

- Welchen Einfluss hat die Abtastzeit auf die Stabilität eines Abtastregelkreises?
- Adaptive Regelungen – welche Eigenschaften können sich auch stark nachteilig auswirken?
- Welche Basisüberlegung charakterisiert räumlich verteilte Regelstrecken?
- Welche Kategorien von Optimierungsproblemen gibt es in der Regelungstechnik?
- Wie ermittelt man die Auswirkung einer stochastischen Störgröße?
- Wie wird eine Regelstrecke zweiter Ordnung mit stückweise linearem Regler behandelt?
- Wieso treten in nichtlinearen Regelungen fallweise Grenzyklen auf?
- Wie schätzt man Amplitude und Frequenz von Dauerschwingungen in nichtlinearen Regelkreisen ab?
- Inwieweit ist beim Einsatz von Beobachtern Vorsicht geboten?
- Berechnen Sie allgemein ausgehend von der Zustandsraumdarstellung  $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u}$ ,  $\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x}$  die Modalmatrix  $\mathbf{T}^{mo}$  sowie die modale Form der Zustandsraumdarstellung. → [1], Kap. 1.5
- Leiten Sie anhand der Schätzfehlergleichung eines Zustandsbeobachters die Beziehungen für die Beobachtermatrizen ab, damit der Schätzfehler des Beobachters gegen 0 konvergiert. → [1], Gl. (3.3) ff
- Berechnen Sie für einen Abtastregelkreis mit einem Proportionalregler, einem Taster und einem Halteglied mit der Abtastperiode  $T$  und der Strecke  $G(s) = \frac{1}{s(1+s)}$  (alle Elemente im Vorwärtszweig) diejenige Abtastzeit  $T$ , bei der bei gegebener Reglerverstärkung  $K_p$  der Regelkreis die Stabilitätsgrenze erreicht. → [2], Bsp. 8.36
- Berechnen Sie für die Strecke
 
$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{C} = \mathbf{c}^T = (\sqrt{2} \quad 1), \quad \mathbf{b} = \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$
 einen Zustandsregler, der das quadratische Gütekriterium  $\int_0^\infty (y^2 + 2u^2) dt = \int_0^\infty (\mathbf{x}^T \mathbf{Q} \mathbf{x} + \mathbf{u}^T \mathbf{R} \mathbf{u}) dt$  minimiert. → [2], Bsp. 10.9 bzw. Ricatti-Regler [1], Gln. (9.7), (9.8)
- Berechnen Sie für zwei stochastisch stationäre Signale  $x(t)$ ,  $y(t)$  aus deren spektralen Verlauf  $X(j\omega)$  und  $Y(j\omega)$  die Autospektraldichte  $S_{xx}$ , die Autokorrelationsfunktion  $R_{xx}$ , die Kreuzleistungsdichte  $S_{xy}$ , und die Kreuzkorrelation  $R_{xy}$ . → [1], Kap. 11.2
- Wie sehen die Zustandskurven eines Regelkreises mit einem hysteresebefaheten Zweipunktregler (Schaltschwelle:  $\pm a$ , Ausgang:  $\pm k$ ) und einer integralen Strecke  $G(s) = \frac{1}{s^2}$  aus? → [2], Bsp. 13.14
- Berechnen Sie die Beschreibungsfunktion  $N(e_{r,sp})$  für die folgenden nichtlinearen Kennlinien (→ [1], Kap. 15.1)

1. Zweipunktregler, Schaltschwelle 0, Ausgang  $\pm 1$
  2. Dreipunktregler, Schaltschwelle  $\pm 1$ , Ausgang  $-1, 0, +1$
  3. Hysteresebehafeter Zweipunktregler, Schaltschwelle  $\pm 1$ , Ausgang  $\pm 1$
- Wie groß ist die Amplitude der Dauerschwingung in einem Regelkreis mit hysterese-freiem Zweipunktregler (Schaltschwelle: 0, Ausgang:  $\pm k$ ) und der Strecke  $G(s) = \frac{1}{s(1+s)^2}$ ?  $\rightarrow$  [2], Bsp. 14.7
  - schriftlich: gegebene Matrizen  $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$ , Beobachterentwurf mit den Polen  $-1$  und  $-2$ . Weg:  $\mathbf{F} = \mathbf{A} - \mathbf{N}\mathbf{M} = \mathbf{A} - \mathbf{N}\mathbf{C}$ ,  $\det(s\mathbf{I} - \mathbf{F}) = \dots = (s+1)(s+2)$ , Koeffizientenvergleich  
mündlich: Beobachter – Bild, Nachteile (Systemordnung bis zu  $2n$ , Aufwand, Störgröße (zB addiert zw.  $\mathbf{A}$  und  $\mathbf{B}$ ) nicht rausfilterbar, nur Schätzwert)
  - schriftlich: [2], Bsp. 9.13 – Mehrgrößenregelung  
geg.:  $G(s), K(s), T(s)$  diagonal (dh führungsautonom), alle Matrizen  $\in \mathbb{R}^{2 \times 2}$   
ges.: zugehöriges Vorfilter  $V(s)$ 
    - Ist die Reihenfolge der Matrizenmultiplikation egal? (natürlich nicht)
    - Wozu führungsautonom? (keine Verkopplung, zB getrennte Regelung von Feuchte und Temperatur in einem Raum)
    - Ist so etwas mit Abtastregelungen realisierbar? (ja)

#### Adaptiver Regler:

- Was ist das?  $\rightarrow$  [1], Kap. 18
- Identifikation der Strecke? (Messung von  $u(t)$  und  $y(t)$ , dh der Ausgangs- und Eingangsdaten der Strecke *oder* Daten über die Streckenparameter können direkt gewonnen werden)
- Funktioniert sie noch in einem stationären Punkt? (im Fall einer Identifikationsschaltung funktioniert der Adaptionsalgorithmus ohne Anregung, dh ohne  $u(t)$  nicht mehr)
- Probleme: Koeffizienten der DG sind zeitlich variabel. Laplace-Transformation funktioniert nicht mehr. Bei Identifikation sollte das Anregungssignal auch hinreichende spektrale Vielfalt aufweisen. Genügend schnelle Identifikation und Anpassung des Reglers.
- Zweipunktregler ohne Hysterese mit Strecke  $G(s) = \frac{1}{a+s+s^2+s^3/4}$ . Davon war die Frequenz der Eigenschwingung des Regelkreises  $\omega_r$  berechnen.  $\rightarrow$  [2], Bsp. 14.1
  - Wie kann man zu diesem Beispiel die Amplitude  $e_{r,sp}$  ausrechnen?
  - Wie können  $e_{r,sp}$  und  $\omega_r$  noch ermittelt werden? (graphisch)
  - Transitionsmatrix auch mit  $e$ -Funktion.
  - Mehrgrössensysteme mit Eigenschaften.
- Stabilitätsanalyse von  $F_o = \frac{V(z-0,5)}{(z-1)(z+0,5)}$  mittels Wurzelortskurve.  $\rightarrow$  [2], Bsp. 8.35
  - Optimierungsverfahren und Riccati-Regler
  - Profile  $\rightarrow$  [1], Kap. 6
  - Zustandsraumdarstellung
  - P- und V-kanonische Form, Mehrgrößenregelungen  $\rightarrow$  [1], Kap. 5

## Literatur

- [1] A. Weinmann, *Regelungen*, Analyse und technischer Entwurf, Band 2, 3. Auflage, Springer-Verlag Wien, 1995
- [2] A. Weinmann, *Test- und Prüfungsaufgaben Regelungstechnik*, Springer-Verlag Wien, 1997