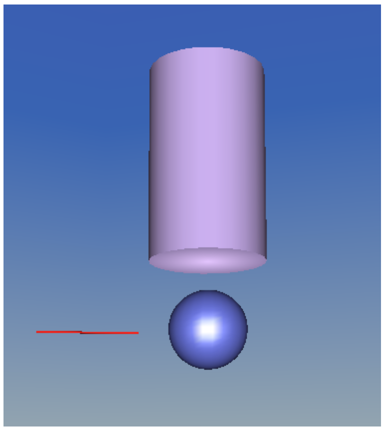
Regelung dynamischer Systeme

Lernziele:

- Arbeitspunkt, Linearisierung und Normierung
- Übertragungsfunktion
- Reglerentwurf
- Stellgrößenkontrolle

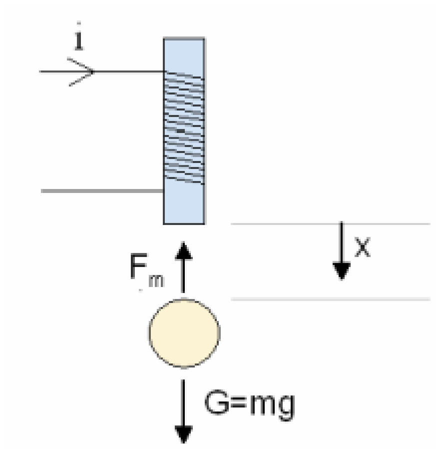


Aufgabenstellung:

Schwebekugel

Aufgabenstellung:

Eine Eisenkugel soll durch das Magnetfeld eines Elektromagneten in der Schwebe gehalten werden. Die Position der Kugel wird hierzu mit einem Sensor erfasst (muss nicht modelliert werden).



Arbeitspunkt: x_0 = 15 mm

Die auf die Kugel wirkende Kraft
- ist vom Strom (i) durch den Elektromagneten und
- der Entfernung (x) der Kugel vom Elektromagneten abhängig.

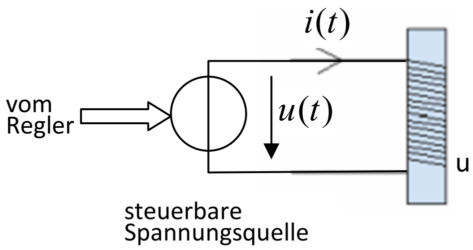
Es gilt die Differentialgleichung (näherungsweise):

$$m\ddot{x} = \sum F = mg - C \cdot \left(\frac{i}{x}\right)^2 \qquad (1)$$

Parameter:
m = 0.025 kg
C = $5 \cdot 10^{-6}$ Nm^2/A^2 (experimentell bestimmt)

Der Elektromagnet wird vom Regler über eine *steuerbare Spannungsquelle* angesteuert. Der Zusammenhang zwischen der eingestellten Spannung u und dem Spulenstrom i wird ebenfalls durch eine DGL beschrieben:

$$u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} \qquad (2)$$



Parameter:

Induktivität der Spule	L	= 0.1 Vs/A
Spulenwiderstand	R	= 3 V/A

Regelung dynamischer Systeme

<u>Vorbereitung: Modellierung des Wirkungsdiagramms</u>:

a) Bestimmen Sie für den Arbeitspunkt (x_0=15mm) den Strom i_0 und die Spannung u_0.
→ ins Protokoll: nachvollziehbare Berechnung mit Einheiten (s. Hinweise)

b) Zeichnen Sie für die DGLn (1) und (2) die Strukturbilder (Integrierer, Funktionen, ...).
→ ins Protokoll: Bilder + Funktionen

c) Linearisieren Sie die DGLn (1) und (2).
→ ins Protokoll: nachvollziehbare Berechnung mit Einheiten (s. Hinweise)

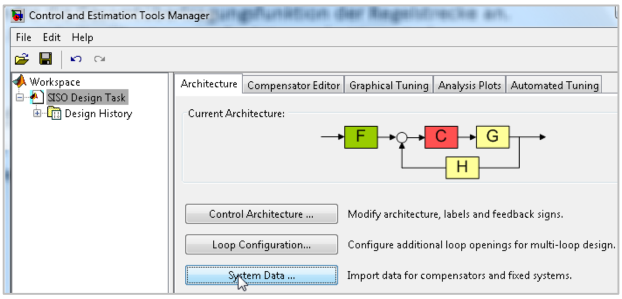
d) Normieren Sie die linearisierten DGLn auf <u>SI-Größen</u>.
→ ins Protokoll: lin., normierte DGLn

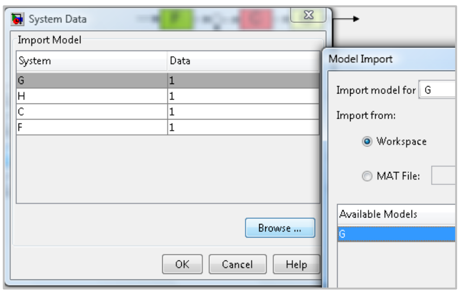
e) Geben Sie zu den linearisierten und normierten DGLn die Übertragungsfunktionen an.
→ ins Protokoll: Herleitungen und Übertragungsfunktionen (s. Hinweise)

f) Geben Sie die Gesamtübertragungsfunktion der Regelstrecke an.
→ ins Protokoll: Übertragungsfunktionen (s. Hinweise)

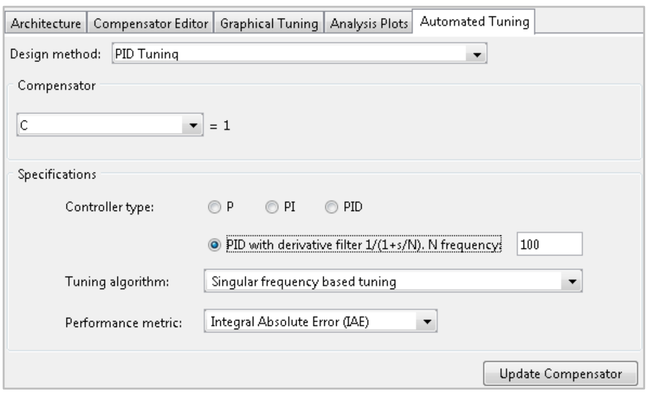
<u>Reglerentwurf mit dem Matlab-sisotool</u>:

a) Geben sie die Gesamtübetragungsfunktion im Matlab-Kommandofenster ein, z.B. Gs=tf([......],[......]).
b) Starten Sie das sisotool im Matlab-Kommandofenster.
c) Im sisotool wählen Sie die Regelkreisstruktur
(s. Bild) und den Regelkreis (System Data → G Browse → Import from Workspace Gs)





Zur Berechnung eines geeigneten Reglers gehen Sie jetzt auf die Karteikarte „Automated Tuning“.



<u>Wählen Sie</u> :

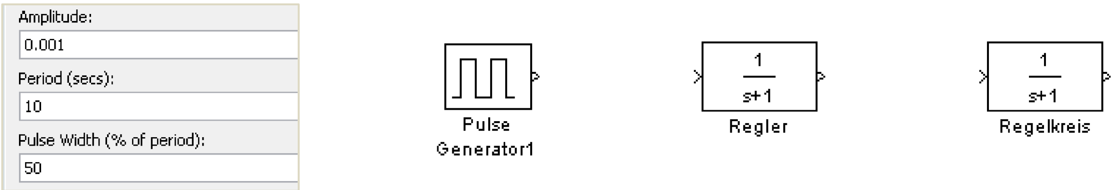
Design Method : PID-Tuning.
Controller Type : PID with derivative Filter
N 100

Regelung dynamischer Systeme

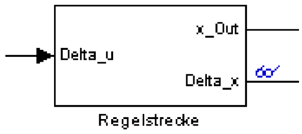
d) Berechnen Sie den Regler mit „Update Compensator“. Die berechnete Reglerübertragungsfunktion kann mit „File → Export → Compensator C to Workspace“ in den Workspace kopiert werden.

Simulation des linearisierten und des physikalischen Regelkreises:

a) Modellieren Sie mit Simulink den linearisierten Regelkreis mit den Übertragungsfunktionen des Regelkreises (Gs) und des Reglers (C). Verwenden Sie als Sollwert ein Rechtecksignal von 1mm, d.h. die Kugel hüpft periodisch um 1mm runter und rauf.
→ ins Protokoll: Schaltung und die Regelgröße x (Position der Kugel).

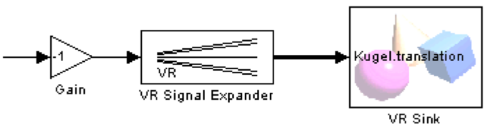


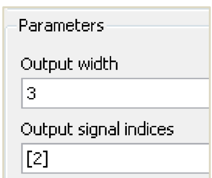
b) Modellieren Sie jetzt das physikalische (nichtlineare) System anhand der DGLn. Kapseln Sie das physikalische System als Subsystem.

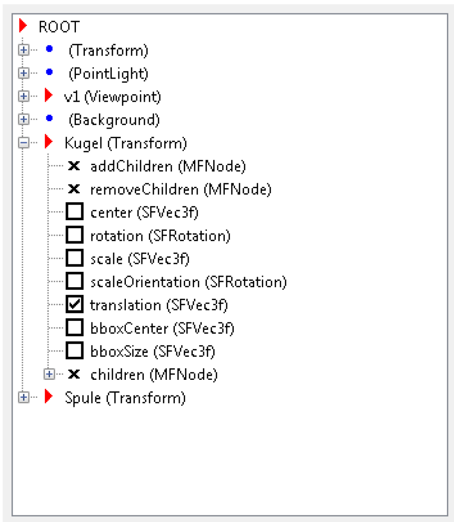


Regeln Sie dieses mit dem gefundenen Regler (Tip: Was wird in der Regelung zurückgeführt: x oder Delta_x?). Achten Sie darauf, dass sich das System zu Simulationsbeginn im Arbeitspunkt befindet.
→ ins Protokoll: - Schaltung und das Ausgangssignal x des Regelkreises.
- Maximalstrom- und -spannung

c) Verbinden Sie die Simulation mit einer VR-Sink (s.u.). Die vorbereitete WRL-Datei (Schwebekugel.wrl) ist in meinem pub-Verzeichnis.







Regelung dynamischer Systeme

Hinweise:

Hier finden Sie die <u>sehr grob gerundeten</u> Ergebnisse der Berechnungen.
<u>Wichtig</u>: Alle Berechnungen sollten mindestens 4-stellig ausgeführt werden!

1 a) $i_0 \approx 3A, \quad u_0 \approx 10V,$

1 c) $\Delta\ddot{x} = -6\,\frac{m}{As^2}\cdot\Delta i \;+\; 1000\,\frac{1}{s^2}\cdot\Delta x$

$\Delta\dot{i} = -30\,\frac{1}{s}\cdot\Delta i \;+\; 10\,\frac{A}{Vs}\cdot\Delta u$

1 e) $G_1(s) = -\frac{6}{s^2 - 1000}$

$G_2(s) = \frac{10}{s+30}$

1f) $G(s) = \frac{-60}{s^3 + 30s^2 - 1000s - 40000}$