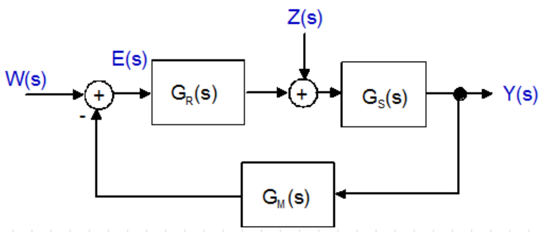
ÜBUNG: Führungsübertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises



a) $G_S(s) = \frac{2}{(s+5)}$ $\quad G_R(s) = 10$ $\quad G_M(s) = 1$

$$G_W(s) = \frac{G_R(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s) \cdot G_M(s)}$$

$$= \frac{10 \cdot \frac{2}{(s+5)}}{1 + 10 \cdot \frac{2}{(s+5)} \cdot 1} = \frac{20}{(s+5) + 20}$$

$$= \underline{\underline{\frac{20}{s + 25}}}$$

Anm.: Pol bei $s = -25$

$$= \frac{0.8}{\frac{1}{25} s + 1}$$

$\Rightarrow$ PT1 mit $K = 0.8$

$T_1 = \frac{1}{25}$

$\longrightarrow$ Der geschlossene Regelkreis verhält sich wie ein PT1 - Element.

b) $G_S(s) = \frac{2}{(s+5)}$ $\qquad G_R(s) = 10\frac{1}{s}$ $\qquad G_M(s) = 1$

$$G_W(s) = \frac{G_R(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s) \cdot G_M(s)}$$

$$= \frac{\frac{10}{s} \cdot \frac{2}{(s+5)}}{1 + \frac{10}{s} \cdot \frac{2}{(s+5)} \cdot 1}$$

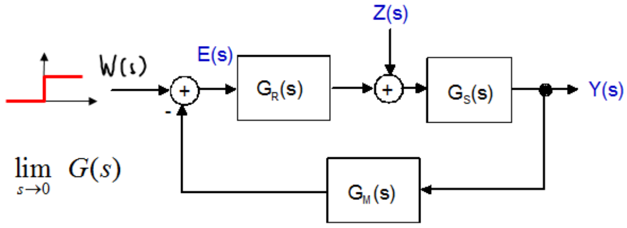
$$= \frac{20}{s(s+5) + 20} = \underline{\underline{\frac{20}{s^2 + 5s + 20}}}$$

Wo liegen die Pole?

$$s_{1,2} = -2.5 \pm \sqrt{2.5^2 - 20}$$

$$= \underline{\underline{-2.5 \pm j\,3.17}}$$

ÜBUNG: Stationärer Regelfehler von Regelstrecken bei <u>Eingangssprung</u>



$$\lim_{t\to\infty} y(t) \;=\; \lim_{s\to 0}\; G(s)$$

a) $G_S(s) = \dfrac{2}{(s+5)}$ $\qquad G_R(s) = 10$ $\qquad G_M(s) = 1$

s. Aufg. vorher : $G_W(s) = \dfrac{20}{s+25}$

Bei einem Sollwertsprung (Höhe 1) gilt für die Regelgröße $y(t)$:

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = \lim_{s\to 0} G_W(s)$$

$$= \lim_{s\to 0} \frac{20}{s+25} = \underline{\underline{0.8}}$$

D.h. der Istwert $y(t)$ erreicht nicht den Sollwert!

Stationärer Regelfehler : $F = y(t\to\infty) - w(t\to\infty)$

$$= 0.8 - \underline{\underline{1 = 0.2}}$$

$\Rightarrow$ Der Fehler wird nicht vollständig ausgeregelt!

b) $G_S(s) = \frac{2}{(s+5)}$ $\quad G_R(s) = 10\frac{1}{s}$ $\quad G_M(s) = 1$

5. Aufgabe vorher: $G_w(s) = \frac{20}{s^2 + 5s + 20}$

Bei einem Sollwertsprung (Höhe 1) gilt für die Regelgröße $y(t)$:

$$\lim_{t \to \infty} y(t) = \lim_{s \to 0} G_w(s)$$

$$= \lim_{s \to 0} \frac{20}{s^2 + 5s + 20} = \underline{\underline{1}}$$

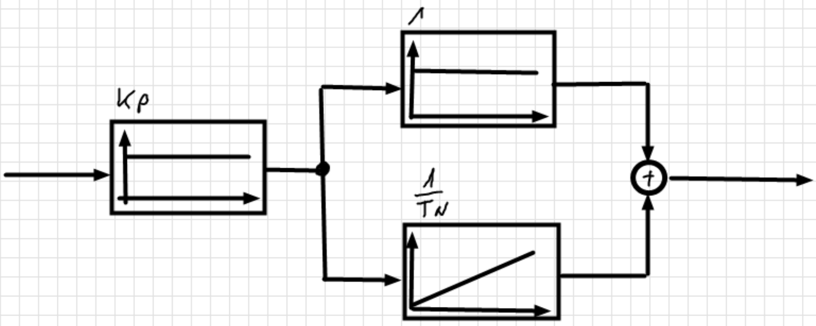
Der Istwert $y(t)$ erreicht exakt den Sollwert.

Stationärer Regelfehler: $F = y(t \to \infty) - w(t \to \infty) = 0$

ÜBUNG: PI-Regler

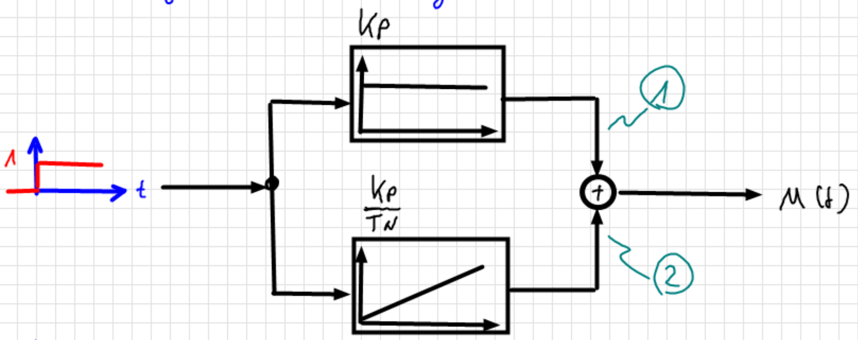
a) Leiten Sie aus der Übertragungsfunktion des PI-Reglers das Strukturbild ab.

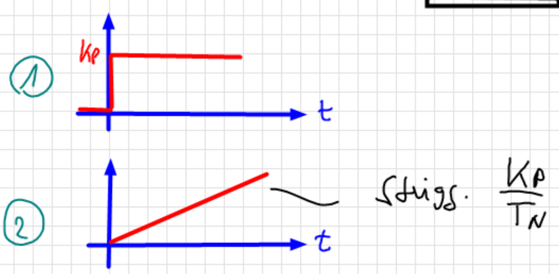
$$G_{PI}(s) = K_P \cdot \frac{sT_N + 1}{sT_N} = K_P \cdot \left(1 + \frac{1}{sT_N}\right)$$

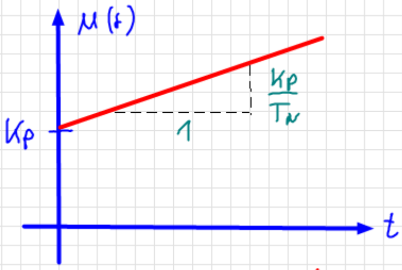


b) Wie sieht die Sprungantwort des PI-Reglers aus?

Der PI-Regler kann auch so gezeichnet werden:

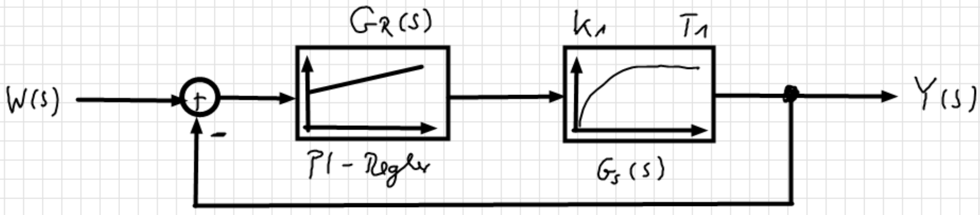






Für $T_N \to \infty$ wird der PI-Regler zum P-Regler!

c) Eine Regelstrecke habe PT1-Verhalten (Parameter K_1, T_1). Zeigen Sie, dass der PI-Regler den stationären Fehler des Regelkreises auf 0 bringt (bei sprungförmiger Eingangsgröße).



$$G_{PI}(s) = K_P \cdot \frac{sT_N + 1}{sT_N} = G_R(s) \qquad G_S(s) = \frac{K_1}{sT_1 + 1}$$

Übertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{G_R(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}$$

$$= \frac{K_P \cdot \frac{sT_N + 1}{sT_N} \cdot \frac{K_1}{(sT_1 + 1)}}{1 + K_P \cdot \frac{sT_N + 1}{sT_N} \cdot \frac{K_1}{(sT_1 + 1)}}$$

$$= \frac{K_P (sT_N + 1) \cdot K_1}{sT_N (sT_1 + 1) + K_P (sT_N + 1) \cdot K_1}$$

$$= \frac{K_P K_1 (sT_N + 1)}{s^2 T_N T_1 + s(T_N + K_P K_1 T_N) + K_P K_1}$$

$$= \frac{K_P \cdot K_1}{T_N \cdot T_1} \cdot \frac{(sT_N + 1)}{s^2 + s \cdot \frac{1 + K_P K_1}{T_1} + \frac{K_P \cdot K_1}{T_N \cdot T_1}}$$

$$G_s(s) = \frac{K_P \cdot K_1}{T_N \cdot T_1} \cdot \frac{(s T_N + 1)}{s^2 + s \cdot \frac{1 + K_P K_1}{T_1} + \frac{K_P \cdot K_1}{T_N \cdot T_1}}$$

Für den stat. Endwert für $y(t \to \infty)$ bei einem Einheitssprung im Eingang gilt:

$$\lim_{t \to \infty} y(t) = \lim_{s \to 0} G(s)$$

$$= \frac{K_P \cdot K_1}{T_N \cdot T_1} \cdot \frac{0 + 1}{0 + 0 + \frac{K_P K_1}{T_N \cdot T_1}} = \underline{\underline{1}}$$

Der Istwert geht ebenfalls auf 1, d.h. der stat. Regelfehler geht gegen 0!

d) Diskutieren Sie für folgende Fälle das dyn. Verhalten:

d1) $T_N = T_1$

d2) $K_R = K_1 = 1$
$T_1 = 1, \quad T_N = 0.1$

d1) $T_N = T_1$ (gewählt)

$$G_R(s) \cdot G_S(s) = \frac{K_1}{(s\cancel{T_1+1})} \cdot \frac{K_R\,(\cancel{sT_N+1})}{sT_N}$$

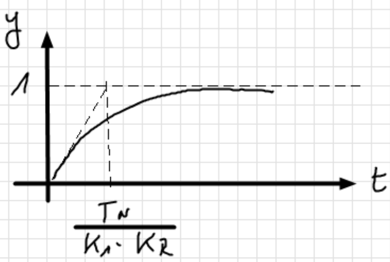
$$= \frac{K_1 K_R}{s T_N}$$

Übertragungsfunktion des geschlossenen RK:

$$G(s) = \frac{G_R G_S}{1 + G_R G_S} = \frac{\frac{K_1 K_R}{s T_N}}{1 + \frac{K_1 K_R}{s T_N}}$$

$$= \frac{K_1 K_R}{sT_N + K_1 K_R} = \boxed{\frac{1}{s\frac{T_N}{K_1 K_R} + 1}}$$

Der geschlossene RK verhält sich wie ein PT_1-Element mit $K = 1$, $T_1 = \frac{T_N}{K_1 K_R}$!



d2) $K_R = K_1 = 1$

$T_1 = 1, \quad T_N = 0.1$

$$G_S(s) \cdot G_R(s) = \frac{K_1}{(sT_1 + 1)} \cdot \frac{K_R(sT_N + 1)}{sT_N}$$

$$= \frac{1}{(s+1)} \cdot \frac{0.1s + 1}{0.1s} \cdot \frac{10}{10}$$

$$= \frac{s + 10}{(s+1) \cdot s}$$

Übertragungsfunktion des geschlossenen RK:

$$G(s) = \frac{G_S G_R}{1 + G_S G_R} = \frac{\frac{s+10}{(s+1)\cdot s}}{1 + \frac{s+10}{(s+1)\cdot s}}$$

$$= \frac{s+10}{(s+1)\cdot s + s + 10} = \underline{\underline{\frac{s+10}{s^2 + 2s + 10}}}$$

Pole bei:

$$\underline{\underline{s_{1,2}}} = -1 \pm \sqrt{1 - 10} = \underline{\underline{-1 \pm 3j}}$$