

ESTUDO DA COMBUSTÃO DA OPERAÇÃO BICOMBUSTÍVEL DIESEL-ETANOL NUMA MÁQUINA DE COMPRESSÃO RÁPIDA

Aluno: Pedro Delbons Duarte de Oliveira

Orientador: Carlos Valois Maciel Braga

Introdução

Em virtude da frequente preocupação com a questão do aquecimento global e mudanças ambientais em geral, faz-se cada vez mais necessária a busca por fontes de energia mais limpas. Uma alternativa para este problema é o uso do etanol em motores de combustão interna, substituindo parcialmente os derivados líquidos do petróleo.

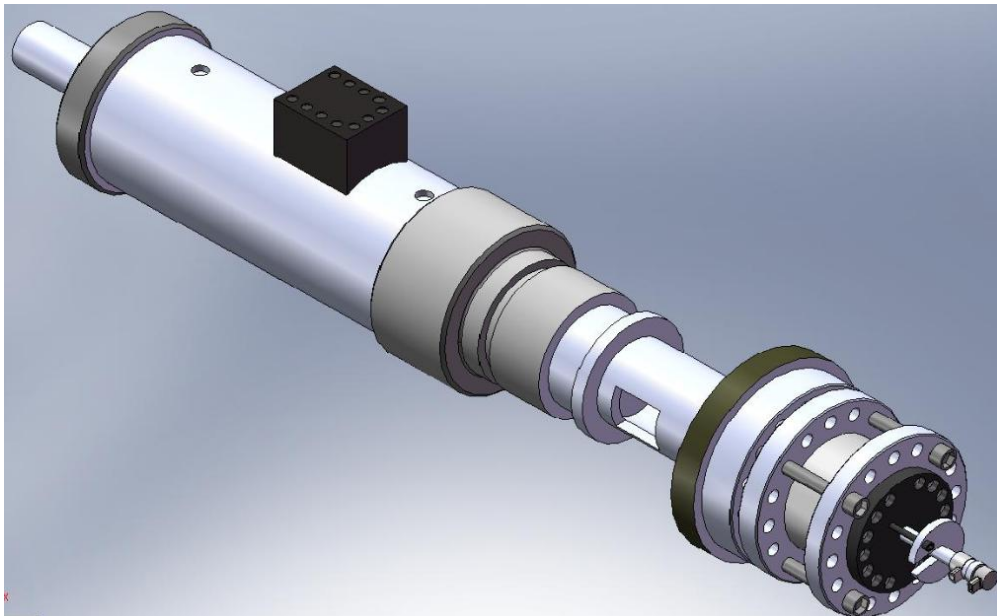
A conversão dos motores Diesel para a operação bicomcombustível Diesel-Etanol pode em muito contribuir para a redução das emissões de particulados, óxidos de nitrogênio e enxofre. A emissão de dióxido de carbono, produto dessa combustão, contribuirá posteriormente no processo de fotossíntese da cana-de-açúcar (matéria prima do combustível renovável alternativo). Portanto, no balanço global, a emissão de CO₂ na operação bicomcombustível seria drasticamente reduzida.

No entanto, em determinados regimes de funcionamento o desempenho motor bicomcombustível é afetado pela presença do etanol. Nessas condições, as emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos podem aumentar em relação ao funcionamento original à diesel.

Portanto, ainda é necessário realizar pesquisas que contribuam para o melhor aproveitamento dos combustíveis e a redução dos poluentes do motor Diesel-Etanol.

Objetivos

Estudar, junto à equipe de engenheiros e técnicos do Laboratório de Engenharia Veicular (LEV) da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, o funcionamento de uma máquina de compressão rápida (MCR), simulando diferentes modos de operação de motores Diesel e Otto, de forma simples e rápida. Em adição, investigar experimentalmente o impacto das técnicas do avanço da ignição do óleo diesel, a taxa de compressão do motor, o grau de hidratação do etanol, sobre os parâmetros globais de desempenho e emissões do funcionamento bicomcombustível.



Metodologia

Inicialmente será realizada uma revisão bibliográfica sobre o funcionamento Diesel-Etanol. O Laboratório de Engenharia Veicular (LEV) conta com publicações de *papers*, dissertações, teses e outras publicações acerca da operação bicombustível.

Preparar a montagem da sala de testes. Com o uso do software *SolidWorks* serão realizados desenhos de peças, suportes para a instalação de: termopares, transdutores de pressão, válvulas, manômetros, bombas de combustível, câmera de alta velocidade, lentes, entre outros.

O conceito de funcionamento da máquina de compressão rápida se baseia no movimento de dois pistões cilíndricos coaxialmente montados. Isto permite que haja um balanço de massa completo e quase nenhuma vibração devido ao acoplamento hidráulico dos elementos. A MCR possui pistão oco, sendo sua cabeça feita com material quartzo, o que permite filmagens, por meio de uma câmera de altíssima velocidade, que melhor desvendam o processo de injeção de combustível, formação do *spray*, e início da combustão.

Posteriormente, serão definidas as condições de funcionamento do motor que será simulado na máquina de compressão rápida. A MCR permite o ajuste de sua relação de compressão para valores que vão desde 5:1 até 25:1 (isto é, a faixa típica operacional dos motores dos ciclos Otto e Diesel). Isso, por sua vez, é possível pela variação do curso do pistão de 120 para 249 mm.

A MCR possui seu próprio *software* de operação, no qual todos os parâmetros, envolvidos na simulação, podem ser alterados. Durante os primeiros meses, foi necessário, um treinamento na operação do mesmo.

Os dados digitalizados da MCR serão analisados e posteriormente comparados com ensaios do motor real.

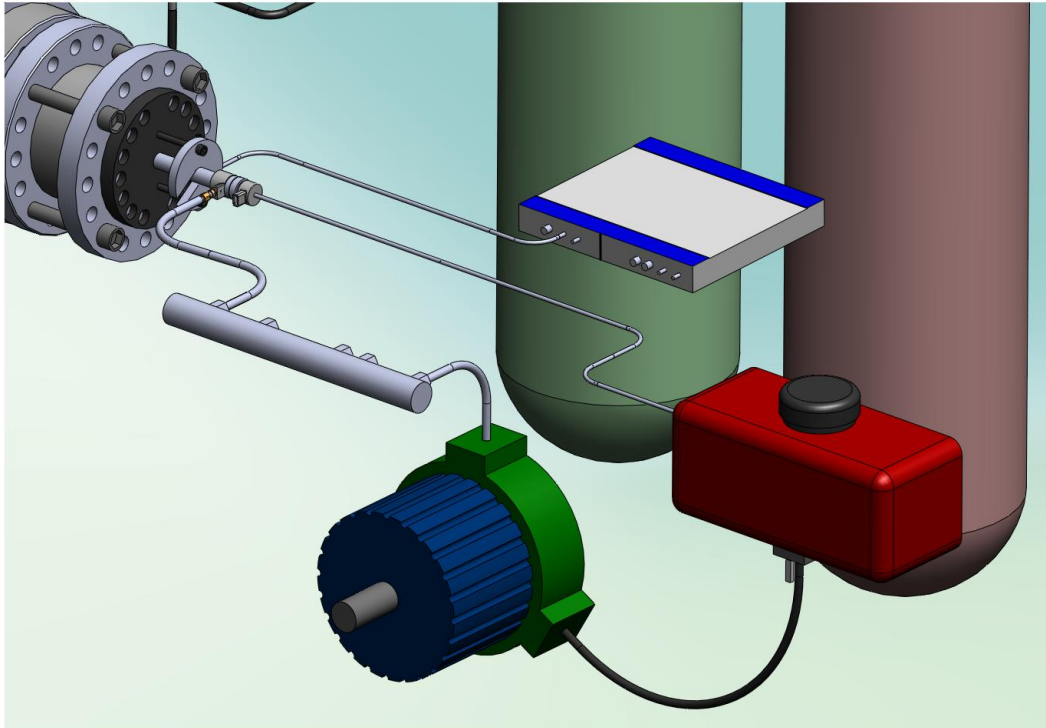
Especificações

Diâmetro do Pistão (mm)	84
Curso do Pistão (mm)	110 – 250
Taxa de Compressão	5 – 25
Rotações de Simulação (RPM)	1500 – 3500
Ensaio por hora	30
Acesso Visual	Cabeça do Pistão (45mm), Parede do Cilindro (35mm x 25mm - 3x90°) Cabeçote (20 mm)
Injeção	Direta (Diesel e Otto), Mistura Pré-Vaporizada (Otto), Combinada (Diesel-GN ou Diesel – Comb. Líquido)
Pressão Máxima na Câmara de Combustão	200 bar
Pressão de Acionamento	15 - 50 bar
Temperatura Máxima de Aquecimento da Parede do Cilindro	100°C
Temperatura Máxima de Aquecimento da Cabeça do Pistão	170°C
Combinação de Gases na Admissão	Sim
Geração de Swirl na Câmara de Combustão	Sim
Canais	5
Resolução de medição do curso	0.05 mm
Área necessária	3 m ²
Massa do equipamento	1000 kg
Controle	Software específico (RCM CAMAS)

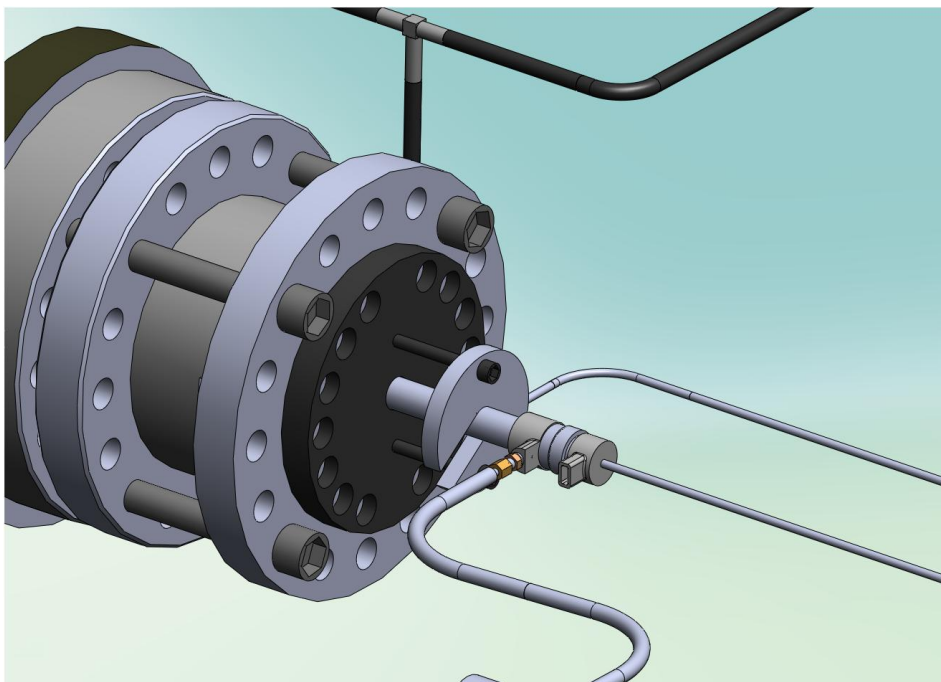
Funcionamento

A MCR, que simula diferentes modos de operação de motores Diesel e Otto, executa um único processo de compressão, incluindo parcialmente o processo de expansão. Nessa parte, é mostrado algumas de seus principais características de funcionamento:

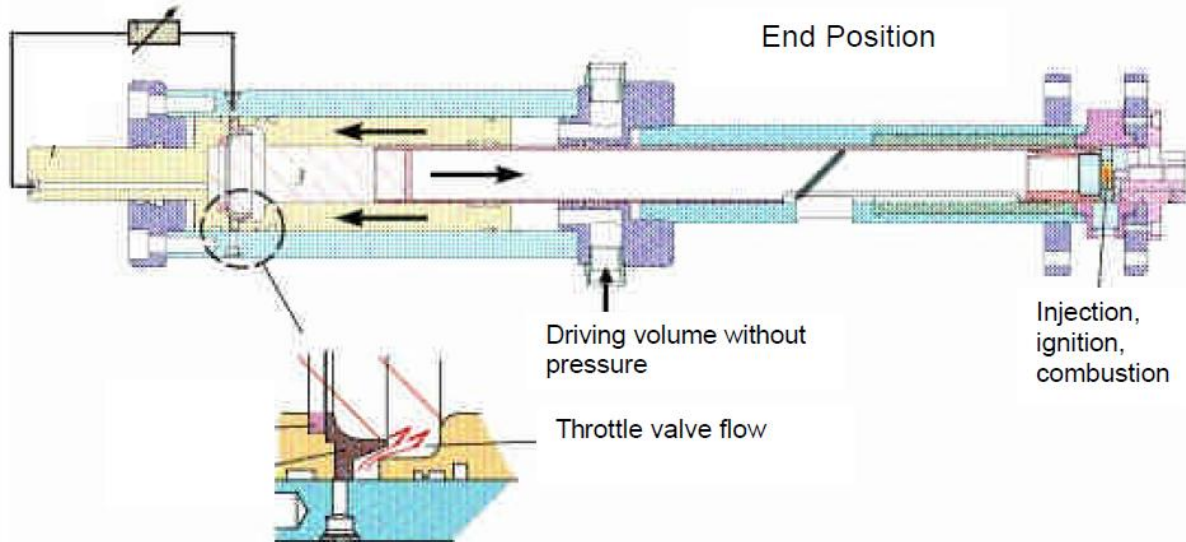
- Quanto ao sistema de injeção de combustível, foi preparada uma bancada comum reservatório, um motor elétrico e uma bomba de modo que o combustível utilizado chegasse ao bico injetor da máquina, numa específica condição de pressão. Todo esse sistema foi automatizado por um controlador PID (*proportional–integral–derivative controller*).



Nessa outra imagem, fica mais evidente, o tubo de combustível que liga o rail ao bico, o fio do sensor, e uma outra tubulação de combustível de retorno, que não é injetado e volta ao pequeno tanque.



- O sistema pneumático/hidráulico. Esse sistema permite que o ar comprimido, empurre uma película de óleo, permitindo assim o deslizamento do pistão. A força que o óleo imprime ao último, é determinada pelo operador através do software.



- Quanto ao software. É fácil e praticamente todas as suas funções são apresentadas numa única tela. Permite ao usuário, mudar suas funções antes de cada experimento e mostra os resultados, calculados com a simulação, apenas alguns segundos após o experimento. Essa é sua interface principal:

RCM CAMAS V3.0 (02.07.2009) - RCM5

TESTEM
WE SOLVE MEASUREMENT PROBLEMS

PMV1	PMV2	PMV3	PMV4	PMV5	PMV7	PMV8	PMV9	PMV10
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
PMV11	PMV12	PMV13	PMV16	HMV0	HMV1	HMV2	HMV3	HMV4
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
HMV5	HMV6	HMV7	HMV8	HMV9	HMV10	HMV11	HMV12	HMV13
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

Ambient Air Pressure [mbar]: --

Micro Controller (µC) Unit ...
 ◀ connected (Online Mode)
 ◀ not connected (Offline Mode)

Packages Sent / Received: 6 / 0

Procedures

- Open Machine
- Open Machine and Check Piston
- Close Machine
- Deflate Driving Volume
- Inflate Driving Volume
- Deflate Cylinder & Swirl Pipes
- Inflate Cylinder Volume
- Inflate Swirl Pipes
- Scavenge Cylinder Volume
- Evacuate Cylinder Volume
- Push Piston to Bottom Dead Center
- Calibration Cycle
- Remove Oil from Driving Gas Volume
- Check Oil Level
- Start Compressor
- STOP RUNNING PROCEDURE
- Close
- EMERGENCY STOP

Special Gas (N2, EGR, ...)

Air Tank Gas Pressure (PSDM4): 0 bar

High Pressure Air Tank

Compressor

Pressure Reducer (PDRM1)

Safety Valve (PUD1)

Pressure Reducer (PDRM3)

Safety Valve (PUD3)

Ball Valve (PKH1)

Swirl pipes gas pressure (PSDM3): 0.00 bar

Vacuum Pump

Driving Gas Pressure (PSDM1): 0.00 bar

Screw tensioner unit

Wall Temperature: 0.0 °C

Piston Bowl Temperature: 0.0 °C

Charge Gas Pressure (PSDM2): 0.00 bar

Exhaust

HDS2 open

CS2 closed

CS1 closed

Piston Position: 0.00 mm

Reference Signal [mm]: 0

Max. Piston Position: 0

Specified Stroke: 218.00

Reset Max-Value

Inhibit states

Status: Initialization completed

Show history

Warnings ?

Show Warnings

User: admin

Running Time: 0:24:44

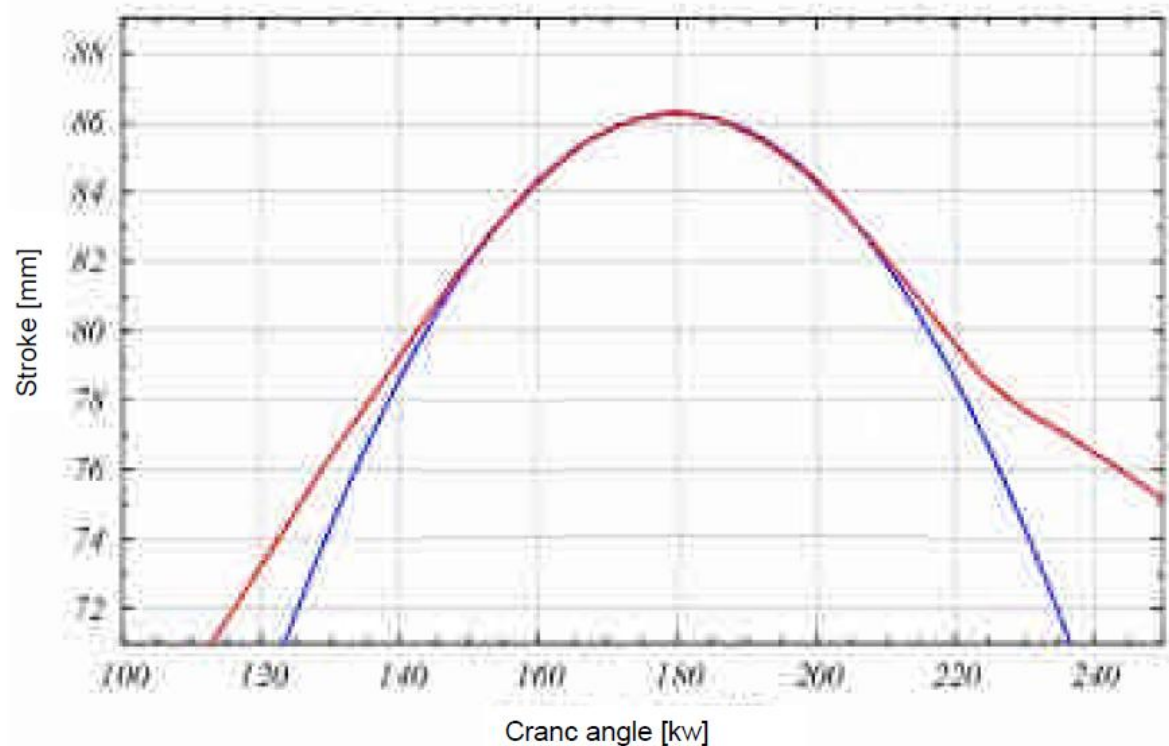
Date/Time: Fri 28/Aug/2009 10:14

ESC: EMERGENCY STOP

Resultados

Devido à máquina ser recém adquirida e de funcionamento bastante complexo, ainda é preciso algum tempo para que resultados possam ser apresentados de maneira formal. Entretanto, podemos ver o quanto a máquina consegue ser fiel a um motor real.

Aqui, vemos uma curva de curso por ângulo de manivela de um ensaio realizado, tipicamente, onde a linha vermelha representa a curva simulada pela MCR e a de cor azul de um motor real. Nas regiões mais importantes, próximo ao ponto morto superior, as curvas praticamente se sobrepõem o que comprova a eficiência do teste.



Conclusões

O estudo do funcionamento de uma máquina de compressão rápida permitirá um melhor entendimento da combustão bicombustível em um motor real. Os resultados obtidos nas simulações permitirão estudos mais detalhados dos processos de injeção, mistura e combustão. Isso permitirá aplicar os conceitos aprendidos em sala de aula em situações práticas.