

ANALYSE TECHNISCHER SYSTEME

VON

A. G. J. MACFARLANE

B. Sc. Ph. D. A.M.I.E.E.

Queen Mary College, University of London



BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT • MANNHEIM

HOCHSCHULTASCHENBÜCHER-VERLAG

INHALTSVERZEICHNIS

<i>Vorwort</i>	5
KAPITEL 1 Grundlegende Begriffe	11
1.1 Systemdefinitionen	11
1.2 Definition der Begriffe Zustand, Arbeit, Leistung und Energie	12
1.3 Speicher, Koppler, Wandler und Verbraucher	17
1.4 Die Größen dynamischer Systeme	18
1.5 Zwei Grundgesetze der Systemanalyse	60
1.6 Die Begriffe Information, Signal und Rückkopplung	61
<i>Aufgaben 1</i>	
KAPITEL 2 Modelldarstellungen	69
2.1 Direkte Darstellung einfacher Systeme durch Netzwerke	70
2.2 Netzwerksymbole für ideale Quellen und ideale Übertrager	73
2.3 Indirekte Darstellung einfacher physikalischer Systeme durch Netzwerke	74
2.4 Blockschaltbilder	75
2.5 Kombinierte Schaltbilder	81
2.6 Beispiele für die Modelldarstellung mit Hilfe kombinierter Schaltbilder	90
<i>Aufgaben 2</i>	
KAPITEL 3 Beziehungen zwischen den Größen der Modell- systeme	106
3.1 Netzwerkanalyse	106
3.2 Leistungsbilanz in Netzwerken	107
3.3 Grundlegende Beziehungen zwischen den Netzwerkvariablen	110
3.4 Beispiele für Netzwerke	122
3.5 Die Laplacetransformation und ihre Anwendung bei der Lösung linearer Differentialgleichungen	127
3.6 Spezielle in der Systemanalyse verwendete Signalfunktionen	133
3.7 Beziehungen zwischen den Signalvariablen linearer auto- nomer Systeme	136

3.8 Beziehungen zwischen den Übertragungsfunktionen linearer autonomer Regelsysteme. . . . .	.144
3.9 Impuls- und Sprungantwort des einfachen linearen Stellungsreglers. . . . .	.146

Aufgaben 3

KAPITEL 4 Lineare Vektorräume und ihre Verwendung in der Systemanalyse	156
--	-----

4.1 Lineare Vektorräume. . . . .	.156
4.2 n -dimensionale euklidische Vektorräume. . . . .	.160
4.3 Matrixdarstellung linearer Operatoren in einem n -dimensionalen linearen Vektorraum. . . . .	.163
4.4 Basiswechsel in einem n -dimensionalen euklidischen Vektorraum. . . . .	.164
4.5 Darstellung des Basiswechsels in einem n -dimensionalen euklidischen Vektorraum durch Matrizen. . . . .	.166
4.6 Eigenwerte und Eigenvektoren eines Matrix-Operators. . . . .	.167
4.7 Skalare Funktionen der Vektorkomponenten. . . . .	.168
4.8 Anwendung linearer Vektorräume in der Systemanalyse . . . . .	.169

Aufgaben 4

KAPITEL 5 Aufstellung der Systemgleichungen für dynamische Modellnetzwerke	173
--	-----

5.1 Kanonische Form der Netzwerkgleichungen. . . . .	.173
5.2 Unabhängige Systeme von Speichern. . . . .	.174
5.3 Quantitätsspeicher, überzählige Speicher und Nicht-Quantitätselemente. . . . .	.177
5.4 Die Methode der Baum-Auswahl zur Aufstellung der kanonischen Gleichungssysteme. . . . .	.177
5.5 Aufstellung kanonischer Differentialgleichungssysteme für ein allgemeines nichtlineares Netzwerk. . . . .	.179
5.6 Verallgemeinerte Zustandsgrößen und Gleichungssysteme im verallgemeinerten Zustandsraum. . . . .	.186
5.7 Lagrangesche Form der Gleichungen im verallgemeinerten Zustandsraum für nichtlineare Netzwerke. . . . .	.188

5.8 Gleichungen in den Quantitätsgrößen und in den Intensitätsgrößen für einfache lineare Netzwerke.190
--	------

Aufgaben 5

KAPITEL 6 Analytische Aspekte der Lösung der Systemgleichung	195
--	-----

6.1 Notwendige Bedingungen für eine eindeutige Lösung . . .	195
6.2 Singuläre Punkte und die Ljapunowsche Matrix der ersten Näherung. . . . .	.197
6.3 Stabilität . . . . .	.198
6.4 Allgemeine Eigenschaften der Lösungen von Systemen zweiter Ordnung.	200
6.5 Explizite Lösung von autonomen linearen Gleichungssystemen.	209
6.6 Maßstabsänderungen in den Systemgleichungen.	214
6.7 Grenzen für die Lage der Eigenwerte einer Matrix.	216

Aufgaben 6

KAPITEL 7 Lösung der Systemgleichungen mit Hilfe einer Rechenanlage	220
---	-----

7.1 Anwendung von Rechenanlagen in der Systemanalyse . . .	220
7.2 Typen von Rechenanlagen.	221
7.3 Grundzüge der Lösung von Systemfragen mit Hilfe eines Digitalrechners.	222
7.4 Lösung der Gleichungen im verallgemeinerten Zustandsraum mit Hilfe von Analogrechnern.	223
7.5 Physikalische Realisierung idealer Operatoren.	224
7.6 Beispiel: Lösung der Systemgleichungen eines drehzahlregelnden Ward-Leonard-Systems mittels eines Analogrechners . .	233
7.7 Maßstabsänderungen in den Gleichungen bei Analogrechnern	235

Aufgaben 7

KAPITEL 8 Bestimmung der Stabilität und der Systemantwort bei linearen Systemen	237
---	-----

8.1 Algebraische Stabilitätskriterien.	237
8.2 Beziehung zwischen der Übertragungsfunktion des Systems und dem stationären Anteil der Systemantwort auf eine sinusförmige Eingangsgröße.	239

8.3	Stabilitätskriterium von Nyquist	241
8.4	Bestimmung der Systemantwort mit Hilfe der Pol-Nullstellen- verteilung der Übertragungsfunktion.	249
8.5	Die Wurzelort-Methode bei linearen Regelkreisen.	253

Aufgaben 8

KAPITEL 9	Die Ljapunowschen Methoden zur Unter- suchung der Stabilität nichtlinearer Systeme	264
9.1	Einführung	264
9.2	Grundlegende Definitionen.	266
9.3	Stabilitätssätze.	268
9.4	Beispiel für die Ljapunowschen Stabilitätsmethoden	275
9.5	Anwendung der direkten Methode zum Nachweis der Exi- stenz von Grenzzyklen bei Systemen zweiter Ordnung und zur näherungsweise Angabe ihrer Lage.	276

Aufgaben 9

KAPITEL 10	Das Maximumprinzip von Pontrjagin bei der optimalen Regelung	281
10.1	Einführung	281
10.2	Das Problem der optimalen Regelung bei freiem Endpunkt der Trajektorie im verallgemeinerten Zustandsraum	282
10.3	Wellenfronten, die sich im verallgemeinerten Zustandsraum ausbreiten.	284
10.4	Differentialgleichungssystem für die Komponenten des Ko- zustandsvektors p	290
10.5	Formulierung der Gleichungen mit Hilfe der skalaren Funk- tion H	292
10.6	Gleichungssystem und Randbedingungen für eine optimale Trajektorie.	293
10.7	Ein als Integral geschriebenes Funktional der Systembewe- gung soll zum Minimum gemacht werden.	294

Aufgaben 10

<i>Bibliographie</i>	298
----------------------	-----

<i>Lösungen der Aufgaben</i>	301
------------------------------	-----

<i>Sach- und Namensverzeichnis</i>	307
------------------------------------	-----