

Control electrónico del motor para motores Diesel

Sistema de inyección de acumulador Common Rail, Diesel

Edición 1999



Instrucción Técnica



BOSCH

Sistema de inyección de acumulador Common Rail, Diesel

La movilidad conforme a la época es también una cuestión de conciencia ecológica y economía.

La técnica que hace razonables estas consideraciones sobre la movilidad del individuo, tendrá importancia decisiva en el futuro, especialmente en el caso de los motores Diesel.

Las crecientes exigencias respecto a un menor consumo de combustible, menos contaminantes en los gases de escape y un «funcionamiento» cada vez más silencioso del motor Diesel, ya no se pueden cumplir con sistemas de inyección regulados mecánicamente. Para ello se requieren presiones de inyección muy elevadas, desarrollos de inyección exactos y caudales de inyección dosificados con gran precisión.

En esta «Instrucción Técnica» se explica todo lo más importante sobre el sistema de inyección «Common Rail», sobre sus componentes, su estructura y el funcionamiento, explicando también cómo este nuevo sistema cumple especialmente bien las mencionadas exigencias.

Lo nuevo en este sistema es un «depósito del sistema», el «Rail», que se encuentra constantemente bajo presión y que representa una alimentación especial de combustible de alta presión, los inyectores y una regulación electrónica que supera con precisión incluso tareas de control muy difíciles: Con este sistema de inyección pueden cumplirse las agravadas leyes sobre gases de escape y también las imposiciones futuras.

Técnica de inyección Diesel como visión de conjunto

Campos de aplicación	2
Exigencias	2
Ejecuciones	4

Sistema de inyección de acumulador Common Rail

Relación general del sistema	6
Comportamiento de inyección	8
Reducción de gases de escape	10
Sistema de combustible	12
Estructura y función de los componentes	14
Control del sistema con EDC	30

Regulación electrónica Diesel EDC

Exigencias, relación general del sistema	42
Procesamiento de datos del EDC	43
Transmisión de datos a otros sistemas	44

Sistemas de ayuda de arranque

Sistemas de inyección directa Diesel como visión de conjunto

Campos de aplicación

Los motores Diesel se caracterizan por su alta rentabilidad, especialmente para aplicaciones comerciales (fig. 1 y tabla 1).

Los motores Diesel se aplican en ejecuciones muy variadas, p. ej. como

- accionamiento para grupos electrógenos móviles (hasta aprox. 10 kW/cilindro),
- motores de funcionamiento rápido para turismos y vehículos industriales ligeros (hasta aprox. 50 kW/cilindro),
- motores para los sectores de la construcción, agrícola y forestal (hasta aprox. 50 kW/cilindro),
- motores para vehículos industriales pesados, autobuses y remolcadores (hasta aprox. 80 kW/cilindro),
- motores estacionarios, p. ej. para grupos electrógenos de emergencia (hasta aprox. 160 kW/cilindro),

- motores para locomotoras y barcos (hasta 1000 kW/cilindro).

Exigencias

Las prescripciones cada vez más estrictas sobre emisiones de gases de escape y de ruidos, así como el deseo de un consumo cada vez más bajo, plantean nuevas exigencias al sistema de inyección de un motor Diesel. Fundamentalmente, para conseguir una buena preparación de la mezcla, el sistema de inyección inyecta el combustible, según el procedimiento de combustión Diesel (inyección directa o indirecta), con una presión entre 350 y 2000 bar en el motor Diesel, debiendo dosificar al mismo tiempo el caudal de inyección con la máxima precisión posible.

La regulación dependiente de la carga y del régimen del motor Diesel se realiza a través del caudal de combustible sin estrangulación del aire aspirado.

Fig. 1

Campos de aplicación de los sistemas de inyección Diesel, Bosch.

M, MW, A, P, ZWM, CW son bombas de inyección en línea de tamaño constructivo ascendente, PF bombas de inyección individuales, VE bombas de inyección rotativas de émbolo axial, VR bombas de inyección rotativas de émbolos radiales, UPS unidad de bomba-tubería-inyector, UIS unidad de bomba-inyector, CR Common Rail.

The diagram illustrates the application of various Bosch diesel injection systems across different vehicle categories. It shows icons for a motorcycle, car, van, tractor, forklift, truck, bus, and ship. Below these icons, specific injection systems are mapped to their respective applications. For example, the PF system is used for motorcycles, VE for cars and tractors, VR for trucks, MW and A for tractors and forklifts, P for trucks, ZWM and CW for buses, CR for trucks and buses, UPS for trucks and buses, and UIS for motorcycles and trucks.

Mientras que para motores Diesel convencionales en vehículos industriales, locomotoras y barcos todavía se emplean preferentemente sistemas de inyección regulados mecánicamente, en los turismos (y también ya en vehículos industriales) las regulaciones mecánicas para los sistemas de inyección Diesel se

van sustituyendo cada vez más por la regulación electrónica Diesel (EDC).

Según el estado actual de la técnica, para los motores diesel de vehículos motorizados, son empleados principalmente los sistemas de inyección de alta presión descritos a continuación.

C
a)
e:

Tabla 1

Propiedades y datos característicos de los sistemas de inyección Diesel

Sistema de inyección Ejecución	Inyección				Datos relativos al motor			
	Caudal de inyección por carrera mm ³	Presión máx. lado del inyector bar	Mecánicamente e Electrónicamente em Electromecánicamente MV Electroválvula	DI Inyección directa IDI Inyección indirecta	VE Inyección previa NE Inyección posterior	Número de cilindros	Número de revoluciones máx. min ⁻¹	Potencia máx. por cada cilindro kW
Bombas de inyección en línea								
M	60	550	m, e	IDI	-	4...6	5000	20
A	120	750	m	DI / IDI	-	2...12	2800	27
MW	150	1100	m	DI	-	4...8	2600	36
P 3000	250	950	m, e	DI	-	4...12	2600	45
P 7100	250	1200	m, e	DI	-	4...12	2500	55
P 8000	250	1300	m, e	DI	-	6...12	2500	55
P 8500	250	1300	m, e	DI	-	4...12	2500	55
H 1	240	1300	e	DI	-	6...8	2400	55
H 1000	250	1350	e	DI	-	5...8	2200	70
Bombas de inyección rotativas de émbolo axial								
VE	120	1200/350	m	DI / IDI	-	4...6	4500	25
VE...EDC ¹⁾	70	1200/350	e, em	DI / IDI	-	3...6	4200	25
VE...MV	70	1400/350	e, MV	DI / IDI	-	3...6	4500	25
Bombas de inyección rotativas de émbolos radiales								
VR...MV	135	1700	e, MV	DI	-	4,6	4500	50
Bombas de inyección de un cilindro								
PF(R)...	150... 18000	800... 1500	m, em	DI / IDI	-	cualquiera	300... 2000	75... 1000
UIS 30 ²⁾	160	1600	e, MV	DI	VE	8 ^{3a)}	3000	45
UIS 31 ²⁾	300	1600	e, MV	DI	VE	8 ^{3a)}	3000	75
UIS 32 ²⁾	400	1800	e, MV	DI	VE	8 ^{3a)}	3000	80
UIS-P1 ³⁾	62	2050	e, MV	DI	VE	6 ^{3a)}	5000	25
UPS 12 ⁴⁾	150	1600	e, MV	DI	VE	8 ^{3a)}	2600	35
UPS 20 ⁴⁾	400	1800	e, MV	DI	VE	8 ^{3a)}	2600	80
UPS (PF(R))	3000	1400	e, MV	DI	-	6...20	1500	500
Sistema de inyección de acumulador Common Rail								
CR ⁵⁾	100	1350	e, MV	DI	VE ^{5a)} /NE	3...8	5000 ^{5b)}	30
CR ⁶⁾	400	1400	e, MV	DI	VE ^{6a)} /NE	6...16	2800	200

¹⁾ EDC [Electronic Diesel Control (regulación electrónica Diesel), ²⁾ UIS unidad de bomba-inyector para vehículos industriales, ³⁾ UIS para turismos, ^{3a)} con dos unidades de control es posible también un número mayor de cilindros, ⁴⁾ UPS unidad de bomba-tubería-inyector para vehículos industriales y autobuses, ⁵⁾ CR 1ª generación para turismos y vehículos industriales ligeros, ^{5a)} hasta 90° KW (cigüeñal) antes del PMS elegible libremente, ^{5b)} hasta 5500 min⁻¹ en marcha con freno motor, ⁶⁾ CR para vehículos industriales, autobuses y locomotoras Diesel, ^{6a)} hasta 30° KW antes del PMS.

Ejecuciones

Bombas de inyección en línea

Las bombas de inyección en línea tienen por cada cilindro del motor un elemento de bomba que consta de cilindro de bomba y de émbolo de bomba. El émbolo de bomba se mueve en la dirección de suministro por el árbol de levas accionado por el motor, y retrocede empujado por el muelle del émbolo.

Los elementos de bomba están dispuestos en línea. La carrera del émbolo es invariable. Para hacer posible una variación del caudal de suministro, existen en el émbolo aristas de mando inclinadas, de forma tal que al girar el émbolo mediante una varilla de regulación, resulte la carrera útil deseada. Entre la cámara de alta presión de bomba y el comienzo de la tubería de impulsión, existen válvulas de presión adicionales según las condiciones de inyección. Estas válvulas determinan un final de inyección exacto, evitan inyecciones ulteriores en el inyector y procuran un campo característico uniforme de bomba.

Bomba de inyección en línea estándar PE

El comienzo de suministro queda determinado por un taladro de aspiración que se cierra por la arista superior del émbolo. Una arista de mando dispuesta de forma inclinada en el émbolo, que deja libre la abertura de aspiración, determina el caudal de inyección.

La posición de la varilla de regulación es controlada con un regulador mecánico de fuerza centrífuga o con un mecanismo actuador eléctrico.

Bomba de inyección en línea con válvula de corredera

La bomba de inyección en línea con válvula de corredera se distingue de una bomba de inyección en línea convencional, por una corredera que se desliza sobre el émbolo de la bomba mediante un eje actuador adicional, con la cual puede modificarse la carrera previa, y con ello también el comienzo de suministro o de inyección. La posición de la válvula de corredera se ajusta en función de diversas magnitudes influyentes. En comparación con la bomba de inyección en línea estándar PE, la bomba de inyección en línea con válvula de corredera tiene un grado de libertad de adaptación adicional.

Bombas de inyección rotativas

Las bombas de inyección rotativas tienen un regulador de revoluciones mecánico o un regulador electrónico y variador de avance integrado. Estas bombas sólo tienen un elemento de bomba de alta presión para todos los cilindros.

Bomba de inyección rotativa de émbolo axial

En el caso de la bomba de inyección rotativa de émbolo axial, existe una bomba de aletas que suministra el combustible a la cámara de bomba. Un émbolo distribuidor central que gira mediante un disco de leva, asume la generación de presión y la distribución a los diversos cilindros. Durante una vuelta del eje de accionamiento, el émbolo realiza tantas carreras como cilindros del motor a abastecer. Los resaltes de leva en el lado inferior del disco de leva se deslizan sobre los rodillos del anillo de rodillos y originan así en el émbolo distribuidor un movimiento de elevación adicional al movimiento de giro.

En la bomba de inyección rotativa convencional de émbolo axial VE con regulador mecánico de revoluciones por fuerza centrífuga, o con mecanismo actuador regulado electrónicamente, existe una corredera de regulación que determina la carrera útil y dosifica el caudal de inyección. El comienzo de suministro de la bomba puede regularse mediante un anillo de rodillos (variador de avance). En la bomba de inyección rotativa de émbolo axial controlada por electroválvula, existe una electroválvula de alta presión controlada electrónicamente, que dosifica el caudal de inyección, en lugar de una corredera de regulación. Las señales de control y regulación son procesadas en dos unidades de control electrónicas (unidad de control de bomba y unidad de control del motor). El número de revoluciones es regulado mediante la activación apropiada del elemento actuador.

Bomba de inyección rotativa de émbolos radiales

En la bomba de inyección rotativa de émbolos radiales, el suministro del combustible lo realiza una bomba de aletas. Una bomba de émbolos radiales con anillo de levas y entre dos y cuatro émbolos radiales, asume la generación de alta presión y el suministro de los inyectores.

res. Una electroválvula de alta presión dosifica el caudal de inyección. El comienzo de suministro se regula mediante el giro del anillo de levas, con el variador de avance. Igual que en la bomba de émbolo axial controlada por electroválvula, todas las señales de control y regulación se procesan en dos unidades de control electrónicas (unidad de control de bomba y unidad de control del motor). Mediante la activación apropiada del elemento actuador se regula el número de revoluciones.

Bombas de inyección individuales

Bombas de inyección individuales PF

Las bombas de inyección individuales PF (aplicadas en motores pequeños, locomotoras Diesel, motores navales y maquinaria de construcción) no tienen un árbol de levas propio (F significa «Fremdantrieb» = accionamiento ajeno), pero corresponden sin embargo en su funcionamiento a la bomba de inyección en línea PE. En motores grandes, el regulador mecánico-hidráulico o electrónico está adosado directamente al cuerpo del motor. La regulación del caudal determinada por él se transmite mediante un varillaje integrado en el motor.

Las levas de accionamiento para las diversas bombas de inyección PF, se encuentran sobre el árbol de levas correspondiente al control de válvulas del motor. Por este motivo no es posible la variación del avance mediante un giro del árbol de levas. Aquí puede conseguirse un ángulo de variación de algunos grados mediante la regulación de un elemento intermedio (p. ej. un balancín entre el árbol de levas y el impulsor de rodillo).

Las bombas de inyección individuales son apropiadas también para el funcionamiento con aceites pesados viscosos.

Unidad de bomba-inyector UI

En el caso de la unidad de bomba-inyector (denominada de forma abreviada bomba-inyector), la bomba de inyección y el inyector constituyen una unidad. Por cada cilindro del motor se monta una unidad en la culata que es accionada bien directamente mediante un empujador, o indirectamente mediante balancín, por parte del árbol de levas del motor.

Debido a la supresión de las tuberías de alta

presión, es posible una presión de inyección esencialmente mayor (hasta 2000 bar) que en las bombas de inyección en línea y rotativas. Con esta elevada presión de inyección y mediante la regulación electrónica por campo característico del comienzo de inyección y de la duración de inyección (o caudal de inyección), es posible una reducción destacada de las emisiones de conta-minantes del motor Diesel. Los conceptos de regulación electrónicos permiten diversas funciones adicionales.

Unidad de bomba-tubería-inyector UP

El sistema de bomba-tubería-inyector trabaja según el mismo procedimiento que la unidad de bomba-inyector. Se trata aquí de un sistema de inyección de alta presión estructurado modularmente. Contrariamente a la unidad de bomba-inyector, el inyector y la bomba están unidos por una tubería corta de inyección. El sistema de bomba-tubería-inyector dispone de una unidad de inyección (bomba, tubería y combinación de portainyector) por cada cilindro del motor, la cual es accionada por el árbol de levas del motor. Una tubería corta de alta presión adaptada exactamente a los componentes, permite la unión con el conjunto portainyector.

Una regulación electrónica por campo característico del comienzo de inyección y de la duración de inyección (o caudal de inyección) aporta una reducción destacada de las emisiones de contaminantes del motor Diesel. En combinación con la electro-válvula de conmutación rápida, accionada electrónicamente, se determina la correspondiente característica de cada proceso de inyección en particular.

Sistema de inyección de acumulador

Common Rail CR

En la inyección de acumulador «Common Rail» se realizan por separado la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección y está a disposición en el «Rail» (acumulador de combustible) para la inyección. El momento y el caudal de inyección se calculan en la unidad de control electrónica y se realizan por el inyector (unidad de inyección) en cada cilindro del motor, mediante el control de una electroválvula.

Sistema de inyección de acumulador Common Rail

Relación general del sistema

Campo de aplicación

Con la introducción de la primera bomba de inyección en línea fabricada en serie en el año 1927, comenzó en Bosch la fabricación de sistemas de inyección Diesel. El centro de aplicación de las bombas de inyección en línea se encuentra hasta hoy en los más diversos vehículos industriales y motores estacionarios, hasta locomotoras y barcos, con presiones de inyección de hasta aprox. 1350 bar y potencias de hasta aprox. 160 kW por cilindro. Una mayor diversidad de exigencias, p. ej. el montaje de motores con inyección directa en vehículos de reparto pequeños y turismos, han conducido al desarrollo de distintos sistemas de inyección Diesel, que están adaptados a las correspondientes necesidades. Tienen aquí una gran importancia el aumento de la potencia específica, la disminución del consumo de combustible, así como la reducción de la emisión de ruidos y de la emisión de contaminantes.

El sistema de inyección de acumulador Bosch «Common Rail» para motores con inyección directa ofrece una flexibilidad destacadamente mayor para la adaptación del sistema de inyección al motor, en comparación con los sistemas convencionales propulsados por levas:

- mayor campo de aplicación (para turismos y vehículos industriales ligeros con potencias de hasta 30 kW/cilindro, para vehículos industriales pesados y hasta incluso para locomotoras y barcos con potencias de hasta aprox. 200 kW/cilindro),
- alta presión de inyección hasta aprox. 1400 bar,
- comienzo de inyección variable,
- posibilidad de inyección previa, principal y posterior,
- presión de inyección adaptada al estado de servicio.

Funciones

En la inyección de acumulador «Common Rail» están separadas la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección. El combustible para la inyección está a disposición en el acumulador de combustible de alta presión «Rail». El conductor preestablece el caudal de inyección, la unidad de control electrónica calcula a partir de campos característicos programados, el momento de inyección y la presión de inyección, y el inyector (unidad de inyección) realiza las funciones en cada cilindro del motor, a través de una electroválvula controlada. La parte de unidad de control y de sensores de una instalación de inyección con Common Rail, abarca:

- unidad de control,
- sensor de revoluciones del cigüeñal,
- sensor de revoluciones del árbol de levas,
- sensor del pedal acelerador,
- sensor de presión de sobrealimentación,
- sensor de presión Rail,
- sensor de temperatura del líquido refrigerante y
- medidor de masa de aire.

La unidad de control registra con la ayuda de sensores el deseo del conductor (posición del pedal acelerador) y el comportamiento de servicio actual del motor y del vehículo. La unidad de control procesa las señales generadas por los sensores y transmitidas a través de líneas de datos. Con las informaciones obtenidas, es capaz de influir sobre el vehículo y especialmente sobre el motor, controlando y regulando. El sensor de revoluciones del cigüeñal mide el número de revoluciones del motor, y el sensor de revoluciones del árbol de levas determina el orden de encendido (posición de fase). Un potenciómetro como sensor del pedal acelerador comunica a la unidad de control, a través de una señal eléctrica, la solicitud de par motor realizada por el conductor.

El medidor de masa de aire entrega información a la unidad de control sobre la masa de aire actual, con el fin de adaptar la combustión conforme a las prescripciones sobre emisiones. En motores con turbocompresor por gases de escape y regulación de la presión de sobrealimentación, el sensor de presión de sobrealimentación mide esta presión. En base a los valores del sensor de temperatura del líquido refrigerante y de temperatura del aire, a temperaturas bajas y motor frío, la unidad de control puede adaptar a las condiciones de servicio los valores teóricos sobre el comienzo de inyección, inyección previa y otros parámetros. En función del tipo de vehículo están conectados sensores y cables de datos adicionales a la unidad de control, para satisfacer las crecientes exigencias de seguridad y de confort.

La fig. 1 muestra como ejemplo una instalación de inyección Diesel con el sistema de inyección de acumulador «Common Rail», en un motor Diesel de cuatro cilindros con diversos componentes.

Funciones básicas

Las funciones básicas controlan la inyección del combustible Diesel en el momento correcto, con el caudal correcto y con la presión aplicada. Aseguran así un funcionamiento de consumo favorable y silencioso del motor Diesel.

Funciones adicionales

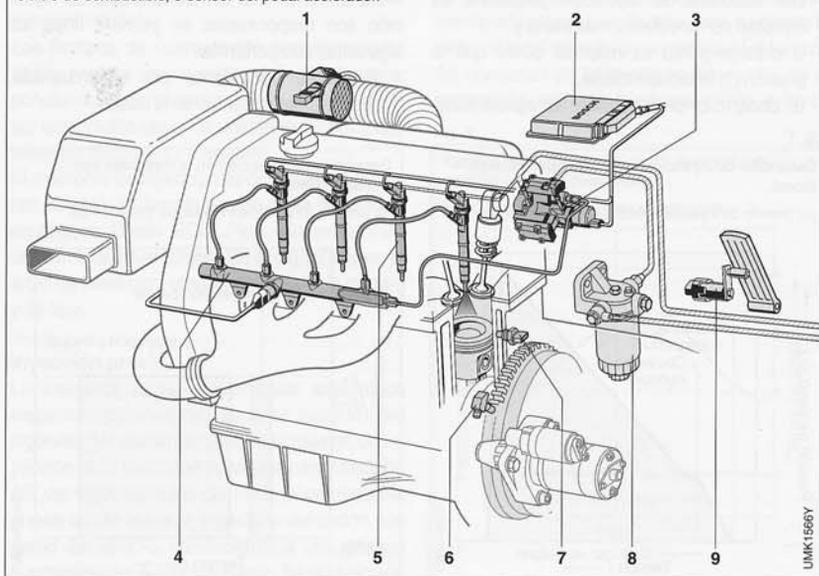
Otras funciones adicionales de control y regulación sirven para una reducción de las emisiones de gases de escape y del consumo de combustible, o bien aumentan la seguridad y el confort. Algunos ejemplos de estas funciones son: la retroalimentación de gases de escape, la regulación de presión de sobrealimentación, la regulación de la velocidad de marcha, el bloqueo electrónico de arranque, etc..

El sistema bus CAN hace posible el intercambio de datos con otros sistemas electrónicos del vehículo (p. ej. ABS, control electrónico del cambio). Una interfaz de diagnóstico permite al realizar la inspección del vehículo, la evaluación de los datos del sistema almacenados en memoria.

Fig. 1

Sistema de inyección de acumulador Common Rail en un motor Diesel de cuatro cilindros.

- 1 Medidor de masa de aire, 2 unidad de control, 3 bomba de alta presión, 4 acumulador de alta presión (Rail),
- 5 inyectores, 6 sensor de revoluciones del cigüeñal, 7 sensor de temperatura del líquido refrigerante,
- 8 filtro de combustible, 9 sensor del pedal acelerador.



UMK1560Y

Comportamiento de inyección

Comportamiento de inyección convencional

En los sistemas de inyección convencionales con bombas de inyección rotativas o en línea, la inyección se realiza actualmente (1998) exclusivamente como inyección principal – sin inyección previa ni inyección posterior – (fig. 1). En las bombas de inyección rotativas controlados por electroválvula existen sin embargo algunos desarrollos que permitirán también en el futuro una inyección previa. En los sistemas convencionales están asociados la generación de presión y la puesta a disposición del caudal de inyección, ya que ambas son debidas a las levas y émbolos de suministro. Esto tiene las siguientes consecuencias sobre el comportamiento de inyección:

- La presión de inyección aumenta junto con el número de revoluciones y el caudal de inyección,
- durante la inyección aumenta la presión de inyección, pero hasta el final de la inyección disminuye otra vez hasta el valor de la presión de cierre de inyector.

Las consecuencias de ello son:

- Los caudales de inyección pequeños se inyectan con presiones más bajas y
- la presión punta es más del doble que la presión de inyección media.
- El desarrollo de inyección es aproximada-

mente triangular como lo requiere una combustión favorable.

Respecto a la sollicitación de los componentes en una bomba de inyección y del accionamiento de bomba, es determinante la presión punta. En los sistemas de inyección convencionales representa la medida determinante de la calidad de formación de la mezcla.

Comportamiento de inyección con Common Rail

Un comportamiento de inyección ideal debe cumplir las siguientes exigencias adicionales al comportamiento de inyección convencional:

- La presión de inyección y el caudal de inyección deben poderse establecer independientemente entre sí para cada punto de servicio del motor (grado de libertad adicional para la formación de la mezcla).
- El caudal de inyección debe ser al comienzo de la inyección lo más reducido posible (durante el retraso de encendido entre el comienzo de la inyección y el comienzo de la combustión).

En el sistema de inyección de acumulador Common Rail con inyección previa e inyección principal, se cumplen estas exigencias (figuras 2 y 4). El sistema «Common Rail» está estructurado modularmente. Del comportamiento de inyección son responsables en primera línea los siguientes componentes:

- inyectores controlados por electroválvula, que están enroscados en la culata,

Fig. 1

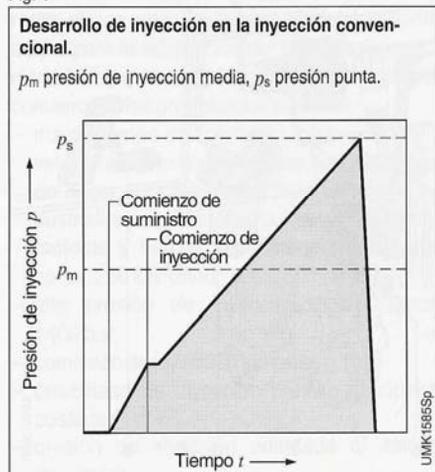
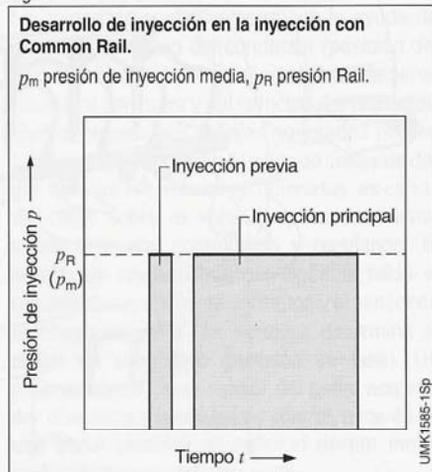


Fig. 2



- acumulador de presión (Rail) y
- bomba de alta presión.

Para el servicio del sistema se necesitan además los siguientes componentes:

- unidad de control electrónica,
- sensor de revoluciones del cigüeñal y
- sensor de revoluciones del árbol de levas (sensor de fases).

En los sistemas aplicados en turismos, para la generación de presión actúa como bomba de alta presión una bomba de émbolos radiales. La presión se genera independientemente de la inyección. La velocidad de rotación de la bomba de alta presión está acoplada al número de revoluciones del motor con una relación fija de desmultiplicación. Debido al suministro casi uniforme, la bomba de alta presión puede dimensionarse de forma notablemente menor y con un momento de accionamiento punta más reducido que en los sistemas convencionales de inyección.

Los inyectores que están unidos al Rail a través de tuberías cortas, se componen esencialmente de un inyector y de una electroválvula. La unidad de control suministra corriente a las electroválvulas para su conexión (comienzo de inyección). Al desconectarse la corriente, concluye la inyección. El caudal de combustible inyectado es, con una presión determinada, proporcional al tiempo de conexión de la electroválvula y es independiente del número de revoluciones del motor o de la bomba (inyección controlada temporalmente).

Los tiempos de conmutación necesariamente cortos pueden conseguirse mediante el correspondiente dimensionado de la activación de las electroválvulas en la unidad de control, con elevadas tensiones y corrientes.

El momento de inyección es controlado a través del sistema de ángulo-tiempo de la regulación electrónica Diesel EDC. Para ello existen los sensores de revoluciones en el cigüeñal y en el árbol de levas para el reconocimiento de cilindro y de fase.

Inyección previa

La inyección previa puede estar adelantada respecto al punto muerto superior, hasta 90° del cigüeñal. No obstante, para un comienzo de inyección de la inyección previa más avanzado de 40° del cigüeñal antes del PMS, el combustible puede incidir sobre la superficie del pistón y la pared del cilindro, conduciendo a una dilución inadmisibles del aceite lubricante. En la inyección

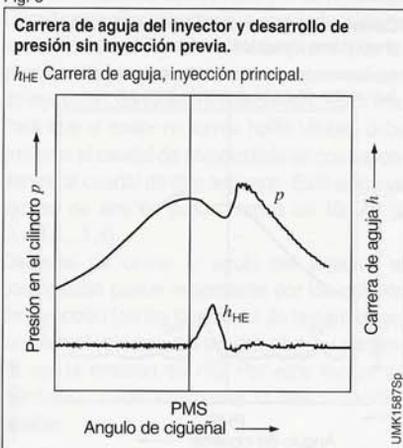
previa se aporta al cilindro un pequeño caudal de combustible Diesel ($1...4 \text{ mm}^3$), que origina un «acondicionamiento previo» de la cámara de combustión, pudiendo mejorar el grado de rendimiento de la combustión y consiguiendo los siguientes efectos:

- La presión de compresión aumenta ligeramente mediante una reacción previa o combustión parcial, con lo cual
- se reduce el retardo de encendido de la inyección principal, y
- se reducen el aumento de la presión de combustión y las puntas de presión de combustión (combustión más suave).

Estos efectos reducen el ruido de combustión, el consumo de combustible y, en muchos casos, las emisiones. En el desarrollo de presión sin inyección previa (fig. 3), la presión aumenta sólo levemente antes del PMS en correspondencia con la compresión, pero lo hace de forma muy pronunciada con el comienzo de combustión y presenta en el sector de presión máxima una punta comparablemente muy aguda. El aumento pronunciado de la presión y la punta de presión aguda, contribuyen esencialmente al ruido de combustión de un motor Diesel. En el desarrollo de presión con inyección previa (fig. 4), la presión en el margen del PMS alcanza un valor algo mayor y el aumento de la presión de combustión es menos pronunciado.

La inyección previa contribuye sólo indirectamente, a la generación de par motor, mediante la reducción del retardo de encendido. En función del comienzo de la inyección principal y de la separación entre la inyección previa y la in-

Fig. 3



yección principal, puede aumentar o disminuir el consumo específico de combustible.

Inyección principal

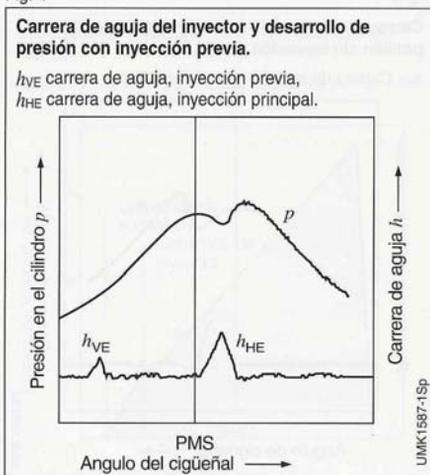
Con la inyección principal se aporta la energía para el trabajo realizado por el motor. Asimismo es responsable esencialmente de la generación del par motor. En el sistema de inyección de acumulador «Common Rail» se mantiene casi inalterada la magnitud de la presión de inyección durante todo el proceso de inyección.

Inyección posterior

La inyección posterior puede aplicarse para la dosificación de medios reductores (aditivos del combustible) en una determinada variante del catalizador NO_x . La inyección posterior sigue a la inyección principal durante el tiempo de expansión o de expulsión, hasta 200° del cigüeñal después del PMS. Esta inyección introduce en los gases de escape una cantidad de combustible exactamente dosificada.

Contrariamente a la inyección previa y principal, el combustible no se quema sino que se evapora por calor residual en los gases de escape. Esta mezcla de gases de escape/combustible es conducida en el tiempo de expulsión, a través de las válvulas de escape, hacia la instalación de gases de escape. Sin embargo, mediante la retroalimentación de gases de escape se conduce otra vez una parte del combustible a la combustión y actúa como una inyección previa muy avanzada. El combustible en los gases de escape sirve como medio reductor para el óxido de nitrógeno en catalizadores NO_x apropiados.

Fig. 4



Como consecuencia se reducen los valores NO_x de los gases de escape.

La inyección posterior retrasada conduce a una dilución del aceite del motor por parte del combustible; el fabricante del motor debe comprobar si esta dilución es admisible.

Reducción de los gases de escape

Formación de la mezcla y desarrollo de la combustión

En comparación con los motores de gasolina, los motores Diesel trabajan con combustible de ebullición más difícil, preparan la mezcla de aire/combustible entre el comienzo de inyección y el comienzo de combustión y durante la combustión, consiguiendo así una mezcla menos homogénea. Los motores Diesel funcionan siempre con exceso de aire ($\lambda > 1$). Si el exceso de aire es insuficiente, aumentan las emisiones de hollín, de CO y de HC y el consumo de combustible.

La formación de la mezcla queda determinada por los siguientes parámetros de formación de mezcla:

- presión de inyección,
- índice de inyección (duración de inyección),
- distribución del chorro (número de chorros, sección del chorro, dirección del chorro),
- comienzo de inyección,
- movimiento de aire y
- masa de aire.

Todas estas magnitudes influyen sobre las emisiones y el consumo de combustible del motor. La formación de NO_x es favorecida por una temperatura alta de combustión y por la concentración de oxígeno. El hollín es favorecido por falta de aire y formación de mezcla deficiente.

Medidas aplicables en el motor

La configuración de la cámara de combustión y de la conducción de aire puede influir positivamente sobre la emisión de gases de escape. Un movimiento de aire en la cámara de combustión adaptado esmeradamente a los chorros de combustible que produce el inyector, favorece el mezclado de aire y combustible y, por lo tanto, una combustión completa del combustible. Junto

a ello, repercuten positivamente un mezclado homogéneo de aire y gases de escape y una retroalimentación refrigerada de los gases de escape. La técnica de cuatro válvulas y el compresor con turbina de geometría variable, contribuyen también a emisiones menores y a una elevada relación de potencia.

Retroalimentación de gases de escape

En relación con la legislación sobre emisiones, la emisión de NO_x es demasiado elevada, mientras que la emisión de hollín está por debajo del valor límite. La retroalimentación de gases de escape ofrece la posibilidad de reducir la emisión de NO_x sin aumentar drásticamente la emisión de hollín. Esto puede realizarse de forma especialmente ventajosa con el sistema de inyección de acumulador «Common Rail», porque lo permite la buena formación de mezcla mediante la elevada presión de inyección. En la retroalimentación de gases de escape se conduce una parte de los gases de escape al tramo de aspiración, durante el servicio de carga parcial. Esto reduce el contenido de oxígeno, la velocidad de combustión, la temperatura punta en el frente de llamas y, por tanto, la emisión de NO_x . Pero si la cantidad de gases de escape retroalimentada es demasiado grande (proporción superior al 40%), aumentan las emisiones de hollín, de CO y de HC, así como el consumo de combustible, como consecuencia de la falta de oxígeno.

Influencia de la inyección de combustible

El comienzo de inyección, el desarrollo de la inyección y la pulverización del combustible influyen también sobre el consumo de combustible y la emisión de contaminantes.

Comienzo de inyección

Una inyección retrasada disminuye la emisión de NO_x como consecuencia de las bajas temperaturas del proceso. Una inyección demasiado retrasada aumenta la emisión de HC y el consumo de combustible, así como también la expulsión de hollín a carga elevada. Una divergencia del comienzo de inyección de tan sólo 1° del cigüeñal respecto al valor teórico, puede aumentar en un 5 % la emisión de NO_x .

Un comienzo de inyección avanzado 2° del cigüeñal puede conducir a un aumento de la presión punta de cilindro por valor de 10 bar; un retraso de 2° del cigüeñal puede aumentar en 20°C la temperatura de los gases de escape. Esta gran sensibilidad exige un comienzo de inyección exactamente ajustado.

Desarrollo de la inyección

Bajo el concepto de desarrollo de la inyección se entiende el flujo de masa de combustible que varía durante un ciclo de inyección (desde el comienzo de inyección hasta el final de inyección). El desarrollo de la inyección determina la masa de combustible suministrada durante el retardo de encendido (entre el comienzo de inyección y el comienzo de combustión). Adicionalmente, influye también sobre la distribución de combustible en la cámara de combustión y, por tanto, sobre el aprovechamiento del aire. El desarrollo de la inyección debe aumentar lentamente para que se inyecte poco combustible en el retardo de encendido. Con el comienzo de la combustión se quema violentamente este combustible (combustión premezclada), lo cual repercute desfavorablemente sobre la emisión de ruidos y de NO_x . Al final debe caer rápidamente el desarrollo de la inyección, para evitar que el combustible mal pulverizado conduzca en la fase final a elevadas emisiones de HC y de hollín y a un mayor consumo de combustible.

Pulverización del combustible

El combustible finamente pulverizado favorece un buen mezclado entre el aire y el combustible. La pulverización contribuye a una reducción de la emisión de HC y de hollín. La presión de inyección alta y la geometría óptima de los orificios de inyección, conducen a una pulverización fina. Para que el motor no forme hollín visible, debe limitarse el caudal de combustible en correspondencia al caudal de aire aspirado. Esto exige un exceso de aire de por lo menos un 10...40 % ($\lambda = 1,1 \dots 1,4$).

Después de cerrar la aguja del inyector, el combustible puede evaporarse por los orificios de inyección (en los inyectores de taladro ciego, también el volumen del taladro ciego) y aumentar así la emisión de HC. Por este motivo se mantienen estos volúmenes lo más reducidos posible.

Sistema de combustible

El sistema de combustible en una instalación de inyección con el sistema de inyección de acumulador «Common Rail» (fig. 1) consta de la parte de baja presión para el suministro a baja presión del combustible, de la parte de alta presión para su suministro a alta presión y de una unidad de control electrónica (11).

Suministro de baja presión

La parte de baja presión del sistema de combustible con Common Rail, abarca:

- depósito de combustible (1) con filtro previo (2),
- bomba previa (3),
- filtro de combustible (4) y
- tuberías de combustible de baja presión (5).

Depósito de combustible

Los depósitos de combustible deben ser resistentes a la corrosión y mantenerse estancos incluso a una sobrepresión de servicio doble, pero por lo menos hasta 0,3 bar de sobrepresión. La sobrepresión producida debe poder escapar por sí misma a través de

aberturas apropiadas, válvulas de seguridad o similares.

El combustible no debe salir por la tapa de la boca de llenado o por los dispositivos para compensación de presión, incluso en posición inclinada, circulando por curvas o en caso de choques.

Los depósitos de combustible deben estar separados del motor de tal forma que no sea de esperar una inflamación incluso en accidentes. Esto no rige para motocicletas y tractores con asiento del conductor al aire libre.

En vehículos con cabina del conductor abierta, máquinas tractoras y autobuses de gran potencia, rigen además determinaciones especiales sobre la altura de montaje y el apantallado del depósito de combustible.

Tuberías de combustible en la parte de baja presión

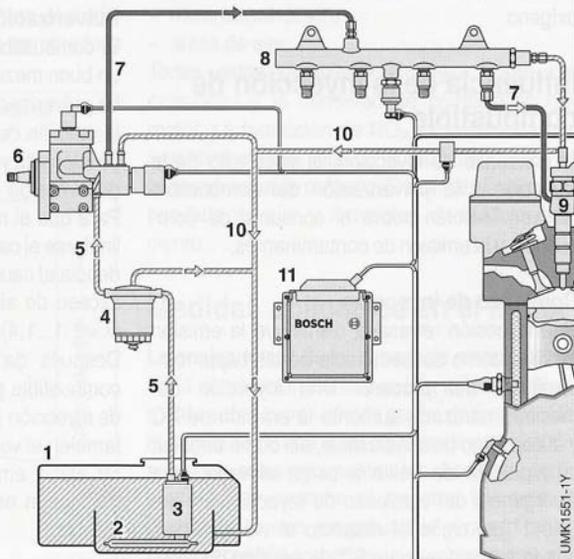
Para la parte de baja presión pueden emplearse además de tubos de acero, también tuberías flexibles con armadura de mallazo de acero, que sean difícilmente inflamables. Las tuberías deben estar dispuestas de tal forma que se impidan los daños mecánicos y que el combustible que gotea o se evapora no pueda acumularse ni inflamarse.

Las tuberías de combustible no deben quedar

Fig. 1

Sistema de combustible de una instalación de inyección con Common Rail.

- 1 Depósito de combustible,
- 2 filtro previo,
- 3 bomba previa,
- 4 filtro de combustible,
- 5 tuberías de combustible de baja presión,
- 6 bomba de alta presión,
- 7 tuberías de combustible de alta presión,
- 8 Rail,
- 9 inyector,
- 10 tubería de retorno de combustible,
- 11 unidad de control.



UMK1551-1Y

afectadas en su funcionamiento en caso de una deformación del vehículo, un movimiento del motor o similares. Todas las piezas que conducen combustible tienen que estar protegidas contra el calor que perturba el funcionamiento. En los autobuses, las tuberías de combustible no deben estar en el compartimiento de pasajeros o del conductor, y el combustible no debe ser transportado por gravedad.

Componentes del sistema de baja presión

Bomba previa

La bomba previa, una electrobomba de combustible con filtro previo o una bomba de combustible de engranajes, aspira el combustible extrayéndolo del depósito de combustible y transporta continuamente el caudal de combustible necesario, en dirección a la bomba de alta presión.

Filtro de combustible

Un filtrado insuficiente puede originar daños en componentes de la bomba, válvulas de presión y en los inyectores. El filtro de combustible limpia el combustible delante de la bomba de alta presión e impide así el desgaste prematuro de las piezas sensibles.

Suministro de alta presión

La parte de alta presión del sistema de combustible con Common Rail, abarca:

- bomba de alta presión (6) con válvula reguladora de la presión,
- tuberías de combustible de alta presión (7),
- Rail como acumulador de alta presión (8) con sensor de presión del Rail, válvula limitadora de la presión y limitador de flujo,
- inyectores (9) y
- tuberías de retorno de combustible (10).

Componentes del sistema de alta presión

Bomba de alta presión

La bomba de alta presión comprime el combustible a la presión del sistema de hasta 1350 bar. El combustible comprimido que es conducido entonces, a través de una tubería de alta presión, a un acumulador de combustible de alta presión (Rail) parecido a un tubo.

Acumulador de alta presión (Rail)

Dentro del Rail, la presión del combustible se mantiene, también tras la extracción del caudal de inyección, a un nivel casi constante, ya que surge un efecto de acumulación debido a la elasticidad del combustible. La presión del combustible se mide mediante el sensor de presión del Rail y se regula al valor deseado mediante la válvula reguladora de presión. La válvula limitadora de presión tiene la misión de limitar la presión de combustible en el Rail hasta 1500 bar como máximo. A través de un limitador de flujo (opcional), que impide un flujo inadmisibles del combustible en dirección a la cámara de combustión del motor, se conduce el combustible altamente comprimido desde el Rail a los inyectores.

Inyectores

Las toberas de estos inyectores abren cuando se libera el flujo de combustible a través de una electroválvula controlada. Las toberas inyectan el combustible directamente en las cámaras de combustión del motor.

El combustible excedente que se requiere para la apertura de los inyectores, retorna al depósito de combustible a través de una tubería colectiva. En esta tubería colectiva desembocan también los conductos de retorno de la válvula reguladora de presión y de la parte de baja presión, así como del caudal de lubricación de la bomba de alta presión.

Tuberías de combustible en la parte de alta presión

Las tuberías de combustible de alta presión deben soportar permanentemente la presión máxima del sistema y las oscilaciones de presión, en parte de alta frecuencia, que se producen durante las pausas de inyección. Por este motivo, las tuberías constan de tubos de acero. Normalmente presentan un diámetro exterior de 6 mm y un diámetro interior de 2,4 mm.

Las diferentes distancias entre el Rail y los inyectores se compensan mediante curvaturas más o menos pronunciadas en el correspondiente tendido de las tuberías de inyección. Pero la longitud de tubería en total se mantiene lo más corta posible.

Estructura y función de los componentes

Parte de baja presión

La parte de baja presión (fig. 1) pone a disposición el combustible suficiente para la parte de alta presión. Los componentes esenciales son:

- depósito de combustible (1),
- bomba previa (3) con filtro previo (2),
- tuberías de combustible de baja presión para afluencia y retorno (5, 7),
- filtro de combustible (4) y
- sector de baja presión de la bomba de alta presión (6).

Bomba previa

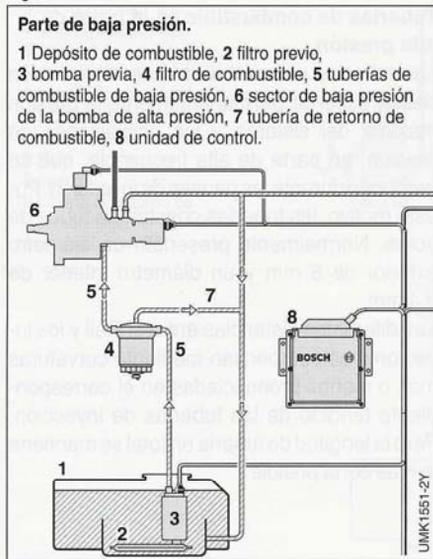
La misión de la bomba previa es abastecer suficiente combustible a la bomba de alta presión,

- en cualquier estado de servicio,
- con la presión necesaria y
- a lo largo de toda su vida útil.

Actualmente existen dos ejecuciones posibles:

Puede aplicarse una electrobomba de combustible (bomba celular de rodillos) o, alternativamente, una bomba de combustible de engranajes accionada mecánicamente.

Fig. 1



Electrobomba de combustible

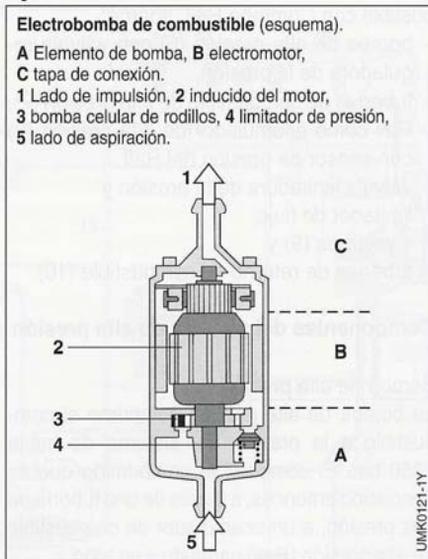
La electrobomba de combustible (figuras 2 y 3) se aplica únicamente en turismos y vehículos industriales ligeros. Junto a la función de suministrar combustible para la bomba de alta presión, tiene además la función de interrumpir el suministro de combustible en caso necesario, dentro del marco de una supervisión del sistema.

Comenzando con el proceso de arranque del motor, la electrobomba de combustible funciona continuamente y de forma independiente del régimen del motor. La bomba transporta así el combustible continuamente desde el depósito de combustible, a través de un filtro de combustible, hacia la bomba de alta presión. El combustible excedente retorna al depósito de combustible a través de una válvula de descarga.

Mediante un circuito de seguridad se impide el suministro de combustible estando conectado el encendido y parado el motor.

Existen electrobombas de combustible para el montaje en tubería o montaje en el depósito. Las bombas de montaje en tubería se encuentran fuera del depósito de combustible, en la tubería de combustible, entre el depósito de combustible y el filtro de combustible, en el grupo del piso del vehículo. Las bombas de montaje en el depósito se encuentran, por el contrario, dentro del depósito de combustible en un soporte especial, que normalmente

Fig. 2



contiene también un tamiz de combustible por el lado de aspiración, una indicación del nivel de llenado, un cuerpo de rotación como reserva de combustible, así como conexiones eléctricas e hidráulicas hacia el exterior.

Una electrobomba de combustible consta de los tres elementos funcionales:

- elemento de bomba (A),
- electromotor (B) y
- tapa de conexión (C).

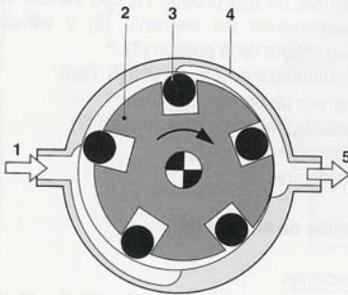
El elemento de bomba existe en diversas ejecuciones, ya que el principio funcional aplicado en cada caso depende del campo de aplicación de la electrobomba de combustible. Para el sistema Common Rail está ejecutado como bomba celular de rodillos (bomba de desalajo) y consta de una cámara dispuesta excéntrica, en la que gira un disco ranurado. En cada ranura se encuentra un rodillo conducido suelto. Por la rotación del disco ranurado y por la presión del combustible se empujan los rodillos contra la pista de deslizamiento de rodillos situada exteriormente y contra los flancos propulsores de las ranuras. Los rodillos actúan aquí como juntas en rotación, formándose una cámara entre cada dos rodillos del disco ranurado y la pista de deslizamiento de los rodillos.

El efecto de bombeo se produce por el hecho de que el volumen de la cámara se reduce continuamente tras cerrarse la abertura de entrada

Fig. 3

Bomba celular de rodillos de la electrobomba de combustible (esquema).

- 1 Lado de aspiración, 2 disco de rotor, 3 rodillo, 4 placa básica, 5 lado de impulsión.



UMK0120Y

en forma de riñón. Después de abrir la abertura de salida, el combustible atraviesa el electromotor y abandona la bomba celular de rodillos por la tapa de conexión del lado de presión.

El electromotor consta de un sistema de imán permanente y de un inducido, cuyo dimensionado depende del caudal de suministro deseado con una presión del sistema determinada. El electromotor y el elemento de bomba se encuentran en un cuerpo común. Están rodeados continuamente de combustible refrigerándose así ininterrumpidamente. De esta forma puede conseguirse una elevada potencia del motor sin complejos elementos estanqueizantes entre el elemento de bomba y el electromotor.

La tapa de conexión contiene las conexiones eléctricas y el empalme hidráulico por el lado de impulsión. Adicionalmente pueden estar integrados elementos antiparasitarios en la tapa de conexión.

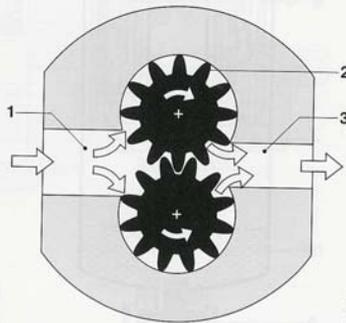
Bomba de combustible de engranajes

La bomba de combustible de engranajes se aplica para la alimentación de la bomba de alta presión del sistema Common Rail en turismos, vehículos industriales y vehículos todo terreno. Esta bomba va integrada en la bomba de alta presión y presenta un accionamiento común con ella, o bien está fijada directamente al motor y tiene un accionamiento propio.

Fig. 4

Bomba de combustible de engranajes (esquema).

- 1 Lado de aspiración, 2 rueda dentada de accionamiento, 3 lado de impulsión.



UMK1569Y

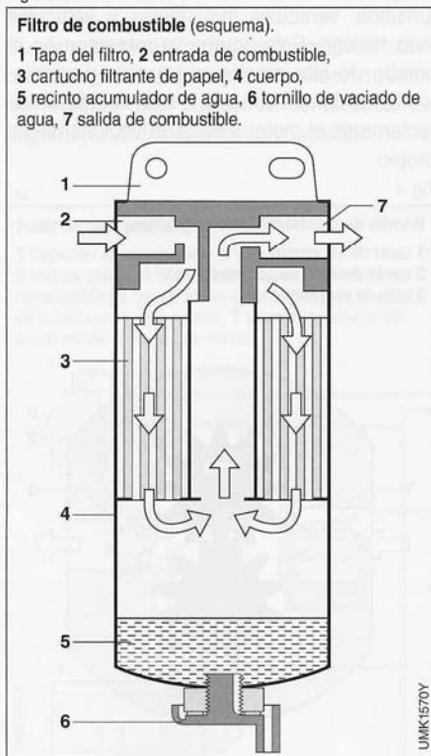
Las formas de accionamiento convencionales son acoplamiento, rueda dentada o correa dentada.

Los elementos constructivos esenciales son dos ruedas dentadas que giran en sentido opuesto y que engranan mutuamente, transportando el combustible en los huecos entre dientes, desde el lado de aspiración al lado de impulsión (fig. 4). La línea de contacto de las ruedas dentadas realiza el estanqueizado entre el lado de aspiración y el lado de impulsión, e impide que el combustible pueda fluir hacia atrás.

El caudal de suministro es aproximadamente proporcional al número de revoluciones del motor. Por este motivo, la regulación del caudal se realiza bien por regulación de estrangulación en el lado de aspiración, o bien por una válvula de descarga en el lado de impulsión.

La bomba de combustible de engranajes funciona exenta de mantenimiento. Para la purga de aire del sistema de combustible en el primer arranque o si se ha vaciado el depósito de combustible, puede estar montada una bomba manual bien directamente en la bomba de

Fig. 5



combustible de engranajes, o bien en la tubería de baja presión.

Filtro de combustible

Las impurezas del combustible pueden provocar daños en los componentes de bomba, válvulas de impulsión y toberas de inyección. La aplicación de un filtro de combustible adaptado especialmente a las exigencias de la instalación de inyección es, por lo tanto, condición previa para un servicio sin anomalías y una prolongada vida útil. El combustible puede contener agua en forma ligada (emulsión) o no ligada (p. ej. formación de agua de condensación debida al cambio de temperaturas). Si el agua entra dentro del sistema de inyección, pueden producirse daños por corrosión.

El sistema de inyección de acumulador Common Rail requiere por lo tanto, como otros sistemas de inyección, un filtro de combustible con recinto acumulador de agua (fig. 5). El agua debe vaciarse en los intervalos correspondientes. Con la creciente aplicación de motores Diesel en los turismos ha resultado una demanda de un dispositivo automático de advertencia de agua. El dispositivo indica mediante una lámpara de advertencia cuando es necesario vaciar el agua (es obligatorio en países en donde se presenta en el combustible una gran proporción de agua).

Parte de alta presión

En la parte de alta presión (fig. 6) tiene lugar, además de la generación de alta presión, también la distribución y la dosificación del combustible. Los componentes esenciales son:

- bomba de alta presión (1) con válvula de desconexión del elemento (2) y válvula reguladora de la presión (3),
- acumulador de alta presión (5, Rail),
- sensor de presión Rail (6),
- válvula limitadora de la presión (7),
- limitador de flujo (8) e
- inyectores (9).

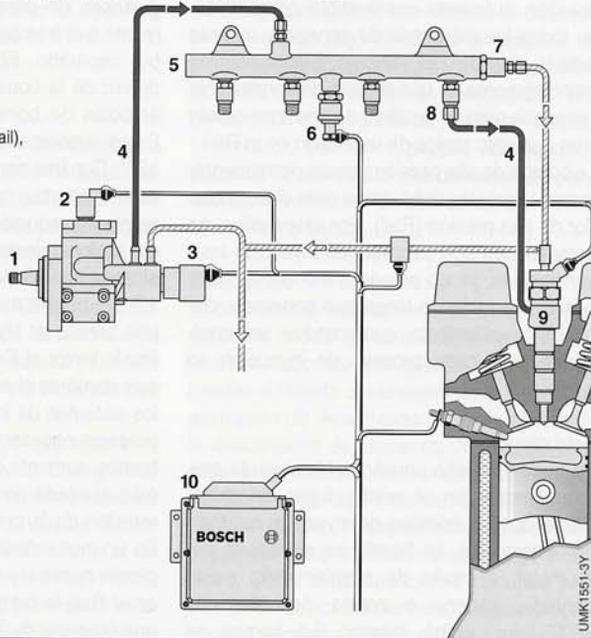
Bomba de alta presión

Funciones

La bomba de alta presión (figuras 7 y 8) se encuentra en la intersección entre la parte de baja presión y la parte de alta presión. La

Parte de alta presión del sistema de inyección de acumulador Common Rail.

- 1 Bomba de alta presión,
- 2 válvula de desconexión del elemento,
- 3 válvula reguladora de presión,
- 4 tuberías de combustible de alta presión,
- 5 acumulador de alta presión (Rail),
- 6 sensor de presión Rail,
- 7 válvula limitadora de presión,
- 8 limitador de flujo,
- 9 inyector,
- 10 unidad de control.



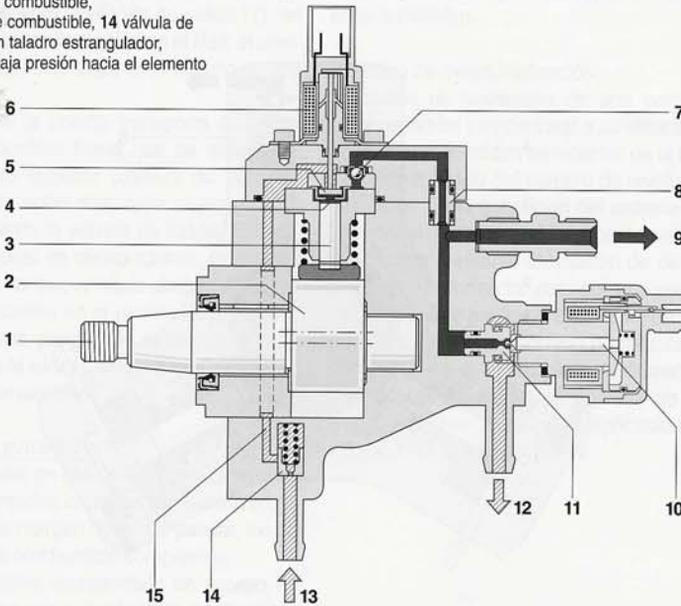
UMK1551-3Y

Fig. 6

Fig. 7

Bomba de alta presión (esquema, sección longitudinal).

- 1 Arbol de accionamiento, 2 leva de excéntrica, 3 elemento de bomba con émbolo de bomba, 4 recinto del elemento, 5 válvula de aspiración, 6 válvula de desconexión del elemento, 7 válvula de salida, 8 pieza estancaizante, 9 empalme de alta presión hacia el Rail, 10 válvula reguladora de alta presión, 11 válvula de bola, 12 retorno de combustible, 13 entrada de combustible, 14 válvula de seguridad con taladro estrangulador, 15 canal de baja presión hacia el elemento de bomba.



UMK1572Y

bomba tiene la misión de poner siempre a disposición suficiente combustible comprimido, en todos los márgenes de servicio y durante toda la vida útil del vehículo. Esto incluye el mantenimiento de una reserva de combustible necesaria para un proceso de arranque rápido y un aumento rápido de la presión en el Rail. La bomba de alta presión genera permanentemente la presión del sistema para el acumulador de alta presión (Rail). Por este motivo, en comparación con sistemas de inyección convencionales, ya no es necesario que el combustible comprimido tenga que ponerse a disposición «altamente comprimido» especialmente para cada proceso de inyección en particular.

Estructura

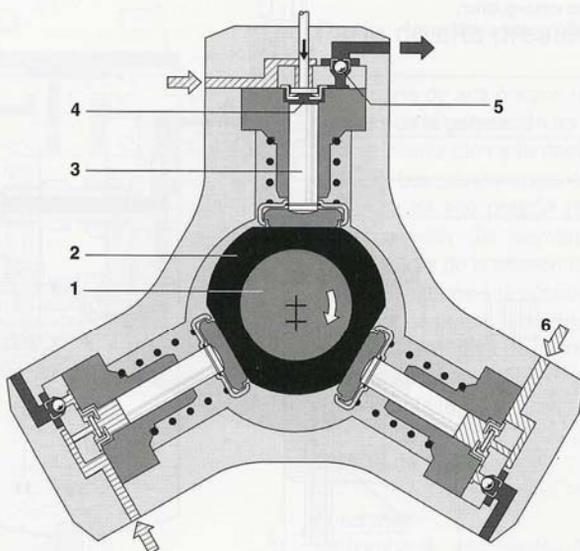
La bomba de alta presión está montada preferentemente en el mismo lugar del motor Diesel que las bombas de inyección rotativas convencionales. La bomba es accionada por el motor, a través de acoplamiento, rueda dentada, cadena o correa dentada, con 3000 min^{-1} como máximo. La bomba se lubrica con combustible.

Según el espacio de montaje, la válvula reguladora de presión está adosada directamente a la bomba de alta presión o se instala por separado. El combustible se comprime dentro de la bomba de alta presión con tres émbolos de bomba dispuestos radialmente. Estos émbolos están desfasados entre sí 120°. Con tres carreras de suministro por cada vuelta resultan pares máximos de accionamiento reducidos y una solicitud uniforme del accionamiento de la bomba. El par de giro alcanza con 16 Nm sólo aproximadamente un 1/9 del par de accionamiento necesario para una bomba de inyección rotativa comparable. Por lo tanto, el Common Rail plantea exigencias menores al accionamiento de bomba que los sistemas de inyección convencionales. La potencia necesaria para el accionamiento de bomba aumenta proporcionalmente a la presión ajustada en el Rail y a la velocidad de rotación de la bomba (caudal de suministro). En un motor de 2 litros, al régimen de revoluciones nominal y con una presión de 1350 bar en el Rail, la bomba de alta presión consume una potencia de 3,8 kW (con un grado de rendimiento mecánico de aprox. 90 %). La mayor

Fig. 8

Bomba de alta presión (esquema, sección).

- 1 Eje de accionamiento, 2 leva de excéntrica, 3 elemento de bomba con émbolo de bomba, 4 válvula de aspiración, 5 válvula de salida, 6 entrada.



UMK1573Y

demanda de potencia tiene sus causas en los caudales de fugas y de control en el inyector y en el retorno de combustible a través de la válvula reguladora de presión.

Funcionamiento

La bomba previa transporta el combustible, a través de un filtro con separador de agua, hacia la válvula de seguridad (fig. 7). La bomba impulsa el combustible a través del taladro de estrangulación de la válvula de seguridad (14), hacia el circuito de lubricación y refrigeración de la bomba de alta presión. El eje de accionamiento (1) con su leva de excéntrica (2) mueve los tres émbolos de bomba (3) hacia arriba y hacia abajo, en correspondencia con la forma de leva.

Si la presión de suministro sobrepasa la presión de apertura de la válvula de seguridad (0,5...1,5 bar), la bomba previa puede impulsar el combustible a través de la válvula de entrada de la bomba de alta presión, hacia el recinto del elemento en el que el émbolo de la bomba se mueve hacia abajo (carrera de aspiración). Cuando se sobrepasa el punto muerto inferior del émbolo de la bomba, la válvula de entrada cierra, y el combustible en el recinto del elemento (4) ya no puede salir. Solamente puede ser comprimido superando la presión de suministro de la bomba previa. La presión que se forma abre la válvula de salida (7), en cuanto se alcanza la presión en el Rail; el combustible comprimido entra en el circuito de alta presión.

El émbolo de la bomba transporta continuamente combustible hasta que se alcanza el punto muerto superior (carrera de suministro). A continuación disminuye la presión, de forma que cierra la válvula de salida. El combustible residual se descomprime; el émbolo de la bomba se mueve hacia abajo.

Cuando la presión en el recinto del elemento es inferior a la presión de la bomba previa, abre otra vez la válvula de entrada y el proceso comienza nuevamente.

Potencia de suministro

Como la bomba de alta presión está dimensionada para grandes caudales de suministro, al ralentí y en el margen de carga parcial, existe un exceso de combustible comprimido.

Este combustible transportado en exceso es conducido otra vez al depósito de combustible

a través de la válvula reguladora de presión. Ya que el combustible comprimido se descomprime cuando llega de nuevo al depósito, se pierde la energía aportada para la compresión. Además de calentarse el combustible, disminuye con ello el grado de rendimiento total. Un remedio parcial es posible adaptando la potencia de suministro a la demanda de combustible, mediante la des-conexión de un elemento de bomba.

Desconexión de elemento:

Al desconectar un elemento de bomba (3) se reduce el caudal de combustible transportado al acumulador de alta presión. Para ello se mantiene abierta continuamente la válvula de aspiración (5). Al activarse la electroválvula de la desconexión de elemento, una espiga adosada a su inducido presiona continuamente la válvula de aspiración manteniéndola abierta. De esta forma, el combustible aspirado no puede ser comprimido en la carrera de suministro. Como consecuencia no se forma presión en el recinto del elemento, ya que el combustible aspirado retorna otra vez al canal de baja presión. Debido a la desconexión de un elemento de bomba en caso de una demanda de potencia disminuida, la bomba de alta presión ya no transporta continuamente el combustible, sino que lo hace con una pausa en el suministro.

Relación de desmultiplicación:

El caudal de suministro de una bomba de alta presión es proporcional a su velocidad de rotación. La velocidad de rotación de la bomba depende a su vez del número de revoluciones del motor. En la aplicación del sistema de inyección al motor se establece la velocidad de rotación mediante la relación de desmultiplicación, de forma tal que, por una parte, no sea demasiado grande el excedente de caudal de combustible transportado en baja carga y, por otra parte, quede cubierta la demanda de combustible del motor en servicio de plena carga. Son posibles des-multiplicaciones de 1:2 y 2:3 referidas al cigüeñal.

Válvula reguladora de la presión

Función

La válvula reguladora de la presión tiene la misión de ajustar y mantener la presión en el Rail, dependiendo del estado de carga del motor:

- En caso de una presión demasiado alta en el Rail, la válvula reguladora de presión abre de forma que una parte del combustible retorna al depósito de combustible, desde el Rail a través de una tubería colectora.
- En caso de una presión demasiado baja en el Rail, la válvula reguladora de presión cierra y estanqueiza así el lado de alta presión contra el lado de baja presión.

Estructura

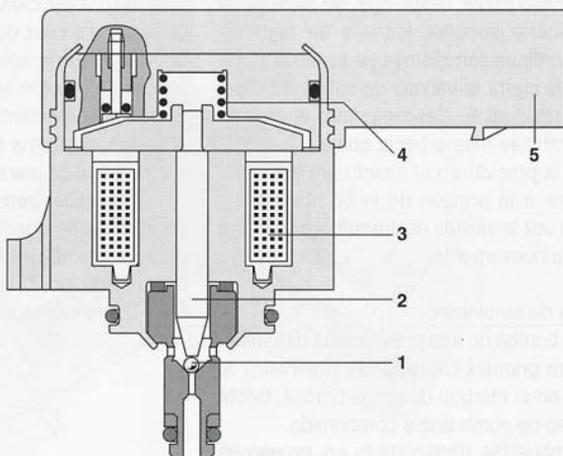
La válvula reguladora de presión (fig. 9) tiene una brida de fijación para la fijación a la bomba de alta presión o al acumulador de alta presión (Rail).

El inducido presiona una bola contra el asiento estanco para eliminar la conexión entre el lado de alta presión y el de baja presión; para ello existe por una parte un muelle que presiona el inducido hacia abajo, y por otra parte, existe un electroimán que ejerce una fuerza sobre el inducido. Para la lubricación y la eliminación del calor se rodea con combustible el inducido completo.

Fig. 9

Válvula reguladora de presión.

- 1 Bola de válvula,
- 2 inducido,
- 3 electroimán,
- 4 muelle,
- 5 conexión eléctrica.



UMKI 668Y

Funcionamiento

La válvula reguladora de la presión tiene dos circuitos reguladores:

- un circuito regulador eléctrico más lento, para ajustar un valor de presión medio variable en el Rail y
- un circuito regulador mecánico-hidráulico más rápido, que compensa las oscilaciones de presión de alta frecuencia.

Válvula reguladora de presión no activada:

La alta presión existente en el Rail o en la salida de la bomba de alta presión, está presente también en la válvula reguladora de presión a través de la entrada de alta presión. Ya que el electroimán sin corriente no ejerce fuerza alguna, la fuerza de la alta presión es superior a la fuerza elástica, de forma tal que abre la válvula reguladora de presión y permanece más o menos abierta según el caudal de suministro. El muelle está dimensionado de tal modo que se establece una presión de aprox. 100 bar.

Válvula reguladora de presión activada:

Si debe aumentarse la presión en el circuito de alta presión, debe formarse fuerza magnética adicionalmente a la fuerza elástica. La válvula reguladora de presión es activada y, por tanto, cerrada, hasta que se establezca un equilibrio de fuerzas entre la fuerza de alta presión por una parte y las fuerzas magnéticas y elásticas por otra parte. La válvula queda entonces en

una posición abierta y mantiene constante la presión. Mediante una abertura diferente compensa un caudal de suministro modificado de la bomba así como la extracción de combustible de la parte de alta presión por los inyectores. La fuerza magnética del electroimán es proporcional a la corriente de activación. La variación de la corriente de activación se realiza mediante intervalos (modulación de amplitud de impulsos). La frecuencia de impulsos de 1 kHz es suficientemente alta para evitar movimientos perturbadores del inducido u oscilaciones de presión en el Rail.

Acumulador de alta presión (Rail)

Tarea

El acumulador de alta presión (Rail, fig. 10) tiene la misión de almacenar el combustible con alta presión. Al hacerlo deben amortiguarse mediante el volumen acumulado, oscilaciones de presión producidas por el suministro de la bomba y la inyección.

La presión en el distribuidor de combustible común para todos los cilindros (Common Rail) se mantiene a un valor casi constante incluso al extraer grandes cantidades de combustible. Con esto se asegura que permanezca constante la presión de inyección al abrir el inyector.

Estructura

El Rail con limitadores de flujo (opcionales) y la posibilidad de montaje adosado para sensor de presión del Rail, válvula reguladora de presión y válvula limitadora de presión, puede estar configurado distintamente, debido a las diferentes condiciones de montaje en el motor.

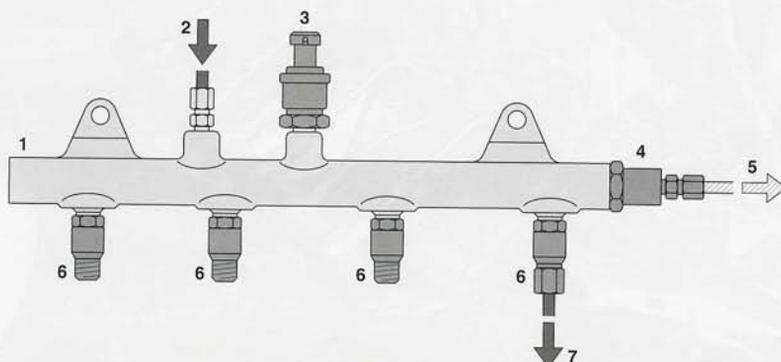
Función

El volumen existente en el Rail está lleno continuamente con combustible sometido a presión. La capacidad de compresión del combustible conseguida con la elevada presión, se aprovecha para obtener un efecto de acumulador. Al extraer combustible del Rail para una inyección, se mantiene casi constante la presión en el acumulador de alta presión. Igualmente se amortiguan, es decir, se compensan las oscilaciones de presión procedentes de la alimentación pulsatoria por la bomba de alta presión.

Fig. 10

Acumulador de alta presión (Rail).

1 Rail, 2 afluencia de la bomba de alta presión, 3 sensor de presión Rail, 4 válvula limitadora de presión, 5 retorno del Rail al depósito de combustible, 6 limitador de flujo, 7 tubería hacia el inyector.



UMK1668Y

Sensor de presión Rail

Tarea

El sensor de presión del Rail debe medir la presión actual en el Rail

- con suficiente exactitud y
- en un tiempo correspondientemente corto y suministrar una señal de tensión a la unidad de control, en correspondencia con la presión existente.

Estructura

El sensor de presión del Rail (fig. 12) consta de los siguientes componentes:

- un elemento sensor integrado, que está sobresoldado en el empalme de presión,
- una placa de circuito impreso con circuito de evaluación eléctrico y
- un cuerpo de sensor con conector de enchufe eléctrico.

El combustible fluye a través de un taladro en el Rail hacia el sensor de presión del Rail, cuya membrana de sensor cierra herméticamente el final del taladro. A través de un orificio en el taladro ciego llega a la membrana el combustible sometido a presión. Sobre esta membrana se encuentra el elemento de sensor (componente semiconductor) que sirve para transformar la presión en una señal eléctrica. A través de cables de unión se transmite la señal generada a un circuito evaluador que

pone a disposición de la unidad de control la señal de medición amplificada.

Función

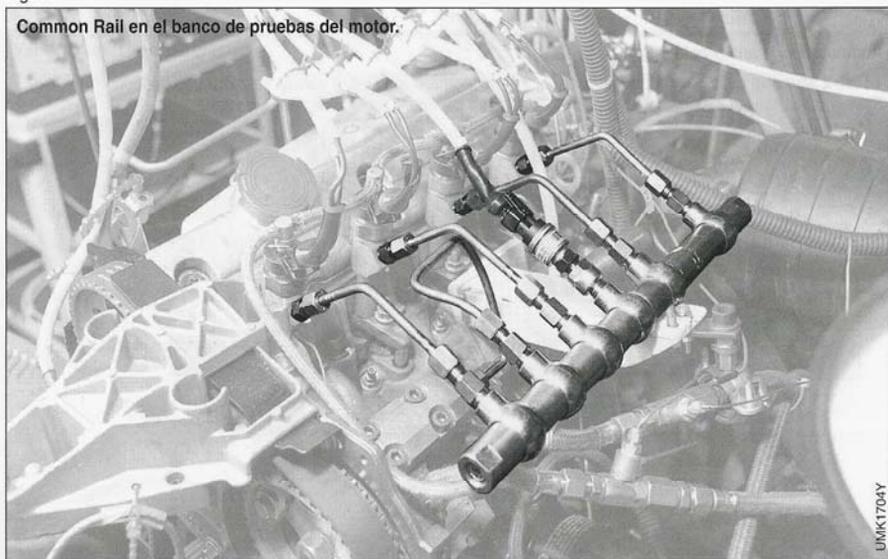
El sensor de presión Rail trabaja según el siguiente principio:

La resistencia eléctrica de las capas aplicadas sobre la membrana, varía si cambia su forma. Este cambio de forma (aprox. 1 mm a 1500 bar) que se establece por la presión del sistema, origina una variación de la resistencia eléctrica y genera un cambio de tensión en el puente de resistencia abastecido con 5 V.

Esta tensión es del orden de 0...70 mV (conforme a la presión existente) y es amplificada por el circuito evaluador hasta un margen de 0,5...4,5 V.

La medición exacta de la presión en el Rail es imprescindible para el funcionamiento del sistema. Por este motivo son también muy pequeñas las tolerancias admisibles para el sensor de presión en la medición de presión. La precisión de medición en el margen de servicio principal es de aprox. $\pm 2\%$ del valor final. En caso de fallar el sensor de presión del Rail, se activa la válvula reguladora de presión con una función de emergencia «a ciegas» mediante valores preestablecidos.

Fig. 11



Válvula limitadora de la presión

Tarea

La misión de la válvula limitadora de presión corresponde a la de una válvula de sobre-presión. La válvula limitadora de presión limita la presión en el Rail dejando libre una abertura de salida en caso de un aumento demasiado grande. La válvula admite en el Rail una presión máxima de 1500 bar brevemente.

Estructura y función

En el caso de la válvula limitadora de presión (fig. 13) se trata de un componente que trabaja mecánicamente. La válvula consta de las siguientes piezas:

- un cuerpo con rosca exterior para enroscarla al Rail,
- un empalme a la tubería de retorno hacia el depósito de combustible,
- un émbolo móvil y
- un muelle.

El cuerpo presenta hacia el lado de conexión del Rail un taladro que se cierra por parte del extremo cónico del émbolo en el asiento estanco en el interior del cuerpo. Bajo una presión de servicio normal (hasta 1350 bar), un muelle presiona sobre el émbolo estancándolo en el asiento, de forma que se mantiene cerrado el Rail. Solamente cuando se sobrepasa la presión máxima del sistema, el émbolo se levanta por la presión en el Rail

contra la fuerza del muelle, pudiendo escapar el combustible que se encuentra bajo alta presión. El combustible es conducido entonces por canales en un taladro céntrico del émbolo y retorna al depósito de combustible a través de la tubería colectora. Al abrir la válvula, sale combustible del Rail; la consecuencia es una reducción de presión en el Rail.

Limitador de flujo

Tarea

El limitador de flujo tiene la misión de evitar el caso poco probable de inyecciones permanentes de un inyector. Para cumplir esta misión, el limitador de flujo cierra la afluencia al inyector afectado, si se sobrepasa el caudal de extracción máximo.

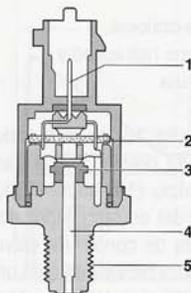
Estructura

El limitador de flujo (fig. 14) consta de un cuerpo metálico con una rosca exterior para enroscarlo al Rail (alta presión) y con una rosca exterior para enroscarlo en las tuberías de afluencia a los inyectores. El cuerpo lleva en sus extremos un taladro, que establece respectivamente una comunicación hidráulica hacia el Rail o hacia las tuberías de afluencia de los inyectores. En el interior del limitador de flujo se encuentra un émbolo presionado por un muelle en dirección al acumulador de combustible. Este émbolo cierra herméticamente contra la pared del cuerpo; el taladro longitudi-

Fig. 12

Sensor de presión del Rail (esquema).

- 1 Conexiones eléctricas, 2 circuito evaluador,
- 3 membrana metálica con elemento sensor,
- 4 empalme de alta presión, 5 rosca de fijación.

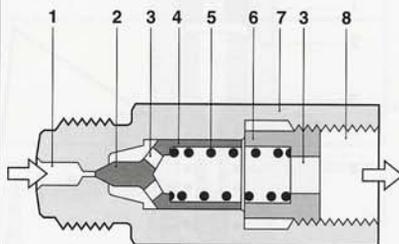


UMK1576Y

Fig. 13

Válvula limitadora de presión (esquema).

- 1 Empalme de alta presión, 2 válvula,
- 3 taladros de paso, 4 émbolo,
- 5 muelle de compresión, 6 tope, 7 portaválvula,
- 8 retorno.



UMK1577Y

nal en el émbolo es la comunicación hidráulica entre la entrada y la salida (fig. 14).

El diámetro de este taladro longitudinal está reducido por su extremo. Esta reducción actúa como un estrangulador con un flujo de paso exactamente definido.

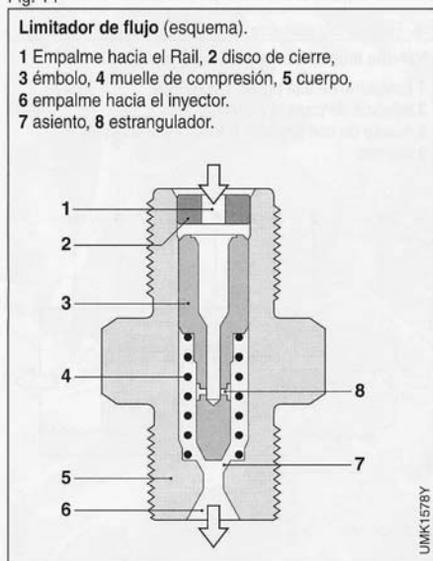
Función

Servicio normal (fig. 15):

El émbolo se encuentra en su posición de reposo, es decir, contra el tope por el lado del Rail. Al producirse una inyección disminuye ligeramente la presión por el lado del inyector, con lo cual el émbolo se mueve en dirección al inyector. El limitador de flujo compensa la extracción de volumen por parte del inyector, mediante el volumen desalojado por el émbolo y no por el estrangulador, ya que éste es demasiado pequeño para ello. Al final de la inyección se detiene el émbolo sin cerrar el asiento estanco. El muelle lo presiona devolviéndolo a su posición de reposo; a través del estrangulador se produce el paso sucesivo de combustible.

El muelle y el taladro estrangulador están dimensionados de tal forma que en caso de un caudal de inyección máximo (incluida una reserva de seguridad) pueda volver el émbolo otra vez hasta el tope por el lado del Rail. Esta posición de reposo se mantiene hasta que se produce la siguiente inyección.

Fig. 14



Servicio con anomalía y gran caudal de fuga: Debido al gran caudal de extracción, el émbolo se aparta de su posición de reposo presionado hasta el asiento estanco en la salida. Se mantiene entonces hasta la parada del motor en su tope por el lado del inyector y cierra así la afluencia al inyector.

Servicio con anomalía y pequeño caudal de fuga (fig. 15):

Debido al caudal de fuga, el émbolo ya no alcanza su posición de reposo. Después de algunas inyecciones, el émbolo se mueve hasta el asiento estanco en el taladro de salida.

También aquí permanece el émbolo hasta la parada del motor en su tope por el lado del inyector y cierra así la afluencia al inyector.

Inyector

Tarea

El comienzo de inyección y el caudal de inyección se ajustan con el inyector activado eléctricamente. El inyector sustituye a la combinación de portainyector (inyector y portainyector) de las instalaciones convencionales de inyección Diesel.

Similarmente a los portainyectores existentes en motores Diesel con inyección directa DI (Direct Injection), los inyectores se aplican preferentemente con garras de fijación en la culata. De esta forma, los inyectores Common Rail son apropiados para el montaje en motores Diesel DI sin modificaciones esenciales en la culata.

Estructura

El inyector puede dividirse en distintos bloques funcionales:

- el inyector de orificios,
- el servosistema hidráulico y
- la electroválvula.

El combustible (fig. 16) es conducido desde el empalme de alta presión (4), a través de un canal de afluencia (10) hacia el inyector, así como a través del estrangulador de afluencia (7), a la cámara de control de válvula (8). La cámara de control de válvula está unida con el retorno de combustible (1), a través del estrangulador de salida (6) que puede abrirse por una electroválvula.

Cuando el estrangulador de salida está cerrado predomina la fuerza hidráulica sobre el émbolo de control de válvula (9), respecto a la fuerza sobre el talón de presión de la aguja del inyector (11). Como consecuencia, la aguja del inyector es presionada contra su asiento y cierra herméticamente el canal de alta presión hacia el motor. De esta forma no puede entrar combustible en la cámara de combustión.

Al activarse la electroválvula se abre el estrangulador de salida. De esta forma disminuye la presión en la cámara de control de válvula y con ello también la fuerza hidráulica sobre el émbolo de control de válvula. En cuanto la fuerza hidráulica es inferior a la fuerza sobre el talón de presión de la aguja del inyector, se abre la aguja del inyector, de forma que el combustible pueda entrar en la cámara de combustión a través de los orificios de inyección (fig. 16). Esta activación indirecta de la aguja del inyector mediante un sistema hidráulico amplificador de fuerza, se aplica porque con la electroválvula no pueden generarse directamente las fuerzas necesarias para abrir rápidamente la aguja del inyector. El llamado caudal de control requerido adicionalmente al caudal de combustible inyectado, llega al retorno de combustible a través de los estranguladores de la cámara de control.

Además del caudal de control existen caudales de fuga en el alojamiento de la aguja de inyector y del émbolo de válvula. Estos cauda-

les de control y de fugas se conducen otra vez al depósito de combustible, a través del retorno de combustible con una tubería colectiva a la que están acopladas también la válvula de descarga, la bomba de alta presión y la válvula reguladora de presión.

Funcionamiento

La función del inyector puede dividirse en cuatro estados de servicio, con el motor en marcha y bomba de alta presión funcionando:

- inyector cerrado (con alta presión presente),
- el inyector abre (comienzo de inyección),
- inyector totalmente abierto y
- el inyector cierra (final de inyección).

Estos estados de servicio se producen por la distribución de fuerzas en los componentes. Si el motor no está en marcha y falta presión en el Rail, el muelle del inyector cierra el inyector.

Fig. 15

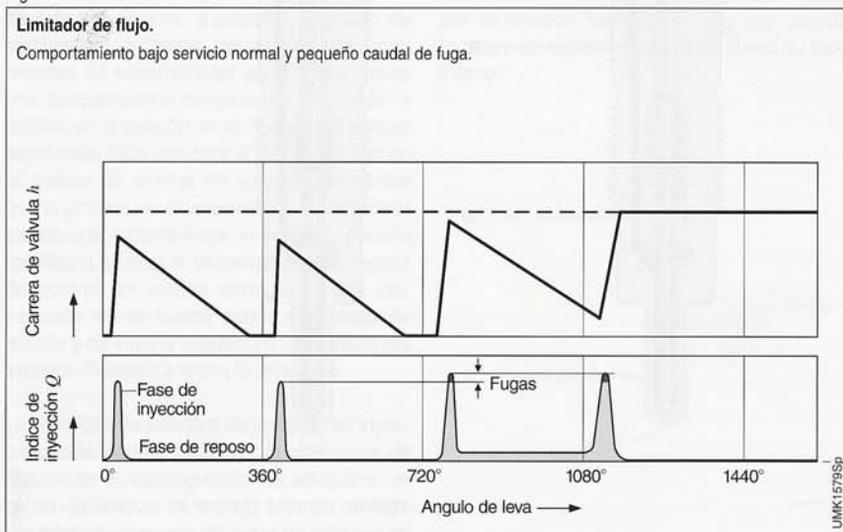


Fig. 16

Inyector (esquema).

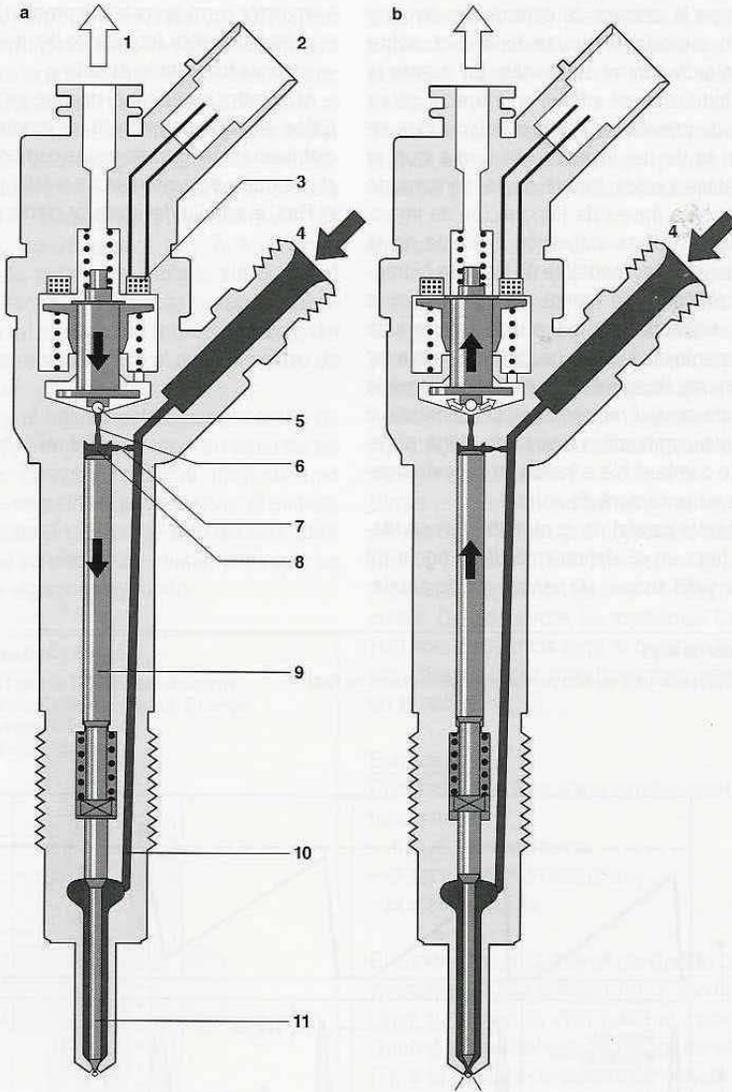
a Inyector cerrado
(estado de reposo),

b inyector abierto
(inyección).

1 Retorno de combustible,
2 conexión eléctrica,

3 unidad de activación
(electroválvula),
4 afluencia de combustible
(alta presión) del Rail,
5 bola de válvula,
6 estrangulador de salida,

7 estrangulador de entrada,
8 cámara de control de válvula,
9 émbolo de control de válvula,
10 canal de afluencia hacia el
inyector,
11 aguja del inyector.



Inyector cerrado (estado de reposo):

La electroválvula no está activada en estado de reposo y se encuentra cerrada por lo tanto (fig. 16a).

Cuando está cerrado el estrangulador de salida, la bola del inducido se presiona por el muelle de válvula contra el asiento en el estrangulador de salida. En la cámara de control de válvula se forma la alta presión del Rail. La misma presión está presente también en el volumen de cámara de la tobera. La fuerza aplicada por la presión Rail sobre la superficie frontal del émbolo de mando y la fuerza del muelle del inyector, mantienen cerrada la aguja del inyector contra la fuerza de apertura que actúa sobre su nivel de presión.

El inyector abre (comienzo de inyección):

El inyector se encuentra en posición de reposo. La electroválvula es activada con la llamada corriente de excitación que sirve para la apertura rápida de la electroválvula (fig. 16b). La fuerza del electroimán activado ahora es superior a la fuerza del muelle de válvula, y el inducido abre el estrangulador de salida. En un tiempo mínimo se reduce la corriente de excitación aumentada a una corriente de retención del electroimán mas baja. Esto es posible porque es ahora menor el intersticio del circuito magnético. Con la apertura del estrangulador de salida puede fluir ahora combustible, saliendo del recinto de control de válvula hacia el recinto hueco situado por encima, y volver al depósito de combustible a través del retorno de combustible. El estrangulador de entrada impide una compensación completa de la presión, y disminuye la presión en el recinto del control de válvula. Esto conduce a que la presión en el recinto de control de válvula sea menor que la presión en el volumen de cámara de la tobera que todavía tiene el nivel de presión del Rail. La presión disminuida en el recinto de control de válvula conduce a una disminución de la fuerza sobre el émbolo de mando y da lugar a la apertura de la aguja del inyector. Comienza ahora la inyección.

La velocidad de apertura de la aguja del inyector queda determinada por la diferencia de flujo entre el estrangulador de entrada y de salida. El émbolo de mando alcanza su tope superior y permanece allí sobre un volumen de

combustible de efecto amortiguador. Este volumen se produce por el flujo de combustible que se establece entre estrangulador de entrada y de salida. La tobera del inyector está ahora totalmente abierta y el combustible es inyectado en la cámara de combustión con una presión que corresponde aproximadamente a la presión en el Rail. La distribución de fuerzas en el inyector es similar a la existente durante la fase de apertura.

El inyector cierra (final de inyección):

Cuando deja de activarse la electroválvula, el inducido es presionado hacia abajo por la fuerza del muelle de válvula y la bola cierra el estrangulador de salida. El inducido presenta una ejecución de dos piezas. Aunque el plato del inducido es conducido hacia abajo por un arrastrador, puede sin embargo moverse elásticamente hacia abajo con el muelle de reposición, sin ejercer así fuerza hacia abajo sobre el inducido y la bola.

Al cerrarse el estrangulador de salida se forma de nuevo en el recinto de control una presión como en el Rail, a través del estrangulador de entrada. Este aumento de presión supone un incremento de fuerza ejercido sobre el émbolo de mando. Esta fuerza del recinto de control de válvula y la fuerza del muelle, superan ahora la fuerza del volumen de cámara y se cierra la aguja del inyector.

La velocidad de cierre de la aguja del inyector queda determinada por el flujo del estrangulador de entrada. La inyección termina cuando la aguja del inyector alcanza de nuevo su tope inferior.

Inyectores de orificios

Funciones

Las toberas de inyección se montan en los inyectores Common Rail. De esta forma, los inyectores Common Rail asumen la función de los portainyectores. Las toberas deben estar adaptadas esmeradamente a las condiciones presentes en el motor.

El dimensionado de las toberas es decisivo también para

- la dosificación de la inyección (duración de inyección y caudal de inyección por cada grado del cigüeñal),
- la preparación del combustible (número de chorros, forma del chorro y pulverización del chorro de combustible) y la distribución del combustible en la cámara de combustión, y
- el estanqueizado contra la cámara de combustión.

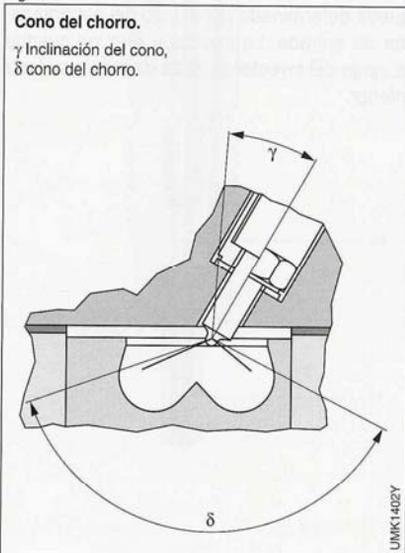
Aplicación

Para motores de inyección directa en combinación con el sistema Common Rail se emplean inyectores de orificios del tipo P con un diámetro de aguja de 4 mm.

Hay dos tipos de inyectores:

- inyectores de taladro ciego y
- inyectores de taladro en asiento.

Fig. 17



Estructura

Los orificios de inyección se encuentran sobre la envoltura de un cono de chorro (fig. 17). El número y diámetro de los orificios de inyección dependen de

- el caudal de inyección,
- la forma de la cámara de combustión y
- la turbulencia de aire (rotación) en la cámara de combustión.

Tanto para inyectores de taladro ciego como también para inyectores de taladro en asiento puede aplicarse el redondeado HE. El objetivo es aquí,

- prevenir el desgaste de aristas que causan las partículas abrasivas del combustible, y/o
- reducir la tolerancia de flujo.

Para emisiones reducidas de hidrocarburos es importante mantener lo más reducido posible el volumen ocupado por el combustible (volumen residual) por debajo de la arista de asiento de la aguja del inyector. Esto se consigue de la mejor manera con inyectores de taladro en asiento.

Ejecuciones

Inyector de taladro ciego

Los orificios de inyección del inyector de taladro ciego (fig. 18) están dispuestos en el taladro ciego.

En caso de un casquete redondo, los orificios de inyección se taladran en función del dimensionamiento, de forma mecánica o electroerosiva (eliminación eléctrica de partículas).

Los inyectores de taladro ciego con casquete cónico están taladrados generalmente de forma electroerosiva.

Los inyectores de taladro ciego se ofrecen en diversas dimensiones con las siguientes formas de taladro ciego:

- taladro ciego cilíndrico y
- taladro ciego cónico.

1. Inyector de taladro ciego con taladro ciego cilíndrico y casquete redondo:

Por la forma del taladro ciego que consta de una parte cilíndrica y una parte semiesférica, existe una gran libertad de dimensionamiento en lo referente a

- número de orificios,
- longitud de orificios y
- ángulo de eyección.

El casquete del inyector tiene forma semiesférica y garantiza así, junto con la forma del taladro ciego, una longitud uniforme de orificios.

2. Inyector de taladro ciego con taladro ciego cilíndrico y casquete cónico:

Este tipo de inyector sólo se emplea para longitudes de orificio de 0,6 mm. La forma cónica del casquete aumenta la resistencia del casquete por un mayor espesor de pared entre la curvatura de la garganta y el asiento del cuerpo del inyector.

3. Inyector de taladro ciego con taladro ciego cónico y casquete cónico:

El volumen del taladro ciego en el inyector de taladro ciego con taladro ciego cónico es, debido a su forma cónica, inferior al de un inyector con taladro ciego cilíndrico. En cuanto al volumen de taladro ciego, se encuentra entre el inyector de taladro en asiento y el inyector de taladro ciego con taladro ciego cilíndrico. Para obtener un espesor de pared uniforme del casquete, el casquete está ejecutado cónicamente en correspondencia con el taladro ciego.

Inyector de taladro en asiento

Para reducir al mínimo el volumen contaminante - y con ello también la emisión de HC - el comienzo del orificio de inyección se encuentra en el cono de asiento del cuerpo del inyector y queda cubierto por la aguja cuando está cerrado el inyector. De esta forma no existe ninguna comunicación directa entre el taladro ciego y la cámara de combustión (fig. 19).

El volumen contaminante está muy reducido en comparación con el inyector de taladro ciego.

Los inyectores de taladro en asiento presentan un límite de sollicitación mucho menor que los inyectores de taladro ciego y, por lo tanto, sólo pueden ser ejecutados en el tamaño P con una longitud de orificio de 1 mm.

La forma del casquete es cónica por motivos de resistencia. Los orificios de inyección están taladrados por regla general, de forma electroerosiva.

Inyector de taladro ciego.

- 1 Espiga de presión, 2 superficie tope de carrera,
- 3 taladro de afluencia, 4 reborde de apoyo de presión,
- 5 vástago de aguja, 6 casquete del inyector,
- 7 vástago del cuerpo de inyector,
- 8 reborde del cuerpo de inyector,
- 9 cámara de presión, 10 guía de aguja,
- 11 unidad combinada de cuerpo del inyector,
- 12 taladro de fijación, 13 superficie estanqueizante,
- 14 apoyo del perno de presión.

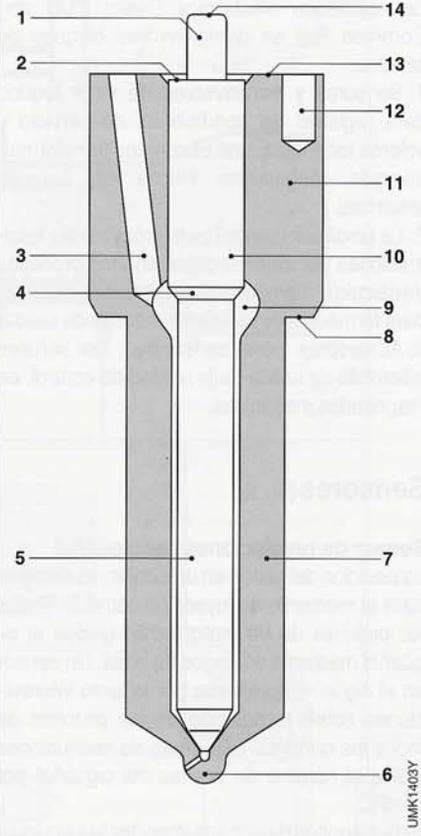
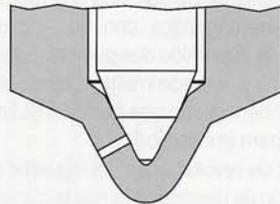


Fig. 18

Fig. 19

Forma del casquete en el inyector de taladro en asiento.



UMK1-408Y

Control del sistema con EDC

Bloques del sistema

La regulación electrónica Diesel EDC con Common Rail se divide en tres bloques de sistema:

1. Sensores y transmisores de valor teórico para registrar las condiciones de servicio y valores teóricos. Estos elementos transforman diversas magnitudes físicas en señales eléctricas.
2. La unidad de control para procesar las informaciones conforme a determinados procesos de cálculo matemáticos (algoritmos de cálculo), para formación de señales eléctricas de salida.
3. Actuadores para transformar las señales eléctricas de salida de la unidad de control, en magnitudes mecánicas.

Sensores (fig. 2)

Sensor de revoluciones del cigüeñal

La posición del pistón en un cilindro es decisiva para el momento de inyección correcto. Todos los pistones de un motor están unidos al cigüeñal mediante vástagos de biela. Un sensor en el cigüeñal suministra por lo tanto informaciones sobre la posición de los pistones de todos los cilindros. El número de revoluciones indica el número de vueltas del cigüeñal por minuto.

Esta magnitud de entrada importante se calcula en la unidad de control a partir de la señal del sensor inductivo de revoluciones del cigüeñal.

Generación de señales

En el cigüeñal existe aplicada una rueda transmisora ferromagnética con 60 - 2 dientes, habiéndose suprimido dos dientes. Este hueco entre dientes especialmente grande está en correspondencia con una posición definida del cigüeñal para el cilindro 1.

El sensor de revoluciones del cigüeñal explora la sucesión de dientes de la rueda transmisora. El sensor consta de un imán permanente y de un núcleo de hierro dulce con un devanado de

cobre (fig. 1). Ya que pasan alternadamente por el sensor dientes y huecos entre dientes, varía el flujo magnético y se induce una tensión alterna senoidal. La amplitud de la tensión alterna crece fuertemente al aumentar el número de revoluciones. Existe una amplitud suficiente a partir de un número de revoluciones mínimo de 50 vueltas por minuto.

Cálculo del número de revoluciones

Los cilindros de un motor están desfasados entre sí. Después de dos vueltas del cigüeñal (720 grados), el primer cilindro inicia otra vez un nuevo ciclo de trabajo. Con una distribución uniforme del desfase, significa esto:

$$\text{Separación [°] de encendido} = \frac{720^\circ}{\text{Número de cilindros}}$$

En un motor de cuatro cilindros, la separación de encendido es de 180°, es decir, el sensor del cigüeñal debe detectar cada vez 30 dientes entre dos encendidos. El tiempo necesario para ello se define como tiempo de segmento; la velocidad de rotación media del cigüeñal en el tiempo de segmento es el número de revoluciones.

Fig. 1

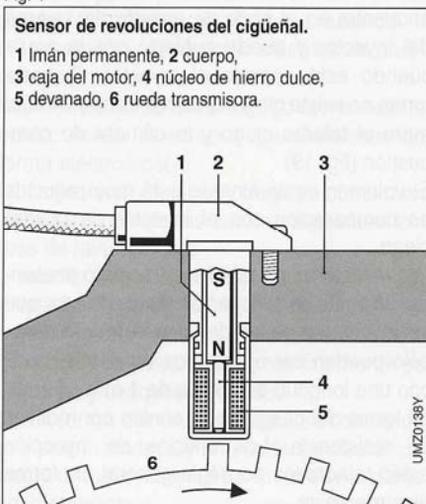
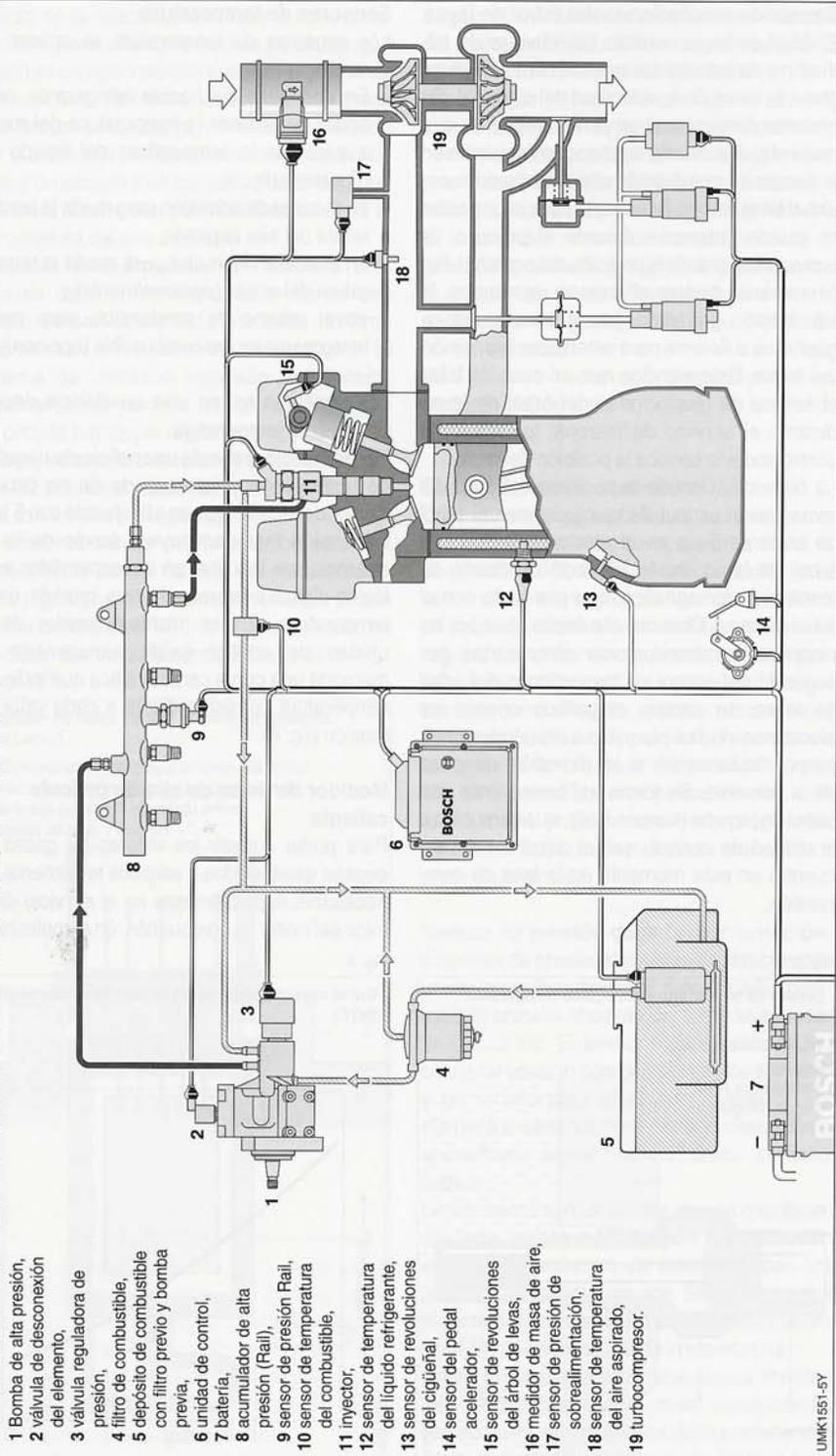


Fig. 2

Sensores de una instalación de inyección con Common Rail y diversos componentes del sistema.



- 1 Bomba de alta presión,
- 2 válvula de desconexión del elemento,
- 3 válvula reguladora de presión,
- 4 filtro de combustible,
- 5 depósito de combustible con filtro previo y bomba previa,
- 6 unidad de control,
- 7 batería,
- 8 acumulador de alta presión (Rail),
- 9 sensor de presión Rail,
- 10 sensor de temperatura del combustible,
- 11 inyector,
- 12 sensor de temperatura del líquido refrigerante,
- 13 sensor de revoluciones del cigüeñal,
- 14 sensor del pedal acelerador,
- 15 sensor de revoluciones del árbol de levas,
- 16 medidor de masa de aire,
- 17 sensor de presión de sobrealimentación,
- 18 sensor de temperatura del aire aspirado,
- 19 turbocompresor.

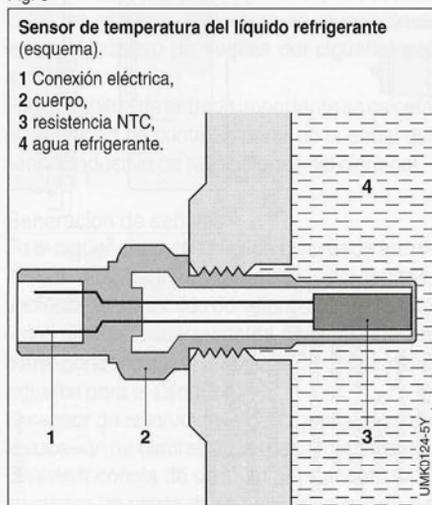
UMK1551-5Y

Sensor de revoluciones del árbol de levas

El árbol de levas controla las válvulas de admisión y de escape del motor. El árbol de levas gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal. Su posición determina si un pistón que se mueve hacia el punto muerto superior, se encuentra en el tiempo de compresión con encendido sucesivo o en el tiempo de escape. Esta información no puede obtenerse durante el proceso de arranque a partir de la posición del cigüeñal. Por el contrario, durante el servicio de marcha, la información generada por el sensor del cigüeñal es suficiente para determinar la posición del motor. Esto significa que en caso de fallar el sensor de revoluciones del árbol de levas durante el servicio de marcha, la unidad de control todavía conoce la posición del motor.

La determinación de la posición del árbol de levas con el sensor de revoluciones del árbol de levas se basa en el efecto Hall: Sobre el árbol de levas existe aplicado un diente de material ferromagnético, que gira junto con el árbol de levas. Cuando este diente pasa por las plaquitas semiconductoras atravesadas por corriente del sensor de revoluciones del árbol de levas, su campo magnético orienta los electrones en las plaquitas semiconductoras, perpendicularmente a la dirección de paso de la corriente. Se forma así brevemente una señal de tensión (tensión Hall), que comunica a la unidad de control, que el cilindro 1 se encuentra en este momento en la fase de compresión.

Fig. 3



Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura se aplican en varios lugares:

- En el circuito del líquido refrigerante, para poder determinar la temperatura del motor a partir de la temperatura del líquido refrigerante (fig. 3),
- en el canal de admisión para medir la temperatura del aire aspirado,
- en el aceite del motor para medir la temperatura del aceite (opcionalmente) y
- en el retorno de combustible para medir la temperatura del combustible (opcional).

Los sensores tienen una resistencia dependiente de la temperatura.

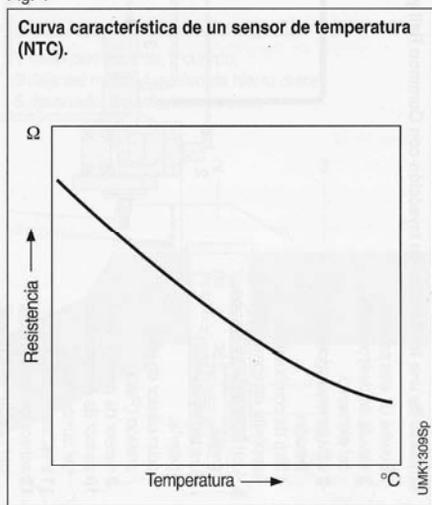
La resistencia presenta un coeficiente negativo de temperatura y forma parte de un circuito divisor de tensión que es abastecido con 5 V.

La tensión que disminuye a través de la resistencia, se inscribe en un convertidor analógico-digital y representa una medida de la temperatura. En el microprocesador de la unidad de control existe almacenada en memoria una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de tensión (fig. 4).

Medidor de masa de aire de película caliente

Para poder cumplir los valores de gases de escape establecidos y exigidos legalmente, es necesario, especialmente en el servicio dinámico del motor de combustión, un cumplimiento

Fig. 4

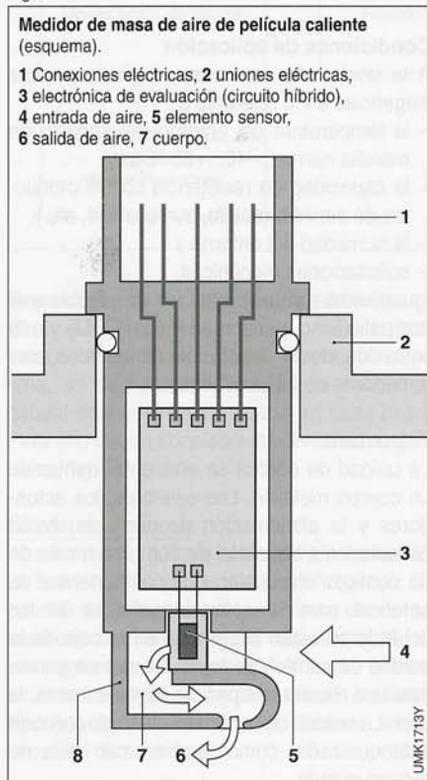


exacto de la relación pretendida de aire-combustible. Para ello se requieren sensores que registren con gran precisión el flujo de masa de aire aspirado realmente. La exactitud de medición del sensor de carga no debe estar influida por pulsaciones, reflujos, retroalimentación de gases de escape y un control variable del árbol de levas, ni tampoco por modificaciones de la temperatura del aire aspirado.

Para este fin, en el medidor de masa de aire de película caliente, se extrae calor de un elemento sensor calefactado mediante transmisión de calor al flujo de masa de aire (fig. 5). El sistema de medición realizado con técnica micromecánica permite, en combinación con un circuito híbrido, el registro del flujo de masa de aire, incluida la dirección de flujo. Se reconocen los reflujos en caso de un flujo de masa de aire con fuertes pulsaciones.

El elemento sensor micromecánico está dispuesto en el caudal de flujo del sensor insertable (fig. 5, pos. 5). El sensor insertable puede estar montado en el filtro de aire o en un tubo de medición dentro de la conducción de aire.

Fig. 5



Según el caudal de aire máximo necesario del motor de combustión, existen diversos tamaños de tubo de medición. El desarrollo de la tensión de señal en función del flujo de masa de aire se divide en márgenes de señal para flujo hacia delante y hacia atrás. Para aumentar la precisión de medición, la señal de medición se refiere a una tensión de referencia emitida por el control del motor. La característica de la curva está realizada de tal forma que al efectuar el diagnóstico en el taller puede reconocerse p. ej. una interrupción de cable con ayuda del control del motor.

Para la determinación de la temperatura del aire aspirado puede estar integrado un sensor de temperatura.

Sensor del pedal acelerador

Contrariamente a las bombas convencionales de inyección rotativa o de inyección en línea, en el sistema EDC, el deseo del conductor ya no se transmite a la bomba de inyección mediante un cable de tracción o un varillaje, sino que se registra con un sensor de pedal acelerador y se transmite a la unidad de control (se designa también como «Pedal acelerador electrónico»). En dependencia de la posición del pedal acelerador surge en el sensor del pedal acelerador una tensión mediante un potenciómetro. Conforme a una línea característica programada se calcula la posición del pedal acelerador a partir de la tensión.

Sensor de presión de sobrealimentación

El sensor de presión de sobrealimentación está unido neumáticamente al tubo de admisión y mide la presión absoluta del tubo de admisión de 0,5...3 bar. El sensor está dividido en una célula de presión con dos elementos sensores y un recinto para el circuito evaluador. Los elementos sensores y el circuito evaluador se encuentran sobre un substrato cerámico común.

Un elemento sensor consta de una membrana de capa gruesa en forma de campana, que encierra un volumen de referencia con una presión interior determinada. Según cual sea la magnitud de la presión de sobrealimentación, se deforma diferentemente la membrana.

Sobre la membrana hay dispuestas resistencias «piezorresistivas», cuya conductividad varía bajo tensión mecánica. Estas resistencias están conectadas en puente de tal forma que

una desviación de la membrana conduce a una variación de la adaptación del puente. La tensión del puente es por tanto una medida de la presión de sobrealimentación.

El circuito evaluador tiene la misión de amplificar la tensión de puente, de compensar influencias de temperatura y de linealizar la curva característica de presión. La señal de salida del circuito evaluador se conduce a la unidad de control. Con ayuda de una curva característica programada se realiza el cálculo de la presión de sobrealimentación, a partir de la tensión medida.

Unidad de control

Tarea y funcionamiento

La unidad de control evalúa las señales de los sensores externos y las limita al nivel de tensión admisible.

Los microprocesadores calculan a partir de estos datos de entrada y según campos característicos almacenados en memoria, los tiempos de inyección y momentos de inyección y transforman estos tiempos en desarrollos temporales de señal que están adaptados al movimiento del motor. Debido a la precisión requerida y al alto dinamismo del motor, es necesaria una gran capacidad de cálculo.

Con las señales de salida se activan las etapas finales que suministran suficiente potencia para los actuadores de regulación de presión del Raíl y para la desconexión del elemento. Además se activan también actuadores para las funciones de motor (p. ej. actuador de retroalimentación de gases de escape, actuador de presión de sobrealimentación, relé para la electrobomba de combustible) y otras funciones auxiliares (p. ej. relé del ventilador, relé de calefacción adicional, relé de incandescencia, acondicionador de aire). Las etapas finales están protegidas contra cortocircuitos y destrucción debida a sobrecarga eléctrica. El microprocesador recibe retroinformación sobre anomalías de este tipo así como sobre cables interrumpidos. Las funciones de diagnóstico de las etapas finales para los inyectores reconocen también desarrollos deficientes de señal. Adicionalmente se retransmiten algunas señales de salida, a través de interfaces, a otros sistemas del vehículo. Dentro del marco de un concepto de seguridad,

la unidad de control supervisa también el sistema de inyección completo.

La activación de los inyectores plantea exigencias especiales a las etapas finales. La corriente eléctrica genera en una bobina con núcleo magnético una fuerza magnética que actúa sobre el sistema hidráulico de alta presión en el inyector. La activación eléctrica de esta bobina debe realizarse con flancos de corriente muy pronunciados, para conseguir una tolerancia reducida y una elevada capacidad de reproducción del caudal de inyección. Condición previa para ello son tensiones elevadas que se almacenan en memoria de la unidad de control.

Una regulación de corriente divide la fase de actuación de corriente (tiempo de inyección) en una fase de corriente de excitación y una fase de retención. La regulación debe funcionar con tal precisión que el inyector funcione en cada margen de servicio inyectando de nuevo de forma reproducible y debe además reducir la potencia de pérdida en la unidad de control y en el inyector.

Condiciones de aplicación

A la unidad de control se le plantean altas exigencias en lo referente a

- la temperatura del entorno (en servicio de marcha normal, $-40...+85$ °C),
- la capacidad de resistencia contra productos de servicio (aceite, combustible, etc.),
- la humedad del entorno y
- sollicitaciones mecánicas.

Igualmente son muy altas las exigencias a la compatibilidad electromagnética (CEM) y a la limitación de la irradiación de señales perturbadoras de alta frecuencia.

Estructura

La unidad de control se encuentra dentro de un cuerpo metálico. Los sensores, los actuadores y la alimentación de corriente, están conectados a la unidad de control a través de un conector multipolar. Los componentes de potencia para la activación directa de los actuadores están integrados en la caja de la unidad de control, de forma tal que se garantiza una buena disipación térmica hacia la caja. La unidad de control existe tanto con caja estanqueizada, como también con caja no estanqueizada.

Cálculo del caudal de inyección en la unidad de control.

Posición A del interruptor: arranque, posición B del interruptor: servicio de marcha.

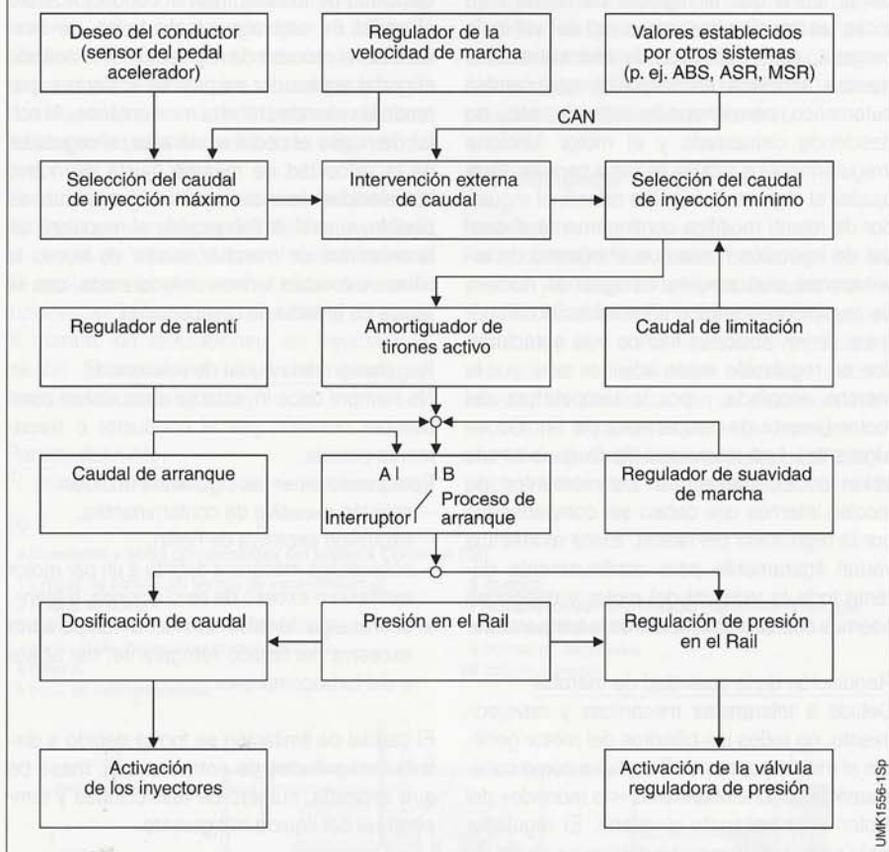


Fig. 6

Regulación de los estados de servicio

Para que el motor funcione en cualquier estado de servicio con una combustión óptima, se calcula en la unidad de control el caudal de inyección adecuado en cada caso. Para ello deben considerarse diversas magnitudes (fig. 6).

Caudal de arranque

Al arrancar se calcula el caudal de inyección en función de la temperatura y del régimen. El caudal de arranque se establece desde la conexión del interruptor de marcha (fig. 6, el interruptor pasa a la posición A) hasta que se alcanza un régimen de revoluciones mínimo. El conductor no tiene ninguna influencia sobre el caudal de arranque.

Servicio de marcha

Bajo servicio de marcha normal, se calcula el caudal de inyección en función de la posición del pedal acelerador (sensor del pedal acelerador) y del número de revoluciones (fig. 6, posición B del interruptor). Esto se realiza mediante el campo característico del comportamiento de marcha. Quedan adaptados así de la mejor forma posible el deseo del conductor y la potencia del vehículo.

Regulación de ralentí

Al ralentí del motor son principalmente el grado de rendimiento y el régimen de ralentí los que determinan el consumo de combustible. Una gran parte del consumo de combustible de los vehículos motorizados en el denso tráfico rodado, recae sobre este

estado de servicio. Por este motivo es ventajoso un régimen de ralentí lo más bajo posible. Sin embargo, el ralentí debe estar ajustado de tal forma que el régimen de ralentí bajo todas las condiciones, como red del vehículo cargada, acondicionador de aire conectado, marcha acoplada en vehículos con cambio automático, servodirección activada, etc., no descienda demasiado y el motor funcione irregularmente o incluso llegue a pararse. Para ajustar el régimen teórico de ralentí, el regulador de ralentí modifica continuamente el caudal de inyección hasta que el número de revoluciones real medido es igual al número de revoluciones teórico preestablecido. El número de revoluciones teórico y la característica de regulación están influidos aquí por la marcha acoplada y por la temperatura del motor (sensor de temperatura del líquido refrigerante). Los momentos de carga externos están acompañados por los momentos de fricción internos que deben ser compensados por la regulación del ralentí. Estos momentos varían ligeramente pero continuamente durante toda la vida útil del motor y dependen además considerablemente de la temperatura.

Regulación de la suavidad de marcha

Debido a tolerancias mecánicas y envejecimiento, no todos los cilindros del motor generan el mismo par motor. Esto tiene como consecuencia un funcionamiento «no redondo» del motor, especialmente al ralentí. El regulador de la suavidad de marcha determina ahora las variaciones del régimen después de cada combustión y las compara entre sí. El caudal de inyección para cada cilindro se ajusta entonces en base a las diferencias de revoluciones, de forma tal que todos los cilindros contribuyen por igual a la generación del par motor. El regulador de suavidad de marcha actúa únicamente en el margen inferior de revoluciones.

Regulación de la velocidad de marcha

El regulador de la velocidad de marcha (Tempomat) se ocupa de la circulación a una velocidad constante. El regulador ajusta la velocidad del vehículo a un valor deseado. Este valor puede ajustarse mediante una unidad de operación en el tablero de instrumentos.

El caudal de inyección se aumenta o se dis-

minuye continuamente hasta que la velocidad real corresponde a la velocidad teórica ajustada. Si estando conectado el regulador de la velocidad de marcha, pisa el conductor sobre el pedal de embrague o de freno, se desconecta el proceso de regulación. Accionando el pedal acelerador es posible acelerar superando la velocidad teórica momentánea. Al soltar de nuevo el pedal acelerador, el regulador de la velocidad de marcha ajusta de nuevo la velocidad teórica vigente. Igualmente es posible, si está desconectado el regulador de la velocidad de marcha, ajustar de nuevo la última velocidad teórica seleccionada, con la ayuda de la tecla de recuperación.

Regulación del caudal de referencia

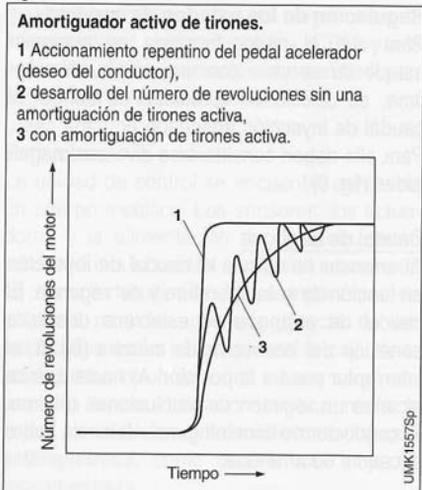
No siempre debe inyectarse el caudal de combustible deseado por el conductor o físicamente posible.

Esto puede tener las siguientes razones:

- emisión excesiva de contaminantes,
- expulsión excesiva de hollín,
- sobrecarga mecánica debido a un par motor excesivo o exceso de revoluciones, o bien
- sobrecarga térmica debido a temperatura excesiva del líquido refrigerante, del aceite o del turbocompresor.

El caudal de limitación se forma debido a distintas magnitudes de entrada, p. ej. masa de aire aspirada, número de revoluciones y temperatura del líquido refrigerante.

Fig. 7



Amortiguación activa de tirones

Al accionar o soltar repentinamente el pedal acelerador, resulta una velocidad de variación elevada del caudal de inyección y, por tanto también, del par motor entregado. La fijación elástica del motor y la cadena cinemática originan por este cambio de carga abrupto, oscilaciones en forma de tirones que se manifiestan como una fluctuación del régimen del motor (fig. 7).

El amortiguador activo de tirones reduce estas oscilaciones periódicas del régimen, variando el caudal de inyección con el mismo período de oscilación: al aumentar el número de revoluciones, se inyecta menos caudal; al disminuir el número de revoluciones, se inyecta más caudal. El movimiento de tirones queda así fuertemente amortiguado.

Parada del motor

El principio de trabajo de «autoencendido»

tiene como consecuencia que el motor Diesel sólo pueda pararse interrumpiendo la afluencia de combustible.

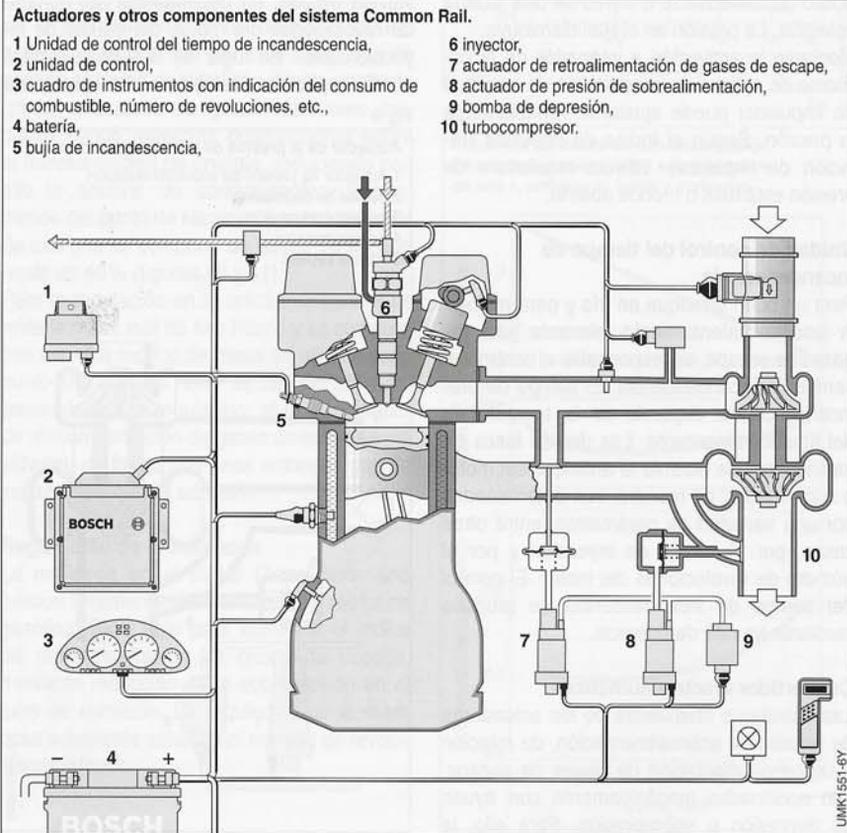
En el caso de la regulación electrónica Diesel, el motor se para mediante la orden de la unidad de control «Caudal de inyección cero». Adicionalmente hay una serie de vías de parada consumo de (redundantes).

Actuadores (fig. 8)

Inyector

Para conseguir un buen comienzo de inyección y un caudal de inyección exacto, en el sistema «Common Rail» se aplican inyectores especiales con un servosistema hidráulico y una unidad de activación eléctrica (electroválvula). Al comienzo de un proceso de inyección, el inyector es activado con una corriente de excitación aumentada, para que la electroválvula abra rápidamente. En cuanto la

Fig. 8



aguja del inyector ha alcanzado su carrera máxima y está totalmente abierta la tobera, se reduce la corriente de activación a un valor de retención más bajo. El caudal de inyección queda determinado ahora por el tiempo de apertura y la presión en el Rail. El proceso de inyección concluye cuando la electroválvula ya no es activada, cerrándose por tanto.

Válvula reguladora de la presión

La unidad de control controla la presión en el Rail a través de la válvula reguladora de presión. Cuando se activa la válvula reguladora de presión, el electroimán presiona el inducido contra el asiento estanco y la válvula cierra. El lado de alta presión queda estanqueizado contra el lado de baja presión y aumenta la presión en el Rail.

En estado sin corriente, el electroimán no ejerce fuerza sobre el inducido. La válvula reguladora de presión abre, de forma que una parte del combustible del Rail retorna al depósito de combustible a través de una tubería colectiva. La presión en el Rail disminuye.

Mediante la activación a intervalos de la corriente de activación (modulación de amplitud de impulsos) puede ajustarse variablemente la presión. Según el índice de impulsos (relación de impulsos), válvula reguladora de presión está más o menos abierta.

Unidad de control del tiempo de incandescencia

Para un buen arranque en frío y para mejorar la fase de calentamiento relevante para los gases de escape, es responsable el control del tiempo de incandescencia. El tiempo de preincandescencia depende de la temperatura del líquido refrigerante. Las demás fases de incandescencia durante el arranque del motor o con el motor en marcha, son determinadas por una variedad de parámetros, entre otras cosas, por el caudal de inyección y por el número de revoluciones del motor. El control del tiempo de incandescencia se produce mediante un relé de potencia.

Convertidor electroneumático

Las válvulas o chapaletas de los actuadores de presión de sobrealimentación, de rotación y de retroalimentación de gases de escape, son accionadas mecánicamente con ayuda de depresión o sobrepresión. Para ello, la

unidad de control del motor genera una señal eléctrica que es transformada por un convertidor electroneumático en una sobrepresión o depresión.

Actuador de la presión de sobrealimentación

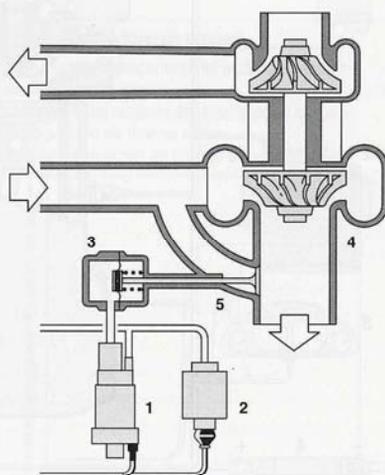
Los motores de turismos con turbocompresión por gases de escape tienen que alcanzar un elevado par motor incluso a números de revoluciones bajos.

Por este motivo, el cuerpo de la turbina está dimensionado para un flujo pequeño de masas de gases de escape. Para que la presión de sobrealimentación no aumente excesivamente en caso de flujos de masa mayores de gases de escape, en este margen de funcionamiento debe conducirse una parte de los gases de escape al sistema de gases de escape, a través de una válvula bypass («Wastegate») sin pasar por la turbina. El actuador de la presión de sobrealimentación (fig. 9) modifica para ello la sección en la válvula bypass, en dependencia del número de revoluciones del motor, del caudal de inyección, etc.. En lugar de la válvula bypass puede aplicarse también una geometría

Fig. 9

Actuador de la presión de sobrealimentación.

- 1 Actuador de presión de sobrealimentación,
- 2 bomba de depresión,
- 3 actuador de presión,
- 4 turbocompresor,
- 5 válvula bypass.



UMK1551-7Y

variable de la turbina (VTG). Esta modifica el ángulo de incidencia de la turbina de gases de escape e influye así la presión de sobrealimentación.

Actuador de rotación

El control de la rotación sirve para influir el movimiento de giro del aire aspirado. La rotación del aire se genera casi siempre mediante canales de entrada de forma espiral. La rotación determina el mezclado de combustible y aire en la cámara de combustión y tiene por tanto gran influencia sobre la calidad de la combustión. Por regla general se genera una rotación fuerte a un número de revoluciones bajo y una rotación débil a un número de revoluciones alto. La rotación puede regularse con la ayuda de un actuador de rotación (una chapaleta o una corredera) en el área de la válvula de admisión.

Actuador de retroalimentación de gases de escape

En la retroalimentación de los gases de escape se conduce una parte de los gases de escape al tramo de admisión. Hasta un cierto grado, una parte de gases residuales creciente puede repercutir positivamente sobre la transformación de energía, reduciendo con ello la emisión de contaminantes. Dependiendo del punto de servicio, la masa aspirada de aire/gas se compone de gases de escape hasta un 40% (figuras 10 y 11).

Para la regulación en la unidad de control se mide la masa real de aire fresco y se compara con un valor teórico de masa de aire en cada punto de servicio. Con ayuda de la señal generada por la regulación, abre el actuador de retroalimentación de gases de escape (una válvula), de forma que pasa entonces gas de escape al tramo de admisión.

Regulación de la mariposa

La mariposa en el motor Diesel tiene una función totalmente distinta que en el motor de gasolina: Sirve ésta para aumentar el índice de retroalimentación de gases de escape, mediante reducción de la sobrepresión en el tubo de admisión. La regulación de la mariposa solamente actúa en el margen de revoluciones inferior.

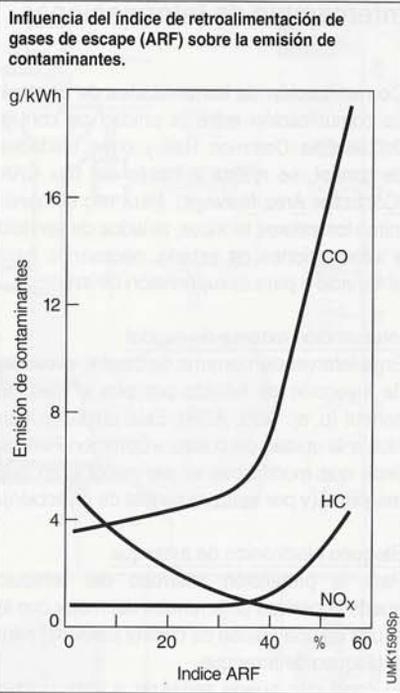


Fig. 11

Fig. 10

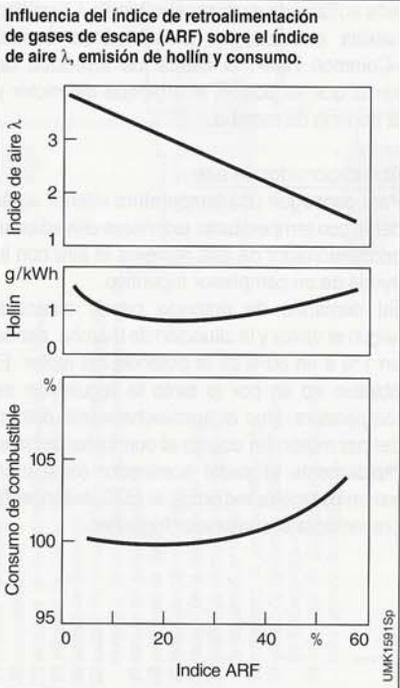


Fig. 10

Intercambio de informaciones

Comunicación de las unidades de control

La comunicación entre la unidad de control del sistema Common Rail y otras unidades de control, se realiza a través del bus CAN (Controller Area Network). Para ello se transmiten los valores teóricos, estados de servicio e informaciones de estado, necesarios para el servicio y para la supervisión de averías.

Intervención externa de caudal

En la intervención externa de caudal, el caudal de inyección es influido por otra unidad de control (p. ej. ABS, ASR). Esta unidad comunica a la unidad de control «Common Rail» si tiene que modificarse el par motor y en qué magnitud (y por tanto, el caudal de inyección).

Bloqueo electrónico de arranque

Para la protección antirrobo del vehículo puede impedirse un arranque del motor con la ayuda de una unidad de control adicional para el bloqueo de arranque.

El conductor puede señalar a esta unidad de control, p. ej. mediante un telemando, que está autorizado a utilizar el vehículo. La unidad habilita entonces en la unidad de control «Common Rail», el caudal de inyección de forma que es posible el arranque del motor y el servicio de marcha.

Acondicionador de aire

Para conseguir una temperatura interior agradable con temperaturas exteriores elevadas, el acondicionador de aire refrigera el aire con la ayuda de un compresor frigorífico.

Su demanda de potencia puede alcanzar, según el motor y la situación de marcha, desde un 1% a un 30% de la potencia del motor. El objetivo no es por lo tanto la regulación de temperatura, sino el aprovechamiento óptimo del par motor. En cuanto el conductor acciona rápidamente el pedal acelerador (deseando así un par motor máximo), el EDC desconecta brevemente el compresor frigorífico.

Diagnóstico integrado

Supervisión de sensores

En la supervisión de sensores se comprueba con la ayuda del diagnóstico integrado, si éstos son abastecidos suficientemente y si su señal está dentro del margen admisible (p. ej. temperatura entre -40 y 150 °C). Las señales importantes se ejecutan por duplicado (redundantemente) siempre que sea posible; es decir, existe la posibilidad de conmutar a otra señal similar en un caso de avería.

Módulo de supervisión

La unidad de control dispone de un módulo de supervisión además del microprocesador. La unidad de control y el módulo de supervisión se supervisan recíprocamente. Al reconocerse una avería pueden interrumpir ambos la inyección independientemente entre sí.

Reconocimiento de averías

El reconocimiento de averías sólo es posible dentro del margen de supervisión de un sensor. Una vía de señal se considera defectuosa si una avería está presente durante un tiempo definido previamente. La avería se almacena entonces en la memoria de averías de la unidad de control, junto con las condiciones ambientales correspondientes, bajo las cuales ha aparecido (p. ej. temperatura del líquido refrigerante, número de revoluciones, etc.).

Para muchas averías es posible un «reconocimiento de rehabilitación». Para ello debe reconocerse como intacta la vía de señal, durante un tiempo definido.

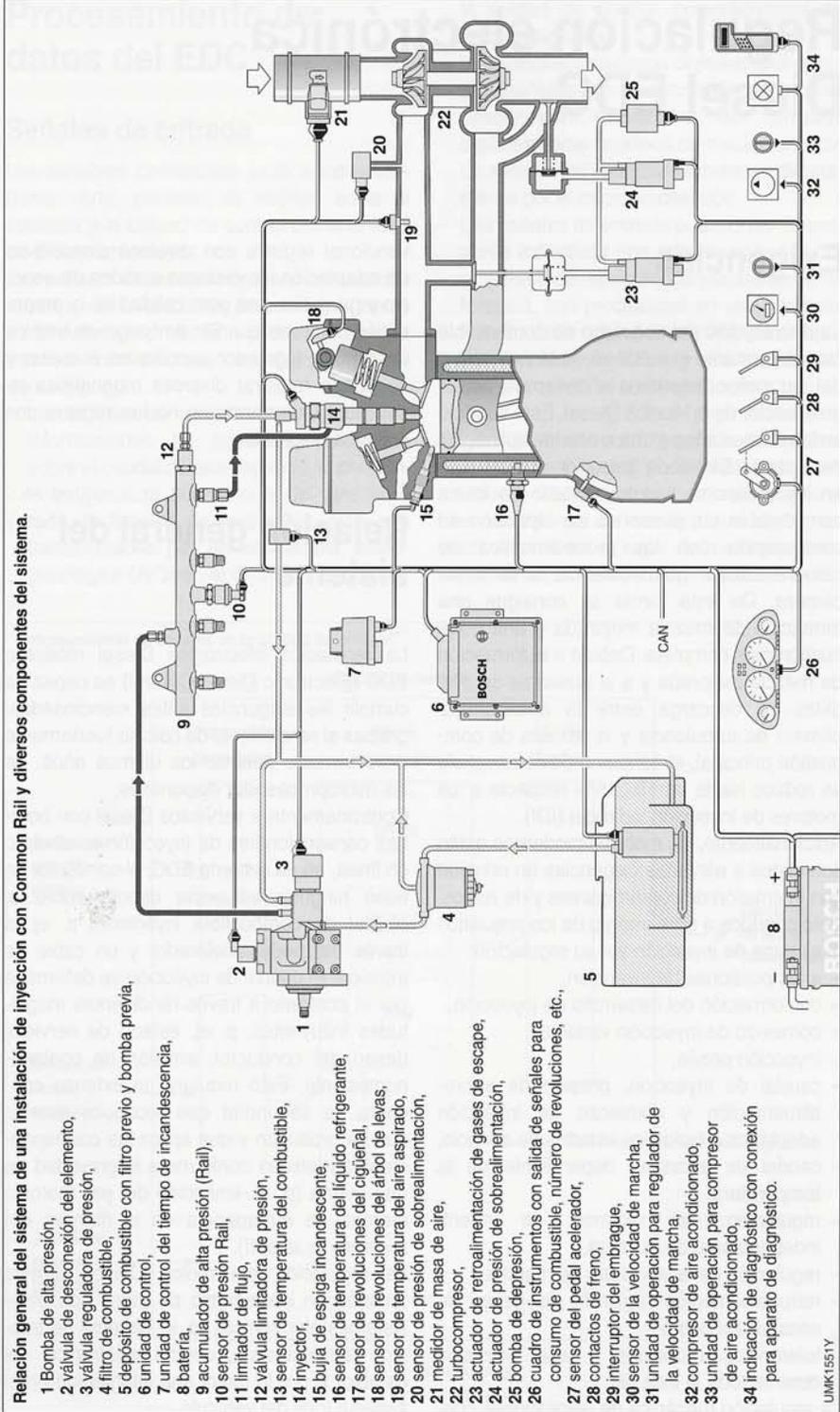
Tratamiento de averías

Al infringirse el margen admisible de señal de un sensor, se conmuta a un valor preestablecido. Este procedimiento se aplica en las siguientes señales de entrada:

- tensión de la batería,
- temperatura del líquido refrigerante, del aire y del aceite,
- presión de sobrealimentación,
- presión atmosférica y caudal de aire.

Adicionalmente, si se infringe la plausibilidad de las señales del sensor del pedal acelerador y del freno, se emplea un valor sustitutivo para el sensor del pedal acelerador.

Figura 12



Relación general del sistema de una instalación de inyección con Common Rail y diversos componentes del sistema.

- 1 Bomba de alta presión,
- 2 válvula de desconexión del elemento,
- 3 válvula reguladora de presión,
- 4 filtro de combustible,
- 5 depósito de combustible con filtro previo y bomba previa,
- 6 unidad de control,
- 7 unidad de control del tiempo de incandescencia,
- 8 batería,
- 9 acumulador de alta presión (Rail),
- 10 sensor de presión Rail,
- 11 limitador de flujo,
- 12 válvula limitadora de presión,
- 13 sensor de temperatura del combustible,
- 14 inyector,
- 15 bujía de espiga incandescente,
- 16 sensor de temperatura del líquido refrigerante,
- 17 sensor de revoluciones del cigüeñal,
- 18 sensor de revoluciones del árbol de levas,
- 19 sensor de temperatura del aire aspirado,
- 20 sensor de presión de sobrealimentación,
- 21 medidor de masa de aire,
- 22 turbocompresor,
- 23 actuador de retroalimentación de gases de escape,
- 24 actuador de presión de sobrealimentación,
- 25 bomba de depresión,
- 26 cuadro de instrumentos con salida de señales para consumo de combustible, número de revoluciones, etc.,
- 27 sensor del pedal acelerador,
- 28 contactos de freno,
- 29 interruptor del embrague,
- 30 sensor de la velocidad de marcha,
- 31 unidad de operación para regulador de la velocidad de marcha,
- 32 compresor de aire acondicionado,
- 33 unidad de operación para compresor de aire acondicionado,
- 34 indicación de diagnóstico con conexión para aparato de diagnóstico.

UMK1551Y

Regulación electrónica Diesel EDC

Exigencias

La disminución del consumo de combustible con un aumento simultáneo de la potencia o del par motor, determina el desarrollo actual en el sector de la técnica Diesel. Esto condujo en los últimos años a una creciente aplicación de motores Diesel de inyección directa (DI), en los cuales se han aumentado de forma considerable las presiones de inyección en comparación con los procedimientos de cámara auxiliar de turbulencia o de antecámara. De esta forma se consigue una formación de mezcla mejorada y una combustión más completa. Debido a la formación de mezcla mejorada y a la ausencia de pérdidas de descarga entre la antecámara/cámara de turbulencia y la cámara de combustión principal, el consumo de combustible se reduce hasta un 10...15% respecto a los motores de inyección indirecta (IDI).

Adicionalmente, los motores modernos están sometidos a elevadas exigencias en relación con la emisión de contaminantes y de ruidos. Esto conduce a un aumento de los requisitos al sistema de inyección y a su regulación:

- altas presiones de inyección,
- conformación del desarrollo de inyección,
- comienzo de inyección variable,
- inyección previa,
- caudal de inyección, presión de sobrealimentación y comienzo de inyección adaptados a todos los estados de servicio,
- caudal de arranque dependiente de la temperatura,
- regulación del régimen de ralentí independiente de la carga,
- regulación de la velocidad de marcha,
- retroalimentación regulada de gases de escape, así como
- tolerancias reducidas y alta precisión durante toda la vida útil.

La regulación mecánica de revoluciones con-

vencional registra con diversos dispositivos de adaptación los distintos estados de servicio y garantiza una gran calidad de la preparación de la mezcla. Sin embargo, se limita a un circuito regulador sencillo en el motor y no puede registrar diversas magnitudes influyentes importantes, o no las registra con suficiente rapidez.

Relación general del sistema

La regulación electrónica Diesel moderna EDC (Electronic Diesel Control) es capaz de cumplir las exigencias antes mencionadas, gracias al rendimiento de cálculo fuertemente incrementado durante los últimos años, de los microprocesador disponibles.

Contrariamente a vehículos Diesel con bombas convencionales de inyección rotativas o en línea, en un sistema EDC, el conductor no tiene ninguna influencia directa sobre el caudal de combustible inyectado, p. ej. a través del pedal acelerador y un cable de tracción. El caudal de inyección se determina por el contrario a través de diversas magnitudes influyentes, p. ej. estado de servicio, deseo del conductor, emisión de contaminantes, etc. Esto requiere un extenso concepto de seguridad que reconoce averías que se producen y que aplica las correspondientes medidas conforme a la gravedad de una avería (p. ej. limitación del par motor o marcha de emergencia en el margen del régimen de ralentí).

La regulación electrónica Diesel permite también un intercambio de datos con otros sistemas electrónicos (p. ej. sistema de tracción antideslizante, control electrónico del cambio) y, por lo tanto, una integración en el sistema total del vehículo.

Procesamiento de datos del EDC

Señales de entrada

Los sensores constituyen junto a los actuadores como periferia, la interfaz entre el vehículo y la unidad de control como unidad de procesamiento.

Las señales de los sensores son conducidas a una o varias unidades de control, a través de circuitos de protección y, dado el caso, a través de convertidores de señal y amplificadores (fig. 1):

- Las señales de entrada analógicas (p. ej. informaciones de sensores analógicos sobre el caudal de aire aspirado, la presión, la temperatura del motor y del aire aspirado, la tensión de la batería, etc.) son transformadas por un convertidor analógico/digital (A/D) en el microprocesador de

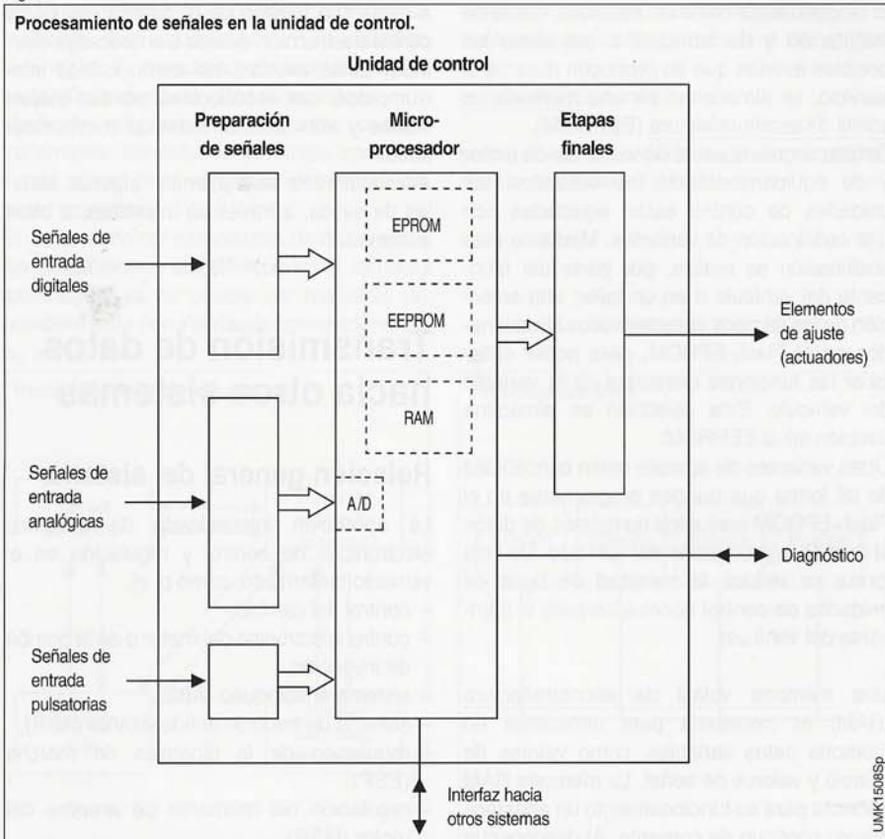
la unidad de control, convirtiéndolas en valores digitales.

- Las señales de entrada digitales (por ejemplo, señales de conmutación: conexión/desconexión o señales de sensores digitales como impulsos de revoluciones de un sensor Hall) pueden elaborarse directamente por el microprocesador.
- Las señales de entrada pulsatorias de sensores inductivos con informaciones sobre el número de revoluciones y la marca de referencia, son procesadas en una parte del circuito de la unidad de control, para suprimir impulsos parásitos, y son transformadas en una señal rectangular.

Según el nivel de integración, el procesamiento de la señal puede realizarse parcialmente o también totalmente en el sensor. Las condiciones de servicio que rigen respectivamente en el lugar de montaje, determinan la capacidad de carga de un sensor.

*Exigenc
relación
general
sistema
procesa
to de de*

Fig. 1



Preparación de señales

Las señales de entrada se limitan, con circuitos de protección, a niveles de tensión admisibles. La señal útil se libera ampliamente de señales perturbadoras superpuestas, mediante filtración, y se adapta por amplificación a la tensión de entrada de la unidad de control.

Procesamiento de señales en la unidad de control

Los microprocesadores en la unidad de control elaboran las señales de entrada, casi siempre de forma digital. Necesitan para ello un programa que está almacenado en una memoria de valor fijo (ROM o Flash-EPROM).

Adicionalmente existen curvas características específicas del motor y campos característicos para el control del motor, almacenados en el Flash-EPROM. Los datos para el bloqueo electrónico de arranque, datos de adaptación y de fabricación, así como las posibles averías que se producen durante el servicio, se almacenan en una memoria no volátil de escritura/lectura (EEPROM).

Debido al gran número de variantes de motor y de equipamiento de los vehículos, las unidades de control están equipadas con una codificación de variantes. Mediante esta codificación se realiza, por parte del fabricante del vehículo o en un taller, una selección de los campos característicos almacenados en el Flash-EPROM, para poder satisfacer las funciones deseadas de la variante del vehículo. Esta selección se almacena también en el EEPROM.

Otras variantes de aparato están concebidas de tal forma que pueden programarse en el Flash-EPROM conjuntos completos de datos al final de la producción del vehículo. De esta forma se reduce la cantidad de tipos de unidades de control necesarios para el fabricante del vehículo.

Una memoria volátil de escritura/lectura (RAM) es necesaria para almacenar en memoria datos variables, como valores de cálculo y valores de señal. La memoria RAM necesita para su funcionamiento un abastecimiento continuo de corriente. Al desconectar

la unidad de control por el interruptor de encendido o al desembornar la batería del vehículo, ésta memoria pierde todos los datos almacenados. Los valores de adaptación (valores aprendidos sobre estados del motor y de servicio) tienen que determinarse de nuevo en este caso, tras conectar otra vez la unidad de control. Para evitar este efecto, los valores de adaptación necesarios se almacenan en el EEPROM, en lugar de en una memoria RAM.

Señales de salida

Los microprocesadores controlan con las señales de salida etapas finales que normalmente suministran suficiente potencia para la conexión directa de los elementos de ajuste (actuadores). La activación de los elementos de ajuste especiales se explica en la descripción del sistema respectiva. Las etapas finales están protegidas contra cortocircuitos a masa o a tensión de la batería, así como contra destrucción debida a sobrecarga eléctrica. Estas averías, así como cables interrumpidos, son reconocidas por las etapas finales y son retransmitidas al microprocesador.

Adicionalmente se transmiten algunas señales de salida, a través de interfaces, a otros sistemas.

Transmisión de datos hacia otros sistemas

Relación general del sistema

La aplicación intensificada de sistemas electrónicos de control y regulación en el vehículo motorizado, como p. ej.

- control del cambio,
- control electrónico del motor o de la bomba de inyección,
- sistema antibloqueo (ABS),
- sistema de tracción antideslizante (ASR),
- regulación de la dinámica de marcha (ESP),
- regulación del momento de arrastre del motor (MSR),

- bloqueo electrónico de arranque (EWS),
- ordenador de a bordo, etc.

requieren una vinculación en red de las diversas unidades de control. El intercambio de informaciones entre los sistemas reduce la cantidad de sensores y mejora el aprovechamiento de los sistemas individuales. Las interfaces de los sistemas de comunicación desarrollados especialmente para vehículos motorizados, pueden subdividirse en dos categorías:

- interfaces convencionales y
- interfaces en serie como p. ej. Controller Area Network (CAN).

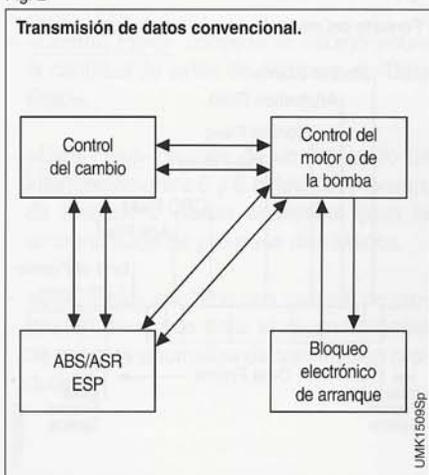
Transmisión de datos convencional

La transmisión de datos convencional en el vehículo motorizado se caracteriza por el hecho de que a cada señal le está asignada una conducción individual (fig. 2). Las señales binarias solamente pueden transmitirse mediante dos estados «1» o «0» (código binario), p. ej. compresor de aire acondicionado «Conectado» o «Desconectado».

Mediante relaciones de impulsos pueden transmitirse magnitudes variables continuamente, como p. ej. el estado del sensor del pedal acelerador.

El incremento del intercambio de datos entre los componentes electrónicos en el vehículo motorizado, ya no puede ser realizado razonablemente con interfaces convencionales.

Fig. 2



La «complejidad» de los mazos de cables tan solo puede dominarse actualmente con gran esfuerzo y aumentan cada vez más las exigencias planteadas al intercambio de datos entre las unidades de control.

Transmisión de datos en serie (CAN)

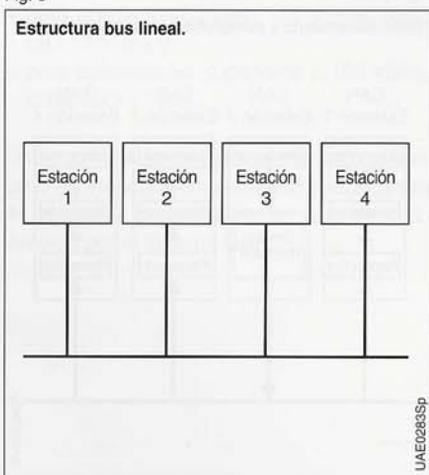
Los problemas en el intercambio de datos a través de interfaces convencionales, pueden resolverse mediante la aplicación de sistemas bus (vías colectoras de datos), p. ej. CAN, un sistema bus desarrollado especialmente para vehículos motorizados. Bajo la condición de que las unidades de control electrónicas tengan un interfaz en serie CAN, pueden transmitirse por CAN las señales mencionadas anteriormente.

Existen tres campos de aplicación esenciales para el sistema CAN en el vehículo motorizado:

- acoplamiento de unidades de control,
- electrónica de la carrocería y de confort y
- comunicación móvil.

La siguiente descripción se limita al acoplamiento de unidades de control.

Fig. 3



Acoplamiento de unidades de control

En el acoplamiento de unidades de control se acoplan entre sí sistemas electrónicos como el control del motor o de bomba de inyección, sistema antibloqueo ABS, sistema de tracción antideslizante ASR o regulación de la dinámica de marcha ESP, control electrónico del cambio, etc.. Las unidades de control están aquí unidas como estaciones con igualdad de derechos, mediante una estructura bus lineal (fig. 3). Esta estructura presenta la ventaja de que en caso de fallar una estación, el sistema bus continúa estando plenamente a disposición para todas las demás estaciones. En comparación con otras disposiciones lógicas (estructuras anulares o estructuras en estrella) se reduce así esencialmente la probabilidad de un fallo total. En el caso de estructuras anulares o en estrella, el fallo de una estación o de la unidad central, conduce a un fallo total.

Las velocidades de transmisión típicas están entre aprox. 125 kBit/s y 1 Mbit/s (p. ej. la unidad de control del motor y la unidad de control de bomba en la regulación electrónica Diesel de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales, comunican entre sí con 500 kBit/s). Las velocidades de transmisión deben ser tan altas para poder garantizar el comportamiento de tiempo real requerido.

Direccionamiento referido al contenido

El sistema bus CAN no asigna direcciones a las diversas estaciones, sino que asigna a cada «mensaje» un «identificador» fijo de 11 ó 29 bits. Este identificador representa el contenido del mensaje (p. ej. número de revoluciones del motor).

Una estación emplea únicamente aquellos datos cuyo identificador correspondiente está almacenado en la lista de mensajes a recibir (comprobación de aceptación, fig. 4). Todos los demás datos se ignoran simplemente.

El direccionamiento referido al contenido hace posible enviar una señal a varias estaciones, mandando un sensor su señal, directamente o a través de una unidad de control, a la red bus que la distribuye entonces correspondientemente. Además es posible así realizar muchas variantes de equipamiento, porque pueden añadirse p. ej. estaciones adicionales a un sistema bus CAN ya existente.

Prioridad

El identificador determina junto al contenido de datos simultáneamente la prioridad (preferencia) del mensaje al realizar la emisión. Una señal que varía rápidamente (p. ej. el número de revoluciones del motor) debe transmitirse también con gran rapidez, y recibe por lo tanto una prioridad mayor que una señal que varía relativamente lenta (p. ej. la temperatura del motor).

Fig. 4

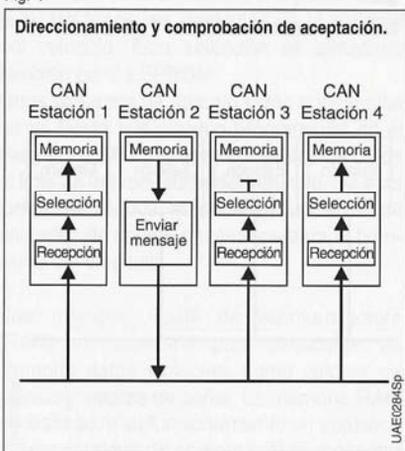
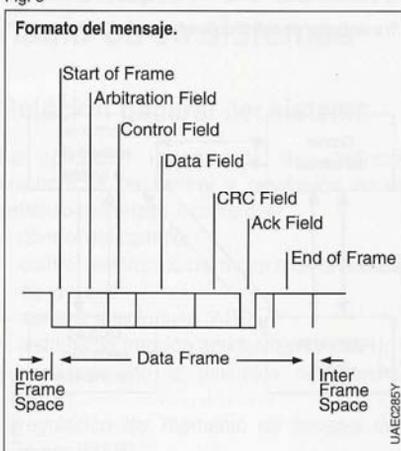


Fig. 5



Asignación de bus

Cuando está libre el bus puede comenzar cualquier estación a transmitir su mensaje. Si comienzan a emitir varias estaciones simultáneamente, se impone el mensaje de mayor prioridad, sin que se produzca una pérdida de tiempo o de bit. Los emisores con mensajes de menor prioridad se convierten automáticamente en receptores y repiten su intento de emisión, en cuanto está libre otra vez el bus.

Formato de mensaje

Para la transmisión en el bus se crea un marco de datos (Data Frame), cuya longitud abarca como máximo 130 bit (formato estándar) o 150 bit (formato ampliado). De esta forma queda asegurado que el tiempo de espera hasta la siguiente transmisión, posiblemente muy urgente, se mantenga siempre corto. El «Data Frame» consta de siete campos sucesivos (fig. 5):

- «Start of Frame» marca el comienzo de un mensaje y sincroniza todas las estaciones.
- «Arbitration Field» consta del identificador del mensaje y un bit de control adicional. Durante la transmisión de este campo, el emisor comprueba en cada bit si todavía está autorizado para emitir o si está emitiendo otra estación de mayor prioridad. El bit de control decide si en el mensaje se trata de un «Data Frame» o de un «Remote Frame».
- «Control Field» contiene el código sobre la cantidad de bytes de datos en el «Data Field».
- «Data Field» dispone de un contenido de información entre 0 y 8 bytes. Un mensaje de longitud 0 puede emplearse para la sincronización de procesos distribuidos.
- «CRC Field» contiene una palabra de protección de marco para el reconocimiento de posibles anomalías de transmisión producidas.
- «Ack Field» contiene una señal de confirmación de todos los receptores que han recibido el mensaje sin fallos.
- «End of Frame» marca el final del mensaje.

Diagnóstico integrado

El sistema bus CAN dispone de una serie de mecanismos de control para el reconocimiento de anomalías. Pertenecen aquí p. ej. la señal de seguridad en el «Data Frame» y el «Monitoring», en la que cada emisor recibe otra vez su propio mensaje, pudiendo reconocer entonces posibles divergencias.

Si una estación registra una anomalía, emite entonces un «flag de error», que detiene la transmisión en curso. De esta forma se impide que otras estaciones reciban el mensaje erróneo.

En caso de una estación defectuosa podría ocurrir sin embargo que todos los mensajes, es decir también los mensajes sin errores, sean interrumpidos con un flag de error. Para evitar esto, el sistema bus CAN está equipado con un mecanismo que puede distinguir entre anomalías ocasionales y anomalías permanentes y puede localizar fallos de estación. Esto se produce mediante una evaluación estadística de las situaciones de error.

Estandarización

El sistema CAN fue estandarizado por la organización normativa internacional ISO, para el intercambio de datos en vehículos motorizados:

- para aplicaciones hasta 125 kBit/s, como ISO 11 519-2 y
- para aplicaciones superiores a 125 kBit/s, como ISO 11 898.

Otros comités (p. ej. para el mercado americano de vehículos industriales) y fabricantes de vehículos motorizados, se han decidido también por el sistema CAN.

Sistemas de ayuda de arranque

Los motores Diesel cuando están fríos presentan – más aún que los motores Diesel calientes – dificultad de arranque o encendido, ya que las pérdidas por fugas y de calor al comprimir la mezcla de aire-combustible, disminuyen la presión y la temperatura al final de la compresión. Bajo estas circunstancias es especialmente importante la aplicación de sistemas de ayuda de arranque. La temperatura límite de arranque depende de la ejecución del motor. Los motores de antecámara y de cámara auxiliar de turbulencia, tienen en la cámara de combustión secundaria una bujía de espiga incandescente (GSK) como «punto caliente». En motores pequeños de inyección directa, este punto caliente se encuentra en la periferia de la cámara de combustión. Los motores grandes de inyección directa para vehículos industriales trabajan alternativamente con precalentamiento del aire en el tubo de admisión (precalentamiento del aire de admisión) o con combustible especial con alta tendencia de encendido (Startpilot), que se inyecta en el aire de admisión. Actualmente se emplean casi exclusivamente sistemas con bujías de espiga incandescente.

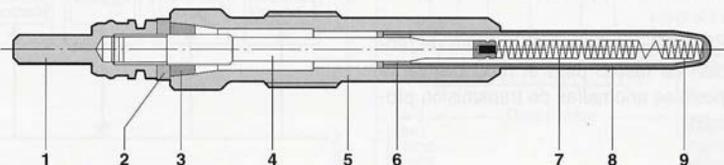
Bujía de espiga incandescente

La espiga incandescente de una bujía de espiga incandescente está montada a presión

Fig. 1

Bujía de espiga incandescente GSK2.

- 1 Enchufe de conexión, 2 arandela aislante, 3 junta doble, 4 perno de conexión, 5 cuerpo,
- 6 junta del cuerpo calefactor, 7 filamento calefactor y regulador, 8 tubo incandescente, 9 polvo de relleno.



UMS3085-1Y

Diagrama de temperatura-tiempo de bujías de espiga incandescente.

1 S-RSK, 2 GSK2.

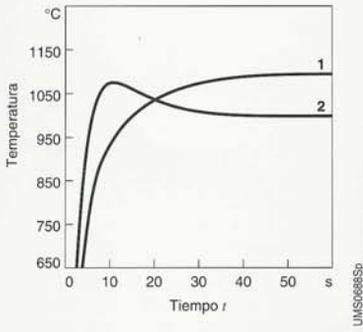


Fig. 2

Bujía de precalentamiento

La bujía de precalentamiento calienta el aire aspirado mediante la combustión de combustible. Normalmente, la bomba de alimentación de combustible del sistema de inyección, conduce el combustible a través de una electroválvula a la bujía de precalentamiento. En la boquilla de conexión de la bujía de precalentamiento se encuentran un filtro y un dispositivo dosificador. Este dispositivo dosificador deja pasar un caudal de combustible adaptado correspondientemente al motor, que se evapora en un tubo vaporizador dispuesto alrededor de la espiga incandescente y que se mezcla entonces con el aire aspirado. La mezcla se inflama en la parte delantera de la bujía de precalentamiento, al entrar en contacto con la espiga incandescente caliente a más de 1000 °C.

Unidad de control del tiempo de incandescencia

La unidad de control del tiempo de incandescencia (GZS) dispone, para la activación de las bujías de espiga incandescente, de un relé de potencia, así como de bloques de conmutación electrónicos. Estos bloques controlan p. ej. los tiempos de incandescencia de las bujías de espiga incandescente, o bien realizan funciones de seguridad y de supervisión. Con la ayuda de sus funciones de diagnóstico, las unidades de control del tiempo de incandescencia todavía más perfeccionadas, reconocen también el fallo de bujías incandescentes aisladas, comunicándolo entonces al conductor. Las entradas de control hacia la unidad de control

del tiempo de incandescencia están ejecutadas como conector múltiple, y la vía de corriente hacia las bujías de espiga incandescente se conduce mediante pernos roscados o conectores apropiados, con el fin de impedir caídas de tensión no deseadas.

Funcionamiento

El proceso de preincandescencia y de arranque está realizado con el interruptor de arranque e incandescencia, igual que en el motor de gasolina. Con la posición de la llave «Encendido conectado» comienza el proceso de preincandescencia. Al apagarse la lámpara de control de incandescencia, las bujías de espiga incandescente están suficientemente calientes para poder iniciar el proceso de arranque. En la fase de arranque sucesiva, las gotitas de combustible inyectadas se evaporan, se inflaman en el aire caliente comprimido, y el calor producido origina la iniciación del proceso de combustión (fig. 3). La incandescencia posterior después de producido el arranque, contribuye a un funcionamiento de aceleración y de ralentí sin fallos y con poca formación de humo, en la fase de calentamiento y reduce los ruidos de combustión con el motor frío. Si no se arranca, una desconexión de seguridad de la bujía de espiga incandescente, impide que se descargue la batería.

En caso de acoplamiento de la unidad de control del tiempo de incandescencia a la unidad de control del sistema EDC (Electronic Diesel Control), pueden aprovecharse las informaciones existentes allí, para optimizar la activación de la bujía de espiga incandescente en los diversos estados de servicio. Resulta así una posibilidad adicional para reducir la emisión de humo azulado y de ruidos.

Fig. 3

Desarrollo típico del tiempo de incandescencia.

- 1 Interruptor de incandescencia y arranque,
 - 2 motor de arranque, 3 lámpara de control,
 - 4 interruptor de carga, 5 bujías de incandescencia,
 - 6 funcionamiento autónomo del motor,
- t_v tiempo de preincandescencia, t_S disposición de arranque, t_N tiempo de incandescencia posterior.

