

RESUMO

"MÉTODO PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DE MOTORES DE COMBUSTÃO"

A presente invenção diz respeito a um método para a optimização de motores de combustão interna, que reduz o consumo de combustível e as emissões de gases de escape e material particulado. O princípio de funcionamento baseia-se na introdução de pequenas quantidades de hidrogénio na conduta de admissão de ar do motor com o objectivo de optimizar a queima dos combustíveis tradicionais, melhorando os parâmetros da reacção de combustão. Esta combustão optimizada irá aumentar a eficiência do motor e reduzir o seu impacto ambiental. O hidrogénio é produzido através de uma reacção de electrólise numa célula electroquímica fechada de electrólito não circulante.

DESCRIÇÃO

"MÉTODO PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DE MOTORES DE COMBUSTÃO"

Introdução

O hidrogénio, apesar de ser o elemento químico mais abundante no Universo, constituindo aproximadamente 75% da sua massa, é na sua forma elementar relativamente raro no Planeta Terra. Industrialmente é produzido a partir de hidrocarbonetos presentes no gás natural, tais como metano, sendo habitualmente utilizados localmente dada a sua dificuldade de transportar em segurança e sem que se recombine com os demais elementos. Os maiores mercados do mundo utilizam hidrogénio para o aprimorar combustíveis fósseis em processos de hidrocraqueamento, que consiste na fragmentação das longas cadeias moleculares de hidrocarbonetos em cadeias mais pequenas mais reativas à combustão. O hidrogénio também pode ser obtido por meio da eletrólise da água, sendo um processo habitualmente dispendioso, quer a nível material, quer a nível energético.

O hidrogénio tem vindo a ser frequentemente utilizado, em motores de combustão interna, como combustível principal, ou como substituto parcial do combustível hidrocarbónico (gasolina e diesel) adicionado à

mistura comburente/combustível. O hidrogénio pela sua reactividade e afinidade electroquímica possui elevado risco de explosão quando pressurizado, sendo o seu armazenamento e transporte uma tarefa sujeita às mais apertadas regras de segurança. Como alternativa ao transporte e armazenamento começaram a ser estudados métodos de transformação e produção de hidrogénio directamente no local de consumo, sendo o processo de electrólise da água um dos métodos mais comuns. A partir da molécula da água (H_2O) são obtidas, após electrólise, duas moléculas de hidrogénio e uma de oxigénio, sob a forma de gás habitualmente conhecido por HHO. Este processo tem sido estudado e optimizado ao longo do tempo, sendo ainda que com sistemas actuais, uma reacção de elevado consumo energético e baixa eficiência, com inúmeras dificuldades de equilíbrio electroquímico que frequentemente provocam corrosão de eléctrodos, degradação de materiais e manutenção constante para garantir a operação dos sistemas.

Inúmeros sistemas de substituição de combustível utilizam percentagens mássicas de substituição na ordem dos 5%. Rácios desta ordem, para um motor comum de veículo ligeiro com 1,6 litros de cilindrada, exigem caudais de hidrogénio na ordem dos 3 litros por minuto. Para fornecer caudais de hidrogénio desta ordem por electrólise são necessários consumos eléctricos muito elevados para a capacidade do sistema eléctrico do veículo, ultrapassando os 30A. Mesmo assumindo os aumentos de eficiência e redução de consumo de combustível em motores de combustão interna

pela introdução de hidrogénio como combustível, anunciados por estes sistemas existentes no mercado, o seu elevado consumo eléctrico torna-os energeticamente inviáveis. Estes sistemas consomem energia eléctrica que transformam em energia química (HHO), que será posteriormente queimada para transformar em energia mecânica (motor de combustão interna), que por último é transformada em energia eléctrica (alternador) que irá alimentar a pilha electroquímica onde se dá a electrólise. Este último terá naturalmente o acréscimo de consumo de energia mecânica para garantir o consumo eléctrico consumido no processo de electrólise. Tendo todos estes processos de transformação energética eficiências naturalmente inferiores a 100%, torna todo o processo termodinamicamente ineficiente, deixando de fazer sentido a utilização de hidrogénio como combustível quando produzido por electrólise alimentada pelo próprio sistema que o consome.

Por outro lado a electrólise da água, não produz apenas hidrogénio, sendo o oxigénio outro produto da reacção. O oxigénio irá ser alimentado em conjunto com o hidrogénio no ar de admissão do motor influenciando igualmente a combustão. O acréscimo de oxigénio no ar irá tornar a mistura mais pobre, podendo este aumento de concentração ser detectado pelos sensores do sistema de gestão do motor (sonda lambda), que irá considerar a combustão pobre e corrigir a mistura adicionando mais combustível. Esta correcção não é desejada pois irá contra o objectivo inicial de redução de consumo de combustível,

sendo frequentemente utilizados sistemas de correcção para os sensores (lambda) de forma a "enganar" o seu sinal e considerar uma leitura de concentração de oxigénio inferior à real.

Todas estas dificuldades levaram os sistemas, muitos deles ainda rudimentares, de tentativa de utilização de hidrogénio em motores de combustão ao fracasso, com resultados pouco consistentes e duvidosos quanto ao real aumento de eficiência dos motores.

Apesar de continuar a existir o risco de armazenamento e transporte, os construtores automóveis iniciaram o processo de utilização de hidrogénio como fonte energética para a produção de energia eléctrica que é posteriormente utilizada para alimentar um ou mais motor eléctricos responsáveis pela propulsão dos veículos. Tal evolução vem modificar radicalmente o sector automóvel, até agora baseado em sistemas de propulsão de combustão interna. Na prática trata-se de um sistema de electrolise invertido onde é alimentado hidrogénio e oxigénio a uma pilha electroquímica, convertendo-os em água ($H+H+O \rightarrow H_2O$), produzindo energia eléctrica, posteriormente consumida pelo motor. A globalização deste conceito pressupõe a substituição de milhões de veículos com motores de combustão, e transfere para a indústria a responsabilidade e custos energéticos da produção, armazenamento e fornecimento de hidrogénio.

Sumário da invenção

Baseando-se no estado da arte actual da utilização de hidrogénio em processos de optimização de motores de combustão interna, foi testada e provada uma nova utilização desta pequena e poderosa molécula. A invenção refere-se pois a um método para aumentar a eficiência de motores de combustão, agindo não como combustível, mas sim como um optimizador de parâmetros de combustão sob a forma de comburente alimentado em conjunto com o ar ao motor. Foram obtidos resultados significativos de aumento de eficiência química e consequentemente energética em motores de combustão interna.

De facto utilizando uma reduzida proporção mássica de hidrogénio face ao combustível utilizado, consegue-se optimizar a eficiência do processo de combustão dos combustíveis hidrocarbónicos tradicionais. Tal adição de hidrogénio permite tornar a queima mais completa com menos emissões de escape nocivas, produzindo mais energia mecânica a partir da mesma quantidade de combustível. A quantidade de hidrogénio necessária para a optimização desta reacção é mínima, tornando a produção por electrólise uma possibilidade válida com consumos eléctricos muito reduzidos e quimicamente estável.

O hidrogénio possui parâmetros únicos e uma reactividade extremamente elevada. A sua adição à reacção de combustão faz acelerar a velocidade de frente de chama,

que num motor de combustão interna condiciona fortemente a eficácia da combustão na transferência de energia química para energia mecânica. O hidrogénio no interior da câmara de combustão irá reagir com o combustível combinando-se com as moléculas de carbono que o constituem, quebrando as suas cadeias moleculares. Esta reacção é despoletada pela explosão característica do motor de combustão, ocorrendo instantes antes da combustão normal do combustível, que quando ocorre encontra já um combustível com cadeias pré-quebradas por acção do hidrogénio. Este combustível pré-quebrado é de mais fácil e rápida combustão, permitindo uma maior e completa libertação energética que se irá reflectir numa maior eficiência global do processo de combustão. O motor irá assim conseguir realizar mais trabalho com a mesma quantidade de combustível. Em simultâneo, a reacção de combustão mais completa por efeito do hidrogénio como catalizador, irá produzir menos hidrocarbonetos não queimados responsáveis pela contaminação das câmaras de combustão do motor e por consequência todo o motor e óleo de lubrificação. A acção catalítica do hidrogénio no motor de combustão irá desta forma também contribuir para a sua limpeza, não acumulando resíduos de combustão. A redução destes resíduos provenientes duma combustão incompleta tem um impacto directo na redução de emissões poluentes de gases de escape.

O processo foi estudado e optimizado com o objectivo de minimizar a corrosão de eléctrodos e a degradação de materiais, possuindo autonomias e períodos de

manutenção alargados. Utilizando a última tecnologia na gestão do consumo eléctrico da reacção foi também minimizado o consumo eléctrico, permitindo chegar a um conceito energeticamente válido e eficiente na optimização de motores de combustão interna. Este invento vem dar uma nova possibilidade aos motores de combustão interna utilizados globalmente para os mais variados objectivos. Sem modificar o seu modo de operação os motores de combustão podem ver reduzido o seu impacto ambiental em simultâneo com uma redução significativa do seu consumo de combustível para a realização do mesmo trabalho.

O dispositivo e método objecto da invenção vem revolucionar o modo de obtenção e aplicação do hidrogénio no processo de combustão. É um dispositivo de optimização de motores de combustão interna, que reduz o consumo de combustível e as emissões de gases de escape. O dispositivo funciona como um gerador de hidrogénio por electrolise controlada electronicamente, com electrólito não circulante. Com um consumo optimizado de energia eléctrica, o equipamento produz apenas a quantidade de hidrogénio necessária para a optimização da eficiência do motor de combustão. O hidrogénio, alimentado directamente pela admissão de ar, irá funcionar como optimizador de parâmetros de combustão no interior do motor, permitindo uma combustão mais rápida e completa do combustível tradicional. Com este funcionamento optimizado do motor, o consumo de combustível pode atingir reduções de 30% e as emissões de gases poluentes podem ser reduzidas em até 80%.

Podendo ser aplicada em qualquer motor de combustão interna sem grandes modificações, apresenta custos reduzidos de instalação e manutenção, permitindo ROIs extremamente atractivos.

A instalação do dispositivo objecto da invenção em veículos ligeiros foi aprovada pelo IMT em Novembro de 2013, após a realização de diversos testes de comprovação do funcionamento da tecnologia bem como da sua segurança e fiabilidade em institutos de renome como o Instituto Superior Técnico e o Instituto de Soldadura e Qualidade. O produto respeita as normas comunitárias CE Directiva 2006/42/EC e Directiva 2011/65/EU.

Este dispositivo objecto da invenção está actualmente certificado pela VCA tendo o produto uma marcação E-mark, (E11 - 10R-058662), garantindo a sua aprovação mundial para a instalação em veículos automóveis.

Este produto está em consonância com os objectivos da União Europeia para 2020, relativos às alterações climáticas e de sustentabilidade energética para Portugal.

Estado da técnica da invenção

Os documentos encontrados em pesquisa ao estado da técnica e tidos como os mais relevantes, são:

(D1) US2010206721 A1;

(D2) US2003024489 A1;

(D3) CN203307438 U.

A distinção entre o estado da técnica e a presente invenção incide na quantidade de hidrogénio utilizada. A proporção mássica utilizada na presente invenção é manifestamente inferior à utilizada nos documentos do estado da técnica, uma vez que nos referimos a um processo de optimização diferente da queima tradicional de HHO em conjunto com combustível.

Descrição detalhada da invenção

O método objecto da invenção destina-se à optimização de motores de combustão interna, que reduz o consumo de combustível e as emissões de gases de escape e material particulado. Recorre a um dispositivo específico para a produção de hidrogénio.

A presente invenção baseia-se na introdução de pequenas quantidades de hidrogénio na condução de admissão de ar do motor com o objectivo de optimizar a queima dos combustíveis tradicionais, melhorando os parâmetros da reacção de combustão. Esta combustão optimizada irá aumentar a eficiência do motor e reduzir o seu impacto ambiental. O hidrogénio é produzido através de uma reacção de electrólise numa célula electroquímica fechada de electrólito não circulante.

O referido método, utiliza um dispositivo de produção de hidrogénio que é alimentado através do circuito eléctrico do motor, podendo ser ligado directamente a uma bateria ou a uma caixa de fusíveis. O dispositivo é controlado electronicamente através de um módulo integrado que gere a reacção de electrólise, garantindo que apenas se liga quando o motor se encontra em funcionamento e que a quantidade de hidrogénio produzido é adequada à quantidade de combustível consumida pelo motor, podendo ser inferida pela cilindrada do motor e ao seu regime de funcionamento. Quando o dispositivo liga, inicia-se no seu interior um processo de electrólise controlada electronicamente, resultando na separação química das moléculas de hidrogénio e oxigénio do electrólito contido no dispositivo, que serão introduzidas no ar de alimentação do motor.

O hidrogénio produzido vai então misturar-se com o ar e combustível nas câmaras de combustão do motor, modificando os parâmetros da reacção, permitindo uma combustão mais rápida e completa do combustível tradicional com uma temperatura mais homogénea sobre a superfície dos pistons do motor. O resultado é um aumento da eficiência do motor que apresentará um funcionamento mais silencioso e suave, com um aumento de binário a baixa rotação. Este funcionamento otimizado do motor irá reduzir o consumo de combustível e diminuir as emissões de gases de escape e material particulado, reduzindo os custos de funcionamento e protegendo o ambiente. O electrólito no interior do dispositivo é consumido durante o funcionamento, devendo

ser recarregado em função do tempo de operação do motor bem como do seu regime de funcionamento. O dispositivo sinaliza o utilizador quando for necessário o reabastecimento de electrólito.

Este dispositivo de produção de hidrogénio por electrólise consiste num equipamento hermeticamente fechado, funcionando como uma célula electroquímica de electrólito não circulante. Necessita ser aberto, apenas para o abastecimento de novo electrólito. No fundo do reservatório estão colocados, no mínimo dois eléctrodos de níquel, com pureza superior a 99%. A distância entre eléctrodos e a sua área são definidos de acordo com a geometria e capacidade de produção do dispositivo, de forma a permitir estabelecer uma tensão adequada que não potencie a corrosão. De acordo com o diagrama de Pourbaix (Figura 1) para o níquel, é necessário estabelecer uma relação entre pH e tensão que mantenha a reação de electrólise na zona de passividade. O electrólito utilizado é uma solução aquosa baseada em hidróxido de potássio com uma concentração escolhida de forma a garantir uma tensão de 2 volt aos terminais dos eléctrodos. Como configuração possível para manter estes parâmetros na sua forma mais simples, temos 2 eléctrodos de níquel (Ni201) com $12,4\text{cm}^2$ distanciados a 5mm com o electrólito com uma concentração de 0,5Mol (2,5%).

O processo de electrólise é controlado por um circuito electrónico (PCB), de forma a garantir o correcto débito de hidrogénio em função do combustível consumido

pelo motor a otimizar e do seu regime de funcionamento, regulando a corrente eléctrica fornecida à pilha electroquímica. O PCB é também responsável por assegurar que o dispositivo ligará apenas quando o motor está em funcionamento, detectando o incremento da tensão resultante do funcionamento do alternador. Esta tensão limiar é ajustável no PCB de forma a se adaptar a qualquer veículo. De forma a otimizar o consumo de energia eléctrica e permitir ser alimentado com uma tensão entre os 3 e os 30 volts contínuos, o PCB incorpora uma fonte de switching que comuta a tensão de entrada com a frequência necessária para que a tensão equivalente seja a necessária, alisada por um condensador de forma a minimizar a tensão de ripple (componente de corrente alternada que se sobrepõe ao valor médio da tensão de uma fonte de corrente contínua). Quando o dispositivo inicia a produção de hidrogénio, é indicado no painel frontal que o equipamento se encontra ligado.

Quando é necessário o abastecimento de electrólito, é igualmente indicado no painel frontal a necessidade de recarga. No topo, a célula é selada por uma membrana de condensação que impede os derrames e minimiza a evaporação de electrólito, deixando apenas passar o gás produzido pela reacção de electrólise. A membrana pode ser feita dos mais diversos materiais e configurações de forma a garantir a sua funcionalidade resistindo quimicamente à formulação do electrólito escolhida, sendo a tela de EPDM, perfurada com preferencialmente 1mm de espessura uma das configurações escolhidas.

Ao ser ligado, o dispositivo inicia o processo de electrólise com a separação das moléculas de água em moléculas de hidrogénio e oxigénio, que atravessam a membrana de condensação, saindo pelo orifício na tampa superior do equipamento. O caudal de gás HHO produzido é ajustado pelo PCB em função do regime e cilindrada do motor, sendo o PCB ajustado de forma a assegurar uma percentagem mássica de HHO relativamente ao combustível utilizado entre 0,0005% e 0,05%, ou preferivelmente de 0,002% a 0,010%, tendo como valor de referência da equação de controlo gerida pelo módulo electrónico do equipamento a relação mássica de 0,005% para motores Diesel e de 0,002% para motores a Gasolina. Esta proporção, em situações de estequiometria da combustão equivale a um rácio volúmico ar:hidrogénio entre $1:2,5 \times 10^{-6}$ e $1:3,5 \times 10^{-6}$. Este rácio extremamente reduzido faz com que o gás HHO adicionado ao meio comburente não interfira na leitura de sensores de gestão do motor como é o caso do sensor de massa de ar (MAF) ou a sonda de O_2 no escape (Lambda).

Para assegurar esta proporção foi considerada a densidade do gás HHO produzido igual a 0,5363 g/l, tendo sido estabelecida como ideal para a optimização da combustão, uma relação mássica entre HHO e o combustível utilizado de 0,0005% a 0,05%, ou preferivelmente de 0,002% a 0,010%. Esta relação com os devidos ajustes mássicos mostra-se aplicável para todo o tipo de combustíveis hidrocarbónicos utilizados em motores de combustão interna,

considerando as densidades: Gasolina (0,75kg/l); Gasóleo (0,85kg/l); GPL (2,5g/l).

O gás produzido é injectado na conduta de admissão de ar do motor. Não existe no dispositivo, em nenhuma altura, armazenamento pressurizado de hidrogénio, sendo todo o caudal de gás produzido consumido directamente pelo motor de combustão interna. O vácuo existente na conduta de admissão de ar irá despressurizar o dispositivo garantindo a extração do gás produzido do interior da célula.

O dispositivo deverá ser instalado perto do motor, longe de fontes de calor ou partes móveis. O dispositivo é alimentado electricamente a partir do circuito eléctrico do motor (12 ou 24volts), directamente da bateria ou da caixa de fusíveis do veículo, sendo o seu circuito protegido por um fusível adequado ao consumo máximo do dispositivo. O tubo de alimentação de hidrogénio que sai do topo do equipamento será conectado à conduta de admissão de ar do motor, numa secção após filtragem de ar e antes de qualquer compressor volumétrico, caso exista.

Breve descrição das figuras

Figura 1 - Diagrama de Pourbaix para o Níquel no qual se apresenta a representação gráfica das possíveis fases de equilíbrio estáveis de um sistema electroquímico.

Tal como supracitado é possível, de acordo com o diagrama aqui apresentado, determinar a necessidade de estabelecer uma relação entre pH e tensão que mantenha a reação de electrólise na zona de passividade. O electrólito utilizado é uma solução aquosa baseada em hidróxido de potássio com uma concentração escolhida de forma a garantir uma tensão de 2 volt aos terminais dos eléctrodos. Como configuração possível para manter estes parâmetros na sua forma mais simples, temos 2 eléctrodos de níquel (Ni201) com 12,4cm² distanciados a 5mm com o electrólito com uma concentração de 0,5Mol (2,5%).

Lisboa, 09 de março de 2018

REIVINDICAÇÕES

1. Método para aumentar a eficiência de motores de combustão caracterizado pelas seguintes etapas:
 - a) produção de gás HHO num sistema de electrólise em célula de electrólito não circulante;
 - b) introdução do referido gás na conduta de ar do motor
 - c) despressurização do dispositivo de produção de gás HHO, precedida pela extração do gás a introduzir na conduta de admissão de ar do motor de combustão, a qual recorre ao vácuo existente na conduta de admissão de ar, e sendo que todo o gás produzido no sistema de produção de electrólise é injectado na conduta de admissão de ar do motor; e
 - d) em que a percentagem mássica óptima de HHO relativamente ao combustível utilizado varia entre 0,0005% a 0,05%, tendo como valor de referência a relação mássica de 0,005% para motores diesel e de 0,002% para motores a gasolina.

2. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por a percentagem mássica óptima de HHO relativamente ao combustível utilizado variar entre 0,002% a 0,010%.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por a alimentação de hidrogénio pelo tubo de alimentação de hidrogénio que sai do topo do sistema de electrólise produtor de gás ser conectado à conduta de admissão de

ar do motor, numa secção após filtração de ar e antes de qualquer compressor volumétrico, caso exista.

4. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado o caudal de gás HHO produzido ser ajustado por circuito electrónico em função do regime e cilindrada do motor, mantendo em caso de estequiometria da combustão um rácio volumétrico ar:hidrogénio entre $1:2,5 \times 10^{-6}$ e $1:3,5 \times 10^{-6}$.
5. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por eléctrodos utilizados na electrólise serem de níquel de pureza superior a 99% .
6. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por a tensão nos eléctrodos ser regulada electronicamente.

Lisboa, 09 de março de 2018