RT+L

Thierry Prud'homme
thierry.prudhomme@hslu.ch

Aufgabenliste: **#11** Themen: **Vorbereitungsübung**

Im der Abbildung 1 ist ein einfacher Antrieb mit einem Gleichstrommotor zu sehen. Es wird versucht die Drehzahl $\omega(t)$ zu regeln.

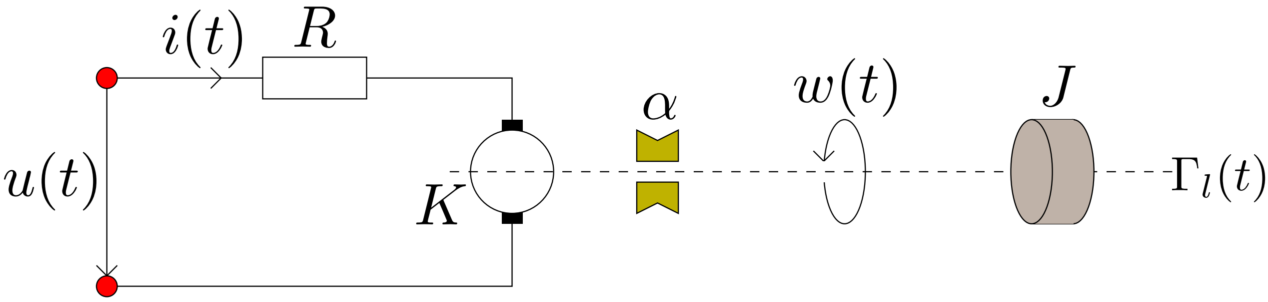

Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Antriebs mit einem Gleichstrommotor

Die im Bild 1 gezeichneten Elemente sind:

$u(t)$	Gleichstrommotor Eingangsspannung	(V)
$\Gamma_l(t)$	Lastmoment	(Nm)
$i(t)$	Gleichstrommotor Strom	(A)
$y(t) = \omega(t)$	Drehzahl	(/s)
$K = 0.05$	Motor Konstante	(Nm/A) und (VS)
$R = 0.5$	Widerstand	[Ω]
$J = 0.00025$	Lastträgheit	(kgm^2)
$\alpha = 0.0001$	Reibungskoeffizient	(Nms)

Die Eingansspannung kann Werten zwischen -10 (V) und +10 (V) nehmen.
Das System kann mit der einzigen folgenden Differentialgleichung modelliert werden:

$$\dot{\omega}(t) + \frac{1}{J}\left(\alpha + \frac{K^2}{R}\right)\omega(t) = \frac{K}{JR}u(t) - \frac{1}{J}\Gamma_l(t)$$

Wir definieren $\tau = \frac{JR}{K^2+\alpha R}$ und $K_g = \frac{K}{K^2+\alpha R}$.

1. Zeichnen Sie den Wirkungsplan der obigen Differentialgleichung und programmieren Sie diesen Wirkungsplan im Simulink. Führen Sie ein paar Simulationen durch und prüfen Sie die Plausibilität der Ergebnissen. Sie sollten auch unterschiedliche Anfangsbedingungen für die Drehzahl testen.

2. Leiten Sie die 2 folgenden Übertragungsfunktionen her:

$$P_1(s) = \frac{\Omega(s)}{U(s)}$$
$$P_2(s) = \frac{\Omega(s)}{\Gamma(s)}$$

womit:

$$\omega(t) \circ\!\!-\!\!\bullet \; \Omega(s)$$
$$u(t) \circ\!\!-\!\!\bullet \; U(s)$$
$$\Gamma(t) \circ\!\!-\!\!\bullet \; \Gamma(s)$$

3. Programmieren Sie diese 2 Übetragungsfunktionen im gleichen Simulink Diagramm (wo Sie den Wirkungsplan programmiert haben) und führen Sie die gleiche Simulationen wie vorher durch. Prüfen Sie die Plausibilität der Ergebnissen und passen Sie darauf auf dass Wirkungsplan und Übertragungsfunktionen die gleiche Ergebnisse liefern (wenn die Anfangsbedingung für die Drehzahl gleich null ist). Ab diesem Punkt wird nur mit den Übertragungsfunktionen gearbeitet.

4. Zeichnen das asymptotische Bode-Diagramm vom $P_1(s)$ im angehängten leeren Bode-Diagramm.

5. Zeichnen Sie das asymptotische Nyquist-Diagramm vom $P_1(s)$.

6. Zeichnen Sie jetzt das asymptotische und realle Bode-Diagramm vom $P_1(s)$ mit dem Befehl `asymp`. (Diese Routine ist keine Standard Matlab Routine und kann auf ILIAS gefunden werden).

7. Erste wird eine einfache Steuerung für die Drehzahl getestet (kein geschlossener Regelkreis). Zeichnen Sie das Blockschaltbild dieser Steuerung (die 2 Übertragungsfunktionen $P_1(s)$ und $P_2(s)$, die Laplace-Transformation der Referenzdrehzahl $\Omega_r(s)$ und die Übertragungsfunktion der Steuerung $S_t(s)$ sollten in diesem Blockschaltbild ersichtlich sein).

8. Programmieren Sie diese Steuerung mit Simulink. Wenn der Lastmoment gleich null ist, ist die ideale Steuerung $S_t(s)$ das Inverse von $P_1(s)$ da $S_t(s)P_1^{-1}(s) = 1$ (Referenzdrehzahl gleich Ist-Drehzahl). Warum ist diese Steuerung nicht realisierbar? Anstatt zu $P_1^{-1}(s)$ nehmen Sie einfach $\frac{1}{K_g}$ für $S_t(s)$ und testen Sie diese Steuerung im Simulation. Was passiert wenn der Wert von K_g für die Steuerung ($\frac{1}{K_g}$) nicht mehr der gleiche wie der Wert von K_g in der Übertragungsfunktion $P_1(s)$ ist? Was passiert wenn der Lastmoment nicht null ist? Simulieren Sie diese 2 Fälle und zeigen Sie somit 2 von der grossen Limitierung einer einfachen Steuerung im Vergleich zu einer Regelung.

9. Eine Regelung (geschlossener Regelkreis) wird jetzet getestet (ohne Vorsteuerung und Störgrössenaufschaltung). Zeichen Sie das Blockschaltbild einer solchen Regelung (die 2 Übertragungsfunktionen $P_1(s)$ und $P_2(s)$, die Laplace-Transformation der Referenzdrehzahl $\Omega_r(s)$ und die Übertragungsfunktion des Reglers $C(s)$ sollten in diesem Blockschaltbild ersichtlich sein).

10. Leiten Sie die Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises $L(s)$ her (Der Regler ist noch nicht definiert).

11. Nehmen Sie für $C(s)$ die folgende Übertragungsfunktion:

$$K(s) = K_p$$

Welcher Reglertyp ist es?

12. Leiten Sie die Übetragungsfunktion des offenen Regelkreises $L(s)$ her.

13. Lesen Sie aus dem Bode-Diagramm des offenen Regelkreises die Stabilitätsreserve (für die 2 Fälle $K_p < \frac{1}{K_g}$ und $K_p > \frac{1}{K_g}$).

14. Leiten Sie die Führungsübertragungsfunktion und die Störübertagungsfunktion des geschlossenen Regelkreises $\left(\frac{\Omega(s)}{\Omega_r(s)}\right)$ und $\left(\frac{\Omega(s)}{\Gamma(s)}\right)$ her womit $\Omega_r(s)$ die Laplace Transformation der Referenzdrehzahl ist.

15. Programmieren Sie den ganzen Regelkreis mit Simulink.

16. Berechnen Sie mit dem Laplace Endwertsatz die stationäre Regeldifferenz (im Prozent) für eine konstante Referenzdrehzahl (der Lastmoment ist gleich null). Das Ergebnis ist eine Funktion von K_p. Prüfen Sie Ihr Ergebnis mit dem im Simulink programmierten Regelkreis (Testen Sie mehrere Werte für K_p).

17. Im Hinblick auf die Stabilitätsanalyse und die berechnete stationäre Regeldifferenz, wie würden Sie K_p wählen?

18. Jetzt wird für den Regler die folgende Übertragungsfuktion betrachtet:

$$K(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$$

Welcher Reglertyp ist es?

19. Skizzieren Sie das Bode-Diagramm des offenen Regelkreises für $T_i > \tau_g$ und $T_i < \tau_g$.

20. Vereinfachen Sie $L(s)$ für den Fall $T_i = \tau_g$ und zeichnen Sie das Bode-Diagramm von $L(s)$.

21. Für diesen Fall, lesen Sie aus dem Bode-Diagramm des offenen Regelkreises die Stabilitätsreserve.

22. Programmieren Sie den ganzen Regelkreises mit Simulink.

23. Berechnen Sie mit dem Laplace Endwertsatz die stationäre Regeldifferenz (im Prozent) für eine konstante Referenzdrehzahl (der Lastmoment ist gleich null). Prüfen Sie Ihr Ergebnis mit dem im Simulink programmierten Regelkreis.

24. Fügen Sie in Ihrem Simulink Progamm ein Saturation Block hinzu sodass die Eingangsspannung des Motors nur Werten zwischen -10 (V) und +10 (V) nimmt. Die Referenzdrehzahl sollte nach ungefähr 100 (ms) einen Sprung von 50 auf 100 (rad/s) machen. Führen Sie ein paar Simulationen durch und beobachten Sie die Eingangsspannung. Was passiert wenn die Verstärkung des Reglers gross wird.

25. Versuchen Sie jetzt den Regler so zu programmieren dass Sie den I-Anteil des Reglers isolieren könnten. Führen Sie die gleiche Simulationen durch wie vorher und beobachten Sie den I-Anteil.

26. Fügen Sie einen Anti-reset Windup hinzu und führen Sie noch einmal die gleiche Simulationen durch (erkundigen Sie allein über Anti-reset Windup wenn Sie nie davon gehört haben).

27. Eine Vorsteuerung wird hinzugefügt. Zeichnen Sie jezt das Blockschaltbild des geregelten Prozesses. Die Übertragungsfunktion der Vorsteuerung wird $F(s)$ genennt (F steht für Feedforward auf English $\rightarrow$ Vorsteuerung auf Deutsch)

28. Erweitern Sie Ihr Simulink Diagramm mit dieser Vorsteuerung und wählen Sie $F(s) = \frac{1}{K_g}$. Führen Sie ein paar Simulationen durch, beobachten Sie den I-Anteil des Reglers und listen Sie einige Vorteile einer Vorsteuerung auf.