

Tentamen

TSFS 02 Fordonsdynamik med reglering
13 januari, 2009, kl. 8–12

Hjälpmedel: Miniräknare.

Ansvarig lärare: Jan Åslund, 281692.

Totalt 50 poäng.

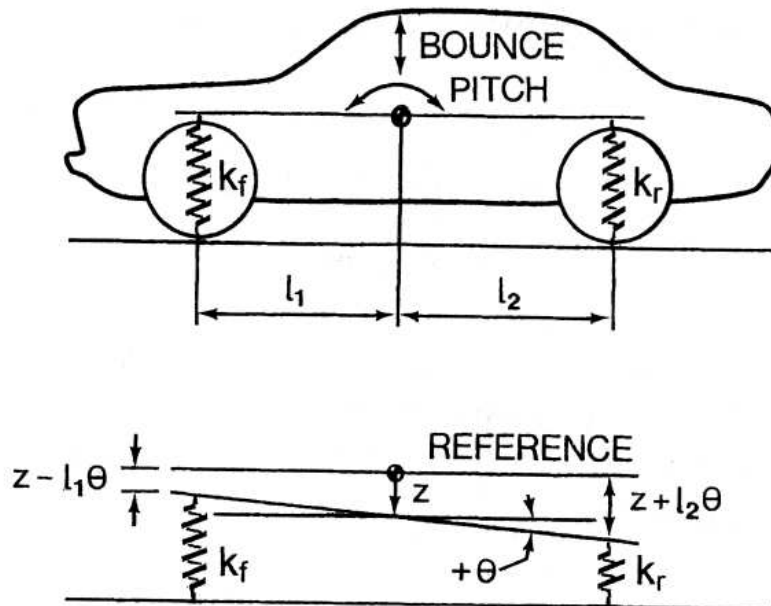
Betygsgränser:

Betyg 3: 23 poäng

Betyg 4: 33 poäng

Betyg 5: 43 poäng

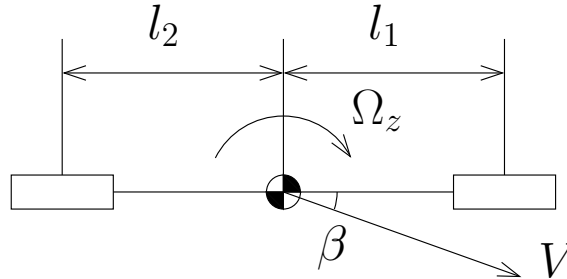
1. En bil har axelavståndet 2.7 m . Tyngdpunkten ligger 1.3 m bakom den främre hjulaxeln och 0.5 m ovanför marken. Bromskraften fördelas med 60% på framhjulen och 40% på bakjulen. Friktionskoefficienten mellan däck och underlag är 0.9 . Rullmotståndskoefficienten är $f_r = 0.015$ och vi försummar lutning och luftmotstånd. Vilka hjul kommer låsa sig först vid en inbromsning och vid vilken retardation sker detta? (6 poäng)
2. Betraktar en bil med axelavståndet 2.7 m där tyngdpunkten ligger 1.3 m bakom den främre hjulaxeln. Bilens massa är 1600 kg och sidkraftskoefficienterna är $C_{\alpha f} = C_{\alpha r} = 5 \cdot 10^4\text{ N}$. Vilket värde är det största värde som förstärkningen $G_{yaw} = \Omega_z / \delta_f$ kan anta och vid vilken hastighet antas detta värde? (6 poäng)
3. Figuren visar en modell med två frihetsgrader för att studera hopp- och nickrörelser.



Givet är $k_f = 25\text{ kN/m}$, $k_r = 25\text{ kN/m}$, $l_1 = 120\text{ cm}$, $l_2 = 130\text{ cm}$, bilens massa $m_s = 1300\text{ kg}$ och bilens tröghetsmoment $I_y = 1400\text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

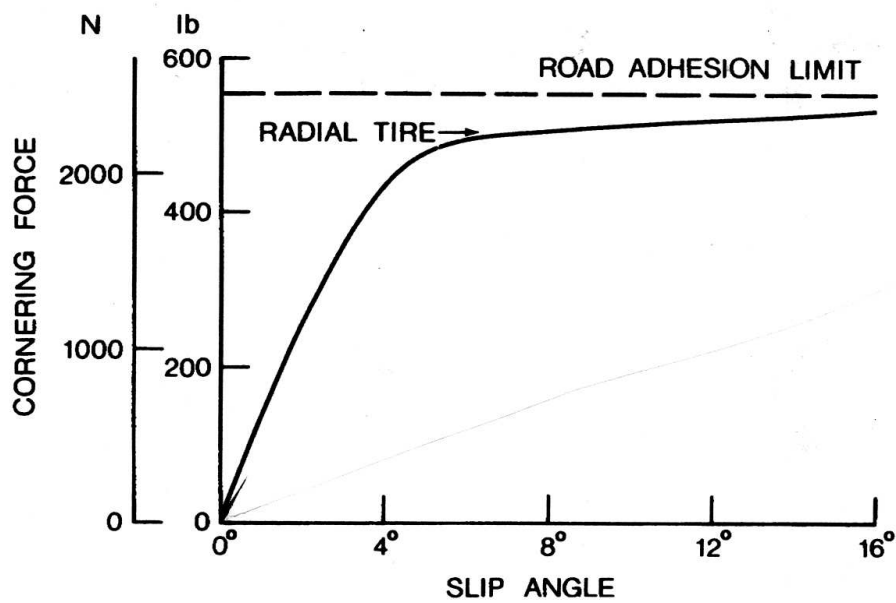
- a) Ställ upp differentialekvationerna för z och θ . (2 poäng)
 - b) En naturlig frekvens är $\omega_n = 6.186\text{ rad/s}$. Bestäm var centrum för oscillationen är placerad för motsvarande egenmod. (4 poäng)
4. Beskriv kortfattat någon av de reglerstrategier som har presenterats i kursen för att reglera semi-aktiva dämpare. (6 poäng)

5. Betrakta följande tvåhjulmodell



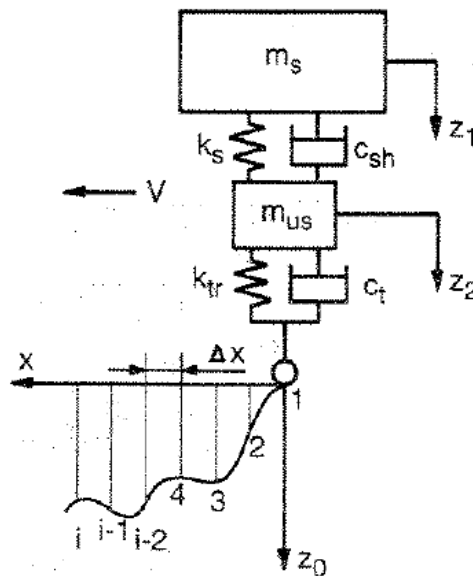
där vi har antagit att styrvinkeln δ_f är noll. Antag att $l_1 = 1.4 \text{ m}$, $l_2 = 1.5 \text{ m}$, girhastigheten Ω_z är noll och att vinkeln β mellan bilens symmetriaxel och hastighetsvektorn är 3° .

Sidkraften för ett däck som funktion av avdriftsvinkeln ges av följande figur:



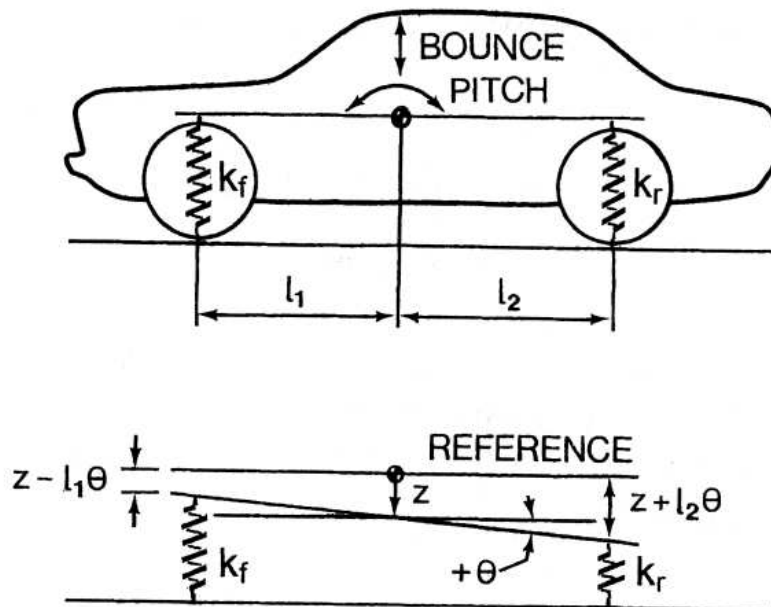
- Beräkna $I_z \dot{\Omega}_z$ om samtliga hjul rullar fritt. (2 poäng)
- Antag att bakhjulen bromsas med 50% av den maximala bromskraften. Använd friktionsellipsen för att beräkna vad $I_z \dot{\Omega}_z$ blir i detta fall. (4 poäng)

6. Betraktar en dragbil med semitrailer. Dragbilen väger 5000 kg och tyngdpunkten ligger mitt mellan fram- och bakaxeln. Semitrailern väger 18000 kg och tyngdpunkten ligger mitt mellan dragbilens bakaxel och semitrailerns bakaxel. Vi antar att sidkraftskoefficienterna är lika för samtliga hjul och att avståndet mellan dragbilens fram- och bakaxel är $L_t = 5 \text{ m}$ och att avståndet mellan dragbilens och semitrailerns bakaxel $L_s = 12 \text{ m}$. En massa m placeras ovanför semitrailerns bakaxel. För vilka värden på m riskerar man "jackknifing" resp. "trailer swing"? (6 poäng)
7. Betraktar en bil med axelavstånd 2.8 m och med tyngdpunkten 1.3 m bakom främre hjulaxel och 0.5 m ovanför marken. Vad är kortast möjliga bromssträcka om glidzonen ej får vara större än 90% av kontaktytan för något däck och hur skall bromskraften fördelas för att uppnå denna bromssträcka? Använd borstmodellen med konstant tryck i kontaktytan där kontaktytans längd är 14 cm och friktionskoefficienten mellan däck och underlag är 0.8. Bilen håller initialt hastigheten 50 km/h och lutning, rull- och luftmotstånd försummas. (7 poäng)
8. Figuren visar kvartsbilsmodell med två frihetsgrader.



Givet är: $m_s = 400 \text{ kg}$, $m_{us} = 40 \text{ kg}$, $k_s = 22 \cdot 10^3 \text{ N/m}$, $k_{tr} = 176 \cdot 10^3 \text{ N/m}$ och $c_{sh} = 1.8 \cdot 10^3 \text{ Ns/m}$. Bilen håller hastigheten 70 km/h och kör på en sinusformad väg men våglängd 20 m och amplitud 1 cm . Vilka värden kommer kraften mellan däck och väg att variera mellan? (7 poäng)

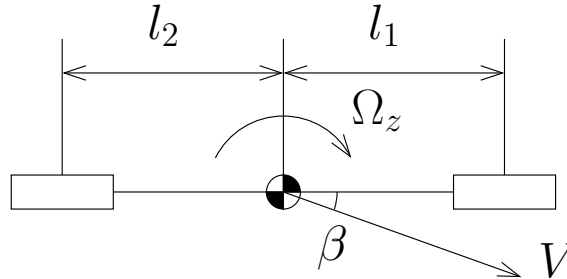
1. Consider a car with a wheelbase of 2.7 m . The center of gravity is 1.3 m behind the front axle and 0.5 m above ground level. 60% of the total braking force is placed on the front axle and 40% on the rear axle. The coefficient of road adhesion is $\mu = 0.9$ and the coefficient of rolling resistance is $f_r = 0.015$. Gravity and air drag are neglected. Which tires will lock up first during heavy braking and at which deceleration? (6 poäng)
2. Consider a car with a wheelbase of 2.7 m . The center of gravity is 1.3 m behind the front axle. The car weighs 1600 kg and the cornering stiffnesses are $C_{\alpha f} = C_{\alpha r} = 5 \cdot 10^4\text{ N}$. Determine the largest value of the yaw velocity gain $G_{yaw} = \Omega_z / \delta_f$ and at which velocity this value is obtained. (6 poäng)
3. The figure shows a two-degree-of-freedom ride model for pitch and bounce.



Known data are: $k_f = 25\text{ kN/m}$, $k_r = 25\text{ kN/m}$, $l_1 = 120\text{ cm}$, $l_2 = 130\text{ cm}$. The car weighs $m_s = 1300\text{ kg}$ and the mass moment of inertia is $I_y = 1400\text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

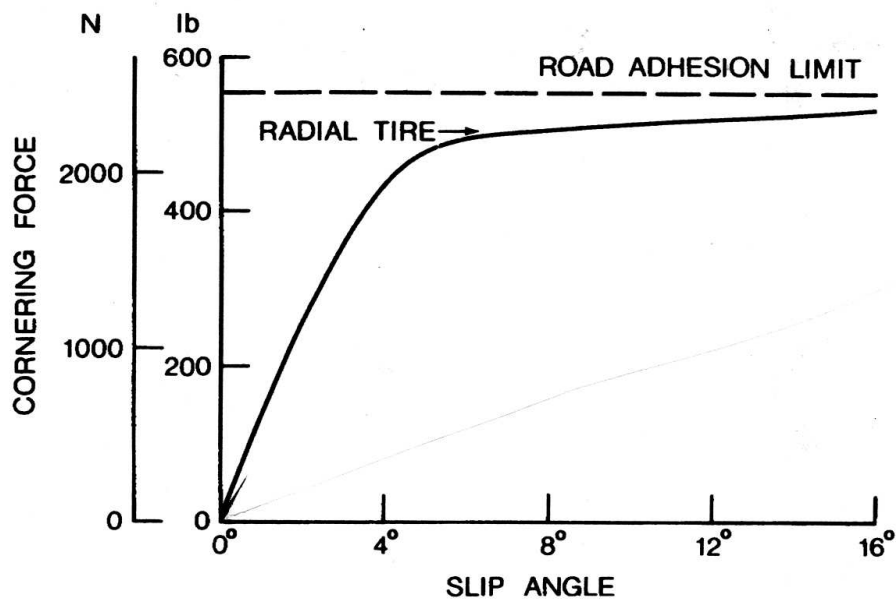
- a) Derive the equations of motions for z and θ . (2 poäng)
 - b) One natural frequency is $\omega_n = 6.186\text{ rad/s}$. Determine the location of the corresponding oscillation center (4 poäng)
4. Describe briefly one of the control strategies for semi-active suspensions that have been presented in the course. (6 poäng)

5. Consider the following two-wheel model



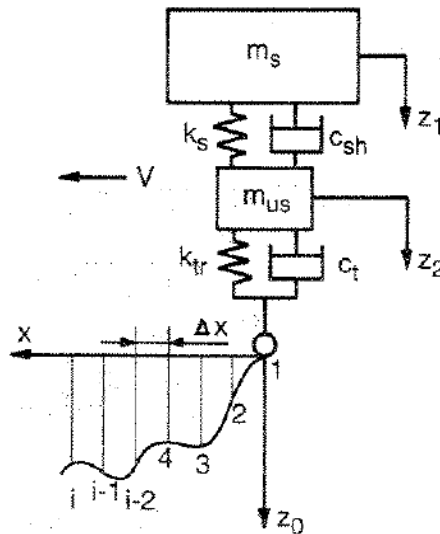
where we have assumed that the steer angle δ_f is zero. Further assume that $l_1 = 1.4 \text{ m}$, $l_2 = 1.5 \text{ m}$, yaw velocity $\Omega_z = 0$, and that the vehicle side slip angle β is 3° .

The lateral force for one tire as a function of slip angle is given by the following figure:



- Determine $I_z \dot{\Omega}_z$ if all wheels are freely rolling. (2 poäng)
- Assume that the rear wheels are braked with 50% of the maximum available braking force. Use the friction ellipsis to determine $I_z \dot{\Omega}_z$ in this case. (4 poäng)

6. Consider a tractor and semitrailer. The tractor weighs 5000 kg and the center of gravity is located in the middle of the front and rear axle. The semitrailer weighs 18000 kg and the center of gravity is in the middle of the rear axle of the tractor and the rear axle of the semitrailer. We assume that the cornering stiffnesses are equal for all tires and that $L_t = 5 \text{ m}$ and $L_s = 12 \text{ m}$.
- A mass m is placed above the rear axle of the semitrailer. For what values of m are there risk for "jackknifing" and "trailer swing" respectively? (6 poäng)
7. Consider a car with a wheelbase of 2.8 m and with the center of gravity located 1.3 m behind the front axle and 0.5 m above ground. Determine the shortest possible stopping distance if the sliding region must be less than 90% of the contact length and the thereby required braking force distribution. Use the brush model with uniform normal pressure with contact length 14 cm and friction coefficient 0.8 . The car has an initial speed of 50 km/h . Neglect the resistance due to slope, rolling, and air drag. (7 poäng)
8. A quarter car model with two degrees of freedom is shown in the figure.



Given data are: $m_s = 400 \text{ kg}$, $m_{us} = 40 \text{ kg}$, $k_s = 22 \cdot 10^3 \text{ N/m}$, $k_{tr} = 176 \cdot 10^3 \text{ N/m}$, and $c_{sh} = 1.8 \cdot 10^3 \text{ Ns/m}$. The car travels at 70 km/h on a sinusoidal road profile with wavelength 20 m and amplitude of 1 cm . Determine what values the force between the tire and ground will vary between. (7 poäng)