



Vibrações Mecânicas

Prof. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues



Aula - 14

Controle de Vibrações



Conteúdos Abordados Nessa Aula

Aula 14



Controle de Vibrações.



- ✈ O controle de vibrações, na análise de vibrações mecânicas, pode ser definido como o conjunto de técnicas, métodos e dispositivos aplicados com o objetivo de reduzir, modificar ou eliminar os efeitos indesejáveis das oscilações em sistemas dinâmicos.
- ✈ Fisicamente, as vibrações surgem como resultado da interação entre forças inerciais, elásticas e de dissipação de energia, e, quando não controladas, podem comprometer a integridade estrutural, o desempenho funcional e o conforto em diferentes aplicações da engenharia.
- ✈ O controle de vibrações atua, portanto, na modificação da resposta do sistema, seja alterando suas propriedades físicas, como massa, rigidez e amortecimento, seja introduzindo mecanismos adicionais que dissipem energia ou desviem a frequência de operação para longe da frequência natural.



- ✈ Esse processo pode ser realizado de forma passiva, por meio de dispositivos simples como molas, amortecedores e isoladores, ou de forma ativa, utilizando sensores, atuadores e controladores eletrônicos capazes de gerar forças de oposição ao movimento vibratório.
- ✈ Em ambos os casos, o objetivo principal é garantir que as vibrações se mantenham em níveis aceitáveis, evitando problemas de fadiga, falhas prematuras, desconforto ou perda de eficiência.
- ✈ Dessa maneira, o controle de vibrações é um elemento indispensável no projeto e na manutenção de máquinas, veículos, estruturas e equipamentos industriais, sendo um campo da engenharia que alia fundamentos teóricos a soluções práticas para assegurar segurança, durabilidade e desempenho em sistemas sujeitos a excitações dinâmicas.



Monograma de Vibração

Aula 14

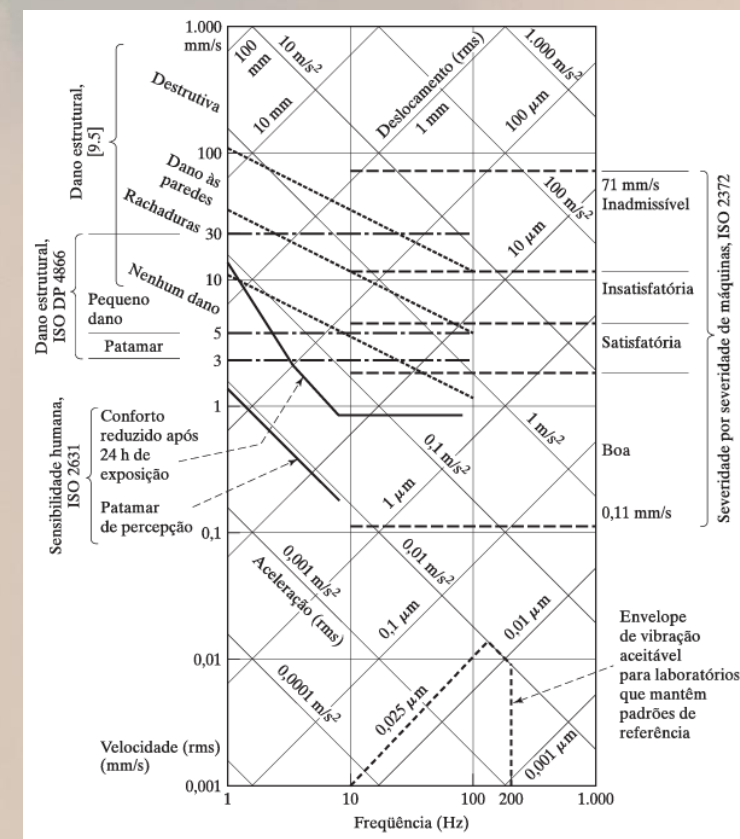
- ✈ O gráfico do monograma de vibração, na análise de vibrações mecânicas, é uma ferramenta gráfica utilizada para relacionar e interpretar de forma direta as grandezas fundamentais que caracterizam o movimento vibratório, como deslocamento, velocidade e aceleração.
- ✈ Ele é construído a partir das relações matemáticas que ligam essas variáveis em um movimento harmônico simples, no qual todas estão conectadas pela frequência de vibração. No monograma, é possível visualizar que, para uma determinada frequência, um aumento no deslocamento implica proporcionalmente em um aumento na velocidade e, de forma ainda mais acentuada, na aceleração.
- ✈ Essa característica torna o gráfico extremamente útil para compreender como a intensidade das vibrações se manifesta em diferentes níveis de análise, permitindo avaliar qual das grandezas é mais crítica em determinada situação prática.



Monograma de Vibração

Aula 14

- Do ponto de vista físico, o monograma de vibração auxilia na interpretação de medições industriais realizadas por sensores e acelerômetros, traduzindo os valores obtidos em grandezas equivalentes de fácil compreensão.
- Assim, ele permite que engenheiros e técnicos possam, a partir da frequência e de uma medida direta, determinar as demais variáveis associadas ao movimento.
- Essa capacidade de interligar deslocamento, velocidade e aceleração em uma única representação gráfica faz do monograma de vibração uma ferramenta prática e eficaz para diagnósticos de falhas, manutenção preditiva e análise do desempenho dinâmico de máquinas e estruturas.





Controle de Vibração na Fonte

Aula 14

- ✈ O controle de vibração na fonte, dentro da análise de vibrações mecânicas, consiste em atuar diretamente no ponto onde as oscilações são geradas, buscando reduzir ou eliminar suas causas antes que elas se propaguem para o restante do sistema.
- ✈ Essa abordagem é considerada a mais eficiente, pois evita que a energia vibratória se espalhe pelos componentes, diminuindo a necessidade de medidas corretivas posteriores.
- ✈ Fisicamente, esse tipo de controle pode ser realizado de diversas maneiras, como através do balanceamento de massas em elementos rotativos, da correção de desalinhamentos em eixos e acoplamentos, da eliminação de folgas excessivas em engrenagens ou da substituição de elementos que apresentem desgaste irregular.



Controle de Vibração na Fonte

Aula 14

- ✈ Outro método amplamente utilizado é a modificação das condições de operação, ajustando parâmetros como velocidade de rotação, frequência de excitação ou características do processo, de modo a evitar a coincidência com a frequência natural do sistema e, conseqüentemente, a ocorrência de ressonância.
- ✈ O controle na fonte também pode envolver melhorias no projeto, como a escolha de materiais mais adequados, o aumento da rigidez estrutural, a alteração da distribuição de massa ou a inclusão de amortecimento intrínseco nos componentes.
- ✈ Em máquinas industriais, por exemplo, o balanceamento dinâmico de rotores e ventiladores é uma aplicação clássica desse conceito, pois reduz significativamente os níveis de vibração e prolonga a vida útil dos rolamentos e acoplamentos.
- ✈ Dessa forma, o controle de vibração na fonte representa uma estratégia preventiva e proativa, fundamental para garantir a confiabilidade, a segurança e o desempenho de sistemas mecânicos, evitando falhas prematuras e reduzindo custos de manutenção ao atacar o problema em sua origem.



- 🌐 O balanceamento é uma das etapas mais relevantes no controle de vibrações mecânicas, pois está diretamente relacionado à estabilidade e ao bom funcionamento de máquinas e equipamentos rotativos.
- 🌐 Quando um rotor, ventilador, turbina ou qualquer elemento que gire em alta velocidade apresenta uma distribuição desigual de massa, forças centrífugas desequilibradas surgem e passam a atuar continuamente sobre o sistema, gerando vibrações intensas que comprometem não apenas o desempenho, mas também a durabilidade dos componentes.
- 🌐 O processo de balanceamento busca corrigir essa irregularidade, redistribuindo a massa de forma que o centro de gravidade coincida com o eixo de rotação, eliminando forças dinâmicas indesejadas.
- 🌐 Na prática, o balanceamento pode ser estático ou dinâmico, dependendo da complexidade do sistema e da frequência de operação. Em ambos os casos, seu objetivo é reduzir a amplitude das vibrações, minimizando os esforços transmitidos a rolamentos, suportes e estruturas de sustentação.

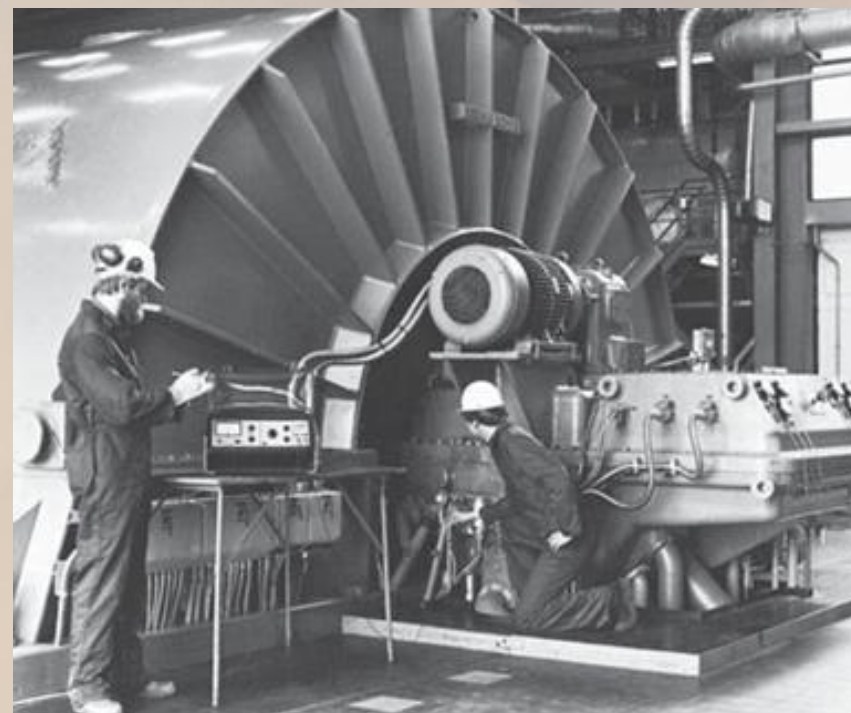
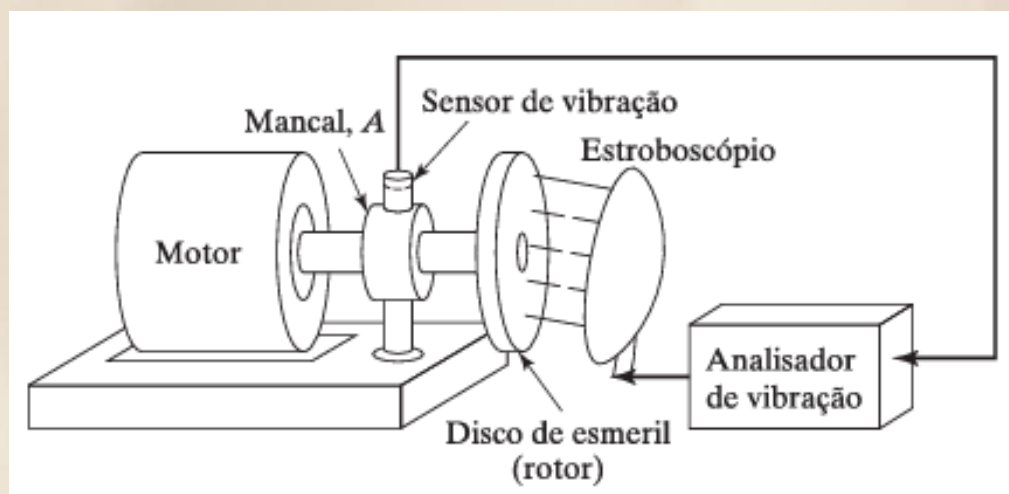


- ✈ A importância desse procedimento se reflete na preservação da integridade do maquinário, na diminuição do desgaste prematuro, na redução de ruídos e no aumento da eficiência energética, já que menos energia é desperdiçada em oscilações indesejadas.
- ✈ Além disso, o balanceamento contribui de maneira decisiva para a segurança operacional, pois máquinas que vibram excessivamente representam riscos de falhas catastróficas, especialmente em equipamentos críticos como turbinas, compressores e motores de aeronaves. A correção do desbalanceamento, portanto, não é apenas uma medida de manutenção, mas uma estratégia essencial de confiabilidade.
- ✈ Dentro da análise de controle de vibrações, ele se estabelece como um dos principais métodos preventivos, garantindo que o sistema opere dentro de limites aceitáveis de vibração e evitando que pequenas imperfeições de fabricação ou desgaste natural se transformem em grandes problemas ao longo do tempo.



Balanceamento

Aula 14





- ✈ O isolador de vibrações é um dispositivo utilizado na análise e no controle de vibrações mecânicas com a finalidade de reduzir ou impedir a transmissão de forças oscilatórias de uma fonte vibratória para uma estrutura ou componente sensível.
- ✈ Ele atua como uma barreira mecânica entre a fonte e o receptor, absorvendo parte da energia vibratória e permitindo que apenas uma fração mínima dessa energia seja transmitida.
- ✈ Fisicamente, o isolador pode ser constituído por elementos elásticos, como molas metálicas, elastômeros, borrachas ou até sistemas pneumáticos, que aproveitam suas propriedades de deformação para dissipar energia.
- ✈ Em alguns casos, isoladores combinam características de elasticidade com amortecimento, tornando-se ainda mais eficazes no controle de vibrações indesejadas.



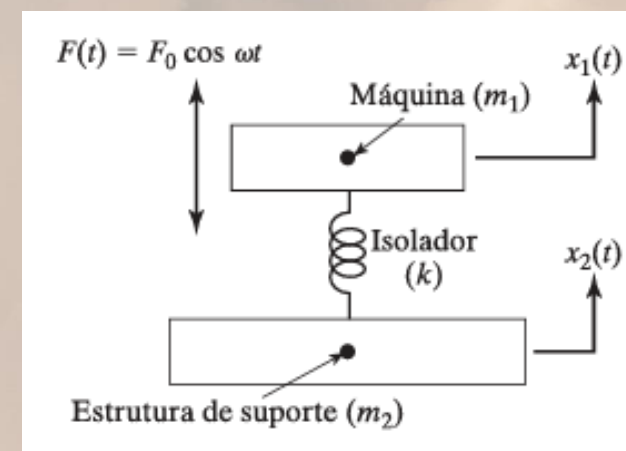
-  A importância do isolador está no fato de que muitas máquinas e equipamentos geram vibrações inevitáveis durante seu funcionamento, e essas vibrações, se não forem controladas, podem comprometer a precisão de instrumentos, causar desconforto humano, provocar ruídos excessivos e até danificar estruturas.
-  Em aplicações industriais, como em compressores, motores e geradores, os isoladores permitem que o sistema opere com maior estabilidade, preservando tanto a integridade das máquinas quanto a do ambiente em que estão inseridas.
-  Em áreas mais sensíveis, como laboratórios, hospitais e indústrias de alta precisão, eles são essenciais para garantir que vibrações externas não interfiram no desempenho de equipamentos delicados, como microscópios eletrônicos ou máquinas de medição por coordenadas.



Isolador de Vibrações

Aula 14

- Do ponto de vista da análise de vibrações, o isolador é projetado de acordo com a frequência natural do sistema, de forma que sua eficiência dependa da relação entre a frequência de excitação e a frequência natural do isolador.
- Quando essa relação é bem ajustada, o isolador consegue reduzir de maneira significativa a transmissão vibratória.
- Assim, o isolador de vibrações não é apenas um componente de proteção, mas um recurso de engenharia que integra cálculos matemáticos e escolhas de materiais adequados, garantindo maior confiabilidade, conforto e segurança nos mais variados sistemas mecânicos e estruturais.





Absorvedor Dinâmico de Vibrações

Aula 14

- 🌐 O absorvedor dinâmico de vibrações é um dispositivo projetado para reduzir ou eliminar vibrações indesejadas em sistemas mecânicos, funcionando como um elemento auxiliar que interage diretamente com a fonte vibratória.
- 🌐 Ele consiste essencialmente em uma massa secundária conectada ao sistema principal por meio de uma mola e, em alguns casos, de um amortecedor.
- 🌐 Seu princípio de funcionamento baseia-se na criação de uma ressonância controlada: quando o sistema principal é excitado em determinada frequência, o absorvedor é ajustado para vibrar na mesma frequência, mas de forma a gerar forças que se opõem às vibrações originais.
- 🌐 Dessa maneira, a energia vibratória é transferida para o absorvedor, reduzindo significativamente a amplitude de vibração do sistema principal.



Absorvedor Dinâmico de Vibrações

Aula 14

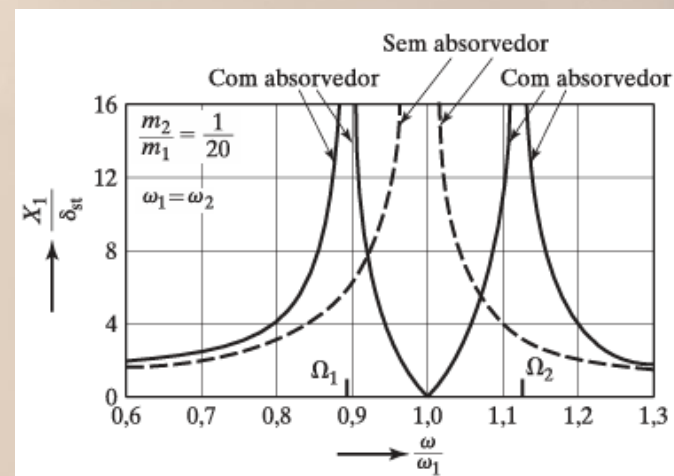
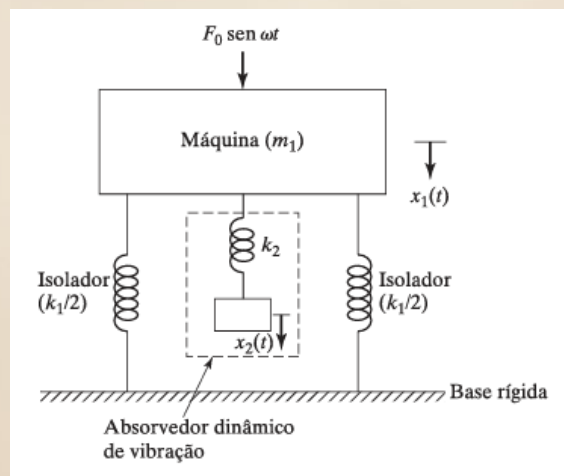
- ☉ Fisicamente, o absorvedor dinâmico se caracteriza por sua simplicidade e eficiência, desde que esteja devidamente sintonizado para a frequência específica de excitação.
- ☉ Essa sintonia é obtida através do ajuste da rigidez da mola e da massa secundária, de forma que sua frequência natural coincida com a frequência da vibração que se deseja combater.
- ☉ Entretanto, uma limitação prática é que sua atuação é altamente eficaz apenas em faixas de frequência estreitas, o que exige um projeto cuidadoso e um conhecimento preciso das condições de operação do sistema.
- ☉ Na prática, absorvedores dinâmicos são amplamente empregados em equipamentos industriais, turbinas, motores e até em estruturas civis como pontes e edifícios altos, onde vibrações causadas por ventos ou atividades sísmicas podem comprometer a estabilidade.



Absorvedor Dinâmico de Vibrações

Aula 14

- Além disso, também são aplicados em veículos, para aumentar o conforto e a segurança, reduzindo vibrações indesejadas transmitidas ao chassi e à carroceria.
- Dessa forma, o absorvedor dinâmico de vibrações se destaca como uma solução de engenharia que alia princípios físicos e matemáticos para transformar um fenômeno potencialmente destrutivo em algo controlado e administrável, garantindo desempenho, confiabilidade e durabilidade a sistemas mecânicos e estruturais.



Obrigado Pela Atenção

Nos Encontramos na Próxima Aula

