



Vibrações Mecânicas

Prof. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues



Aula - 15

Medição de Vibrações



Conteúdos Abordados Nessa Aula

Aula 15



Medição de Vibrações.



- ✈ A medição de vibrações é o processo de quantificação dos movimentos oscilatórios que ocorrem em um sistema mecânico, seja em termos de deslocamento, velocidade ou aceleração.
- ✈ Essa prática permite transformar fenômenos dinâmicos em dados objetivos que podem ser analisados matematicamente e interpretados de maneira técnica, fornecendo informações essenciais sobre o comportamento vibratório de máquinas, estruturas e componentes.
- ✈ A medição é realizada por meio de instrumentos específicos, como acelerômetros, transdutores de velocidade e sensores de deslocamento, que captam os sinais vibratórios e os convertem em grandezas físicas passíveis de estudo.
- ✈ Dessa forma, torna-se possível identificar as características dinâmicas do sistema, como frequências naturais, amplitudes de oscilação e presença de fenômenos de ressonância.



- ✈ A realização da medição de vibrações é fundamental porque, sem ela, a análise de vibrações mecânicas permaneceria restrita a modelos teóricos e aproximações, sem comprovação prática.
- ✈ Em sistemas industriais, por exemplo, a medição possibilita diagnosticar falhas incipientes, como desalinhamentos, desbalanceamentos, folgas mecânicas e desgaste de componentes, antes que essas condições evoluam para problemas graves que podem levar à parada de máquinas ou acidentes.
- ✈ Além disso, ao medir vibrações, é possível verificar a eficiência de soluções aplicadas, como o uso de isoladores, absorvedores dinâmicos ou técnicas de balanceamento, garantindo que as medidas de controle realmente estejam desempenhando sua função.



- ✈ Outro motivo essencial para a realização dessa prática é a garantia de segurança e conforto, especialmente em equipamentos de transporte, estruturas civis e sistemas que envolvem interação humana.
- ✈ Vibrações excessivas podem comprometer a integridade estrutural, causar fadiga em materiais e reduzir a vida útil de máquinas, além de gerar desconforto em ocupantes ou operadores.
- ✈ Assim, a medição se torna uma ferramenta indispensável tanto para a manutenção preditiva e preventiva quanto para a validação de projetos, permitindo que sistemas vibratórios sejam monitorados em tempo real e que medidas corretivas sejam aplicadas de forma precisa.
- ✈ Em síntese, a medição de vibrações é o elo entre teoria e prática, constituindo-se como um dos pilares centrais na análise de vibrações mecânicas.



- ✈ Na medição de vibrações durante a análise de vibrações mecânicas, alguns parâmetros são considerados essenciais, pois permitem descrever de forma completa o comportamento dinâmico de um sistema.
- ✈ O primeiro deles é o deslocamento, que representa a variação da posição da massa em relação ao seu ponto de equilíbrio. Esse parâmetro é fundamental para identificar a magnitude da vibração em termos físicos e é especialmente importante em baixas frequências, quando os movimentos são mais perceptíveis em grandes amplitudes.
- ✈ O segundo parâmetro relevante é a velocidade, que indica a taxa de variação do deslocamento no tempo e está diretamente relacionada ao nível de energia vibratória transmitida. A medição da velocidade é bastante utilizada na indústria por fornecer uma visão prática sobre a severidade das vibrações em máquinas rotativas e por permitir a aplicação de normas de aceitação internacionalmente reconhecidas.



Parâmetros Essenciais na Medição de Vibrações

Aula 15

-  O terceiro parâmetro essencial é a aceleração, que corresponde à taxa de variação da velocidade no tempo e está associada às forças dinâmicas que atuam sobre o sistema.
-  Ela se torna particularmente importante em altas frequências, onde os esforços mecânicos gerados pelas vibrações podem comprometer a integridade estrutural e causar fadiga em componentes.
-  Além desses parâmetros principais, a frequência também desempenha papel crucial, pois revela a periodicidade do movimento vibratório e permite a identificação de fenômenos como ressonância e excitações forçadas.
-  O espectro de frequências, obtido por meio de técnicas como a transformada de Fourier, fornece informações detalhadas sobre quais frequências estão presentes e em que intensidade, facilitando o diagnóstico de falhas específicas.



- ☉ A fase, embora menos intuitiva, também é um parâmetro relevante, pois mostra a relação temporal entre duas vibrações medidas em diferentes pontos de um sistema.
- ☉ Essa informação auxilia na detecção de problemas como desalinhamentos ou assimetrias em componentes rotativos. Juntos, esses parâmetros permitem que a medição de vibrações seja muito mais do que uma simples quantificação de movimento, tornando-se uma ferramenta precisa de diagnóstico, prevenção de falhas e validação de soluções aplicadas.
- ☉ Dessa forma, deslocamento, velocidade, aceleração, frequência e fase constituem o conjunto essencial de grandezas que fundamentam a análise completa do comportamento vibratório de sistemas mecânicos.





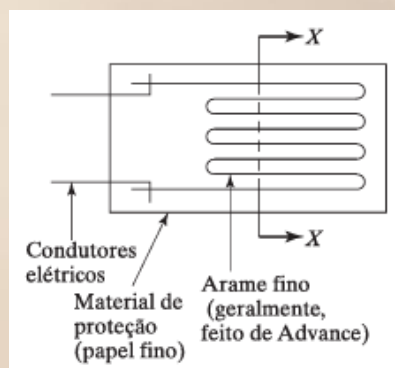
- ✈ Um transdutor é um dispositivo capaz de converter uma forma de energia em outra, permitindo que grandezas físicas que não podem ser medidas diretamente sejam transformadas em sinais elétricos passíveis de interpretação e análise.
- ✈ No contexto da análise de vibrações mecânicas, o transdutor é o elemento fundamental que possibilita a captação do movimento vibratório de um sistema e sua posterior tradução em dados quantificáveis.
- ✈ Ao ser acoplado a uma máquina, estrutura ou componente em estudo, o transdutor responde às variações de deslocamento, velocidade ou aceleração e gera um sinal elétrico proporcional a essas grandezas.
- ✈ Esse sinal pode então ser processado e exibido em instrumentos de leitura ou sistemas computacionais, permitindo a avaliação detalhada do comportamento vibratório.



- ✈ Na prática, diferentes tipos de transdutores são empregados de acordo com a natureza da medição. Acelerômetros, por exemplo, utilizam o princípio piezoelétrico para gerar cargas elétricas proporcionais às acelerações sofridas, sendo amplamente utilizados devido à sua sensibilidade e capacidade de atuar em uma ampla faixa de frequências.
- ✈ Transdutores de velocidade baseiam-se em leis eletromagnéticas, onde a movimentação relativa entre uma bobina e um campo magnético induz uma tensão proporcional à velocidade da vibração.
- ✈ Já os transdutores de deslocamento, geralmente de natureza indutiva, capacitativa ou óptica, são mais adequados para baixas frequências e permitem avaliar grandes amplitudes de oscilação.



- ✈ O uso do transdutor na medição de vibrações não apenas viabiliza a obtenção de dados precisos, mas também garante a confiabilidade das análises, uma vez que a transformação da energia mecânica em sinais elétricos minimiza a influência de erros humanos e possibilita a utilização de técnicas avançadas de processamento de sinais.
- ✈ Isso se traduz em diagnósticos mais eficientes, identificação de falhas incipientes e monitoramento em tempo real do comportamento de sistemas mecânicos complexos.
- ✈ Assim, o transdutor representa a ponte entre o fenômeno físico da vibração e a sua interpretação científica, sendo peça indispensável para qualquer análise moderna de vibrações mecânicas.





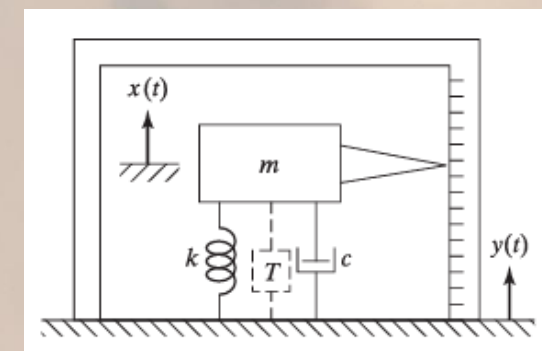
- ☉ Sensores de vibração são dispositivos projetados para detectar e quantificar o movimento oscilatório de um sistema mecânico, transformando essa informação em sinais que podem ser interpretados e analisados para fins de diagnóstico e monitoramento.
- ☉ Diferentemente do transdutor, que é um termo mais amplo associado à conversão de energia, o sensor de vibração é especificamente desenvolvido para captar variações de deslocamento, velocidade ou aceleração, fornecendo dados precisos sobre a intensidade e a frequência das vibrações.
- ☉ Ele funciona como os “olhos” da análise de vibrações, permitindo que fenômenos dinâmicos invisíveis a olho nu sejam transformados em informações objetivas e comparáveis.
- ☉ Na prática, os sensores de vibração são aplicados em uma grande variedade de situações industriais e estruturais.



- Os acelerômetros, por exemplo, são os mais utilizados devido à sua ampla faixa de operação e alta sensibilidade, sendo capazes de medir acelerações que, posteriormente, podem ser integradas para se obter velocidade e deslocamento.
- Eles são amplamente empregados no monitoramento de máquinas rotativas, como motores, turbinas e compressores, permitindo identificar problemas como desbalanceamento, desalinhamento e falhas em rolamentos.
- Sensores de velocidade, por sua vez, utilizam princípios eletromagnéticos para gerar sinais proporcionais ao movimento e são bastante usados em equipamentos que trabalham em faixas intermediárias de frequência.
- Já os sensores de deslocamento, geralmente indutivos, capacitivos ou ópticos, são aplicados quando é necessário medir diretamente variações de posição em baixas frequências e com grandes amplitudes.



- ✈ A aplicação dos sensores de vibração na análise de vibrações mecânicas é fundamental porque eles fornecem a base experimental para a interpretação de modelos teóricos, além de permitir o acompanhamento em tempo real do desempenho de sistemas mecânicos.
- ✈ A partir dos dados coletados, é possível construir espectros de frequência, identificar fenômenos de ressonância, quantificar amplitudes críticas e adotar medidas corretivas antes que ocorram falhas graves.
- ✈ Dessa forma, os sensores de vibração não apenas auxiliam no entendimento do comportamento dinâmico dos sistemas, mas também representam ferramentas indispensáveis para a manutenção preditiva, o aumento da confiabilidade operacional e a segurança de máquinas e estruturas.





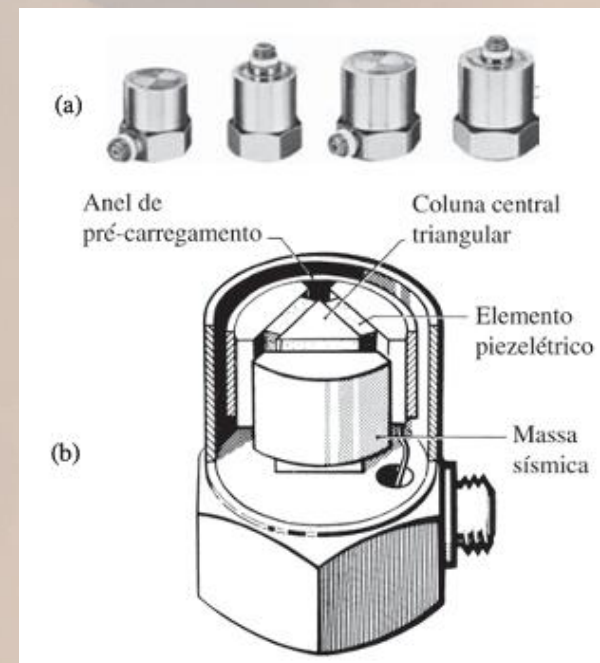
-  O acelerômetro é um dispositivo de medição utilizado para captar acelerações resultantes de movimentos vibratórios em sistemas mecânicos, transformando-as em sinais elétricos que podem ser analisados de forma quantitativa.
-  Ele funciona a partir de princípios físicos que relacionam a inércia de uma massa sensível a variações de aceleração. Entre os tipos mais comuns, destacam-se os piezoelétricos, nos quais cristais especiais geram uma carga elétrica proporcional à força exercida sobre eles pela massa interna quando submetida a uma aceleração.
-  Esse sinal elétrico, posteriormente amplificado e processado, fornece informações diretas sobre a aceleração do sistema em estudo, podendo também ser integrado matematicamente para determinar a velocidade e o deslocamento.



- ✈ Na análise de vibrações mecânicas, o acelerômetro é amplamente aplicado devido à sua versatilidade e capacidade de operar em uma ampla faixa de frequências, o que o torna adequado tanto para medições de baixa intensidade quanto para situações de vibrações severas.
- ✈ Em máquinas rotativas, por exemplo, ele é utilizado para identificar falhas incipientes como desbalanceamentos, desalinhamentos e defeitos em rolamentos, por meio da análise espectral das acelerações medidas.
- ✈ Em estruturas civis, como pontes e edifícios, os acelerômetros permitem monitorar respostas vibratórias causadas por vento, tráfego ou eventos sísmicos, auxiliando na avaliação da integridade estrutural. Além disso, em veículos automotivos e aeronaves, eles são empregados para estudar o conforto dos passageiros e otimizar sistemas de suspensão e amortecimento.



- ❁ O uso de acelerômetros é essencial porque a aceleração está diretamente relacionada às forças dinâmicas atuantes em um sistema, o que torna sua medição uma forma precisa de compreender o impacto das vibrações sobre componentes e estruturas.
- ❁ Por meio dos sinais obtidos, engenheiros podem identificar frequências naturais, verificar condições de ressonância e propor medidas de controle adequadas.
- ❁ Assim, o acelerômetro não apenas se configura como um sensor de alta confiabilidade, mas também como um elo indispensável entre o fenômeno físico das vibrações e sua interpretação matemática e prática, garantindo maior segurança, eficiência e durabilidade em sistemas mecânicos e estruturais.





-  O estroboscópio é um instrumento óptico utilizado para observar e medir movimentos periódicos de alta velocidade, tornando visíveis fenômenos que, a olho nu, seriam imperceptíveis devido à rapidez das oscilações.
-  Ele funciona a partir da emissão de flashes de luz em frequências ajustáveis, de modo que, quando a frequência da luz emitida coincide ou se aproxima da frequência do movimento vibratório, o objeto em oscilação parece estar parado ou se movimentando de forma lenta.
-  Esse efeito visual, conhecido como efeito estroboscópico, possibilita analisar vibrações e rotações sem a necessidade de contato físico com o sistema em estudo, preservando a integridade do equipamento e fornecendo informações valiosas sobre o comportamento dinâmico.



- ✈ Na análise de vibrações mecânicas, o estroboscópio é aplicado principalmente para medir a frequência de vibração ou de rotação de máquinas e componentes, sendo bastante utilizado em sistemas rotativos como eixos, polias, turbinas e motores.
- ✈ Por meio dele, é possível identificar pontos de desbalanceamento, folgas ou deformações, já que o movimento aparente desacelerado permite observar irregularidades superficiais e comportamentos anômalos.
- ✈ Além disso, o estroboscópio facilita a detecção de ressonâncias, uma vez que torna visível o aumento das amplitudes vibratórias em determinadas condições de excitação.



Estroboscópio

Aula 15

- ✪ A grande vantagem do uso do estroboscópio é que ele possibilita medições e observações sem interromper o funcionamento da máquina, oferecendo uma análise em tempo real das vibrações sem a necessidade de desmontagens ou contato direto.
- ✪ Essa característica o torna um recurso prático e eficaz em ambientes industriais, especialmente em atividades de manutenção preditiva e preventiva.
- ✪ Assim, o estroboscópio, ao transformar movimentos invisíveis em fenômenos visíveis e interpretáveis, desempenha papel relevante na análise de vibrações mecânicas, auxiliando engenheiros e técnicos a compreenderem melhor o comportamento de sistemas dinâmicos e a adotarem medidas de correção e controle de forma precisa e segura.





Excitadores Mecânicos de Vibrações

Aula 15

- ✈ Excitadores mecânicos de vibração são dispositivos projetados para gerar vibrações controladas em sistemas ou estruturas, com o objetivo de reproduzir condições dinâmicas específicas e possibilitar a medição e análise do comportamento vibratório.
- ✈ Esses equipamentos aplicam forças periódicas de intensidade e frequência ajustáveis, geralmente por meio de mecanismos rotativos excêntricos, atuadores eletrodinâmicos ou hidráulicos, que induzem o sistema a oscilar de maneira controlada.
- ✈ Dessa forma, o excitador cria um ambiente de teste em que é possível estudar a resposta dinâmica de uma máquina, componente ou estrutura, permitindo identificar parâmetros fundamentais como frequências naturais, modos de vibração, amortecimento e comportamento em condições de ressonância.



-  Na análise de vibrações mecânicas, os excitadores são aplicados em ensaios experimentais destinados a complementar ou validar modelos matemáticos e computacionais.
-  Por exemplo, em testes de laboratório, eles podem ser acoplados a vigas, placas, chassis de veículos ou componentes de aeronaves para medir a resposta do sistema a diferentes excitações harmônicas ou aleatórias.
-  Em campo, excitadores portáteis são utilizados para avaliar a integridade estrutural de máquinas e instalações, permitindo observar como o sistema se comporta sob diferentes condições de carregamento dinâmico.
-  Essa aplicação é essencial para prever falhas, dimensionar corretamente isoladores e absorvedores de vibração, além de auxiliar no desenvolvimento de estratégias de controle.



Excitadores Mecânicos de Vibrações

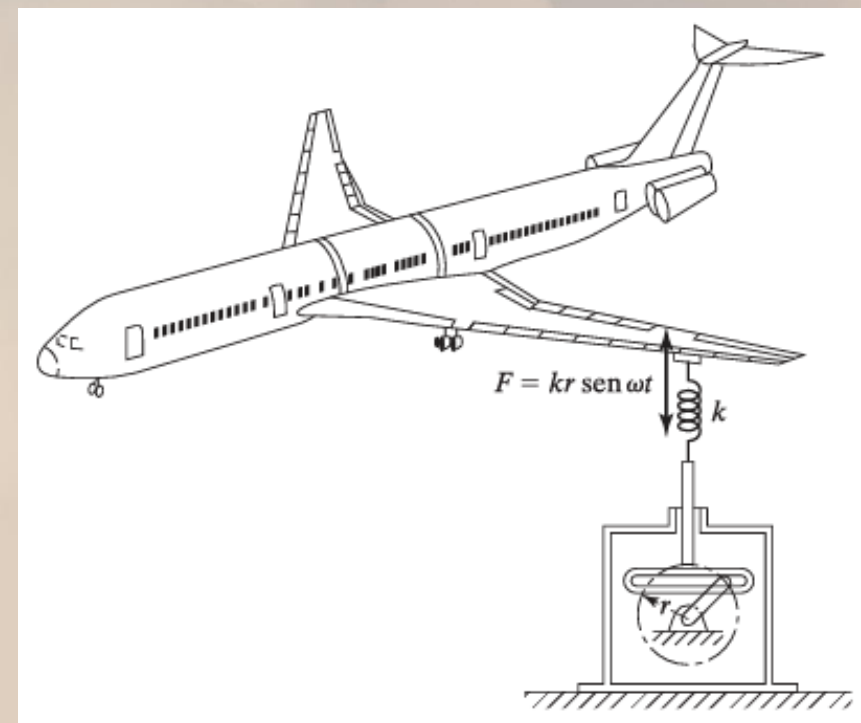
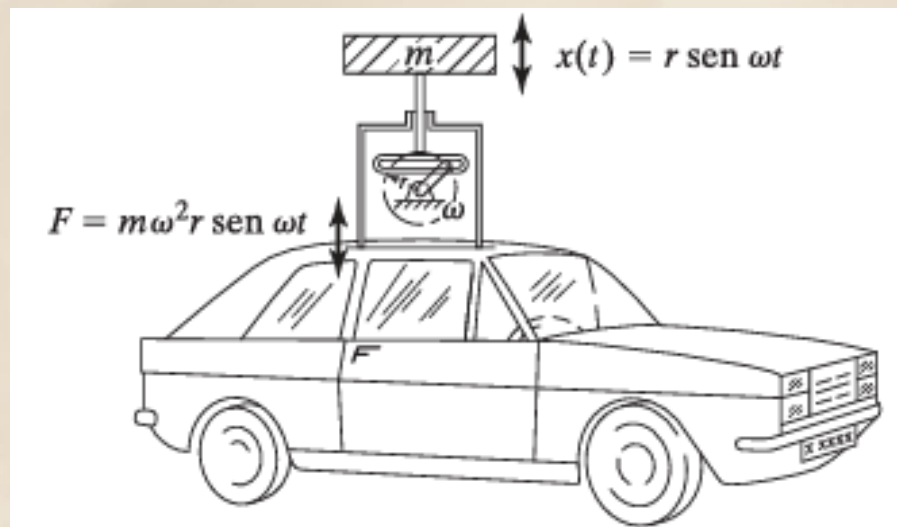
Aula 15

- ✈ A grande vantagem dos excitadores mecânicos está na possibilidade de reproduzir vibrações de forma controlada e repetitiva, o que garante maior precisão nos ensaios e na coleta de dados.
- ✈ Com sua utilização, torna-se viável a aplicação de sensores e acelerômetros em pontos específicos do sistema, registrando deslocamentos, velocidades e acelerações para posterior análise espectral.
- ✈ Assim, os excitadores mecânicos de vibração representam uma ferramenta indispensável no estudo experimental da dinâmica de sistemas, pois permitem não apenas compreender como as vibrações se manifestam, mas também antecipar problemas e validar soluções de engenharia em situações práticas.



Excitadores Mecânicos de Vibrações

Aula 15





Ensaaios Dinâmicos de Vibrações

Aula 15

- Os ensaios dinâmicos de vibrações em máquinas e estruturas são procedimentos experimentais realizados com o objetivo de avaliar o comportamento vibratório de um sistema quando submetido a diferentes condições de excitação.
- Eles consistem em aplicar estímulos controlados, que podem ser forças periódicas, impulsos ou até mesmo excitações aleatórias, e medir a resposta do sistema por meio de sensores, como acelerômetros, transdutores de velocidade ou deslocamento.
- Esses ensaios permitem identificar características fundamentais, como frequências naturais, modos de vibração, níveis de amortecimento e condições de ressonância, fornecendo dados práticos que complementam a análise teórica e a modelagem matemática.
- O processo pode ser realizado tanto em laboratório, em condições controladas, quanto em campo, diretamente em máquinas e estruturas em operação.



- ✈ Na prática, os ensaios dinâmicos podem ser conduzidos de diferentes formas. Um dos métodos mais comuns é o ensaio de excitação forçada, no qual um excitador mecânico, eletrodinâmico ou hidráulico aplica vibrações de intensidade e frequência variáveis ao sistema, enquanto sensores registram sua resposta.
- ✈ Outro método amplamente utilizado é o ensaio de impacto, em que um martelo instrumentado aplica um pulso de força no sistema, gerando um espectro de frequências que permite analisar o comportamento dinâmico a partir da resposta captada.
- ✈ Em estruturas de grande porte, como pontes, edifícios ou aeronaves, também podem ser realizados ensaios sob excitações ambientais, utilizando as próprias vibrações induzidas por vento, tráfego ou atividade operacional como estímulos naturais para medição.

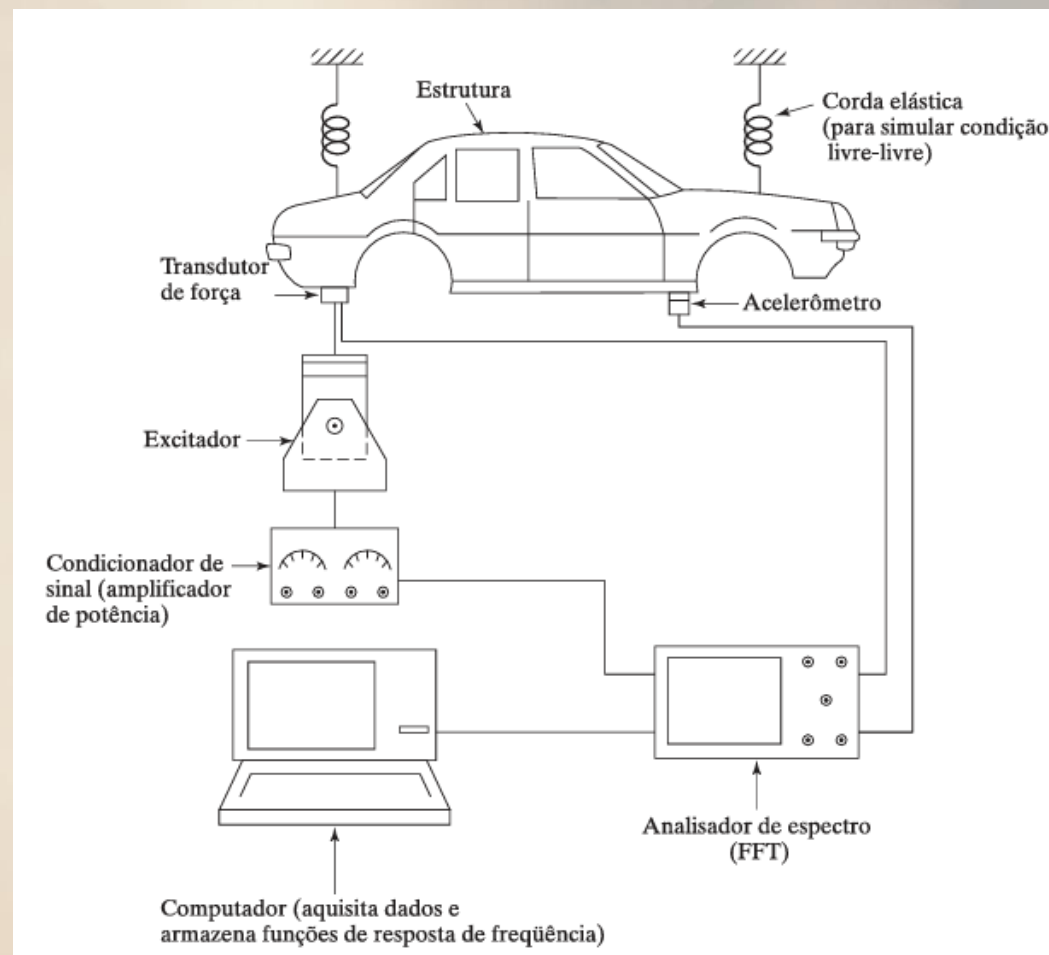


- ✈ A aplicação desses ensaios na medição de vibrações é de grande relevância, pois possibilita não apenas identificar defeitos ou falhas incipientes, mas também verificar se o desempenho real do sistema corresponde ao esperado em projeto.
- ✈ Em máquinas rotativas, por exemplo, os ensaios dinâmicos permitem detectar problemas como desbalanceamento, desalinhamento ou folgas internas, enquanto em estruturas civis podem avaliar riscos de colapso devido a fenômenos de ressonância.
- ✈ Além disso, esses ensaios são amplamente empregados na validação de técnicas de controle de vibração, como o uso de isoladores, absorvedores dinâmicos e sistemas de amortecimento.
- ✈ Dessa forma, os ensaios dinâmicos de vibrações se consolidam como ferramentas indispensáveis na engenharia, fornecendo dados experimentais que garantem maior confiabilidade, segurança e durabilidade a máquinas e estruturas.



Ensaio Dinâmicos de Vibrações

Aula 15



Obrigado Pela Atenção

Nos Encontramos na Próxima Aula

