



V Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica

V EnICT

ISSN: 2526-6772

IFSP – Câmpus Araraquara

22 e 23 de outubro de 2020



Varição do parâmetro inércia de um sistema isolador de vibrações com Inerter

Gabriel Bueno Pereira¹, Fernando de Haro Moraes²

¹ IFSP Câmpus Araraquara, gabriel.p@aluno.ifsp.edu.br ² fernandohm@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.00.00-1

RESUMO

Este resumo expandido trata-se da análise da variação do parâmetro inércia de um elemento mecânico denominado Inerter. O Inerter é um dispositivo que possui dois terminais de fixação, uma cremalheira e um volante de inércia, seus terminais são independentemente móveis. O inerter responde à variação da aceleração e pode ser um dispositivo do tipo mecânico, hidráulico e pneumático, entre outros. Quando comparado um sistema massa-mola-amortecedor-Inerter, em relação a um sistema absorvedor de vibrações convencional, massa-mola-amortecedor; o sistema que possui o dispositivo Inerter apresenta redução da amplitude de deslocamento. O objetivo deste artigo é analisar os efeitos da variação da inércia no sistema isolador de vibrações. Esse dispositivo pode ser aplicado a suspensões veiculares e apresenta vantagens em relações aos sistemas de suspensões passivos convencionais. Com o aumento do parâmetro inércia, há a diminuição da amplitude de deslocamento dependendo da frequência de excitação de trabalho desejada

PALAVRAS-CHAVE: inerter; absorvedor de vibração;

INTRODUÇÃO

Em 2005, no Grand Prix da Espanha, foram comprovados os benefícios do dispositivo Inerter. A equipe de carros de corrida do tipo Fórmula-1McLaren consagrou-se campeã. Ela era a única equipe que utilizava esse dispositivo. O dispositivo Inerter foi utilizado em segredo, e era chamado como “J-Damper” (J-Amortecedor). O dispositivo Inerter não é um amortecedor, e sim um dispositivo inercial, SMITH (2002).

Esse dispositivo pode ser aplicado a suspensões veiculares e apresenta vantagens em relações aos sistemas de suspensões passivos convencionais. Além disso, o dispositivo Inerter pode ser aplicado em outras áreas como aeronáutica, civil, naval e aeroespacial.

O objetivo deste artigo é analisar os efeitos da variação da inércia no sistema isolador de vibrações buscando diminuir a amplitude da vibração.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Inerter é um dispositivo que possui dois terminais de fixação, uma cremalheira e um volante de inércia, seus terminais são independentemente móveis. A força aplicada em seus dois terminais é proporcional à aceleração relativa entre eles. Ele possui um parâmetro chamado inércia o qual está associado ao momento de inércia do volante de inércia.

Segundo Michael et al. (2013), analisaram um sistema de seis graus de liberdade, o qual apresentou uma redução de mais de quarenta e sete por cento, utilizando o dispositivo Inerter e comparando o a um sistema absorvedor de vibrações convencional.

O Inerter relaciona os circuitos mecânicos e circuitos elétricos, representando o seu análogo elétrico o capacitor, CHEN et al. (2009). A Figura 1 e 2 a seguir ilustram o dispositivo Inerter.

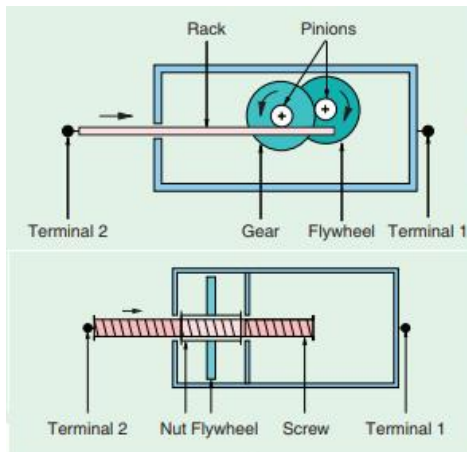


Figura 1- Modelo de Inerter



Figura 2- Dispositivo Inerter

Fonte: IEEE Circuits and Systems Magazine, 2009. Fonte: IEEE Circuits and Systems Magazine, 2009.

METODOLOGIA

Inicialmente foi determinado o modelo a ser analisado, do tipo de um quarto de carro, e com um grau de liberdade. A Figura 3 apresenta o modelo do sistema isolador massa-mola-amortecedor-Inerter. O dispositivo Inerter é representado por b .

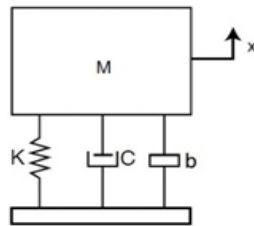


Figura 3 – Modelo massa-mola-amortecedor com Inerter
Fonte do próprio autor

A equação do movimento de vibrações forçado do modelo de 1 G.D.L, segundo Rao,(2008), pode ser escrita como a mostrada na Eq.1.

$$(m+b)\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F\text{sen}(\omega t) \quad (1)$$

onde,

m – massa [kg]

b – inertância [kg]

c – coeficiente de amortecimento [Ns/m]

k – constante de rigidez da mola[N/m]

x – deslocamento [m]

\dot{x} – velocidade [m/s]

\ddot{x} – aceleração [m/s²]

F – amplitude de excitação [m]

ω – frequência de excitação [rad/s]

t – tempo [s]

Para realizar as simulações matemáticas computacionais, foi utilizado o programa GNU-Octave. Foram adotados parâmetros da suspensão dianteira de um veículo do tipo caminhonete Pick-up, Camposa et al. 2017, onde, $m=800$ kg; $c=5000$ Ns/m; $k=8000$ N/m.

Depois de realizado a modelagem matemática, foram escritos os programas computacionais para obter os gráficos dos históricos no tempo, Figura 4.

```

function dy=Funcao1(t,y)
dy=zeros(2,1);
dy(1)=y(2);
dy(2)=(0.1*sin(4*t)-5000*y(2)-8000*y(1))/(800);
end
function dy=Funcao2(t,y)
dy=zeros(2,1);
dy(1)=y(2);
dy(2)=(0.1*sin(4*t)-5000*y(2)-8000*y(1))/(1120);
end
function dy=Funcao3(t,y)
dy=zeros(2,1);
dy(1)=y(2);
dy(2)=(0.1*sin(4*t)-5000*y(2)-8000*y(1))/(1600);
end

tspan=0:0.01:20;
y0=[0 0];
[T,Y]=ode45(@Funcao1,tspan,y0);
plot(T,Y(:,1),'k');
xlabel('t[s]');
ylabel('x[m]');
hold on
tspan=0:0.01:20;
y0=[0 0];
[T,Y]=ode45(@Funcao2,tspan,y0);
plot(T,Y(:,1),'k');
xlabel('t[s]');
ylabel('x[m]');
hold on
tspan=0:0.01:20;
y0=[0 0];
[T,Y]=ode45(@Funcao3,tspan,y0);
plot(T,Y(:,1),'k');
xlabel('t[s]');
ylabel('x[m]');

```

Figura 4- Programa
Fonte: próprio autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram plotados os gráficos dos históricos no tempo (amplitude x deslocamento), considerando a variação do parâmetro inércia, $b=0$ representado pela linha na cor preta, $b=400$ kg representado pela linha na cor azul-claro, $b=800$ kg representado pela linha na cor vermelha, mostrado na Figura 5, onde é possível notar que o dispositivo Inerter causa a diminuição da amplitude de deslocamento.

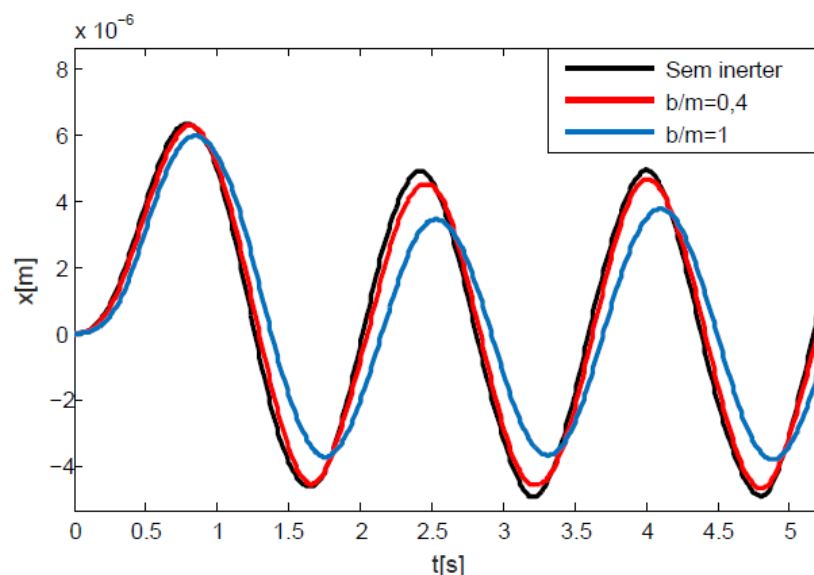


Figura 5 – Histórico no tempo

Fonte: Próprio autor

CONCLUSÕES

Em um sistema de suspensões passivas, não há a utilização de fonte de energia, apenas elementos como amortecedores e molas que podem dissipar ou armazenar energia. Ao inserir um dispositivo Inerter juntamente com um sistema passivo mola-massa-amortecedor, é possível diminuir a amplitude de deslocamento do sistema. Com o aumento do parâmetro inércia, há a diminuição da amplitude de deslocamento dependendo da frequência de excitação de trabalho desejada. Esta pesquisa está em andamento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor orientador por me auxiliar na escrita deste artigo científico.

REFERÊNCIAS

CAMPOSA, C. G.; OLIVEIRA, A. N.; PERALTA, A. O.; COSTA NETO, R. T.; CALDEIRA, A. B. Estimativa dos coeficientes de rigidez e amortecimento para um veículo leve, [s. l.], 2017. Disponível em: http://rmct.ime.eb.br/vol_XXXIV_2sem_2017.html. Acesso em: 7 set. 2020.

MALCOM C. SMITH; GAVIN W. WALKER (2000) Performance Limitations and Constraints for Active and Passive Suspensions: a Mechanical Multi-port Approach, *Vehicle System Dynamics*, 33:3, 137-168, DOI: 10.1076/0042-3114(200003)33:3;1-Y;FT137. Disponível em: [https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/0042-3114\(200003\)33:3;1-Y;FT137](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/0042-3114(200003)33:3;1-Y;FT137). Acesso em: 13/06/2020..

MICHAEL Z.Q. CHEN; YINLONG HU; LIXI HUANG; GUANRONG CHEN. Influence of inerter on natural frequencies of vibration systems, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 333, Issue 7, 2014, Pages 1874-1887, ISSN 0022-460X, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2013.11.025>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X13009620>. Acesso em: 29/05/2020.

M. Z. Q. CHEN; C. PAPAGEORGIOU; F. SCHEIBE; F. WANG; M. C. SMITH, "The missing mechanical circuit element," in *IEEE Circuits and Systems Magazine*, vol.9, no.1, pp.10-26, First-Quarter 2009, doi:10.1109/MCAS.2008.93173-8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4799284>. Acesso em: 24/05/2020.

PAPAGEORGIOU; C., HOUGHTON, N. E.; SMITH, M. C. (December 4, 2008). "Experimental Testing and Analysis of Inerter Devices." *ASME. J. Dyn. Sys., Meas., Control*. January 2009; 131(1): 011001. Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/dynamicsystems/article-abstract/131/1/011001/466043>. Acesso em: 22/06/2020.

RAO, SINGIRESU. Título: *Vibrações Mecânicas*. 4ed. Pearson Universidades, 28 NOV 2008.

SMITH, MALCOM. Síntese de redes mecânicas. *IEEE Transactions on Automatic Control*. Reino Unido, 10 de dezembro de 2002. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1039800>. Acesso em: 24/06/2020.