

Heinz Mann † • Horst Schiffelgen † • Rainer Froriep • Klaus Webers

# Einführung in die Regelungstechnik

Analoge und digitale Regelung, Fuzzy-Regler,  
Regler-Realisierung, Software

12., neu bearbeitete Auflage

Mit 270 Bildern

HANSER

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>15</b>
1.1 Erste Orientierung .....	15
1.2 Steuerung .....	17
1.3 Regelung .....	24
1.4 Weitere Beispiele für Steuerungen und Regelungen .....	32
1.5 Zur Lösung regelungstechnischer Aufgabenstellungen .....	37
1. Aufgabenstellung (Spezifikationen) für Regelung bzw. Regler formulieren .....	37
2. Varianten für geeignetes Reglerverfahren ausarbeiten .....	39
3. Bestes Reglerverhalten technisch realisieren .....	40
<b>2 Analoge Übertragungsglieder</b> .....	<b>43</b>
2.1 Lineare zeitinvariante Übertragungsglieder (LZI-Glieder) .....	44
2.2 Wirkungsplan und grafische Simulationsprogramme .....	50
2.3 Mathematische Modellbildung .....	54
2.3.1 Theoretische Modellbildung (mit Linearisierung) .....	55
2.3.2 Experimentelle Modellbildung (Identifikation) .....	66
2.3.3 Normierung von mathematischen Modellen .....	72
2.4 Testsignalantworten und zugehörige Kennfunktionen .....	74
2.4.1 Sprungantwort und Einheitssprungantwort .....	75
2.4.2 Impulsantwort und Einheitsimpulsantwort .....	78
2.4.3 Anstiegsantwort und Einheitsanstiegsantwort .....	80
2.5 Frequenzgang .....	82
2.5.1 Berechnung des Frequenzganges .....	82
2.5.2 Bode-Diagramm (Frequenzkennlinien) und Ortskurve .....	85

---

<b>7</b>	<b>Digitales Berechnungsmodell der Regelstrecke</b> .....	<b>269</b>
7.1	Einführung .....	269
7.2	Digital-Analog-Umsetzung und z-Transformation .....	271
7.3	Diskretisierungsverfahren .....	276
7.4	Diskretisierungsbeispiele .....	279
7.4.1	Strecke mit Ausgleich und Verzögerung 1. Ordnung .....	279
7.4.2	Strecke mit Ausgleich und Verzögerung 2. Ordnung .....	281
7.4.3	Strecke ohne Ausgleich und Verzögerung 1. Ordnung .....	286
<b>8</b>	<b>Digitale Übertragungsglieder</b> .....	<b>288</b>
8.1	Digitale LZI-Glieder .....	288
8.2	Testsignalantworten und zugehörige Kennfunktionen .....	290
8.3	z-Übertragungsfunktion .....	295
8.4	Wirkungsplan und grafische Programmierung .....	302
8.5	Stabilität .....	304
<b>9</b>	<b>Digitaler Regelkreis</b> .....	<b>309</b>
9.1	Zur Wahl der Abtastperiode bei digital realisierten Reglern .....	310
9.2	Einstellverfahren, Einstellregeln .....	312
<b>10</b>	<b>Fuzzy-Regler (Fuzzy-Controller)</b> .....	<b>315</b>
10.1	Einordnung .....	315
10.2	Regelbasis, linguistische Größe und Fuzzy-Menge .....	317
10.3	Fuzzy-logische Operationen .....	323
10.4	Informationsverarbeitung im Fuzzy-Regler .....	324
10.4.1	Fuzzifizierung der Regeldifferenz .....	326
10.4.2	Bestimmung des Erfüllungsgrades jeder Regel .....	327
10.4.3	Ermittlung der Stellgrößen-Fuzzy-Menge jeder Regel .....	328
10.4.4	Bestimmung der resultierenden Stellgrößen-Fuzzy-Menge .....	329
10.4.5	Defuzzifizierung der Stellgröße .....	330
10.5	Kennlinien von Fuzzy-Reglern .....	332
10.6	Fuzzy-PID-Regler .....	336
<b>11</b>	<b>Rapid Control Prototyping</b> .....	<b>340</b>
11.1	Einordnung .....	340
11.2	Low-Cost-RCP-System .....	342
11.2.1	Echtzeitbetrieb und Abtastzeit .....	344

---

11.2.2 Reglermodell und Diskretisierung .....	345
11.2.3 Datenaustausch Zielrechner/Entwicklungsrechner .....	348
<b>Anhang .....</b>	<b>350</b>
A.1 Einstieg in Matlab/Simulink .....	350
A.2 Anwendungen der komplexen Rechnung .....	357
A.3 Anwendungen der Laplace-Transformation .....	362
A.4 Anwendungen der z-Transformation .....	371
A.5 Skizzieren von Frequenzkennlinien (Bode-Diagramm) .....	380
<b>Ergänzende und weiterführende Literatur .....</b>	<b>388</b>
<b>Literatur zu Matlab/Simulink .....</b>	<b>391</b>
<b>Normen und Richtlinien .....</b>	<b>392</b>
<b>Formelzeichen .....</b>	<b>394</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>399</b>
<b>Index .....</b>	<b>407</b>