Rogério Yukio Tamaoki Rodriguez - 10772709

PME3380 - Modelagem de Sistemas Dinâmicos
Lista 7

Brasil

2020

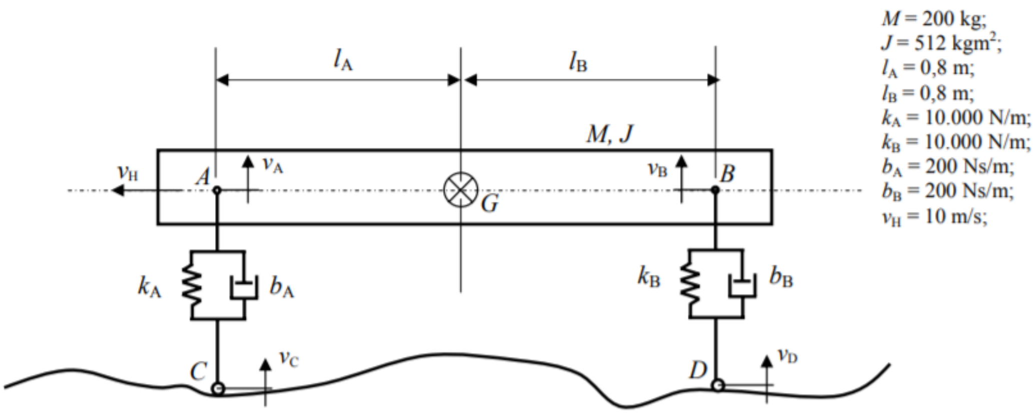
Lista de ilustrações

Sumário

1 Modelo de suspensão para meio carro

Neste relatório será feita uma breve análise do modelo de meio carro exposto na figura 1.

Figura 1 – Modelo de meio carro



Aplicando o TMB e o TMQM ao sistema, são obtidas as equação diferenciais do movimento do sistema, dadas por 1.1.

$$\begin{cases} \dot{v_G} = \frac{1}{M}[-k_A x_A - k_B x_B - b_A(v_G - l_A\omega - v_C) - b_B(v_G + l_B\omega - v_D)] \\ \dot{\omega} = \frac{1}{J}[k_A x_A l_A - k_B x_B l_B + b_A(v_G - l_A\omega - v_C)l_A - b_B(v_G + l_B - v_D)l_B] \end{cases} \tag{1.1}$$

Considerando que $[x_A, x_B, v_G, \omega]^T = [x_1, x_2, x_3, x_4]^T$, $[v_c, v_d]^T = [u_1, u_2]^T$ o espaço de estados do sistema é dado por 1.2.

$$\begin{cases} \dot{X} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & -l_A \\ 0 & 0 & 1 & l_B \\ \frac{-k_A}{M} & \frac{-k_B}{M} & -\frac{(b_A+b_B)}{M} & \frac{b_A l_A - b_B l_B}{M} \\ \frac{k_A l_A}{J} & \frac{-k_B l_B}{J} & \frac{b_A l_A - b_B l_B}{J} & -\frac{(b_A l_A^2 + b_B l_B^2)}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \frac{b_A}{M} & \frac{b_B}{M} \\ -\frac{b_A l_A}{J} & \frac{b_B l_B}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \\ Y = \begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \end{cases} \tag{1.2}$$

1.1 Simulação de meio carro

Para avaliar o modelo proposto, tanto no domínio do tempo, quanto no domínio da frequência, foi empregado o código a seguir.

```
clear()
clc()

m = 200
j = 512
la = 0.8
lb = 0.8
ka = 10000
kb = 10000
ba = 200
bb = 200
vh = 10
td = (la+lb)/vh

t = 0:0.001:4

for i =1:length(t)
    u(1,i)=1
    if t(1,i)<td then
        u(2,i) = 0
    end
    if t(1,i)>=td then
        u(2,i) = 1
    end
end

A = [0 0 1 -la;0 0 1 lb; -ka/m -kb/m -(ba+bb)/m (ba*la-bb*lb)/m; (ka*la)/j
    -(kb*lb)/j (ba*la-bb*lb)/j -(ba*la*la + bb*lb*lb)/j ]
B = [0 0; 0 0; ba/m bb/m; -ba*la/j bb*lb/j]
C = [0 0 1 0; 0 0 0 1]
D = [0 0; 0 0]

sistema = syslin('c', A,B,C,D)

G = ss2tf(sistema)

scf(3)
bode(G(1,1))

scf(4)
bode(G(1,2))

scf(5)
```

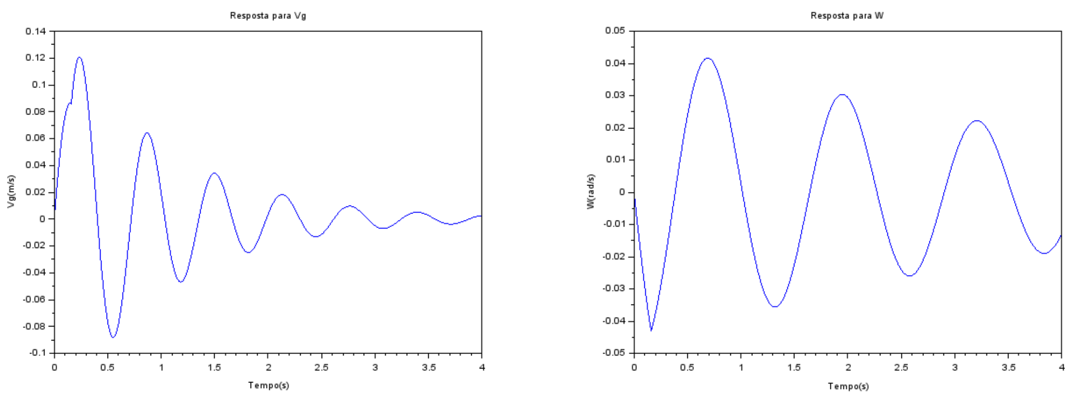
```
bode(G(2,1))

scf(6)
bode(G(2,2))

[V,x] = csim(u, t, sistema)

scf(1)
plot(t,V(1,:))

scf(2)
plot(t,V(2,:))
```

1.1.1 Domínio do tempo

1.1.1.1 Excitação degrau

Nesta simulação será realizada a transposição de um aclive, por conta disso, a simulação se inicia com velocidade unitária na roda dianteira, e após 0,16s a roda traseira adentra ao aclive. Pode-se observar, na figura 2 que tanto a velocidade angular quanto a velocidade linear do meio carro oscilam ao redor da posição de equlíbrio, é possível reparar também que a entrada da roda traseira no aclive gera uma mudança na tendência da curva.

Figura 2 – Respostas no domínio do tempo

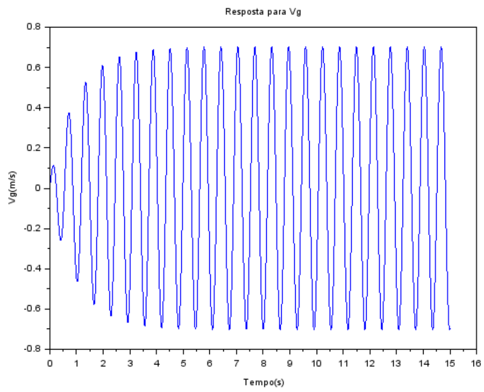


(a) Velocidade linear v_g (b) Velocidade angular ω

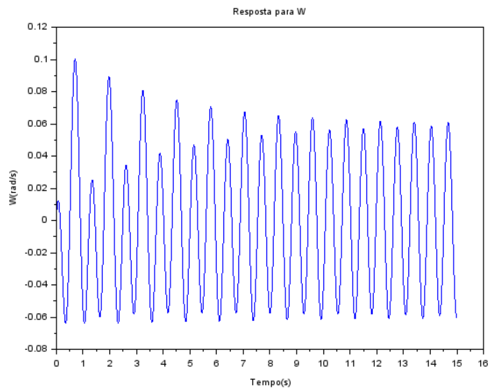
1.1.1.2 Excitações senoidais

Ao observar os resultados obtidos em 3 e 4, percebe-se uma redução na amplitude de oscilação das saídas quando a frequência de oscilação aumenta. Além disso percebe-se que o perfil de oscilação da velocidade angular modifica de forma substancial.

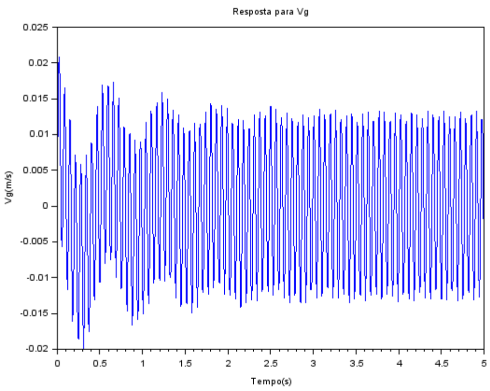
Figura 3 – Respostas no domínio do tempo para excitação senoidal em fase



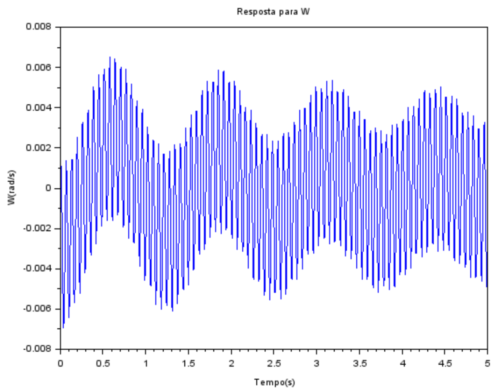
(a) Velocidade linear v_g, f = 9,8995



(b) Velocidade angular ω, f = 9,8995

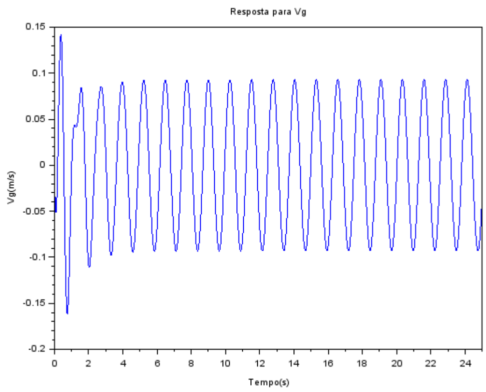


(c) Velocidade linear v_g, f = 98,995

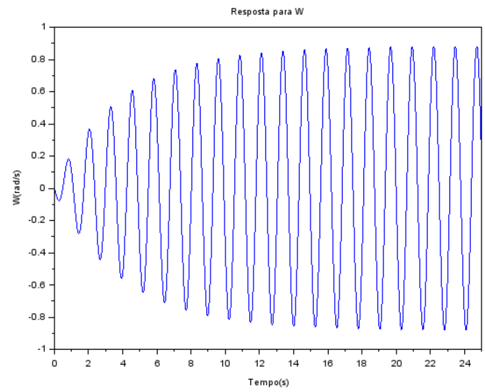


(d) Velocidade angular ω, f = 98,995

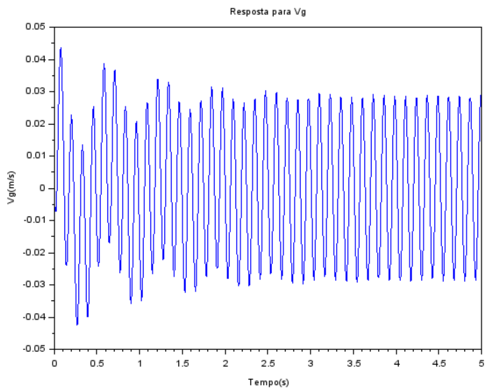
Figura 4 – Respostas no domínio do tempo para excitação senoidal em oposição de fase



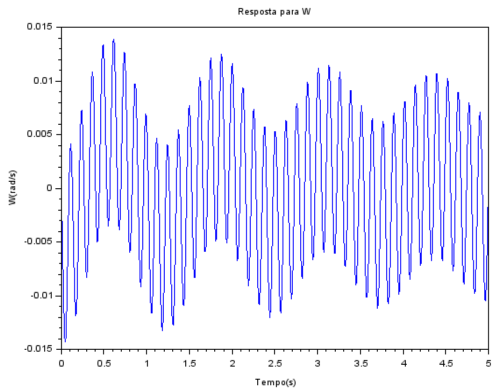
(a) Velocidade linear v_g, f = 4,9875



(b) Velocidade angular ω, f = 4,9875



(c) Velocidade linear v_g, f = 49,875

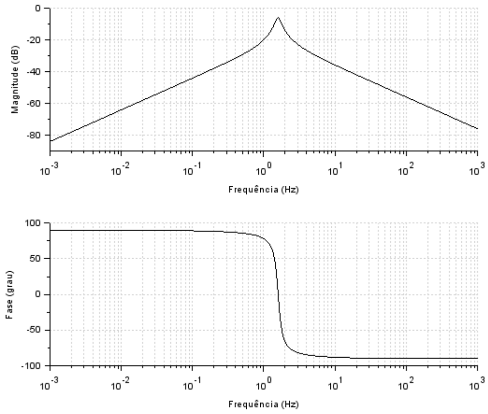


(d) Velocidade angular ω, f = 49,875

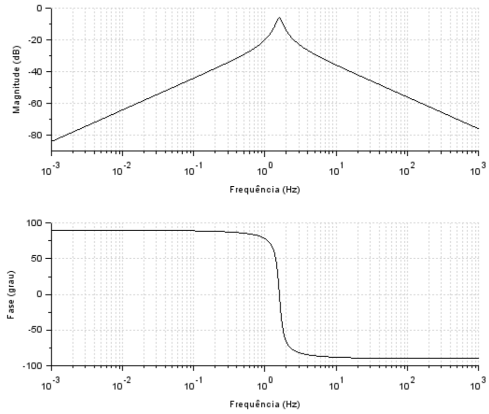
1.1.2 Domínio da frequência

Ao observar os diagramas de BODE expostos em 5, é de se esperar que a magnitude máxima de resposta deve ocorrer para frequências próximas de 1, no entanto, a medida que se distanciam de 1, é de se esperar que tenham sua magnitude reduzida. O que foi observados nas figuras 3 e 4, além disso é nestas figuras não é notada mudança de fase, o que se mantém em conformidade com os diagramas expostos.

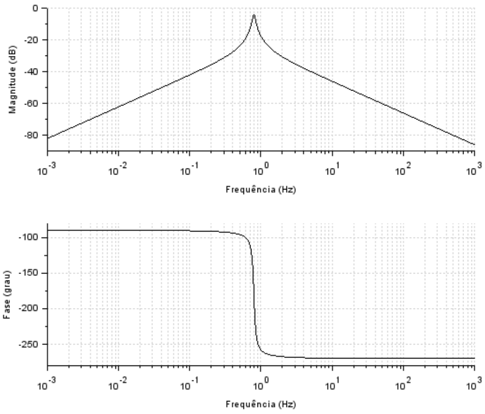
Figura 5 – Diagramas de BODE



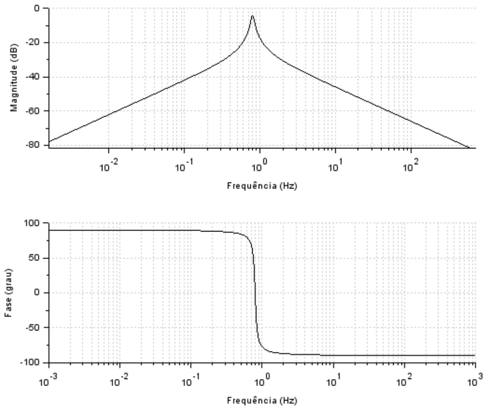
(a) v_g com v_c



(b) v_g com v_d



(c) ω com v_c



(d) ω com v_d