



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI0901606-6 A2**



(22) Data de Depósito: 07/05/2009
(43) Data da Publicação: 06/04/2010
(RPI 2048)

(51) *Int.Cl.:*
F02D 41/00 (2010.01)

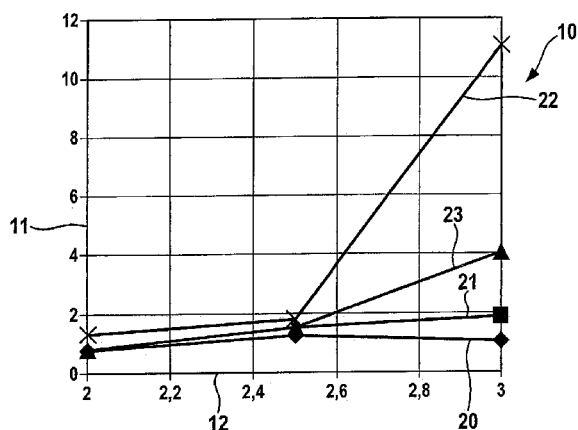
(54) Título: **PROCESSO E DISPOSITIVO PARA A DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE UMA MISTURA DE COMBUSTÍVEL**

(30) Prioridade Unionista: 08/05/2008 DE 10 2008 001 668.3

(73) Titular(es): Robert Bosch Gmbh

(72) Inventor(es): Axel Loeffler, Daniel Scherrer, Gerald Graf, Roland Karrelmeyer, Wolfgang Fischer

(57) **Resumo:** PROCESSO E DISPOSITIVO PARA A DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE UMA MISTURA DE COMBUSTÍVEL. A presente invenção refere-se a um processo para a determinação da composição de uma mistura de combustível formada por um primeiro combustível e por pelo menos um segundo combustível, para a operação de um motor de combustão interna com autoignição, com pelo menos um sensor que determina a evolução da combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna, sendo que a partir de uma grandeza que caracteriza um processo de combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna é formada uma medida para a estabilidade do processo de combustão, e sendo que a determinação da composição da mistura de combustível ocorre a partir da medida para a estabilidade do processo de combustão. A invenção também se refere a um dispositivo para a determinação da composição de uma mistura de combustível formada por um primeiro combustível e por pelo menos um segundo combustível para a operação de um motor de combustão interna com autoignição, com um mecanismo de válvula variável ou semivariável para o ajuste variável das aberturas de válvula em relação ao ângulo de manivela e para o ajuste variável da seção transversal de abertura das válvulas, com uma injeção direta para a dosagem da mistura de combustível, com pelo menos um sensor para a determinação da evolução da combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna e com uma unidade de regulação para a regulação do motor de combustão interna com base no sinal de saída do sensor, sendo que o sinal de saída do sensor como medida para a evolução da combustão é fornecido a um sistema eletrônico de motor e lá é armazenável ao longo de uma quantidade predeterminada de ciclos de combustão; sendo que para a determinação de uma medida para a estabilidade da combustão pode-se executar uma avaliação estatística das evoluções de combustão dentro do sistema eletrônico de motor, e sendo que a partir da medida formada para a estabilidade da combustão pode-se determinar a composição da mistura de combustível e pode-se executar uma correção da regulação do motor de combustão interna.





PI0901606-6

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "PROCESSO E DISPOSITIVO PARA A DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE UMA MISTURA DE COMBUSTÍVEL".

Estado da Técnica

5 A presente invenção refere-se a um processo para a determinação da composição de uma mistura de combustível formada por um primeiro combustível e por pelo menos um segundo combustível para a operação de um motor de combustão interna com autoignição, com pelo menos um sensor que determina a evolução da combustão em pelo menos um cilindro do

10 motor de combustão interna.

 A invenção se refere ainda a um dispositivo para a determinação da composição de uma mistura de combustível formada por um primeiro combustível e por um segundo combustível, para a operação de um motor de combustão interna com autoignição, com um mecanismo de válvula vari-

15 ável ou semivariável para o ajuste variável das aberturas de válvula em relação ao ângulo de manivela e para o ajuste variável da seção transversal de abertura das válvulas, com uma injeção direta para a dosagem da mistura de combustível, com pelo menos um sensor para a determinação da evolução da combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna e

20 com uma unidade de regulação para a regulação do motor de combustão interna com base no sinal de saída do sensor.

 Processos de combustão tipo motor Otto com autoignição são conhecidos como processos a gasolina HCCI (homogeneous charge compression ignition) ou CAI (controlled auto ignition). Em relação aos processos

25 convencionais, com ignição externa, eles apresentam um potencial significativo para a economia de combustível, juntamente com uma simultânea emissão reduzida de substâncias poluentes.

 Geralmente, os motores de combustão interna tipo motor Otto com autoignição estão equipados com um mecanismo de válvula variável e

30 com uma injeção direta de gasolina. Para a geração da operação CAI são conhecidas diferentes estratégias. O objetivo em comum dessas estratégias é concretizar uma massa relativamente grande de gás residual no cilindro do

motor de combustão interna. Esse gás residual quente é responsável pela introdução da combustão durante a fase de compressão.

O controle, respectivamente a regulação, da combustão em um motor de combustão interna com autoignição ocorre vantajosamente com base em um sinal de câmara de combustão. Neste caso, como sensor são empregados, de preferência, sensores de pressão de cilindro que determinam, com alta resolução no tempo, a evolução da pressão durante um ciclo de combustão. Nesse caso, por exemplo, a pressão média indexada pmi em pelo menos uma câmara de combustão do motor de combustão interna pode ser prevista como medida para o trabalho mecânico despendido pelo motor de combustão interna, e a posição do centro de gravidade da combustão MFB50 (medida fraction burnt 50 %) obtida a partir da evolução da pressão pode ser prevista como grandeza de orientação da regulação.

Tanto os motores de combustão interna com ignição externa, como os com autoignição com base em motores Otto são operados em geral com combustível proveniente de hidrocarbonetos de combustíveis fósseis com base em petróleo refinado. A esse combustível é cada vez mais adicionado o etanol gerado a partir de matérias-primas (plantas) renováveis ou um outro álcool, em diferentes proporções de misturas. Nos EUA e na Europa emprega-se frequentemente uma mistura formada por 70 a 85 % de etanol e 15-30 % de gasolina, sob o nome de marca E85. Os motores de combustão interna devem ser projetados de tal modo que eles possam operar tanto com gasolina pura, como com misturas de até E85; isso é chamado de "operação flex-fuel". Para uma operação econômica com uma reduzida emissão de poluentes, juntamente com alto desempenho do motor e bom comportamento de partida, é preciso que os parâmetros operacionais na operação flex-fuel sejam adaptados à respectiva mistura de combustível presente. Por exemplo, uma relação estequiométrica combustível-ar situa-se em 14,7 frações de volume de ar por cada fração de gasolina, embora empregando-se etanol seja preciso ajustar uma porcentagem de ar de 9 frações de volume. Pequenas e/ou lentas alterações do teor de álcool podem ser identificadas e levadas em consideração pelo controle de motor do motor de combustão interna,

por exemplo por meio de uma sonda lambda. No entanto, após um enchimento do tanque, por exemplo, também podem ocorrer alterações rápidas com um elevado desvio da composição da mistura de combustível. Segundo o estado da técnica, essas alterações rápidas da composição do combustível podem ser identificadas por meio de um sensor de álcool. No entanto, esse componente eleva os custos do motor de combustão interna.

A adição de etanol, especialmente no caso de um alto grau de adição de 50 % a 85 %, tem uma influência significativa sobre a combustão CAI que é bastante sensível. Por isso são obrigatoriamente necessárias providências para compensar essa influência.

A partir do documento R. 318837 da Depositante, ainda não divulgado, conhece-se um processo para a determinação da composição de uma mistura de combustível formada por um primeiro combustível e por um segundo combustível, para a operação de um motor de combustão interna, sendo que o primeiro e o segundo combustível apresentam diferentes velocidades de combustão e/ou diferentes teores específicos de energia e sendo que o motor de combustão interna apresenta pelo menos um sensor de pressão em pelo menos uma câmara de combustão, por meio do qual determina-se uma evolução da pressão temporal e/ou sincronizada angularmente na câmara de combustão. Nesse caso é previsto que a composição da mistura de combustível seja determinada a partir da evolução de pressão temporal e/ou sincronizada angularmente da pressão do gás na, pelo menos uma, câmara de combustão durante uma fase de combustão. Nesse caso a desvantagem é que a influência da adição de etanol sobre as características padrões, tais como a pressão indexada média pmi como medida para o trabalho despendido pelo motor de combustão interna ou tal como a posição do centro de gravidade da combustão MFB50, não fica acentuada tão fortemente para possibilitar uma determinação suficientemente precisa da composição da mistura de combustível. Isso vale especialmente para graus elevados de adição de mais do que 50 % de etanol.

A partir do documento R.321066, ainda não publicado, da Depositante conhece-se um processo para a determinação da composição de

uma mistura de combustível formada por um primeiro combustível e por um segundo combustível, ou para a determinação da qualidade de um combustível para a operação de um motor de combustão interna por meio de pelo menos um sensor de pressão de cilindro em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna para a determinação da evolução da pressão durante um processo de combustão e de uma regulação de motor baseada na pressão do cilindro para a regulação da carga e da posição de combustão do motor de combustão interna. Nesse caso, é previsto que a determinação da composição da mistura de combustível ou da qualidade do combustível ocorra com base em informações do regulador da regulação de motor baseada na pressão do cilindro. Além disso, é previsto o emprego do processo para a determinação da composição de uma mistura de combustível e/ou da qualidade de um combustível para a operação de um motor de combustão interna com ignição externa e/ou com autoignição. Especialmente no caso de uma operação do motor de combustão interna com carga parcial média a alta, ou seja, no caso de uma pressão indexada média maior do que (0,3 mPa) 3 bar, o processo de combustão CAI torna-se instável em operação com diferentes misturas de combustível sem providências adicionais. Sob essas condições, a determinação direta da composição da mistura de combustível com base nas informações de regulador da regulação de motor baseada na pressão de cilindro só é possível com bastante imprecisão.

A invenção tem como objetivo colocar à disposição um processo e um dispositivo que possibilitem uma determinação precisa da composição de uma mistura de combustível formada por pelo menos dois combustíveis, para a operação de um motor de combustão interna com autoignição.

Evidência da Invenção

Vantagens da Invenção

O objetivo da invenção relativo ao processo é alcançado na medida em que a partir de uma grandeza que caracterize um processo de combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna forma-se uma medida para a estabilidade do processo de combustão, e na medida em que a determinação da composição da mistura de combustível ocorre a par-

tir da medida para a estabilidade do processo de combustão. A instabilidade da combustão CAI é a característica essencial, por exemplo, para um alto grau de adição de etanol à gasolina. Particularmente, a influência de uma adição de etanol sobre a estabilidade da combustão é nitidamente mais pronunciada do que sobre as características padrões da pressão indexada média pmi e da posição do centro de gravidade da combustão MFB50. A instabilidade da combustão, já no caso de uma carga parcial média, é tão grande que ela já pode mais ser avaliada como aceitável. Por isso, é bastante vantajoso um processo que identifique essa instabilidade, que daí determine o grau de adição de mistura e compense diretamente os seus efeitos.

Uma medida a ser facilmente determinada para a estabilidade da combustão pode ser obtida devido ao fato de que como medida para a estabilidade do processo de combustão no, pelo menos um, cilindro se emprega o desvio padrão, formado ao longo de uma quantidade predeterminada de ciclos de combustão, da posição de um centro de gravidade de combustão ou o desvio padrão de uma pressão indexada média de cilindro ou o desvio padrão de um gradiente máximo de pressão no cilindro ou o desvio padrão de uma liberação de energia diferencial máxima ou o desvio padrão de uma liberação de energia integral máxima ou a relação do desvio padrão para com o valor médio da pressão indexada média do cilindro ou uma grandeza de identificação derivada dessas grandezas respectivamente observada para si ou em combinação com no mínimo duas dessas grandezas. Essas grandezas ou pelo menos uma parte dessas grandezas já estão presentes no caso de um motor de combustão interna com autoignição, regulado com base em um sinal de câmara de combustão; ou seja, não é necessário nenhum componente adicional para a execução do processo. A quantidade dos ciclos de combustão respectivamente considerados para a avaliação estatística pode ser predeterminada de modo adaptado à precisão exigida, bem como à velocidade de avaliação requerida. Além disso, ela pode ser predeterminada em função dos parâmetros operacionais do motor de combustão interna. O desvio padrão das grandezas fornece uma medida direta para a dispersão das grandezas de identificação que caracterizam a com-

bustão em processos de combustão sucessivos e, com isso, uma conclusão sobre a estabilidade da combustão. No caso de uma mistura de combustível com um grau de adição de etanol maior do que 50 %, o desvio padrão da posição do centro de gravidade de combustão MFB50, por exemplo, no caso de uma alteração da adição de etanol de 5 % pode se alterar em 1,3° de ângulo de manivela. Isso é bem avaliável e devido a isso é possível obter uma precisão muito boa de identificação da composição da mistura de combustível de 3 % a 5 % no caso de altos graus de adição de etanol. Além da avaliação estatística direta das grandezas baseadas na pressão do cilindro, também podem ser avaliadas outras características e grandezas de identificação correlacionadas nitidamente com essas grandezas, para a determinação da composição da mistura de combustível.

As grandezas a serem avaliadas para a determinação da estabilidade da combustão também podem ser obtidas preferencialmente na medida em que a determinação das grandezas que caracterizam o processo de combustão ocorra a partir de uma determinação de uma pressão de cilindro ou de uma determinação de um sinal acústico de corpo no motor de combustão interna ou de um número de rotações do motor de combustão interna ou a partir de uma corrente de íons de uma sonda no cilindro observada respectivamente para si ou em combinação com no mínimo dois desses processos de medição. Nesse caso, de preferência, emprega-se aquele sensor que já é previsto para a regulação da combustão do motor de combustão interna com autoignição com base em um sinal de câmara de combustão.

Correspondentemente a uma variante particularmente preferida de configuração da invenção, pode ser previsto que a formação da medida para a estabilidade do processo de combustão ocorra em pontos operacionais predeterminados do motor de combustão interna. Nesse sentido, a avaliação estatística da combustão na marcha lenta possibilita condições operacionais bem reproduzíveis que frequentemente ocorrem. A avaliação no caso de uma carga de média a alta do motor de combustão interna gera, pelo contrário, grandes diferenças avaliáveis na estabilidade da combustão no caso de misturas de combustível com composições diferentes. É previsto

que seja predeterminado um valor limite para a medida para a estabilidade do processo de combustão, e que parâmetros operacionais do motor de combustão interna sejam ajustados de tal modo que a medida para a estabilidade do processo de combustão não ultrapasse o valor limite, e desse modo a medida obtida para a estabilidade do processo de combustão pode ser empregada diretamente para a estabilização da combustão. Desse modo, por exemplo, no caso de uma elevação da instabilidade de combustão após uma alteração da mistura por meio de um processo de abastecimento de tanque, podem ser introduzidas imediatamente providências que melhorem a estabilidade a fim de compensar esse efeito.

Uma estabilização da combustão pode ser obtida na medida em que para se respeitar o valor limite para a medida para a estabilidade do processo de combustão é previsto um aumento de uma massa de gás residual nos cilindros do motor de combustão interna ou um deslocamento prematuro de um valor teórico de uma regulação da posição do centro de gravidade de combustão ou a introdução de uma injeção prévia de combustível respectivamente observada para si ou em combinação com no mínimo duas dessas providências. Todas as providências servem para o aumento de temperatura, que melhora a estabilidade, durante a fase de compressão. Assim, por exemplo, no processo CAI com retenção de gás residual, a introdução de uma injeção prévia de combustível na vedação intermediária leva a uma liberação de energia e, desse modo, a um aumento da temperatura do gás residual.

Se for aumentada a quantidade do gás residual quente localizado nos cilindros do motor de combustão interna durante as fases de compressão, então isso também levará a uma elevação da temperatura da mistura gasosa e a uma melhor introdução da combustão durante a fase de compressão. Por isso, pode ser previsto que o aumento da massa de gás residual nos cilindros do motor de combustão interna ocorra por meio de um fechamento prematuro da respectiva válvula de escape durante o ciclo de ejeção ou por meio de uma abertura por curto tempo da respectiva válvula de escape durante o ciclo de aspiração. Nos motores de combustão interna

com várias válvulas de saída por cilindro, é possível controlar de modo correspondente todas as válvulas de escape.

A intervenção de correção para a estabilização da combustão para a regulação do motor de combustão interna ocorre em função da medida formada para a estabilidade. O nível da intervenção necessária de correção é, portanto, dependente da instabilidade da combustão do motor de combustão interna e, por conseguinte, da composição da mistura de combustível. Por isso, em uma variante alternativa de configuração da invenção pode ser previsto que a determinação da composição da mistura de combustível ocorra com base na necessária intervenção de correção na regulação do motor de combustão interna para se respeitar o valor limite para a medida para a estabilidade do processo de combustão.

O processo permite ser empregado, de preferência, para a determinação da composição de uma mistura de combustível de gasolina/álcool e/ou para a regulação ou controle da estabilidade do processo de combustão de um motor de combustão interna com autoignição que opera com gasolina ou com uma mistura de combustível de gasolina/álcool.

O objetivo da invenção, no que se refere ao dispositivo, é alcançado devido ao fato de que o sinal de saída do sensor é fornecido como medida para a evolução da combustão de um sistema eletrônico de motor e lá pode ser armazenado através de uma série predeterminável de ciclos de combustão; de que para a determinação de uma medida para a estabilidade da combustão pode-se executar uma avaliação estatística das evoluções da combustão dentro do sistema eletrônico de motor, e que a partir da medida para a estabilidade da combustão pode-se determinar a composição da mistura de combustível e pode-se executar uma correção da regulação do motor de combustão interna. O armazenamento dos dados de sensor de ciclos sucessivos de combustão possibilita a avaliação estatística, com base na qual se pode avaliar a estabilidade da combustão. Se for determinada a instabilidade da combustão, então a partir daí se poderá executar diretamente uma intervenção no controle, respectivamente na regulação do motor de combustão interna para a estabilização da combustão. Para isso, o sistema

eletrônico de motor pode ser conectado diretamente com a unidade de regulação do motor de combustão interna ou a unidade de regulação é componente integral do sistema eletrônico de motor. Uma adição de etanol, por exemplo, à gasolina, em função do grau de adição leva a uma alteração significativa da estabilidade de combustão. Com base em uma grandeza que descreva a estabilidade de combustão, pode-se, portanto, chegar a uma conclusão acerca da composição da mistura de combustível. A composição assim determinada da mistura de combustível pode ser colocada à disposição de outras funções de aparelhos de controle, tal como, por exemplo, a função lambda, a qual então consegue adaptar seus cálculos de modo correspondente. Além disso, a identificação e compensação de uma adição de metanol pode ser combinada com uma regulação de posição de combustão baseada na pressão do cilindro, como por exemplo com a pressão indexada média pmi ou com a posição do centro de gravidade de combustão MFB50 servindo de grandeza de orientação.

É previsto que para a determinação da evolução da combustão seja previsto pelo menos um sensor de pressão de cilindro ou pelo menos um sensor para a determinação do ruído do corpo do motor de combustão interna ou pelo menos um sensor de número de rotações ou pelo menos um sensor para a determinação da corrente de íons em um cilindro; assim, é possível determinar a evolução da combustão em uma resolução temporal suficiente. Com esses sensores é possível determinar a posição de um centro de gravidade de combustão ou uma pressão indexada média de cilindro ou um gradiente de pressão máximo no cilindro ou uma liberação de energia diferencial máxima ou uma liberação de energia integral máxima. A partir dessas grandezas o sistema eletrônico de motor pode determinar, por meio de uma avaliação estatística correspondente sobre uma quantidade predeterminada de ciclos de combustão, o respectivo desvio padrão ou também a relação do desvio padrão para com o valor médio, como por exemplo da pressão indexada média de cilindro servindo de medida para a estabilidade da combustão. De preferência, são empregados aqueles sensores que já são previstos para a regulação da combustão do motor de combustão inter-

na com autoignição com base em um sinal da câmara de combustão.

Breve Descrição dos Desenhos

A seguir, a invenção será descrita com base no exemplo de execução mostrado nas figuras. Mostra-se:

5 figura 1: em um primeiro diagrama, o efeito da instabilidade de combustão sobre o desvio padrão sMFB50 da posição do centro de gravidade de combustão no caso de carga diferenciada (em pmi) de um motor de combustão interna com autoignição;

10 figura 2: em um segundo diagrama, a influência da composição do combustível sobre a evolução de aquecimento diferencial dQ, registrada em relação ao ângulo de manivela.

Formas de Execução da Invenção

A figura 1 mostra, em um primeiro diagrama 10, o efeito da instabilidade da combustão sobre um desvio padrão sMFB50 11 da posição do centro de gravidade de combustão, no caso de carga diferenciada de um motor de combustão interna com autoignição. Nesse caso, o motor de combustão interna é operado com gasolina ou com uma mistura de gasolina e etanol segundo o assim chamado processo CAI (CAI: Controlled Auto Ignition), o qual também pode ser chamado de processo HCCI a gasolina (HCCI: Homogeneous Charge Compression Ignition).

No primeiro diagrama 10, o desvio padrão sMFB50 11 em graus de ângulo de manivela está registrado em relação a uma pressão indexada média pmi 12 em bar. A pressão indexada média pmi 12 define a carga do motor de combustão interna no caso de um número de rotações de 2000 U/min no exemplo de execução apresentado. O desvio padrão sMFB50 11 da posição do centro de gravidade de combustão, no exemplo de execução apresentado, acha-se determinado ao longo de 20 ciclos sucessivos de combustão. Ele representa uma medida para a estabilidade da combustão, sendo que no caso de uma combustão estável há um pequeno desvio padrão sMFB50 11 e no caso de uma combustão instável há uma dispersão correspondente grande da posição do centro de gravidade de combustão e, portanto, um grande desvio padrão sMFB50 11.

No primeiro diagrama 10 são mostradas quatro curvas sMFB50 20, 21, 22, 23 para diferentes combustíveis e misturas de combustível. Nesse caso, foi determinado respectivamente o desvio padrão sMFB50 11 para a pressão indexada média pmi 12 0,2 mPa, de 0,25 mPa e de 0,3 mPa (de 2 bar, de 2,5 bar e de 3 bar).

A curva sMFB50 S95 20 mostra a dependência do desvio padrão sMFB50 11 em relação à carga do motor de combustão interna para o combustível super 95, ou seja, gasolina com uma octanagem de 95. A curva sMFB50 E50 21 mostra a mesma dependência para uma mistura de combustível E50 formada por 50 % de gasolina e 50 % de etanol; a curva sMFB50 E85 22 o mostra para uma mistura de combustível E85 formada por 15 % de gasolina e 85 % de etanol. A curva sMFB50 E85/-4°KW 23 mostra a dependência do desvio padrão sMFB50 11 em relação à pressão indexada média pmi 12 para uma mistura de combustível E85, sendo que nesse caso como providência para estabilizar a combustão foi previsto um aumento da interseção de válvul negativa de -4° de ângulo de manivela. Essa providência chamada de ΔEVC (Exhaust Valve Closing) faz com que seja retida uma determinada quantidade adicional de gás residual no cilindro.

Para todas as faixas de carga do motor de combustão interna revela-se um aumento do desvio padrão sMFB50 11 junto com um teor crescente de etanol na mistura de combustível, o que corresponde a um aumento da instabilidade da combustão. Além disso, para os respectivos combustíveis revela-se um aumento do desvio padrão sMFB50 11 junto com uma carga crescente do motor de combustão interna, ou seja, com uma pressão indexada média crescente pmi 12.

Especialmente a partir de uma carga média do motor de combustão interna, com uma pressão indexada média pmi 12 de 0,3 mPa (3 bar), pode-se constatar uma forte dependência do desvio padrão sMFB50 11 em relação à composição da mistura de combustível. Enquanto que uma gasolina pura da qualidade super 95 acusa um desvio padrão sMFB50 11 de cerca de 1° de ângulo de manivela, este aumenta no caso de uma mistura de combustível E50 já para um valor de cerca de 2° de ângulo de manivela.

Sem providências que melhorem a estabilidade, o desvio padrão sMFB50 11 para uma mistura de combustível E85 aumenta para um valor de cerca de 11° de ângulo de manivela, o que significa uma influência significativa, não mais aceitável para a operação do motor de combustão interna, sobre a estabilidade da combustão. Nesse caso, no exemplo de execução selecionado, a regulagem da combustão está ativa com as grandezas de orientação pressão indexada média pmi 12 e posição do centro de gravidade de combustão MFB50. Um aumento do teor de etanol em 5 % entre as misturas de combustível E50 e E85 significa aproximadamente um aumento do desvio padrão MFB50 11 em 1,3° de ângulo de manivela, o que é bem detectável.

As curvas sMFB50 20, 21, 22, 23 mostram que a instabilidade crescente da combustão CAI representa uma característica essencial de um alto grau de adição de etanol. Nesse caso, a influência da adição de etanol sobre a estabilidade da combustão é nitidamente mais acentuada do que sobre as características padrões da pressão indexada média pmi 12 ou da posição do centro de gravidade de combustão MFB50, que são empregadas como grandezas de orientação nos conceitos convencionais de regulagem para motores de combustão interna com autoignição. Pode-se ainda constatar que essa instabilidade já no caso de uma carga parcial média caracterizada por uma pressão indexada média pmi 12 de 0,3 mPa (3 bar) é tão grande que já não pode mais ser avaliada como aceitável. Por isso é bastante vantajoso um processo que identifique essa instabilidade e daí determine o grau de misturação e compense diretamente seus efeitos.

A partir da evolução da curva MFB50 E85/-4° KW 23 para uma mistura de combustível E85 e um fechamento da válvula de escape antecipado em $\Delta EVC = -4^\circ$ de ângulo de manivela em comparação com a curva sMFB50 E85 22 constata-se ainda que a interseção de válvula negativa com a maior quantidade de gás residual assim obtida no cilindro produz uma melhora nítida da estabilidade de combustão. Alternativamente, para a estabilização da combustão também se pode reaspirar gás residual por meio de uma abertura breve da válvula de escape durante a fase de aspiração.

A figura 2 mostra, em um segundo diagrama 30, a influência da

composição do combustível sobre a evolução de aquecimento diferencial dQ 31, aqui também para um motor de combustão interna com autoignição operado pelo processo CAI com regulação ativa de combustão. Nesse caso, como combustível é prevista a gasolina ou uma mistura de gasolina e etanol.

5 É mostrada a evolução de aquecimento diferencial dQ 31 em joule por grau de ângulo de manivela em relação ao ângulo de manivela em graus de ângulo de manivela. A evolução de aquecimento diferencial dQ 31 pode ser calculada a partir de uma evolução de pressão de cilindro medida e representa uma medida para a liberação de energia por grau de ângulo de
10 manivela.

O segundo diagrama 30 contém cinco curvas dQ 40, 41, 42, 43, 44 que mostram a dependência da evolução de aquecimento diferencial dQ 31 em relação ao ângulo de manivela 32 para diferentes combustíveis e misturas de combustível, bem como para diferentes providências que estabilizam a estabilidade da combustão. Nesse caso, os valores individuais das
15 curvas dQ 40, 41, 42, 43, 44 são obtidos através de 20 ciclos de combustão.

A curva dQ S95 40 mostra a evolução de aquecimento diferencial dQ 31 em função do ângulo de manivela 32 para gasolina da qualidade super 95. Frente a isso, na curva dQ E50 41 acha-se representada a evolução de aquecimento diferencial dQ 31 para uma mistura de combustível E50,
20 ou seja, 50 % de gasolina e 50 % de etanol, e na curva dQ E85 42 a evolução de aquecimento diferencial dQ 31 para uma mistura de combustível E85, ou seja, 15 % de gasolina e 85 % de etanol.

A curva dQ E85/-4° KW 43 representa a evolução de aquecimento diferencial dQ 31 para uma mistura de combustível E85 na operação do motor de combustão interna com um aumento da interseção de válvula negativa de -4° como uma providência que melhora a estabilidade da combustão, enquanto que a curva dQ E85/-8° KW 44 é mantida no caso de um aumento da interseção de válvula negativa de -8°.

30 As evoluções da curva dQ S95 40, da curva dQ E50 41 e da curva dQ E85 42 mostram o efeito de um grau crescente de adição de etanol sobre a evolução de aquecimento diferencial dQ 31. Pode-se constatar niti-

damente a combustão menos localizada, mais propagada no meio, no caso da mistura de combustível E85 em comparação com o combustível super 95. Isso se revela na evolução da curva dQ E85 42 expandida por uma faixa maior de ângulo de manivela, em comparação com a curva dQ S95 40 e com o menor pronunciamento do valor máximo no caso da curva dQ E85 42. A curva dQ E50 41 situa-se entre as duas curvas dQ S95 40 e dQ E85 42. O resultado corresponde à avaliação estatística do desvio padrão sMFB50 11, tal como é mostrado na figura 1.

Por meio de providências que melhoram a estabilidade, como no exemplo de execução a retenção reforçada de gás residual por meio de um fechamento prematuro da válvula de escape em -4° de ângulo de manivela correspondentemente à curva dQ E85/ -4° KW 43 ou em -8° de ângulo de manivela correspondentemente à curva dQ E85/ -8° KW 44, é possível aproximar a evolução de aquecimento novamente à curva original dQ S95 40 para gasolina pura.

A partir das correlações mostradas nas figuras 1 e 2 constata-se que com base em uma avaliação estatística de grandezas características que caracterizam a combustão é possível obter uma medida para a estabilidade da combustão, a qual se acha correlacionada fortemente com a composição da mistura de combustível e pode ser avaliada com facilidade. Isso possibilita, por um lado, a determinação da composição da mistura de combustível e, por outro lado, a introdução de providências que estabilizem a estabilidade da combustão.

O processo se baseia na presença de uma mensagem de retorno a partir de pelo menos uma câmara de combustão do motor de combustão interna, tal como pode ser obtida por meio da medição da pressão de cilindro, de um sinal de ruído de corpo, do número de rotações do motor de combustão interna ou de um sinal de corrente de íons.

Com base no sinal recebido determina-se no mínimo uma característica que caracteriza a combustão, a qual é avaliada estatisticamente por vários ciclos de combustão, a fim de se obter uma característica que caracterize a estabilidade da combustão.

Características que caracterizem a estabilidade da combustão são, por exemplo, as características baseadas na pressão de cilindro:

- desvio padrão da posição do centro de gravidade de combustão MFB50;

- desvio padrão da pressão indexada média p_{mi}
- desvio padrão do gradiente de pressão máximo dp_{max} ;
- desvio padrão da liberação de energia diferencial máxima dQ_{max} ;

- desvio padrão da liberação de energia integral máxima dQ_{max} ou características daí derivadas, tal como a relação entre o desvio padrão e o valor médio da pressão indexada média p_{mi} .

Também apropriadas são as grandezas calculadas a partir dos sinais da medição da pressão de cilindro, do sinal de ruído de corpo, do número de rotações do motor de combustão interna ou do sinal da corrente de íons, as quais estão correlacionadas nitidamente com as características mencionadas baseadas na pressão de cilindro.

Se, por exemplo, após um enchimento de tanque for constatado um aumento da instabilidade de combustão em um ponto de operação CAI, então será possível introduzir imediatamente providências que melhorem a estabilidade, a fim de compensar esse efeito. Para isso são apropriados, por exemplo, um aumento da massa de gás residual quente através de um fechamento prematuro da válvula de escape, um deslocamento prematuro do valor teórico de uma regulagem MFB50 ou a introdução de uma quantidade de pré-injeção que leve, na condensação intermediária, a uma liberação de energia e, por conseguinte, a uma elevação da temperatura do gás residual.

Isso pode ocorrer no sentido de uma regulagem, na qual o valor teórico seja um valor máximo para a característica de instabilidade, como por exemplo o desvio padrão s_{MFB50} da posição do centro de gravidade de combustão, ou no sentido de um controle. No caso de uma regulagem, a identificação também pode ocorrer indiretamente, ou seja, não a partir do aumento da característica de instabilidade, mas sim do nível da intervenção necessária de correção.

A composição detectada da mistura de combustível pode ser colocada à disposição de outras funções de aparelhos de controle, como por exemplo a função lambda, que a partir daí pode adaptar correspondentemente os seus cálculos.

- 5 Além disso, também é possível combinar a identificação e a compensação da composição da mistura de combustível com uma regulação de posição de combustão baseada na pressão de cilindro, como por exemplo com a pressão indexada média p_{mi} 12 e com a posição do centro de gravidade de combustão MFB50 como grandezas de orientação.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a determinação da composição de uma mistura de combustível formada por um primeiro combustível e por pelo menos um segundo combustível, para a operação de um motor de combustão interna com autoignição, com pelo menos um sensor que determina a evolução da combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna, caracterizado pelo fato de que a partir de uma grandeza que caracteriza um processo de combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna é formada uma medida para a estabilidade do processo de combustão, e pelo fato de que a determinação da composição da mistura de combustível ocorre a partir da medida para a estabilidade do processo de combustão.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que como medida para a estabilidade do processo de combustão no, pelo menos um, cilindro emprega-se o desvio padrão da posição de um centro de gravidade de combustão formado ao longo de uma quantidade predefinida de ciclos de combustão, ou o desvio padrão de uma pressão de cilindro indexada média ou o desvio padrão de um gradiente de pressão máximo no cilindro ou o desvio padrão de uma liberação de energia diferencial máxima ou o desvio padrão de uma liberação de energia integral máxima ou a relação entre o desvio padrão e o valor médio da pressão de cilindro indexada média ou uma grandeza característica derivada dessas grandezas, respectivamente consideradas para si ou em combinação de no mínimo duas dessas grandezas.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a determinação das grandezas que caracterizam o processo de combustão ocorre a partir de uma determinação de uma pressão de cilindro ou de uma determinação de um sinal de ruído de corpo no motor de combustão interna ou de um número de rotações do motor de combustão interna ou a partir de uma corrente de íons de uma sonda no cilindro, respectivamente consideradas para si ou em combinação de pelo menos dois desses processos de medição.

4. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a formação da medida para a estabilidade do processo de combustão ocorre em pontos de operação predeterminados do motor de combustão interna.

5 5. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de que se predetermina um valor limite para a medida para a estabilidade do processo de combustão e que parâmetros operacionais do motor de combustão interna são estabelecidos de tal modo que a medida para a estabilidade do processo de combustão não ultrapasse
10 o valor limite.

6. Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que para se respeitar o valor limite para a medida para a estabilidade do processo de combustão é previsto um aumento de uma massa de gás residual nos cilindros do motor de combustão interna ou um deslocamento
15 prematuro de um valor teórico de uma regulação da posição de um centro de gravidade de combustão ou uma introdução de uma pré-injeção de combustível, considerados respectivamente por si ou em combinação de no mínimo duas dessas providências.

7. Processo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo
20 fato de que o aumento da massa de gás residual nos cilindros do motor de combustão interna ocorre através de um fechamento prematuro da respectiva válvula de escape durante o ciclo de ejeção ou através de uma abertura breve da respectiva válvula de escape durante o ciclo de aspiração.

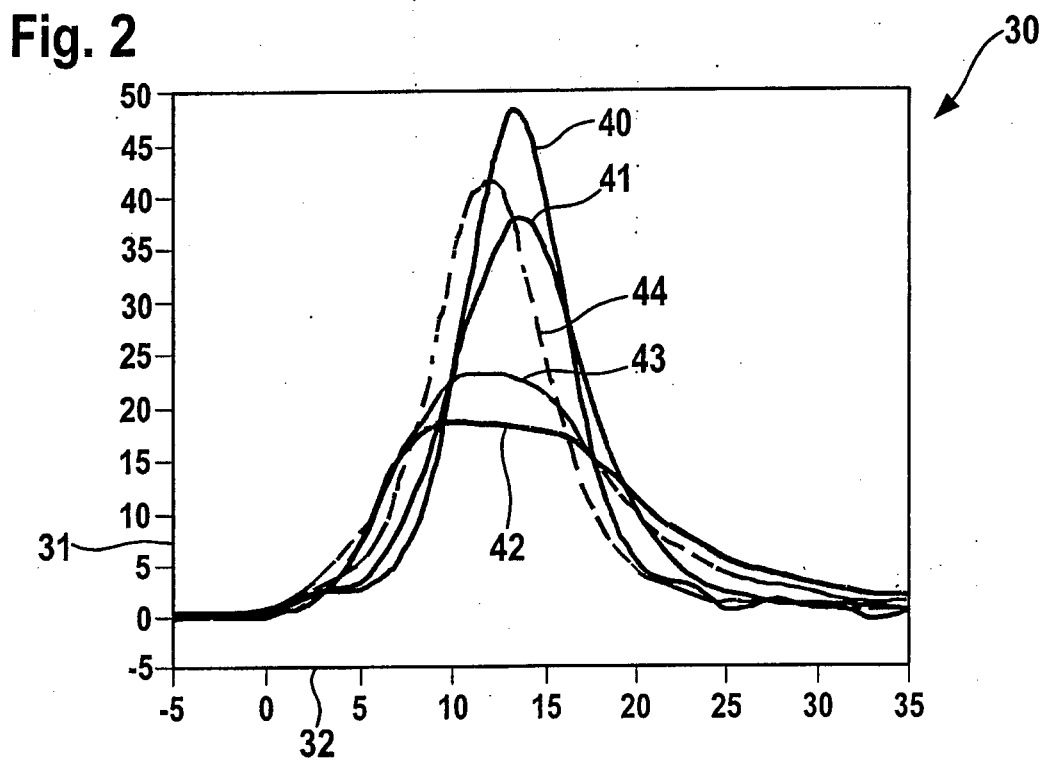
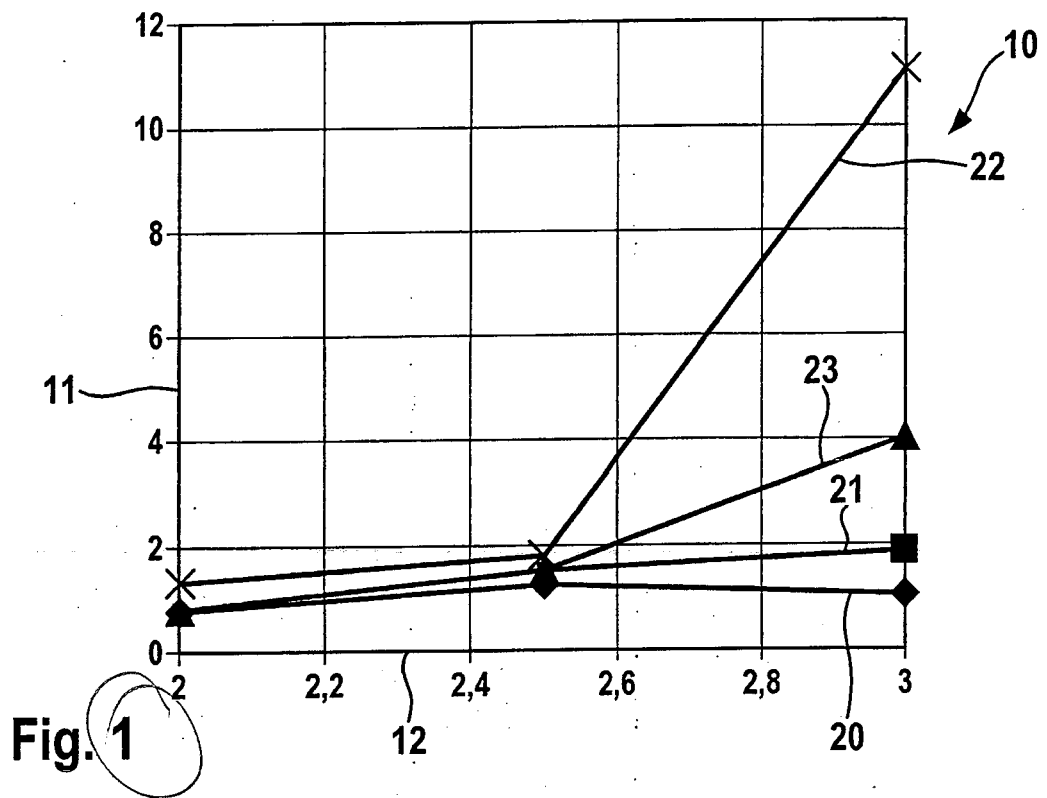
8. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a
25 7, caracterizado pelo fato de que a determinação da composição da mistura de combustível ocorre com base na necessária intervenção de correção na regulação do motor de combustão interna para se respeitar o valor limite para a medida para a estabilidade do processo de combustão.

9. Aplicação do processo como definido em qualquer uma das
30 reivindicações anteriores para a determinação da composição de uma mistura de combustível de gasolina/álcool e/ou para a regulação ou controle da estabilidade do processo de combustão de um motor de combustão interna

com autoignição, operado com gasolina ou com uma mistura de gasolina/álcool.

10. Dispositivo para a determinação da composição de uma mistura de combustível formada por um primeiro combustível e por pelo menos um segundo combustível para a operação de um motor de combustão interna com autoignição, com um mecanismo de válvula variável ou semivariável para o ajuste variável das aberturas de válvula em relação ao ângulo de manivela e para o ajuste variável da seção transversal de abertura das válvulas, com uma injeção direta para a dosagem da mistura de combustível, com pelo menos um sensor para a determinação da evolução da combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna e com uma unidade de regulação para a regulação do motor de combustão interna com base no sinal de saída do sensor, caracterizado pelo fato de que o sinal de saída do sensor como medida para a evolução da combustão é fornecido a um sistema eletrônico de motor e lá é armazenável ao longo de uma quantidade predeterminada de ciclos de combustão; que para a determinação de uma medida para a estabilidade da combustão pode-se executar uma avaliação estatística das evoluções de combustão dentro do sistema eletrônico de motor, e que a partir da medida formada para a estabilidade da combustão pode-se determinar a composição da mistura de combustível e pode-se executar uma correção da regulação do motor de combustão interna.

11. Motor de combustão interna como definido na reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que para a determinação da evolução da combustão é previsto pelo menos um sensor de pressão de cilindro ou pelo menos um sensor para a determinação do ruído de corpo do motor de combustão interna ou pelo menos um sensor de número de rotações ou pelo menos um sensor para a determinação da corrente de íons em um cilindro.



RESUMO

Patente de Invenção: **"PROCESSO E DISPOSITIVO PARA A DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE UMA MISTURA DE COMBUSTÍVEL"**.

A presente invenção refere-se a um processo para a determinação da composição de uma mistura de combustível formada por um primeiro combustível e por pelo menos um segundo combustível, para a operação de um motor de combustão interna com autoignição, com pelo menos um sensor que determina a evolução da combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna, sendo que a partir de uma grandeza que caracteriza um processo de combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna é formada uma medida para a estabilidade do processo de combustão, e sendo que a determinação da composição da mistura de combustível ocorre a partir da medida para a estabilidade do processo de combustão.

A invenção também se refere a um dispositivo para a determinação da composição de uma mistura de combustível formada por um primeiro combustível e por pelo menos um segundo combustível para a operação de um motor de combustão interna com autoignição, com um mecanismo de válvula variável ou semivariável para o ajuste variável das aberturas de válvula em relação ao ângulo de manivela e para o ajuste variável da seção transversal de abertura das válvulas, com uma injeção direta para a dosagem da mistura de combustível, com pelo menos um sensor para a determinação da evolução da combustão em pelo menos um cilindro do motor de combustão interna e com uma unidade de regulação para a regulação do motor de combustão interna com base no sinal de saída do sensor, sendo que o sinal de saída do sensor como medida para a evolução da combustão é fornecido a um sistema eletrônico de motor e lá é armazenável ao longo de uma quantidade predeterminada de ciclos de combustão; sendo que para a determinação de uma medida para a estabilidade da combustão pode-se executar uma avaliação estatística das evoluções de combustão dentro do sistema eletrônico de motor, e sendo que a partir da medida formada para a estabilidade da combustão pode-se determinar a composição da mistura de combustível e pode-se executar uma correção da regulação do motor de combustão interna.