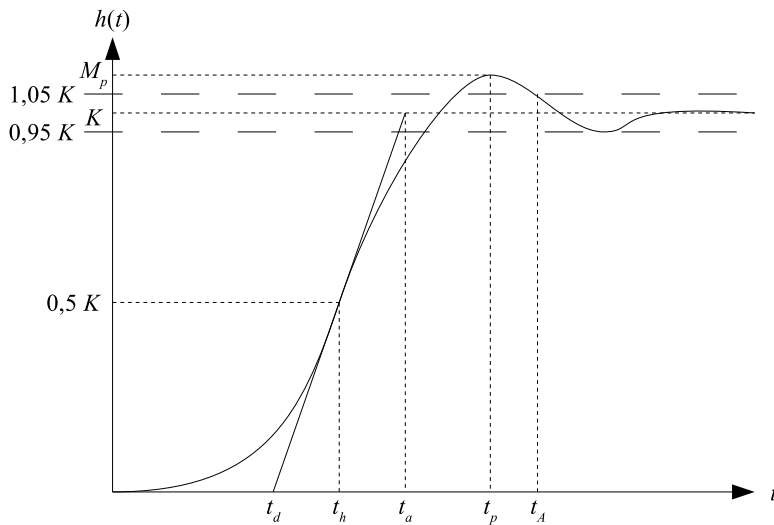
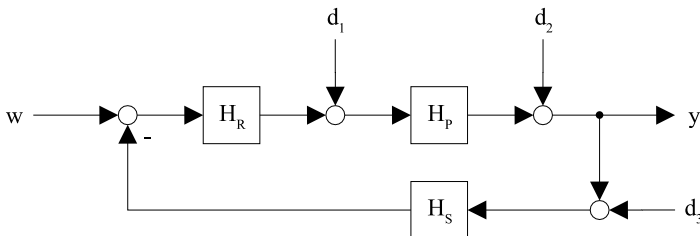
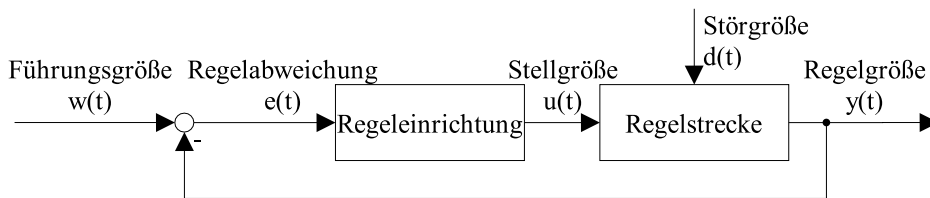


Systemzeiten



- $h_0(\infty) = H(0) = K$ statische Verstärkung
- M_p Überschwingweite
- $t_d = t_a - t_r$ Verzugszeit (delay time)
- t_h Halbwertszeit
- $t_a = t_d + t_r$ Anregelzeit
- $t_r = t_a - t_d$ Anstiegszeit (rise time)
- t_p peak time
- t_A Ausregelzeit

Regelkreis



Ausgangsgleichung

$$Y = H_w W + H_{d_1} D_1 + H_{d_2} D_2 + H_{d_3} D_3$$

Führungsübertragungsfunktion

$$H_w(s) = \left. \frac{Y(s)}{W(s)} \right|_{d_i=0} = H_R H_P S$$

Empfindlichkeitsfunktion, Regelfaktor

$$S = \frac{1}{1+H_0} = 1 - T$$

Schleifenübertragungsfunktion/-verstärkung (Z_0, N_0 sind Polynome)

$$H_0 = H_R H_P H_S = \frac{Z_0}{N_0}$$

Störübertragungsfunktionen

$$H_{d_i}(s) = \left. \frac{Y(s)}{D_i(s)} \right|_{w=d_{j \neq i}=0}$$

$$H_{d_1} = H_P S \quad H_{d_2} = S \quad H_{d_3} = -H_P H_R H_S S = -T$$

Komplementäre Empfindlichkeitsfunktion

$$T = \frac{H_0}{1+H_0} = 1 - S$$

Regler

$$N_0 = N_w N_d N'_0 \quad \text{Inneres-Modell-Prinzip} \Rightarrow \text{kein bleibender Regelfehler}$$

$$H_R = \frac{Z_R}{N_R} = \frac{Z_R}{\frac{N_w N_d N'_0}{N_P N_S}} \quad \text{Inneres-Modell-Prinzip (} Z_R \text{ und } N'_0 \text{ wählbar)}$$

$$H_R = H_P^{-1} \frac{N_X}{1 - H_S H_X} \quad \text{Kompensationsregler (} H_X \text{ gewünschtes Gesamtverhalten)}$$

PID-Regler (T_1 Nachstellzeit, T_D Vorhaltezeit)

$$H_R = K_P + \frac{1}{s} K_I + s K_D = K_P \left(1 + \frac{1}{s T_I} + s T_D \right) = V \frac{(1+sT_1)(1+sT_2)}{s}$$

$$\approx K_P + \frac{1}{s} K_I + \frac{s}{1+sT_0} K_D = K_P \left(1 + \frac{1}{s T_I} + \frac{s T_D}{1+sT_0} \right) = V \frac{(1+sT_1)(1+sT_2)}{s(1+sT_0)}$$

$$K_P = V(T_1 + T_2) \quad T_I = T_1 + T_2 \quad T_D = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}$$

$$H_R = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}} \quad u_k = u_{k-1} + q_0 e_k + q_1 e_{k-1} + q_2 e_{k-2}$$

$$q_0 = K_P \left(1 + \frac{T_D}{T} \right) \quad q_1 = K_P \left(\frac{T}{T_I} - 2 \frac{T_D}{T} - 1 \right) \quad q_2 = K_P \frac{T_D}{T}$$

Wurzelortskurve

Schleifenverstärkung Asymptotenschnittpunkt Asymptotenwinkel

$$H_0 = k \frac{b_R}{a_Q} \frac{\prod_{r=1}^R (s - s_{0r})}{\prod_{q=1}^Q (s - s_{1q})} \quad s_{\text{Asymp}} = \frac{\sum_{q=1}^Q s_{1q} - \sum_{r=1}^R s_{0r}}{Q - R} = \frac{b_{R-1} - a_{Q-1}}{Q - R} \quad \Phi_{\text{Asymp}} = \frac{\pi + 2n\pi}{Q - R}$$

$$k \frac{b_R}{a_Q} > 0 \Rightarrow n = 0 \dots Q_R - 1$$

$$k \frac{b_R}{a_Q} < 0 \Rightarrow n = 1 \dots Q_R$$

Parameterbestimmung (Strecke $PT_1 T_t$)

Kontinuierliche Regelung (Ziegler/Nichols) Diskrete Regelung (Takahashi)

	K_P	T_I	T_D
P	$\frac{t_a}{K t_d}$		
PI	$\frac{0,9 t_a}{K t_d}$	$3,33 t_d$	
PID	$\frac{1,2 t_a}{K t_d}$	$2 t_d$	$0,5 t_d$

	K_P	T_I	T_D
P	$\frac{t_a}{t_d + T}$		
PI	$\frac{0,9 t_a}{t_d + 0,5 T} - \frac{0,135 t_a T}{(t_d + 0,5 T)^2}$	$\frac{K_P (t_d + 0,5 T)^2}{0,27 t_a}$	
PID	$\frac{1,2 t_a}{t_d + T} - \frac{0,3 t_a T}{(t_d + 0,5 T)^2}$	$\frac{K_P (t_d + 0,5 T)^2}{0,6 t_a}$	$\frac{t_a}{2 K_P}$

Kritische Verstärkung und Periodendauer bekannt

	K_P	T_I	T_D
P	$0,5 K_{\text{krit}}$		
PI	$0,45 K_{\text{krit}}$	$0,85 T_{\text{krit}}$	
PID	$0,6 K_{\text{krit}}$	$0,5 T_{\text{krit}}$	$0,12 T_{\text{krit}}$