

Impactloading / Schokbestendig ontwerpen

$$\text{GPa} := 10^9 \cdot \text{Pa} \quad \text{kW} := 10^3 \cdot \text{W}$$

Opgave 2: Schokbestendig ontwerpen

$$\text{MPa} := 10^6 \cdot \text{Pa} \quad \text{kN} := 1000 \cdot \text{N}$$

a) Energievergelijking waarbij $E_k = E_{pot}$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 \quad E_p = \frac{F_{\max} \cdot \delta_{\max}}{2} \quad F_{\max} = F_{i,\max} \cdot \cos(\phi)$$

Bij stilstand is E_k omgezet in E_p dus:

$$\frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 = \frac{F_{\max} \cdot \delta_{\max}}{2} \quad (1)$$

$$k = \frac{F_{\max}}{\delta} \quad F_{\max} = k \cdot \delta$$

b) De doorbuiging van de as volgt uit het vergeet-me-nietje:

$$\delta = \frac{F \cdot a^2 \cdot (L + a)}{3 \cdot E \cdot I} \quad (2) \quad \text{of} \quad \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 = \frac{k \cdot \delta_{\max} \cdot \delta_{\max}}{2}$$

$$E := 210 \cdot \text{GPa} \quad L := 0.4 \cdot \text{m} \quad a := \frac{L}{4} \quad m_a := 15 \cdot \text{kg} \quad v := 0.5 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad d := 10 \cdot \text{mm} \quad \phi := 20 \cdot \text{deg}$$

De stijfheid van de as:

$$k = \frac{F}{\delta} \quad I := \frac{\pi}{64} \cdot d^4 \quad k := \frac{3 \cdot E \cdot I}{a^2 \cdot (L + a)} \quad k = 6.185 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad (3)$$

c) Combineren van (1) en (2) levert:

$$\frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 = \frac{F_{\max}^2 \cdot a^2 \cdot (L + a)}{3 \cdot E \cdot I} \quad F_{\max} := \sqrt{\frac{2}{2} \cdot m_a \cdot v^2 \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I}{a^2 \cdot (L + a)}} \quad F_{\max} = 481.6 \text{ N}$$

Bij vraag a) de veerenergie als $E = F \cdot \delta$ geschreven (= fout).

$$\frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 = \frac{F_{\max}^2 \cdot a^2 \cdot (L + a)}{3 \cdot E \cdot I} \quad F_{\max} := \sqrt{\frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 \cdot \frac{3 \cdot E \cdot I}{a^2 \cdot (L + a)}} \quad F_{\max} = 340.5 \text{ N}$$

Een andere manier via de vergelijking voor de stijfheid k $F_{\max} = k \cdot \delta_{\max}$ waarin $\delta_{\max}$ in rijrichting.

Combineren van vergelijking (1) en (3) levert:

$$\frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 = \frac{k \cdot \delta_{\max}^2}{2} \quad \text{herschrijven:} \quad \delta_{\max}^2 = \frac{m_a \cdot v^2}{k} \quad \delta_{\max} = v \cdot \sqrt{\frac{m_a}{k}} \quad (1)$$

Oplossen van $\delta_{\max}$ en $F_{\max}$:

$$\delta_{\max} := v \cdot \sqrt{\frac{m_a}{k}} \quad \delta_{\max} = 7.79 \text{ mm} \quad F_{\max} := k \cdot \delta_{\max} \quad F_{\max} = 481.6 \text{ N}$$

In de vervolgvragen wordt uitgegaan van $F_{\max} := 500 \cdot \text{N}$

d) Bereken het buigmoment M

$$M := F_{\max} \cdot a \quad M = 50 \text{ N} \cdot \text{m} \quad W_b := \frac{\pi}{32} \cdot d^3 \quad \sigma_b := \frac{M}{W_b} \quad \sigma_b = 509.3 \text{ MPa}$$

e) De maximale versnelling die tijdens de botsing op zal treden als het pakket verbonden blijft met het karretje:

$$F_{\max} = m_a \cdot a_{\max} \quad a_{\max} := \frac{F_{\max}}{m_a} \quad a_{\max} = 33.3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

f) De traagheidskracht van het pakket:

$$m_k := \frac{2}{3} \cdot m_a \quad F_{m,\text{pakket}} := m_k \cdot a_{\max} \quad F_{m,\text{pakket}} = 333 \text{ N}$$

De wrijvingskracht: $\mu := 0.2 \quad F_f := m_k \cdot g \cdot \mu \quad F_f = 19.6 \text{ N} \quad \text{Dit is kleiner dan de traagheidskracht dus kratje schuift weg.}$

Opgave 3: Schokbestendig ontwerpen

a) Het betreft hier een schokbelasting dus gaat het om de statische belastbaarheid met als faalmechanisme Brinelling.

$$F_r := 0.3 \cdot \text{kN} \quad \phi := 20 \cdot \text{deg} \quad F_a := F_r \cdot \cos(\phi) \quad P_0 := 0.6 \cdot F_r + 0.5 \cdot F_a \quad P_0 = 0.321 \text{ kN} \quad \text{ofwel} \quad P_0 = 321 \text{ N}$$

b) Het statische draaggetal bedraagt $C_0 := 1.96 \cdot \text{kN} \quad \text{Dus er zal geen Brinelling optreden, geen overbelasting}$

Opgave 4: Excitatie frequentie / Excitatie respons

$$m_t := 8 \cdot \text{kg} \quad m_m := 5 \cdot \text{kg} \quad m_r := 3 \cdot \text{kg} \quad z := 0.004 \cdot \text{m} \quad x_0 := 0.012 \cdot \text{m} \quad n := 2850 \cdot \frac{1}{\text{min}}$$

$$x_0 = 12 \text{ mm}$$

a) Veerstijfheid k

$$dF := m_m \cdot g \quad k := \frac{dF}{x_0}$$

$$k = 4.09 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{10627}{13}} = 4.55$$

b) Eigen frequentie

$$\omega_0 := \sqrt{\frac{k}{m_t + m_m}}$$

$$\omega_0 = 17.7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$f_0 := \frac{\omega_0}{2 \cdot \pi}$$

$$f_0 = 2.8 \text{ Hz}$$

$$\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{12262}{13}} = 4.888$$

c) Centrifugaalkracht (formuleboekje pagina 22)

$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot n \quad F_c := m_r \cdot \omega^2 \cdot z$$

$$F_c = 1069 \text{ N}$$

d) Vergelijking voor de aanstootfrequentie:

$$f(t) := F_c \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Excitatie respons:

De shaker blijkt bovenkritisch te draaien (uitwijking negatief)
(uitwijking is tegengesteld aan richting van het aanstoten)

$$X(\omega) := \frac{F_c}{k} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

$$X(\omega) = -0.926 \text{ mm}$$

Opgave 5: Excitatie respons

a) De motor draait dan boven kritisch, met $\omega > \omega_0$.

Opgave 6: Trapeziumdraad

a) Geometrische spoed $P=3 \text{ mm}$, bewegingsspoed **$P_h=6 \text{ mm}$** , 2 gangen schroefdraad.

b) Schroefdraadwrijvingsmoment: $M_G = F_i \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\phi - \rho')$ Zelfremmend als $\rho' \geq \phi$

$$P := 3 \cdot \text{mm} \quad P_h := 6 \cdot \text{mm} \quad d := 12 \cdot \text{mm} \quad d_2 := d - 0.5 \cdot P \quad \phi := \text{atan}\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) \quad \phi = 10.3 \text{ deg}$$

$$\mu_G := 0.2 \quad \beta := 30 \cdot \text{deg} \quad \rho' := \frac{\text{atan}(\mu_G)}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad \rho' = 11.71 \text{ deg}$$

Let op, 11.5 degrees is fout want dan ben je β vergeten.

De wrijvingshoek is groter dan de tophoek van de schroefdraad dus zelfremmend.

c) $P := 100 \cdot \text{N}$ Bij 45 graden dan: $F_i := P \quad M_G := F_i \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\phi + \rho') \quad M_G = 0.212 \text{ N} \cdot \text{m}$

d) Bij verder omhoog draaien wordt F_i kleiner en dus M_G wordt dan kleiner. In de hoogste stand gaat F_i naar nul.

Opgave 7: Motorkeuze / Koppel-toeren kromme

a) De DC motor heeft een lineaire motorkarakteristiek. Dus met een lastkoppel $1/4 \times T_{\text{max}}$ zal de motor draaien met een toerental van $3/4 \times n_{\text{max}} = 150 \text{ rpm}$ (rotations per minute ofwel omw/min).

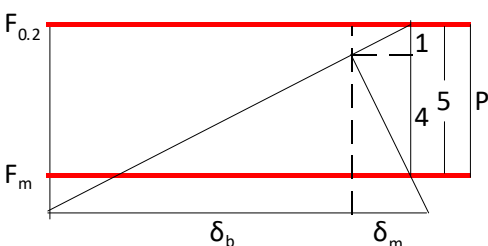
Opgave 8: Verbindingen / Lijmen

Door de kleine vervorming van de strippen en de elastische lijm ontstaat een uniforme verdeling van de schuifspanning over lengte L.

Opgave 9: Kracht Rek Diagram

$$F_m = 0.2 \cdot F_{0.2} \quad \text{dan:} \quad P = 0.8 \cdot F_{0.2} \quad k_m = 4 \cdot k_b \quad \text{dan is} \quad C_m := 0.2 \quad \text{dan is} \quad P_b = C_m \cdot P$$

$$\text{dan is} \quad F_i = F_{0.2} - C_m \cdot P \quad \text{ofwel:} \quad F_i = F_{0.2} - C_m \cdot 0.8 \cdot F_{0.2} \quad \text{ofwel} \quad F_i = F_{0.2} \cdot (1 - 0.16) \quad F_i = 0.84 \cdot F_{0.2}$$



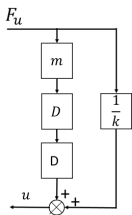
a) beide rode lijnen met daartussen P getekend
b) $F_i = 0.84 F_{0.2}$ berekend.

Principle: Een hoge stroom genereert warmte in de overgangsweerstand tussen twee materialen. In principe ook in het elektrode contact maar die is gekoeld.

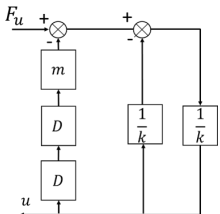
Procedure: Platen worden tussen de elektroden geklemd waarna kortstondig een stroom wordt doorgevoerd.

Het juiste antwoord is: nul vrije lengte (zero free-length springs)

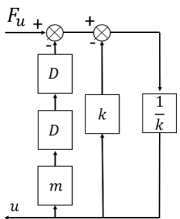
Opgave 12: Blokschema's van dynamische systemen



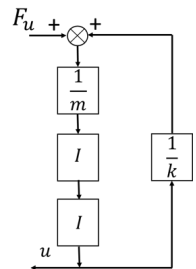
Fout. Richting van linker baan is verkeerd, $F \cdot m$ tweemaal differentieren geeft geen verplaatsing



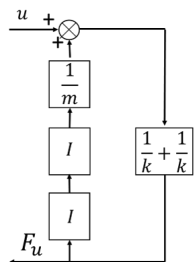
Fout. Terugkoppellus: $u \cdot 1/k$ geeft geen kracht



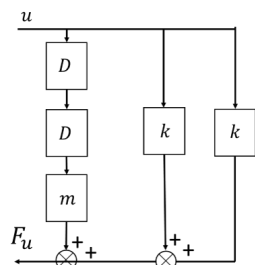
Goed. Veren zijn parallel aan elkaar en aan de massa. Met ingang F en uitgang u geeft dat een dubbele terugkoppellus.



Fout. De rechterbaan is verkeerd: $u \cdot 1/k$ geeft geen kracht



Fout. De rechterbaan is verkeerd. De stijfheden moeten opgeteld worden, niet de inverse van de stijfheden, want de veren zijn parallel geschakeld.



Goed. Veren zijn parallel aan elkaar en aan de massa. Met ingang u en uitgang F geeft dat drie parallelle banen.