

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 895**

51 Int. Cl.:

F02D 19/06 (2006.01)
F02D 19/08 (2006.01)
F02D 13/02 (2006.01)
F01L 13/00 (2006.01)
F02D 41/30 (2006.01)
F02D 41/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2013 E 13150421 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 2752571**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para controlar el funcionamiento de un motor de doble combustible**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.10.2015

73 Titular/es:

**CATERPILLAR MOTOREN GMBH & CO. KG
(100.0%)
Falckensteiner Strasse 2
24159 Kiel, DE**

72 Inventor/es:

**SIXEL, EIKE JOACHIM;
HAAS, STEFAN;
BANCK, ANDREAS;
REBELEIN, WERNER y
RUSCHMEYER, KAI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 547 895 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 controlar el funcionamiento de un motor de doble combustible

5 Campo de la técnica

La presente divulgación se refiere en general a un procedimiento y dispositivo para controlar el funcionamiento de un motor de doble combustible, es decir, de un motor de combustión interna que funciona tanto con combustible líquido como con combustible gaseoso. Un motor de doble combustible de este tipo puede estar equipado con un sistema de recirculación de gases de escape (EGR) y/o puede cargarse a través de un turboalimentador de gases de escape. En particular, pero no exclusivamente, los grandes motores de combustión interna configurados para quemar combustible diesel y gas como los que se utilizan, por ejemplo, en buques, en centrales eléctricas o con vehículos pesados y vehículos de construcción pueden ser controlados de acuerdo con la presente divulgación.

15 Antecedentes

Se conocen varias tecnologías para el ajuste de la apertura y cierre de las válvulas de admisión y de las válvulas de escape, por ejemplo, a partir de los documentos EP 0 560 126 A1, GB 969.297, US 5.713.335 A, US 5.666.913 A, JP 2006-153009 A, DE 33 13 313 C2, DE 10 2004 057 438 A1, US 2009/0235886 A1, JP 11-36833 A, DE 32 13 565 A1, US 6.431.134 B1, EP 1 273 795 A1, EP 1 477 638 A1 y DE 10 359 087 B3.

El documento EP 2 136 054 A1 muestra un dispositivo para controlar el funcionamiento de un motor diesel equipado con un árbol giratorio provisto de tres excéntricas. Cada excéntrica sirve de soporte a una palanca de accionamiento. Una primera excéntrica sirve de soporte a una palanca de accionamiento de válvula de admisión formada, por ejemplo, como un brazo oscilante, que puede trazar una carrera de una leva de admisión a través, por ejemplo, de un rodillo apoyado en la misma, y puede transmitirlo a la válvula de admisión a través, por ejemplo, de un botador de accionamiento de válvula de admisión, con el fin de hacer funcionar la válvula de admisión. De una manera similar, una segunda excéntrica sirve de soporte a una palanca de accionamiento de válvula de escape, que puede trazar la carrera de una leva de escape a través, por ejemplo, de un rodillo apoyado en la misma y transmitirlo a un botador de accionamiento de la válvula de escape. Una carrera de una leva de bomba de combustible puede ser trazada, por ejemplo, mediante un rodillo dispuesto en el extremo de una palanca de accionamiento de la bomba y transmitida a un pistón de la bomba a través, por ejemplo, de un resorte de presión. La palanca de accionamiento de la bomba está apoyada en la tercera excéntrica. Las excéntricas se pueden formar de forma integral con el árbol. Las excentricidades de las superficies circunferenciales cilíndricas preferentemente circulares de las excéntricas con respecto al eje del árbol giratorio, así como la posición relativa de las excentricidades respecto a la posición de giro del árbol se pueden seleccionar individualmente de acuerdo con los requisitos respectivos. Un actuador y ruedas de engranajes forman una unidad de accionamiento. En el funcionamiento estacionario, el motor diesel se hace funcionar a una carga mayor que 25 % de plena carga con dos curvas de elevación de la válvula, es decir, en un ciclo Miller. A cargas inferiores a 25 % de la plena carga, el árbol es girado, de manera que el motor diesel se hace funcionar con dos curvas diferentes de elevación de la válvula. Esta tecnología se conoce también como tecnología de árbol de levas flexible (FCT).

Todas las tecnologías conocidas de los documentos de la técnica anterior mencionados anteriormente parecen limitarse a los modos de combustible diesel y pueden no ser adecuadas para motores de doble combustible.

La presente divulgación está dirigida, al menos en parte, a la mejora o superación de uno o más aspectos de los sistemas anteriores.

50 Compendio de la divulgación

En general, la presente divulgación se refiere a un dispositivo para controlar el funcionamiento de un motor de doble combustible con capacidad para funcionar en un modo de combustible líquido de baja carga, en un modo de combustible líquido de alta carga y en un modo de combustible gaseoso (también referido como modo gas). Un árbol giratorio provisto de primera a tercera excéntricas puede hacerse girar mediante un dispositivo de ajuste. Dos diferentes ángulos de rotación del árbol en combinación con diseños y disposiciones individuales de la primera, segunda y tercera excéntricas pueden dar como resultado las apropiadas diferentes sincronizaciones de apertura y cierre respectivas de las válvulas de admisión y escape, y de una sincronización de inyección ajustada del combustible diesel durante un modo de combustible líquido de baja carga, un modo de combustible diesel de alta carga y un modo de combustible gas.

En un aspecto de la presente divulgación, un dispositivo para controlar el funcionamiento de un motor de doble combustible con capacidad para funcionar en un modo de combustible líquido de baja carga, en un modo de combustible líquido de alta carga y en un modo de combustible gas comprende un árbol apoyado rotacionalmente, estando el árbol provisto de una primera excéntrica, una segunda excéntrica y una tercera excéntrica, estando configurada la primera excéntrica para servir de soporte a una palanca de accionamiento de válvula de admisión para controlar una válvula de admisión, estando configurada la segunda excéntrica para servir de soporte a una

palanca de accionamiento de válvula de escape para controlar una válvula de escape, y estando configurada la
 tercera excéntrica para servir de soporte a una palanca de accionamiento de bomba de combustible para controlar
 una bomba de combustible. El dispositivo comprende además un dispositivo de ajuste configurado para ajustar el
 ángulo de rotación del árbol al menos a una primera posición angular y en una segunda posición angular diferente
 5 de la primera posición angular, estando asociada la primera posición angular con el modo de combustible líquido de
 alta carga y estando asociada la segunda posición angular con el modo de combustible líquido de baja carga y el
 modo de combustible gas. La primera excéntrica está diseñada y dispuesta sobre el árbol de manera que, en la
 primera posición angular, la válvula de admisión asociada se abre en una primera sincronización de apertura de la
 10 válvula de admisión, y, en la segunda posición angular, la válvula de admisión asociada se abre en una segunda
 sincronización de apertura de la válvula de admisión más tarde que la primera sincronización de apertura de la
 válvula de admisión. La segunda excéntrica está diseñada y dispuesta sobre el árbol de manera que, en la primera
 posición angular, la válvula de escape asociada se abre en una primera sincronización de apertura de la válvula de
 escape, y, en la segunda posición angular, la válvula de escape asociada se abre en una segunda sincronización de
 15 apertura de la válvula de escape antes que la primera sincronización de apertura de la válvula de escape. La tercera
 excéntrica está diseñada y dispuesta sobre el eje de manera que, en la primera posición angular, la bomba de
 combustible asociada es controlada de manera que una inyección principal de combustible líquido se lleva a cabo en
 una primera sincronización de inyección principal de combustible líquido, y, en la segunda posición angular, la
 bomba de combustible asociada es controlada de manera que una inyección principal de combustible líquido se lleva
 20 a cabo en una segunda sincronización de inyección principal de combustible líquido al mismo tiempo o más tarde
 que la primera sincronización de inyección de combustible líquido cuando el motor de doble combustible se hace
 funcionar en el modo de combustible líquido de baja carga.

En otro aspecto de la presente divulgación, se divulga un procedimiento para controlar el funcionamiento de un
 motor de doble combustible que trabajará en un modo de combustible líquido de baja carga, en un modo de
 25 combustible líquido de alta carga y en un modo de combustible gas. El motor de combustión interna comprende un
 árbol provisto de una primera excéntrica, una segunda excéntrica y una tercera excéntrica, estando configurada la
 primera excéntrica para servir de soporte a una palanca de accionamiento de una válvula de admisión para controlar
 una válvula de admisión, estando configurada la segunda excéntrica para servir de soporte a una palanca de
 accionamiento de una válvula de escape para controlar una válvula de escape y estando configurada la tercera
 30 excéntrica para servir de soporte a una palanca de accionamiento de una bomba de combustible para controlar una
 bomba de combustible. El procedimiento comprende la etapa de hacer girar el árbol hasta una primera posición
 angular en la que la primera excéntrica adopta una posición de manera que se ajusta a la palanca de accionamiento
 de la válvula de admisión asociada y la válvula de admisión se abre en una primera sincronización de apertura de la
 válvula de admisión, la segunda excéntrica adopta una posición de manera que se ajusta a la palanca de
 35 accionamiento de la válvula de escape asociada y la válvula de escape se abre en una primera sincronización de
 apertura de la válvula de escape, y la tercera excéntrica adopta una posición de manera que se ajusta a la palanca
 de accionamiento de la bomba de combustible asociada y la bomba de combustible lleva a cabo la inyección
 principal de combustible líquido en una primera sincronización de inyección principal del combustible líquido. El
 procedimiento comprende, además, la etapa de girar el árbol hasta una segunda posición angular diferente de la
 40 primera posición angular, en la que la primera excéntrica adopta una posición tal que se ajusta a la palanca de
 accionamiento de la válvula de admisión asociada y la válvula de admisión se abre en una segunda sincronización
 de apertura de la válvula de admisión más tarde que la primera sincronización de apertura de la válvula de admisión,
 la segunda excéntrica adopta una posición de manera que se ajusta a la palanca de accionamiento de la válvula de
 escape asociada y la válvula de escape se abre en una segunda sincronización de apertura de la válvula de escape
 45 antes que la primera sincronización de apertura de la válvula de escape, y la tercera excéntrica adopta una posición
 de manera que se ajusta a la palanca de accionamiento de la bomba de combustible asociada y la bomba de
 combustible lleva a cabo la inyección principal de combustible líquido en una segunda sincronización de la inyección
 principal de combustible líquido al mismo tiempo o más tarde que la primera sincronización de la inyección principal
 50 del combustible líquido cuando el motor de doble combustible se hace funcionar en el modo de combustible líquido
 de baja carga.

Como se utiliza en el presente documento, motor de doble combustible puede significar cualquier tipo de motor de
 combustión interna configurado para realizar la combustión tanto de combustible líquido, por ejemplo, diesel,
 55 fuelóleo pesado (HFO), gasoil de uso marino (MDO), y combustible gaseoso, por ejemplo, gas natural.

De acuerdo con la presente divulgación, "tarde" puede significar entre otras cosas que la apertura de la válvula de
 admisión comienza más tarde que la apertura de la válvula de admisión en el modo de combustible líquido de alta
 carga. "Temprano" puede significar entre otras cosas que la apertura de la válvula de escape comienza antes que en
 60 el modo de combustible líquido de alta carga.

Debe señalarse que las expresiones "modo de combustible gas", "modo de gas" y "modo de combustible gaseoso"
 pueden usarse en el presente documento para el mismo tipo de modo de funcionamiento del motor de combustión
 interna. Todas estas expresiones pueden referirse al tipo de modo de funcionamiento de un motor de doble
 combustible en el que el motor de doble combustible quema un combustible gaseoso como, por ejemplo, gas de
 65 cualquier calidad del gas, en particular "gas de calidad no oleoducto" asociado con gas de los yacimientos
 petrolíferos. En este sentido, debe entenderse que un sistema de inyección piloto inyecta una cantidad muy pequeña

de combustible líquido cuando el motor de doble combustible se hace funcionar en el modo de gas. El sistema de inyección piloto inyecta una pequeña cantidad de combustible líquido para encender una mezcla de gas/aire. Tales sistemas de inyección piloto son muy conocidos en la técnica y común en los motores de doble combustible. Un sistema de inyección convencional se utiliza cuando el motor de doble combustible funciona con combustible líquido como fuelóleo pesado o gasoil. Si se menciona una parada de combustible líquido en el presente documento en relación con un modo de gas, se pretende indicar la parada de suministro de combustible líquido al sistema de inyección convencional, no al sistema de inyección piloto.

Debe entenderse que cualquier referencia a una válvula de admisión, a una válvula de escape o a una bomba de combustible no limita la presente divulgación a una sola válvula o bomba. Por el contrario, una o más válvulas de admisión y escape o una o más bombas de inyección de combustible pueden ser controladas por una o más excéntricas.

Además, debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la descripción detallada siguiente son sólo ejemplares y aclaratorias y no son restrictivas de la divulgación. Otras características y aspectos de esta divulgación serán evidentes para el experto en la materia basado en la siguiente descripción, los dibujos adjuntos y las reivindicaciones vinculadas.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incorporan en el presente documento y que constituyen una parte de la memoria descriptiva, ilustran realizaciones ejemplares de la divulgación y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la divulgación. En los dibujos:

La Fig. 1 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo para controlar el funcionamiento de un motor de doble combustible de acuerdo con la presente divulgación;

La Fig. 2 muestra un diagrama esquemático de un sistema de inyección que se puede utilizar para aplicar el procedimiento de acuerdo con la presente divulgación;

La Fig. 3 muestra una tabla que representa las sincronizaciones de las válvulas y la sincronizaciones de las inyecciones de acuerdo con la presente divulgación; y

La Fig. 4 muestra realizaciones ejemplares de las curvas de una válvula de admisión y de las curvas de una válvula de escape de acuerdo con un modo de combustible diesel de baja carga y un modo de combustible diesel de alta carga ajustados a través del dispositivo de la Fig. 1.

Descripción detallada

La presente divulgación se puede basar en parte en la comprensión de que una transición entre un modo de combustible líquido y un modo de gas en un motor de doble combustible, por ejemplo, a elevadas cargas del motor, puede que no sea posible con los sistemas anteriores, por ejemplo, las configuraciones previas de FCT tal como la descrita en el documento EP 2 136 054 A1.

En particular, la presente descripción se puede basar en parte en la comprensión de que, en general, se debe utilizar una sincronización temprana de la inyección en un modo de combustible líquido de baja carga para garantizar una combustión sin humo. Sin embargo, cuando se utiliza la misma configuración FCT para el modo de combustible líquido de baja carga y el modo de gas, puede aparecer combustión con detonación en el motor de doble combustible, cuando se realiza la transición desde el modo de gas al modo de combustible líquido con cargas más altas del motor debido a la sincronización temprana de la inyección. Del mismo modo, cuando se realiza la transición desde el modo de combustible líquido al modo de combustible gas a cargas más altas, mayores presiones máximas de encendido durante los últimos ciclos de combustible líquido pueden ser consecuencia de un cierre tardío de la válvula de admisión.

De acuerdo con la presente divulgación, los problemas antes mencionados pueden reducirse utilizando una sincronización de la inyección relativamente tardía en el modo de combustible líquido de baja carga al tiempo que reduce el solapamiento de la válvula en el modo de gas y en el modo de combustible líquido de baja carga. Además, para garantizar una combustión relativamente sin humo en el modo de combustible líquido de baja carga, un sistema de inyección piloto del motor de doble combustible proporciona una inyección piloto temprana del combustible líquido en el modo de combustible líquido de baja carga.

De acuerdo con la Fig. 1, se proporciona un motor de doble combustible no ilustrado, cargado a través de un turboalimentador de gases de escape, que incluye, por ejemplo, un árbol de levas 10 que se forma de manera preferentemente integral con, por ejemplo, varias levas, por ejemplo, una leva de admisión 12, una leva de escape 14 y una leva de bomba 16. En la realización ejemplar descrita a continuación, el motor de doble combustible está configurado para funcionar con combustible diesel como un ejemplo de un combustible líquido en un modo de combustible diesel de baja carga y en un modo de combustible diesel de alta carga, y con gas en un modo de gas. Debe comprenderse, sin embargo, que otras realizaciones de acuerdo con la presente divulgación pueden funcionar con diferentes combustibles líquidos y combustibles gaseosos.

- 5 La leva de admisión 12 está adaptada para hacer funcionar una válvula de admisión que está dispuesta en una entrada de una cámara de combustión de un cilindro del motor de doble combustible y regulada a través de, por ejemplo, una disposición de accionamiento de una válvula de admisión 18. La leva de escape 14 está adaptada para hacer funcionar una válvula de escape dispuesta en una salida de una cámara de combustión de un cilindro del motor de doble combustible a través de, por ejemplo, una disposición de accionamiento de una válvula de escape 20. La leva de bomba 16 está adaptada para hacer funcionar un pistón de bomba 24, dispuesto en una bomba de inyección, a través de, por ejemplo, una disposición de accionamiento de la bomba 22.
- 10 La disposición de accionamiento de la válvula de admisión 18 comprende una palanca de accionamiento de válvula de admisión 26 formada, por ejemplo, como un brazo oscilante, que está adaptado para trazar la carrera de la leva de admisión 12, a través de, por ejemplo, un rodillo 25 apoyado en la misma, y transmitir la misma a la válvula de admisión, a través de, por ejemplo, un botador de accionamiento de la válvula de admisión 28 con el fin de hacer funcionar dicha válvula de admisión.
- 15 De una forma similar, la disposición de accionamiento de la válvula de escape 20 está provista de una palanca de accionamiento de válvula de escape 30, que está adaptada para trazar la carrera de la leva de escape 14 a través de, por ejemplo, un rodillo 29 apoyado en la misma y transmitir la misma a un botador de accionamiento de la válvula de escape 32.
- 20 La carrera de la leva de bomba 16 puede ser trazada mediante, por ejemplo, un rodillo 33 dispuesto en el extremo de una palanca de accionamiento de bomba 34 y puede ser transmitida al pistón de bomba 24.
- 25 En los extremos opuestos más allá de los rodillos de trazado 25, 29 y 33, las palancas de accionamiento 26, 30 y 34 están apoyadas en los discos excéntricos 36, 38 y 40, que se forman de manera preferentemente integral con un árbol giratorio 42 que puede estar apoyado en un compartimiento del motor (no mostrado). Las excentricidades de las superficies circunferenciales cilíndricas preferentemente circulares de los discos excéntricos 36, 38, 40 con respecto al eje del árbol 42, así como las posiciones relativas de las excentricidades con respecto a la posición de giro del árbol 42 pueden ser seleccionadas individualmente de acuerdo con los requisitos respectivos subrayados en el presente documento.
- 30 Con el fin de ajustar la posición de giro del árbol 42, el árbol 42 puede estar conectado, por ejemplo, rígido a la torsión, a un piñón 44 o cualquier otro elemento aplicable que engrane con, por ejemplo, dientes de un piñón segmentario 46, cuya posición de giro puede ser ajustable a través de, por ejemplo, un actuador 48 que incluye una varilla del actuador 49. El actuador 48 junto con el piñón segmentario 46 y el piñón 44 pueden formar una unidad de accionamiento 50. Un cilindro hidráulico o neumático puede ser utilizado como un elemento ajustable longitudinalmente. En otras realizaciones, puede adaptarse un motor lineal o cualquier otro elemento adecuado para girar el árbol 42 de una manera apropiada.
- 35 Una unidad de control 52 se proporciona para controlar el actuador 48. La unidad de control 52 comprende preferentemente un microprocesador con memorias de programa y de datos apropiadas e incluye varias salidas, estando al menos una de dichas salidas conectada al actuador 48. Al menos otra salida de la unidad de control 52 está conectada a un sistema 60 de la inyección piloto del motor de doble combustible. El sistema de inyección piloto 60 puede ser cualquier sistema de inyección piloto conocido, por ejemplo, un sistema de inyección piloto de rampa común, y puede estar configurado para proporcionar una inyección piloto de combustible diesel en una sincronización ordenada por la unidad de control 52. En particular, el sistema de inyección piloto 60 puede incluir un inyector y puede estar configurado para realizar una inyección piloto de combustible diesel en cada modo de accionamiento del motor de doble combustible.
- 45 La unidad de control 52 está preferentemente provista de varias entradas, estando conectada una de dichas entradas, por ejemplo, con un elemento de accionamiento 54 para ajustar, por ejemplo, la carga del motor de doble combustible o el modo de accionamiento del mismo.
- 50 Una pluralidad de sensores de presión de cilindro 86 para detectar la presión en cilindro en los cilindros del motor de doble combustible, y un sensor de velocidad 88 para detectar la velocidad de giro del cigüeñal del motor de doble combustible pueden también conectarse a entradas adicionales de la unidad de control 52. Un sensor de carga 90 para la detección de la carga requerida y su cambio puede también estar conectado a una entrada adicional de la unidad de control 52.
- 55 La Fig. 2 muestra esquemáticamente algunos detalles del sistema de inyección de un cilindro 360, una válvula de admisión 362 y una válvula de escape 364 del motor de doble combustible. Debe comprenderse que cualquier número de cilindros que tengan la misma configuración pueden estar incluidos en el motor de doble combustible, en cualquier configuración de cilindros conocida, y que cualquier número de cilindros puede estar asociado con un único árbol 42. En otras realizaciones, cada cilindro puede estar provisto de un dispositivo de control separado que incluye un árbol 42 separado.
- 60
- 65

Como se muestra en la Fig. 2, una bomba de inyección 370 está conectada a una boquilla de inyección 374 a través de una línea de presión 372. La bomba de inyección 370 está configurada para realizar una inyección principal de combustible diesel en el modo de combustible diesel de alta carga y en el modo de combustible diesel de baja carga del motor de combustión de doble combustible. Además, se proporciona un inyector piloto 390 como parte del sistema de inyección piloto 60 para realizar una inyección piloto de combustible diesel en la cámara 360 de combustión de los cilindros 360 en uno cualquiera de los modos de accionamiento del motor de doble combustible. En algunas realizaciones, el inyector piloto puede estar configurado para recibir el combustible diesel a presión procedente de una rampa común (no mostrada) de sistema de inyección piloto 60. Además, en algunas realizaciones, un pistón de bomba 24 puede estar provisto de un borde 376 de control y una ranura longitudinal 378. Para ajustar la velocidad de suministro, el pistón de bomba 24 se puede girar alrededor de un eje paralelo a su movimiento de vaivén lineal a través de, p. ej., una barra 380 de control. Los orificios de suministro 382 pueden ser proporcionados hasta un espacio de suministro de la bomba de inyección 370. Como se muestra en la Fig. 2, el momento en el que el pistón de bomba 24 puede cerrar los orificios 382 de suministro durante su carrera ascendente se puede ajustar, p. ej., girando el disco excéntrico 40, de manera que la posición del rodillo de trazado 33, que se apoya en el extremo de palanca de accionamiento de bomba 34, se desplaza, p. ej., a lo largo de una línea aproximadamente horizontal en la Fig. 2. Debe comprenderse que, en otras realizaciones ejemplares, la bomba de inyección 370 puede tener una configuración diferente de la mostrada en la Fig. 2.

Como se muestra en la Fig. 2, cuando el árbol de levas 10 gira en sentido horario, la palanca de accionamiento de bomba 34 se hace pivotar hacia arriba cuando el rodillo 33 entra en contacto con la leva de bomba 16. Cuando el árbol 42 es girado, por ejemplo, en sentido antihorario en la Fig. 2, la palanca de accionamiento de bomba 34 es desplazada hacia la izquierda en la Fig. 2, y la sincronización cuando el rodillo 33 entra en contacto con la leva de bomba 16 cambia, dando como resultado una inyección principal diesel con una sincronización diferente. Es obvio a partir de la Fig. 1 que el mismo principio es aplicable al accionamiento de la válvula de admisión 362 y en la válvula de escape 364. En otras palabras, las sincronizaciones de la inyección principal diesel, la apertura y cierre de la válvula de admisión y la apertura y cierre de la válvula de escape se pueden ajustar mediante la rotación del árbol 42. En particular, el árbol 42 puede ser girado entre una primera posición asociada con el modo de combustible diesel de alta carga y una segunda posición asociada con el modo de combustible diesel de baja carga y el modo de combustible gas.

La Fig. 3 muestra configuraciones ejemplares para las sincronizaciones de las válvulas de admisión y de las válvulas de escape, respectivamente, así como para la sincronización, es decir, el inicio, de la inyección principal diesel y la sincronización, es decir, el inicio, de la inyección piloto diesel, en los diferentes modos de accionamiento del motor de doble combustible. Por medio de las excentricidades de los tres discos excéntricos 36, 38 y 40 (véase la Fig. 1), los posiciones de giro de los discos 36, 38 y 40 en el árbol 42, es decir, la apertura y/o cierre de las válvulas de admisión y de las válvulas de escape y el inicio de una inyección principal de combustible diesel se pueden controlar de una manera apropiada. La sincronización de la inyección piloto puede controlarse mediante la unidad de control 52 independiente de la posición del árbol 42. La Fig. 4 muestra curvas de válvulas de admisión y curvas de válvulas de escape ejemplares para el modo de combustible diesel de baja carga (y el modo de gas) y el modo de combustible diesel de alta carga, respectivamente, de acuerdo con la presente divulgación.

Como se muestra en la Fig. 3, en algunas realizaciones ejemplares de la presente divulgación, la sincronización de la inyección principal diesel es tardía en el modo de combustible diesel de baja carga si se compara con el modo de combustible diesel de alta carga, por ejemplo, a 5° BTDC, en el que BTDC significa Antes del Punto Muerto Superior. Debe comprenderse, sin embargo, que en otras realizaciones la sincronización de la inyección principal diesel puede ser la misma en el modo de combustible diesel de baja carga y en el modo de combustible diesel de alta carga, cuando proceda. Por ejemplo, esto puede lograrse por la excentricidad de que sea cero el 40 excéntrico, es decir, el centro del disco 40 que coincida con el centro del árbol 42. Además, hay menos solapamiento de las válvulas en el modo de combustible diesel de baja carga que en el modo de combustible diesel de alta carga, como se muestra en la Fig. 4. En otras palabras, en el modo de combustible diesel de baja carga, la válvula de admisión se abre temprano y la válvula de escape se abre tarde. Las curvas de elevación de las válvulas y la sincronización de la inyección principal se desplazan por la rotación del árbol 42 debidamente configurado.

En la realización ejemplar descrita en el presente documento, el árbol 42 está configurado para ser girado entre dos posiciones, una correspondiente al modo de combustible diesel de alta carga y una correspondiente al modo de combustible diesel de baja carga y el modo de gas. En otras palabras, las curvas de elevación de las válvulas son las mismas en el modo de combustible diesel de baja carga y en el modo de gas. Sin embargo, en el modo de gas no se lleva a cabo ninguna inyección principal diesel. Debe comprenderse, sin embargo, que en otras realizaciones pueden proporcionarse más de dos posiciones del árbol 42. Por ejemplo, podrían proporcionarse diferentes sincronizaciones de las válvulas para el modo de combustible diesel de baja carga y el modo de gas utilizando una configuración apropiada del árbol 42 y de la unidad de accionamiento 50.

Para compensar la inyección principal diesel relativamente tardía en el modo de combustible diesel de baja carga, se lleva a cabo una inyección piloto temprana, por ejemplo, a 20° BTDC. Del mismo modo, una inyección piloto puede llevarse a cabo en el modo de gas. La inyección piloto en el modo de gas puede llevarse a cabo con una sincronización diferente que en el modo de combustible diesel de baja carga. Además, en algunas realizaciones, la

sincronización de la inyección piloto puede ser ajustada durante la transición entre el modo de gas y el modo de combustible diesel, es decir, cuando el árbol 42 se hace girar entre la primera posición y la segunda posición.

5 En algunas realizaciones, en el modo de gas y en el modo de combustible diesel de baja carga se pueden inyectar diferentes cantidades de combustible piloto. Por ejemplo, en el modo de combustible diesel de baja carga, el sistema de inyección piloto 60 puede ser controlado para inyectar combustible piloto a la máxima capacidad del inyector 390 piloto para ayudar al proceso de combustión en el cilindro 360. En el modo de gas, por el sistema de inyección piloto 60 se puede inyectar menos combustible piloto.

10 En algunas realizaciones ejemplares, la unidad de control 52 puede recibir resultados de detección de los sensores asociados con el motor de doble combustible, por ejemplo, los sensores 86 de presión en el cilindro, y puede modificar la sincronización de la inyección piloto basada en los resultados de detección recibidos, por ejemplo, para reducir la detonación.

15 Debe comprenderse que las sincronizaciones de la inyección principal de combustible diesel y de la inyección piloto de combustible diesel dados en la Fig. 3 son sólo ejemplares y pueden ser modificados dentro de ciertos límites. Por ejemplo, la inyección piloto en el modo de combustible diesel de baja carga se puede llevar a cabo a entre 35° BTDC y 10° BTDC, la inyección principal en el modo de combustible diesel de baja carga se puede llevar a cabo a entre 15° BTDC y 0° BTDC, y la inyección principal en el modo de combustible diesel de alta carga se puede llevar a cabo a entre 20° BTDC y 0° BTDC.

25 Del mismo modo, debe comprenderse que las curvas de elevación de las válvulas mostradas en la Fig. 4 son sólo ejemplares. En otras realizaciones de acuerdo con la presente divulgación, el árbol 42 puede estar configurado para dar como resultado diferentes sincronizaciones de las válvulas en los modos de accionamiento correspondientes del motor de doble combustible. Por ejemplo, una apertura de la válvula de admisión en el modo de combustible diesel de baja carga y en el modo de gas puede ser a 35° +/- 40° BTDC, en particular, 35° +/- 10° BTDC, y un cierre de la válvula de admisión pueden ser a 10° +/- 50° BBDC, en particular, 10° +/- 10° BBDC, en donde BBDC significa Antes del Punto Muerto Inferior. Además, una apertura de la válvula de escape en el modo de combustible diesel de baja carga y en el modo de gas pueden ser a 50° +/- 40° BBDC, en particular 50° +/- 10° BBDC, y un cierre de la válvula de escape puede ser a 35° +/- 40° ATDC, en particular 35° +/- 10° ATDC, en donde ATDC significa Después del Punto Muerto Superior. Del mismo modo, en el modo de combustible diesel de alta carga, una apertura de la válvula de admisión puede ser a 45° +/- 40° BTDC, en particular 45° +/- 10° BTDC, y un cierre de la válvula de admisión puede ser a 20° +/- 50° BBDC, en particular 20° +/- 10° BBDC. Además, una apertura de la válvula de escape en el modo de combustible diesel de alta carga puede ser a 40° +/- 40° BBDC, en particular 40° +/- 10° BBDC, y un cierre de la válvula de escape puede ser a 45° +/- 40° ATDC, en particular 45° +/- 10° ATDC.

35 En algunas realizaciones ejemplares de la presente divulgación, el intervalo de baja carga y el intervalo de alta carga pueden representar el intervalo total de la carga del motor de doble combustible. El intervalo de alta carga puede, por ejemplo, comprender un intervalo de media y alta carga del motor. En una realización ejemplar de la presente divulgación, el intervalo de baja carga se puede definir como 0 % a 30 % de la carga nominal y el intervalo de alta carga se puede definir como 30 % a 110 % de la carga nominal.

Aplicabilidad Industrial

45 Con el fin de realizar el procedimiento de acuerdo con la divulgación se eligen, de manera ventajosa, los siguientes parámetros de accionamiento:

50 En accionamiento estacionario, es decir, a posición constante del elemento 54 de accionamiento, el motor de doble combustible se hace funcionar a una carga mayor que 25 % de plena carga, es decir, con una primera posición angular (posición angular del modo de combustible diesel de alta carga) del árbol 42, por ejemplo, en el modo de combustible diesel de alta carga.

55 A cargas inferiores a 25 % de plena carga, el árbol 42 es girado hasta una segunda posición angular (posición angular del modo de combustible diesel de baja carga/posición angular del modo de gas), de manera que el motor de doble combustible se hace funcionar con las curvas de elevación de las válvulas como se muestra en la Fig. 3 y la sincronización de la inyección principal tardía y la sincronización de la inyección piloto temprana en el modo de combustible diesel de baja carga.

60 Si el operario decide hacer funcionar el motor de doble combustible con gas, el motor de doble combustible tiene que ser sometido a transición desde el modo de combustible de alta carga o desde el modo de combustible diesel de baja carga hasta el modo de gas.

65 Cuando se realiza la transición desde el modo de combustible diesel de alta carga hasta el modo de gas, es activado un control de la relación aire combustible, y el árbol 42 es girado desde la primera posición angular hasta la segunda posición angular, que es la misma que la posición angular del modo de combustible diesel de baja carga, en la que las sincronizaciones de las válvulas y de la inyección se controlan a través de los discos excéntricos 36, 38 y 40 de

acuerdo con las Fig. 3 y 4. Después de recibir la retroalimentación desde un sensor correspondiente asociado con el árbol 42, una fracción de combustible gaseoso es aumentada hasta que se ha quemado casi el 100 % del combustible gaseoso. Aunque algún combustible diesel todavía se inyecta a través de una inyección principal de combustible diesel como el árbol 42 se hace girar a la segunda posición, las altas presiones máximas de encendido durante los últimos ciclos de la combustión con combustible diesel se pueden reducir debido a la sincronización de la inyección principal relativamente tardía cuando el árbol 42 está en la segunda posición.

Por otra parte, cuando el operario decide hacer funcionar el motor de doble combustible con diesel, o en caso de una emergencia, es desactivado el control de la relación aire combustible y el motor de doble combustible está en transición desde el modo de gas hasta el modo de combustible diesel de alta carga o hasta el modo de combustible diesel de baja carga. En caso de una transición desde el modo de gas hasta el modo de combustible diesel de alta carga, el árbol 42 se gira desde la segunda posición hasta la primera posición, y el reparto de combustible se cambia a 100 % diesel. La combustión con detonación, que puede aparecer durante los últimos ciclos con combustión de gas, se puede reducir debido a la sincronización relativamente tardía de la inyección principal de combustible diesel, mientras el árbol 42 está en la segunda posición o se mueve desde la segunda posición hasta la primera posición.

Además, cuando el motor de doble combustible se hace funcionar en el modo de combustible diesel de baja carga, es decir, cuando está en transición desde el modo de combustible diesel de alta carga hasta el modo de combustible diesel de baja carga al girar el árbol 42 desde la primera posición hasta la segunda posición, se garantiza una combustión relativamente sin humo debido a la inyección piloto temprana de combustible diesel mediante el sistema de inyección piloto 60, a pesar de la sincronización relativamente tardía de la inyección principal.

Debe comprenderse que las sincronizaciones de girar el árbol 42 y de cambiar el reparto de combustible durante las transiciones descritas anteriormente pueden variar. Por ejemplo, el cambio en el reparto de combustible puede iniciarse antes de girar el árbol 42, durante el giro del árbol 42, o después del giro del árbol 42 de una a otra posición, en función de diferentes circunstancias. Por ejemplo, la unidad de control 52 puede configurarse para iniciar el cambio en el reparto de combustible y/o ajustar la velocidad de cambio en función de los diferentes parámetros de accionamiento deseados del motor de doble combustible, de los resultados de medición de los sensores o similares.

Ha de reconocerse que el ajuste del árbol 42 puede llevarse a cabo a través de diferentes dispositivos de ajuste, por ejemplo, a través de un cilindro hidráulico, eléctricamente, neumáticamente, etc.

En el presente documento, grandes motores de combustión interna pueden ser cualquier tipo de motor de doble combustible que tenga un intervalo de potencia de 1.000 kW o más. Los motores de doble combustible divulgados en el presente documento pueden ser adecuados para funcionar con Fuelóleo Pesado (HFO), Gasoil Marino (MDO) y Gasoil (DO).

Aunque en el presente documento se han descrito las realizaciones preferidas de esta divulgación, pueden incorporarse mejoras y modificaciones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para controlar el accionamiento de un motor de doble combustible con capacidad para funcionar en un modo de combustible líquido de baja carga, en un modo de combustible líquido de alta carga y en un modo de combustible gaseoso, comprendiendo el dispositivo:
- 5 un árbol (42) soportado de manera giratoria, estando provisto el árbol (42) de una primera excéntrica (36), una segunda excéntrica (38) y una tercera excéntrica (40), estando configurada la primera excéntrica (36) para servir de soporte a una palanca de accionamiento de válvula de admisión (26) para controlar una válvula de admisión, estando configurada la segunda excéntrica (38) para servir de soporte a una palanca de accionamiento de válvula de escape (30) para controlar una válvula de escape, estando configurada la tercera excéntrica (40) para servir de soporte a una palanca de accionamiento de bomba de combustible (34) para controlar una bomba de combustible (70); y
- 10 un dispositivo de ajuste (50) configurado para ajustar el ángulo de rotación del árbol (42) hasta al menos una primera posición angular y una segunda posición angular diferente de la primera posición angular, estando asociada la primera posición angular al modo de combustible líquido de alta carga y estando asociada la segunda posición angular al modo de combustible líquido de baja carga y el modo de combustible gaseoso,
- 20 estando diseñada y dispuesta la primera excéntrica (36) sobre el árbol (42) de manera que, en la primera posición angular, la válvula de admisión asociada se abre en una primera sincronización de apertura de la válvula de admisión, y, en la segunda posición angular, la válvula de admisión asociada se abre en una segunda sincronización de la apertura de la válvula de admisión más tarde que la primera sincronización de apertura de la válvula de admisión,
- 25 estando diseñada y dispuesta la segunda excéntrica (38) sobre el árbol (42) de manera que, en la primera posición angular, la válvula de escape asociada se abre en una primera sincronización de apertura de la válvula de escape, y, en la segunda posición angular, la válvula de escape asociada se abre en una segunda sincronización de la apertura de la válvula de escape antes que la primera sincronización de apertura de la válvula de escape, y
- 30 estando diseñada y dispuesta la tercera excéntrica (40) sobre el árbol (42) de manera que, en la primera posición angular, la bomba de combustible asociada es controlada de manera que una inyección principal de combustible líquido se lleva a cabo en una primera sincronización de la inyección principal de combustible líquido, y, en la segunda posición angular, la bomba de combustible asociada es controlada de manera que la inyección principal de combustible líquido se lleva a cabo en una segunda sincronización de la inyección principal de combustible líquido al mismo tiempo o más tarde que la primera sincronización de la inyección principal de combustible líquido cuando el motor de doble combustible está funcionando en el modo de combustible líquido de baja carga.
- 35
2. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además una unidad de control (52) configurada para controlar un sistema de inyección piloto (60) del motor de doble combustible para llevar a cabo una inyección piloto de combustible líquido en una primera sincronización de inyección piloto de combustible líquido antes que la segunda sincronización de la inyección principal de combustible líquido cuando el motor de doble combustible está funcionando en el modo de combustible líquido de baja carga.
- 40
3. El dispositivo de la reivindicación 2, en el que la unidad de control (52) está configurada además para controlar el sistema de inyección piloto (60) del motor de doble combustible para llevar a cabo una inyección piloto de combustible líquido en una segunda sincronización de la inyección piloto de combustible líquido diferente de la primera sincronización de la inyección piloto de combustible líquido cuando el motor de doble combustible está funcionando en el modo de combustible gaseoso.
- 45
4. El dispositivo de las reivindicaciones 2 o 3, en el que la unidad de control (52) está configurada además para controlar el sistema de inyección piloto (60) del motor de doble combustible para proporcionar una inyección piloto de combustible líquido en una tercera sincronización de la inyección piloto de combustible líquido durante una transición entre el modo de combustible gaseoso y uno de entre el modo de combustible líquido de baja carga y el modo de combustible líquido de alta carga.
- 50
5. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que el unidad de control (52) está configurada para controlar el sistema de inyección piloto (60) para inyectar diferentes cantidades de combustible líquido al menos en el modo de combustible gaseoso y en el modo de combustible líquido de baja carga.
- 55
6. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en el que el unidad de control (52) está configurada para controlar el sistema de inyección piloto (60) para inyectar una cantidad máxima de combustible líquido en el modo de combustible líquido de baja carga.
- 60
7. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en el que la unidad de control (52) está configurada para recibir una entrada procedente de uno o más sensores (86, 88, 90) asociados al motor de doble combustible, y para ajustar la sincronización de la inyección de combustible piloto y/o la cantidad de combustible piloto que es
- 65

inyectado basada en la entrada recibida en los diferentes modos de accionamiento del motor de doble combustible.

8. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, en el que la unidad de control (52) está configurada para controlar el sistema de inyección piloto (60) de manera que la inyección piloto de combustible líquido en la primera sincronización de la inyección piloto de combustible líquido se lleva a cabo en un intervalo entre 30° BTDC a 10° BTDC, preferentemente entre 25° BTDC y 15° BTDC, en particular entre 22° BTDC y 18° BTDC.

9. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la segunda sincronización de la inyección principal de combustible líquido se encuentra en un intervalo entre 15° BTDC y 0° BTDC, preferentemente entre 10° BTDC y 0° BTDC, en particular entre 7° BTDC y 3° BTDC.

10. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, la palanca de accionamiento de válvula de admisión (26) que sirve de soporte a un seguidor de leva de la válvula de admisión (25) configurado para ponerse en contacto con una leva de admisión (12) de un árbol de levas (10) y configurado para servir de soporte a un botador de accionamiento de la válvula de admisión (28) para controlar la apertura y el cierre de la válvula de admisión, la palanca (30) de accionamiento de la válvula de escape que sirve de soporte a un seguidor de leva de válvula de escape (29) configurado para ponerse en contacto con una leva de escape (14) del árbol de levas (10) y configurado para servir de soporte a un botador de accionamiento de válvula de escape (32) para controlar la apertura y el cierre de la válvula de escape, la palanca de accionamiento de bomba de combustible (34) que sirve de soporte a un seguidor de leva de bomba de combustible (33) configurado para ponerse en contacto con una leva de bomba de combustible (16) del árbol de levas (10) y configurado para servir de soporte a un botador de accionamiento de bomba de combustible (24) para controlar la sincronización de la inyección de la bomba de combustible.

11. Un procedimiento para controlar el accionamiento de un motor de combustión interna de doble combustible que funcionará en un modo de combustible líquido de baja carga, en un modo de combustible líquido de alta carga y en un modo de combustible gaseoso, comprendiendo el motor de combustión interna un árbol (42) provisto de una primera excéntrica (36), una segunda excéntrica (38) y una tercera excéntrica (40), estando configurada la primera excéntrica (36) para servir de soporte a una palanca de accionamiento de válvula de admisión (26) para controlar una válvula de admisión, estando configurada la segunda excéntrica (38) para servir de soporte a una palanca de accionamiento de válvula de escape (30) para controlar una válvula de escape, estando configurada la tercera excéntrica (40) para servir de soporte a una palanca de accionamiento de bomba de combustible (34) para controlar una bomba de combustible (70), comprendiendo el procedimiento las etapas de:

ajustar el árbol (42) a una primera posición angular asociada al modo de combustible líquido de alta carga, en donde la primera excéntrica (36) adopta una posición tal que se ajusta la palanca de accionamiento de válvula de admisión (26) asociada y la válvula de admisión se abre en una primera sincronización de apertura de la válvula de admisión, la segunda excéntrica (38) adopta una posición tal que se ajusta la palanca de accionamiento de válvula de escape (30) asociada y la válvula de escape se abre en una primera sincronización de apertura de la válvula de escape, y la tercera excéntrica (40) adopta una posición tal que se ajusta la palanca de accionamiento de bomba de combustible (34) asociada y la bomba de combustible lleva a cabo una inyección principal de combustible líquido en una primera sincronización de la inyección principal de combustible líquido; y ajustar el árbol (42) a una segunda posición angular diferente de la primera posición angular y asociada al modo de combustible líquido de baja carga y al modo de combustible gaseoso, en los que la primera excéntrica (36) adopta una posición tal que se ajusta la palanca de accionamiento de válvula de admisión (26) asociada y la válvula de admisión se abre en una segunda sincronización de apertura de la válvula de admisión más tarde que la primera sincronización de apertura de la válvula de admisión, la segunda excéntrica (38) adopta una posición tal que se ajusta la palanca de accionamiento de válvula de escape (30) asociada y la válvula de escape se abre en una segunda sincronización de apertura de la válvula de escape antes que la primera sincronización de apertura de la válvula de escape, y la tercera excéntrica (40) adopta una posición tal que se ajusta la palanca de accionamiento de bomba de combustible (34) asociada y la bomba de combustible lleva a cabo una inyección principal de combustible líquido en una segunda sincronización de la inyección principal de combustible líquido al mismo tiempo o más tarde que la primera sincronización de la inyección principal de combustible líquido cuando el motor de doble combustible está funcionando en el modo de combustible líquido de baja carga.

12. El procedimiento de la reivindicación 11, que comprende además la transición del motor de doble combustible entre el modo de combustible líquido de alta carga y el modo de combustible de gas girando el árbol (42) entre la primera posición angular y la segunda posición angular y cambiando el reparto de combustible entre el combustible líquido y el combustible gaseoso.

13. El procedimiento de las reivindicaciones 11 o 12, que comprende además llevar a cabo una inyección piloto de combustible líquido en una primera sincronización de la inyección piloto de combustible líquido antes que la segunda sincronización de la inyección principal de combustible líquido cuando el motor de doble combustible está funcionando en el modo de combustible líquido de baja carga.

14. El procedimiento de la reivindicación 13, que comprende además llevar a cabo la inyección piloto de combustible líquido en un intervalo entre 30° BTDC y 10° BTDC, preferentemente entre 25° BTDC y 15° BTDC, en particular entre 22° BTDC y 18° BTDC.
- 5 15. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que comprende además llevar a cabo la segunda inyección principal de combustible líquido en un intervalo entre 15° BTDC y 0° BTDC, preferentemente entre 10° BTDC y 0° BTDC, en particular entre 7° BTDC y 3° BTDC.

FIG 1

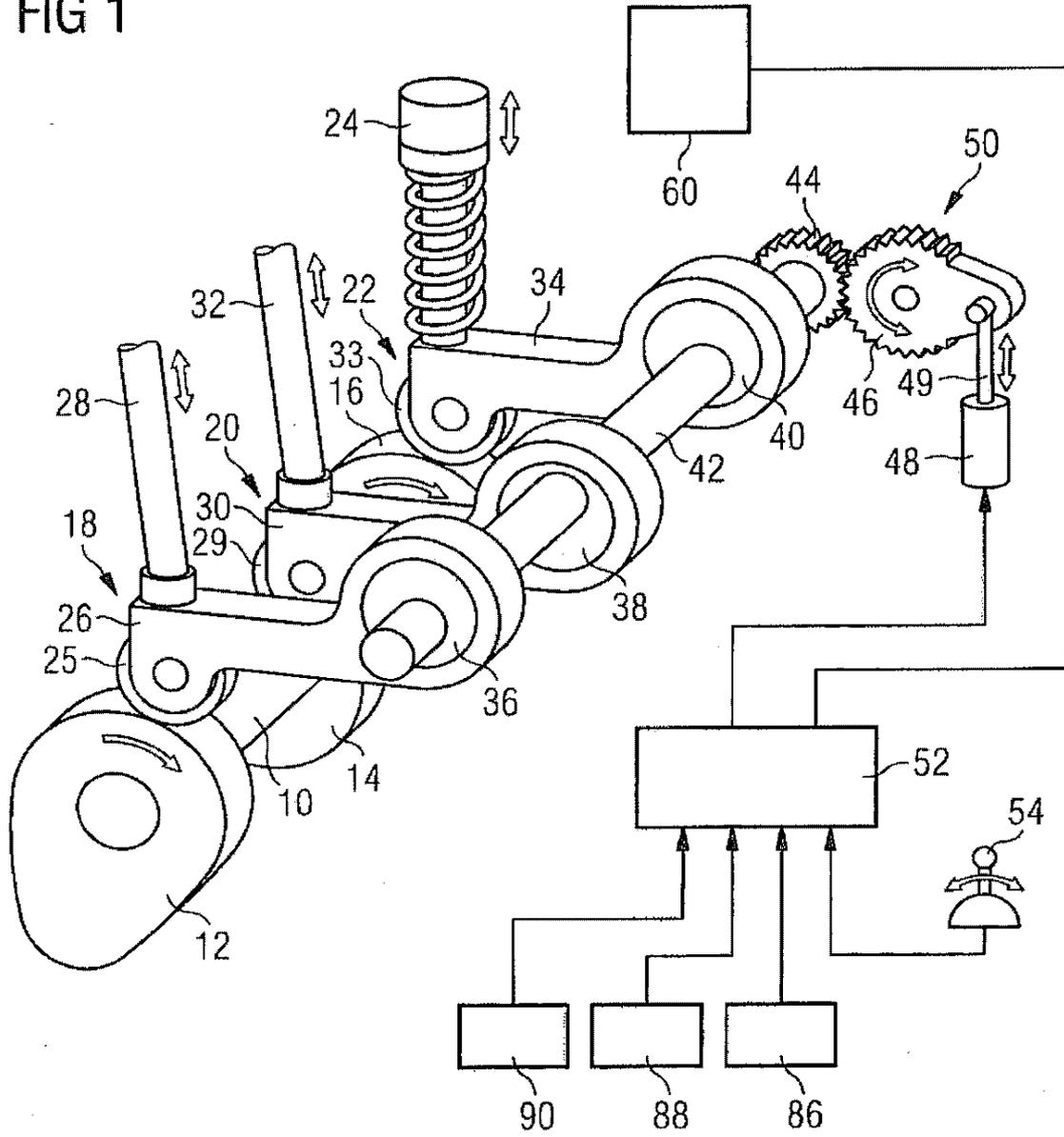


FIG 2

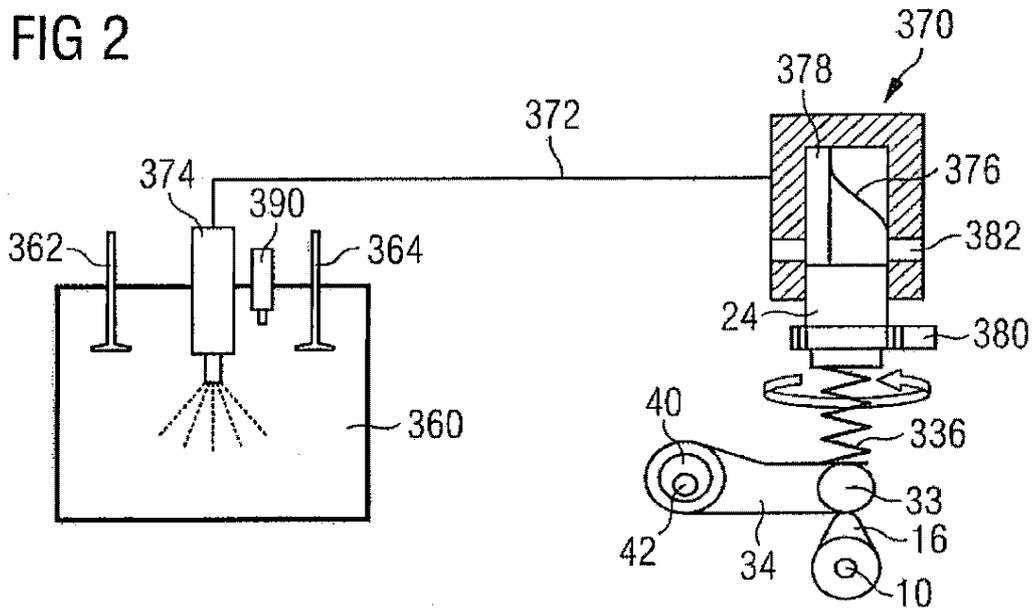


FIG 4

curva de la válvula de escape en modo diesel de alta carga

curva de la válvula de admisión en modo diesel de alta carga

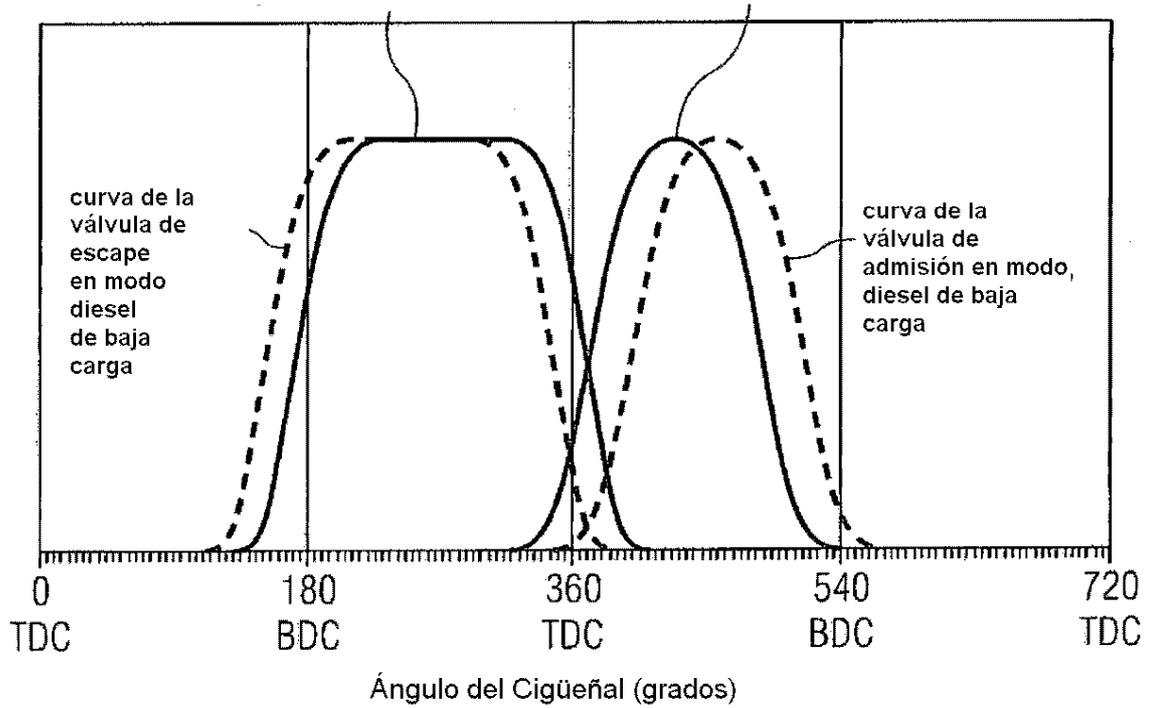


FIG 3

	Modo Diésel		Transición	Modo Gas
	0 a 25 %	25 a 100%		
Carga Motor			0 a 100%	0 a 100%
Posición de la Válvula	Menos Miller Menor solapamiento de la válvula Tarde (5° BTDC) Temprano (20° BTDC)	Fuerte Miller Gran solapamiento de la válvula Normal (10° BTDC) Tarde (-30° BTDC)	Menos Miller Menor solapamiento de la válvula Tarde (5° BTDC) Tarde (15° BTDC)	Menos Miller Menor solapamiento de la válvula Desconectado Temprano (15° BTDC)
Sincronización de la Inyección Principal Diésel				
Sincronización de la Inyección Piloto Diésel				