

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

DANIEL SOSSAI HUPSEL CELESTINO

MAYELLI COSTA FERREIRA

MEDIÇÃO DE ACELERAÇÃO E VIBRAÇÃO

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2021

DANIEL SOSSAI HUPSEL CELESTINO
MAYELLI COSTA FERREIRA

MEDIÇÃO DE ACELERAÇÃO E VIBRAÇÃO

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências da disciplina de Instrumentação (ELT314), ministrada pelo professor Denilson Eduardo Rodrigues.

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2021

RESUMO

Neste trabalho será feita uma breve explicação acerca dos transdutores e serão abordados os tipos de sensores para a medição de aceleração e vibração, bem como suas aplicações e características para cada forma de medição.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
O QUE É O ACELERÔMETRO?	6
PARÂMETROS DE DESEMPENHO E ESPECIFICAÇÕES	7
TIPOS DE ACELERÔMETRO	8
Piezoelétrico:.....	8
Piezoresistivo:	8
Capacitivo:.....	8
MEMS:	8
Acelerômetro de Efeito Hall:.....	9
Magnetoresistivo:	9
Redes de Bragg em fibras ópticas:	9
APLICAÇÕES.....	10
ELETRÔNICA ASSOCIADA.....	11
MONTANDO O ACELEROMETRO.....	12
VANTAGENS	13
CONCLUSÃO	14
REFERÊNCIAS.....	15

INTRODUÇÃO

Os transdutores são instrumentos que transformam um tipo de energia em outro. Estes dispositivos recebem informações em determinada forma física (por exemplo, temperatura), podendo modificar tais dados para fornecer um sinal de saída (por exemplo, elétrico). Por isso, muitos sensores são transdutores.

Neste presente trabalho, abordaremos os sensores que medem aceleração e vibração, os chamados acelerômetros. Eles são encontrados em diversos tipos e tamanhos, podendo atender a variadas aplicações da indústria e ciência. De modo geral, fornecem uma saída proporcional à aceleração medida.

O QUE É O ACELERÔMETRO?

Acelerômetro é o dispositivo usado para medir a vibração ou a aceleração própria de um sistema. Sendo vibração um deslocamento baseado em tempo de um objeto em torno de uma posição estática central; e aceleração própria medida em relação a outro sistema em queda livre.

Ao invés de posicionar diversos dinamômetros (instrumento para medir a força) em lugares diferentes do objeto, um único acelerômetro é capaz de calcular qualquer força exercida sobre ele.

PARÂMETROS DE DESEMPENHO E ESPECIFICAÇÕES

Alguns parâmetros devem ser considerados na escolha do tipo de acelerômetro a ser utilizado em determinada aplicação. São eles:

- Intervalo de medida ou intervalo dinâmico: deve-se atentar à amplitude máxima de aceleração a ser medida. O intervalo do acelerômetro deve ser maior que o previsto para o sistema.
- Sensibilidade: depende do nível do sinal a ser medido. Para sinais de baixa amplitude, é bom usar acelerômetro com uma alta sensibilidade. Já para sinais de grande amplitude, costuma-se usar um dispositivo de sensibilidade menor. Vale destacar que a sensibilidade pode variar de acordo com a frequência de aceleração a ser medida.
- Sensibilidade transversal: também chamada de sensibilidade de eixo cruzado, representa a resposta do acelerômetro a vibrações perpendiculares ao seu eixo principal. Expressa em porcentagem da sensibilidade do eixo principal. É desejável que seja o mais baixa possível para garantir exatidão nas medidas.
- Intervalo de frequência: deve-se enquadrar dentro do intervalo previsto para o sistema. A resposta do acelerômetro é limitada para baixas frequências (limite inferior) relacionadas com ruído elétrico proveniente dos cabos de ligação e altas frequências (limite superior) relacionadas com a frequência ressonante do dispositivo. As medições normalmente ficam na faixa linear da curva de resposta.
- Frequência de ressonância: é aquela na qual o sensor ressoa ou vibra. As medições de frequência devem estar abaixo da frequência de ressonância do dispositivo.
- Número de eixos: podem medir um eixo (uniaxiais) a três eixos (triaxiais), tendo estes um alto custo. Há a possibilidade de medir três eixos com três acelerômetros uniaxiais, fazendo os eixos de maior sensibilidade ortogonais entre si.
- Massa: deve ser consideravelmente menor que a do sistema a ser monitorado, de modo que não interfira significativamente na resposta dinâmica do sistema. Geralmente, não deve exceder 10% da massa do sistema. Por isso, dispositivos mais leves são mais caros.
- Condições ambientais: deve-se levar em consideração a temperatura máxima de operação, a exposição a elementos químicos e a umidade.
- Aterramento: são dois tipos, pela carcaça ou isolado. Deve-se tomar cuidado nos aterrados pela carcaça para evitar ruídos provenientes do plano terra.
- Ruído: é gerado pelo circuito amplificador e geralmente diminui com o aumento da frequência. Deve-se tomar um cuidado maior quando operar em baixas frequências.

TIPOS DE ACELERÔMETRO

Piezoelétrico:

Amplamente utilizados para medição de aceleração, vibração e choque de propósito geral. São formados por uma massa (denominada sísmica) que é colocada em contato direto com o componente piezoelétrico. Então, quando um movimento acelerado é aplicado no sensor, o cristal piezoelétrico recebe uma força que faz com que surja uma carga elétrica proporcional à aceleração. Depois, este sinal é relacionado à aceleração.

Os cristais mais utilizados neste tipo são o PZT (titanato zirconato de chumbo) e o quartzo, sendo o primeiro mais sensível, pois sua constante de tensão piezoelétrica é aproximadamente 150 vezes maior que a do quartzo.

Vale ressaltar que como possuem frequências naturais muito altas, esses dispositivos são adequados para aplicações em alta frequência e medições de choque. Além disso, são leves, robustos e possuem saídas estáveis com o tempo e ambiente.

Piezoresistivo:

Estes apresentam grandes fatores de *gauge* e geralmente são implementados com dois (meia ponte de Wheatstone) ou quatro (ponte completa) *strain gauges* semicondutores.

Diferente do tipo anterior, os piezoresistivos são adequados para medições em baixa frequência e podem ser usados em sistemas estáticos (aceleração constante) para indicação de inclinação, por exemplo.

São menos robustos, sendo necessário sistema de proteção contra sobrecarga mecânica em algumas aplicações.

Capacitivo:

Este tipo de dispositivo possui capacitância variável que muda de acordo com a aceleração aplicada. O capacitor é formado por uma placa unida à estrutura do sensor (ou seja, estacionária) e outra ligada à massa sísmica que se movimenta em resposta à aceleração. Também são aptos a realizar medições de sistemas estáticos.

MEMS:

Os sistemas MEMS (microeletromecânicos) são constituídos de dispositivos fabricados com técnicas microeletrônicas, permitindo a criação de estruturas mecânicas microscópicas feitas de silício. Os acelerômetros deste tipo já foram apresentados: capacitivos e piezoresistivos.

Os acelerômetros MEMS capacitivos possuem grande sensibilidade, mas intervalo de medida pequeno. Geralmente, são usados em sistemas estáticos. Já os MEMS

piezoresistivos possuem um maior intervalo de medida, mas com baixa sensibilidade. São mais utilizados em aplicações de choque e explosões.

Acelerômetro de Efeito Hall:

Neste tipo, a aceleração move uma fita conduzindo corrente elétrica por um campo magnético não uniforme. Quanto maior o deslocamento, maior o campo e logo, maior é a diferença de potencial transversal à corrente, devido ao Efeito Hall.

Magnetoresistivo:

Aqui, a aceleração desloca uma massa de material magnético e, na parte fixa do sensor, existem materiais que alteram sua resistência de acordo com o campo magnético.

Acelerômetro de transferência de calor:

É formado por uma fonte de calor e termoresistores em posições opostas. Desta forma, uma aceleração altera a posição da fonte e portanto, a resistência de cada termoresistor é mudada.

Redes de Bragg em fibras ópticas:

De modo simplificado, neste dispositivo, há uma viga com uma ponta presa a uma base, e, na outra ponta, há uma massa de prova presa. Sobre a viga é colada uma rede de Bragg em fibra óptica. Quando a massa é acelerada, a viga e essas fibras sofrem uma tensão que as esticam. Assim, altera-se o comprimento de onda refletido pela fibra óptica.

Geralmente, são usados para detecção de atividades sísmicas, pois possuem alta sensibilidade e baixo ruído.

APLICAÇÕES

O acelerômetro pode ser empregado em diversas áreas, tais como as descritas a seguir.

Análise Preditiva por Vibrações:

Neste caso, o sensor é utilizado para monitorar a estrutura dos componentes de máquinas. Cada máquina possui uma assinatura espectral específica, baseada nas frequências características de seus componentes. O monitoramento feito pelo acelerômetro fornece informações sobre mudanças na integridade dos componentes, possibilitando previsão de possíveis falhas.

Monitoramento Sísmico:

Os acelerômetros de alta sensibilidade podem ser usados no monitoramento de terremotos e flutuações sísmicas. Costumam ser instalados nas bordas de duas placas tectônicas.

Aplicações Médicas:

Os sensores são frequentemente utilizados no estudo da cinemática de pulsos, joelhos e quadris, analisando a diferença de desempenho locomotor entre atletas e não atletas e medindo impactos em treinamentos físicos e práticas de esporte.

Dispositivos Eletrônicos:

Os acelerômetros são incorporados em dispositivos eletrônicos portáteis, sendo usados para orientação dos mesmos para exibição de imagens da tela em uma mesma direção, por exemplo. Outro uso é como sensor de queda, fazendo com que as cabeças de gravação de um HD travem em posição, impedindo perda de dados em caso de queda do aparelho.

Outras Aplicações:

Vale citar ainda que podem ser usados em outras aplicações, tais como: balanceamento de máquinas, monitoramento de vibrações de construções civis, teste de impacto, sistemas de navegação de aeronaves e mísseis, etc.

ELETRÔNICA ASSOCIADA

Usualmente, para a transmissão do sinal medido por um acelerômetro, faz-se uso de algum conversor de sinal (por exemplo, um acelerômetro capacitivo deve transformar a variação de capacitância em um sinal de tensão para ser interpretado pelo resto do circuito).

Além disso, muitas das vezes esse sinal deve ser amplificado e passar por um filtro de frequência.

MONTANDO O ACELEROMETRO

O sensor deve ser montado diretamente na superfície da máquina ou sistema que for medir. Os tipos de montagem são:

- Montagem Magnética em Superfície Plana
- Montagens Magnética de Dois Polos
- Adesivos (Epóxi/Cianoacrilato)
- Pinos de Montagem
- Pinos de Isolamento

As montagens magnéticas são geralmente temporárias e utilizadas em materiais ferromagnéticos, permitindo o fácil deslocamento do sensor, o que possibilita a leitura em locais diferentes. As montagens desse tipo de dois polos (suportes) são utilizadas em superfície curvada.

Adesivos e pinos são montagens permanentes. A espessura do adesivo deve ser a menor possível de forma a evitar o amortecimento indesejado das vibrações. A técnica mais confiável de montagem é a que envolve pinos.

VANTAGENS

Vantagens da medição e análise da aceleração e vibração:

- Identificação de defeitos na máquina
- Informações sobre as causas dos defeitos
- Localização dos componentes afetados
- Otimização da logística de peças de substituição
- Planejamento das medidas de manutenção

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível aprender sobre o uso dos sensores de aceleração e vibração bem como suas vantagens e desvantagens para cada tipo de aplicação. O maior uso dos sensores de vibração permite uma detecção rápida e eficaz de problemas de funcionamento nos maquinários das empresas e otimizar a manutenção preventiva.

Durante a execução foi observada uma carência de materiais confiáveis que pudessem ser utilizados como fontes, o que elevou o nível de dificuldade do trabalho. Entretanto, é notório que o objetivo inicial foi concluído com sucesso.

REFERÊNCIAS

<https://br.omega.com/prodinfo/acelerometros.html>

https://www.pce-instruments.com/portugues/instrumento-de-medic%C3%A3o/medidor/aceler%C3%B4metro-kat_162794.htm

<https://www.kistler.com/pt/solucoes/solucoes-para-controlo-de-trafego/tecnologia-ferroviaria/medicao-da-aceleracao/>

<https://www.lionprecision.com/pt/vibration-measurement-vibration-sensors-measuring-vibration-precisely/>

<https://www.alutal.com.br/br/saibamais/como-funciona-a-medicao-de-vibracao-8>