

Systeme mit verteilten Parametern

Einführung in die Regelungstheorie

von Prof. Dr.-Ing. **Ernst-Dieter Gilles**,
Institut für Systemdynamik und Regelungs-
technik, Universität Stuttgart

Mit 48 Bildern



R. Oldenbourg Verlag München Wien 1973

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
1. <i>Wichtige Typen von Systemen mit verteilten Parametern</i>	11
1.1. Differentialgleichungen erster Ordnung	11
1.2. Differentialgleichungen zweiter Ordnung.	12
1.2.1. Ausgleichsprozesse	12
1.2.2. Wellenausbreitung	14
1.3. Differentialgleichungen vierter Ordnung	18
2. <i>Vektoren und Funktionen</i>	21
2.1. Der unendlich dimensionale Raum	21
2.2. Konvergenz von Vektoren	22
2.3. Vollständigkeit eines orthogonalen Vektorsystems.	24
2.4. Orthogonalisierung von Vektoren.	25
2.5. Lineare Transformationen	26
2.6. Funktionenraum	27
2.7. Vollständigkeit eines orthogonalen Funktionensystems	29
2.8. Orthogonalisierung von Funktionen.	30
2.9. Zusammenhang zwischen Funktionenraum und Raum H	31
3. <i>Funktionaloperatoren</i>	34
3.1. Integraloperatoren	34
3.1.1. Algebraisierung	35
3.1.2. Adjungierter Integraloperator	35
3.2. Differentialoperatoren.	36
3.2.1. Algebraisierung	36
3.2.2. Adjungierter Differentialoperator	40
3.3. Existenz und Eindeutigkeit.	44
4. <i>Inversion von Differentialoperatoren</i>	50
4.1. Greensche Funktion	50
4.2. Berechnung der Greenschen Funktion	54
4.3. Spektralform der Greenschen Funktion	56

4.4.	<i>Greensche Matrix</i>	58
4.5.	<i>Existenz der Greenschen Funktion</i>	62
5.	<i>Regelstrecken zweiter Ordnung</i>	64
5.1.	<i>Differentialoperator</i>	64
5.2.	<i>Greensche Funktion</i>	68
5.3.	<i>Eigenfunktionen der Regelstrecke</i>	73
5.4.	<i>Spektralform der Greenschen Funktion</i>	78
5.5.	<i>Algebraisierung der Streckengleichung</i>	80
5.6.	<i>Regelstrecken mit Strömungseinfluß</i>	85
6.	<i>Regelstrecken vierter Ordnung</i>	88
7.	<i>Weitere Beschreibungsformen der Regelstrecke</i>	94
7.1.	<i>Kanonische Variablen</i>	94
7.2.	<i>Zustandsvariablen</i>	102
8.	<i>Stabilität nach Ljapunow</i>	107
8.1.	<i>Ljapunowfunktion</i>	107
8.2.	<i>Ljapunowfunktional</i>	109
8.2.1.	<i>Totzeitstrecke mit P-Regler</i>	111
8.2.2.	<i>Diffusionssystem</i>	112
8.2.3.	<i>Wärmeleiter mit P-Regler</i>	114
9.	<i>Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit</i>	118
9.1.	<i>Definition der Struktureigenschaften</i>	119
9.2.	<i>Mathematische Bedingungen der Struktureigenschaften</i>	121
9.3.	<i>Linearer Wärmeleiter</i>	124
10.	<i>Regelsystem und Regelkreis</i>	127
11.	<i>Regelung eines diskreten Wertes der Systemgröße</i>	132
11.1.	<i>Gleichung des Regelkreises</i>	132
11.2.	<i>Stabilitätsanalyse</i>	134
11.2.1.	<i>Berechnung der Wurzeln</i>	135
11.2.2.	<i>Koeffizientenkriterium</i>	139
11.2.3.	<i>Nyquist-Kriterium</i>	139
11.2.4.	<i>D-Zerlegung</i>	143
11.3.	<i>Struktur des Reglers</i>	145

12.	<i>Modale Regelung ortsabhängiger Regelgrößen</i>	156
12.1.	Eingriff über die Quellen	156
12.2	Eingriff über die Randbedingungen	161
13.	<i>Punktweise Regelung ortsabhängiger Regelgrößen</i>	169
13.1.	Regelstrecke zweiter Ordnung	169
13.1.1.	Eingriff über die Quellen	169
13.1.2.	Eingriff über die Randbedingungen	176
13.2.	Regelstrecke vierter Ordnung	178
	<i>Schrifttum</i>	182
	<i>Register</i>	185