

3.2 Zusatzaufgaben

3.2.1 Implementierung des Reglers am Versuchsaufbau

Implementieren und testen Sie den Kompensationsregler und den PI-Zustandsregler für die Gleichstrommaschine am entsprechenden Laborversuch. Bei diesem Versuchsaufbau wird das Reibmoment des Propellers sowie das zusätzliche externe Moment als Störung des Systems $d = M_{ext}$ mithilfe einer permanentenerregten Synchronmaschine aufgebracht. Um einen fehlerfreien Kompiliervorgang auf der entsprechenden Echtzeit-Hardware zu ermöglichen, bereiten Sie die Regler in der folgenden Form auf:

- **Kompensationsregler:** Legen Sie den aufgespaltenen Kompensationsregler aus Aufgabe 3.4 in einer MATLAB-Struktur mit dem Namen `parKompReg` gemäß

$$\begin{aligned}\text{parKompReg.VP} &= V_P \\ \text{parKompReg.VI} &= V_I \\ \text{parKompReg.Rkompz} &= R_{komp}(z)\end{aligned}$$

ab. Dabei ist $R_{komp}(z)$ die z -Übertragungsfunktion des Kompensationsteils und $V_P, V_I \in \mathbb{R}$ sind die Parameter des Proportional- und Integralteils des Kompensationsreglers.

- **PI-Zustandsregler:** Speichern Sie den MATLAB Function Block mit der in Aufgabe 3.3 vorgegebenen Schnittstelle ab. Damit kann der Block direkt auf die Hardware kompiliert werden. Legen Sie darüber hinaus die vom Zustandsregler benötigten Parameter gemäß

$$\begin{aligned}\text{parZR.kP} &= k_P \\ \text{parZR.kI} &= k_I \\ \text{parZR.kx} &= \mathbf{k}_x \\ \text{parZR.c} &= \mathbf{c}^T \\ \text{parZR.Ta} &= T_a\end{aligned}$$

in der MATLAB-Struktur `parZR` ab.

Speichern Sie die beiden Strukturen `parKompReg` und `parZR` in einem `mat`-File (z.B. MATLAB-Befehl `save`) mit dem Namen `reglerXX.mat`, wobei `XX` für Ihre Gruppennummer steht.

3.2.2 Zustandsbeobachter

In der Praxis können oft nicht alle Zustände des Systems gemessen werden oder es muss aus Kostengründen auf Sensoren verzichtet werden. Um einen Zustandsregler für ein System zu entwerfen, bei dem nicht alle Zustände bekannt sind, soll nun ein Zustandsbeobachter entworfen werden.

Aufgabe 3.5. Nehmen Sie an, dass *nur* die Propellerdrehzahl ω_P des Laboraufbaues in Abb. 2.2 gemessen werden kann. Entwerfen Sie nun für die Gleichstrommaschine einen Zustandsbeobachter ausgehend vom zeitdiskreten, linearisierten, reduzierten Modell aus Aufgabe 3.1, um die Zustände $\hat{\mathbf{x}}_{red}^T = [\hat{\varphi}_{GSMP} \quad \hat{\omega}_{GSM} \quad \hat{\omega}_P]$ zu schätzen.

1. Testen Sie zuvor das System auf vollständige Beobachtbarkeit.
2. Bestimmen Sie den Rückführungsvektor $\hat{\mathbf{k}}$ des Korrektors so, dass die Beobachterfehlerdynamik Pole $p_j = \exp(\lambda_e T_a), j = 1 \dots 3$ mit geeignetem $\lambda_e \in \mathbb{R}$ aufweist.

Hinweis: Schlagen Sie im Skriptum Automatisierung [3.1] nach, wie der Beobachterentwurf mit dem Entwurf eines Zustandsreglers im Zusammenhang steht. Wenden Sie den MATLAB-Befehl `acker` entsprechend an. Beachten Sie die vom Skriptum abweichende Vorzeichenkonvention.

Orientieren Sie sich bei der Wahl der Beobachterfehlerdynamik an Ihrer Wahl der Pole des geschlossenen Kreises mit Zustandsregler. In der Regel soll der Beobachtungsfehler schneller abklingen als der Regelfehler.

3. Implementieren Sie den Zustandsbeobachter zusammen mit dem nichtlinearen System und dem PI-Zustandsregler aus Aufgabe 3.3, wobei der Zustandsregler weiterhin die gemessenen Zustände \mathbf{x}_{red} verwenden soll. Vergleichen Sie die geschätzten Zustände $\hat{\mathbf{x}}_{red}$ mit den tatsächlichen Zuständen \mathbf{x}_{red} des Systems mit den Verläufen der Führungsgröße sowie der Störung aus Aufgabe 3.4.

Hinweis: Um sog. algebraic-loops zu vermeiden, verwenden Sie für den Zustandsbeobachter den Block `LTI-System`. Bestimmen Sie dazu den vollständigen Luenberger Beobachter in Zustandsraumdarstellung, wobei Sie \mathbf{C}^T in der Ausgangsgleichung gleich einer Einheitsmatrix passender Dimension wählen.

4. Testen Sie den PI-Zustandsregler mit den geschätzten Zuständen.

Aufgabe 3.6. Bei hohen Drehzahlen kommt es aufgrund des vernachlässigten nicht-linearen Reibanteils zu einer Abweichung der Zustandsschätzung. Weiters können die Zustände bei einer auftretenden Störgröße nur mit großem Fehler geschätzt werden. Um dem entgegenzuwirken, kann zusätzlich das Lastmoment M_{ext} mitgeschätzt werden.

1. Die Störung wird hierfür als unbekannt, aber konstant modelliert. Führen Sie dazu ausgehend vom linearisierten, reduzierten Modell aus Aufgabe 2.3 einen zusätzlichen konstanten Zustand \tilde{M}_{ext} mit $\frac{d}{dt}\tilde{M}_{ext} = 0$ und der Rückwirkung auf das System (entspricht dem Einfluss des Störeinganges d) ein. Zeitdiskretisieren Sie anschließend das resultierende Modell und führen Sie den Zustandsbeobachterentwurf aus Aufgabe 3.5 mit dem Zustandsvektor

$\hat{\mathbf{x}}_{red, Last}^T = [\hat{\varphi}_{GSMP} \quad \hat{\omega}_{GSM} \quad \hat{\omega}_P \quad \hat{M}_{ext}]$ erneut durch. Wählen Sie dazu einen geeigneten Pol des Beobachtungsfehlers für \hat{M}_{ext} .

2. Implementieren Sie den Zustandsbeobachter inklusive Lastschätzer am nichtlinearen System und diskutieren Sie die erreichte Regelgüte.