

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 965 309**

51 Int. Cl.:

F02M 65/00 (2006.01)

F02M 47/02 (2006.01)

F02M 57/00 (2006.01)

G01L 23/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2020** **E 20166377 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2023** **EP 3734060**

54 Título: **Método para monitorizar un inyector de rail común para motores diésel y de combustible dual grandes e inyector configurado para implementar este método**

30 Prioridad:

29.04.2019 IT 201900006428

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

12.04.2024

73 Titular/es:

OMT DIGITAL S.R.L. (100.0%)

Via Assarotti 10

10122 Torino, IT

72 Inventor/es:

COPPO, MARCO

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 965 309 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 para monitorizar un inyector de raíl común para motores diésel y de combustible dual grandes e inyector configurado para implementar este método

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere, en general, a sistemas de inyección para grandes motores diésel y de combustible dual, por ejemplo, para grandes motores navales.

Más específicamente, la invención se refiere a un método para monitorizar un inyector para sistemas de inyección de raíl común para grandes motores diésel y de combustible dual.

Según otro aspecto, la presente invención también se refiere a un inyector para sistemas de inyección de raíl común.

10 Descripción de la técnica anterior

Un sistema de inyección de raíl común comprende una bomba que presuriza el combustible en un acumulador de alta presión (de raíl común) que alimenta los inyectores. Los inyectores están provistos de un asiento de válvula y una aguja de inyector que se puede mover entre una posición cerrada y una posición abierta. La posición de la aguja de inyector está determinada por la intensidad de dos fuerzas hidráulicas generadas por la acción del fluido presurizado sobre superficies de influencia apropiadas.

- El fluido presurizado se alimenta a una cámara de suministro ubicada aguas arriba del asiento de la válvula. La presión del fluido presurizado en la cámara de suministro actúa en la dirección de apertura de la aguja de inyector. La presión del fluido en una cámara de control genera una fuerza hidráulica que actúa en la dirección de cierre de la aguja de inyector. Una válvula de control accionada eléctricamente modula la presión hidráulica en la cámara de control. La apertura de la válvula de control provoca una reducción de la presión en la cámara de control hasta el punto en que la fuerza que actúa para abrir la aguja de inyector es mayor que la fuerza que actúa para cerrarla. En esta condición, la aguja de inyector se eleva desde el asiento de la válvula, provocando así la inyección de combustible. Para finalizar la inyección se desactiva el mando eléctrico a la válvula de control, lo que provoca que la válvula se cierre y la presión vuelva a subir en la cámara de control hasta el punto de que la fuerza que actúa en el sentido de cierre vuelve a prevalecer sobre la que actúa en el sentido de cierre. la dirección de apertura, lo que hace que la aguja de inyector comience a moverse hacia la dirección de cierre.

- Las prestaciones en términos de eficiencia y emisiones de los motores diésel dependen significativamente de cómo se introduce el combustible en la cámara de combustión, ya que esto influye en la ley de liberación de calor en el ciclo. Por lo tanto, se requiere que el inyector realice un diagrama de inyección preciso, definido como la tendencia en el tiempo del flujo instantáneo inyectado. Para obtener las prestaciones de diseño, es importante que el inyector garantice que corresponden a los valores de diseño: el momento de inicio de la inyección, la tasa de variación del caudal de combustible inyectado durante las etapas de apertura y cierre, y el nivel máximo del caudal de combustible inyectado.

Un envejecimiento o anomalía del inyector que lleve a crear un diagrama de inyección diferente al de diseño implica una degradación de las prestaciones y un aumento del consumo y/o de las emisiones.

- 35 En los motores de combustible dual que funcionan con gasolina, el inyector inyecta una pequeña cantidad de combustible líquido para iniciar la mezcla de aire y gas. Por lo tanto, la estabilidad de la inyección piloto tiene un gran efecto sobre la estabilidad de la combustión. Al tener que dosificar cantidades muy pequeñas de combustible, la degradación con el tiempo de la relación entre la duración del mando y la cantidad de combustible inyectada es inevitable.
- 40 En vista de lo anterior, se entiende que sería deseable controlar constantemente los parámetros de funcionamiento de los inyectores para estimar el diagrama de inyección realmente obtenido. La monitorización de los parámetros de funcionamiento de los inyectores permite a los fabricantes de motores modificar los controles eléctricos generados por la unidad de control del motor para acercar lo más posible el diagrama de inyección de cada inyector al diagrama de inyección diseñado y/o sugerir intervenciones de mantenimiento destinadas a restablecer las condiciones de funcionamiento óptimas de los inyectores. Esto conduce a ahorros significativos en términos de costes de combustible y/o reducción de emisiones. Además, la monitorización de los parámetros de funcionamiento del inyector permite estimar la vida útil residual del inyector y sus consumibles, y proponer planes de mantenimiento según el estado real en el que se encuentran los componentes individuales, evitando fallos inesperados.
- 45 La monitorización del funcionamiento de un inyector se basa en el análisis de las señales generadas por sensores dispuestos en el interior del inyector, de los cuales es posible obtener indicaciones sobre las condiciones de funcionamiento del inyector que permiten estimar el diagrama de inyección realmente creado.

En el estado de la técnica se conocen diversos métodos de monitorización basados en la detección de diferentes parámetros de funcionamiento. Los principales métodos de monitorización conocidos se describen a continuación.

1. Detección de la conmutación de la válvula de control

Esta técnica de monitorización utiliza señales suministradas por sensores de fuerza colocados dentro de la válvula de control o un análisis de frecuencia de la corriente de suministro de la válvula de control. Estos métodos permiten el diagnóstico de anomalías o desviaciones del inyector, pero requieren extrapolaciones significativas basadas en modelos para predecir el impacto en el rendimiento del inyector.

2. Detección de la posición de la aguja de inyector

Medir la posición de la aguja de inyector es muy complejo ya que la aguja de inyector está completamente sumergida en el combustible a presiones muy altas. Esto hace que sea muy complicado colocar un sensor en las inmediaciones de la aguja de inyector. De hecho, esto implica dificultades considerables para garantizar el paso de los cables de conexión de los sensores desde un ambiente de muy alta presión, garantizando la estanqueidad. Se han desarrollado sistemas que utilizan la aguja de inyector como interruptor que cierra un primer circuito cuando está en contacto con el asiento de sellado y un segundo circuito cuando está en contacto con el final de carrera superior. Esta técnica solo detecta las posiciones extremas del recorrido de la aguja de inyector, pero no proporciona información sobre los tramos intermedios del recorrido.

Otras técnicas incluyen la inserción de imanes en la aguja de inyector y sensores de efecto Hall que detectan la variación del campo magnético debido al movimiento relativo entre el imán y el sensor. Uno de los problemas de esta solución es que el sensor debe colocarse más allá de la pared metálica que contiene la aguja de inyector y el combustible a presión. Esto significa que la mayor parte del campo magnético está protegido por la carcasa, lo que dificulta obtener relaciones señal-ruido altas. También es difícil disponer un sensor dentro de paredes delgadas dispuestas en las proximidades de la cámara de combustión y sometidas a altas temperaturas. Además, el inyector pulverizador (que consta de la pieza que incluye la aguja de inyector y la boquilla) necesita reemplazos periódicos, ya que está sujeto a desgaste. La presencia de un sensor en esta parte del inyector crea problemas de conexión eléctrica y el aumento del coste de los repuestos.

3. Detección de la presión en la línea de suministro de combustible

La apertura de la aguja de inyector genera fluctuaciones de presión en la línea de suministro que conecta el de raíl común con la cámara de entrega ubicada aguas arriba del asiento de sellado del inyector. Analizando estas fluctuaciones de presión, es posible rastrear los tiempos de apertura y cierre de la aguja de inyector. Además, el alcance de las fluctuaciones puede correlacionarse con el caudal de combustible que pasa a través de la línea de suministro. Esta técnica es eficaz para evaluar el funcionamiento de la etapa de inyección pero proporciona información limitada sobre el funcionamiento de la válvula de control, ya que las perturbaciones que genera durante la conmutación no se detectan en la línea de suministro debido a la presencia de orificios calibrados entre la válvula de control y la línea eléctrica. Por lo tanto, con esta técnica no es posible utilizar un único sensor para monitorizar el funcionamiento de todo el inyector. Además, en funcionamiento en modo gas, la pequeña cantidad de combustible inyectada requiere caudales extremadamente reducidos y, por tanto, una relación señal/ruido muy baja, lo que no permite un diagnóstico preciso en tales condiciones de funcionamiento.

4. Detección de la presión en la cámara de control

La presión en la cámara de control está influenciada tanto por el funcionamiento de la válvula de control como por el funcionamiento de la aguja de inyector. Las variaciones de presión en la cámara de control son elevadas, independientemente del caudal inyectado, lo que permite analizar bien el funcionamiento en modo de inyección piloto. Uno de los problemas a la hora de detectar la presión en la cámara de control es que la cámara de control tiene unas dimensiones muy pequeñas, de modo que no es fácil insertar un sensor de presión en esta zona. Por lo tanto, las soluciones conocidas proporcionan un pequeño canal de comunicación entre la cámara de control y una cámara de medición ubicada en un área que permite una medición más fácil de la presión.

Los documentos DE 10 2011 051765 A1 y EP 2 216 539 A1 describen sistemas en los que se forma un canal en el cuerpo del inyector en comunicación con la cámara de control, que transporta el fluido, que está presurizado a la misma presión que el fluido contenido en la cámara de control, hacia un área externa a las paredes que delimitan la cámara de control. La presión del fluido presente en dicho canal genera la deformación de una pared que por un lado mira al canal que contiene el fluido a presión y por el otro lado aloja un sensor de deformación generalmente fabricado con materiales semiconductores.

Estas soluciones tienen los siguientes inconvenientes:

i) la presión instantánea del fluido dentro del canal no es exactamente igual a la presión instantánea en la cámara de control porque el sistema canal-cámara constituye un resonador hidráulico que crea oscilaciones de presión, y la distorsión debida a la interferencia de ondas de presión puede perturbar la señal, lo que dificulta el análisis;

ii) las ondas de presión generadas por las oscilaciones de presión en el canal de medición se superponen a la señal de presión en la cámara de control, alterando la dinámica de funcionamiento del inyector (método de

medición invasivo);

iii) modificar la arquitectura del circuito hidráulico del inyector implica variaciones en el comportamiento del inyector respecto a un inyector sin sensor;

5 iv) para limitar los efectos a que se refieren los puntos i), ii) y iii), el circuito adicional se realiza con dimensiones reducidas; por lo tanto, en inyectores que funcionan con combustible pesado, podría producirse la obstrucción de estos canales, provocada por depósitos de residuos presentes en el combustible debido a la ausencia de circulación continua del fluido, y esto implicaría una variación de la señal medida, incluso en el cara de perfecto funcionamiento del inyector, lo que generaría falsas alarmas;

10 v) en el diagnóstico de funcionamiento de un inyector para grandes motores navales, resulta de particular importancia detectar el instante en que la aguja alcanza, o sale, de la superficie del cabezal que delimita en su parte superior la cámara de control, y crea la mecánica parada de la aguja en su carrera de apertura; los métodos de medición conocidos se basan en el análisis de la señal de presión en el canal para deducir los instantes de parada y separación de la aguja de su tope superior; esto puede conducir a resultados inexactos dado que estos eventos no siempre se pueden definir fácilmente a nivel de algoritmo dada la amplitud limitada en la señal de presión de la perturbación inducida por la aguja cuando entra en el tope o sale de la superficie superior del tope.

20 Otras soluciones de la técnica anterior describen inyectores provistos de sensores de posición que detectan la condición en la que la aguja de inyector está en la posición abierta. Ejemplos de estas soluciones se describen en los documentos WO2017/186819 A1 (que divulga las características del preámbulo de la reivindicación 5) y DE 10 2010 044012 A1. Estas soluciones solo proporcionan una señal de ENCENDIDO/APAGADO relacionada con si la aguja de inyector está abierta o cerrada, pero no pueden proporcionar datos de diagnóstico para monitorizar el funcionamiento del inyector, por ejemplo, para monitorizar la tasa de cambio del caudal de combustible inyectado durante las etapas de apertura y cierre, y el nivel máximo del caudal de combustible inyectado.

Objeto y sumario de la invención

25 La presente invención tiene como objetivo proporcionar un método para monitorizar un inyector para sistemas de inyectores de raíl común que supere los problemas de la técnica anterior.

Según la presente invención, este objetivo se consigue mediante un método que tiene las características que constituyen el objeto de la reivindicación 1.

30 Según otro aspecto, la presente invención se refiere a un inyector para sistemas de inyección de raíl común que tiene las características que son objeto de la reivindicación 5.

Las reivindicaciones forman parte integral de la divulgación aquí proporcionada en relación con la invención.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá ahora en detalle con referencia a los dibujos adjuntos, dados únicamente a modo de ejemplo no limitativo, en los que:

- 35 • La figura 1 es una vista esquemática que ilustra el funcionamiento de un inyector para sistemas de inyección de raíl común,
- La figura 2 es una sección transversal axial de un inyector para sistemas de inyección de raíl común,
- La figura 3 es una sección transversal a escala ampliada de la pieza indicada por la flecha III en la figura 2,
- La figura 4 es un detalle ampliado de la parte indicada por la flecha IV en la figura 3,
- 40 • La figura 5 es un diagrama que ilustra un sistema de monitorización de inyector,
- La figura 6 es un gráfico que ilustra diagramas de inyección teóricos de un inyector,
- La figura 7 es un diagrama que ilustra la tendencia de la corriente de suministro de la válvula de control de un inyector, y
- 45 • La figura 8 es un diagrama que ilustra la tendencia de una señal de monitorización del inyector junto con un diagrama de inyección creado por el inyector.

Descripción detallada

En la figura 1, un inyector para un sistema de inyección de raíl común se indica con 10. El inyector 10 comprende un

pulverizador 12 que tiene una cámara de suministro de combustible 14 que tiene un asiento de válvula 16. Una aguja de inyector 18 se extiende dentro de la cámara de suministro 14 y tiene una superficie de sellado 20 que coopera con el asiento de válvula 16. La aguja de inyector 18 se puede mover a lo largo de su eje longitudinal A entre una posición cerrada en la que la superficie de sellado 20 hace tope contra el asiento de válvula 16, y una posición abierta en la que la superficie de sellado 20 está separada del asiento de válvula 16. Un resorte 22 tiende a empujar la aguja de inyector 18 hacia la posición cerrada. El pulverizador 12 tiene una pluralidad de orificios de inyección 24 a través de los cuales se pulveriza el combustible presurizado ubicado en la cámara de suministro 14 cuando la aguja de inyector 18 está en la posición abierta.

El inyector 10 comprende un volumen de almacenamiento 26 que, junto con volúmenes de almacenamiento similares de otros inyectores del mismo motor, constituye un de rail común distribuido. El volumen de almacenamiento 26 se llena con combustible a presión procedente de una bomba de alta presión. El volumen de almacenamiento 26 está conectado a un conducto de suministro 28 que tiene una primera rama 30 conectada a la cámara de entrega 14 del pulverizador 12 y una segunda rama 32 conectada a una cámara de control 34 a través de un primer orificio calibrado 36. La cámara de control 34 está conectada a una línea de descarga 38 que conduce a un tanque 40. En la línea de descarga 38 está dispuesta una válvula de control 42. La válvula de control 42 es una válvula de dos posiciones controlada eléctricamente que, en la posición abierta, conecta la cámara de control 34 con la línea de descarga 38 y, en la posición cerrada, aísla la cámara de control 34 de la línea de descarga 38. Un segundo orificio calibrado 44 está dispuesto aguas arriba de la válvula de control 42.

Cuando la válvula de control 42 está cerrada, la presión en la cámara de control 34 es igual a la presión en la cámara de entrega 14 que, a su vez, es igual a la presión en el volumen de almacenamiento 26. En la posición cerrada de la aguja de inyector 18, la superficie de influencia de la aguja de inyector 18 expuesta en la cámara de control 34 es mayor que la superficie de influencia de la aguja de inyector 18 expuesta en la cámara de entrega 14, de modo que se ejerce una fuerza hidráulica generada en la aguja de inyector 18 que empuja la aguja de inyector 18 a la posición cerrada. Cuando se abre la válvula de control 42, la presión en la cámara de control 34 se reduce y la aguja de inyector 18 se somete a una fuerza hidráulica resultante que mueve la aguja de inyector 18 hacia la posición abierta.

Las figuras 2, 3 y 4 ilustran una realización de un inyector según la presente invención que funciona según el principio operativo descrito con referencia a la figura 1. Los elementos correspondientes a los anteriormente descritos se indican con las mismas referencias numéricas.

Con referencia a la figura 2, se puede proporcionar una válvula limitadora de caudal 46 en la línea de suministro de combustible 28, que se extiende desde el volumen de almacenamiento 26 hasta la cámara de entrega 14 del pulverizador 12. La válvula de control 42 puede alojarse dentro del inyector 10 y está conectada a una línea eléctrica 48 que proporciona a la válvula de control 42 una orden de apertura eléctrica.

Con referencia a las figuras 3 y 4, el inyector 10 comprende una placa de cabeza 50 dispuesta en contacto de sellado hidráulico con una superficie de cabeza 52 del pulverizador 12.

En la placa de cabeza 50 están formados los orificios calibrados 36, 44, que están conectados a la cámara de control a través de respectivos orificios 54, 56 que también están formados en la placa de cabeza 50. Los orificios 54, 56 están abiertos en una superficie de reacción 58 de la placa de cabeza 50 orientada hacia la cámara de control 34. La superficie de reacción 58 de la placa de cabeza 50 puede formarse en un asiento 60 abierto hacia la cámara de entrega 14 del pulverizador 12. Un casquillo 62 está parcialmente alojado dentro del asiento 60 y tiene un orificio 64 en el que se desliza una porción de cabeza de la aguja inyectora 18. La cámara de control 34 está delimitada por la superficie de reacción 58 de la placa de cabeza 50, por una superficie de cabeza 66 de la aguja de inyector 18 y por una porción anular 68 del casquillo guía 62.

En la posición abierta de la aguja de inyector 18, la superficie del cabezal 66 de la aguja de inyector 18 entra en contacto con la superficie de reacción 58.

Con referencia a la figura 4, la placa de cabeza 50 comprende un diafragma integral 120 formado por una porción de la placa de cabeza 50 con espesor reducido. El diafragma 120 tiene una primera superficie en contacto directo con el fluido presurizado contenido en la cámara hidráulica 34. La primera superficie del diafragma 120 puede consistir en una porción de la superficie de reacción 58. El diafragma 120 tiene una segunda superficie opuesta a la primera superficie, que no está en contacto con el fluido presurizado contenido en la cámara hidráulica 34. En la realización ilustrada, el diafragma 120 está ubicado en la parte inferior de un orificio ciego 72 formado en la placa de cabeza 50. El orificio ciego 72 tiene una superficie lateral 74 y una superficie inferior 76 que forman la segunda superficie del diafragma 120.

Con referencia a las figuras 3 y 4, el inyector 10 comprende un sensor 70 que proporciona una señal eléctrica para monitorizar el funcionamiento del inyector 10.

El sensor 70 puede ser un transductor de presión piezoeléctrico que proporciona una señal eléctrica relacionada con la presión que actúa sobre la superficie de reacción 58 de la placa de cabeza 50 en la dirección del eje longitudinal A. La señal eléctrica suministrada por el sensor 70 es indicativa de la deformaciones del diafragma 120 generadas por

las variaciones de presión del fluido en la cámara de control 34 y por la variación de la fuerza con la que la aguja de inyector 18 entra en contacto con la superficie de reacción 58.

5 El sensor 70 puede comprender dos elementos piezoeléctricos 78, 80 cada uno de los cuales tiene dos caras planas paralelas entre sí y ortogonales al eje A. El uso de un sensor piezoeléctrico 70 permite soportar temperaturas de funcionamiento mucho más altas que las permitidas por otros tipos de materiales sensibles.

Cada uno de los dos elementos piezoeléctricos 78, 80 genera una acumulación de cargas positivas en una primera cara y de cargas negativas en la segunda cara opuesta a la primera. La cantidad de cargas eléctricas genera una diferencia de potencial que aumenta proporcionalmente a la deformación del elemento piezoeléctrico 78, 80 en la dirección del eje A.

10 Entre los dos elementos piezoeléctricos 78, 80 hay un electrodo 82 formado por una lámina de material conductor dispuesta en contacto con las primeras caras de los dos elementos piezoeléctricos 78, 80, que tiene una polarización positiva bajo carga.

El sensor 70 también comprende dos elementos de soporte 84, 86 de material metálico dispuestos en contacto con las segundas caras de los elementos piezoeléctricos 78, 80, que tienen una polarización negativa bajo carga.

15 El electrodo 82 dispuesto entre los dos elementos piezoeléctricos 78, 80 constituye el polo positivo del sensor 70. El polo negativo consiste en los soportes 84, 86 conectados eléctricamente a tierra a través de la placa principal 50. El electrodo 82 está conectado a un cable eléctrico sobre el cual se genera una señal eléctrica analógica, proporcional a la fuerza que actúa entre los dos soportes 84, 86 en la dirección del eje longitudinal A.

20 Un elemento anular 88 de material aislante está dispuesto fuera del electrodo 82. El elemento anular 88 permite el centrado entre los elementos piezoeléctricos 78, 80 y el electrodo 82 y garantiza el aislamiento del electrodo 82 del polo negativo formado por los componentes metálicos del inyector.

25 El sensor 70 está alojado en el orificio 72 y está comprimido axialmente entre la superficie inferior 76 del orificio 72 y una superficie 89 de una porción de cuerpo 90 del inyector 10. Un elemento elástico 92, formado, por ejemplo, por un resorte de copa, puede estar dispuesto entre el soporte 84 y la superficie inferior 76 del orificio 72. El elemento elástico 92 permite el ajuste de la fuerza transmitida a los elementos piezoeléctricos 78, 80 según la deformación de la superficie de reacción 58 de la placa de cabeza 50 bajo la acción de la presión que actúa en la cámara de control 34. De esta manera, es posible garantizar un espesor adecuado de la pared dispuesta entre las superficies 58 y 76 y, por lo tanto, la resistencia estructural de la placa de cabeza 50 bajo la acción de la presión en la cámara de control 34, y al mismo tiempo para asegurar que la deformación de la superficie de reacción 58 no genere cargas excesivas en los
30 elementos piezoeléctricos 78, 80.

Mediante una elección apropiada de las dimensiones y geometría del elemento elástico 92, su rigidez se adapta a la fuerza de compresión y, en consecuencia, la rigidez global de los componentes del sensor 70 se modifica de manera que la deformación de estos componentes impuesta por el desplazamiento de la superficie 76 genera una fuerza compatible con el campo de trabajo del al menos un elemento piezoeléctrico 78, 80.

35 La disposición enfrentada y opuesta de los elementos piezoeléctricos 78, 80 duplica la sensibilidad del sensor 70 con respecto a un sensor que utiliza un único elemento piezoeléctrico y simplifica su construcción, ya que utiliza los mismos elementos piezoeléctricos 78, 80 como elementos de aislamiento eléctrico entre los polo positivo y el polo negativo y evita la introducción de elementos adicionales de material aislante en la pila de elementos que soportan la carga a la que está sometido el sensor 70.

40 El sensor 70 tiene dimensiones muy pequeñas y puede alojarse fácilmente entre los orificios calibrados 36, 44 de la placa de cabeza 50.

El sensor 70 es capaz de proporcionar una medición indirecta de la presión hidráulica en la cámara de control 34 sin ningún contacto con el combustible. De hecho, la presión del combustible en la cámara de control 34 provoca deformaciones del diafragma 120 que son detectadas por el sensor 70 con una excelente relación señal/ruido.

45 En el diagnóstico de funcionamiento de un inyector para grandes motores navales, detección de los momentos en los que la aguja de inyector 18 entra en contacto o se desprende de la superficie de reacción 58, que implementa el tope mecánico de la aguja de inyector 18 durante su trayectoria de apertura, es particularmente importante. Una característica particularmente ventajosa del método y del aparato según la invención es que la aguja de inyector 18 en la posición abierta entra directamente en contacto con el diafragma 120. El sensor 70 está acoplado mecánicamente
50 al diafragma 120 y detecta - con alta precisión - el instante en el que la aguja de inyector 18 entra en contacto con la superficie de reacción 58 (que es el instante en el que finaliza la carrera de apertura de la aguja de inyector 18) y el instante en el que la aguja inyectora 18 se desprende de la superficie de reacción 58 (que es el instante en el que comienza la carrera de cierre de la aguja inyectora 18).

55 El sensor 70, por lo tanto, proporciona una señal que está directamente relacionada, sin retraso ni perturbación, con la presión existente en la cámara de control y con la fuerza con la que la aguja de inyector 18 descansa contra la

superficie de reacción 58. La medición no es invasiva, ya que no se altera el circuito hidráulico que realiza el control del inyector modulando la presión en la cámara de control (el inyector estándar y el equipado con instrumentación de diagnóstico se comportan de manera idéntica).

Con referencia a la figura 5, cada inyector 10 comprende una placa electrónica 94 que puede montarse en el extremo del inyector 10 opuesto al pulverizador 12. La placa electrónica 94 recibe señales analógicas provenientes del sensor de presión 70 y, posiblemente, de un sensor de temperatura 95 y de un sensor de corriente 96, que indica el valor de la corriente de accionamiento de la válvula de control 42. Las señales analógicas de los sensores 70, 95, 96 se pueden enviar a un convertidor analógico/digital 98 que se puede conectar a un microprocesador 100. El microprocesador 100 puede contener un número de identificación del inyector 10, datos indicativos del número de horas de funcionamiento, un código de identificación del cliente, así como cualquier otra información. La placa electrónica 94 del inyector 10 recibe la corriente impulsora de la válvula de control 42 desde una unidad de control del motor 102 y envía la corriente impulsora a la válvula de control 42 a través de la línea eléctrica 48 ubicada dentro del inyector 10.

El microprocesador 100 de la placa electrónica 94 se puede conectar a un canal de comunicación 104, que se puede implementar mediante un BUS, por ejemplo, del tipo RS485, al que se pueden conectar otros inyectores 10 del mismo motor. El canal de comunicación 104 se puede conectar a un circuito de interfaz 106 que puede interconectar líneas de comunicación con diferentes protocolos de comunicación. El circuito de interfaz 106 se puede conectar a un sistema de procesamiento 108, por ejemplo, a través de una línea Ethernet 110. El circuito de interfaz 106 también se puede conectar a la unidad de control del motor 102 a través de una línea CAN 112.

El sistema de procesamiento 108 recibe las señales provenientes de las placas electrónicas 94 de todos los inyectores 10 de un mismo motor y las procesa para obtener, por ejemplo, la siguiente información: hora de apertura de la válvula de control, hora de inicio de inyección, hora de finalización de la apertura de la aguja de inyector, hora de inicio del cierre de la aguja de inyector, hora de finalización de la inyección, valor máximo del caudal inyectado. La información procesada por el sistema de procesamiento 108 puede almacenarse localmente o transferirse a un servidor remoto 114. Una interfaz de usuario 116 permite el acceso a la información almacenada en el sistema de procesamiento 108 y/o en el servidor remoto 114.

La figura 6 ilustra un diagrama de inyección de un inyector 10 que muestra el caudal G de combustible inyectado en el tiempo t durante cuatro valores de duración del control eléctrico a la válvula de control 42. Los inyectores 10 deben crear los diagramas de inyección previstos por el diseño respetando los tiempos de inicio de la inyección, la velocidad de variación del caudal en las etapas de apertura y cierre y el nivel máximo de flujo dispensado.

La figura 7 muestra el valor de la corriente impulsora I de la válvula de control 42 en función del tiempo t durante un ciclo de inyección. La figura 8 informa la señal V proporcionada por el sensor 70, indicativa de la deformación de la placa de cabeza 50 bajo la acción de la presión hidráulica en la cámara de control 34. La señal V también es indicativa de la fuerza que la aguja de inyector 18 transfiere a la placa del cabezal 50 cuando la superficie del cabezal 66 de la aguja de inyector 18 hace tope contra la superficie de reacción 58 de la placa del cabezal 50, ya que la placa del cabezal 50 también actúa como un final de carrera de apertura con respecto a la aguja de inyector 18.

Las figuras 6, 7, 8 informan valores reales que son específicos de un inyector determinado. Los valores numéricos indicados en estas figuras se dan solo a modo de ejemplo y se pretende que la presente invención pueda aplicarse a diferentes modelos de inyectores que funcionen con diferentes temporizaciones y amplitudes de señal.

El análisis de la variación de la señal V permite distinguir claramente los instantes más significativos del ciclo de funcionamiento del inyector. El mismo diagrama de la figura 8 reporta la curva G que indica el diagrama de inyección (caudal de combustible inyectado en función del tiempo) medido en el banco de pruebas simultáneamente con la señal de monitorización V. A partir de la tendencia de la señal V es posible identificar las siguientes etapas del ciclo del inyector:

- t1: apertura de la válvula de control,
- t2: apertura de la aguja de inyector,
- t3: inicio de la entrega del caudal máximo,
- t4: aguja de inyector en el final de la carrera de apertura,
- t5: inicio del cierre de la aguja de inyector,
- t6: fin de entrega del caudal máximo,
- t7: cierre del inyector.

A partir del ejemplo mostrado en la figura 8 se puede observar que la señal de deformación V muestra variaciones significativas durante el ciclo de inyección y tiene un ruido muy bajo. Por lo tanto, la señal V permite la extracción de

datos significativos de forma robusta. Utilizando técnicas de inteligencia artificial a partir de la señal V, es posible extrapolar el caudal máximo entregado durante el ciclo de inyección, obteniendo así todos los elementos necesarios para reconstruir el diagrama de inyección real del inyector.

- 5 El diafragma 120 de la placa de cabeza 50 se deforma tanto por la presión existente en la cámara de control 34 como por la fuerza transmitida por la aguja de inyector 18 cuando está en contacto con el diafragma 120. La señal resultante es, por lo tanto, sensible tanto a la presión como a la posición de la aguja, de manera directa. Como se puede deducir fácilmente del análisis de la señal reportada en la figura 8, cuando la aguja de inyector alcanza (o sale) de la superficie de reacción, se miden variaciones significativas de la señal, lo que permite desarrollar un algoritmo de reconocimiento automático simple y robusto para estos momentos.
- 10 La información proporcionada por la señal V permite un seguimiento constante de los parámetros de funcionamiento del inyector para estimar la forma del diagrama de inyección real. Esto permite a los fabricantes de motores modificar el control eléctrico generado por la unidad de control del motor 102 para restablecer el funcionamiento del inyector a las condiciones operativas óptimas y/o sugerir intervenciones de mantenimiento.

REIVINDICACIONES

1. Un método para monitorizar un inyector (10) para sistemas de inyección de raíl común, que comprende:

- proporcionar una placa de cabeza (50) que tiene formado en ella un orificio de entrada calibrado (36) y un orificio de salida calibrado (44) conectado a una cámara de control (34) a través de respectivos orificios (54, 56) formados en la placa de cabeza (50), en el que dichos orificios (54, 56) están abiertos en una superficie de reacción (58) de la placa de cabeza (50) frente a la cámara de control (34), en el que la cámara de control (34) está delimitada parcialmente por una superficie de cabeza (66) de una aguja de inyector (18) y parcialmente por dicha superficie de reacción (58) de dicha placa de cabeza (50), en el que la superficie de cabeza (66) de la aguja de inyector (18) en la posición abierta de la aguja de inyector (18) hace contacto contra dicha superficie de reacción (58), y en el que se forma un orificio ciego (72) en la placa de cabeza (50), formando dicho orificio ciego (72) una porción de la placa de cabeza (50) con espesor reducido, en el que la placa de cabeza (50) comprende un diafragma integral (120) formado entre una primera superficie que consiste en una porción de la superficie de reacción (58) en contacto directo con el fluido presurizado contenido en la cámara hidráulica (34) y una segunda superficie opuesta a la primera superficie, ubicada en el fondo del orificio ciego (72), que no está en contacto con el fluido presurizado contenido en la cámara hidráulica (34), y
- proporcionar un sensor (70) alojado en dicho orificio ciego (72) formado en la placa de cabeza (50) y aislado de la cámara de control (34) del inyector (10) por dicho diafragma (120), que suministra una señal eléctrica indicativa de las deformaciones de dicho diafragma (120), y
- procesar dicha señal eléctrica (V) para determinar datos característicos del funcionamiento del inyector (10).

2. Un método según la reivindicación 1, en el que la señal eléctrica (V) indicativa de la deformación de dicho diafragma (120) es proporcionada por un sensor piezoeléctrico (70) alojado en un orificio ciego (72) formado en la placa de cabeza (50) y aislado de la cámara de control (34) del inyector (10) por dicho diafragma (120).

3. Un método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que dicha señal eléctrica (V) es indicativa de la deformación de dicho diafragma (120) a lo largo de un eje longitudinal (A) de la aguja de inyector (18).

4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha señal eléctrica (V) indicativa de la deformación de dicho diafragma (120) se analiza para determinar uno o más de los siguientes parámetros operativos del inyector: tiempo de apertura de la válvula de control; tiempo de apertura de la aguja de inyector; hora de inicio de la entrega del caudal máximo; tiempo de alcanzar la posición final de carrera de la abertura de la aguja de inyector; hora de inicio del cierre de la aguja de inyector; hora de finalización de la entrega del caudal máximo; tiempo de cierre de la aguja de inyector, y caudal máximo inyectado.

5. Un inyector (10) para sistemas de inyección de raíl común que comprende:

- un pulverizador (12) que tiene una superficie de cabeza (52) y una cámara de suministro de combustible (14) conectada a una línea de suministro de combustible presurizado (28) y provista de un asiento de válvula (16),
- una aguja de inyector (18) que se extiende a través de dicha cámara de administración (14) y que tiene una superficie de sellado (20) que coopera con dicho asiento de válvula (16), en el que la aguja de inyector (18) se puede mover a lo largo de un eje longitudinal (A) entre una posición cerrada en la que dicha superficie de sellado (20) hace tope contra dicho asiento de válvula (16), y una posición abierta en la que dicha superficie de sellado (20) está separada de dicho asiento de válvula (16),
- una cámara de control (34) conectada a dicha línea de suministro de combustible (28) a través de un orificio de entrada calibrado (36) y conectada a una línea de descarga (38) a través de un orificio de salida calibrado (44), y
- una válvula de control accionada eléctricamente (42) dispuesta para abrir y cerrar selectivamente la comunicación hidráulica entre la cámara de control (34) y la línea de descarga (38),

caracterizado por:

- una placa de cabeza (50) dispuesta en contacto de sellado hidráulico con dicha superficie de cabeza (52) del pulverizador (12), en el que dicho orificio de entrada calibrado (36) y orificio de salida calibrado (44) están formados en la placa de cabeza (50) y están conectados a la cámara de control (34) a través de respectivos orificios (54, 56) formados en la placa de cabeza (50), en el que dichos orificios (54, 56) están abiertos en una superficie de reacción (58) de la placa de cabeza (50) frente a la cámara de control (34), en el que la cámara de control (34) está delimitada en parte por una superficie de cabeza (66) de la aguja de inyector (18) y en parte por dicha superficie de reacción (58) de dicha placa de cabeza (50), en el que la superficie del cabezal (66) de la aguja de inyector (18) en la posición abierta de la aguja de inyector (18) topa contra dicha superficie de reacción (58), y en el que se forma un orificio ciego (72) en la placa del cabezal (50), formando dicho orificio ciego (72) una porción de la placa de cabeza (50) con espesor reducido, en el que la placa de cabeza (50) comprende un diafragma integral (120) formado entre una primera superficie que consiste en una porción de la superficie de reacción (58) en contacto directo con el

fluido presurizado contenido en la cámara hidráulica (34) y una segunda superficie opuesta a la primera superficie, ubicada en el fondo del orificio ciego (72), que no está en contacto con el fluido presurizado contenido en la cámara hidráulica (34), y

- 5 - un sensor (70) alojado en dicho orificio ciego (72) formado en la placa de cabeza (50) y aislado de la cámara de control (34) del inyector (10) por dicho diafragma (120), que suministra una señal eléctrica indicativa de las deformaciones de dicho diafragma (120).

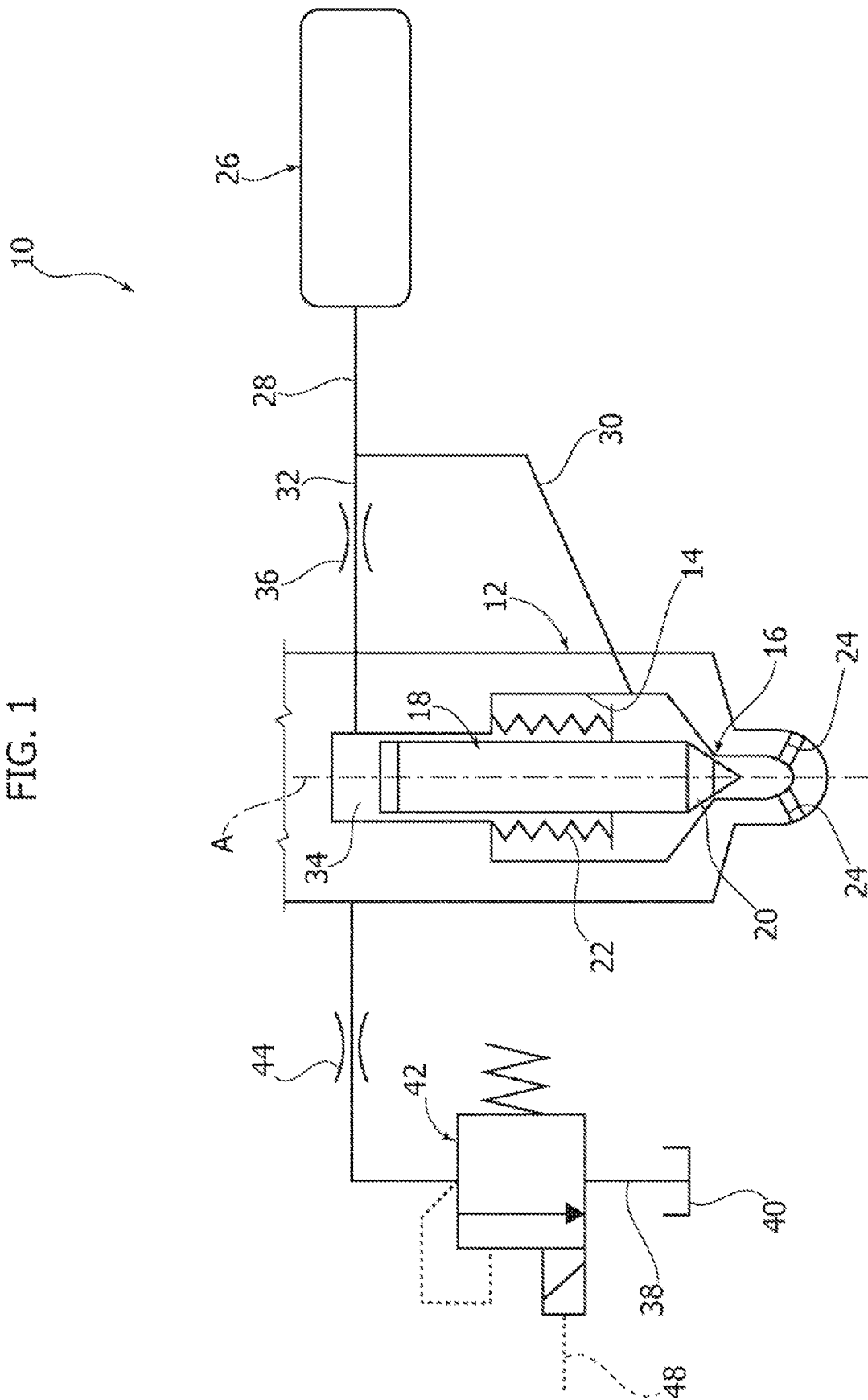
6. Un inyector según la reivindicación 5, en el que dicho sensor (70) es un transductor piezoeléctrico.

7. Un inyector según la reivindicación 5, en el que dicho orificio (72) tiene una superficie lateral (74) coaxial a dicho eje longitudinal (A) y una superficie inferior (76) paralela y opuesta a la superficie de reacción (58) del diafragma (120).

- 10 8. Un inyector según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que dicho sensor (70) comprende dos elementos piezoeléctricos (78, 80) orientados perpendicularmente a dicho eje longitudinal (A) y un electrodo (82) dispuesto entre dichos elementos piezoeléctricos (78, 80).

- 15 9. Un inyector según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, que comprende una placa electrónica (94) ubicada en el inyector (10) y configurada para conectarse a un sistema de procesamiento (108) para procesar la señal (V) proporcionada por dicho sensor (70).

١٥٦



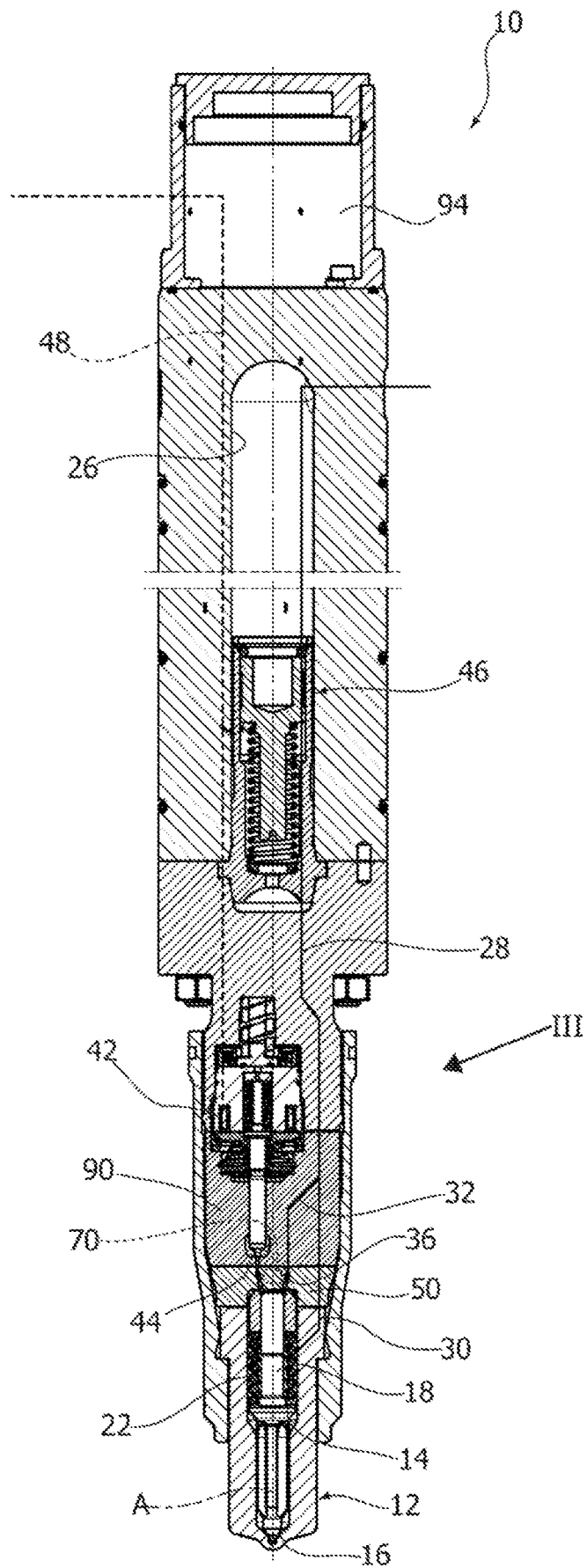


FIG. 3

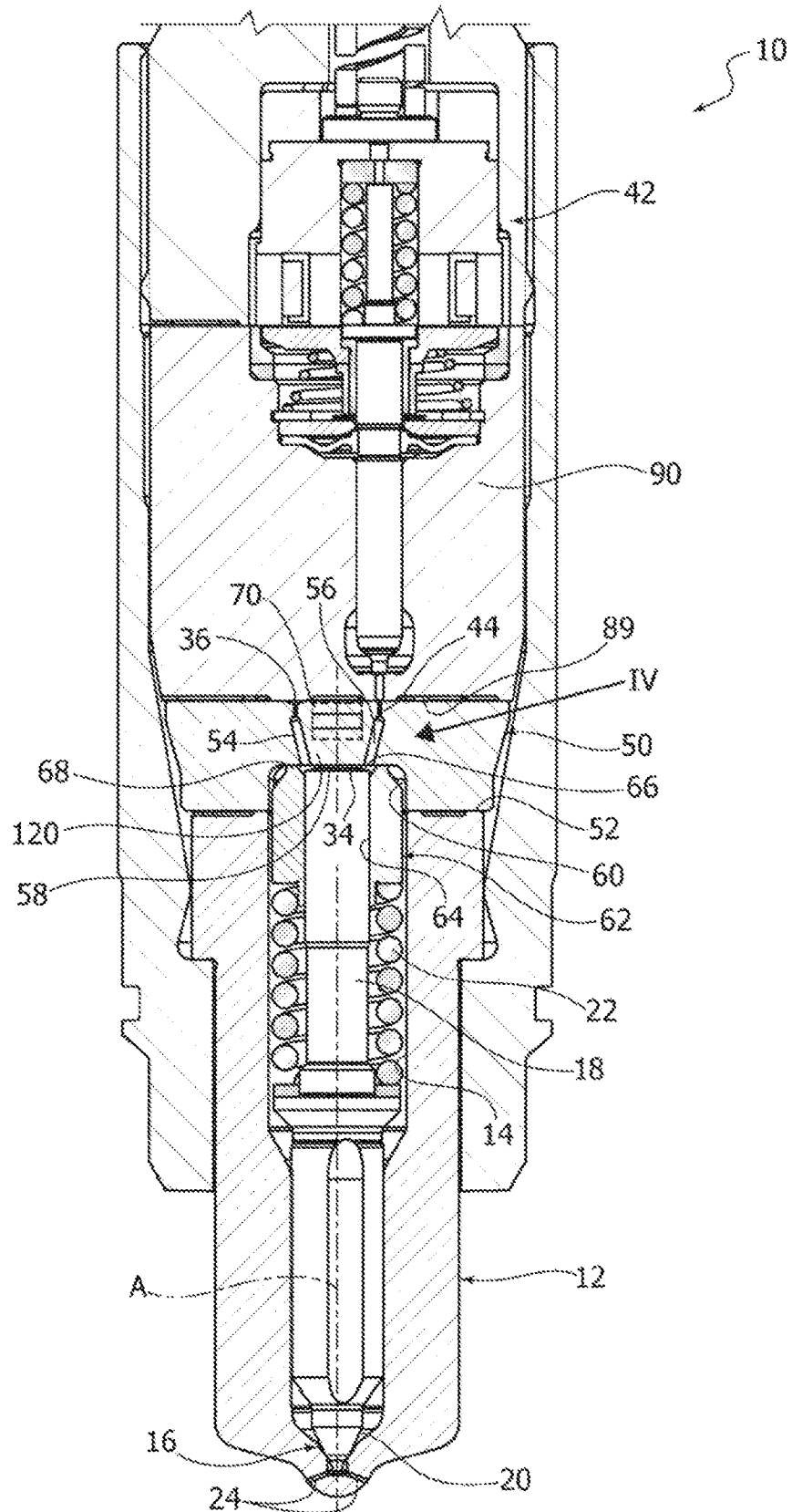


FIG. 4

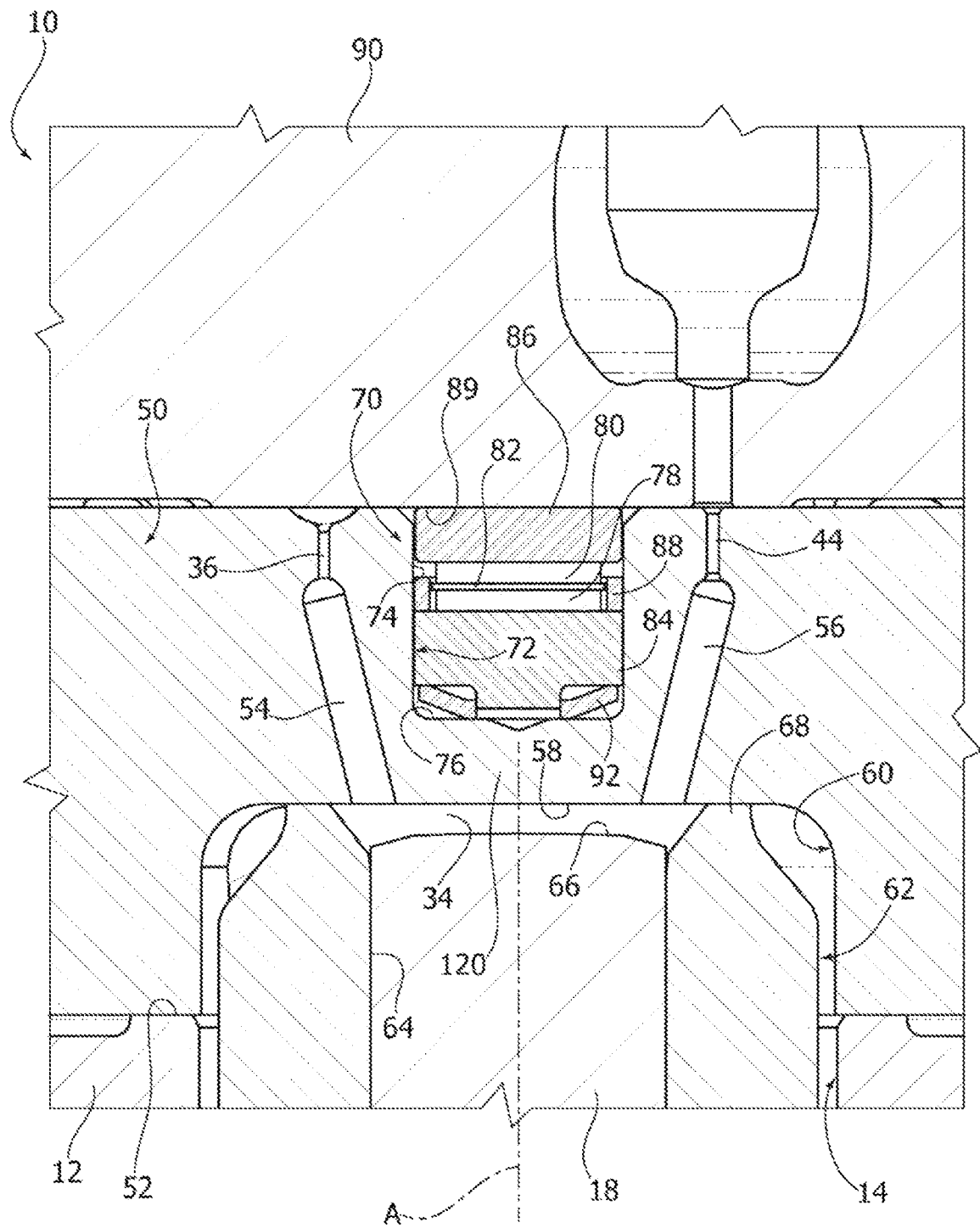


FIG. 5

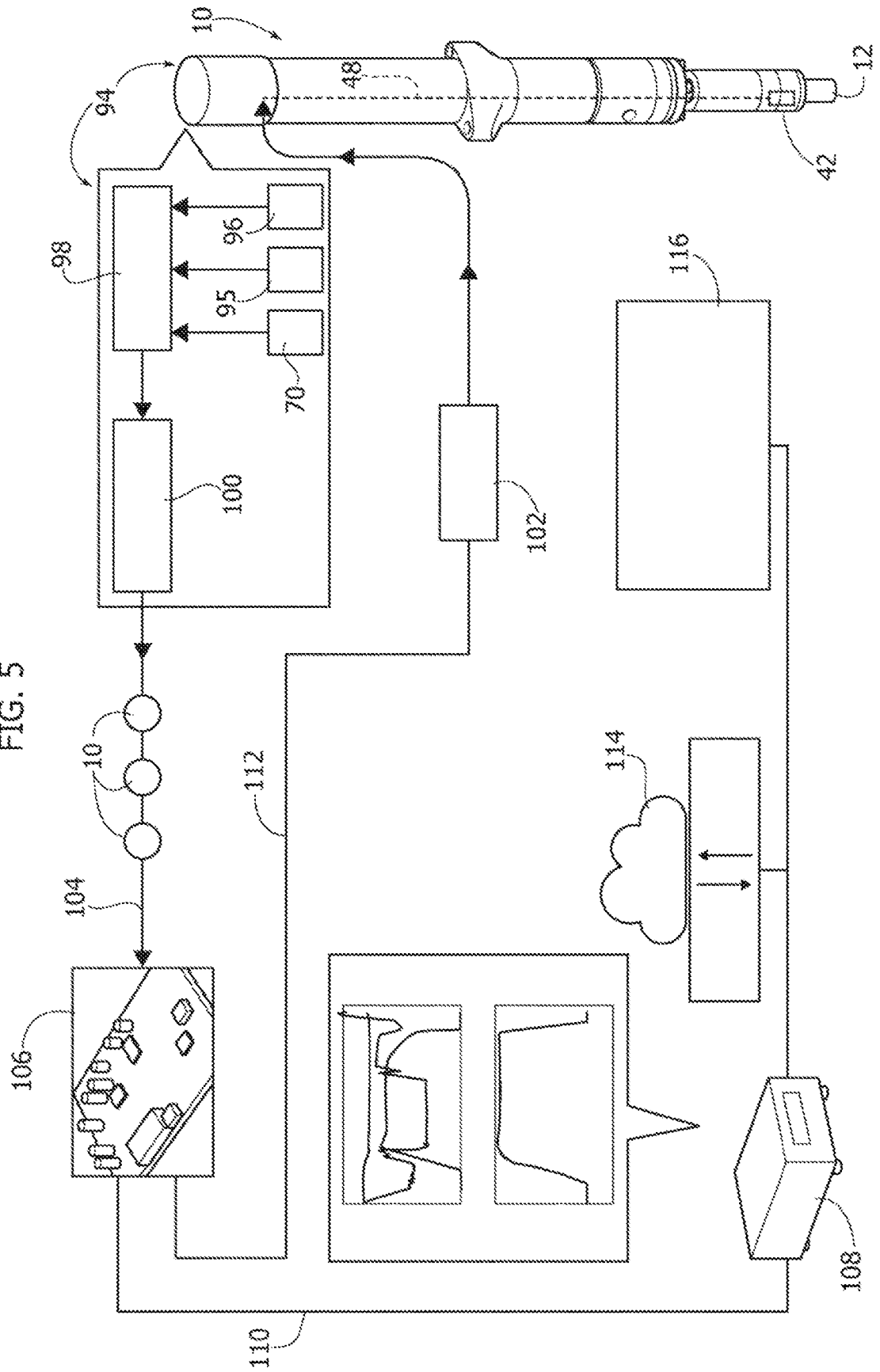


FIG. 6

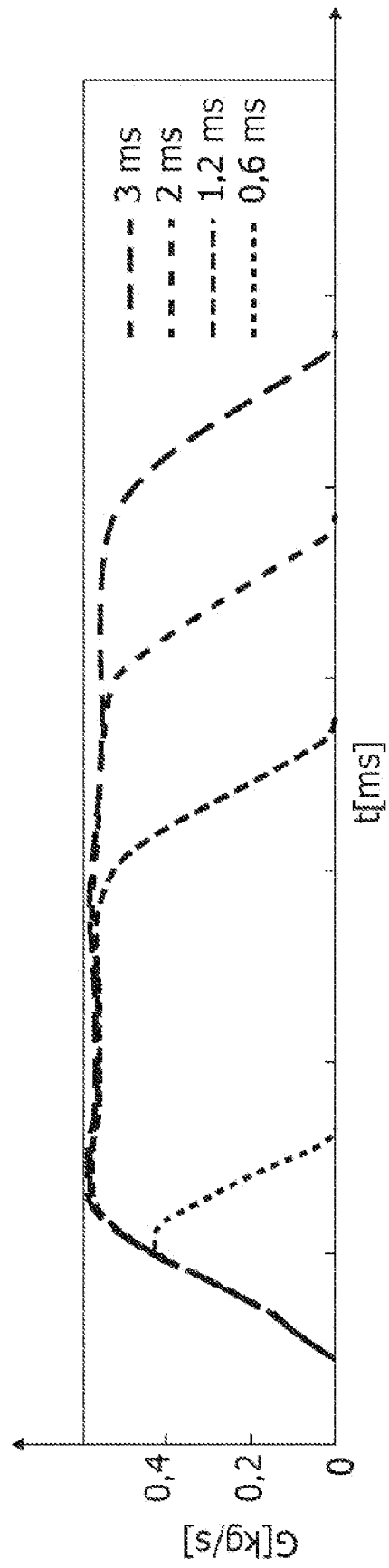


FIG. 7

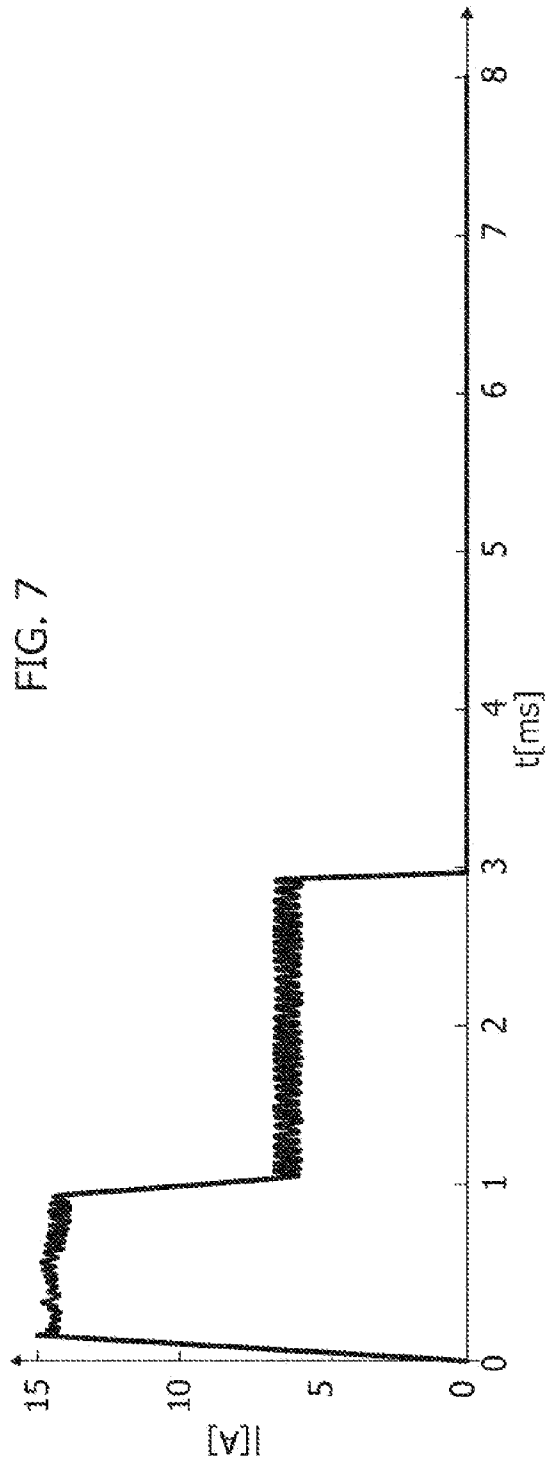


FIG. 8

