

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 754**

51 Int. Cl.:

F02M 25/022 (2006.01)

F02D 19/08 (2006.01)

F02D 41/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2013 E 13004358 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015 EP 2772640**

54 Título: **Método y dispositivo para el funcionamiento de un motor diésel con combustibles en emulsión de composición variable**

30 Prioridad:

01.03.2013 DE 102013003382

09.08.2013 EP 13003990

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

28.03.2016

73 Titular/es:

TANIEL, ROMAN (100.0%)

Dorfstrasse 33

23820 Pronstorf, DE

72 Inventor/es:

TANIEL, ROMAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 564 754 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

Método y dispositivo para el funcionamiento de un motor diésel con combustibles en emulsión de composición variable

5 La invención concierne a un método para el funcionamiento de un motor diésel con una emulsión de agua-combustible diésel según el preámbulo de la reivindicación 1. La presente invención concierne además a un dispositivo de emulsificación según el preámbulo de la reivindicación 8.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La combustión del motor diésel se caracteriza por que un combustible apto para autoencendido se inyecta a presión muy elevada por medio de una tobera de inyección en una cavidad del espacio de combustión dispuesta en el pistón. Después de la atomización y vaporización del combustible en el aire de combustión calentado a altas temperaturas por efecto de la compresión, tiene lugar una mezcla de los componentes de combustible ya evaporados con el aire de combustión. Esta formación de la mezcla se logra, por un lado, por efecto de una distribución del combustible por medio de toberas de inyección de 6 a 8 agujeros y, por otro lado, por efecto de un vórtice de aire generado en los canales de entrada. A continuación, tienen lugar la preparación química de la mezcla de combustible-aire por medio de procesos de craqueo de las moléculas de combustible relativamente grandes, así como la formación de radicales activos. Si la concentración de radicales activos es suficientemente alta, comienza el autoencendido de la mezcla de combustible-aire en forma de una reacción en cadena. El tiempo necesario para los procesos físicos y químicos de formación de mezcla se designa como tiempo de retardo de encendido. Debido a la inyección directa del combustible y al corto tiempo así disponible para la formación de la mezcla, la combustión adicional se desarrolla en una mezcla de combustible-aire con una distribución de combustible localmente no homogénea. La fase de inflamación de esta mezcla de combustible-aire "no homogénea" se caracteriza por la aparición de "gérmenes de encendido" en zonas de la mezcla ya inflamables. En el desarrollo ulterior de la combustión reaccionan primero las gotitas de combustible que han llegado al comienzo de la inyección de combustible al aire de combustión caliente comprimido y para las que está disponible así un tiempo relativamente largo para la preparación de la mezcla. Esta fase de combustión denominada también combustión de mezcla "premezclada" se caracteriza, debido a reacciones de combustión que se desarrollan con relativa rapidez, por temperaturas de combustión más altas y, por tanto, una mayor formación térmica de óxidos de nitrógeno y una menor formación de hollín. Sin embargo, durante esta primera fase de combustión se quema solamente una parte de la mezcla de combustible-aire determinada por la duración del tiempo de retardo de combustión. La cantidad de mezcla restante dependiente de la carga requerida del motor, la cual no es todavía inflamable en el momento del comienzo de la combustión, se prepara primero en el transcurso ulterior del proceso de combustión por medio de temperaturas del gas fuertemente crecientes y un intenso movimiento de la carga, y se quema entonces en parte bajo deficiencia de aire con una velocidad de combustión relativamente baja. Esta fase de combustión denominada también combustión de "difusión controlada" se caracteriza por una formación de hollín que se presenta primeramente en caso de deficiencia de aire local y por una oxidación adicional subsiguiente no completa de hollín junto con una simultánea formación menor de óxidos de nitrógeno.

40 De las diferentes fases del proceso de combustión y los correspondientes mecanismos de la formación de contaminantes resulta una correlación típica para la combustión de motor diésel entre las emisiones de óxidos de nitrógeno y hollín, que se designa también compromiso (trade-off) de partículas de NOx. Esta correlación de partículas de NOx significa que, durante la sintonización de los parámetros de funcionamiento de motor, por ejemplo del momento de inyección, con bajas emisiones de NOx bajas es inevitable simultáneamente un aumento de las emisiones de hollín/partículas.

50 Para mantener las emisiones de contaminantes legalmente prescritas de los motores diésel se utilizan tanto medidas internas al motor como también métodos de tratamiento posterior de gas de escape. A las medidas internas a motor pertenecen como medidas más importantes para mejorar la formación de mezcla de combustible-aire el uso de sistemas de inyección de alta presión, que hacen posibles presiones de inyección de más de 200 MPa. La fragmentación mejorada así lograda del ahorro de inyección en gotitas de combustible más pequeñas conduce a un mezclado mejorado del combustible con el aire de combustión y, por tanto, a zonas de mezcla menos superengrasadas y, de manera correspondiente, a emisiones de hollín y partículas claramente menores. La formación de mezcla así intensificada tiene como consecuencia, debido a temperaturas de combustión más altas, unas emisiones de NOx correspondientemente más altas que deben evitarse mediante un exceso de aire incrementado a través de presiones de alimentación elevada y evoluciones optimizadas de las cantidades de inyección. Una medida adicional consiste en el retorno de gas de escape (AGR) esencialmente utilizado también en motores pesados de vehículos comerciales. No obstante, mediante emisiones de hollín o partículas nuevamente crecientes se fijan límites a la tasa de retorno de gas de escape y, por tanto, también a la posible reducción de NOx debido a un contenido de oxígeno decreciente en el aire de combustión.

Dado que las medidas descritas internas al motor para la reducción de contaminantes no son suficientes para quedar por debajo de los valores límite del gas de escape, en motores de vehículos industriales recién matriculados,

que deben cumplir las clases de contaminantes Euro 5 y Euro 6, se utilizan sistemas de catalizador DeNOx con urea como medio de reducción y sistemas de filtro de partículas conocidos aisladamente de motores diésel para su uso en automóviles de turismo. Para conseguir los tiempos de emisión, el comportamiento de emisión en bruto del motor diésel debe adaptarse a los sistemas de tratamiento posterior del gas de escape utilizados. Así, en motores diésel típicos Euro 5, se reduce a los valores límites correspondientes la emisión de partículas a través de sistemas de inyección de raíl común (CR) flexiblemente sintonizables con una presión de inyección de 160 a 180 MPa, mientras que la emisión de óxidos de nitrógeno se reduce lo suficiente casi siempre por el uso de sistemas DeNOx basados en urea. Se reduce parcialmente la emisión de NOx también por medio de una combinación de retorno de gas de escape y sistema DeNOx propuesto. La combinación de métodos tolerable que se aplique económicamente depende sustancialmente de la emisión en bruto de un motor diésel. En motores diésel del escalón de emisión Euro 6 son necesarios la aplicación de sistemas de inyección más optimizados con presiones de inyección de 200 MPa y más para la reducción adicional de partículas, así como combinaciones más eficientes de sistemas AGR-DeNOx. En particular, es necesaria la utilización de sistemas AGR con tasas AGR claramente más elevadas y sistemas DeNOx con tasas de conversión de NOx de hasta el 90 por ciento. Si los valores límite de emisión de NOx no se cumplen debido al uso descrito de sistemas AGR y DeNOx, es inevitable el uso adicional de un sistema de filtro de partículas con la sintonización correspondientemente adaptada de los sistemas AGR y DeNOx.

Por tanto, se puede constatar que el escalón de emisión Euro 5 y, especialmente, Euro 6, válido para motores de vehículos industriales pesados puede alcanzarse solamente con un aumento de gasto técnico y económico considerable. En todas las combinaciones de métodos para la reducción de las emisiones de NOx y partículas hay que contar con un empeoramiento del comportamiento de consumo del combustible debido a una contrapresión de gas de escape elevada condicionada por el catalizador y a medidas de adaptación eventualmente necesarias del proceso de combustión. No obstante, en este caso se persigue básicamente una emisión en bruto de NOx y partículas del motor lo más pequeña posible, dado que así el coste resulta más reducido en el lado de tratamiento posterior del gas de escape.

Aparte de las medidas internas al motor y al uso de sistemas de tratamiento posterior de gas de escape, los combustibles modificados en su composición representan en principio también una interesante posibilidad para reducir las emisiones de contaminantes en motores diésel. En este caso, existe ya desde hace tiempo un interés especial en la adición de agua y otros componentes, como alcoholes, a combustible diésel, dado que de esta forma se puede influir favorablemente sobre el compromiso de óxidos de nitrógeno-hollín; véase Bach, F., Lüft, M., Bartosch, S., Spicher, U: Influencia de combustibles en emulsión de diésel-etanol-agua sobre las emisiones de un motor diésel. MTZ 05/2011, páginas 408-414.

Cuando se usa una emulsión de agua en combustible diésel, se inyecta en el espacio de combustión por el sistema de inyección existente en lugar del combustible diésel puro, una emulsión agua-diésel ya preparada utilizando un aditivo de emulsificación o una emulsión generada a bordo de un vehículo. La producción de la emulsión en el vehículo tiene la ventaja de que puede elegirse de una manera relativamente libre la proporción de agua en el combustible mixto habida cuenta de los límites técnicos de la combustión con respecto a una reducción de contaminantes lo más elevada posible.

Aparte del uso de emulsiones de agua en combustible diésel, existe básicamente también la posibilidad de aplicar las propiedades ventajosas del agua para reducir las temperaturas de combustión mediante la inyección de agua en el aire de aspiración y la inyección directa del agua en el espacio de combustión. Debido a la elevada entalpía de evaporación del agua se tiene que, con la adición en el tubo de aspiración y, especialmente con la inyección directa, se consigue un enfriamiento considerable del aire de aspiración o del aire de combustión en el cilindro y, por tanto, también de las emisiones de óxidos de nitrógeno de hasta el 50 por ciento. No obstante, la reducción de las emisiones de hollín resulta menor debido a la mezcla relativamente pequeña del combustible diésel con agua en el espacio de combustión y a la homogeneización así menor del combustible diésel en el espacio de combustión en comparación con los combustibles en emulsión; véase el documento DE 10 2009 048 223 A1. Por tanto, los combustibles en emulsión ofrecen, junto a una utilización más sencilla en motores de serie, un alto potencial para reducir los componentes contaminantes críticos en gas de escape de motores diésel.

Las emisiones de agua-diésel pueden considerarse como sistemas dispersos de varias fases de al menos dos líquidos insolubles en una mezcla, en los que se considera el agua como fase dispersa interior. El combustible diésel representa de manera correspondiente la fase exterior, el medio dispersante. Las emulsiones de agua-diésel no son termodinámicamente estables y se disocian tras una vida útil relativamente corta. Gracias al uso de materiales auxiliares de emulsificación, los denominados emulgentes, es básicamente posible transformar una emulsión de agua-diésel en una forma termodinámicamente estable. Un criterio importante para la adecuación de una emulsión como combustible para motores diésel lo representa en este caso la distribución más fina posible de las gotitas de agua en el combustible diésel. Para el uso móvil son adecuadas las emulsiones generadas en el vehículo utilizando un emulgente o, cuando no se utilice ningún emulgente, un dispositivo de mezcla correspondiente. El uso de emulsiones generadas fuera de un vehículo, que, por ejemplo, están disponibles en las gasolineras, presenta una composición constante que no se adapta a los requisitos del funcionamiento del motor y, por tanto, no hace viable el

potencial posible con respecto a la reducción de emisiones y consumo.

La acción de las emulsiones de agua-diésel consiste, por un lado, en un descenso de temperatura que surge con la evaporación de agua y, por otro, en temperaturas de combustión reducidas debido a la elevada proporción de gas inerte en forma de vapor de agua. Ambas cosas llevan a un alargamiento del retardo de encendido típico que conduce a una distribución más uniforme (más homogénea) del combustible en el espacio de combustión y, por tanto, a una proporción mayor de la combustión "premezclada". La homogeneización así reforzada de la mezcla en unión con las gotitas de agua finamente distribuidas en la emulsión conduce a una reducción de zonas de mezcla muy ricas en combustible y, por tanto, superengrasadas que son sustancialmente responsables de la producción de hollín durante el proceso de combustión. La reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno puede atribuirse a una disminución clara de la temperatura de la llama debido tanto a la elevada entalpía de evaporación del agua como también a la liberación de calor específica local más reducida, condicionada por el agua, en la zona de combustión; véase Pittermann, R., Hinz, M., Kauert, L: Influencia del retorno de gas de escape y la emulsión de combustible-agua sobre el desarrollo de la combustión y la formación de contaminantes en el motor diésel. MTZ 60(1999)12, páginas 812-818. El retorno de gas de escape (AGR) utilizado cada vez más para reducir las emisiones de NOx provoca también temperaturas de llama reducidas de manera correspondiente a la proporción de gas inerte elevada. No obstante, a tasas AGR más elevadas surgen emisiones de hollín fuertemente incrementadas que pueden evitarse en la combinación con combustibles en emulsión de agua-diésel. Por tanto, se incrementan el uso de combustibles en emulsión de agua-diésel, la tolerancia AGR y, por tanto, el potencial para la reducción de NOx y hollín.

Una premisa adicional para el uso óptimo de un combustible en emulsión consiste en la necesidad de una adaptación del componente de agua en la emulsión a los diferentes estados de funcionamiento del motor, la desconexión y el arranque del motor incluso después de una parada bastante larga.

En la fase de puesta en marcha del motor diésel pueden lograrse un arranque seguro y rápido y un calentamiento rápido del motor solamente en el funcionamiento con combustible diésel puro, dado que ya tras algunos ciclos de trabajo se consigue una combustión estable. Cuando se usa una emisión de agua-diésel, se eleva también en la fase de arranque, debido a la capacidad de autoencendido empeorada de la emulsión, el número de ciclos de trabajo sin combustión con emisiones correspondientemente elevadas de combustible no quemado. En la fase de calentamiento puede elevarse la proporción de agua en la emulsión de manera correspondiente al calentamiento del motor.

Con un funcionamiento del motor en gran medida estacionario y con una alta potencia se tiene que, debido a las temperaturas más elevadas del espacio de combustión, puede estar contenida una proporción mayor de agua en la emulsión para lograr así un proceso de combustión de rendimiento lo más óptimo posible junto con una reducción simultáneamente elevada de las emisiones de NOx y partículas. En estados de carga más baja y con temperaturas correspondientemente menores del espacio de combustión, es necesaria una reducción de la proporción de agua en la emulsión para evitar un enfriamiento demasiado intenso de las zonas de la llama con emisiones elevadas de combustible no quemado. El funcionamiento del motor en su mayor parte estacionario con modificaciones tan sólo relativamente lentas de carga y número de revoluciones del motor no requiere instalaciones de emulsificación dinámica.

El uso de todo el potencial de una emulsión de agua-diésel para la reducción de NOx y hollín es básicamente posible sólo cuando la proporción de agua, dependiendo del punto de funcionamiento, está lo más cerca posible del correspondiente límite técnico de combustión. Para el funcionamiento dinámico que sucede típicamente en el sector de los vehículos, esto significa que es absolutamente necesaria una adaptación muy rápida de la proporción de agua a las temperaturas momentáneas del espacio de combustión y al contenido de oxígeno disponible para la combustión cuando se usa el retorno de gas de escape. Cuanto más rápidamente se realice la adaptación de la proporción de agua al estado de funcionamiento momentáneo del motor, tanto más alta será la reducción de emisiones. Estos es tanto más importantes cuanto que la determinación del comportamiento de emisión de los motores diésel para vehículos industriales y máquinas de trabajo móviles se realiza aplicando ciclos de prueba de gas de escape transitorios.

ESTADO DE LA TÉCNICA

En el documento DE 10 2009 048 223 A1 se describe un método para producir una microemulsión en el que combustible diésel y agua se separan por medio de dos sistemas de inyección de raíz común y se suministran a alta presión a una cámara de mezclado dispuesta entre los acumuladores de alta presión para diésel y agua y la tobera de inyección. En esta cámara de mezclado se realiza la formación de una microemulsión por efecto del emulgente ya contenido en el combustible diésel. Gracias a esta disposición de la cámara de mezclado relativamente pequeña a corta distancia delante del inyector y a los pequeños volúmenes de la cámara de mezclado y del conducto de inyección así posibles debe ser factible una adaptación rápida entre la proporción de agua en la emulsión suministrada al inyector, que dure sólo unos pocos ciclos de trabajo, y el punto de funcionamiento del motor diésel. Este método requiere el uso de emulgentes especiales que hagan posible una formación de emulsión agua-diésel

muy rápida.

Por el documento DE 10 2005 044 046 B4 se conoce un método que suministra agua y combustible diésel con una presión de hasta 200 MPa a una tobera de emulsificación de alta presión a contracorriente por medio de un pistón escalonado hidráulicamente accionado. La emulsión de agua-diésel generada se mantiene en varios acumuladores intermedios cargados por resorte, que tienen también una función amortiguadores, y, según la demanda, se conduce a los inyectores a través de un tubo de distribución. Por tanto, este dispositivo representa en principio, una bomba emulsificadora y de alta presión combinada comparable con la bomba de alta presión de diésel de un sistema de inyección de raíl común usual. Los volúmenes de acumulador de combustible relativamente grandes en la bomba de alta presión y en el conducto distribuidor que va a los inyectores no admiten una adaptación rápida de la composición en emulsión dentro de unos pocos ciclos de trabajo. En particular, el funcionamiento diésel puro o el funcionamiento con proporciones de agua reducidas, necesario durante el arranque del motor y la fase de calentamiento, requiere un almacenamiento previo correspondiente del combustible, por ejemplo en unión de un dispositivo de barrido para el conducto distribuidor de alta presión y los conductores de inyección, lo que no está previsto en el dispositivo publicado.

Otro problema podría ser el peligro de la coalescencia y, por tanto, de la separación de fases de la emulsión de agua-diésel, que surge debido a una duración de permanencia relativamente larga de la emulsión en los acumuladores y los conductos de inyección, en particular con una carga reducida del motor.

Por el documento DE 44 12 965 A1 se conocen un método y un dispositivo para controlar el suministro de combustible diésel y de emulsión de agua-diésel en bombas de inyección en serie, en los que, en función del estado de carga del motor, se generan emulsiones de composición diferente en una instalación de mezclado y se suministran éstas a continuación a la bomba de inyección, o bien existe exclusivamente un funcionamiento diésel. Para acortar el tiempo de reacción entre la generación de una emulsión modificada y la inyección de esta emulsión, se barre correspondientemente el denominado espacio de bomba de baja presión según el aumento o la reducción deseados de la proporción de agua en la emulsión procedente de un acumulador de emulsión o de diésel. Asimismo, se presenta una conmutación realizada en función del modo de funcionamiento para pasar del funcionamiento de emulsión al funcionamiento diésel puro. En particular, el motor debe hacerse funcionar al ralentí con combustible diésel puro, mientras que con carga más alta se le conmuta al funcionamiento de emulsión. La repercusión de este tiempo muerto existente entre la formación de la emulsión y la provisión al inyector sobre el comportamiento de funcionamiento y emisión depende sustancialmente del volumen del sistema en la zona de la generación de emulsión y del volumen de combustible que se ha de intercambiar en la zona de alta presión del sistema de inyección. En cualquier caso, la adaptación a las condiciones de funcionamiento dinámicas puede realizarse de una manera tan sólo relativamente lenta.

Ninguno de los métodos y dispositivos anteriormente presentados ofrece una solución para el barrido de toda la zona de alta presión de los dispositivos de inyección con combustible diésel tras la desconexión del motor para evitar, por un lado, problemas de encendido y, por tanto, de emisión al volver a arrancar el motor y para prevenir la corrosión eventualmente producida y/o el desgaste producido en el sistema de inyección.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de la presente invención consiste en proporcionar un método y un dispositivo para hacer funcionar un motor diésel con una emulsión de combustible diésel-agua generada en el vehículo, que presenta una proporción de agua dinámicamente modificable y dependiente de la carga y del número de revoluciones.

SOLUCIÓN DEL PROBLEMA SEGÚN LA INVENCION

El problema mencionado se resuelve con un método según la reivindicación 1 o un dispositivo según la reivindicación 8. Perfeccionamientos ventajosos son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

En particular, la generación de una mezcla de combustible-agua, de manera especialmente preferida una emulsión de agua-combustible diésel, se realiza según la invención por un dispositivo de emulsificación mecánico dispuesto preferiblemente en la parte de alta presión de un sistema de inyección y/o entre un acumulador de combustible y una tobera de inyección o una válvula de inyección o inyector.

Además, la invención concierne a un dispositivo de mezclado apropiado para disponerlo como medio de adición de agua en la parte de alta presión de un sistema de inyección de combustible de raíl común y dotado de un sistema de emulsificación de alta presión hidráulicamente accionado, en el que los medios suministrados por separado, combustible diésel y agua, se mezclan primero en un mezclador previo mecánico y, a continuación, se conducen a un círculo de recirculación o circuito de recirculación interior para generar una emulsión de agua-diésel suficientemente homogénea y estable.

La generación de la emulsión se realiza de preferencia – particularmente a través de un dispositivo de emulsificación mecánico –sin utilizar emulgentes.

En el método realizado según la invención unos sistemas de emulsificación de alta presión mecánicos, preferiblemente compactos, dispuestos en el conducto de inyección entre el acumulador de alta presión de combustible diésel de un sistema de inyección de diésel de raíl común convencional y el correspondiente inyector, están dispuestos lo más cerca posible delante de los inyectores, habida cuenta de las condiciones de montaje en los motores diésel de raíl común actuales. En caso de modificación del punto de funcionamiento del motor, se tiene que, debido a los volúmenes del conducto de inyección así minimizados, una adaptación correspondiente de la proporción de agua en la emulsión lleva ya, pocos ciclos de trabajo más tarde, a una inyección de la correspondiente emulsión (figura 1). El tiempo de reacción muy corte así conseguido con cargas de motor más altas entre la modificación de la composición en emulsión y la inyección de esta emulsión es una premisa importante para una proporción de agua dosificada incluso durante el funcionamiento dinámico del motor lo más cerca posible del límite técnico de combustión. Por tanto, se consigue una reducción lo mayor posible de las emisiones de NOx y hollín.

Además, la invención hace posible el intercambio de la emulsión por un combustible diésel puro al desconectar el motor, de modo que tenga lugar el proceso de arranque con un combustible diésel puro. Por tanto, las emisiones de arranque en frío y calentamiento relevantes para el gas de escape se mantienen al nivel del motor diésel convencional y se impiden procesos de corrosión en el sistema de inyección incluso en paradas bastante más largas.

En particular, se propone un dispositivo de emulsificación de alta presión compacto e integrable en un sistema de inyección de diésel de raíl común o de acumulador existente para generar una microemulsión de agua-diésel estable, habida cuenta de los volúmenes de acumulador lo más reducidos posible necesarios para el funcionamiento dinámico.

La disposición representada de los sistemas de emulsificación asociados por cilindros es especialmente ventajosa para reducir los volúmenes de los conductos de inyección entre el dispositivo de emulsificación y el inyector. En motores que, debido a una longitud de construcción más pequeña y a un tendido del conducto de inyección más favorables, presentan volumen de conducto de inyección más cortos entre el dispositivo de emulsificación y el inyector, es en principio posible también reducir el número de los dispositivos de emulsificación de manera que un dispositivo de emulsificación abastezca dos o más inyectores.

Los sistemas de emulsificación se abastecen a través de un tubo de distribución de agua de alta presión con combustible diésel del acumulador de combustible y con la cantidad de agua, necesaria para la composición en emulsión dependiente del punto de funcionamiento, que es facilitada por una bomba de dosificación de alta presión hidráulicamente accionada. La dosificación de agua se realiza sobre la base del consumo de combustible diésel determinado por contadores de medida, en particular contadores de medida de volumen, en recorrido de ida del combustible y en el de retorno, para lo cual se calculan valores de campo característicos de las proporciones de agua en la emulsión, archivados por campos característicos en un aparato de control adicional, teniendo en cuenta la temperatura del agua de enfriamiento y/o la presión medida por un sensor de presión en el acumulador de combustible del motor, y se suministran dichos valores como señal de control a la bomba de dosificación de alta presión.

Debido al poder calorífico del combustible en emulsión que disminuye al aumentar la proporción de agua, debe prolongarse la duración de la inyección de combustible en el espacio de combustión del motor para conseguir un comportamiento de potencia correspondiente al funcionamiento diésel de base. Para ello es necesaria de forma ideal una adaptación del campo característico de la cantidad de inyección en el aparato de control del sistema de inyección. No obstante, alternativamente, pueden prolongarse también correspondientemente las señales de inyección para los inyectores a través del aparato de control adicional. No obstante, se fijan límites a una prolongación de la duración de inyección para la adaptación al poder calorífico reducido de la emulsión mediante un retardo del proceso de combustión en el tiempo de expansión y al empeoramiento ligado a ello en el rendimiento térmico del motor. En caso de que la prolongación de la duración de inyección no sea suficiente para representar la potencia nominal del motor, en sistemas de inyección de raíl común existe la posibilidad de adaptar de manera correspondiente la cantidad de inyección mediante una elevación de la presión en el acumulador diésel.

Una característica adicional del método según la invención consiste en que, dependiendo del estado de funcionamiento del motor, se hace posible un modo de funcionamiento de emulsión o de diésel, en particular un modo de funcionamiento de diésel puro.

El motor caliente en funcionamiento se hace funcionar en general con una emulsión de agua-diésel en la composición adaptada al estado de carga. En este caso, con cargas de motor elevadas y temperaturas de combustión y de motor correspondientemente altas se pretende una reducción lo más intensa posible de las emisiones de NOx y hollín mediante una proporción de agua elevada en la emulsión de hasta 50 por ciento. La magnitud de la proporción de agua se limita por un empeoramiento del rendimiento térmico debido a un proceso de combustión retardado, así como a emisiones de monóxido de carbono y hollín crecientes. Gracias a los volúmenes

del conducto de combustible sintonizados con tiempos muertos reducidos entre la formación de una emulsión de agua-diésel predeterminada según un campo característico y la provisión de esta emulsión al inyector se consigue una adaptación de la proporción de agua a la carga momentánea del motor suficientemente rápida también para el funcionamiento dinámico del motor.

5 Con carga decreciente y temperaturas del espacio de combustión correspondientemente más bajas es necesaria una reducción de la proporción de agua en la emulsión para cumplir con el proceso de combustión termodinámicamente favorable. Esto puede significar una transición al funcionamiento de combustible diésel puro incluso para un funcionamiento al ralentí estable y pobre en emisiones. En este caso, ya no se suministra agua al
10 dispositivo de emulsificación, por ejemplo mediante la desconexión de la bomba de dosificación, y la emulsión aún presente en el conducto de inyección se consume dentro de 5 a 10 segundos.

15 En la fase de puesta en marcha del motor diésel es posible un arranque rápido y en la primera fase del calentamiento es posible un calentamiento rápido del motor solamente durante el funcionamiento de combustible diésel, ya que, durante el uso de una emulsión de agua-diésel, se presenta, debido al enfriamiento de la carga de los cilindros un claro empeoramiento de las condiciones de encendido durante el arranque en frío, ligado a unas emisiones fuertemente elevadas de combustible no quemado. Por tanto, ya al desconectar el motor es necesario sustituir por combustible diésel la emulsión de combustible contenida en el dispositivo de emulsificación y en las correspondientes secciones del conducto de inyección. Esto puede lograrse por medio de una válvula de barrido
20 dispuesta entre el dispositivo de emulsificación y el inyector, la cual abre una unión al retorno de fugas al efectuar la desconexión del motor, de modo que el combustible diésel que sigue fluyendo desde el acumulador de diésel a alta presión a través del dispositivo de emulsificación desaloja a emulsión. La apertura de la válvula de barrido es posible durante las últimas revoluciones del cigüeñal antes de la parada. La duración de la apertura de la válvula de barrido se calcula de modo que se barra y se expulse completamente el volumen de emulsión en las condiciones de presión
25 existentes en el acumulador de diésel a presión.

Para realizar el método descrito con miras a hacer funcionar un motor diésel con una emulsión de agua-diésel es necesario integrar un dispositivo de producción del combustible en emulsión dentro del sistema de inyección de raíl común diésel o de acumulador.

30 En el dispositivo de emulsificación según la invención se suministran a un taladro de paso combustible diésel que se encuentra al nivel de presión del acumulador de diésel, así como la proporción de agua necesaria para una emulsión procedente de una bomba de dosificación de alta presión y se mezclan previamente ambos componentes por medio de un tubo de mezcla y/o un mezclador de turbulencia. En este taladro de paso se extrae entonces, con ayuda de un
35 pistón hidráulicamente accionado, una parte de la mezcla existente, y durante la carrera de transporte siguiente se la suministra de nuevo al canal de paso o al canal principal a través de un diafragma de emulsificación o un estrangulador de emulsificación. El pistón se solicita por ambos lados. Por tanto, durante la carrera de extracción se realiza también simultáneamente un desalojo de la mezcla a través del estrangulador de emulsificación.

40 Es también posible de manera especialmente preferida adaptar la circulación de los volúmenes de emulsión a la cantidad de emulsión necesaria para el funcionamiento del motor mediante el control de la frecuencia de carrera del pistón de emulsificación. Asimismo, la circulación de los volúmenes de emulsión se elige entonces mayor en el factor 2 a 3 que el volumen de emulsión consumido en el mismo intervalo de tiempo por el motor.

45 El combustible a emulsificar se conduce a un circuito de recirculación lo más pequeño posible en volumen. En el funcionamiento a plena carga, el espacio de trabajo, en particular el segundo espacio de bomba, del cilindro de emulsificación se llena con 2 a 3 veces la cantidad máxima de inyección, lo que es suficiente a una frecuencia de carrera máxima del pistón de emulsificación de 5 s^{-1} para abastecer al motor continuamente con una emulsión fina prealmacenada en el taladro de paso o en el canal principal.

50 En una configuración muy especialmente preferida del sistema de recirculación está previsto que el volumen de combustible mixto extraído del taladro principal por el pistón de emulsificación se elija mayor en el factor 2 a 3 que la cantidad de emulsión inyectada por el inyector para asegurar así el suministro de emulsión al inyector junto con un tiempo de reacción simultáneamente pequeño a las variaciones de las composiciones en emulsión. Esta adaptación
55 del volumen de carrera del cilindro de emulsificación es posible por medio de una modificación de la carrera del pistón. De manera correspondiente, el pistón escalonado está provisto, en el lado hidráulico, de un sistema codificador de recorrido para la regulación de la posición del pistón. Otra configuración preferida del sistema de recirculación prevé que la cantidad de emulsión extraída del canal principal por unidad de tiempo y suministrada de nuevo a éste se realice a través de la frecuencia de carrera o de movimiento del pistón o del pistón de
60 emulsificación. Por ejemplo, con una carga del motor más reducida se extrae una cantidad de emulsión más pequeña del canal principal por unidad de tiempo y se la suministra de nuevo a éste, a cuyo fin se reduce la frecuencia de carrera o de movimiento del pistón. En este caso, el volumen de emulsión circulante, es decir, extraído del canal principal por unidad de tiempo y suministrado de nuevo a éste, se elige preferiblemente mayor en el factor 2 a 3 que la cantidad de emulsión inyectada en el mismo intervalo de tiempo. De esta manera, se asegura el

suministro al inyector de una calidad suficientemente buena de la emulsión.

Con la homogeneización de alta presión aquí utilizada tiene lugar la formación de una mezcla homogénea de dos líquidos no miscibles junto con una compensación de presión muy rápida, por ejemplo mediante tensiones de cizalladura y cavitación a través de un estrangulador. En la configuración que aquí se presenta se genera una diferencia de presión de más de 100 MPa por medio del pistón de emulsificación. La microemulsión generada en este caso presenta una distribución muy fina de gotitas de agua muy pequeñas con una distribución de diámetro hasta el rango de nm. Las emulsiones con una distribución correspondientemente homogénea de la fase de agua son ventajosas para el proceso de combustión con una proporción lo más elevada posible de zonas de mezcla premezcladas y, por tanto, homogéneas con emisiones de NOx y hollín correspondientemente reducidas.

Las altas presiones necesarias para la emulsificación delante del estrangulador de emulsificación se generan por un pistón escalonado configurado como multiplicador de presión, que está diseñado de manera compensada en presión con respecto a la presión del raíl diésel reinante en el taladro principal, es decir, la presión del combustible diésel en el raíl o el acumulador. El accionamiento del pistón se realiza en este caso por el pistón hidráulico en el lado de baja presión del pistón escalonado. Debido a la compensación de presión en el lado de alta presión del pistón de emulsificación, la fuerza a aplicar a través del pistón hidráulico es necesaria solamente para la generación de la presión de emulsificación.

El control del movimiento de carrera del pistón de emulsificación se realiza mediante la solicitud alternativa del pistón hidráulico con un fluido hidráulico que se facilita por un grupo hidráulico que presenta preferiblemente una bomba de ajuste. El grupo hidráulico se acciona directamente por el motor para mejorar el rendimiento total. La regulación de carrera del pistón de emulsificación se realiza para todos los sistemas de emulsificación mediante una activación correspondiente de la válvula de varias vías para el accionamiento del pistón. La activación de la válvula de varias vías se realiza en este caso, preferiblemente, por el aparato de control.

Para lograr el rozamiento de las juntas de sellado de pistón en el cilindro de emulsión y, por tanto, el mismo movimiento de carrera del pistón de emulsión y mantener tan pequeña como sea posible la potencia de accionamiento hidráulico, el tubo del cilindro está provisto de un revestimiento CLD que presenta coeficientes de rozamiento muy pequeños en unión con juntas de sellado de anillo deslizante especiales. La junta de sellado de anillo deslizante es preferiblemente una junta de sellado de anillo deslizante de PTFE. Una configuración de este tipo del cilindro de emulsión trae consigo la ventaja de hacer posible un buen sellado del pistón frente a la pared del cilindro o el tubo del cilindro con un desgaste simultáneamente reducido de las juntas de sellado de pistón y las guías.

Las ventajas del método según la invención para el funcionamiento de un motor diésel consisten en que con la integración del sistema de emulsificación mecánico en un sistema de inyección de diésel de raíl común o acumulador puede generarse de manera sencilla y barata una emulsión de agua-diésel con una proporción de agua dinámicamente modificable. No son necesarios emulgentes en este caso, dado que la emulsificación de alta presión realizada en un método de circulación o recirculación utilizando un diafragma de emulsificación a presiones de emulsificación de más de 100 MPa da como resultado una microemulsión suficientemente estable. La cantidad del combustible emulsionado se determina de forma correspondiente al consumo de emulsión mediante la adaptación del volumen de carrera del cilindro de emulsificación y/o mediante la frecuencia de carrera del pistón de bomba en el dispositivo de emulsificación. Por consiguiente, resulta una adaptación ventajosa de la demanda de energía para el proceso de emulsificación al consumo de combustible real.

Una ventaja adicional del método propuesto consiste en la posibilidad de representar en estados de funcionamiento críticos del motor, como el ralentí reducido y la fase de calentamiento tras el arranque en frío, un funcionamiento con combustible diésel libre de agua mediante una simple interrupción de la dosificación de agua. Como complemento de la interrupción de la dosificación de agua, puede desconectarse ventajosamente el movimiento del pistón de emulsificación. Debido a la desconexión del movimiento del pistón de emulsificación ya no son recorridos por el combustible los espacios de bomba primero y segundo ni el canal de derivación del canal principal al primer espacio de bomba, ni tampoco el canal de unión entre los dos espacios de bomba. Esto lleva a una aceleración de la reducción de la proporción de agua en el combustible diésel.

El funcionamiento de combustible diésel necesario para el proceso de arranque en frío, sin emisiones incrementadas de hidrocarburos no quemados en comparación con el funcionamiento diésel de base, se consigue por medio de un dispositivo de barrido a través de un intercambio - que tiene lugar durante el proceso de desconexión precedente - del combustible de emulsión aún presente en el sistema de conducto y en el dispositivo de emulsificación. La emulsión barrida y expulsada se suministra de nuevo al tanque de diésel o de agua por medio del sistema de fugas con una separación posterior de agua-diésel en un separador de agua. Por tanto, no es necesario otro acumulador intermedio de emulsión.

El método según la invención y el dispositivo de emulsificación según la invención pueden utilizarse junto con

sistemas de inyección de diésel de raíl común o acumulador incluso en sistemas de bomba-conducto-tobera convencionales. Por sistemas de bomba-conducto-tobera se entienden también a continuación aquellos sistemas de bomba-tobera en los que bomba y tobera están alojadas en una misma carcasa.

5 En sistemas de bomba-conducto-tobera de este tipo (a continuación también sistema PLD) es ventajoso integrar el sistema de emulsificación en el circuito de abastecimiento de baja presión de la bomba de inyección.

La posibilidad de la modificación rápida de la concentración de agua en la emulsión de agua-diésel se mantiene al menos en gran medida. El funcionamiento diésel puro ventajoso para el proceso de desconexión y arranque puede materializarse por medio de procesos de barrido en la zona de baja presión del sistema.

En este caso, los motores diésel que están equipados con un dispositivo de emulsificación según la invención y/o los dispositivos de emulsificación según la invención se pueden hacer funcionar también con otros combustibles en emulsión. En el combustible en emulsión puede estar contenido entonces combustible diésel, biodiesel y/o combustible diésel sintético. Como componente adicional del combustible en emulsión puede estar contenido entonces en el combustible en emulsión un componente adicional no miscible con el componente o componentes antes citados. El componente adicional puede ser preferiblemente agua o mezclas de agua-alcohol.

Preferiblemente, la proporción de agua en la emulsión de agua-diésel es regulada por un aparato de control. En este caso, se trata preferiblemente de un aparato de control adicional para controlar el dispositivo de emulsificación. La regulación se realiza entonces preferiblemente en función de la carga del motor, el número de revoluciones y/o la temperatura del agua de refrigeración. Además, como complemento o alternativa a la regulación de la proporción de agua en la emulsión de agua-diésel puede regularse por el aparato de control la sustitución de la emulsión de agua-combustible diésel por combustible diésel, por ejemplo como proceso de barrido durante la desconexión del motor.

25 EJEMPLO DE REALIZACIÓN

La invención se explica a modo de ejemplo a continuación con ayuda del dibujo. En el dibujo muestran:

La figura 1, un esquema de sistema para un motor de 6 cilindros con los respectivos dispositivos de emulsificación asociados a los cilindros individuales;
 La figura 2, un esquema de sistema para un motor de 6 cilindros con los dispositivos de emulsificación asociados a cada dos cilindros,
 La figura 3, una representación de principio de un dispositivo de emulsificación según la invención,
 La figura 4, una representación de principio de otro dispositivo de emulsificación según la invención para sistemas de inyección según el principio de bomba-conducto-tobera, y
 La figura 5, un esquema de sistema para un sistema de inyección según el principio de bomba-conducto-tobera.

En la figuras, para componentes y elementos iguales o equivalentes se utilizan los mismos símbolos de referencia, obteniéndose propiedades y ventajas correspondientes aun cuando se suprima una descripción reiterada por motivos de simplificación.

La figura 1 muestra en una representación esquemática un motor diésel 1 según lo propuesto con, particularmente, varios dispositivos de emulsificación 2 según lo propuesto, que están integrados aquí preferiblemente en un sistema de inyección 3 del motor diésel 1 o asociados a éste.

En particular, los dispositivos de emulsificación 2 están dispuestos o integrados particularmente en los conductos de alta presión o de inyección 4 entre un raíl de diésel o carril colector 5 y toberas de inyección, válvulas de inyección o inyectores 6. El motor 1 según lo propuesto puede accionarse con una emulsión de agua y diésel con composición variable hasta obtener un combustible diésel.

El motor 1 o el sistema de inyección 3 presenta preferiblemente un tanque de diésel 7, una bomba de presión previa de diésel 8, un filtro de diésel 9, un contador de combustible 10, en particular un contador de volumen de combustible, y/o una bomba de alta presión de diésel 11 en el conducto de alimentación al carril colector 5. En este caso, la bomba de alta presión de diésel 11 y/o el carril colector 5 pueden presentar preferiblemente una regulación de alta presión 112 y/o un retorno de combustible 113 al tanque de diésel 7. Ventajosamente, en el raíl de diésel está integrado un sensor de presión 111 que envía señales de medición al aparato de control 22 sobre la presión de combustible diésel actualmente reinante en el acumulador.

60 Un conducto de fugas o de retorno 12 retorna desde el carril colector 5 y/o desde la bomba de alta presión de diésel 11 al tanque de diésel 7 a través de un contador de combustible 13.

Los dispositivos de emulsificación 2 pueden alimentarse respectivamente de preferencia con combustible, en particular combustible diésel, y un componente a mezclar, aquí agua.

- 5 En el ejemplo de representación, el motor 1 o el sistema de inyección 3 presenta preferiblemente un tanque de agua 14, una bomba de presión previa de agua 15, un filtro de agua 16 y/o una unidad de dosificación 17, en particular una bomba de dosificación y/o una bomba de alta presión, para alimentar o conducir agua a los dispositivos de dosificación 2.
- 10 El motor 1 o el sistema de inyección 3 o el correspondiente dispositivo de emulsificación 2 y/o la unidad de dosificación 17 presentan preferiblemente un accionamiento hidráulico, en particular con una bomba de ajuste 18 y/o una válvula 19, en particular para solicitarlos o alimentarlos con agua u otro fluido hidráulico a presión variable o ajustable.
- De manera especialmente preferida, los dispositivos de emulsificación se alimentan en paralelo con agua o se conectan en paralelo a la unidad de dosificación 17.
- 15 En el ejemplo de representación, a cada cilindro o a cada inyector 6 está asociado preferiblemente un dispositivo de emulsificación 2 separado o propio. No obstante, varias válvulas de inyección o inyectores 6 pueden conectarse también conjuntamente a un dispositivo de emulsificación 2, lo que se explica con más detalle posteriormente con ayuda de otra variante de realización según la figura 2.
- 20 El motor 1 o el sistema de inyección 3 presenta preferiblemente unas válvulas de barrido 20 que están asociadas a los respectivos dispositivos de emulsificación 2 y, en particular, están dispuestas en los conductos de inyección 4 entre el respectivo dispositivo de emulsificación asociado 2 y el correspondiente inyector 6.
- 25 Las válvulas de barrido 20 y/o los conductos de fuga 38 de los inyectores 6 están conectados preferiblemente a un separador de agua 21. Estando abiertas las válvulas de barrido abiertas 20, los dispositivos de emulsificación 2 y los conductos de inyección 4 pueden barrerse con combustible diésel, evacuándose las cantidades restantes de combustible diésel y agua a través del separador de agua 21 y separándose, por un lado, en combustible diésel y, por otro lado, en agua. El combustible diésel separado se devuelve al tanque de diésel 7 a través del conducto de retorno 12. El agua separada se devuelve al tanque de agua 14 a través de un conducto de retorno correspondiente.
- 30 El motor 1 presenta además preferiblemente un aparato de control 22, preferiblemente para el funcionamiento en emulsión, que controla o regula la proporción de agua particularmente en función de los parámetros de funcionamiento y/o del punto de funcionamiento del motor, de manera especialmente preferida en función de la carga del motor M, el número de revoluciones D y/o la temperatura del agua de enfriamiento K, cuya proporción de agua se mezcla con el combustible diésel por medio de los dispositivos de emulsificación 2.
- 35 En particular, la proporción de agua de la respectiva emulsión de agua-combustible diésel proporcionada por el dispositivo de emulsificación 2 se modifica o varía o se adapta así en función del punto de funcionamiento del motor.
- 40 En la figura 1 las correspondientes conexiones de señal, líneas de control y similares del aparato de control 22, preferidas y/u opcionales, con los componentes correspondientes, están representadas en líneas discontinuas.
- Los dispositivos de emulsificación 2 trabajan preferiblemente de manera mecánica.
- 45 La figura 2 muestra en una representación similar el motor diésel 1 según otra variante de realización, en donde los inyectores 6 se conectan por parejas a un dispositivo de emulsificación común 2. Por lo demás, los comentarios y explicaciones sobre la forma de realización según la figura 1 se aplican de manera correspondiente o complementaria.
- 50 La figura 3 muestra en una representación en sección esquemática una construcción preferida del dispositivo de emulsificación 2 según lo propuesto.
- 55 El dispositivo de emulsificación 2 presenta preferiblemente una entrada 23 para combustible diésel y una entrada 24 para agua, así como una salida 25 para la emulsión de agua-combustible diésel.
- El dispositivo de emulsificación 2 presenta preferiblemente un preemulsificador mecánico 26. No obstante, éste está previsto únicamente de manera opcional. El preemulsificador es preferiblemente un mezclador de turbulencia.
- 60 El dispositivo de emulsificación 2 presenta preferiblemente un aparato de mezcla, en particular un pistón 27 accionado o móvil especialmente de forma hidráulica y/o un estrangulador de emulsificación 28 para realizar una emulsificación mecánica.
- El dispositivo de emulsificación 2 presenta opcionalmente un amortiguador 29 delante de la salida 25. Gracias al amortiguador 29 se reducen las oscilaciones de presión delante del inyector que puedan ser provocadas por el

pistón 27.

5 El dispositivo de emulsificación 2 presenta un canal principal 30 a través del cual el combustible diésel y el agua, alimentados por las entradas 23 y 24, circulan hasta la salida 25 a través del preemulsificador opcional 26 y el amortiguador opcional 29.

10 El pistón 27 y el estrangulador de emulsificación 28 asociado forman un dispositivo de mezclado mecánico para mezclar agua y combustible diésel. Este dispositivo de mezclado está conectado particularmente al canal 30, de manera especialmente preferida entre el preemulsificador 26 y el amortiguador 29.

El dispositivo de mezclado trabaja preferiblemente de forma mecánica y es accionado especialmente de manera hidráulica.

15 En particular, el pistón 27 forma una bomba de pistón que hace circular o bombea el agua y el combustible diésel para su mezclado a través del estrangulador de emulsificación 28 – en particular una abertura con una sección transversal pequeña de, preferiblemente, alrededor de 0,2 mm -. Preferiblemente, el estrangulador de emulsificación 28 presenta un taladro de estrangulación con un diámetro de 0,15 mm a 0,25 mm. Preferiblemente, la diferencia de presión en el estrangulador asciende a al menos 100 MPa.

20 De preferencia, el dispositivo de emulsificación 2 o el dispositivo de mezclado presenta un canal de derivación 31, una válvula de retención 32 dispuesta en el canal de derivación 31, un primer espacio de bomba 33, un canal de unión 34, una válvula de retención 35 dispuesta en el canal de unión 34 y/o un segundo espacio de bomba 36.

25 El canal de derivación 31 sale del canal principal 30 y une el canal principal 30 con el primer espacio de bomba 33.

El canal de unión 34 une el primer espacio de bomba 33 con el segundo espacio de bomba 36.

30 El pistón 27, conformado preferiblemente como un pistón escalonado, está configurado de tal modo que pueda ser movido en vaivén por un accionamiento correspondiente, aquí preferiblemente un accionamiento hidráulico, en particular por una sollicitación correspondiente en un cilindro de trabajo 37, con lo que el pistón 27 agranda y reduce alternativamente los dos espacios de trabajo 33 y 36 para derivar el combustible diésel y el agua desde el canal principal 30 a través del canal de derivación 31 y, finalmente, bombearlos de nuevo para que vuelvan al canal principal 30 a través del estrangulador de emulsificación 28. Por tanto, se forma un sistema de circulación en el que el volumen de mezcla extraído por el canal de derivación 31 por unidad de tiempo corresponde exactamente al volumen de emulsión suministrado de nuevo al canal principal 30 en la misma unidad de tiempo por medio del estrangulador de emulsificación 28.

40 El cilindro de trabajo 37 se solicita de preferencia correspondientemente por la bomba de ajuste 18 con fluido hidráulico sometido a presión, tal como aceite hidráulico o agua, para material el accionamiento deseado del pistón 27. No obstante, son posibles también otras soluciones constructivas.

45 La proporción de agua de la emulsión de agua-combustible diésel entregada por el dispositivo de emulsificación 2 depende particularmente de la cantidad de agua que se añade a través de la entrada 24. Esta proporción de agua se determina por la bomba de dosificación o la unidad de dosificación 17. Esta es accionada también de preferencia hidráulicamente y/o se controla preferiblemente por el aparato de control 22.

50 La frecuencia de los movimientos del pistón 27 se vigila preferiblemente con el aparato de control 22. De preferencia, está previsto además un sistema 150 de medición de recorrido del pistón. Gracias a la medición de la frecuencia del movimiento del pistón 27 y/o del recorrido del pistón es posible vigilar y/o controlar el volumen de emulsión aportado al canal principal 30 a través del estrangulador de emulsificación 28.

55 Ventajosamente, gracias al control o la vigilancia de la frecuencia del pistón 27 y/o del recorrido del pistón 27 puede asegurarse que, durante un proceso de barrido del canal principal 30 y/o del conducto de inyección 4 que lleva al inyector, no puede llegar ninguna emulsión de los espacios de bomba 33 y 36 y de los canales 31 y 34 al canal principal 30 y, por tanto, al inyector 6. Esta vigilancia y control ventajosos del pistón 27 durante los procesos de barrido del canal principal 30 es ventajoso especialmente durante la desconexión del motor y/o durante el proceso de arranque del motor.

60 Ventajosamente, las superficies de deslizamiento del cilindro del pistón de emulsificación 27 están provistas de un revestimiento CLD. Alternativa o adicionalmente, es ventajoso que el pistón 27 presente juntas de anillo deslizante 151 de PTFE. Por tanto, son posibles coeficientes de rozamiento pequeños junto con una hermeticidad simultáneamente alta. Ventajosamente, está previsto un canal de retorno 152 a través del cual pueden evacuarse del dispositivo de emulsificación 2 las cantidades de fuga de emulsión, es decir, las cantidades de emulsión que han atravesado las juntas de anillo deslizante 151. Ventajosamente, estas cantidades de fuga de emulsión se

suministran al separador de agua 21. En este caso, es especialmente ventajoso suministrar las cantidades de fuga de emulsión al separador de agua 21 a través de un conducto de fugas.

A continuación, se explica con más detalle con ayuda de las figuras adicionales otra forma de realización del método y del dispositivo de emulsificación según lo propuesto y del motor diésel según lo propuesto, en donde los comentarios y explicaciones anteriores se aplican particularmente de manera correspondiente o complementaria, si bien esto no se repite explícitamente. Además, las características y aspectos individuales de las diferentes formas de realización pueden combinarse también discrecionalmente y unos con otros, pero también pueden materializarse independientemente unos de otros.

En la figura 4 está representado otro dispositivo de emulsificación 101 según la invención. Éste presenta un pistón 136. La frecuencia de los movimientos del pistón 136 se vigila preferiblemente con el aparato de control 130. Además, está previsto preferiblemente un sistema 150 de medición de recorrido del pistón. Gracias a la medición de la frecuencia del movimiento del pistón 136 y/o del recorrido del pistón es posible vigilar y/o controlar el volumen de emulsión aportado al canal principal 139 por medio del estrangulador de emulsión 137.

Ventajosamente, gracias al control o la vigilancia de la frecuencia del pistón 136 y/o del recorrido del pistón 136 puede asegurarse que, durante un proceso de barrido del canal 139 y/o del conducto de inyección 127 que lleva al inyector, no puede llegar ninguna emulsión de los espacios de bomba 142 y 145 y de los canales 140 y 143 al canal principal 139 y, por tanto, al inyector 104. Esta vigilancia y control ventajosos del pistón 136 durante los procesos de barrido del canal principal 139 son particularmente ventajosos durante la desconexión del motor y/o durante el proceso de arranque del motor.

Las superficies de deslizamiento del cilindro del pistón de emulsificación 136 están provistas ventajosamente de un revestimiento CLD. Alternativa o adicionalmente, es ventajoso que el pistón 136 presente juntas de anillo deslizante 151 de PTFE. Por tanto, son posibles coeficientes de rozamiento pequeños junto con una hermeticidad simultáneamente alta. Ventajosamente, está previsto un canal de retorno 152, a través del cual pueden evacuarse del dispositivo de emulsificación 101 las cantidades de fuga de emulsión, es decir, las cantidades de emulsión que han atravesado las juntas de anillo deslizante 151. Ventajosamente, estas cantidades de fuga de emulsión se suministran al separador de agua 126. En este caso, es especialmente ventajoso suministrar las cantidades de fuga de emulsión al separador de agua 126 a través de un conducto de fugas 125 (para la conexión del conducto de fugas 125 y el separador de agua 126, véase la figura 5).

El dispositivo de emulsificación 101 mostrado en la figura 4 es adecuado particularmente para su uso en sistemas de inyección diésel con elementos de bomba accionados por levas. Esto está representado esquemáticamente en la figura 5 para la bomba 157. La bomba 157 abastece al inyector o la tobera de inyección 104. La bomba 147 se abastece en este caso a través del conducto de circulación 155 con combustible o combustible en emulsión. El conducto de circulación 155 presenta entonces un regulador de presión de abastecimiento 158. En el conducto de circulación 155 el combustible o el combustible en emulsión es transportado por la bomba de circulación 154.

Además, el conducto de circulación 155 presenta unos sensores 153 para la vigilancia del contenido de agua del combustible en emulsión. Los sensores 153 sirven también para controlar la válvula de barrido 124. Abriendo la válvula de barrido 124, el dispositivo de emulsificación 101 y/o el conducto de circulación 155 pueden barrerse con combustible diésel. Esto tiene lugar particularmente durante la desconexión y/o el arranque del motor diésel. El combustible en emulsión que resulta durante un proceso de barrido de este tipo y/o la cantidad reducida del combustible que resulta en el regulador de presión de abastecimiento 158 y/o la cantidad de fuga del inyector 104 pueden suministrarse al separador de agua 126 a través el conducto de fugas 125. El separador de agua 126 sirve para la separación de combustible diésel y agua. El agua separada del combustible diésel se suministra al tanque de agua 116 a través del conducto de retorno de agua 129 para agua. El combustible diésel separado del agua se suministra al tanque de diésel 105 a través del conducto de retorno de diésel 128 para diésel.

Para poder integrarse en el conducto de circulación 155, el dispositivo de emulsificación representado esquemáticamente en la figura 4 presenta una entrada adicional 159. Esta entrada adicional 159 se une con el conducto de circulación 155. La salida 134 del dispositivo de emulsificación 101 se une también con el conducto de circulación 155. Por tanto, el canal principal 139 del dispositivo de emulsificación 101 es parte del circuito formado por el conducto de circulación 155. El dispositivo de emulsificación 101 presenta además una entrada 131 para la admisión de combustible diésel y una entrada 132 para la admisión de agua. En este caso, las cantidades o caudales suministrados por las entradas 131 y/o 132 se regulan preferiblemente por el aparato de control 130, en particular según un campo característico. Preferiblemente, la entrada 132 para la admisión de agua presenta una válvula de retención 133 que impide un retroceso de agua.

Se proponen un método y un dispositivo de emulsificación para el funcionamiento de un motor diésel con una emulsión de agua-combustible diésel, en donde la proporción de agua se modifica en función del punto de funcionamiento del motor y/o el dispositivo de emulsificación y/o partes del conducto de inyección se barren durante

la desconexión del motor con combustible diésel puro.

Lista de símbolos de referencia

	1	Motor diésel
5	2	Dispositivo de emulsificación
	3	Sistema de inyección
	4	Conducto de inyección
	5	Carril colector o raíl
	6	Inyector
10	7	Tanque de diésel
	8	Bomba de presión previa de diésel
	9	Filtro de diésel
	10	Contador de combustible (conducto de suministro)
	11	Bomba de alta presión de diésel
15	12	Conducto de retorno
	13	Contador de combustible (conducto de retorno)
	14	Tanque de agua
	15	Bomba de presión previa de agua
	16	Filtro de agua
20	17	Unidad de dosificación (agua)
	18	Bomba de ajuste
	19	Válvula
	20	Válvula de barrido
	21	Separador de agua
25	22	Aparato de control
	23	Entrada (combustible diésel)
	24	Entrada (agua)
	25	Salida
	26	Preemulsificador
30	27	Pistón
	28	Estrangulador de emulsificación
	29	Amortiguador
	30	Canal principal
	31	Canal de derivación
35	32	Válvula de retención
	33	Primer espacio de bomba
	34	Canal de unión
	35	Válvula de retención
	36	Segundo espacio de bomba
40	37	Espacio o cilindro de trabajo
	38	Conducto de fugas
	101	Dispositivo de emulsificación
	103	Conducto de inyección
	104	Inyector
45	105	Tanque de diésel
	106	Bomba de presión previa de diésel
	107	Filtro de diésel
	108	Contador de volumen de diésel (conducto de suministro)
	111	Sensor de presión
50	112	Regulación de alta presión
	113	Retorno de combustible
	116	Tanque de agua
	117	Bomba de presión previa de agua
	118	Filtro de agua
55	119	Unidad de dosificación (agua)
	120	Bomba de ajuste
	121	Válvula
	122	Hidráulica (unidades de emulsificación)
	123	Hidráulica (unidad de dosificación)
60	124	Válvula de barrido
	125	Conducto de fugas
	126	Separador de agua
	128	Conducto de retorno de diésel
	129	Conducto de retorno de agua

ES 2 564 754 T3

	130	Aparato de control
	131	Entrada (combustible diésel)
	132	Entrada (agua)
	133	Válvula de retención (suministro de agua)
5	134	Salida
	135	Preemulsificador
	136	Pistón
	137	Estrangulador de emulsificación
	138	Amortiguador
10	139	Canal principal
	140	Canal de derivación
	141	Válvula de retención
	142	Primer espacio de bomba
	143	Canal de unión
15	144	Válvula de retención
	145	Segundo espacio de bomba
	146	Pistón hidráulico
	147	Espacio de trabajo
	148	Canal de conexión (hidráulica)
20	149	Canal de conexión (hidráulica)
	150	Sensor de recorrido de pistón
	151	Juntas de anillo deslizante
	152	Canal de retorno
	153	Sensores
25	154	Bomba (conducto de circulación)
	155	Conducto de circulación
	156	Conducto de fugas
	157	Bomba
	158	Regulador de presión de abastecimiento
30	159	Entrada
	D	Número de revoluciones
	TK	Temperatura de agua de refrigeración
	M	Carga de motor
35		

REIVINDICACIONES

1. Método para el funcionamiento de un motor diésel (1) con una emulsión de agua-combustible diésel, en el que se modifica o se adapta la proporción de agua de la emulsión de agua-combustible diésel dependiendo del punto de funcionamiento del motor, **caracterizado por que** el combustible diésel y el agua se suministran a un canal principal (30, 139) en una relación cuantitativa predeterminada por el punto de funcionamiento y se mezclan previamente según la mecánica de fluidos, succionándose la mezcla de agua-diésel desde este canal principal (30, 139) hasta un primer espacio de bomba (33, 142) y transportándola simultáneamente a través de un diafragma o estrangulador de emulsificación (28, 137) para devolverla al canal principal (36, 145) desde un segundo espacio de bomba (30, 139).
2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se mezclan diésel y agua lo más cerca posible de un inyector (6, 104) o una válvula de inyección o una tobera de inyección, preferiblemente en la parte de alta presión del sistema de inyección (3), en particular para mejorar o minimizar los tiempos de reacción entre la modificación de la proporción en la emulsión y su provisión en el inyector (6, 104) o en la tobera de inyección.
3. Método según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que**, al desconectar el motor diésel (1) y durante la fase de marcha por inercia, la emulsión agua-combustible diésel presente en un dispositivo de emulsificación (2, 101) y/o un conducto de inyección, en particular el conducto de inyección (4, 103) entre el dispositivo de emulsificación (2, 101) y un inyector (6, 104), hacia un inyector (6, 104) o una válvula de inyección o una tobera de inyección, es sustituida por combustible diésel que sigue fluyendo, en particular debido a la apertura de una válvula de barrido (20, 124).
4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las fugas de combustible, que tienen lugar debido a faltas de hermeticidad en los inyectores (6, 104) o las válvulas de inyección o las toberas de inyección, y/o el combustible en emulsión que debe evacuarse por el barrido del dispositivo de emulsificación (2, 101) y los correspondientes conductos de inyección (4, 103), se llevan a un conducto de fugas (38, 125, 156), separándose en particular la fuga, por medio de un separador de agua (21, 126), en combustible diésel libre de agua y agua y realimentándola preferiblemente a los correspondientes tanques de reserva (7, 14).
5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, en motores diésel (1) mayores y/o multicilindros, la emulsión de agua-combustible diésel se genera por medio de un dispositivo de emulsificación (2, 101) delante de cada inyector (6, 104) o cada válvula de inyección o cada tobera de inyección, ascendiendo en particular el volumen muerto, especialmente el volumen del conducto de combustible, entre el dispositivo de emulsificación (2, 101) y el inyector (6, 104) o la válvula de inyección o la tobera de inyección a menos de la mitad de la cantidad de inyección máxima por ciclo de trabajo.
6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la proporción de agua en la emulsión de agua-diésel, de preferencia en función de la composición de la emulsión de agua-combustible diésel que se encuentra en un conducto de circulación (155), la carga del motor (M), el número de revoluciones (D) y/o la temperatura del agua de refrigeración (TK), y/o la sustitución de la emulsión de agua-diésel por combustible diésel son reguladas por un aparato de control (22, 130) preferiblemente adicional.
7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en un primer ciclo de trabajo del dispositivo de emulsificación (2, 101) se aspira la emulsión de agua-diésel hacia el primer espacio de bomba (33, 142) y se la transporta desde el segundo espacio de bomba (36, 145) hasta el canal principal (30, 139), y en un segundo ciclo de trabajo del dispositivo de emulsificación se transporta emulsión de agua-diésel desde el segundo espacio de bomba (36, 145) hasta el primer espacio de bomba (33, 142).
8. Dispositivo de emulsificación (2, 101) para producir una emulsión de agua-combustible diésel, en particular para un motor diésel (1), **caracterizado por que** el dispositivo de emulsificación (2, 101) está configurado de tal modo que se suministren combustible diésel y agua a un canal principal (30, 139) y se mezclen estos según la mecánica de fluidos, aspirándose la mezcla de agua-diésel desde este canal principal (30, 139) hacia un cilindro emulsificador y/o espacio de bomba (33, 142) y haciéndola refluir simultáneamente hacia el canal principal (30, 139) a través de un diafragma y/o estrangulador de emulsificación (28, 137).
9. Dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado por que** la mezcla de agua-diésel refluye desde un segundo espacio de bomba (36, 145) hasta el canal principal (30, 139), ascendiendo el volumen del segundo espacio de bomba (36, 145) a como máximo el triple y/o al menos el doble del máximo volumen de emulsión agua-diésel inyectable por ciclo de trabajo, y/o por que la frecuencia de ciclos del dispositivo de emulsificación (2, 101), en particular de un pistón accionado hidráulicamente (27, 136), puede regularse en función de la cantidad de emulsión de agua-diésel inyectada, ascendiendo particularmente el volumen de emulsión de agua-combustible diésel transportado por unidad de tiempo a través del estrangulador de emulsificación (28, 137) a al menos el doble y/o como máximo el triple del volumen de emulsión de agua-combustible diésel inyectado en la misma unidad de tiempo.

10. Dispositivo según la reivindicación 8 o 9, **caracterizado por que**, para la emulsificación de la mezcla de agua-combustible, se presenta una presión de al menos 100 MPa en el estrangulador de emulsificación (28, 137).
- 5 11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado por que** el dispositivo de emulsificación (2, 101), para mejorar los tiempos de reacción entre la modificación de la proporción de agua en la emulsión y su provisión, está dispuesto lo más cerca posible de un inyector (6, 104) o una válvula de inyección o una tobera de inyección.
- 10 12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado por que** una válvula de barrido (20, 124) está dispuesta de preferencia directamente delante de un inyector (6, 104) o una válvula de inyección o una tobera de inyección y puede abrirse al desconectar el motor (1) durante la fase de marcha por inercia, de modo que la emulsión de agua-diésel presente en el dispositivo de emulsificación (2, 101) y un conducto de inyección (4, 103) se sustituye por combustible diésel que sigue fluyendo.
- 15 13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizado por que** el dispositivo de emulsificación (2, 101) presenta un canal de derivación (31, 140) para aspirar emulsión de agua-diésel desde el canal principal (30, 139) hacia el primer espacio de bomba (33, 142) y/o un canal de unión (34, 143) para transportar emulsión de agua-diésel entre el primer espacio de bomba (33, 142) y el segundo espacio de bomba (36, 145), estando previstas preferiblemente una válvula de retención (35, 144), por la cual se impide un flujo de retorno de la emulsión de agua-diésel desde el segundo espacio de bomba (36, 145) hasta el primer espacio de bomba (33, 142), y/o una válvula de retención (32, 141), por la cual se impide un flujo de retorno de la emulsión de agua-diésel desde el primer espacio de bomba (33, 142) hasta el canal principal (30, 139).
- 20 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizado por que** el primer espacio de bomba (33, 142) y el segundo espacio de bomba (36, 145) están acoplados mecánicamente, de preferencia a través de un pistón (27, 136), de tal modo que la suma de los volúmenes del primer espacio de bomba (33, 142) y del segundo espacio de bomba (36, 145) permanezca siempre constante durante el funcionamiento del dispositivo de emulsificación.
- 25 30 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 14, **caracterizado por que** el pistón (27, 136) presenta juntas de anillo deslizante (151) de PTFE y/o las superficies de deslizamiento del cilindro cooperantes con el pistón (27, 136) presentan un revestimiento CLD.

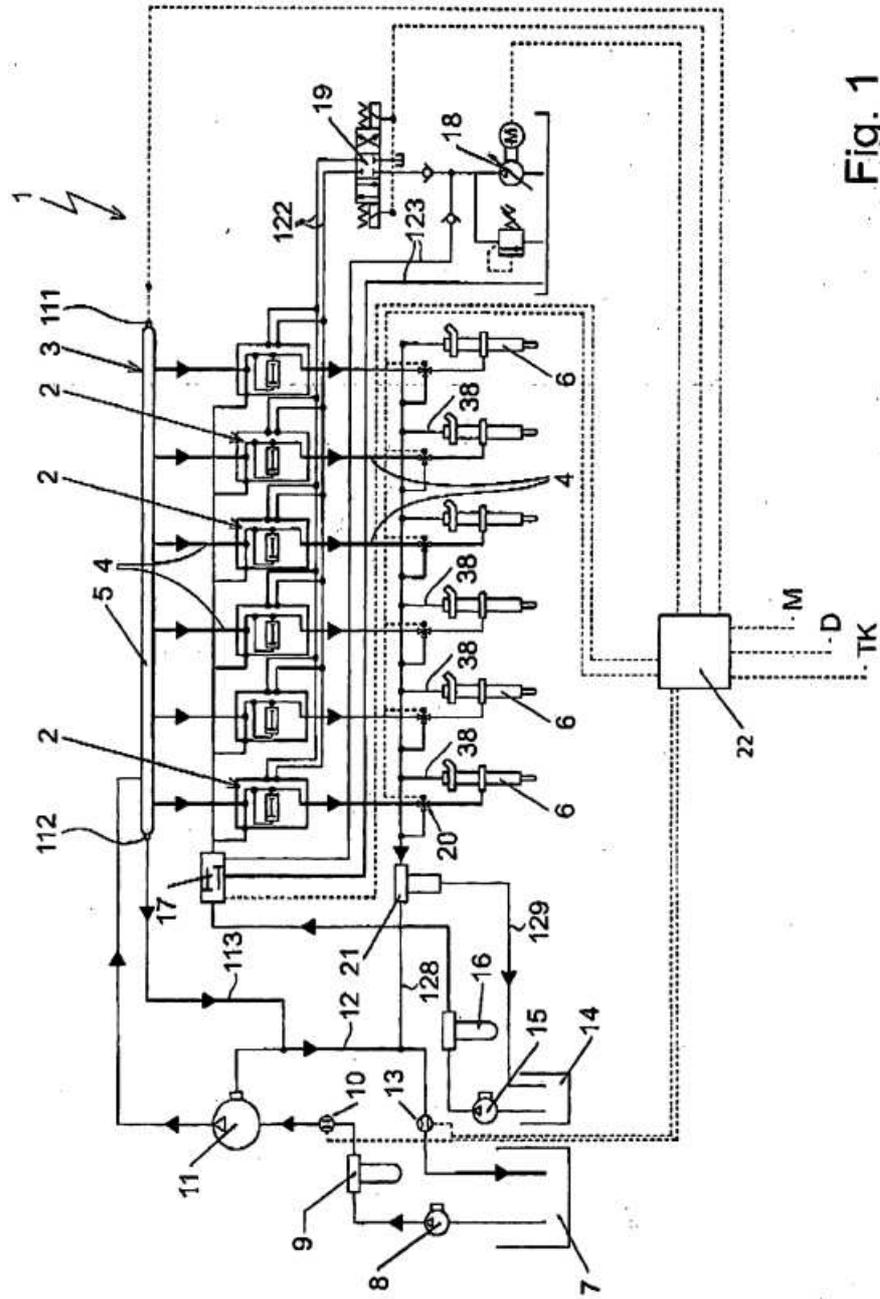


Fig. 1

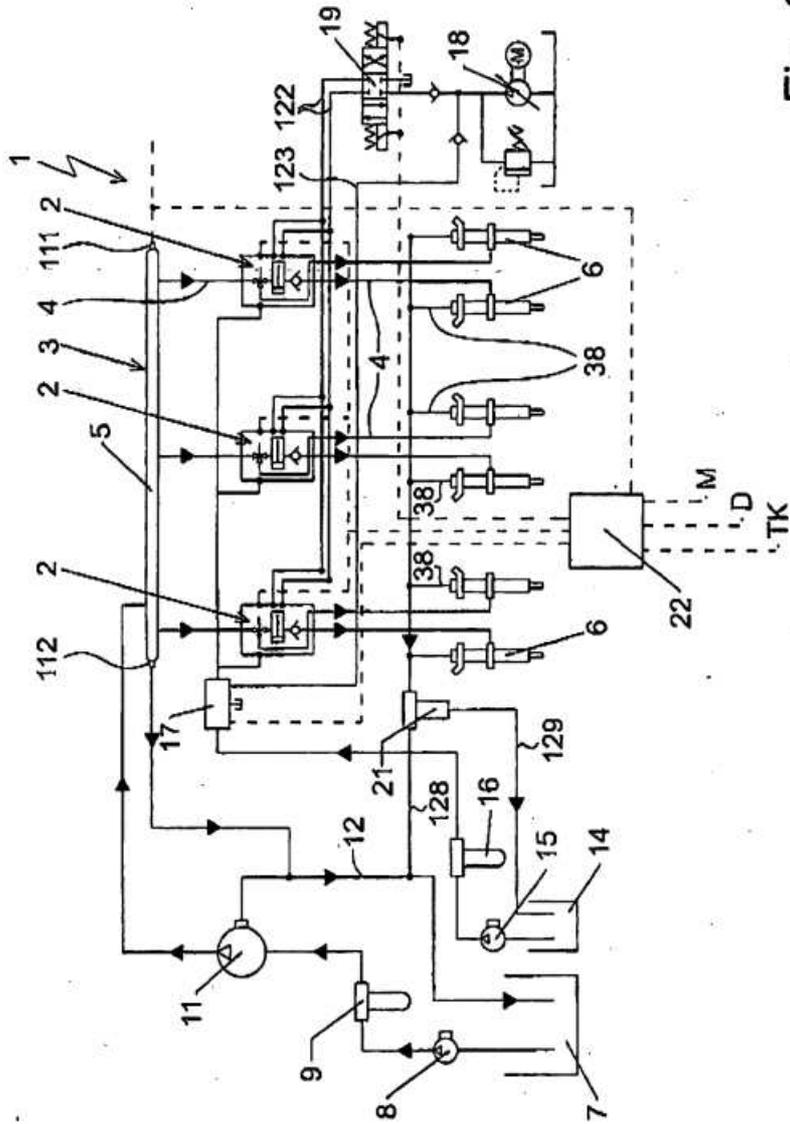


Fig. 2

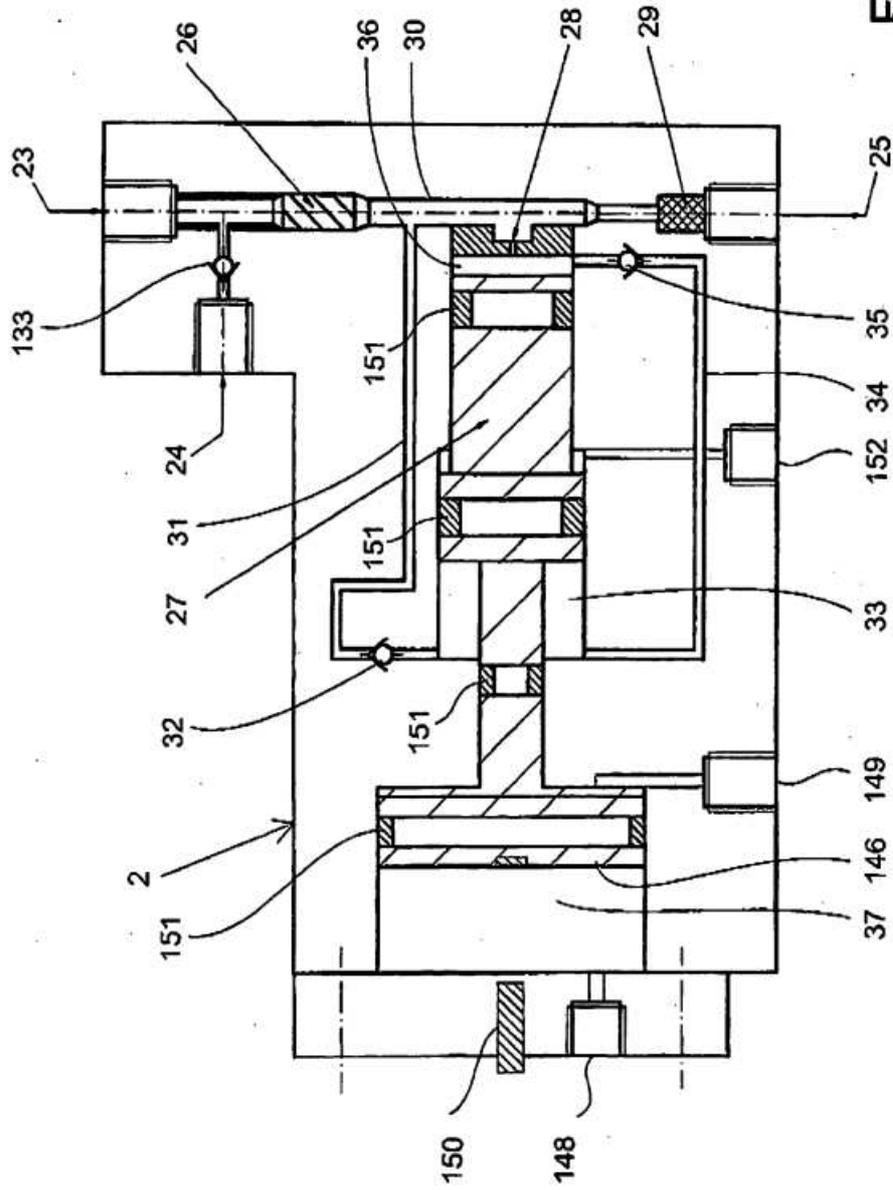


Fig. 3

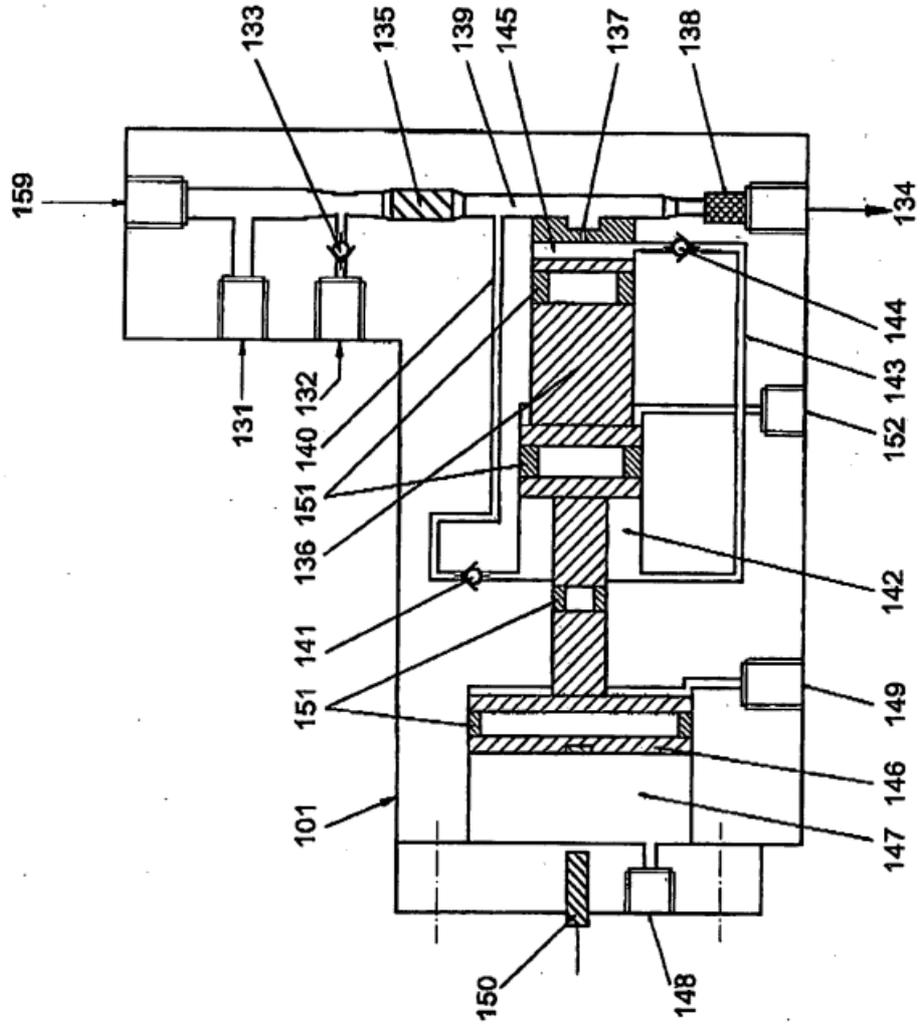


Fig. 4

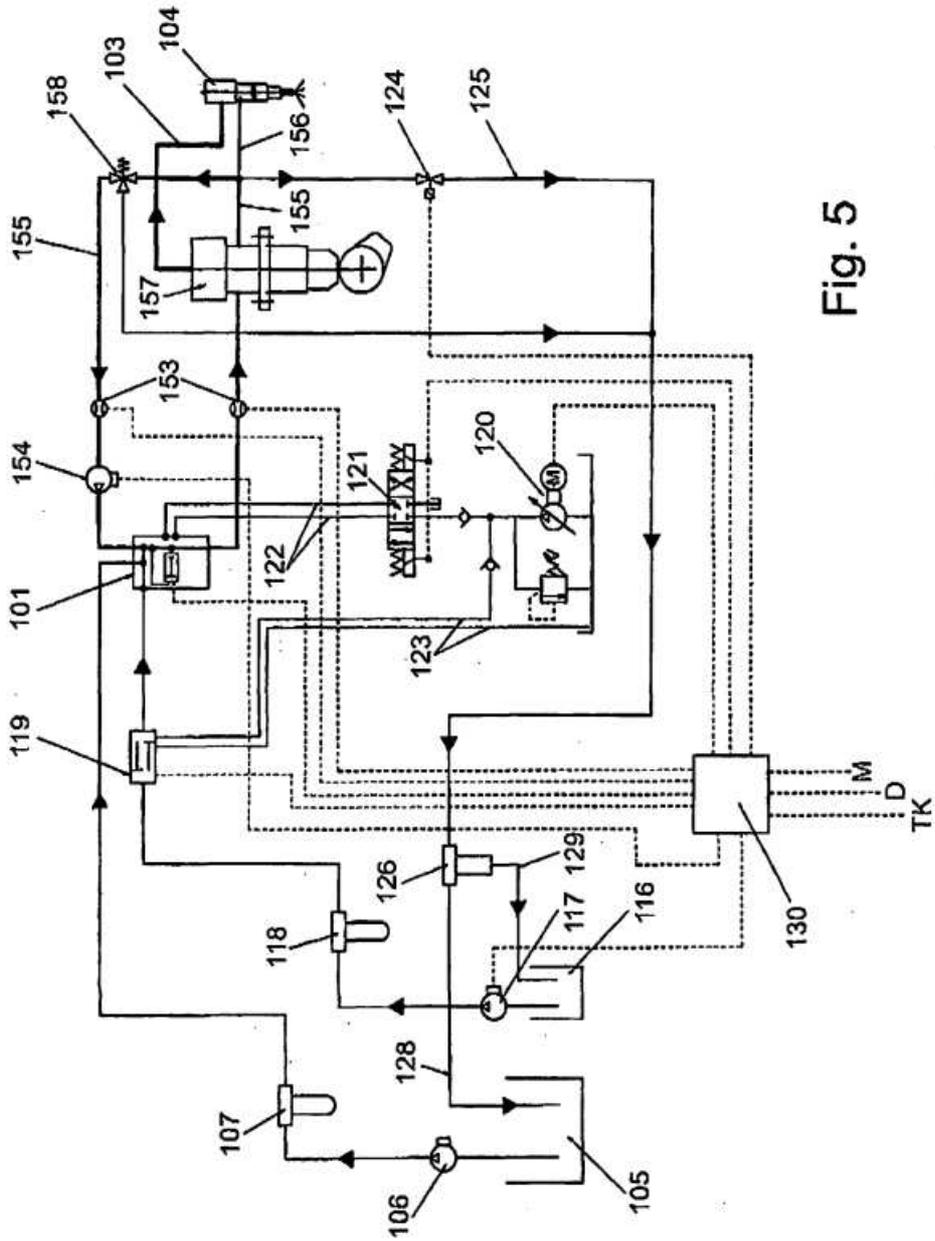


Fig. 5