



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 298 315**

51 Int. Cl.:  
**F02D 41/30** (2006.01)  
**F02D 41/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02017580 .8**  
86 Fecha de presentación : **07.08.2002**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1300573**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **09.04.2003**

54 Título: **Procedimiento de accionamiento de un motor de combustión interna de inyección directa, aparato de control y motor de combustión interna.**

30 Prioridad: **02.10.2001 DE 101 48 665**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.05.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.05.2008**

73 Titular/es: **ROBERT BOSCH GmbH**  
**Postfach 30 02 20**  
**70442 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es: **Hartmann, Dirk;**  
**Qiu, Qiang y**  
**Hess, Werner**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 298 315 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 de accionamiento de un motor de combustión interna de inyección directa, aparato de control y motor de combustión interna.

5

### Estado actual de la técnica

La presente invención hace referencia a un procedimiento de accionamiento de un motor de combustión interna de inyección directa. La invención hace referencia además a un programa de ordenador para un motor de combustión interna, un aparato de control de accionamiento de un motor de combustión interna de inyección directa y un motor de combustión interna de inyección directa.

10

En los motores de Otto con inyección directa de gasolina (BDE), el objetivo es operar el motor en estado lo menos estrangulado posible. De este modo se eliminan considerablemente las pérdidas por estrangulación y el motor puede operar con un mayor rendimiento, lo que conlleva un ahorro de combustible. Un motor Otto con inyección directa de gasolina puede operar generalmente en diferentes modos de operación. Estos comprenden al menos un modo de operación rico (modo de operación homogéneo) con  $\lambda = 1$  y un modo de operación pobre (operación laminar) con  $\lambda \gg 1$ . En esta ocasión, resulta habitual, en los modos de operación dirigidos por el aire, regular el valor  $\lambda$ , o sea, la razón masa de aire/masa de combustible, al valor  $\lambda$  teórico deseado. Para ello se emplea una sonda  $\lambda$ , que se dispone en el sistema de escape de gases del motor de combustión interna. Conociendo las señales proporcionadas por la sonda  $\lambda$ , se activan generalmente los más diversos componentes por parte de un aparato de control del motor, para ajustar el valor  $\lambda$  teórico deseado. Estos componentes pueden ser, por ejemplo, un accionamiento variable de la válvula, una válvula de inyección o una bujía.

15

20

### Ventajas de la invención

Un procedimiento de accionamiento de un motor de combustión interna de inyección directa está perfeccionado respecto al estado actual de la técnica por el hecho de que el motor de combustión interna opera al menos en un modo de operación pobre con carácter homogéneo (HMM), buscándose en el modo de operación un valor  $\lambda$  constante, desplazándose los valores  $\lambda$  entre un valor  $\lambda$  límite inferior y uno superior y efectuándose en determinadas situaciones de operación una expansión de los valores  $\lambda$  límite. El perfeccionamiento preferente del procedimiento conforme a la invención prevé que las situaciones de operación determinadas comprendan al menos la conmutación desde un modo de operación cualquiera al modo de operación pobre con carácter homogéneo, desde el modo de operación pobre con carácter homogéneo a otro modo de operación cualquiera o una rápida demanda de par de torsión en operación estacionaria. La gran ventaja del procedimiento conforme a la invención, así como del perfeccionamiento preferente es que durante una conmutación del modo de operación el par de giro el motor de combustión interna puede mantenerse casi en el par teórico deseado. La expansión de los valores  $\lambda$  límite se anula, tan pronto la situación de operación determinada no exista más. Esto resulta, en consecuencia, sensato, ya que en el periodo de expansión de los límites de  $\lambda$  se verifican altas emisiones de NOx. Mediante la expansión temporal de los valores  $\lambda$  límite se llega a un compromiso óptimo entre bajas emisiones de NOx y movilidad (con el par teórico deseado). Para esto se lleva a cabo la determinación de los límites de  $\lambda$ , de tal manera que el motor de combustión interna produzca un par de giro aproximadamente constante. Un perfeccionamiento prevé que el modo de operación pobre con carácter homogéneo (HMM) sea un modo de operación controlado por el aire. En contraste con el modo de operación pobre controlado por el combustible, es posible llevar a cabo una compensación del par de giro a través de la determinación de los valores  $\lambda$  límite, mediante el dimensionado del modo de operación pobre con carácter homogéneo como modo de operación controlado por el aire - esto se logra mediante un ajuste de una  $\lambda$  teórica constante de aproximadamente 1,6 -. Por consiguiente, puede influirse, conforme a la invención, sobre el par de giro el motor de combustión interna mediante la altura y/o el tipo de expansión de los valores  $\lambda$  límite.

30

35

40

45

50

Un perfeccionamiento del procedimiento conforme a la invención prevé que los valores  $\lambda$  límite superior e inferior se aproximen al mismo valor  $\lambda$  objetivo límite, correspondiendo el valor  $\lambda$  objetivo límite al valor constante buscado  $\lambda$ . Mediante esta medida conforme a la invención puede anularse de manera especialmente más favorable la expansión de los valores  $\lambda$  límite, sin que ello conduzca a valores  $\lambda$  reales ilícitos y, por consiguiente, a fluctuaciones del par de giro.

55

Un perfeccionamiento del procedimiento conforme a la invención prevé que se monitorice una evolución de  $\lambda$ ; que se compruebe, si la evolución de  $\lambda$  discurre en dirección rico o en dirección pobre; que no se amplíe el valor  $\lambda$  límite pobre superior, si la evolución de  $\lambda$  discurre en dirección rico; y que no se amplíe el valor  $\lambda$  límite rico inferior, si la evolución de  $\lambda$  discurre en dirección pobre. Esta medida presenta la ventaja de que se reduce la distancia entre los límites superior e inferior de  $\lambda$ , lo que limita una variación repentina de  $\lambda$  debida, por ejemplo, a demandas de par de torsión altamente dinámicas, a un valor menor que el que sería el caso sin el perfeccionamiento conforme a la invención.

60

Una posibilidad alternativa de perfeccionamiento del procedimiento conforme a la invención prevé que se monitorice una evolución de  $\lambda$ ; que se compruebe, si la evolución de  $\lambda$  discurre en dirección rico o en dirección pobre; que el valor  $\lambda$  límite pobre superior se ajuste a la evolución de  $\lambda$ , si la evolución de  $\lambda$  discurre en dirección rico; y que el valor  $\lambda$  límite rico inferior se ajuste a la evolución de  $\lambda$ , si la evolución de

65

## ES 2 298 315 T3

lambda discurre en dirección pobre. En contraste con el anterior perfeccionamiento del procedimiento conforme a la invención, en este caso se suprime casi totalmente una variación repentina del valor lambda real. No se tolera, por tanto, una desviación del lambda real respecto del valor lambda teórico. La ventaja estriba en que para una demanda de par de torsión altamente dinámica no se obtiene ningún valor lambda real no estacionario, sino que el lambda real instantáneo no se aleja mucho del valor lambda teórico.

Un programa de ordenador conforme a la invención para un motor de combustión interna con una secuencia de comandos resulta apropiado conforme a la invención para llevar a cabo el procedimiento descrito anteriormente, si la secuencia de comandos se ejecuta en un ordenador, particularmente un aparato de control para un motor de combustión interna. El programa de ordenador puede perfeccionarse conforme a la invención, almacenando la secuencia de comandos en un soporte de datos que pueda ser leído por un ordenador. Por consiguiente, el procedimiento conforme a la invención se ejecuta, en este caso, en forma de programa de ordenador, previsto para un motor de combustión interna, particularmente de un vehículo. El soporte de datos que puede ser leído por un ordenador puede ser, por ejemplo, un disquete, un disco compacto o una llamada memoria flash.

El programa de ordenador puede distribuirse, si fuera necesario, junto con otros programas de ordenador como producto de software, por ejemplo, a un fabricante de aparatos de control para motores de combustión interna. La transmisión del producto de software puede realizarse además mediante el envío de un disquete o de un CD, cuyo contenido transfiere entonces el fabricante de aparatos de control al aparato de control. Resulta asimismo posible remitir una memoria flash al fabricante de aparatos de control, que la emplee directamente en el aparato de control. Resulta asimismo posible enviar el producto de software a través de una red electrónica de comunicaciones, particularmente a través de Internet, al fabricante de aparatos de control. En este caso, el producto de software representa el producto distribuido como tal - independientemente de un medio electrónico de almacenamiento -. El fabricante de aparatos de control descarga en este caso el producto de software, por ejemplo, desde Internet, para almacenarlo posteriormente, por ejemplo, en una memoria flash e insertarlo en el aparato de control.

El programa de ordenador puede distribuirse también como producto de software independiente, que un fabricante de aparatos de control transfiere junto con otros productos de software de otro (tercer) fabricante en el aparato de control. En este caso representa el producto de software conforme a la invención un módulo compatible con otros módulos de otros fabricantes.

Un aparato de control conforme a la invención de accionamiento de un motor de combustión interna de inyección directa se perfecciona por el hecho de que el aparato de control activa el motor de combustión interna al menos en un modo de operación pobre con carácter homogéneo (HMM), buscándose en el modo de operación un valor lambda constante, desplazándose los valores lambda entre un valor lambda límite inferior y uno superior y efectuándose en determinadas situaciones de operación una expansión de los valores lambda límite.

Un motor de combustión interna de inyección directa conforme a la invención está perfeccionado respecto al estado actual de la técnica por el hecho de que el motor de combustión interna opera al menos en un modo de operación pobre con carácter homogéneo (HMM), buscándose en este modo de operación un valor lambda constante, desplazándose los valores lambda entre un valor lambda límite inferior y uno superior y efectuándose en determinadas situaciones de operación una expansión de los valores lambda límite.

Tanto el aparato de control conforme a la invención como también el motor de combustión interna de inyección directa conforme a la invención presentan las ventajas análogas al procedimiento conforme a la invención.

Otras características, posibilidades de aplicación y ventajas de la invención se deducen de la siguiente descripción de los ejemplos de ejecución de la invención representados en las Figuras.

### 50 Ejemplos de ejecución de la invención

La Figura 1 muestra un ejemplo de ejecución de un motor de combustión interna de inyección directa conforme a la invención, así como de un aparato de control conforme a la invención,

55 La Figura 2 muestra un primer ejemplo de ejecución del procedimiento conforme a la invención,

La Figura 3 muestra un segundo ejemplo de ejecución del procedimiento conforme a la invención,

60 La Figura 4 muestra un tercer ejemplo de ejecución del procedimiento conforme a la invención y

La Figura 5 muestra un cuarto ejemplo de ejecución del procedimiento conforme a la invención.

La Figura 1 muestra un ejemplo de ejecución de un motor de combustión interna de inyección directa conforme a la invención. En el motor de combustión interna 1 puede desplazarse un pistón 2 de un lado a otro de un cilindro 3. El cilindro 3 está provisto de una cámara de combustión 4, a la que se conectan un tubo de aspiración 6 y un tubo de escape de gases 7 a través de válvulas 5. A la cámara de combustión 4 se conectan además una válvula de inyección 8 controlable con la señal TI y una bujía 9 controlable con la señal ZW. Las señales TI y ZW se transmiten, en esta ocasión, desde un aparato de control 16 a la válvula de inyección 8 y/o a la bujía 9.

## ES 2 298 315 T3

El tubo de aspiración 6 está provisto de un sensor de la masa de aire 10 y el tubo de escape de gases 7 de un sensor lambda 11. El sensor de la masa de aire 10 mide la masa de aire del aire fresco alimentado al tubo de aspiración 6 y produce, en función de ésta, una señal LM. El sensor lambda 11 mide el contenido en oxígeno del gas de escape en el tubo de escape de gases 7 y produce, en función de éste, una señal lambda. Las señales del sensor de la masa de aire 10 y del sensor lambda 11 se suministran al aparato de control 16.

En el tubo de aspiración 6 se coloca una válvula de estrangulamiento 12, cuya posición de giro puede ajustarse por medio de una señal DK. El tubo de escape de gases 7 puede estar además conectado al tubo de aspiración 6 a través de una línea de recirculación de los gases de escape (AGR) no representada aquí. El control de la recirculación de los gases de escape puede realizarse, por ejemplo, a través de una válvula de recirculación de los gases de escape, asimismo no representada aquí, controlable por el aparato de control 16.

En un primer modo de ejecución, la operación homogénea del motor de combustión interna 1, la válvula de estrangulamiento 12 se abre y/o se cierra parcialmente en función de la masa de aire alimentada deseada. El combustible es inyectado por la válvula de inyección 8 durante una fase de aspiración producida por el pistón 2 en la cámara de combustión 4. El combustible inyectado es arremolinado por el aire aspirado al mismo tiempo y se distribuye, por tanto, en la cámara de combustión 4 de manera esencialmente uniforme/homogénea. Posteriormente se comprime la mezcla combustible-aire durante la fase de compresión, para ser encendida entonces por la bujía 9. El pistón 2 es accionado por la expansión del combustible encendido.

En un segundo modo de ejecución, la operación laminar del motor de combustión interna 1, la válvula de estrangulamiento 12 se abre ampliamente ( $\lambda \gg 1$ ). El combustible es inyectado por la válvula de inyección 8 en la cámara de combustión 4 durante una fase de compresión producida por el pistón 2. Entonces se enciende el combustible con ayuda de la bujía 9, de forma que se accione el pistón 2 en la fase de operación ahora siguiente mediante la expansión del combustible encendido.

Otro posible modo de ejecución es la operación homogénea pobre HMM, en la que, como en la operación homogénea, se inyecta combustible en la cámara de combustión 4 durante la fase de aspiración. En contraste con la operación homogénea, se ajusta una mezcla aire-combustible de  $\lambda > 1$ . En esta ocasión, un valor lambda de aproximadamente 1,6 se considera ideal para una operación homogénea pobre estacionaria HMM con un ratio de recirculación de gases de escape (AGR) del 0%. A mayores ratios de AGR se buscan valores lambda menores de, por ejemplo, 1,3. En el modo de operación homogéneo pobre HMM se trata de un modo de ejecución pobre con carácter homogéneo en principio, teniendo que considerarse el modo de ejecución como un modo de ejecución dirigido por el aire (como la operación homogénea). Dirigido por el aire significa, en esta ocasión, que la magnitud que influye sobre el par de giro es la cantidad de aire introducida.

El motor de combustión interna 1 puede conmutarse con ayuda del aparato de control 16 entre los diferentes modos de operación. En todos los modos de operación, el pistón 2 accionado pone un eje del cigüeñal 14 en movimiento de giro, a través del cual se accionan finalmente las ruedas del vehículo. Sobre el eje del cigüeñal 14 se dispone una rueda dentada, cuyos dientes son detectados por un sensor de revoluciones 15 dispuesto directamente enfrente. El sensor de revoluciones 15 produce una señal, a partir de la cual se determina el número de revoluciones n del eje del cigüeñal 14 y envía esta señal n al aparato de control 16. En todos los modos de operación, la masa de combustible inyectada por la válvula de inyección 8 en la cámara de combustión es guiada y/o regulada por el aparato de control 16, particularmente considerando un bajo consumo de combustible y/o un bajo desarrollo de sustancias perjudiciales y/o un par teórico deseado. También la expansión conforme a la invención de los valores lambda límite se lleva a cabo en el aparato de control 16. El aparato de control 16 está provisto, para este propósito, de un microprocesador, que ha almacenado el código de programa en un medio de almacenamiento, apropiado para llevar a cabo el control y/o regulación integral conforme a la invención del motor de combustión interna 1.

El aparato de control 16 acorde a la Figura 1 está además conectado a un sensor de aceleración 17, que produce una señal FP, que indica la posición de un pedal acelerador accionable por un conductor y, por tanto, el par requerido por el conductor. Conforme a otras condiciones de operación y al par requerido por el conductor, el aparato de control 16 selecciona el modo de ejecución a implementar actualmente y lo activa y/o regula correspondientemente.

El procedimiento conforme a la invención implementado en el aparato de control 16 se explica detalladamente en el contexto de las siguientes Figuras 2 a 5.

La Figura 2 muestra un primer ejemplo de ejecución del procedimiento conforme a la invención de accionamiento de un motor de combustión interna de inyección directa. El tiempo se representa en la Figura 2, así como también en las siguientes Figuras 3, 4 y 5, sobre el eje horizontal. El eje vertical representa los valores lambda. Adicionalmente se proporcionan tres evoluciones de la señal por debajo del sistema de coordenadas. La evolución de la señal B\_hmms representa la señal solicitada por el modo de ejecución homogéneo/pobre (HMM). Esto representa, por consiguiente, prácticamente el estado teórico del modo de ejecución. La segunda evolución de la señal B\_hmm representa el estado real del modo de ejecución homogéneo/pobre (HMM). Siempre que B\_hmm tenga alto nivel ("high level"), se ejecuta, por consiguiente, el modo de ejecución homogéneo/pobre (HMM). La tercera evolución de la señal B\_hmmlgs significa que, siempre que esta señal tenga alto nivel, se ejecuta el modo de ejecución homogéneo/pobre HMM dirigido por el aire y con límites de lambda constantes. Para la mejor descripción de las diferentes evoluciones representadas se proyectan por debajo de las señales instantes discretos t1, t2, t3, t31, t32, t4 y t5. La evolución de la curva 21

## ES 2 298 315 T3

representa un límite superior de lambda para el modo de ejecución homogéneo/pobre HMM y la evolución de la curva 22, un límite inferior de lambda para el modo de ejecución homogéneo/pobre HMM. La evolución 23 caracteriza un lambda objetivo buscado y/o un lambda teórica, mientras que la evolución de la curva 24 describe el valor lambda real instantáneo. La evolución mostrada en la Figura 2 representa, en conjunto, una transición desde otro modo de ejecución cualquiera al modo de ejecución homogéneo/pobre (HMM) y viceversa. Por ejemplo, antes del instante t2 puede haber predominado un modo de ejecución homogéneo. Para el caso de que el conductor del vehículo reduzca el deseo de par y/o desacelere, el valor lambda discurre en dirección pobre, por lo que en el instante t1 la señal B\_hmms se pone a alto, con lo que se solicita el modo de ejecución homogéneo/pobre. En un instante posterior se acepta que el conductor del vehículo aumente de nuevo su deseo de par, presionando el acelerador. Esto conlleva que el requisito del modo de ejecución homogéneo/pobre B\_hmms se reduzca en un instante t4 de high a low, de forma que en la evolución ulterior se cambie, a partir del instante t5, de nuevo a otro modo de ejecución. Antes del instante t2 y tras el instante t5, se predefinen los límites de lambda 21 y 22 para el modo de ejecución homogéneo/pobre HMM como función de la combustibilidad, es decir, tiene que haber una mezcla combustible en forma de combustible, o también de la emisión máxima de NOx.

Acorde al requisito del modo de ejecución homogéneo/pobre en el instante t1, en el instante t2 se inicia la transición del modo de ejecución homogéneo al modo de ejecución homogéneo/pobre, lo que puede reconocerse mediante el “high level” de la señal B\_hmm. Para ello se rampan los límites de lambda 21 y 22 al valor lambda objetivo 23, forzándose el valor lambda a desplazarse dentro del pasillo predefinido. La evolución instantánea de lambda 24 ajustada de ese modo muestra que el valor lambda no afecta, hasta el instante t3, al límite inferior de lambda 22, de forma que en este intervalo los límites de lambda 21 y 22 han de verse como una función neta de seguridad. En el instante t3 el valor lambda real 24 ha alcanzado aproximadamente el valor lambda teórico 23 y los límites superior y inferior de lambda 21 y/o 22 se fijan en aproximadamente el mismo valor constante. A partir de este instante t3 se ejecuta el modo de ejecución homogéneo/pobre como modo de ejecución controlado por el aire con valor lambda constante, lo que se predefine mediante la señal B\_hmmlgs y su “high level” a partir del instante t3. El periodo entre los instantes t3 y el siguiente instante t31 puede ser, en la práctica, arbitrariamente largo, mientras no ocurra ninguna situación de operación determinada, en la que se tenga que desviar del modo de operación dirigido por el aire. La ventaja de las rampas de los límites superior y inferior de lambda entre los instantes t2 y t3 estriba también en que un intervalo regulable de pares de giro durante la conmutación del instantes t2 al t3 queda definido por un lambda variable dentro del intervalo entre los límites superior e inferior 21 y 22.

Dentro del modo de ejecución homogéneo/pobre (HMM), para un valor lambda estacionario (t3 a t31) debido a las demandas altamente dinámicas de par de torsión, puede conducir a una expansión a corto plazo de los límites de lambda. Esto se muestra entre los instantes t31 y t32 mediante los picos en la evolución del límite inferior de lambda y del valor lambda real instantáneo 24. En este caso se tolera, por consiguiente, una desviación de lambda del valor lambda teórico, para satisfacer la demanda altamente dinámica de par de torsión. Esta demanda altamente dinámica de par de torsión puede derivarse, por ejemplo, de una función anti-sacudidas, de intervenciones de seguridad, funciones de protección del motor o de una regulación dinámica de la conducción (ESP). Después de que la demanda altamente dinámica de par de torsión haya finalizado, se cambia en el instante t32 de nuevo al modo de operación dirigido por el aire del modo de ejecución homogéneo/pobre (HMM) con valor lambda constante. Esto se muestra también en la correspondiente señal de control B\_hmmlgs, que se reduce entre los instantes t31 y t32 a low level, mientras que, a partir del instante t32, hay un “high level”, lo que corresponde exactamente a la control del modo de operación dirigido por el aire. Entre los instantes t32 y t4 puede haber, en la práctica, un periodo de tiempo de cualquier longitud. El periodo entre t32 y t4 representa asimismo, como el periodo entre t3 y t31, un punto de conducción estacionario, que puede mantenerse un tiempo de cualquier longitud. En el instante t4 se reduce el requisito del modo de ejecución homogéneo/pobre (B\_hmms cae a low level) y, paralelamente a esto, se expanden los límites de lambda. El límite superior de lambda 21 se eleva en el instante t4 y el límite inferior de lambda 22 se rebaja en el instante t4. El valor lambda puede ajustarse libremente dentro de los límites 21 y 22 preestablecidos y se origina de la evolución real de lambda 24 mostrada. La libre ajustabilidad del valor lambda ofrece la ventaja, tal y como se ha planteado ya anteriormente, de que durante la conmutación se proporciona un intervalo regulable de pares de giro. Generalmente puede inicializarse la expansión de los límites de lambda, durante la conmutación del modo de ejecución homogéneo/pobre a otro modo cualquiera de ejecución, en valores ilimitados. En esta ocasión ha de verse ilimitado, desde el punto de vista técnico, como un cierto límite mínimo y máximo. En el instante t5, el valor lambda disminuye a un pequeño valor de lambda = 1 y el modo de ejecución homogéneo/pobre ha concluido, lo que se muestra mediante la señal B\_hmm, que en el instante t5 pasa a low level. A partir del instante t5 se ejecuta, por consiguiente, tal y como ocurría ya antes del instante t2, un modo de operación homogéneo, lo que puede reconocerse por el hecho de que el valor lambda se encuentre en 1.

La representación acorde a la Figura 2 muestra, por tanto, por un lado, una transición de un modo de operación homogéneo al modo de operación homogéneo/pobre y de nuevo al modo de operación homogéneo. Si la evolución del valor real de lambda 24 transcurriera antes del instante t2 cerca del límite superior de lambda 21 o por encima, esto querría decir, que antes del instante t1 existe un tipo de operación laminar pobre. En este caso, el escenario de conducción sería aproximadamente el siguiente: en un instante t1 comienza a acelerar su automóvil el conductor del vehículo, por lo que en el instante t2 se cambia de un tipo de operación laminar, especialmente pobre, a un modo de operación homogéneo/pobre, y finalmente, a partir del instante t5, se cambia a un modo de ejecución homogéneo, ya que el par de giro requerido en el modo de operación homogéneo/pobre no puede seguir disponible.

Paralelamente a la variación de lambda mostrada en la Figura 2, durante una conmutación neutra en par de giro

## ES 2 298 315 T3

desde los modos de operación homogéneo (con  $\lambda = 1$ ) o laminar ( $\lambda \gg 1$ ) al modo de ejecución homogéneo/pobre, se tiene que efectuar un correspondiente aumento del relleno y llevar a cabo adicionalmente una elevación del ángulo de encendido. El objetivo de la operación homogénea/pobre es un estado con  $\lambda$  constante, ya que en este estado de operación puede verse un compromiso óptimo entre las emisiones de gases de escape (en primera línea 5 emisiones de NOx) y la movilidad del vehículo.

La Figura 3 representa otro modo de ejecución del procedimiento conforme a la invención. También en esta ocasión se representa una transición del modo de ejecución homogéneo con  $\lambda=1$  (antes del instante  $t_2$ ) al modo de ejecución homogéneo-pobre (de  $t_2$  a  $t_5$ , siendo  $t_1$  a  $t_2$  y  $t_4$  a  $t_5$  “periodos de transición”) y de nuevo al modo de ejecución homogéneo (tras  $t_5$ ). La evolución de la curva 31 representa el límite superior y la evolución de la curva 32 el límite inferior de  $\lambda$  para el modo de ejecución homogéneo/pobre HMM. La evolución de la curva 33 muestra el valor teórico de  $\lambda$  deseado y la evolución de la curva 34 muestra el valor real de  $\lambda$ . En comparación con la Figura 2, en la representación acorde a la Figura 3 no se muestra ninguna interferencia altamente dinámica del par entre los instantes  $t_3$  y  $t_4$ . Las otras evoluciones de las curvas concuerdan, en cambio, hasta el instante  $t_4$  con las evoluciones correspondientes de las curvas acordes a la Figura 2. 10 15

En el instante  $t_4$  se reduce, como en la Figura 2, el requisito del modo de ejecución homogéneo-pobre (HMM) ( $B_{hmm}$  pasa a low level). En comparación con la Figura 2, sin embargo, el aparato de control del motor monitoriza la evolución de  $\lambda$  y comprueba, que el valor  $\lambda$  discurre en dirección rico, o sea, en dirección hacia valores 20  $\lambda$  menores. Como el valor real de  $\lambda$  discurre en dirección rico, primero no se expande el límite pobre superior 31, sino que sigue discuriendo entre los instantes  $t_4$  y  $t_5$  al mismo nivel que antes de  $t_4$ . Esta ordenación del procedimiento conforme a la invención ofrece la ventaja de que una demanda altamente dinámica de par de giro que aparece posiblemente entre los instantes  $t_4$  y  $t_5$  está limitada, en lo que a la rápida variación de  $\lambda$  se refiere, a un salto máximo de  $\lambda$  desde la curva real actual de  $\lambda$  34 hasta el límite superior de  $\lambda$  31. Como el salto de  $\lambda$  está limitado y debería evitarse claramente un salto del par y/o una sacudida del vehículo, otras medidas han de compensar el salto limitado de  $\lambda$ . 25

En el instante  $t_5$  concluye el modo de ejecución homogéneo-pobre,  $B_{hmm}$  pasa a low level, y comienza el modo de ejecución homogéneo. Al mismo tiempo del comienzo del modo de ejecución homogéneo a partir del instante  $t_5$ , se libera también el límite superior de  $\lambda$ . Aquí se aplican las correspondientes referencias de la Figura 2. 30

En las Figuras no se representan las evoluciones de la señal de los modos de operación activados antes y/o después del modo de ejecución homogéneo-pobre. En la Figura 3 se produciría, por ejemplo, a partir del instante  $t_4$ , una señal de solicitud para el modo de ejecución homogéneo y, a partir de  $t_5$  finalizaría el modo de ejecución homogéneo. En el modo de ejecución homogéneo, como ya también en el periodo de transición de  $t_4$  a  $t_5$ , puede influirse sobre el par de giro producido por el motor de combustión interna mediante la variación del ángulo de encendido. Se brinda esta posibilidad, para compensar la delimitación del salto de  $\lambda$  en el intervalo de tiempo entre  $t_4$  y  $t_5$ , para solicitudes altamente dinámicas de par de giro que aparezcan repentinamente. 35

La Figura 4 muestra esencialmente el modo de ejecución acorde a la Figura 3, sólo que en la Figura 4, antes del instante  $t_2$ , está activo un tipo de operación laminar y la curva real de  $\lambda$  44 discurre, a partir del instante  $t_4$ , en dirección pobre. La presencia del tipo de operación laminar antes del instante  $t_2$  se puede distinguir en la evolución de la curva real de  $\lambda$  44, que proviene de valores  $\lambda$  pobres altos. Como la curva real de  $\lambda$  44 discurre a partir del instante  $t_4$  en dirección pobre, en el caso de la Figura 4, el límite de  $\lambda$  rico inferior se deja sin modificar para el modo de ejecución homogéneo/pobre HMM 42 y únicamente se expande el límite superior de  $\lambda$  para el modo de ejecución homogéneo/pobre HMM 41. A partir del instante  $t_5$  concluye el modo de operación homogéneo-pobre y los límites de  $\lambda$  41 y 42 se expanden de nuevo totalmente y/o se liberan. La evolución de la curva 43 representa el valor teórico buscado de  $\lambda$ . Mediante la retención del límite inferior de  $\lambda$  entre  $t_4$  y  $t_5$  se originan las ventajas análogas a las de la Figura 3. 40 45

La Figura 5 muestra otro ejemplo de ejecución del procedimiento conforme a la invención. Las evoluciones de las curvas corresponden esencialmente a aquellas acorde a la Figura 3. Las evoluciones de las curvas 51 y 52 son los límites superior e inferior de  $\lambda$  para el modo de ejecución homogéneo/pobre HMM. La curva 53 es el valor teórico de  $\lambda$  y la curva 54 representa el valor real de  $\lambda$ . Las diferencias respecto a la Figura 3 se producen a partir del instante  $t_4$ . También en el ejemplo de ejecución acorde a la Figura 5 se monitoriza, a partir del instante  $t_4$ , la evolución real ulterior de  $\lambda$  54. Se comprueba que la evolución real de  $\lambda$  54 discurre en la dirección de los valores  $\lambda$  más ricos. El límite pobre superior de  $\lambda$  51 se ajusta a partir del instante  $t_4$  al valor real de  $\lambda$  54, lo que evita en la práctica la posibilidad de un salto de  $\lambda$  en la dirección pobre para una posible demanda altamente dinámica de par de torsión en el periodo entre  $t_4$  y  $t_5$ . Si en un instante entre  $t_4$  y  $t_5$  se produjera una demanda repentina de par de torsión, que tuviera como consecuencia un salto del valor real de  $\lambda$  en la dirección pobre, las evoluciones de las curvas 51 y 54 discurrirían, desde este instante hasta  $t_5$ , horizontalmente. El valor real de  $\lambda$  no se elevaría, sino que proseguiría hasta el instante  $t_5$  a un valor constante. A partir del instante  $t_5$  está activo el modo de ejecución homogéneo y los límites de  $\lambda$  51 y 52 se liberan. 50 55 60

Otra posibilidad no representada en las Figuras consiste en en el seguimiento análogo al de la Figura 5 del límite inferior de  $\lambda$  52, si el valor real de  $\lambda$  54 discurre a partir del instante  $t_4$  en dirección pobre. También aquí se liberarían a partir del instante  $t_5$ , en el que podría estar activo, por ejemplo, el tipo de operación laminar, los límites de  $\lambda$  51 y 52. 65

# ES 2 298 315 T3

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de accionamiento de un motor de combustión interna de inyección directa, desplazándose los valores lambda entre un valor lambda límite inferior y uno superior y operando el motor de combustión interna al menos en un modo de operación pobre con carácter homogéneo (HMM), **caracterizado** porque en el modo de operación se busca un valor lambda constante y porque en determinadas situaciones de operación se efectúa una expansión de los valores lambda límite.
- 10 2. Procedimiento acorde a la Reivindicación 1, **caracterizado** porque las situaciones de operación determinadas comprenden al menos
- la conmutación desde un modo de operación cualquiera al modo de operación pobre con carácter homogéneo (HMM),
  - 15 - desde el modo de operación pobre con carácter homogéneo (HMM) a otro modo de operación cualquiera o
  - una rápida demanda de par de torsión en operación estacionaria.
- 20 3. Procedimiento acorde a la Reivindicación 1, **caracterizado** porque los valores lambda límite superior e inferior se aproximan al mismo valor lambda límite objetivo, correspondiendo el valor lambda límite objetivo al valor lambda constante buscado.
- 25 4. Procedimiento acorde a la Reivindicación 1, **caracterizado** porque la determinación de los límites de lambda se lleva a cabo de tal manera que el motor de combustión interna genere un par de giro aproximadamente constante.
5. Procedimiento acorde a la Reivindicación 1, **caracterizado** porque el modo de operación pobre con carácter homogéneo (HMM) es un modo de operación controlado por el aire.
- 30 6. Procedimiento acorde a la Reivindicación 5, **caracterizado** porque a través de la determinación de los valores lambda límite se lleva a cabo una compensación del par de giro.
7. Procedimiento acorde a la Reivindicación 2, **caracterizado** porque,
- 35 - se monitoriza una evolución de lambda,
  - se comprueba, si la evolución de lambda discurre en dirección rico o en dirección pobre,
  - si la evolución de lambda discurre en la dirección rico, el valor lambda límite pobre superior no se expande y
  - 40 - si la evolución de lambda discurre en la dirección pobre, el valor lambda límite rico inferior no se expande.
8. Procedimiento acorde a la Reivindicación 2, **caracterizado** porque,
- 45 - se monitoriza una evolución de lambda,
  - se comprueba, si la evolución de lambda discurre en dirección rico o en dirección pobre,
  - 50 - si la evolución de lambda discurre en la dirección rico, el valor lambda límite pobre superior se ajusta a la evolución de lambda y
  - si la evolución de lambda discurre en la dirección pobre, el valor lambda límite rico inferior se ajusta a la evolución de lambda.
- 55 9. Programa de ordenador para un motor de combustión interna, con una secuencia de comandos, mediante los cuales puede efectuarse el procedimiento según al menos una de las Reivindicaciones 1 a 9, cuando se ejecutan en un ordenador, particularmente un aparato de control para un motor de combustión interna.
- 60 10. Programa de ordenador acorde a la Reivindicación 9, almacenándose la secuencia de comandos en un soporte de datos que pueda ser leído por un ordenador.
- 65 11. Aparato de control de accionamiento de un motor de combustión interna de inyección directa, activando el aparato de control el motor de combustión interna, al menos en un modo de operación pobre con carácter homogéneo (HMM), buscándose en el modo de operación un valor lambda constante, desplazándose los valores lambda entre un valor lambda límite inferior y uno superior y efectuándose en determinadas situaciones de operación una expansión de los valores lambda límite.

## ES 2 298 315 T3

12. Motor de combustión interna de inyección directa, operando el motor de combustión interna al menos en un modo de operación pobre con carácter homogéneo (HMM), buscándose en el modo de operación un valor lambda constante, desplazándose los valores lambda entre un valor lambda límite inferior y uno superior y efectuándose en determinadas situaciones de operación una expansión de los valores lambda límite.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

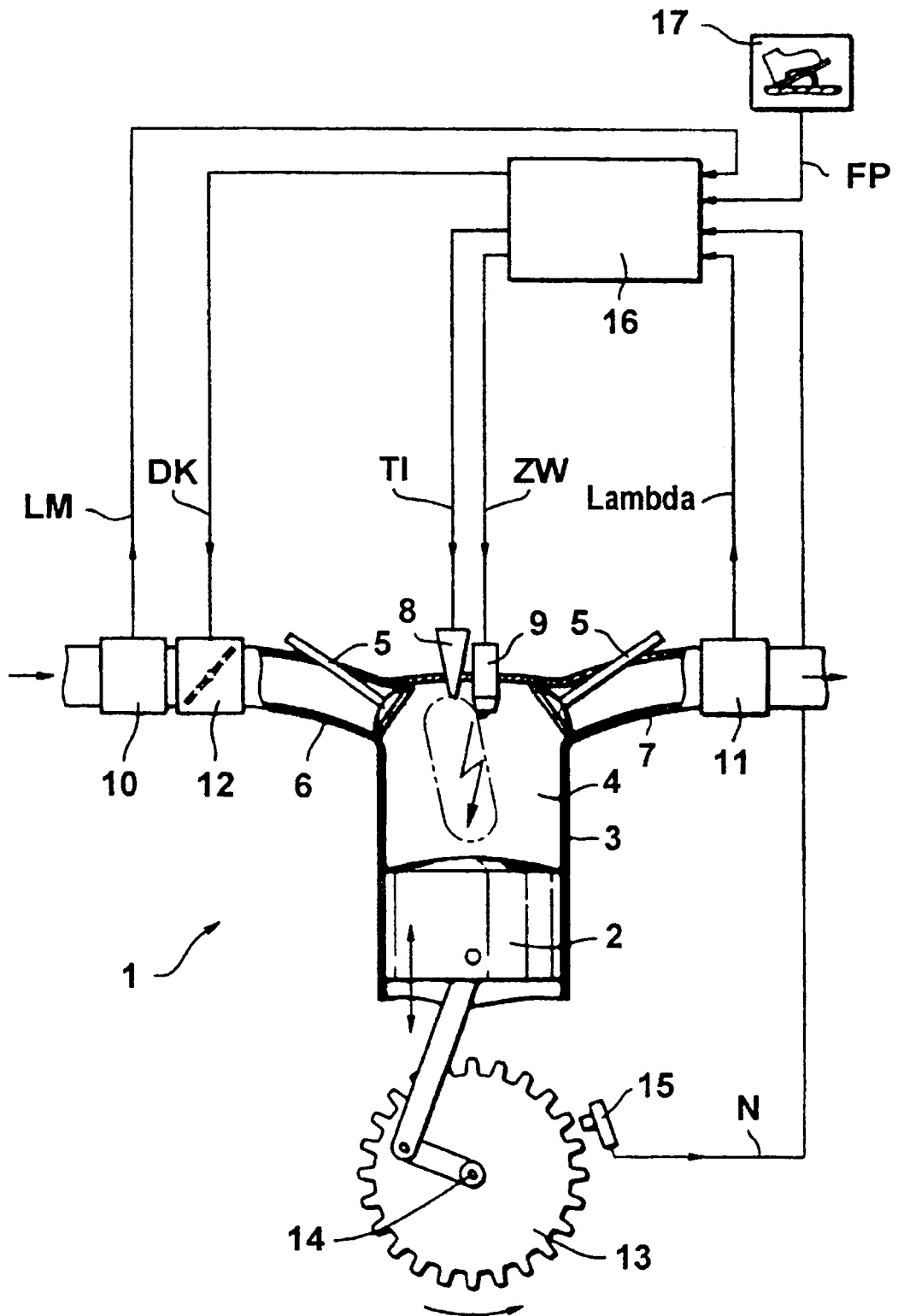


Fig. 2

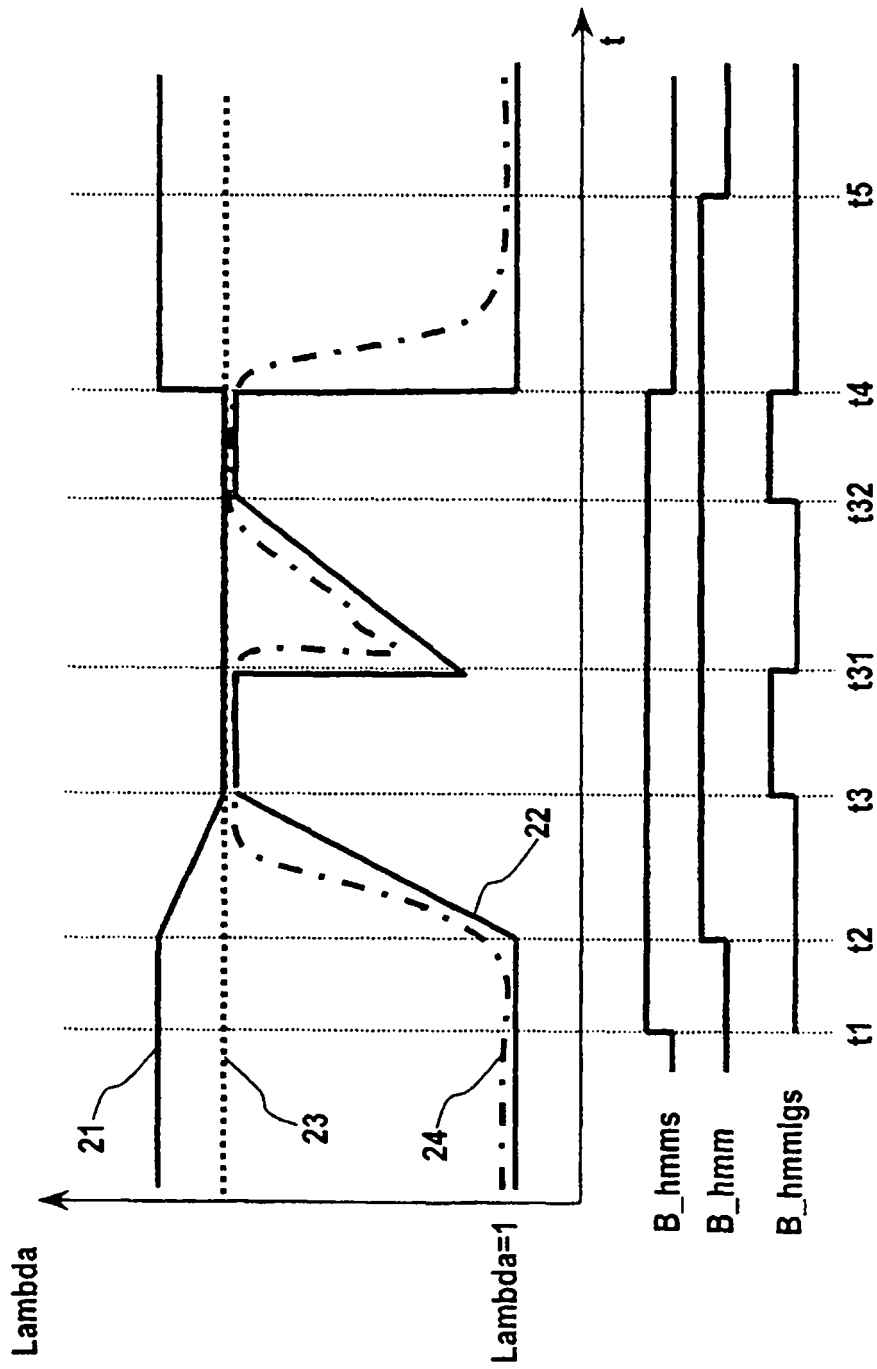


Fig. 3

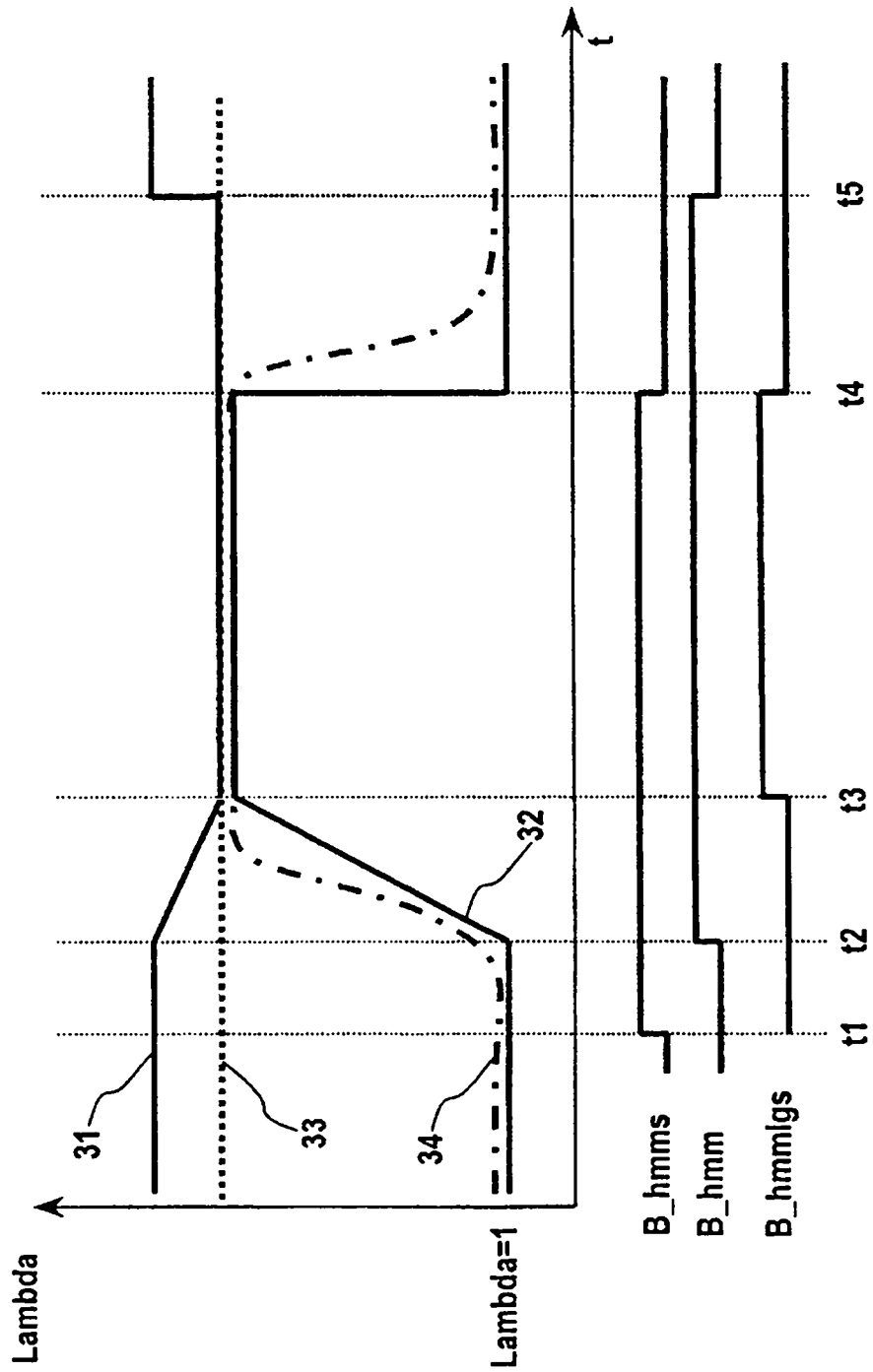


Fig. 4

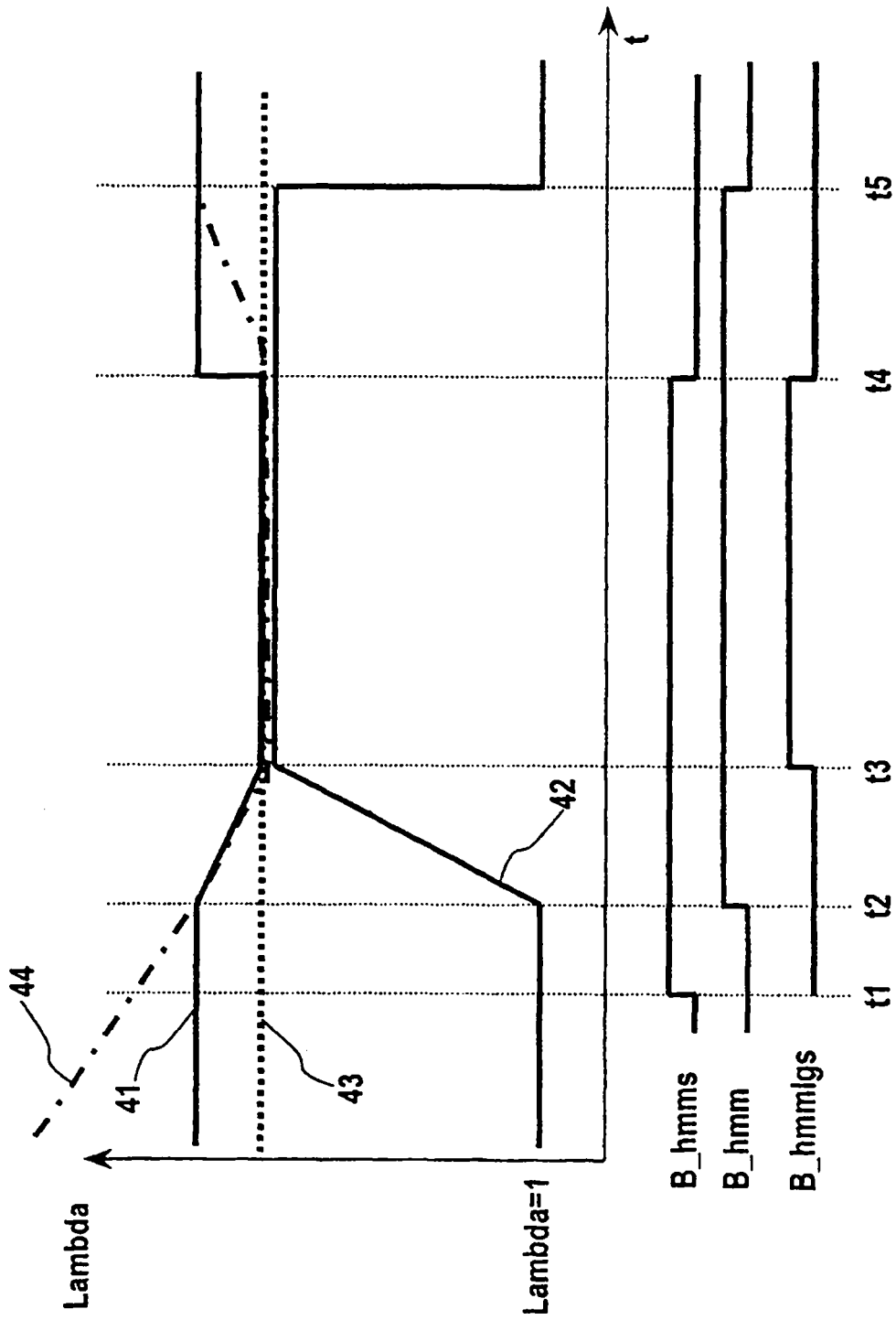


Fig. 5

