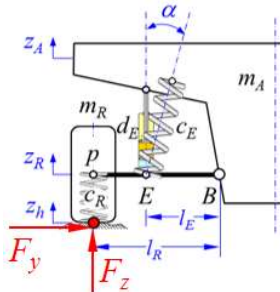




Ein Viertelfahrzeug mit Pendelachse ist in Bild dargestellt. Die Aufbau- und Radmasse beträgt m_A und m_R . Greifen Feder und Dämpfer nicht über dem Radmittelpunkt an, muss das Hebelverhältnis zum Quadrat berücksichtigt werden. Die Seitenkraft am Rad ist F_y . Eine Fahrt über eine unebene Fahrbahn bewirke eine Wegerregung $z_h(t)$.



$m_A = 229 \text{ kg}$	Einbaumasse	$\alpha = 15^\circ$	Einbauwinkel
$m_R = 31 \text{ kg}$	Radmasse	$r = 300 \text{ mm}$	Reifenradius
$c_E = 56115 \text{ N/m}$	Einbaufederrate	$l_R = 700 \text{ mm}$	Hebellänge
$c_R = 128000 \text{ N/m}$	Reifenfederrate	$l_E = 420 \text{ mm}$	Einbauhebellänge
$d_E = 3195 \text{ Ns/m}$	Einbaudämpfung	$Z_h = 15 \text{ cm}$	Wegamplitude
$c_y = 70000 \text{ N/m}$	Seitensteifigkeit		
$c_\alpha = 20000 \text{ N/rad m}$	Schräglaufersteifigkeit	$v = 10 \text{ m/s}$	Fahrgeschwindigkeit

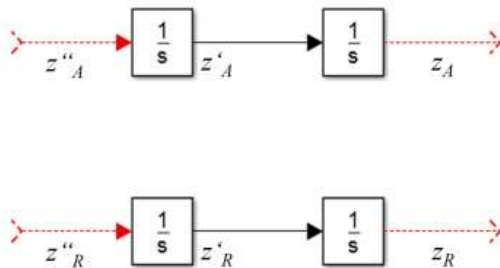
Die Differentialgleichungen lauten für Aufbau, Reifen:

$$m_A \ddot{z}_A + d_E \cdot \left(\frac{l_E}{l_R}\right)^2 \cdot (\dot{z}_A - \dot{z}_R) + c_E \cdot \left(\frac{l_E \cos(\alpha)}{l_R}\right)^2 \cdot (z_A - z_R) - \frac{r}{l_R} \cdot F_y = 0 \quad (1)$$

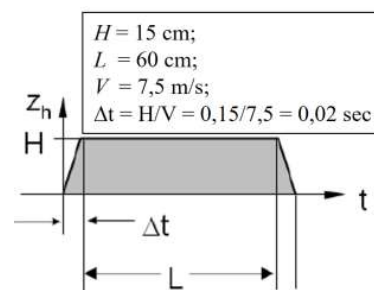
$$m_R \ddot{z}_R - d_E \cdot \left(\frac{l_E}{l_R}\right)^2 \cdot (\dot{z}_A - \dot{z}_R) - c_E \cdot \left(\frac{l_E \cos(\alpha)}{l_R}\right)^2 \cdot (z_A - z_R) + c_R \cdot z_R + \frac{r}{l_R} \cdot F_y = c_R \cdot z_h \quad (2)$$

$$\dot{F}_y + \frac{c_y}{c_\alpha} \cdot v \cdot F_y - c_y \cdot \frac{r}{l_R} \cdot (\dot{z}_A - \dot{z}_R) = 0 \quad (3)$$

1. Eingabedaten in m-file mit Ihrem Nachname. Erstellen Sie nach den Systemgleichungen ein Modell mit Simulink im Zeitbereich, (beginnend vom unten angegebenen Bild):



Die gegebene Bremsschwelle $z_h(t)$:



Die Anfangsbedingungen der Zustandsgrößen sollen gleich Null angenommen werden.

Die Fahrbahnanregung $z_h(t)$ ist eine Bremsschwelle angenommen.

Ausgänge in Scope: Die Dämpfungskraft $d_E \cdot \left(\frac{l_E}{l_R}\right)^2 \cdot (\dot{z}_A - \dot{z}_R)$ und Seitenkraft F_y .

Simulation time 3 sec mit 0.01 Fixed-step.

2. Berechnen Sie die Eigenwerte des Systems. Ist das System stabil? Begründung!

-16.9660	±	62.3939 j
-40.5754	±	0.00000 j
-1.3092	±	8.2706 j

Das System ist stabil, weil sich alle Eigenwerte in der linken Ebene befinden.



Berechnen Sie die ungedämpfte, gedämpfte Eigenfrequenzen f_0, f_d (Hz) und Dämpfungsgrad ξ .

Ungedämpfte f_0 (Hz)	gedämpfte f_d (Hz)	Dämpfungsgrad ξ
10.2909	9.9303	0.2624
6.4578	0	1
1.3327	1.31630	0.1564

[Es gibt keine Punkte für den Trivialfall des Nulleigenwertes]

- Polten Sie die Übertragungsfunktion $\left| \frac{F_y}{Z_h} \right|$ und Phasenwinkel bis $\omega = 2\pi \times 20$ rad/s in einer Figure (Bodediagramm) mit dem Titel „Übertragungsfunktion $|F_y / Z_h|$ “.
- Leiten Sie anhand der Systemgleichungen einen formelmäßigen Ausdruck in A, B, C, D Matrizen her.

Systemeingänge: Z_h ;

Ausgänge: Die Dämpfungskraft $d_E \cdot \left(\frac{l_E}{l_R} \right)^2 \cdot (\dot{z}_A - \dot{z}_R)$ und Seitenkraft F_y

Zustandsgrößen: $[z_A \ z_R \ \dot{z}_A \ \dot{z}_R \ F_y]^T = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5]^T$

$$A = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

$D = \text{Nullmatrix?}$

- Senden Sie m-File und mdl-File mit Ihrem Nachnamen zu eine ZIP Datei an!



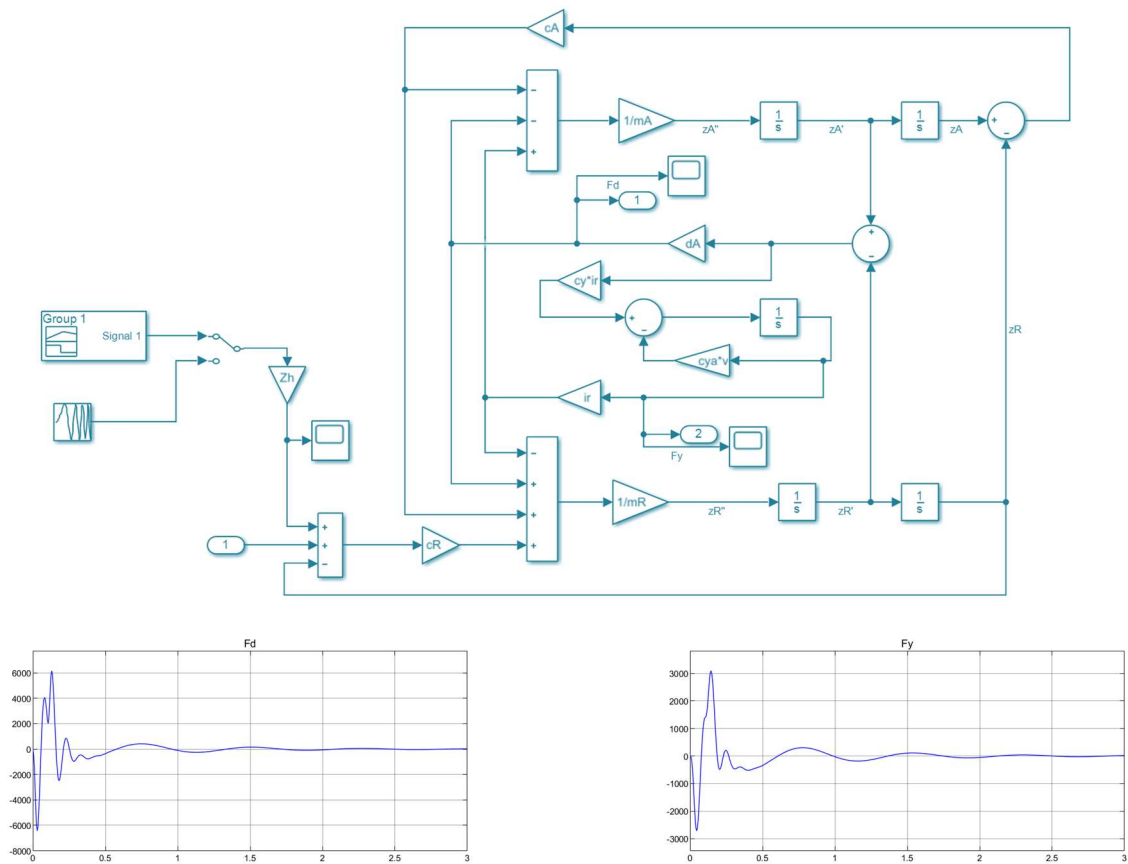
Senden Sie die Dateien per Email an: xiaofeng.wang@hs-rm.de

Viel Erfolg!



Musterlösungen:

1. Simulinkmoell: MS_BT_mdI_WS21.mdl



m-file:

```
clear all; clc;
mA=229; %kg Einbaumasse
mR=31; %kg Radmasse
cE=56115; %N/m Einbaufederrate
cR=128000; %N/m Reifenfederrate
dE=3195; %Ns/m Einbaudämpfung
cy=70000; %M/m Seitensteifigkeit
ca=20000; %N/radm Schräglauftsteifigkeit
alp=15*pi/180;%15° Einbauwinkel
r=0.3; %m Reifendradius
LR=0.7; %m Hebellänge
LE=0.42; %m Einbauebellänge
Zh=0.15; %m Wegamplitude
v=10; %m/s Fahrgeschwindigkeit
% zwischen Lösung
cA=cE*(LE*cos(alp)/LR)^2; % Ersatzfederrate
dA=dE*(LE/LR)^2; % Ersatzdämpfungskonstant
ir=r/LR;
cya=cy/ca; % rad
%A1 simulinkmodell und A2 Eigenwerte:
[Am,Bm,Cm,Dm]=linmod('MS_BT_mdI_WS21');
plot(eigs(Am),'*'); grid;
Eigenwerte=eigs(Am);
Eigenfrqcplx=eigs(Am)/(2*pi);
ungedampfq=abs(Eigenfrqcplx);
gedampfq=imag(Eigenfrqcplx);
dampgrad=abs(real(Eigenfrqcplx)./ungedampfq);
%A3:Plot der Übertragungsfunktion
[Zaehler,Nenner]=ss2tf(Am,Bm,Cm,Dm,1);
fhz=0:0.1:20*2*pi; % input frequenz
figure (2)
bode(Zaehler(2,:),Nenner,fhz);grid; % Bode Diagramm
title('Übertragungsfunktion |MA/Uq|')
```

```
% A4: Herleiten Sie anhand der Systemgleichungen
% einen formelmäßigen Ausdruck in A, B, C, D Matrix-
% en:
A=[0, 0, 1, 0, 0;
0, 0, 0, 1, 0;
-cA/mA, cA/mA, -dA/mA, dA/mA, ir/mA;
cA/mR, -(cA+cR)/mR, dA/mR, -dA/mR, -ir/mR;
0, 0, cy*ir, -cy*ir, -cya*v];
plot(eig(A),'*'); grid;
eigs(A);
B=[0; 0; 0; cR/mR; 0];
C=[0, 0, dA, -dA, 0;
0, 0, 0, 0, 1];
D=[0; 0];
```

