aplicar una ecuación de continuidad para el flujo másico de la mezcla en el punto nodular K1 en la forma $m^{(')}_{MEZCLADOR, SALIDA} = m^{(')}_{VERD}$ menos $m^{(')}_{VBP}$.

Tal como se explica y se muestra en la figura 2, el desbordamiento de altas cargas puede conducir al retorno de la mezcla de aire y gas con el flujo másico de mezcla $m^{(')}_{VBP}$ desde el mezclador de gases 40 hacia el lado del aire; esta situación se representa en líneas discontinuas en la figura 2. Para evitar un mayor enriquecimiento por el gas combustible G al aspirar nuevamente, puede realizarse un almacenamiento de la masa de gas de retorno $m^{(')}_{MEZCLADOR, SALIDA}$ en un dispositivo de almacenamiento 41, que está asociado al mezclador de gases

40. El dispositivo de almacenamiento 41 puede limitarse a valores significativos con respecto a su tamaño. El requerimiento de aire estequiométrico L_{st} y un valor NOMINAL de la relación de aire de combustión $LAMBDA_NOMINAL$ se incluyen en el cálculo de los flujos de masa de la mezcla. La implementación puede tener lugar en una unidad de regulación, que se basa en un módulo de cálculo correspondiente.

La figura 3 muestra simbólicamente un modelo para representar una ecuación de continuidad para un flujo másico de mezcla $m^{(')}_{VERD}$ que sale del compresor 51 para su alimentación al radiador de aire de carga LLK, que se representa en este caso como un intercambiador de calor de carga 60 con un volumen de intercambiador 62. El cálculo del flujo másico de la mezcla que fluye a través del compresor 51 hacia el volumen del recipiente entre la salida del compresor y el estrangulador de motor 82.A, 82.B y la válvula de derivación del compresor 72, se produce según la figura 3 como un cambio temporal $m^{(')} = m^{(')}_{VERD}$ menos $m^{(')}_{DK}$ menos $m^{(')}_{VBP}$. Esta ecuación de continuidad, tal como se representa simbólicamente en la figura 3 en el punto nodular K2, puede resolverse asumiendo determinadas condiciones termodinámicas tales como, por ejemplo, una composición de mezcla constante y condiciones isotérmicas o condiciones adiabáticas.

El cálculo del flujo másico de mezcla que fluye de retorno a través de la derivación del compresor 71 puede especificarse aplicando una función de flujo, por ejemplo, para flujos isentrópicos. Para este propósito, el flujo másico reducido $m^{(')}_{VBP}$ se puede representar como un diagrama característico por medio de la función de flujo del trayecto de derivación del compresor 71. Se puede suponer, a este respecto, que la composición de la mezcla y la compresibilidad son aproximadamente constantes. Del mismo modo, el cálculo de la presión y la temperatura en el radiador de aire de carga LLK se puede realizar utilizando un modelo de pérdida de presión sencillo para el radiador de aire de carga 61. Por ejemplo, para este propósito se puede suponer un flujo turbulento o menos turbulento especificando un número de Reynolds adecuado y se puede suponer un tubo liso según Blasius.

El cálculo de la temperatura en $G(p_2, T_2)$ se puede realizar sobre la base de un diagrama característico de eficacia del compresor. En un módulo de cálculo correspondiente de una unidad de regulación, la ecuación de continuidad en el punto nodular K2 también tiene en cuenta, entre otras cosas, las posiciones de válvula α_{DK} y α_{VBP} de los estranguladores 72, 82 según el concepto de la invención.

Además, con referencia a la figura 4, existe la posibilidad de calcular el flujo másico de mezcla $m^{(')}_{DK}$, que depende de la posición de la válvula de estrangulación α_{DK} del estrangulador de motor 82 antes del tubo receptor y fluye al volumen del receptor 80; o sale del mismo en la dirección del cilindro $m^{(')}_{ZYL}$. Esto se puede realizar calculando el flujo másico de la mezcla que fluye a través de las válvulas de estrangulación del motor 81.A, 81.B hacia los volúmenes del receptor 81.A, 81.B según una ecuación de continuidad para el punto nodular K3, es decir, como un cambio temporal según $m^{(')}_{DK} - m^{(')}_{ZYL}$, por ejemplo, suponiendo una composición de mezcla constante y una temperatura constante (condiciones isotrópicas). Sin embargo, la implementación en el punto nodular K3 también puede tener lugar en el marco de una ecuación de diferencia, tal como se explica a continuación con referencia a la figura 5.

La figura 5 también muestra una forma de realización preferida de una estructura de regulador de una regulación 200 para un motor de combustión interna en el marco de un diagrama de flujo, que está diseñada en particular para lograr, en el funcionamiento del motor de combustión interna, una posición del estrangulador de motor 82, es decir, de las válvulas 82.A, 82.B y/o el estrangulador de derivación del compresor 72, a fin de influir en una parte de mezcla de la mezcla de gas-aire. Como resultado, se puede realizar un ajuste de una manera temporalmente apropiada y que sigue la dinámica de una operación del flujo másico de mezcla $m^{(')}_{DK}$ al tubo receptor 80 o el flujo másico de mezcla $m^{(')}_{VBP}$ a través del trayecto de derivación 70 antes del compresor 51, de forma mutuamente dependiente; en cualquier caso, un ajuste temporalmente ventajoso del flujo másico de la mezcla $m^{(')}_{VBP}$ después del flujo másico de la mezcla $m^{(')}_{DK}$ al tubo receptor 80.

El objetivo de la estructura del regulador 200 es regular las válvulas de estrangulación 82, 72, en particular regular el α_{VBP} según la especificación del ángulo de ajuste α_{DK} . Para este propósito, el flujo másico de mezcla $m^{(')}_{DK}$ se simula en la válvula de estrangulación del motor en dos escalas temporales diferentes. En cada caso en función de ello, el flujo másico de mezcla $m^{(')}_{VBP}$ se determina a través del trayecto de derivación 70; una vez en una escala temporal más rápida a partir de la ruta de accionamiento SII y una vez en una escala temporal más lenta a partir de la ruta de accionamiento SI.

Para este propósito, la estructura del regulador 200 proporciona la primera ruta de accionamiento SI y la segunda ruta de accionamiento SII. En la primera ruta de accionamiento SI, en particular para un funcionamiento estacionario, el ajuste α_{VBP} del estrangulador de derivación del compresor 72 se determinará en función de un ajuste α_{DK} del estrangulador de motor 82 mediante una primera escala temporal más lenta. Según la segunda ruta de accionamiento SII, en particular para un funcionamiento transitorio, el ajuste α_{VBP} del estrangulador de derivación del compresor 72 debe determinarse en función del ajuste α_{DK} del estrangulador de motor 82 mediante una segunda escala temporal más rápida. La primera o segunda ruta de accionamiento SI, SII están diseñadas inicialmente para determinar un flujo másico $m^{(')}_{DK}$ a través del estrangulador de motor 82 una vez en una escala temporal más rápida por medio de una ecuación de flujo del punto de regulación R45T y una vez en una escala temporal más lenta por medio de un procedimiento de llenado y vaciado del punto de regulación R45S.

La primera ruta de accionamiento SI responsable de la escala temporal más lenta está diseñada para determinar el ajuste del estrangulador de motor α DK o un flujo másico a través del estrangulador 82 del motor determinando un flujo másico de mezcla cuasiestacionario para al menos el volumen del receptor 80. Para este propósito, está previsto disponer una unidad de regulación R4 para describir un llenado del cilindro en el dispositivo E4, en el caso presente tal como muestra la figura 1 entre un volumen del receptor 80 y un cilindro $B_i, A_i, i = 1..8$, y una unidad de regulación adicional R5 para modelar el volumen del receptor 80; esto como otro dispositivo E1 tal como se muestra en la figura 1. La primera unidad de regulación R4 suministra un flujo másico de mezcla $m^{(i)}_{ZYL}$ al cilindro teniendo en cuenta por ejemplo una ecuación de continuidad según el procedimiento de llenado y vaciado tal como se representa en la figura 4. La unidad de regulación adicional R5 suministra el flujo másico de mezcla a través del estrangulador de motor 82 al volumen del receptor 80 teniendo en cuenta una ecuación de continuidad según el procedimiento de llenado y vaciado para el tubo receptor 80, del mismo modo según la figura 4.

La unidad de regulación R4 establece la velocidad de giro del motor n_{MOT} y una presión p_5 y una temperatura T_5 en el volumen del receptor 80 y determina por medio de un diagrama característico de gasto de aire KF una cifra de gasto de aire $LAMBDA_a$ para el gasto de aire. En función de esta cifra de gasto de aire $LAMBDA_a$ se produce el flujo másico $NOMINAL$ que se aplicará en el cilindro $m^{(i)}_{ZYL}$. Mediante la unidad de regulación adicional R5 se produce el cambio en el flujo másico de mezcla cuasiestacionario para el volumen del receptor 80 de la forma descrita. Las dos variables se pueden utilizar en el punto nodular K3, que en este caso corresponde al punto de regulación R45S, según el enfoque descrito anteriormente para determinar un flujo másico de mezcla cuasiestacionario $m^{(i)}_{DK}$, lento que se aplica en una escala temporal más lenta, a través de la estrangulación del motor 82. El resultado se alimenta a un punto de selección 210 del regulador 200.

Si es necesario, la primera ruta de accionamiento SI también puede modelar la carga de una manera más compleja; por ejemplo, si la carga se proporciona con un intercambiador de calor de carga, preferentemente en forma de una carga de una o dos etapas, preferentemente con recirculación de gases de escape. Por ejemplo, el modelo del trayecto de aspiración puede tener en cuenta al menos un flujo másico de mezcla y/o estado de la parte mezcla en el volumen del receptor y/o del intercambiador de calor de carga 61 y/o del trayecto de derivación 71. Para este propósito, están previstas otras unidades de regulación que en este caso no se muestran, por ejemplo una unidad de regulación R3 para un dispositivo E2 utilizando el procedimiento de llenado/vaciado para el intercambiador de calor de carga 60.

Por otra parte, para un estado operativo transitorio, el regulador 200 proporciona un punto de regulación R45T que soluciona, a diferencia del punto de regulación R45S diseñado para una simulación de funcionamiento cuasiestacionario, un funcionamiento transitorio en el marco de una ecuación de flujo que tiene en cuenta una posición de la válvula de estrangulación α DK del modelo, tal como se representa en la figura 3. Para este propósito, un flujo másico de mezcla transitorio $m^{(i)}_{DK}$ rápido se encuentra a través del estrangulador de motor 82 en el marco de una solución a la ecuación de flujo, a través de pasos de diferencia (con velocidad de paso finita) o en una solución diferencial (con pasos infinitesimales); se tienen en cuenta el estado termodinámico p_3, T_3 de la mezcla G en el intercambiador de calor de carga 60 y el estado termodinámico p_5, T_5 en el volumen del receptor 80.

En otras palabras, el flujo másico de mezcla $m^{(i)}_{DK}$ rápido puede resolverse de forma temporalmente transitoria en pasos temporales a través del estrangulador 82 del motor, teniendo en cuenta los aspectos espaciales del modelo de trayecto de aspiración. Los pasos temporales pueden ser finitos (ecuación de diferencia) o infinitesimalmente pequeños (ecuación diferencial). Esta determinación del flujo másico de la mezcla $m^{(i)}_{DK}$, rápido que se asocia con una mayor complejidad de cálculo, a través del estrangulador de motor 82 se realiza en la segunda rama SII del regulador 200 y también se alimenta al punto de selección 210 del regulador 200. La denominada frecuencia de muestreo $1/TS$ (finita o infinitesimalmente pequeña) para la solución diferencial de la ecuación de flujo se puede ajustar según sea necesario. El número de pasos temporales TS a lo largo de las diferencias o valores medios deberá, por una parte, ser tan grande que se minimice el ruido. Entonces, el número de pasos temporales TS deberá ser tan pequeño como sea necesario para poder representar el comportamiento de respuesta más rápido posible de la válvula de estrangulación 82 en tiempo real en el marco de la capacidad de cálculo disponible.

El punto de selección 210 puede configurarse para dirigirse a un determinado estado operativo. Para este propósito, el punto de selección 210 puede comprender, por ejemplo, una unidad de conmutación binaria que detecta cuándo la válvula de estrangulación 82 está total o parcialmente, en particular completamente, abierta ($DK = 1$); en este caso, en particular, la selección de un procedimiento de cálculo transitorio tiene sentido. Por otra parte, si la válvula de estrangulación 82 está completamente cerrada ($DK = 0$), esto puede relacionarse con un estado en el que la válvula de estrangulación se cierra o está cerrada y un cálculo adicional de valores asociados a un estado operativo transitorio en mi opinión no es útil.

Además, el punto de selección 210 ya puede diseñarse para identificar un modo operativo de un funcionamiento estacionario o transitorio; que identifica, por ejemplo, el funcionamiento transitorio cuando la válvula de estrangulación 82 está solo parcialmente abierta.

- 5 En una unidad de formación de diferencia 220 está previsto entonces que se forme un valor diferencial Δ (en la figura 2 del dibujo) por ejemplo un flujo másico $m^{(')}_{DK}$ o un valor de presión asociado Δp durante un período de tiempo y/o al mismo tiempo a través del estrangulador de motor 82 ($\Delta = p_5 - p_3$). Por medio de la diferencia Δ puede inferirse un modo de funcionamiento estacionario o transitorio del motor de combustión interna 100. Por ejemplo, si el valor diferencial Δ excede una determinada magnitud, se puede inferir un modo operativo transitorio, o si el valor diferencial Δ se encuentra por debajo de una determinada magnitud, se puede inferir un modo operativo estacionario.
- 10 En una unidad lógica 230 del regulador, se puede proporcionar con "1" para verificar si el valor diferencial Δ (por ejemplo, una presión de diferencia $\Delta = p_5 - p_3$) o un flujo másico de diferencia $m^{(')}_{DK}$ se encuentra por encima de un valor límite. También se puede verificar en la unidad lógica 230 si el valor diferencial Δ sufre o ha sufrido un cambio de signo dentro de un determinado periodo de tiempo. Esta determinación se lleva a cabo preferentemente en función de la señal de selección del punto de selección 210; es decir se forma preferentemente un valor diferencial ΔS o ΔT , ya sea para una variable cuasiestacionaria $m^{(')}_{DK_lento}$ o para una variable transitoria $m^{(')}_{DK_rápido}$. Como resultado de una escala temporal adaptada de esta forma, se evita una oscilación o una dinámica de regulación demasiado lenta.
- 15 Si no se puede identificar en otra unidad de regulación 240 un cierre del trayecto de derivación 71 mediante el cierre del estrangulador de derivación del compresor 72 ($VBP = 0$), puede indicarse un flujo másico de mezcla $m^{(')}_{VBP,NOMINAL}$ en un paso adicional solucionando el flujo de continuidad representado en la figura 3, es decir, si ($VBP = 1$) está presente en la unidad de regulación 240.
- 20 Una ventaja de la estructura de un regulador 200 que se muestra en la figura 5 es que, dependiendo de una selección en el punto de selección 210 en funcionamiento estacionario por medio de $m^{(')}_{DK_lento}$, puede determinarse una señal comparativamente precisa de $m^{(')}_{VBP,NOMINAL}$. Esto se implementa mediante el modelo de trayecto de aspiración, que también corresponde al desarrollo temporal en el sistema real del motor de combustión interna 100 en funcionamiento estacionario.
- 25 Sin embargo, si, por ejemplo, se muestra como resultado de la señal de selección ($DK = 1$) un funcionamiento transitorio del motor de combustión interna, y esta se confirma en particular mediante la formación de una diferencia en el punto del regulador 220, entonces se puede realizar el ajuste de la válvula de estrangulación αVBP en función de la posición de la válvula del motor de forma comparativamente rápida a través del flujo másico NOMINAL a través de la válvula de derivación del compresor 72. Esto conduce a una reacción del trayecto de derivación 71 al estrangulador de motor 82 que puede lograrse de forma prácticamente sincronizada.
- 30 En el caso de una selección $DK = 1$, a partir del valor NOMINAL de una posición de derivación del compresor αVBP y de los estados de mezcla P3, T3 en el intercambiador de calor de carga 60 o p1, T1 antes del compresor 51 en la unidad de regulación R1 puede inferirse de forma transitoria utilizando una ecuación de estrangulación la posición de una válvula de derivación del compresor αVBP . Esto también se realiza en el marco de la ecuación de continuidad mostrada en la figura 3 y/o teniendo en cuenta el procedimiento de llenado y vaciado; en este caso presente, $m^{(')}_{VERD}$, $m^{(')}_{DK}$ y $m^{(')}_{VBP}$ son relevantes. En otras palabras, la ecuación de estrangulación para el estrangulador de derivación del compresor 72 conservada en la unidad de regulación R1 puede realizarse o bien dependiendo de un flujo másico más lento de forma cuasiestacionaria a través del estrangulador de motor 82 (ruta de accionamiento SI) o bien en función de una señal relativamente rápida de un flujo másico de mezcla a través del estrangulador del motor 82 desde una segunda ruta SII. En el primer caso se produce un ajuste comparativamente preciso αVBP del estrangulador de derivación 72. En el segundo caso se produce un ajuste αVBP , transitorio del estrangulador de derivación 72 que reacciona muy rápidamente a la posición αDK del estrangulador de motor 82.
- 35 Por lo tanto, en este último caso, en particular, se evita que se produzca un bombeo del estrangulador del compresor cuando el estrangulador de motor 82 está cerrado, si el compresor 51 del turbocompresor de gases de escape se opera fuera de su rango operativo durante un corto periodo de tiempo debido a una reducción rápida en el flujo másico de gas $m^{(')}_{VERD}$. Se puede evitar el bombeo mediante la apertura rápida de la válvula de derivación del compresor 72 garantizada en el marco de la estructura del regulador 200 que se muestra a este respecto; específicamente porque el flujo másico de derivación del compresor $m^{(')}_{VBP}$ permite que la presión p3 se descargue rápidamente a través de la sección de derivación 71 cuando el estrangulador de motor 82 está cerrado.
- 40 Por otra parte, el potencial de conexión adicional de carga de un motor de gas 100 puede mejorarse cerrando la válvula de derivación del compresor 72 si, por ejemplo, estaba abierto en funcionamiento cuasiestacionario ($m^{(')}_{DK_lento}$) ($DK = 0$ en el punto de selección 210). La necesidad de ajustar el estrangulador de derivación 72 es resultado de la secuencia del punto de diferencia 220 y el punto lógico 230 en el regulador 200; se realiza una acción del estrangulador de derivación 72 solo cuando la posición no está cerrada y cuando las presiones o los signos están sujetos a cambios serios.
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

- Como ejemplo se puede mencionar un flujo másico $m(\cdot)_{DK}$ a través del estrangulador de motor 82 para diferentes magnitudes de velocidades de muestreo TS al resolver la ecuación de flujo en la unidad de control R45T. Una primera solución bastante plana para una velocidad de muestreo TS_grande (con pasos comparativamente grandes) debería reflejar prácticamente el resultado de un desarrollo de flujo másico de mezcla cuasiestacionario.
- 5 La segunda posibilidad es que la frecuencia de muestreo se haya elegido demasiado grande (con pasos comparativamente pequeños); en este caso, el regulador 200 reaccionaría demasiado rápido como sistema. Esto conduciría a un ajuste del regulador muy variable que no debería reproducir de forma fiable la operación real, en particular con gradientes que son demasiado empinados y fluctúan de forma demasiado intensa.
- 10 Si, por el contrario, la selección de la frecuencia de muestreo se encuentra aproximadamente en el rango de una escala temporal de un desarrollo transitorio real, el flujo másico de la mezcla se reproduce exactamente a través de la válvula de estrangulación 82 en el marco de una segunda rama de control SII. En este caso, puede realizarse prácticamente una reacción sincrónica de la derivación 70 cuando el punto de selección 210 infiere que la situación se ha evaluado de forma transitoria.
- 15

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para hacer funcionar un motor de combustión interna, en particular para la regulación de la carga y/o el control de la carga en el motor de combustión interna, que presenta:
- un trayecto de aspiración (30) y un motor (10) con un número de cilindros (Ai, Bi) y un receptor (80) que está dispuesto aguas arriba de los cilindros (Ai, Bi), en el que
- 10 el trayecto de aspiración (30) presenta:
- una carga con un compresor (51) y una derivación para sortear la carga, y en el que
 - un estrangulador de motor (DK) está asociado con el receptor (80) y un estrangulador de derivación del compresor (VP) está asociado con la derivación; y
- 15 en el procedimiento, una posición del estrangulador de motor (DK) y/o del estrangulador de derivación del compresor (VDPK) es ajustada en función de la operación con el fin de influir sobre un fluido de carga, caracterizado por que
- 20 - al trayecto de aspiración (30) está asociado un modelo de trayecto de aspiración, por medio del cual se determina por lo menos un flujo másico y/o un estado del fluido de carga antes del motor (10) en una primera escala temporal más lenta y en una segunda escala temporal más rápida y, sobre la base del resultado de la determinación,
 - 25 - el estrangulador de derivación del compresor (VDBK) es ajustado en función del estrangulador de motor (DK).
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el flujo másico es un flujo másico de mezcla y el estado es un estado de mezcla.
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el estrangulador de derivación del compresor (VDBK) es ajustado en función del estrangulador de motor (DK) en la primera escala temporal más lenta,
- 35 - determinando un flujo másico de mezcla cuasiestacionario para al menos el volumen del receptor (81) y/o determinando un flujo másico de mezcla cuasiestacionario para el intercambiador de calor (60) mediante un procedimiento de llenado y vaciado para el volumen de recepción (81) y/o el intercambiador de calor (60).
- 40 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el estrangulador de derivación del compresor (VDBK) se ajusta en función del estrangulador de motor (DK) en la segunda escala temporal más rápida,
- 45 - determinando un flujo másico de mezcla transitorio para el estrangulador de motor (DK), por medio de por lo menos una ecuación de flujo en función del tiempo para el estrangulador de motor (DK), en particular teniendo en cuenta una ecuación de flujo en función del tiempo para el estrangulador de derivación del compresor (VDBK).
- 50 5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el estrangulador de derivación del compresor (VDBK) se determina en función del estrangulador de motor (DK) en tiempo real y/o simultáneamente, para el primer caso de una primera escala temporal más lenta y/o el segundo caso de una segunda escala temporal más rápida.
- 55 6. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el estrangulador de derivación del compresor (VDBK) es ajustado en función del estrangulador de motor (DK) opcionalmente sobre la base de una primera escala temporal más lenta, en particular para un funcionamiento estacionario del estrangulador de derivación del compresor (VDBK), o una segunda escala temporal más rápida, en particular para un funcionamiento transitorio del estrangulador de derivación del compresor (VDBK), siendo seleccionado un modo operativo de un funcionamiento estacionario o transitorio por lo menos por un valor diferencial a través del estrangulador de motor (DK) concerniente al flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla de la parte de mezcla.
- 60 7. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que, para ajustar el estrangulador de motor, se tiene en cuenta en la primera y/o segunda escala temporal:
- 65 - un flujo másico de mezcla a través del estrangulador de motor (DK), y/o
 - un estado de mezcla en el receptor (80).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en particular en el marco de una determinación simultánea en tiempo real, mediante el modelo de trayecto de aspiración que sirve como base de un modelo de cálculo para el trayecto de aspiración (30) en una regulación,
- 5 - por lo menos una parte de mezcla de entrada de la mezcla de gas/aire asociada a un estado de mezcla anterior está formada por medio de una parte de mezcla de salida de la mezcla de gas/aire asociada a por lo menos un estado de mezcla posterior.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que por medio del modelo de trayecto de aspiración
- 10 - se determina por lo menos un flujo másico de mezcla a través de por lo menos un estrangulador de motor (DK) y a través de por lo menos un estrangulador de derivación del compresor (VDBK) y/o
- 15 - un estado de mezcla de la parte de mezcla en por lo menos un volumen del receptor (18) y por lo menos un gran volumen adicional del trayecto de aspiración (30), es decir, el de un intercambiador de calor de carga (60) y/o de un trayecto de derivación y/o de un compresor (51).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que por medio de un valor diferencial de una diferencia de flujo másico y/o una diferencia de presión u otro estado de mezcla a través del estrangulador de motor (DK) se identifica uno de entre los modos operativos de un funcionamiento estacionario o transitorio, en el que
- 20 - se identifica el modo operativo del funcionamiento transitorio cuando el valor diferencial es superior a un primer valor límite (GW) y/o presenta un cambio de signo,
- 25 - se identifica un modo operativo del funcionamiento estacionario cuando el valor diferencial es inferior a un segundo valor límite (GW) y/o no presenta ningún cambio de signo.
- 30 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los resultados de cálculo en una primera escala temporal más lenta concerniente al funcionamiento estacionario y los resultados de cálculo en una segunda escala temporal más rápida concerniente al funcionamiento transitorio están correlacionados entre sí, en particular para identificar un funcionamiento estacionario y/o transitorio.
- 35 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, en el caso de un funcionamiento estacionario del motor de combustión interna, los coeficientes de una ecuación de flujo en función del tiempo son escalados mediante la comparación de los resultados de cálculo concernientes a una primera escala temporal más lenta sobre la base de un procedimiento de llenado y vaciado, por una parte, y los resultados de cálculo con concernientes a una segunda escala temporal más rápida sobre la base de una ecuación de flujo, por otra parte.
- 40 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que un primer diagrama característico del estrangulador está asociado al estrangulador de motor (DK) y/o un segundo diagrama característico del estrangulador está asociado al estrangulador de derivación del compresor (VDPK), en el que
- 45 - el primer y/o segundo diagrama característico del estrangulador indican en cada caso un flujo másico cuasiestacionario,
- 50 - en una primera dependencia de una presión antes y/o después del estrangulador, y/o
- en una segunda dependencia de una posición del estrangulador.
14. Dispositivo de regulación para un motor de combustión interna (100), en particular un motor de combustión interna de gas, que presenta:
- 55 - un trayecto de aspiración (30) y un motor (10) con un número de cilindros (Ai, Bi) y un receptor (80) dispuesto aguas arriba de los cilindros (Ai, Bi), en el que
- el trayecto de aspiración (30) presenta:
- 60 - una carga con un compresor (51) y una derivación para sortear la carga, en el que
- un estrangulador de motor (DK) está asociado al receptor (80) y un estrangulador de derivación del compresor (VBP) está asociado a la derivación; y en el que
- 65 - por medio del dispositivo de regulación, se puede ajustar una posición del estrangulador de motor (DK) y/o

del estrangulador de derivación del compresor (VDPK) en función del funcionamiento para influir en un fluido de carga, en particular una parte de mezcla de la mezcla de gas/aire,

caracterizado por que

5

- en el dispositivo de regulación, al trayecto de aspiración (30) está asociado un modelo de trayecto de aspiración, por medio del cual se determina por lo menos un flujo másico de mezcla y/o un estado de mezcla de la parte de mezcla antes del motor (10) en la primera escala temporal más lenta y la segunda escala temporal más rápida, y sobre la base de un resultado de determinación,

10

- por medio de la regulación, el estrangulador de derivación del compresor (VDBK) es ajustado en función del estrangulador de motor (DK).

15. Dispositivo de regulación según la reivindicación 14, caracterizado por que el dispositivo de regulación está configurado asimismo:

15

- para determinar el flujo másico de mezcla y/o el estado de mezcla de la parte de mezcla en tiempo real y/o simultáneamente, y

20

- para hacer que el estrangulador de derivación del compresor (VDBK) sea ajustado en función del estrangulador de motor (DK), opcionalmente sobre la base de una de las escalas temporales.

16. Motor de combustión interna (100), en particular como motor de combustión interna de gas, que presenta:

25

- un trayecto de aspiración (30) y un motor (10) con un número de cilindros (Ai, Bi) y un receptor (80) que está dispuesto aguas arriba de los cilindros (Ai, Bi), en el que

el trayecto de aspiración (30) presenta:

30

- una carga con un compresor (51) y una derivación para sortear la carga, y en el que
- un estrangulador de motor (DK) está asociado al receptor (80) y un estrangulador de derivación del compresor (VP) está asociado a la derivación; y

35

- un dispositivo de regulación según la reivindicación 14 o 15.

17. Motor de combustión interna (100) según la reivindicación 16, caracterizado por que

40

- el motor de combustión interna está diseñado en forma de un motor de combustión interna de gas (100), en particular en forma de un motor de combustión interna de gas (100) con un mezclador de gases (40); y/o

45

- el motor de combustión interna está diseñado en forma de un motor de combustión interna de combustible dual (100), en particular en forma de un motor de combustión interna de combustible dual (100) con un sistema de inyección para combustible líquido.

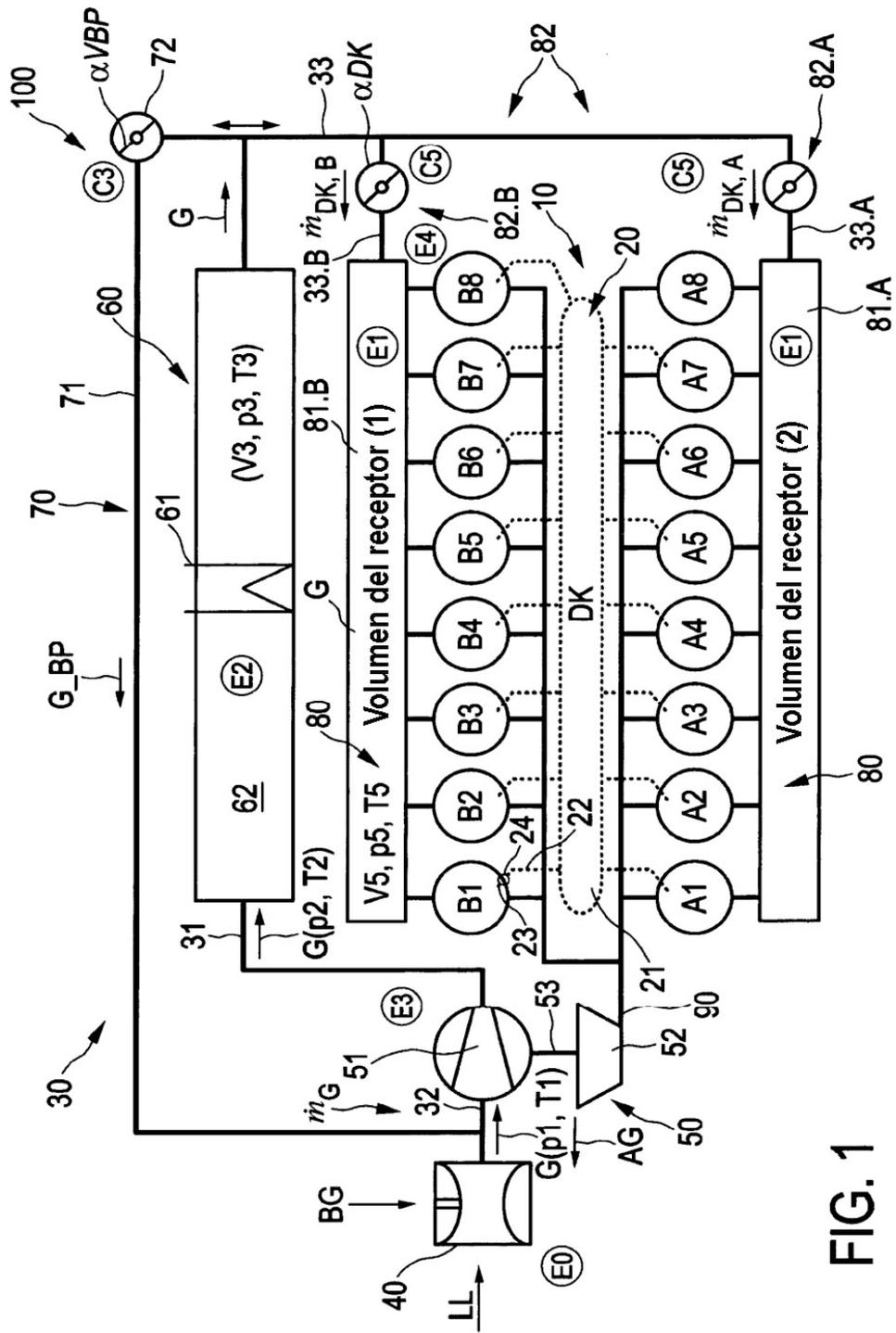
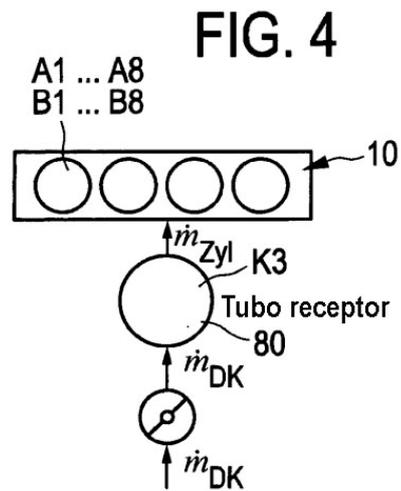
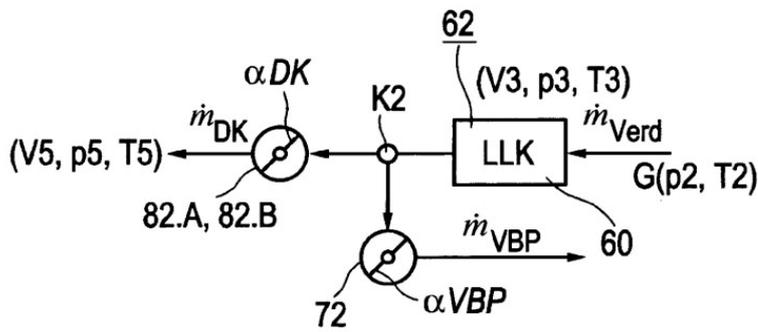
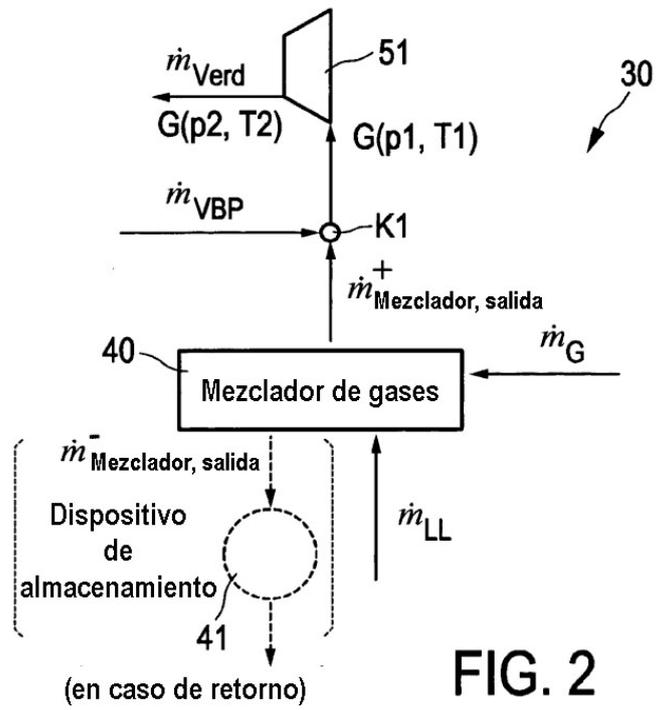


FIG. 1



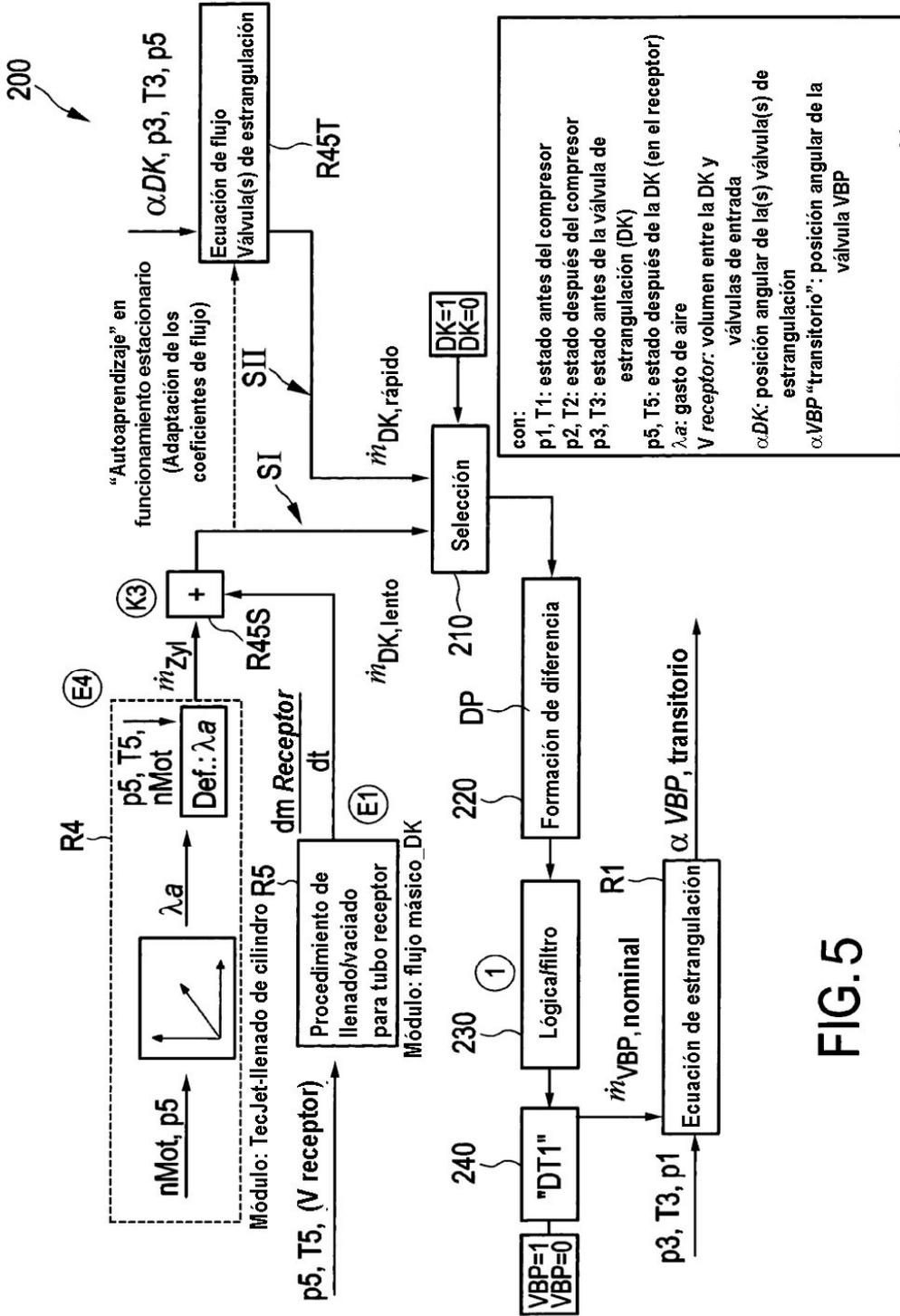


FIG. 5