

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
Einführung	11
1 Die Strukturoptimierung dynamischer Systeme als Variationsproblem	21
1.1 Parameteroptimierung und Strukturoptimierung	21
1.2 Gütemaße	29
1.3 Formulierung des Optimierungsproblems	38
1.4 Grundsätzlicher Aufbau einer optimalen Regelung	43
2 Allgemeine Lösung des Optimierungsproblems	49
2.1 Vorbereitung: Lösung des Grundproblems der Variationsrechnung	49
2.2 Mathematische Vorbemerkung: Differentiation von Vektorfunktionen	57
2.3 Herleitung der Hamilton-Gleichungen und der Transversalitätsbedingung des Optimierungsproblems	60
2.3.1 Erweiterung der Problemstellung	60
2.3.2 Anwendung Lagrangescher Multiplikatoren	63
2.3.3 Verwendung von Vergleichskurven	65
2.3.4 Herleitung der Transversalitätsbedingung	70
2.3.5 Zusammenstellung der Ergebnisse	72
2.4 Grundsätzlicher Lösungsweg für das Randwertproblem der Hamilton-Gleichungen	76
2.5 Beispiel zur Illustration des grundsätzlichen Lösungsweges	79
2.6 Grenzen der klassischen Lösungsmethode	84

3	Optimierung linearer Systeme mit quadratischem Gütemaß . . .	89
3.1	Mathematische Vorbemerkung: Nochmals Differentiation von Vektorfunktionen	89
3.2	Formulierung der Aufgabe	92
3.3	Bestimmung des optimalen Regelungsgesetzes aus der Riccati-Gleichung	96
3.4	Lösung der Riccati-Gleichung	102
3.4.1	Struktur der Lösung	102
3.4.2	Numerische Lösung am Beispiel 2. Ordnung	106
3.4.3	Allgemeine Lösung der Riccati-Gleichung	113
3.4.4	Lösung der Riccati-Gleichung bei zeitinvariantem Problem und unendlichem Steuerintervall: Verfahren nach KALMAN und ENGLAR	116
3.5	Bestimmung des optimalen Regelungsgesetzes bei zeitinvariantem Problem und unendlichem Steuerintervall mittels der Hamilton-Gleichungen	119
4	Das Maximumprinzip von Pontrjagin	131
4.1	Plausibilität des Maximumprinzips	131
4.2	Formulierung des Maximumprinzips	137
4.3	Anmerkungen zum Maximumprinzip	142
5	Entwurf zeitoptimaler Systeme	149
5.1	Die zeitoptimale Steuerfunktion	149
5.2	Der Satz von Feldbaum (Satz von den n Schaltintervallen)	159
5.3	Berechnung der Schaltzeitpunkte	164
5.4	Ermittlung des zeitoptimalen Regelungsgesetzes für Systeme 2. Ordnung mit reellen Eigenwerten	167
5.5	Suboptimale Regelungen	176
5.6	Entwurf zeitoptimaler Regelungen mit nichtreellen Eigenwerten	186
6	Weitere Anwendungen des Maximumprinzips	195
6.1	Treibstoffoptimales Problem	195
6.1.1	Problemstellung	195
6.1.2	Anwendung des Maximumprinzips	198
6.1.3	Singulärer Fall	201
6.1.4	Optimale Steuerfunktion	204
6.1.5	Optimales Regelungsgesetz	207

6.2	Steuerungsproblem mit nichtlinearer Strecke: Optimierung einer Werbestrategie	214
6.2.1	Problemstellung	214
6.2.2	Anwendung des Maximumprinzips	217
6.2.3	Anzahl der Umschaltungen	220
6.2.4	Optimale Steuerfunktion	224
6.2.5	Singulärer Fall	228
6.2.6	Zahlenbeispiel	232
7	Die dynamische Programmierung von Bellman	237
7.1	Einführendes Beispiel: Auffinden eines optimalen Pfades in einem Wegenetz	237
7.2	Das Bellmansche Optimalitätsprinzip	245
7.3	Die Bellmansche Rekursionsformel	254
7.4	Grundsätzliche Auswertung der Bellmanschen Rekursionsformel und Abschätzung des Rechenaufwands	259
7.5	Anwendung der dynamischen Programmierung zur Optimierung von Abtastsystemen	265
7.6	Die Bellmansche Funktionalgleichung und der Zusammenhang mit dem Maximumprinzip	271
	Übungsaufgaben mit Lösungen	281
	Literaturverzeichnis	381
	Stichwortverzeichnis	389