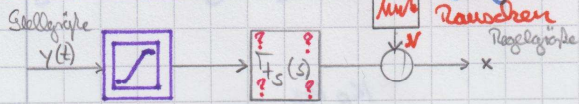


Was beschränkt die erreichbare Regelgüte?



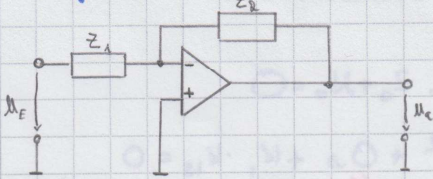
1. Stellsignalbegrenzung
2. Modellunsicherheiten in der Strecke
3. Messfehler des Sensors (Rauschen)

Realisierung elektrischer Regler

Gesucht: Hardware, die das dynamische Verhalten der Regler liefert. $F_R(s)$ hat.

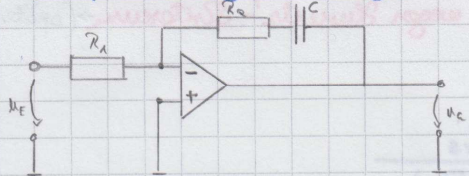
1. analoge Regler

Operationsverstärker-Schaltungen



$$F_R(s) = \frac{u_C}{u_E} = -\frac{Z_2}{Z_1}$$

→ Bsp. analoger PI-Regler



$$F_R(s) = -\frac{R_2 + \frac{1}{sC}}{R_1} = -\frac{1 + sR_2C}{sR_1C} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1 + sR_2C}{sR_2C}$$

$$= -k_p \frac{1 + T_N s}{T_N s} \quad \rightarrow T_N = R_2 C ; k_p = \frac{R_2}{R_1}$$

11.12.18

Digitale Reglerrealisierung T_s die 28

z.B. Mikrocontroller

- 1) analoges Eingangssignal muss abgetastet werden und analog / Digital umgesetzt werden.
(zeitliche Amplitudenmäßige Quantisierung)
- 2) Berechnung des Regelalgorithmus im Abtasttakt (Differenzgleichung)
- 3) Ausgabe des treppenförmigen Stellsignals mittel Digital / analog Umsetzung

Zunächst Entwurf eines kontinuierlichen Reglers - anschließend rechteckstapelt Approximation

→ "Quasikontinuierlicher Entwurf"

Wahl der Abtastzeit $T_s \leq \frac{Q_1}{\omega_0}$ → rechteck → numerische Pole
 entsprechend der Dynamik des kontinuierlichen RLK
 ↳ Abstand der Pole

Differenzgleichung eines PI-Reglers

$$\text{Wünscht } F_R(s) = \frac{Y(s)}{X_d(s)} = k_p \frac{1 + T_N s}{T_N s}$$

$$\text{Dgl. } y(k) = k_p \left(\frac{1}{T_N} x_d(k) + \dot{x}_d(k) \right) \quad \text{mit } t \rightarrow kT_s \quad k=0,1,2,\dots$$

$$\text{Ableitungen durch Diff.quotient ersetzen } \dot{y}(t) \approx \frac{y((k+1)T_s) - y(kT_s)}{T_s} = \frac{y(k+1) - y(k)}{T_s}$$

$$\frac{1}{T} (y(k+1) - y(k)) = k_p \left[\frac{1}{T_N} x_d(k) + \frac{1}{T} (x_d(k+1) - x_d(k)) \right]$$

↳ nach dem neuesten Stellensignal auflösen

$$y(k+1) = y(k) + k_p \left[x_d(k+1) + \left(\frac{T}{T_N} - 1 \right) x_d(k) \right] \rightarrow \text{ein programmierbare Diff. eq. Gleichung}$$

→ Rekursionsgleichung → "alte" Werte $y(k) / x_d(k)$ müssen zwischengespeichert werden

$$s \hat{=} \frac{z-1}{T}$$

5. Stabilität von Regelkreisen

Beim stabilen Systemen liegen alle Pole in der linken s -Halbebene. Für einen stabilen ZK müssen alle Nullstellen der Char. Gl. $1 + \bar{T}_R \cdot \bar{T}_S = 0$ links liegen

5.2 Hurwitz-Kriterium

ein algebraisches Stabilitätskriterium liefert nur eine Ja/Nein-Aussage, ob alle Nullstellen links liegen. Char. Gl. $a_m s^m + a_{m-1} s^{m-1} + \dots + a_2 s^2 + a_1 s^1 + a_0 = 0$

1. Hurwitz-Bedingung alle Koeffizienten a_0, \dots, a_m müssen von Null verschieden sein und gleiches Vorzeichen aufweisen. NZ-Wechsel → instabil (motiviert aber nicht hinreichend)

2. Hurwitz-Bedingung alle Hurwitz-Determinanten H_i müssen positiv sein

$H =$	$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & \dots \\ a_0 & a_1 & a_2 & \dots \\ 0 & a_1 & a_2 & \dots \\ 0 & a_0 & a_1 & \dots \\ \vdots & & & \end{vmatrix}$	Nicht Nullen auffüllen $H_1 = a_1 > 0$ $H_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$ $H_3 > 0$
-------	--	--

Für ein stabiles System müssen beide HWB-Bedingungen erfüllt sein

Bsp. 11.10/12

$$T_0 = \bar{T}_R \cdot \bar{T}_S = k_p \frac{1 + \bar{T}_N s}{T_N s} \frac{3}{s(1+2s)} = \frac{z_0}{N_0}$$

$$\text{Char. Gl.: } z_0 + N_0 = 0 \rightarrow 2\bar{T}_N s^3 + \bar{T}_N s^2 + 3k_p \bar{T}_N s + 3k_p = 0$$

1. HWB erfüllt für $k_p > 0$ und $\bar{T}_N > 0$

2. HWB	$H = \begin{vmatrix} 3k_p \bar{T}_N & 2\bar{T}_N & 0 \\ 3k_p & \bar{T}_N & 0 \\ 0 & 3k_p \bar{T}_N & 2\bar{T}_N \end{vmatrix}$	$H_1 = 3k_p \bar{T}_N > 0$
$s > 3$		$H_2 = 3k_p \bar{T}_N^2 - 6k_p \bar{T}_N = 3k_p \bar{T}_N (\bar{T}_N - 2) > 0$

$$H_3 = 2\bar{T}_N \cdot H_2 > 0$$

→ $\bar{T}_N > 2$ → siehe Kapitel 4 \bar{T}_N -Steuer mit PI-Regler