

Implementação de um sistema para teste de compressão de molas de válvulas⁽¹⁾.

**Diovani Castoldi Lencina⁽²⁾, Carolina Plahtyn Fernandes⁽³⁾ ; Luana Nunes da Silva⁽⁴⁾ ;
Lucas Dal Ponte Feliciano⁽⁵⁾.**

Resumo Expandido

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Edital 12/2012, da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação.

⁽²⁾ Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; diovani@ifsc.edu.br; ⁽³⁾ Estudante; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; cplahtyn@hotmail.com ; ⁽⁴⁾ Estudante; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; lunusi_17@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Estudante; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; lucasdpfeliciano@gmail.com.

RESUMO: As molas de compressão das válvulas dos motores automotivos são elementos chave no comportamento dinâmico do motor. 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 da ação do mesmo. A perda de força de compressão faz com que as válvulas tenham uma velocidade de fechamento menor que o esperado e, desta maneira, os motores perdem rendimento. Os profissionais da área de manutenção automotiva empregam testes empíricos e de critérios muito variados para fazer a avaliação e a determinação do ponto em que as molas devem ser substituídas. Este artigo descreve como foi desenvolvida uma bancada para teste de compressão de molas de válvulas baseada nos modelos existentes no mercado, porém tendo como premissa principal o baixo custo. Foi realizado o modelamento das cargas envolvidas e de componentes em CAD e também desenvolvido um sistema robusto capaz de suportar cargas geradas pela compressão da mola. A carga é aplicada por meio de uma alavanca com ampliação de força, a deflexão da mola é registrada por um paquímetro digital e a carga por uma célula de carga. Essas informações são enviadas para um sistema embarcado que apresenta as informações instantaneamente em um display. A carga da mola é avaliada na sua posição de montagem (altura de compressão) e também no ponto de levante máximo do comando de válvulas.

Palavra Chave: compressão de molas, bancada de teste, molas de válvulas.

INTRODUÇÃO

Uma vez que uma válvula de admissão é acionada ela precisa retornar ao seu ponto inicial. Para que essa válvula retorne, é necessária a ação das molas. Com o tempo estas vão se desgastando e assim comprometendo a potência do motor. Os donos de veículos estão acostumados com, depois de um tempo de uso, a perda da eficiência do seu motor. O objetivo desse projeto foi criar um sistema de teste no qual se pudesse testar a condição dessa válvula através da sua compressão em um aparato para leitura de dados a partir de sensores – célula de carga e paquímetro. Os dados dos sensores são absorvidos através de um módulo eletrônico produzido pelo ADeMCI (Grupo de Avaliação do Desempenho de Motores de Combustão Interna), para assim encontrar uma forma de criar uma documentação com dados para comparação de molas e, assim, mostrando se estão ideais para sua função, ou já estão desgastadas ao ponto de precisar de substituição.

METODOLOGIA

Com o objetivo principal de mensurar duas grandezas em uma mola de compressão de válvulas discutisse a possibilidade do uso de um mecanismo para medir simultaneamente, deflexão e carga aplicada na mola.

O modelo escolhido foi o de uma prensa manual para uso geral, onde se adaptou um paquímetro na parte lateral de dois discos, sendo que um dos discos é fixado na cremalheira que aplica força sobre a mola, e o outro é fixado em uma célula de carga (Figura 1). Para a interface, uma vez que o objetivo é ser implementado para testes, utilizou-se um sistema desenvolvido anteriormente para exibir os dados de maneira prática, podendo ser configurado para exibir informações específicas, como as medições mais pertinentes; esta disponibiliza também uma interface de comunicação com o PC, por meio de uma interface usb.

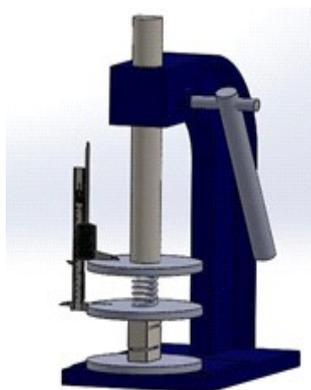


Figura 1 – Modelamento do aparato no software SolidWorks. Fonte do autor.

Placa de Displays

A placa de displays é uma interface completa para o sistema (Figura 2), possibilitando a exibição dos dados de forma simples, a atualização dos valores é feita através da comunicação com a placa “base”, onde toda a aquisição e condicionamento dos dados são realizados, a qual será descrita de forma mais precisa posteriormente, foram desenvolvidas funções específicas em C++ para uso da plataforma com qualquer dispositivo com comunicação I²C (User Manual - I²C BUS, 2014), garantindo uma versatilidade de aplicações para os projetos do laboratório.



Figura 2 – Placa de displays ligada. Fonte do autor.

A exibição dos dados é feita utilizando 4 displays de 7 segmentos com 4 dígitos cada, como mostrado na figura 6, além de um LCD de 20x4, o qual é utilizado para menu e funções específicas. Para o sistema em questão utilizou-se a exibição de massas em valores específicos, devido ao teste pode-se criar outros menus mais específicos. A placa é baseada em um micro controlador Atmel de 8 bits, que envia sinais para um CI BCD para um MUX paralelo e para um FT232, esta placa não possui um alto nível de reconfiguração, permitindo apenas a alteração do firmware.

Paquímetro Digital

Para medir a deflexão gerada pelo movimento da mola optou-se pelo uso de um paquímetro digital (Figura 3), pela sua praticidade em termos de montagem e de leitura de seus dados, é

possível fazer a leitura de maneira muito simples acessando o conector disponível na maioria dos paquímetros no mercado, sendo necessária apenas a verificação de qual tipo de pacote de dados ele fornecerá, no formato BCD (Binary-coded Decimal) ou em uma palavra de 24bits, a interface e a comunicação serão descritas melhor posteriormente.



Figura 3 – Paquímetro Digital. Fonte do autor.

Célula de Carga

Foi selecionada uma célula de carga que tem resistência de 350 Ω , e é produzida pela Empresa Reaction, Modelo: CZI – 500 (Figura 4). De acordo com o fabricante, o uso de uma célula de carga é interessante para o projeto, pois a carga aplicada na célula gera uma variação aproximadamente linear na resistência da mesma, esta variação de resistência é lida com uma variação de tensão na saída da ponte quando é submetida a uma tensão conhecida é possível saber qual o nível de carga aplicada compondo uma equação que caracteriza o comportamento da célula, o sinal é condicionado e amplificado para que possa ser lido.



Figura 4 – Célula de carga. Fonte do autor.

Placa de aquisição de dados

A placa base do sistema é uma placa confeccionada com o mesmo framebase da placa de displays, garantindo um layout adequado para a montagem placa-sobre-placa, a placa possui um conector de 10 vias montado na mesma posição em que a placa dos displays possui, garantindo alimentação para a placa de displays e enviando os dados utilizando os sinais de SCL e SDA. A placa confeccionada está disponível na Figura 5. A configuração de hardware é um microcontrolador Atmega328p (ATMEL, 2014), que segundo o datasheet, possui 6 entradas analógicas

com uma resolução de 10 bits, dois ports de 8 bits para uso geral entre eles comm I²C, SPI, timer's entre outras aplicações.

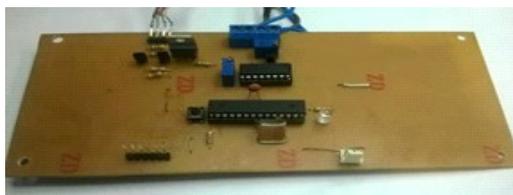


Figura 5 – Placa de aquisição de dados. Fonte do autor.

Para o sistema é necessária a aquisição de dois tipos de dados distintos, o de um paquímetro digital e a de uma célula de carga, ou seja, um sinal analógico. O paquímetro fornece os dados de forma serial, síncrona, enviando um bit da mensagem a cada ciclo de clock, para fazer a leitura desse sinal utiliza-se dois bits de um port do micro controlador utilizando um level shifter, elevando o sinal de 1.5V vindo do paquímetro para 5V do CI.

A alimentação do paquímetro vem através do mesmo conector, utiliza-se um LM317 para regular a tensão e fornecer 1.5V, não sendo necessário que o mesmo utilize bateria como padrão. Devido ao custo elevado e considerando que o projeto é utilizado em meio acadêmico, foi manufaturado um conector para a ligação da figura 6 onde é necessário que o conector encaixe com um ajuste para não se desligar no processo.



Figura 6 – Conector manufaturado para confecção com o paquímetro digital. Fonte do autor.

O programa desenvolvido para decodificação dos dados recebidos trabalha verificando o tempo entre um pulso de clock e outro, se o intervalo for maior que 500us significa que há uma mensagem nova vindo, desta forma começa-se um deslocamento de bits onde se verifica o estado do DATA a cada transição de SCK, a partir deste ponto o valor é armazenado em uma variável, este valor recebido é o mesmo valor mostrado pelo paquímetro, sem o ponto na segunda casa, portanto basta dividi-lo por 100, o bit numero 21 descreve se o valor é negativo ou não (24-bit Digital Caliper Data Format, 2014).

A leitura da célula de carga é feita através do AD do microcontrolador utilizado, como a resolução é de 10 bits e a referência analógica para o sinal é de 5V é possível medir com uma resolução de aproximadamente 5 mV, o valor que a célula de carga gera de excitação está muito abaixo

dessa escala, podendo variar na faixa inteira apenas 5 mV, portanto é necessário realizar a amplificação deste sinal para que assuma o valor de 0 - 5V, garantindo uma leitura ideal em toda a faixa, sendo este o valor ideal.

O CI INA125 de acordo com o datasheet possui um estágio de amplificação de sinal adequado para o uso em células de carga, garantindo uma leitura diferencial do transdutor a ser mensurado, assim como uma fonte interna que garante uma alimentação constante (10V +/-0.5V), a qual está nas tolerâncias preestabelecidas para o projeto. Com uma montagem que utiliza o padrão de ligação da célula [imagem x4] é possível eliminar o uso de uma fonte simétrica, aplica-se a uma das tensões diferenciais da fonte uma tensão usando um trimpot de precisão, a fim de garantir uma tensão próxima a zero quando não há carga, esse ajuste de zero é feito uma vez, apenas para garantir que algum erro de offset na célula de carga diminua a faixa de medição.

Uma vez que a célula de carga possui uma resistência baixa utiliza-se um transistor [imagem x5], O ajuste é feito de forma manual, tanto para o offset quanto para o ganho, onde verifica-se a resposta do ADC, de forma serial, verificando se na ausência de carga o valor é aproximadamente zero, o outro ponto é ajustado com a carga máxima a ser aferida, para o sistema aproximadamente 2500 N, com o Span ajustado é possível realizar a calibração da célula.

Rotinas de execução

As rotinas de programação estão distribuídas em várias funções, as quais são divididas em funções de aquisição, funções de exibição de dados e de configuração, na inicialização o sistema faz o resgate da ultima configuração valida registrada na EEPROM, esse resgate é feito uma vez apenas para poder utilizar os valores na equação, além da configuração da interface serial e I²C a ser utilizada, a configuração dos registradores de leitura do ADC também é alterada diminuindo o tempo em que a aquisição de dados é realizada.

A rotina de leitura realiza uma média com 15 valores realizando uma média móvel, esta média garante que não haverá uma grande variação em cima de 15 leituras o que garante uma medição estável quando se coloca na posição de medição.

A leitura de deflexão é feita de forma bloqueante, ou seja, caso haja uma falta de conexão com o paquímetro o sistema avisa a falta do sua falta e bloqueia qualquer leitura até que seja feita a instalação. A leitura da carga é realizada fazendo a média dos valores e aplicando os valores de a e b, essa variável é exposta nos displays e tratado de acordo com a necessidade, é possível realizar o ajuste de offset durante a execução do programa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação foi realizada utilizando pontos de deflexão variando de 1 em 1 mm do ponto mínimo até o ponto máximo de deflexão.

Para o procedimento aplica-se manualmente uma carga observando apenas a deflexão gerada na mola, para cada ponto pré-determinado anota-se a carga que foi aplicada para gerar tal deflexão.

Os valores são comparados com tabelas técnicas referentes à mola e seu material e a partir desses dados referentes ao seu desgaste, é possível realizar a aferição de múltiplas molas e verificar se as mesmas se enquadram em um motor específico, casando-as para cada válvula.

Após a realização dos testes no aparato produzido pelo grupo de pesquisa em cada mola do motor, comparando os resultados obtidos e nota-se uma variação entre o coeficiente de elasticidade das molas, como mostrado na Figura 7, o que interfere no desempenho do motor analisado.

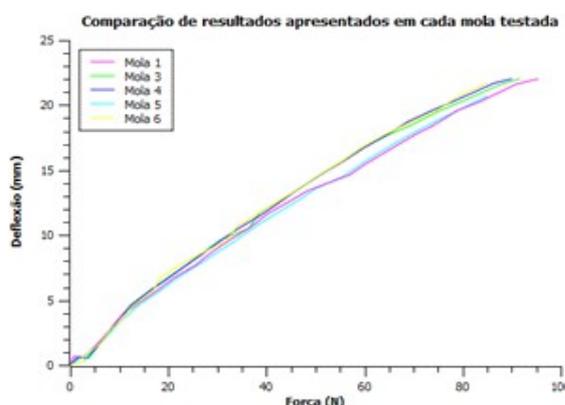


Figura 7 – Gráfico de comparação dos resultados. Fonte do autor.

Nota-se também que nos testes realizados há um erro, como ilustra a Figura 8. O erro pode ter ocorrido por erro de medição ou por alguma interferência externa no sistema ainda não solucionado.

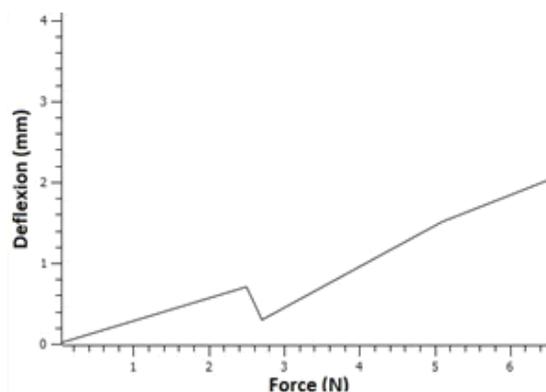


Figura 8 – Erro encontrado nos gráficos apresentados. Fonte do autor.

CONCLUSÕES

A bancada de testes desenvolvida supriu o que foi proposto, mediu a deflexão da mola e a força aplicada para comprimir a mesma, apesar de algumas modificações futuras serem necessárias para que os resultados sejam mais precisos e sem chance de erros como os ocorridos nos testes com o conjunto de molas apresentado neste artigo.

Como solução para melhorar o desempenho da máquina, pode-se mudar o modo de fixação do paquímetro digital, ou até mesmo trocar o paquímetro por outro sensor para medir com maior precisão a deflexão das molas testadas.

Pode-se também alterar a sua estrutura física, mudando a alavanca, onde é aplicada a força de compressão, por outra estrutura mais precisa e com uma variação menor do que a apresentada.

REFERÊNCIAS

a. Internet:

User Manual; I²C BUS – I²C bus specification and user manual. Disponível em: <http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf> Acesso em: 25 abr. 2014.

SRL, Flexar.CELDA DE CARGA CZC.Disponível em: <<http://www.flexar.com.ar/espanol/productos/czc/czc.pdf>> . Acesso em: 05 mai. 2014.

ATMEL. 8-bit AVR Microcontroller. Disponível em: <www.atmel.com/Images/doc8161.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2014.

24-bit Digital Caliper Data Format. Disponível em: <<http://www.robotroom.com/Caliper-Digital-Data-Port-2.html>> Acesso em: 30 de abr. 2014.

Datasheet CI INA 125. Disponível em: <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/56681/BURR-BROWN/INA125.html>> Acesso em: 8 mai. 2014.