Aktorik und Sensorik
Klausurvorbereitung

18. Januar 2021

1 Gleichstrommotor

1.1 Spannungsgesteuert

$$\frac{di(t)}{dt} = \frac{1}{L} \cdot (U(t) - R \cdot i(t) - k_e \cdot \omega(t))$$
$$\frac{d\omega(t)}{dt} = \frac{1}{J} \cdot (k_m \cdot i(t) - C_r \cdot \omega(t) - M_l(t))$$
$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega(t)$$

1.1.1 Herleitung der Motorkennlinie

$$\omega_0 = \frac{k_m}{k_e \cdot k_m + C_r \cdot R} \cdot U_0 - \frac{R}{k_e \cdot k_m + C_r \cdot R} \cdot M_{l0}$$
$$i_0 = \frac{C_r}{k_e \cdot k_m + C_r \cdot R} \cdot U_0 + \frac{k_e}{k_e \cdot k_m + C_r \cdot R} \cdot M_{l0}$$

1.1.2 Leerlauf

$$Leerlaufgeschwindigkeit: \omega_l = \frac{k_m}{k_e \cdot k_m + C_r * R} \cdot U_0$$
$$Leerlaufstrom: i_l = \frac{C_r}{k_e \cdot k_m + C_r * R} \cdot U_0$$

Maximales Drehmoment $M_M = i(t) \cdot k_m$

$$M_L = -\frac{k_e \cdot k_m + C_r \cdot R}{R} \cdot \omega + \frac{k_m}{R} \cdot U_0$$
$$P_{elek} = P_{Nutz} + P_{Reib} + P_{Ohmsche}$$
$$P_{elek} = P_{abgegeben}$$
$$P_{abgegeben} = U_0 \cdot i = \frac{1}{2} \cdot U_0^2 - \frac{k_e}{R} \cdot U_0 \cdot \omega$$
$$P_{Nutz} = M_L \cdot \omega = \frac{k_m}{R} \cdot U_0 \cdot \omega - \frac{k_e \cdot k_m + C_r \cdot R}{R} \cdot \omega^2$$
$$\eta = \frac{P_{Nutz}}{P_{abgegeben}}$$

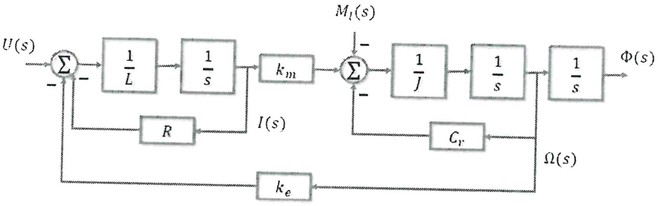

Abbildung 1: Blockschaltbild des spannungsgesteuerten Gleichstrommotors

$$\omega_e = \frac{R}{L} \quad \tau_e = \frac{L}{R}$$
$$\omega_m = \frac{C_r}{j} \quad \tau_m = \frac{j}{C_r}$$

$$\Omega(s) = \frac{1}{s^2 + s \cdot \left(\frac{R}{L} + \frac{C_r}{j}\right) + \frac{1}{j \cdot L} \cdot (k_e \cdot k_m + R \cdot C_r)} \cdot \left[\frac{k_m}{j \cdot L} \cdot U(s) - \frac{\left(s + \frac{R}{L}\right)}{j} \cdot M_l(s)\right]$$

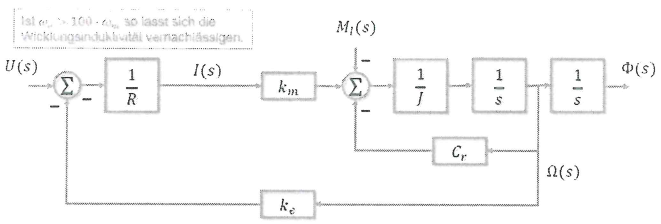

Abbildung 2: Blockschaltbild des spannungsgesteuerten Gleichstrommotors

$$\tau = \frac{j \cdot R}{k_e \cdot k_m + R \cdot C_r}$$

$$\Omega(s) = \frac{\frac{1}{j \cdot R} \cdot k_m}{s + \frac{1}{j \cdot R} \cdot (k_e \cdot k_m + R \cdot C_r)} \cdot U(s) - \frac{\frac{1}{j}}{s + \frac{1}{j \cdot R} \cdot (k_e \cdot k_m + R \cdot C_r)} \cdot M_l(s)$$

1.2 Stromgesteuert

$$j \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_M - C_r \cdot \omega - M_L$$
$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega(t)$$

1.2.1 H-Brücke

$$U_H = R_{DS_{on}} \cdot i_M + R \cdot i_M + L \cdot \frac{di_M}{dt} + k_e \cdot \omega + R_{DS_{on}} \cdot i_m + R_{shunt} \cdot i_M$$
$$0 = U_H + U_D + R \cdot i_M + L \cdot \frac{di_M}{dt} + k_e \cdot \omega + U_D + R_{shunt} \cdot i_M$$

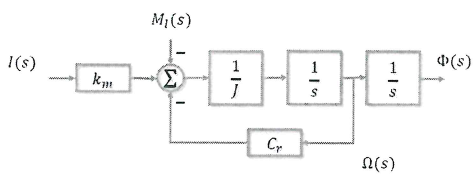

Abbildung 3: Blockschaltbild des spannungsgesteuerten Gleichstrommotors

2 Regler

P - Regler

$$G_g(s) = \frac{\Omega_{IST}(s)}{\Omega_{SOLL}(s)} = \frac{K_p G_o(s)}{1 + K_p \cdot G_o(s) \cdot G_M(s)}$$

PI - Regler

$$G_{PI} = K_P + \frac{K_I}{s} = K_P \frac{s + \frac{K_I}{K_P}}{s} = K_P \frac{s + \frac{1}{T}}{s}$$

$$G_g = \frac{\Omega_{IST}(s)}{\Omega_{SOLL}(s)} = \frac{G_{PI}(s) \cdot G_o(s)}{1 + G_{PI}(s) \cdot G_o(s) \cdot G_M(s)}$$

3 BLDC Motor

Mathematisches Modell:

$$U_A - U_Y = R \cdot i_A + L \cdot \frac{di_A}{dt} + U_{bemfA}$$
$$U_B - U_Y = R \cdot i_B + L \cdot \frac{di_B}{dt} + U_{bemfB}$$
$$U_C - U_Y = R \cdot i_C + L \cdot \frac{di_C}{dt} + U_{bemfC}$$
$$U_{bemfA} = k_e \cdot \omega \cdot \sin(p \cdot \Theta)$$
$$U_{bemfB} = k_e \cdot \omega \cdot \sin(p \cdot \Theta - \frac{2 \cdot \pi}{2})$$
$$U_{bemfC} = k_e \cdot \omega \cdot \sin(p \cdot \Theta + \frac{2 \cdot \pi}{3})$$
$$j \cdot \frac{d\omega}{dt} = \sum_{k=A}^{C} M_k - C_r \cdot \omega - M_L$$
$$M_A = k_m \cdot i_A \cdot \sin(p \cdot \Theta)$$
$$M_B = k_m \cdot i_B \cdot \sin(p \cdot \Theta - \frac{2 \cdot \pi}{2})$$
$$M_C = k_m \cdot i_C \cdot \sin(p \cdot \Theta + \frac{2 \cdot \pi}{2})$$
$$\frac{d\Theta}{dt} = \omega$$

4 Steppermotor

Mathematisches Modell:

$$U_A = R \cdot i_A + L \cdot \frac{di_A}{dt} + U_{bemfA}$$
$$U_B = R \cdot i_B + L \cdot \frac{di_B}{dt} + U_{bemfA}$$
$$U_{bemfA} = k_e \cdot \omega \cdot \sin(p \cdot \Theta)$$
$$U_{bemfB} = k_e \cdot \omega \cdot \sin(p \cdot \Theta)$$
$$j \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_A + M_B - C_r \cdot \omega - M_L + M_R$$
$$M_A = k_m \cdot i_A \cdot \sin(p \cdot \Theta)$$
$$M_B = k_m \cdot i_B \cdot \sin(p \cdot \Theta)$$
$$M_R = k_{Rmax} \cdot i_C \cdot \sin(p \cdot \Theta - \Phi)$$
$$\frac{d\Theta}{dt} = \omega$$