SIMULAÇÃO DOS MEIOS DE TRANSPORTE EM LABORATÓRIO

No dias de hoje, é cada vez mais forte a tendência de "trazer o meio físico da distribuição para dentro do laboratório", quando se trata de procedimentos de simulação de transporte. Apesar de, no Brasil, a grande maioria de ensaios de simulação de transporte serem feitos através de varredura freqüência senoidal (Sine Sweep), a nível internacional, cada vez mais procura-se realizar simulações de transporte onde o resultado final seja o mais próximo possível da realidade, para que ao final de um ensaio laboratorial, se possa prever, com maior precisão, qual será o desempenho do conjunto produto/embalagem durante o seu transporte. Para isto foram desenvolvidas técnicas de geração de vibrações baseadas em medições reais de campo, mas que possuem resultados finais distintos com respeito às vibrações produzidas na mesa de vibração.

A base comum das duas técnicas existentes é a instrumentação do veículo que se deseja simular no laboratório, com a subseqüente aquisição de dados. Normalmente, esta instrumentação é feita com a instalação de acelerômetros no meio de transporte (carrocerias de caminhões, vagões de trens, compartimentos de cargas de aviões), os quais são conectados a condicionadores de sinal, que por sua vez são ligados a gravadores de fita magnética ou digitalizados e arquivados binariamente, com tantos canais quantos forem os acelerômetros. Normalmente, os sinais provenientes dos acelerômetros são modulados em freqüência (FM), para que diferenças de níveis de amplitude em diferentes freqüências, originados na gravação não falseiem o resultado, já que em FM as amplitudes de aceleração serão proporcionais à freqüência do sinal da fita magnética.

No caso de equipamentos com unidades de gravação digital, que consistem em "caixas pretas" totalmente autônomas, que já incorporam os acelerômetros, baterias, condicionadores de sinais, estes utilizam-se de um microprocessador para controle e fazem a gravação digital do sinal. Semelhante a este processo, pode-se utilizar um microcomputador com uma interface Analógico/Digital na função de coletar sinais dos acelerômetros. Acredita-se também que "Compact Disc Recorders" sejam também uma alternativa para esse tipo de gravação.

A partir deste pònto tem-se duas alternativas para se realizar a simulação, podendo, então, usar Envelope de Freqüência ou o sistema RPC™ (Remote Parameter Control®), possibilidades estas que serão tratadas individualmente agora.

O ENVELOPE DE FREQÜÊNCIA

Neste sistema, estando de posse dos dados referentes ao meio de distribuição, passa-se à segunda etapa do processo que é a de edição e/ou análise dos dados obtidos. Esta etapa será feita a fim de excluir os sinais indesejáveis porque este processo utiliza-se de médias na obtenção dos resultados e, portanto, o valor final seria alterado pela influência destes sinais. Caso se utilize uma unidade de gravação digital ou um microcomputador este passo pode ser simplificado, já que é possível programá-los para que, por exemplo, sejam analisadas apenas as regiões de interesse.

Tem-se início, então, a terceira fase do processo na qual, por meio da Transformada de Fourrier ou outra técnica de processamento seja tomada a Densidade

Espectral de Potência do sinal editado. Este processo irá gerar uma função não mais no domínio do tempo, como era o sinal gravado, mas uma função no domínio da freqüência. Este sinal, então, indicará qual a média (amplitude) de vibração para cada freqüência, já que o sinal coletado será um sinal composto por várias freqüências sobrepostas.

Numa quarta etapa, este resultado de PSD (Power Spectral Density) é levado a um controlador de vibrações randômicas (RVC) acoplado à mesa de vibração. Ao ser acionado irá se iniciar um processo de auto-calibração, visando uma equalização entre a mesa e o RVC que, quando colocado em funcionamento, irá gerar um sinal que apesar de ser diferente do original no domínio do tempo será igual no domínio da freqüência. Com isso, o resultado final será uma vibração onde a forma de vibrar será diferente da original, porém com os mesmos efeitos. Pode-se fazer uma analogia ilustrativa com a música: o processo descrito acima equivaleria a embaralhar-se uma partitura musical e tocá-la deste modo. A "nova música" teria todas as notas da primeira tocadas, com a mesma duração e intensidade, porém em ordem diferente.

Neste ponto do processo pode-se, então, variar o nível global do sinal e o seu tempo de aplicação a fim de se ter um sinal mais ou menos severo, de acordo com o desejado.

O RPC™ (REMOTE PARAMETER CONTROL®)

Neste sistema, também é necessário fazer uma edição do sinal a partir dos dados referentes ao meio de distribuição. Novamente, a edição será necessária a fim de excluir os sinais indesejáveis. Isto, porque o sistema RPC™ realiza a gravação dos sinais de aceleração em tempo real. Deste modo, utilizando apenas os trechos que interessam o teste será acelerado.

O passo seguinte neste sistema é a determinação da função de transferência do transdutor (mesa de vibração) para que o sistema possa reproduzir exatamente o sinal gravado. Isto feito, tem-se início uma série de ajustes finos iterativos através de um método onde se gera um sinal que é comparado com a resposta da mesa, que no final do processo resultará em um sistema altamente sintonizado entre si.

Neste momento, o equipamento estará pronto para iniciar os testes, reproduzindo na mesa de vibração o meio de distribuição gravado.

ENVELOPE DE FREQÜÊNCIA X RPC™

Como os dois sistemas têm como finalidade a simulação do meio de transporte, é possível que se faça uma comparação entre eles em termos de vantagens e desvantagens, a começar pelo custo que é bastante alto para os equipamentos do RPC™ e mais acessível no caso do controlador randômico.

A grande vantagem do RPC™ sobre o controlador randômico é a de reproduzir fielmente o meio desejado, pois trata-se de uma reprodução direta de um sinal gravado, ao passo que o controlador randômico por ser um método médio irá suavizar picos de aceleração causados por pequenos choques, quando for realizada a média dos sinais gravados.

Apesar do RPC™ reproduzir mais fielmente o meio desejado, isto gera um inconveniente que é a especificidade de um sinal gerado. Por exemplo: se se desejar a reprodução das vibrações de um determinado tipo de caminhão, com uma carga específica, em uma certa estrada, sob certas condições de tráfego ou de velocidade, o RPC™ irá reproduzi-las exatamente, porém, irá reproduzir *apenas estas* condições. Para novas condições será necessário realizar-se nova aquisição de dados, com posterior tratamento. Já o controlador randômico, por usar um método médio, permite a flexibilidade de se levantar características vibratórias de uma família de caminhões ou uma família de estradas, a comparação entre um caminhão carregado e um vazio ou mesmo uma analogia entre o nível global do envelope e a velocidade desenvolvida.

Como o RPC™ necessita de uma gravação em tempo real para cada ensaio diferente a ser realizado, com todos os passos subseqüentes de edição, etc., torna-se muito difícil a alteração do nível global do teste, ao passo que quando se trabalha com envelope de freqüência basta alterar um fator de multiplicação no equipamento e todo o nível global de aceleração é alterado.

O controlador randômico trabalha normalmente em "loop fechado", o que faz com que qualquer alteração no comportamento da mesa de vibração causada, por exemplo, por mudança de temperatura no óleo hidráulico ou variação da carga, será imediatamente detectada e a função de transferência corrigida. No caso do RPC™ será necessário refazer a etapa de determinação da função de transferência novamente para as novas condições. Como estas mudanças são dinâmicas este processo de reajuste de parâmetros se torna bastante complicado.

OS EQUIPAMENTOS DO CETEA

O Laboratório de Embalagem de Transporte e Distribuição do CETEA conta com um equipamento capaz de realizar a simulação de transporte através de ensaios de reprodução do meio utilizando Envelope de Freqüência. O sistema é constituído de uma mesa de vibração hidráulica com capacidade de 5 toneladas de força dinâmica e área útil 1,5 x 1,5 m, com controlador MTS capaz de realizar todos os testes normalizados, tais como Sine Sweep, Sine Dwell, etc., além de um controlador randômico de vibrações modelo Solartron-Schlunberger, no qual é possível simular todos os meios de transporte utilizados. Este serviço já está disponível aos associados do CETEA, bem como às empresas em geral.

REFERÊNCIA BIBLIIOGRÁFICA

NOLAN, P.J., Real time road data simulation for vibration testing. In: NATIONAL SAFE TRANSIT CONFERENCE. Florida, 1990. **Proceedings**...Florida, LAB, 1990. 19p.

BORDIN, M. R., GARCIA, A. E.