ÜBUNG: PD-Regler

a) Leiten Sie aus der Übertragungsfunktion des PD-Reglers das Strukturbild ab.

$$G_{PD}(s) = K_P \cdot \frac{s T_V + 1}{s \frac{T_V}{\alpha} + 1}$$

$\alpha \geq 1$

K_P : Proportionalwert

T_V : Vorhaltezeit

Für den "idealen" (aber unrealistischen) PD-Regler gilt $\alpha \to \infty$

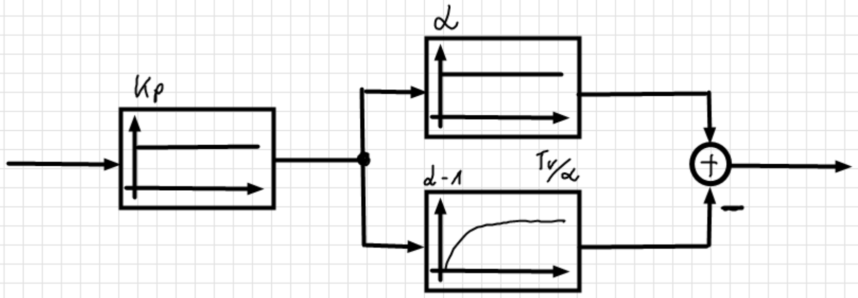
$\Rightarrow$ Stellgröße bei Eingangssprung nicht realisierbar.

$$G_R(s) = K_P \frac{s T_V \frac{\alpha}{\alpha} + 1}{s \frac{T_V}{\alpha} + 1}$$

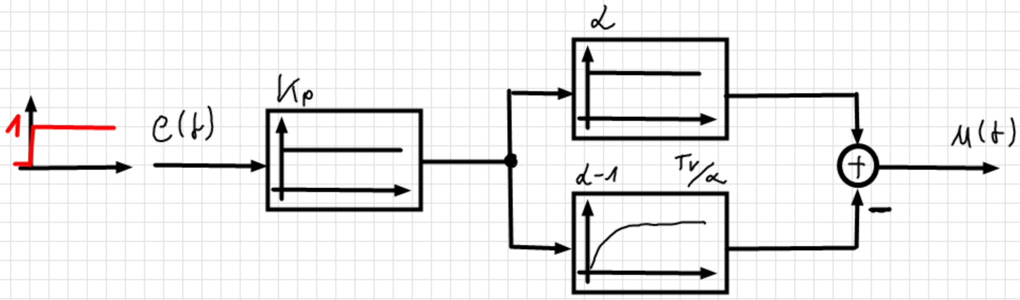
$$= K_P \frac{s \frac{T_V}{\alpha} \cdot \alpha + 1 + \alpha - \alpha}{s \frac{T_V}{\alpha} + 1}$$

$$= K_P \frac{\alpha \cdot \left(s \frac{T_V}{\alpha} + 1\right) - \alpha + 1}{\left(s \frac{T_V}{\alpha} + 1\right)}$$

$$= K_P \Bigg[\underbrace{\alpha}_{P} - \underbrace{\frac{\alpha - 1}{\left(s \frac{T_V}{\alpha} + 1\right)}}_{PT_1} \Bigg]$$

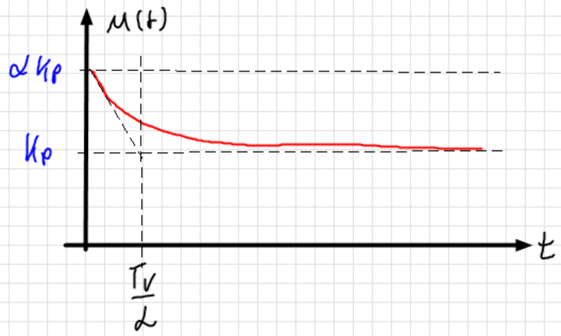


$\Rightarrow$ so kann der PD-Regler realisiert (interpretiert) werden!

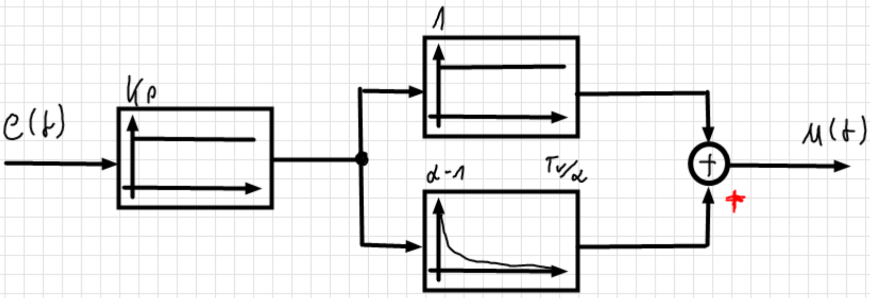


$$u(t=0) = K_p\,(\alpha - 0) = K_p \cdot \alpha$$
$$u(t \to \infty) = K_p \cdot \left[\alpha - (\alpha - 1)\right] = K_p$$

durch graph. Interpretation



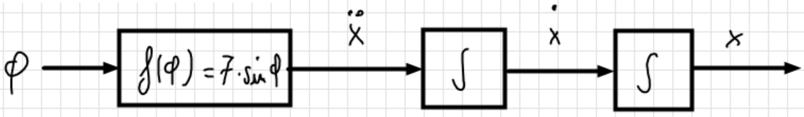
Andere Darstellungsweise des PD-Reglers



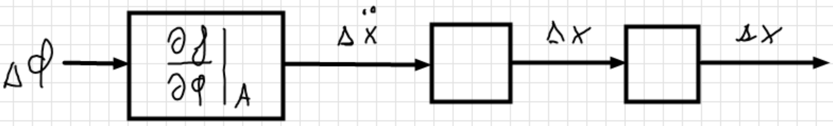
ÜBUNG: Reglerauswahl

Die DGL der Bewegung lautet: $\ddot{x} = 7 \cdot \sin(\varphi)$

a) Linearisieren Sie dass System.



Linearisieren:



$$\underline{\underline{\Delta\ddot{x}}} = \frac{\partial\, 7 \cdot \sin(\varphi)}{\partial \varphi}\Big|_A \cdot \Delta\varphi$$

$$= 7 \cdot \cos\varphi_A \cdot \Delta\varphi \approx \underline{\underline{7 \cdot \Delta\varphi}}$$

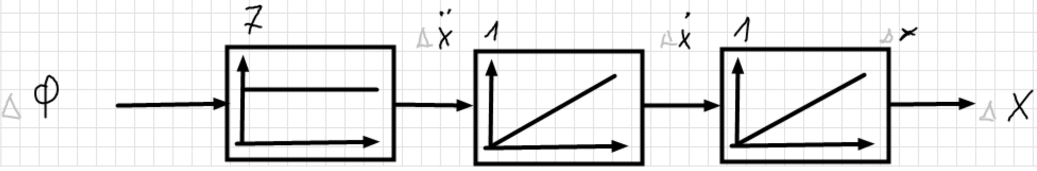
im AP soll System stabil sein

$\varphi_A = 0$ (Ruhelage)

Linearisierte DGL (Δ weggelassen)

$$\Rightarrow \quad \ddot{x} = 7\varphi$$

Strukturbild der Regelstrecke:



b)

b) Geben Sie die Übertragungsfunktion des Systems an.

$$\ddot{x}(t) = 7 \cdot \phi(t)$$

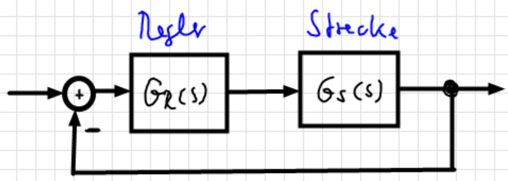
$$s^2 X(s) = 7 \cdot \phi(s) \Rightarrow \underline{\underline{G_s(s)}} = \frac{X(s)}{\phi(s)} = \underline{\underline{\frac{7}{s^2}}} \qquad (1)$$

c) Ist das System mit einem

c1: PI- Regler

c2: PD-Regler

stabilisierbar?



Mit $G_0(s) = G_R(s) \cdot G_S(s)$ ist die ÜF des geregelten Systems :

$$G(s) = \frac{G_0(s)}{1 + G_0(s)} \qquad (2)$$

<u>c1) PI – Regler</u>

$$G_R(s) = K_R \cdot \frac{sT_N + 1}{sT_N}$$

$$G_0(s) = G_R \cdot G_S = 7 K_R \cdot \frac{sT_N + 1}{s^3 T_N}$$

$$\Rightarrow G(s) = \frac{7 K_R \frac{sT_N + 1}{s^3 T_N}}{1 + 7 K_R \frac{sT_N + 1}{s^3 T_N}}$$

$$= \frac{7 K_R (sT_N + 1)}{s^3 T_N + 7 K_R (sT_N + 1)}$$

$$= \frac{7 K_R (sT_N + 1)}{s^3 T_N + s \cdot 7 K_R T_N + 7 K_R}$$

$$G(s) = \frac{7K_R(sT_N+1)}{s^3 T_N + s\cdot 7K_R T_N + 7K_R}$$

$\Rightarrow$ "notw." Kriterium nicht erfüllt (s^2-Term fehlt)

$\Rightarrow$ Gesamtregelkreis instabil!

$\Rightarrow$ PI-Regler ungeeignet

c2) <u>PD-Regler:</u>

$$G_R(s) = K_R \cdot \frac{T_V\cdot s + 1}{T_1\cdot s + 1} \qquad \text{mit Abk. } T_1 = \frac{T_V}{\alpha}$$

$$G_0(s) = G_R\cdot G_S = 7K_R\frac{(T_V\cdot s+1)}{s^2(T_1\cdot s+1)}$$

$$\Rightarrow \quad G(s) = \frac{G_0(s)}{1+G_0(s)} = \frac{7\cdot K_R \frac{T_V\cdot s+1}{s^2(T_1\cdot s+1)}}{1 + 7K_R\frac{T_V\cdot s+1}{s^2(T_1\cdot s+1)}}$$

$$= \frac{7K_R(T_V\cdot s+1)}{s^2(T_1\cdot s+1) + 7K_R(T_V\cdot s+1)}$$

$$= \frac{7K_R(T_V\cdot s+1)}{T_1 s^3 + s^2 + 7K_R T_V\cdot s + 7K_R}$$

$\Rightarrow$ "notw." Kriterium erfüllt!

$\Rightarrow$ Gesamtregelkreis könnte stabil sein!

$$G(s) = \frac{7k_R(T_V \cdot s + 1)}{T_1 s^3 + s^2 + 7k_R T_V \cdot s + 7k_R}$$

Nenner: $N(s) = \underbrace{T_1}_{a_0} s^3 + \underbrace{}_{a_1} s^2 + \underbrace{7k_R T_V}_{a_2} \cdot s + \underbrace{7k_R}_{a_3}$

$$H = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 7k_R & 0 \\ T_1 & 7k_R T_V & 0 \\ 0 & 1 & 7k_R \end{vmatrix}$$

$H_1 = 1 > 0$ o.k.

$$H_2 = \begin{vmatrix} 1 & 7k_R \\ T_1 & 7k_R T_V \end{vmatrix} = 7k_R T_V - 7k_R T_1 > 0$$

$$\cancel{7k_R} T_V > \cancel{7k_R} T_1$$

$$T_V > T_1 = \frac{T_V}{\alpha}$$

$$\underline{\underline{\alpha > 1}}$$

$\Rightarrow$ PD - Regler ist geeignet, sofern $\alpha > 1$ ist!