
Computersimulation von Regelungen

Modellbildung und Softwareentwicklung

von
Ernst-Günther Feindt

Oldenbourg Verlag München Wien

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
1. Erläuterung zur Programmierung	9
2. Simulation des kontinuierlichen Übertragungsgliedes	11
2.1 Lösen der Differentialgleichung 1. Ordnung nach dem Verfahren von Runge und Kutta	11
2.2 Lösen von Differentialgleichungssystemen und Differentialgleichungen höherer Ordnung nach dem Verfahren von Runge und Kutta	14
2.3 Simulation eines Übertragungsgliedes 2. Ordnung	15
2.4 Simulation einer Totzeit	18
3. Simulation der kontinuierlichen Regelungen	21
3.1 Begriffe der Regelungstechnik	21
3.2 Berechnungsgang bei der Simulation kontinuierlicher Regelungen	22
3.3 Simulation des Reglers mit Integralanteil	23
3.4 Gütemaß und selbstoptimierende Regelung	23
3.5 Simulation einer kontinuierlichen Regelung, Kontrolle der Simulationengenauigkeit, Parameterbestimmung mit Simulation einer selbstoptimierenden Regelung	24
3.6 Simulation des Stör- und Führungsverhaltens einer nichtlinearen kontinuierlichen Regelung	29
3.7 Simulation zeitvarianter Regelungen	33
3.8 Simulation der Regelungen mit Vorhaltgliedern	33
3.9 Simulation von Regelungen, deren Stellgrößen auf vorgegebene Werte begrenzt sind	35
4. Simulation von Zweipunkt- und Dreipunktregelungen	37
4.1 Simulation der Zweipunktregelung einer Regelstrecke mit Totzeit	37
4.2 Simulation einer Dreipunktregelung mit Ruhestellung	40
5. Simulation von Fuzzy-Regelungen	45
5.1 Simulation der Fuzzy-Regelung einer Maschinenschlitten-Positionierung	45
5.2 Die Methode des "Center of Gravity"	50
5.3 Simulation der Fuzzy-Regelung einer Verladebrücken-Positionierung	52
6. Simulation von Zustandsregelungen	63
6.1 Simulation von Zustandsregelungen durch direktes Lösen der Zustandsgleichungen	63

6.2	Simulation einer Zustandsregelung mit Vorgabe der freien Schwingungen des Regelkreises	67
6.3	Ermittlung der Regel-Parameter mit Hilfe einer selbstoptimierenden Regelung	67
6.3.1	Simulation einer selbstoptimierenden Zustandsregelung zur Bestimmung der Regelparameter für vorgegebene Flächen A_1 und A_2 von Bild 6.3	69
6.3.2	Simulation einer selbstoptimierenden Zustandsregelung zur Bestimmung der Regelparameter für vorgegebene Anregelzeit und Überschwingeweite	72
6.4	Simulation des Einschwingens des Luenberger-Beobachters auf die Regelstrecke	73
7.	Simulation von Abtastregelungen	83
7.1	Allgemeines über Abtastregelungen	83
7.2	Simulation des Führungsverhaltens einer Abtastregelung, Kontrolle der Genauigkeit der Ergebnisse	84
7.3	Ermitteln optimaler Parameterwerte durch Simulation einer selbstoptimierenden Abtastregelung	88
7.4	Simulation einer nichtlinearen zeitvarianten Abtast-Zustandsregelung großer Tasterperiode	89
8.	Sprungeingang bei Übertragungsgliedern mit Vorhalt	97
8.1	Simulation der Sprungantwort eines Übertragungsgliedes mit Vorhalt nach der Integrier-Methode	97
8.2	Regelkreis-Simulation nach der Integrier-Methode	100
8.3	Regelkreis-Simulation mit Approximation der Sprungfunktion	101
8.4	Die Integrier-Methode bei zeitvarianten Systemen	103
8.5	Vorhaltglieder mit springender Sprungantwort	104
9.	Anhang	107
9.1	Existenz und Eindeutigkeit der Lösung eines Systems von Differentialgleichungen 1. Ordnung	107
9.2	Das implizite Runge-Kutta-Verfahren, numerische Stabilität	108
Tabellen	112
Literatur	113
Sachregister	116