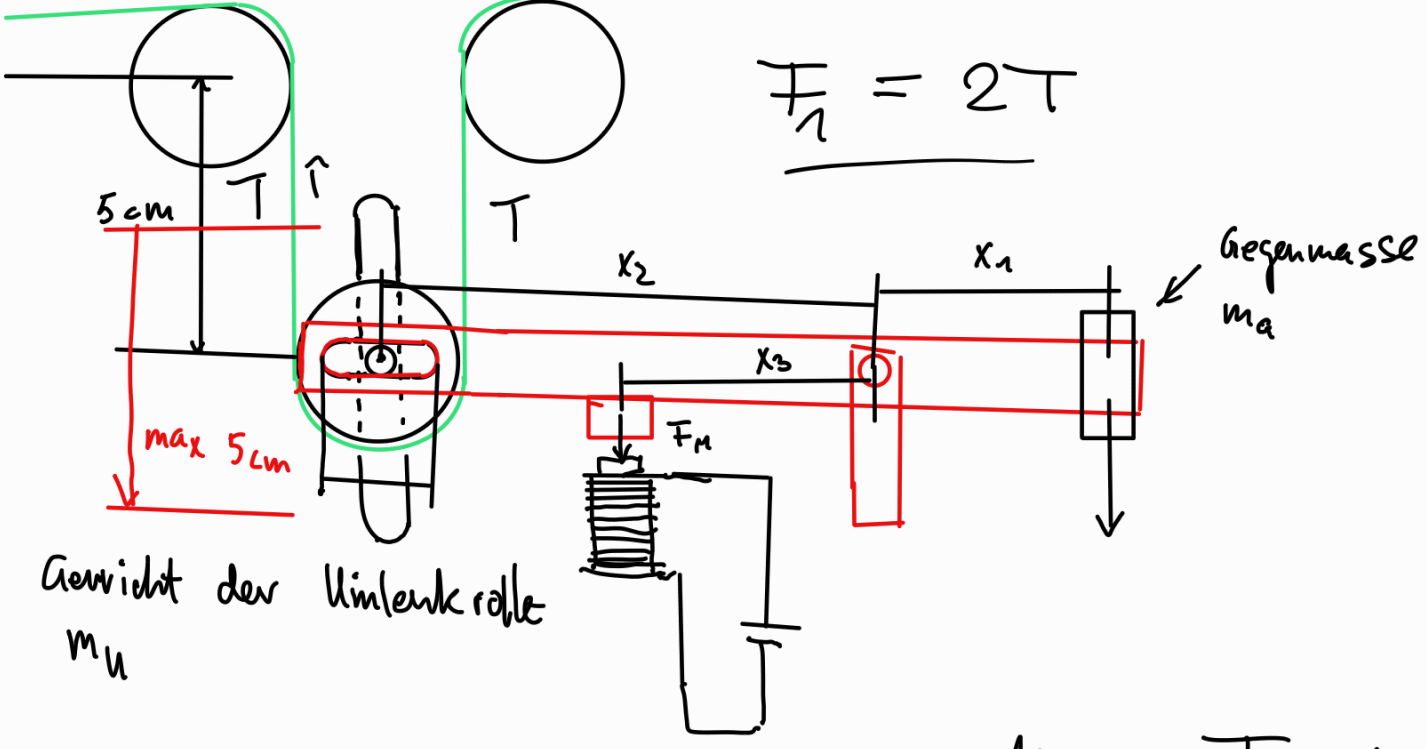


$$F_1 = 2T$$

$$M_1 = F_{gA} \cdot x_1 + F_1 \cdot x_1$$

$$M_2 = F_M \cdot x_3 + F_{gU} \cdot x_2$$

$$M = M_1 + M_2$$

$$M_M = F_M \cdot x_3$$

$$M_M = F_1 \cdot x_2$$

$$F_1 = \frac{x_3}{x_2} F_M$$

$$F_1 = F_{gU} + \frac{x_1}{x_2} F_{gA} + \frac{x_3}{x_2} F_M = 2T$$

Piezo $\Rightarrow$ U $\rightarrow$ PID

$F_M \propto I$

$F_M \leftarrow I \pm \Delta I \leftarrow$ PID

Zeitabschätzung Kraftausgleich
-> asymmetrischer Spulenkörper
größte Änderung der

$$R \approx \sqrt{a^2 \cos^2(\Omega) + b^2 \sin^2(\Omega)}$$

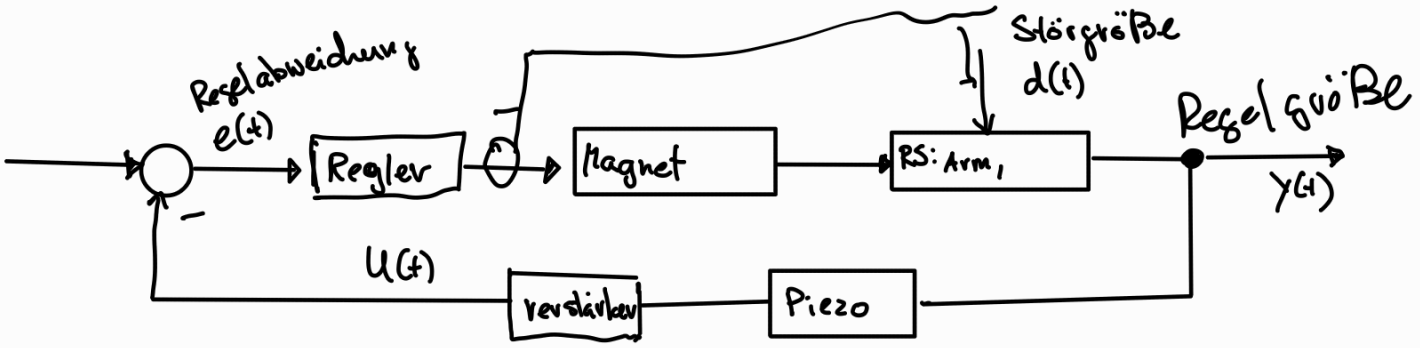
$$F_T = \frac{M(w)}{R(\Omega)}$$

z.b
400 U/min
$\frac{1}{4}$ U pro 37.5 ms

z.b. 800 U/min
13,3 U/s
1 U pro 75 ms
$\frac{1}{4}$ U pr 18 ms

Unter 100 ms

$$\Delta F_T = M(w) \left| \frac{1}{R(0)} - \frac{1}{R(\frac{\pi}{2})} \right|$$



Regler

u → Stellgröße ⇒ Spannung/Strom

PD - Regler + schnelle Reaktionszeit → notwendig für Aufbau
- systematische Langzeit "Änderungen" werden nicht
→ womöglich Relevant für Piezo

Wird womöglich reichen

PID - Regler

$$y(t) = K\left[e(t) + \frac{1}{T_N}\cdot\int_0^t e(\tau)\,d\tau + T_V\frac{d}{dt}e(t)\right]$$

K - Verstärkung
T_N - Nachstellzeit
T_V = Vorhaltezeit

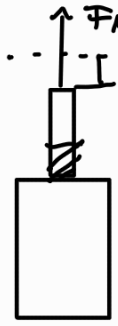
Regler
$u(t) - u_n(t) = e(t)$
Regelstrecke:
$u_{magnet}(t) = u_{previous} + y(t)$

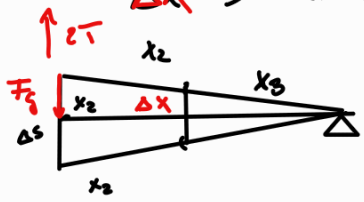
$y < 0$
oder
$y > 0$

Fuzzyregler

Aktor - Magnet

Push Pull Solenoid · Elektromagnet





Δx → abhängig von $x_1, x_3, \Delta s$

$F_g = m_M \cdot g$

$m_M = 20g$

$\Delta x = 12\,mm$

$\Delta s \approx 5\,cm$

$2T = F_g + F_M \cdot \frac{x_2}{x_2}$

$T = 200\,mN$

Proportional Solenoids

$$\frac{(400\,mN - 200\,mN)\, x_2}{x_3} = F_M$$

$$0{,}2 \cdot \frac{x_2}{x_3} = F_M$$

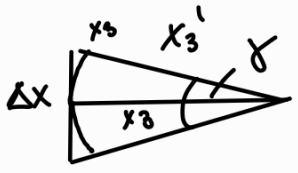
$F_M \sim 5\,N$

$$0{,}2 \cdot \frac{x_2}{x_3} = 5$$

$$\frac{x_2}{x_3} \approx 25$$

2b. $x_2 = 12\,cm \Rightarrow x_3 = 0{,}48\,cm$

$\Delta x = 2{,}5\,mm$

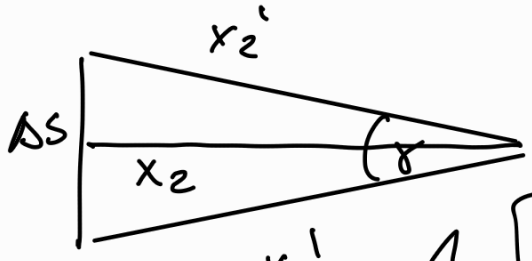


$$x_3 = \frac{1}{2}\sqrt{4 \cdot x_3'^2 - \Delta x^2}$$

$$\frac{\sqrt{(2 \cdot x_3)^2 + \Delta x^2}}{2} = x_3'$$

$$\Delta x = \sqrt{4 x_3^2 + \Delta x^2} \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$\gamma = 2 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{\Delta x}{\sqrt{4 x_3^2 + \Delta x^2}}\right)$$



$$x_2' = \frac{1}{2}\sqrt{(2 x_2)^2 + \Delta s^2}$$

$$\Delta s = 2 \cdot x_2' \cdot \frac{\Delta x}{\sqrt{4 x_3^2 + \Delta x^2}}$$

$$\Delta s = \sqrt{(2 x_2)^2 + \Delta s^2} \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$\Delta s^2 \cdot \left(1 - \sin^2\left(\frac{\gamma}{2}\right)\right) = 4 x_2^2 \cdot \sin^2\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$\Delta s^2 = \left(4 x_2^2 + \Delta s^2\right) \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$\Delta s = 2 \cdot x_2 \cdot \frac{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)}{\sqrt{1 - \sin^2\left(\frac{\gamma}{2}\right)}}$$

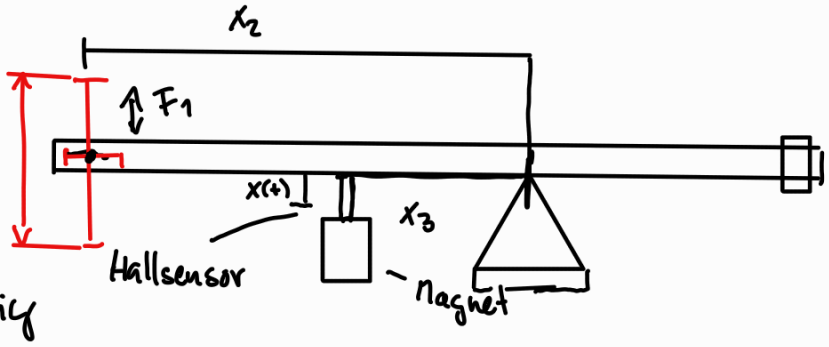
$$\Delta s = 2 \cdot x_2 \cdot \frac{\frac{\Delta x}{\sqrt{4x_3^2 + \Delta x^2}}}{\sqrt{1 - \frac{\Delta x^2}{4x_3^2 + \Delta x^2}}}$$

$$= 2 \cdot x_2 \frac{\Delta x}{\sqrt{4x_3^2 + \Delta x_2^2 - \Delta x^2}} = \ell \cdot x_2 \cdot \frac{\Delta x}{2 x_3}$$

bei $\Delta x = 2\ mm$

$\Delta s = 5\ cm$

Regelstrecke



$-s$

nicht notwendig
↗ m_u ~20g

$F_1 = F_{gu} + \frac{x_1}{x_2} F_{ga} + \frac{x_3}{x_2} F_M = 2T$

$T = [50 - 200\ mN]$

bei Drähten mit 0,5 mm bis zu 15,7 N

$s \approx 5\ cm$

VM3334 3,50€

VM3863 1,53€

VM 2618 720 €

VM 28

VM 334

ohne Flexcircuit