



Controle passivo de ruído em um duto acoplado a um conjunto de ressonadores Helmholtz com pescoço em espiral

Palavras-Chave: VIBROACÚSTICA, CONTROLE, SEGURANÇA

Autores(as):

João Antonio Milaré Brito, FEM - Unicamp

Prof^(a). Dr^(a). José Maria Campos dos Santos (orientador), FEM - Unicamp

INTRODUÇÃO:

Controle de ruído é um importante componente para o bom funcionamento de um ambiente de trabalho, assim como dos produtos desenvolvidos para o mercado, uma vez que sendo o aparelho auditivo humano exposto a altas intensidades sonoras por prologados espaços de tempo, o mesmo inevitavelmente começa a apresentar danos permanentes em seu funcionamento. . Filtros acústicos, ou silenciadores, são formas eficientes de controle de ruído aplicados aos meios de propagação sonora, um tipo específico de filtro acústico será trabalhado neste projeto, o Ressonador de Helmholtz, um silenciador do tipo passivo utilizado em dutos de ar, podendo ser útil para o controle de ruído em sistemas de ventilação industrial, estações de energia ou até automóveis. O dispositivo se trata de uma peça tubular, chamada de pescoço, com uma extremidade acoplada ao duto principal, e com uma grande cavidade acoplada a sua outra extremidade, sendo a geometria destes componentes responsável por determinar as faixas de frequência onde a intensidade sonora será atenuada. Este projeto tem como objetivo desenvolver uma estrutura metamaterial composta de um conjunto de ressonadores de Helmholtz com pescoço espiral, de modo a obter atenuação de ruídos em dutos acústicos. A combinação do uso de um conjunto de ressonadores e dos pescoços espirais viabilizará a atenuação de ruído em uma banda relativamente larga de baixa frequência.

METODOLOGIA:

O trabalho computacional do projeto foi realizado no programa Octave, linguagem quase idêntica ao Matlab. Foi utilizado o método de Matriz de Transferência para representar os ressonadores e dutos. Foram realizadas diversas etapas antes da montagem do produto, sendo cada uma cada vez mais próxima deste produto. Cada etapa tem a função de servir como ponto de comparação com a teoria existente, de forma a constantemente verificar a veracidade dos resultados

obtidos. Nos dutos estudados para obter os parâmetros desejados é necessário estabelecer uma relação entre as grandezas de pressão acústica e velocidade volumétrica do som nos pontos tanto de entrada quanto de saída do duto. Esta relação é a matriz de transferência, sendo composta matematicamente por equações contendo grandezas físicas características do fluido dentro do duto assim como pela geometria do duto em si, sendo que cada componente do duto que apresente uma mudança brusca quanto a sua geometria requer sua própria matriz 2x2 para que seja representado. Assim para um duto simples apenas uma matriz é necessária, para um duto com ressonadores de Helmholtz normais três matrizes são necessárias, e por fim para o pescoço espiral são necessárias quatro. A partir da multiplicação destas obtém-se uma nova matriz, a partir da qual é calculada a potência acústica e também é possível obter a impedância da estrutura, e com isso calcula-se a perda de transmissão.

Inicialmente como um exercício de familiarização com o método foi realizada uma representação de um duto simples, sem nenhum ressonador acoplado, que também virá a servir como ponto de comparação para quando o ressonador for adicionado. Duto preenchido por ar, de massa específica $\rho = 1,2041 \text{ kg/m}^3$, velocidade do som $c = 343 \text{ m/s}$, com temperatura igual a $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Foram adotadas as seguintes medidas para o duto: raio $a = 0,07775 \text{ m}$, área da seção transversal $Sd = \pi a^2$, comprimento $l = 3 \text{ m}$.

Em seguida foi adicionado um ressonador de Helmholtz no mesmo duto analisado anteriormente, assim o raio e comprimento do duto seguem os mesmos. Foram adotadas as seguintes medidas para o ressonador: raio do pescoço $r = 0.0655 \text{ m}$, comprimento do pescoço $l1 = 0.093 \text{ m}$, raio da cavidade $R = 2626 \text{ m}$, comprimento da cavidade $l2 = 0.070 \text{ m}$, e o ressonador foi posicionado a uma distância $x = 0.5 \text{ m}$ do início do duto.

Na terceira etapa deste projeto um novo artigo foi tomado como referência teórica (Campos et al., 2018), de forma que as características físicas do duto são diferentes das vistas anteriormente. Desta vez foi programado um duto com inúmeros ressonadores em série.

E então a etapa que se seguiu, novamente com um novo artigo como referência teórica (Cai et al., 2016), foi projetado um duto com um ressonador de Helmholtz de pescoço espiral. Foram adotadas as seguintes medidas para o duto e ressonador: comprimento da cavidade $lc = 0.21 \text{ m}$, raio da cavidade $rc = 0.066 \text{ m}$, comprimento base do pescoço $ln = 0.08 \text{ m}$, raio do pescoço $rn = 0.01 \text{ m}$, área de seção transversal do duto principal $Sd = 0.0036 \text{ m}^2$. Esta etapa apresentou um maior nível de complexidade se comparada as etapas anteriores, sendo a nova geometria do pescoço um complicador matemático. Neste modelo o pescoço do HR é discretizado em três partes, sendo duas delas a partes retas das extremidades conectadas ao duto principal e a cavidade, e a terceira a parte espiral do pescoço, de forma a realizar uma equivalência matemática desta parte espiral à uma reta com o mesmo efeito sobre a acústica do objeto.

Com os resultados obtidos até este ponto tornou-se possível prosseguir para a etapa final do projeto, onde combina-se os elementos de pescoço espiral e células periódicas. Este aparato é representado pelo esquema a seguir:

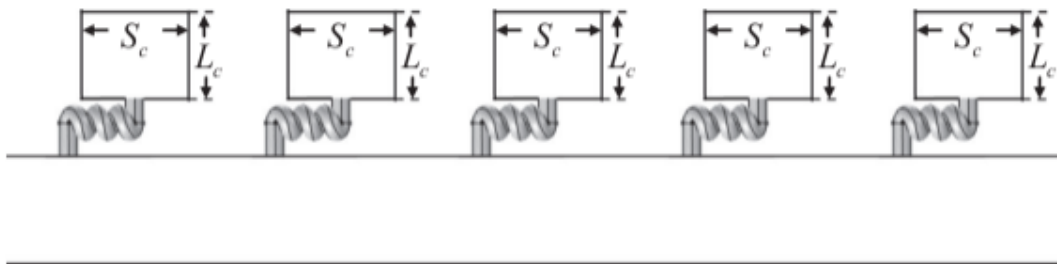


Figura 1 – Esquema ressonadores de pescoço em espiral dispostos em células periódicas

As dimensões adotadas para estes ressonadores e duto são idênticas as adotadas na etapa anterior, sendo em cada célula o comprimento antes do HR igual a $L1 = 0.5 m$, e o comprimento depois $L2 = 0.5 m$, enquanto o número de células periódicas utilizado como referência foi $n = 5$. Sendo que o efeito da periodicidade das células é aplicado multiplicando seu número pela matriz de transferência final. De forma que pode se obter o valor final da perda de transferência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O resultado obtido da perda de transmissão foi diferente do esperado. A hipótese construída era que haveria um aumento da faixa de frequência afetada, ao invés disso houve um aumento na intensidade atenuada na mesma faixa de pressão observada na etapa anterior. Isso mostra que a propriedade do pescoço espiral foi mantida, de forma que este aumento pode então ser atribuído para células periódicas. A fim de testar esta hipótese são testadas as perdas de transmissão para um duto de respectivamente 4 e 6 células (uma a menos e uma a mais que no duto controle), e os resultados obtidos mostram uma variação em torno de 2 Db atenuados com cada variação unitária no número de células para esta geometria, negativa com a retirada e positiva com a adição. Pode não parecer um incremento substancial, porém cada célula neste caso tem apenas um metro de comprimento, valor que pode ser confortavelmente menor com resultados semelhantes, assim podendo caber números muito maiores de células em maquinários de maior porte, os quais geralmente são os que exigem maior controle de ruído. Além disso o pescoço espiral permite uma maior variedade no comprimento efetivo do pescoço sem que haja um requerimento muito diferente de espaço, tornando as aplicações do equipamento extremamente variadas.

CONCLUSÕES:

É possível retirar como conclusão que a tecnologia discutida neste artigo demonstra um grande potencial de usabilidade prática nas mais diversas frentes de indústria, sendo especialmente útil na área de segurança do trabalho, uma vez que sons de baixa frequência por serem menos audíveis são muitas vezes negligenciados, mesmo existindo normas para seu controle, podendo além de causar perdas auditivas também danificar a estrutura corporal causando dores de cabeça, tontura e arritmia cardíaca. Assim a atenuação de ruído de baixas frequências feita de forma eficiente pode contribuir imensamente para o aumento da segurança e bem estar do trabalhador em diversos setores da indústria.

BIBLIOGRAFIA

Singh, S., Hansen, C.H., Howard, C.Q., 2008. **A detailed tutorial for evaluating in-duct net acoustic power transmission in a circular duct with an attached cylindrical Helmholtz resonator using transfer matrix method.**

Campos, B.V.L., 2018. **Controle de Ruído em Dutos Usando Metamateriais do Tipo Ressonadores de Helmholtz.**

Cai, C., Mak, C.M., Shi, X., 2016. **An extended neck versus a spiral neck of the Helmholtz resonator.**