

Desenvolvimento de uma bancada de teste para amortecedores automotivos⁽¹⁾.

Marcelo Vandresen⁽²⁾; Michel Fabre Almeida⁽³⁾; Vinicius Ghellere Sbardelotto⁽⁴⁾

Resumo Expandido

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Edital 12/2013, da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

⁽²⁾ Professor Dr; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; vandresen@ifsc.edu.br; ⁽³⁾ Estudante; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; michelfabrealmeida@hotmail.com; ⁽⁴⁾ Estudante; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; viniciusghellere@gmail.com;

RESUMO: Os amortecedores automotivos são elementos chave no comportamento dinâmico dos veículos. O seu desgaste é lento, gradual e progressivo; de forma que o condutor do veículo acaba por se acostumar com a diminuição de seu desempenho e não nota a perda de ação do mesmo. Este artigo descreve como foi desenvolvida uma bancada de teste de amortecedores baseada nos modelos existentes no mercado, porém tendo como premissa principal o baixo custo. Foram analisados os mecanismos Biela Manivela e Scotch Yoke de maneira analógica e simulando-se os mecanismos em software CAD. Após esta análise o sistema Scotch Yoke foi escolhido pois seu movimento descreve uma função senoidal perfeita. Para a movimentação do sistema foi escolhido um motor de 3CV, e para o controle de velocidade foi utilizado um variador de frequência com capacidade de 7,33A, permitindo que o dispositivo tivesse capacidade de testar além de amortecedores de veículos fabricados em linha, amortecedores de competição. O artigo descreve detalhes construtivos da bancada construída e também o sistema embarcado escolhido para o gerenciamento dos testes, registro e exibição dos gráficos com o uso do Raspberry Pi em conjunto com os sensores de deslocamento, LVT (transdutor linear de velocidade), temperatura infravermelho, força célula de carga e posicionamento angular encoder. Para interface homem máquina foi utilizado uma tela, mouse e teclado. O artigo descreve testes preliminares e ajustes do sistema e também os diferentes gráficos que podem ser utilizados para analisar o estado de amortecedores automotivos.

Palavra Chave: bancada, gráfico, Scotch Yoke.

INTRODUÇÃO

Segundo Dixon (2007) o conjunto mola amortecedor é responsável pela estabilidade do veículo, a função do amortecedor é assegurar o constante contato da roda com o solo (diminuindo a distância de frenagem), controlar a saída de uma curva realizada por um veículo e contribuir para a estabilização do mesmo ao passar por obstruções no percurso, pois minimiza o comportamento desordenado do veículo.

Grande parte das máquinas para teste de amortecedores são constituídas por um sistema mecânico e um sistema eletrônico, em relação à parte mecânica (a qual é responsável pela excitação do amortecedor), há duas variações frequentemente utilizadas para este sistema eletromecânico o mecanismo Biela-Manivela e o Scotch Yoke (optou-se pelo Scotch Yoke). Ambos os mecanismos transformam o movimento angular em linear. Há também outros tipos de sistema para a excitação do

amortecedor como por exemplo o servo-hidráulico, entretanto é um processo mais complexo e de custo elevado. Contudo a parte eletrônica da bancada de teste tem a finalidade de medir as seguintes grandezas: força (força de amortecimento), o deslocamento (obtido pela distância percorrida), velocidade e a temperatura (grandeza que altera a viscosidade do material e por consequência seu comportamento).

Este trabalho descreve a construção e funcionamento da bancada de teste para amortecedores desenvolvida pelo grupo de pesquisa ADeMCI.

METODOLOGIA

Construção da Bancada de Teste

Para a construção da bancada de teste, primeiramente foi desenvolvido o modelamento matemático e estrutural em CAD para os dois

mecanismos (Biela-Manivela e Scotch Yoke). Com base nestes dados optou-se pelo sistema Scotch Yoke e então, a bancada de teste foi construída no laboratório de máquinas e ferramentas do Instituto Federal de Santa Catarina campus Florianópolis.

Na figura 1 pode ser visualizada a bancada construída e o modelo desenvolvido em CAD com suas partes enumeradas.

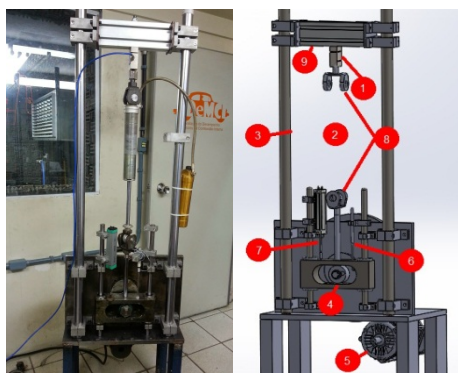


Figura 1 – Foto da bancada construída (esquerda) e do modelamento estrutural em CAD (direita). Fonte: autores.

A parte superior (9) pode ser movimentada para se adequar ao comprimento do amortecedor. A seguir estão descritos os itens numerados na figura 1:

1. Célula de carga (REACCIÓN, 2014) modelo CZCB-1000 com capacidade de 1000kg;
2. Localização do amortecedor;
3. Sensor infravermelho de temperatura (MELEXIS, 2014) modelo MLX90614 mede temperatura de objetos entre -70°C até +380°C;
4. Mecanismo Scotch Yoke;
5. Motor elétrico 3 c.v (Weg 90L 1710 RPM);
6. Sensor de velocidade linear para curso máximo de 100mm;
7. Sensor de deslocamento linear (GEFRAN, 2014) modelo LT-M-0100-P;
8. Suportes para fixação do amortecedor.

O material utilizado na construção da bancada de teste foi aço (ABNT 1045). O suporte para a fixação das barras verticais são de alumínio também como a barra superior. Foram utilizados discos de borracha na base da bancada para minimizar a vibração durante o teste.

A primeira parte fabricada foi o mecanismo Scotch Yoke. Como esta é uma peça de precisão, na qual um rolamento é encaixado com folga máxima de 0,05mm dentro do bloco do Scotch Yoke, para isso foi necessário utilizar uma máquina de eletro-erosão a fio para usinar esta peça.

Foram utilizados furos excêntricos para determinar seguintes cursos para o amortecedor 12.5mm, 25mm, 50mm e 100mm. E o eixo de movimentação do mecanismo está conectado a uma polia que esta ligada a outra presa no motor elétrico, a relação do diametro das polias é de 1:5, sendo motor e mecanismo respectivamente.

Parte eletrônica

Para verificar a velocidade angular do eixo do mecanismo Scotch Yoke, foi utilizado um sensor de posicionamento angular (encoder Metaltex) fixado na ponta do eixo do mesmo.

Para controle da bancada e aquisição dos dados utilizou-se a plataforma Raspberry Pi que funciona com o sistema operacional Linux. A Raspberry Pi não tem entrada de dados analógico e a maioria dos sensores são analógicos, portanto utilizou-se um conversor analógico digital (ADC) modelo MCP3208 de 12 bits para converter os valores analógicos em valores digitais.

A figura 4 representa o diagrama do sistema eletrônico da bancada de testes.

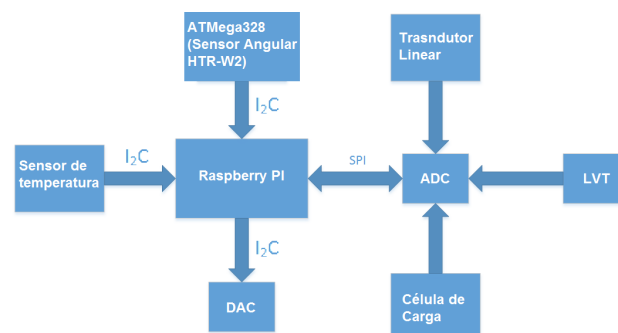


Figura 4 – Esquemático da ligação dos sensores. Fonte: autores.

Foi desenvolvido um programa na linguagem “C” para o processamento dos dados. E está sendo desenvolvido um programa na plataforma Processing para exibição dos gráficos.

Rotina de testes

Primeiramente é necessário fixar uma extremidade do amortecedor na célula de carga (localizado na parte superior da bancada) e fixar a outra extremidade do amortecedor no suporte inferior que está ligado ao mecanismo Scotch Yoke. Iniciar o programa para teste na Raspberry Pi, aguardar o zeramento da célula de carga e do sensor de deslocamento, e em seguida ligar o motor com a velocidade desejada para iniciar a leitura dos dados, os dados são adquiridos durante vários

ciclos. Após o término, todos os dados são salvos automaticamente em um documento de texto no formato CSV o qual pode ser importado em programas para gerar gráficos como o Microsoft Excel e LibreOffice.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um teste realizado foi com um amortecedor usado, o qual foi retirado do veículo Kombi da marca Volkswagen. Os testes foram feitos nas seguintes velocidades máximas de excitação do amortecedor: 23mm/s, 55mm/s, 90mm/s, 125mm/s, 160mm/s, 190mm/s e 225mm/s. Segue a figura 5, com as medidas obtidas pela bancada de teste.

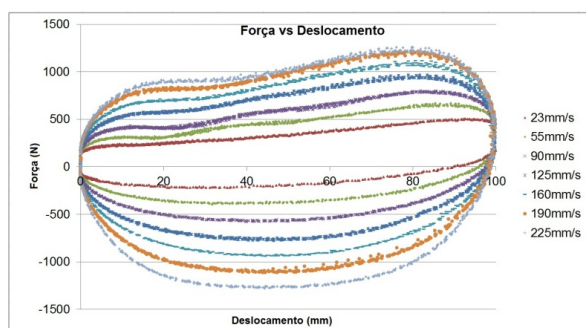


Figura 5 – Gráfico da força em função do deslocamento para o amortecedor de Kombi. Fonte: autores.

Nesta fig. 5, cada curva é referente a uma velocidade de teste para o mesmo amortecedor. Durante o teste foi possível perceber que a velocidade do motor não foi constante, isso pode ter ocorrido, pois o motor estava girando a uma velocidade muito abaixo de sua velocidade nominal de rotação, onde seu torque é menor.

A bancada também mede a velocidade de excitação do amortecedor simultaneamente com a força aplicada nele, permitindo que seja gerado o gráfico da força pela velocidade como pode ser visualizado na figura 6.

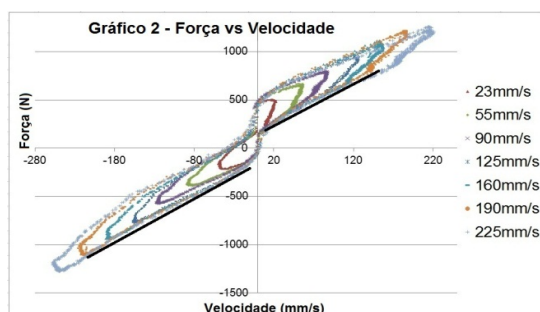


Figura 6 – Gráfico da força em função da velocidade para o amortecedor de Kombi. Fonte: autores.

É possível obter o coeficiente de amortecimento pela relação da força e velocidade. Ao traçar duas retas paralelas na parte inferior da curva do gráfico (Figura 2), a lei de formação da reta será o coeficiente de amortecimento “b”.

Com a força e a velocidade, por meio dos valores extremos de cada teste foi possível gerar o gráfico do pico da força pelo pico da velocidade dos diversos testes, apresentado na figura 7.

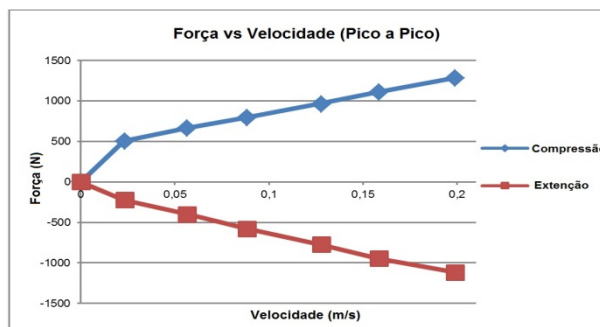


Figura 7 – Gráfico do pico da força em função do pico da velocidade dos testes feitos para o amortecedor de Kombi.

Fonte: autores.

Nesta fig. 7 percebe-se um comportamento que tende a ser linear, ou seja, ao aumentar a velocidade do teste a força de amortecimento será maior.

Outro amortecedor foi testado. A seguir pode ser visualizado na fig. 8 os resultados obtidos para um amortecedor traseiro que será utilizado pelo grupo Fórmula da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), na competição Fórmula SAE.

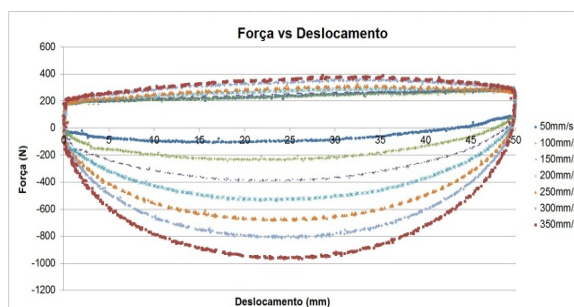


Figura 8 – Gráfico da força em função do deslocamento para o amortecedor do grupo Fórmula da UFSC. Fonte: autores.

Ao analisar fisicamente a figura 8, percebe-se que há uma resposta rápida para a compressão, e controle durante a extensão. O veículo que utiliza este amortecedor é relativamente leve, o amortecedor vai ser utilizado junto a uma mola, como pode ser visto no gráfico mesmo ao aumentar a velocidade o amortecedor tende a limitar sua força de compressão para que não ultrapasse os 400N, para então que o veículo consiga usufruir do amortecimento.

Foram testados (pela bancada de teste) cinco amortecedores traseiros de um veículo de corrida de Rally. O amortecedor possui uma câmara de gás, preenchida de nitrogênio com uma válvula de regulagem da compressão do amortecedor, e na parte inferior da haste entre o orifício de fixação há outra válvula para regular a expansão do amortecedor. Na figura 9, é apresentado dois gráficos dos dados obtidos durante o teste.

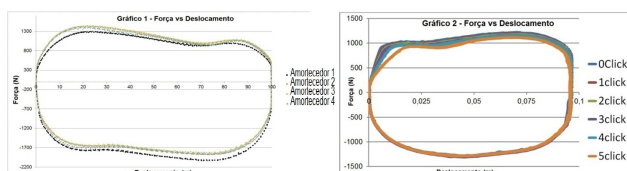


Figura 9 – Gráfico da força em função do deslocamento para quatro amortecedores e ao lado o comportamento de um amortecedor em relação ao ajuste das válvulas. Fonte: autores.

Para verificar a capacidade de leitura da bancada ao identificar ajustes finos, foram testado quatro amortecedores de corrida de Rally, cujo dito estar equalizado com base no número de “Click” (regulagem das válvulas), entretanto pelos testes realizados na bancada verificou-se que estavam com comportamentos distintos. Então definiu-se o “Damper 1” (amortecedor 1) como padrão para regular os outros três amortecedores. Ao final do processo (como pode ser visualizado na Figura 10 no Gráfico 1) os amortecedores foram equalizados e então mediu-se a pressão da câmara de gás dos amortecedores, o primeiro (que foi definido como padrão) estava com 12kgf/cm² enquanto os outros três estavam com 14kgf/cm², por isto não foi possível aproxima-lo ainda mais com o restante. Também é apresentado o gráfico da variação das regulagens que pode ser visualizado no Gráfico 2 da Figura 10, a bancada conseguiu identificar estas variações (com a menor variação em torno de 5N).

Para estes amortecedores, um foi testado à velocidade constante sendo a única variável a temperatura (°C) dele, a cada variação de 10°C na temperatura percebeu-se uma diferença no gráfico de seu comportamento. Pelo princípio físico ao aumentar a temperatura de um fluido o valor de sua viscosidade diminui, portanto o arraste interno do fluido entre as válvulas diminui, ocasionando a diminuição da força de amortecimento.

CONCLUSÕES

O objetivo principal deste projeto, construir uma bancada de teste para amortecedores automotivos foi alcançado e obteve resultados satisfatórios. A bancada é versátil e pode testar diversos modelos

de amortecedores com cursos de 12,5mm até 100mm. Para amortecedores com amortecimento ajustável, foi possível medir variações em torno de 10N no comportamento deste amortecedor.

Alguns recursos ainda devem ser implementados e melhorados, como o fato de o motor elétrico não conseguir manter uma velocidade de giro constante durante os testes, um estudo está sendo feito para avaliar melhor este problema, uma solução seria implementar um controle PID no variador de frequência, que poderá garantir a velocidade constante do motor. Outro fator importante que ainda não foi concluído é o software para a visualização de gráficos, que será mais eficiente do que o método atual.

O preço de todos os materiais utilizados incluindo os componentes eletrônicos tiveram gastos em torno de U\$5,000, enquanto uma máquina similar é comercializada por volta de U\$15,000 no exterior. E está sendo avaliada a possibilidade de construir uma bancada que utilize apenas dois sensores: a célula de carga e de posicionamento angular (Encoder) no qual será obtida a posição (deslocamento), a velocidade e a aceleração do sistema sobre o amortecedor. Reduzindo o gasto com outros sensores.

REFERÊNCIAS

a. Livro:

DIXON, John, **The Shock Absorber Handbook**, 2.ed., West Sussex: John Wiley & Sons, 2007.

b. Internet:

REACCIÓN, Flexar. **Celda de Carga CZC**. Disponível em: <<http://flexar.com.ar/espanol/productos/czc/czc.pdf>>. Acesso em 10 jun. 2014.

MELEXIS, **MLX90614 Is a Digital Thermopile Based Non-Contact Infrared Thermometer in a TO39 Housing**. Disponível em:

<<http://www.melexis.com/Infrared-Thermometer-Sensors/Infrared-Thermometer-Sensors/MLX90614-615.aspx>>. Acesso em 10 jun. 2014.

GEFRAN, **LT Rectilinear Displacement Transducer**. Disponível em:

<<http://www.gefran.com/en/download/3208/attachment/pt>>. Acesso em 10 jun. 2014.

METALTEX. **Encoder / Rotary Encoder**. Disponível em: <<http://www.metaltext.com.br/downloads/HTR.pdf>>. Acesso em 10 jun. 2014.

RASPBERRY PI FOUNDATION, **Raspberry Pi**.

Disponível em: <<http://www.raspberrypi.org/>>. Acesso em 10 jun. 2014.