

OS ENSAIOS DE VIBRAÇÃO APLICADOS AO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Quando se pensa na proteção de um determinado produto contra a agressividade do transporte imediatamente se lembra da embalagem. O que poucas pessoas sabem é que na maioria das vezes, pequenas alterações construtivas no produto a ser embalado permitem que se tenha uma redução significativa no custo da embalagem. Do ponto de vista econômico, a melhor alternativa de embalagem para um determinado produto é o próprio produto que não necessite de embalagem, já que uma vez alcançada a robustez necessária para o transporte através de mudanças estruturais economizar-se-ia o custo da embalagem. Outras vezes, por motivos até não técnicos (marketing, apresentação do produto, etc.) exige-se o uso de uma embalagem que, neste caso, teria um custo mínimo.

Assim, passa a existir a necessidade de se conhecer, cada vez mais, o produto a ser transportado, quando este for submetido às solicitações dinâmicas características dos meios de distribuição. Para isso foram desenvolvidas metodologias próprias de ensaio, que são diferentes entre si, mas que tendem a levar a um mesmo resultado. As solicitações encontradas durante a distribuição são principalmente choques e vibrações. Este artigo irá tratar das metodologias para o ensaio de produtos quanto à vibração.

Na grande maioria dos casos, os danos causados pelas vibrações ocorrem quando o produto ou alguma parte dele é excitado na sua frequência de ressonância. Outras vezes, uma determinada região é afetada não pela sua própria vibração mas pela vibração em ressonância de alguma parte próxima. Deste modo, torna-se primordial conhecer estas frequências para que se possa saber quais as providências a serem tomadas.

Uma vez conhecidas as frequências de ressonância de cada ponto problemático, as soluções variam de componente para componente.

As duas alternativas possíveis são: a flexibilização ou o enrijecimento do ponto, sendo a primeira opção a que geralmente proporciona os melhores resultados.

Dentre as metodologias para o levantamento das frequências de ressonância dos sistemas (ou sua transmissibilidade, que é dada pela relação entre a amplitude de vibração do ponto a ser estudado e a amplitude de vibração da excitação para as diferentes

frequências) tem-se três opções:

- a varredura em frequência senoidal;
- a análise por ruído branco;
- a análise por vibração randômica.

A seguir será discutida, detalhadamente, cada uma destas opções.

A VARREDURA EM FREQUÊNCIA SENOIDAL

A varredura em frequência senoidal consiste em aplicar ao produto uma excitação em forma de movimento vibratório senoidal cuja amplitude de aceleração seja constante e que tenha uma frequência que varie de forma controlada e conhecida. Deste modo, medindo-se os níveis de aceleração nos pontos que se deseja conhecer com um acelerômetro, é possível construir a curva de transmissibilidade comparando-se a todo o instante o nível de aceleração do ponto com o nível de aceleração de entrada. Este ensaio é descrito na norma ASTM D-3580-89 (Standard test method of vibration (vertical sinusoidal motion) test of products) e também na norma ABNT NBR 9461-86 (Determinação do desempenho em vibração vertical). Geralmente, os ensaios realizados segundo esta metodologia são realizados para frequências entre 1 e 100 Hz com amplitude de vibração entre 0,1 e 0,5 g's. A velocidade de variação da frequência está geralmente entre 0,5 e 1 oitava/minuto (1 oitava/minuto corresponde ao dobramento da frequência a cada minuto)

As curvas de transmissibilidade obtidas por este procedimento são bastante precisas, porém existem alguns problemas inerentes ao método. Normalmente, em uma situação de transporte real não se tem uma única frequência de excitação a cada instante e sim uma vibração randômica com vários componentes atuando no sistema ao mesmo tempo. Além disso, devido à velocidade de varredura do ensaio, o sistema em estudo ficará submetido a níveis bastante intensos de aceleração durante um certo tempo. Este nível intenso poderá danificar o componente ou ainda fazer com que as deformações ocorridas no sistema deixem de ser elásticas, fazendo com que passe a trabalhar em uma região não-linear, o que acarretaria em um comportamento diferente para o sistema.

Outro ponto desvantajoso neste método é a duração do ensaio. Considerando-se uma velocidade de varredura de 1 oitava/minuto um ensaio com varredura entre 3 e 100 Hz demora cerca de 5 minutos para ser completado. A metodologia ainda prevê a varredura bidirecional, ou seja, a frequência é variada de 3 até 100 Hz retomando a 3 Hz novamente, a fim de se detectar a ocorrência de histerese na curva de transmissibilidade. Neste caso, a duração do ensaio seria de cerca de 10 minutos. Caso o produto a ser ensaiado seja complexo e tenha muitos pontos de interesse a ser estudados, o ensaio se torna muito demorado.

A ANÁLISE POR RUÍDO BRANCO

Teoricamente, um ruído branco é uma forma de onda complexa constituída pela somatória de todas as frequências, sendo todas elas de igual amplitude. A idéia da análise por ruído branco é aplicar esse sinal desse ao produto e monitorar o que acontece com o ponto a ser medido. Como o ruído possui todas as frequências com igual amplitude, o produto passa a atuar como um filtro, amplificando as frequências de ressonância e atenuando as frequências fora da ressonância. Uma das vantagens deste sistema é que os níveis de aceleração envolvidos durante o ensaio são menos intensos, garantindo que o sistema sob ensaio vibre de forma elástica. Além disso a excitação do sistema com um sinal complexo se aproxima mais do comportamento que o produto irá ter durante um transporte real.

Outra vantagem desta modalidade de ensaio é a sua duração. Os equipamentos de vibração que fazem este tipo de análise demoram cerca de 20 segundos para completá-la, o que viabiliza a realização de levantamentos de vários pontos de transmissibilidade.

A grande desvantagem deste método é que ele possui precisão, principalmente quanto ao valor de transmissibilidade, ligeiramente menor que a do ensaio com varredura senoidal. As discrepâncias entre os valores de frequência encontrados são praticamente desprezíveis.

A ANÁLISE POR VIBRAÇÃO RANDÔMICA

Uma terceira técnica possível de ser utilizada é o levantamento das ressonâncias através da aplicação de uma excitação em forma de vibração randômica segundo uma Densidade Espectral de Potência. Para isso aplica-se ao produto um perfil de Densidade Espectral de Potência qualquer e monitora-se o ponto a ser medido com um acelerômetro. Uma vez que se atinja um regime de vibração estabilizado faz-se a

análise do sinal proveniente do acelerômetro instalado no ponto a ser medido e comparando-se o sinal de entrada (aplicado ao sistema) e o sinal de saída (do acelerômetro) pode-se determinar as ressonâncias do ponto.

Como vantagem deste método tem-se o menor tempo necessário para a realização do ensaio, quando comparado à varredura senoidal. Além disso, nesta modalidade de ensaio, os níveis de excitação não são tão intensos como na varredura. Assim, o produto irá apresentar suas ressonâncias de maneira próxima ao desenvolvido na prática.

A desvantagem deste método é a exigência de equipamentos mais sofisticados para a sua realização, tais como controladores de vibração randômica, analisadores de espectro, etc. Além disso, a discrepância existente entre esta metodologia e a varredura senoidal é maior, tanto na transmissibilidade quanto na própria frequência encontrada. Goodwin e Siy (1993) mostraram que estas diferenças existem e são maiores quanto mais complexos forem os sistemas estudados.

O tempo para a realização deste tipo de ensaio se situa entre a metodologia por ruído branco e a varredura senoidal.

O CETEA/ITAL está capacitado para realizar ensaios por meio de qualquer uma das metodologias descritas, sendo estes ensaios aplicados a uma gama muito vasta de produtos, tais como eletrodomésticos, aparelhos eletrônicos, componentes mecânicos, etc. Desta forma a infra-estrutura atual do CETEA permite conhecer melhor o produto e tem sido usada para encontrar uma embalagem e/ou configuração que proporcione um desempenho melhor a um custo mínimo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **Standard test method of vibration (vertical sinusoidal motion) test of products - D3580-89.** Philadelphia: ASTM, 1990. v.15-09, p.511-513.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Embalagem e acondicionamento - determinação do desempenho em vibração vertical. método de ensaio NBR 9461.** São Paulo: ABNT, 1986. 3p.
- GOODWIN, D.L., Siy, J.P., Random vibration testing to determine product resonance, In: IAPRI WORLD CONFERENCE ON PACKAGING, 8, 1993, São Paulo, **Proceedings...** Campinas: CETEA/ITAL, 1993. p.619-636.

BORDIN, M.R.