

Yi Gui , 2758172

Gruppe: 183

Han Li , 2756970

Paul Galm, 2664282

a) Steuerung: direkte Kontrolle auf Regelstrecke, ohne Rückführung "Open Loop"

Regung: ein Regelkreis, wo eine Rückführung existiert. "Closed Loop"

Szenario: Inverse Pendel, da muss der Zustand vom System edtzeitig geregelt wird, um zu balancieren.

b) nein, Linearisierung eines nichtlinearen Systemes hat zwei Voraussetzungen:

- ① die Funktion $\dot{x} = f(x, u)$ um den Arbeitspunkt differenzierbar ist
- ② der Arbeitspunkt eine Gleichgewichtslösung ist

c) 1) $\dot{x} = \underline{A}x + \underline{B} \cdot (-\underline{k}x)$ 2) stabile Bedingung:

$$= \underline{A}x - (\underline{B} \cdot \underline{k}) \cdot x \quad \det(\underline{A} - \underline{B} \cdot \underline{k} - \lambda \underline{I}) \stackrel{!}{=} 0$$

für alle λ , $\operatorname{Re}\{\lambda\}$ muss negativ sein

3) Wenn $\operatorname{Im}\{\lambda\} = 0 \Rightarrow$ monoton abklingen
Wenn $\operatorname{Im}\{\lambda\} \neq 0 \Rightarrow$ oszillierend abklingen

Außer Stabilität sollen die stationäre Abweichung, Anstiegszeit und Überschwingung ausgewertet werden

d) $m\ddot{x} + d\dot{x} + kx = f + mg$

Annahme: $\underline{u} = \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix}$ $\underline{g} = \begin{bmatrix} 1 \\ f \end{bmatrix}$

$$\Rightarrow \dot{\underline{u}} = \underline{A}\underline{u} + \underline{g} \Rightarrow \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k}{m} & -\frac{d}{m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ g & \frac{1}{m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ f \end{bmatrix}$$

e) 1) Wenn $f=0, \ddot{x}=0, \dot{x}=0, x = \frac{mg}{k} \Leftarrow$ Ruhelage

2) wenn $k \rightarrow 0, \ddot{x}=0, \dot{x}=0, x = \frac{mg+f}{k} = 0$

3) Wenn $g=0, \ddot{x}=0, \dot{x}=0, x = \frac{f}{k}$

f) 1) Ruhelage: $x_{\infty} = \frac{mg+f}{k} = (9.81 + \frac{F}{1}) \text{ m}$

2) $\dot{x}=0 \Rightarrow \ddot{x}=0 \quad x = \frac{mg+f+F'}{k} \Rightarrow F' = (x - x_{\infty}) \cdot k$

3) Wenn $F=0 \quad x = 9.81 \text{ m} > 5 \text{ m}$
 $\Rightarrow F$ muss negativ sein \Rightarrow nach oben gerichtete Kraft anzuwenden.

g): $g=0 \quad f = -k_p x - k_v \dot{x}$

$$\Rightarrow m\ddot{x} + d\dot{x} + kx = -k_p x - k_v \dot{x}$$

$$\Rightarrow m\ddot{x} + (d+k_v)\dot{x} + (k+k_p)x = 0$$

Annahme: $\underline{u} = \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix} \Rightarrow \dot{\underline{u}} = \underline{A} \underline{u} \Rightarrow \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{-k-k_p}{m} & \frac{-d-k_v}{m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix}$

h) $\det(\underline{A} - \lambda \underline{I}) \stackrel{!}{=} 0$

$$\begin{vmatrix} -\lambda & 1 \\ \frac{-k-k_p}{m} & \frac{-d-k_v}{m} - \lambda \end{vmatrix} = \lambda \left(\lambda + \frac{d+k_v}{m} \right) + \frac{k+k_p}{m} = 0$$

$$\Rightarrow \lambda^2 + \frac{d+k_v}{m} \lambda + \frac{k+k_p}{m} = 0$$

$$\Rightarrow \lambda_1 = -\frac{d+k_v}{2m} + \frac{\sqrt{(d+k_v)^2 - 4 \cdot (k+k_p)}}{2m}$$

$$\lambda_2 = -\frac{d+k_v}{2m} - \frac{\sqrt{(d+k_v)^2 - 4 \cdot (k+k_p)}}{2m}$$

kritisch gedämpft $\Rightarrow \lambda_1 = \lambda_2$

$$\Rightarrow (d+k_v)^2 = 4(k+k_p)$$

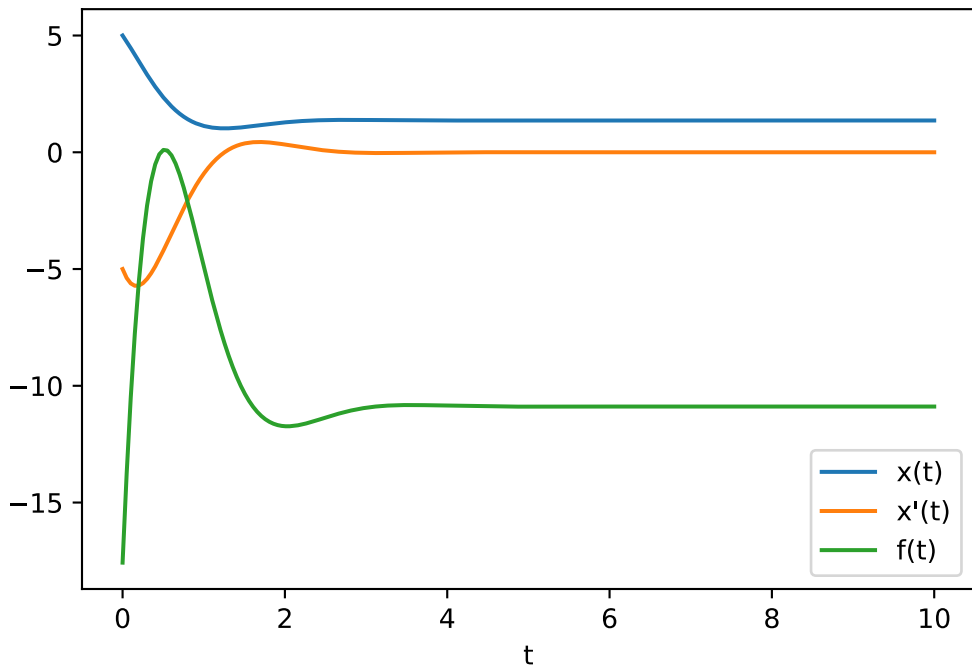
i): ① $k_p = \frac{1}{4}(d+k_v)^2 - k$

② $k_v = 2\sqrt{k+k_p} - d$ hier muss $k_v > 0$ um stabile Regelung sicherzustellen

j) nächste Folie with PD

und without PD

trajectories-withPD



trajectories-withoutPD

