

Dipl.-Ing. Andreas Michalske, Herdecke

Weiterentwicklung der Methode der konvexen Zerlegung zur Robust- heitsanalyse linearer Regelungssysteme

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik

Nr. **605**

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Problemstellung und Zielsetzung	5
2.1	Präzisierung des Robustheitsproblems	5
2.1.1	Kontinuierliche Systeme	5
2.1.2	Abtastsysteme	6
2.1.3	Schöne Stabilität	6
2.1.4	Zeitvariante Systeme	8
2.2	Zielsetzung der Arbeit	8
2.3	Klassifikation bekannter Methoden	10
3	Methode der konvexen Zerlegung	17
3.1	Die Grundidee der Methode nach Kiendl	17
3.2	Nichtlineare Parameterabhängigkeit	23
3.2.1	Matrizen mit gesicherter Konvexitätseigenschaft	23
3.2.2	Matrizen ohne gesicherte Konvexitätseigenschaft	25
3.3	Konstruktion robuster Ljapunov-Funktionen	28
3.3.1	Definition und Berechnung der Zielfunktion	28
3.3.2	Optimierungsparameter und -verfahren	30
3.4	Weitere Strategieelemente	32
3.4.1	Adaptive Quaderzerlegung	32
3.4.2	Parameterabhängige Ljapunov-Funktionen	33
3.5	Darstellung der Analyseergebnisse	35
3.6	Anwendungsbeispiele	36
3.6.1	Benchmark-Problem	36

3.6.2	Verladebrücke	38
3.7	Diskussion der Ergebnisse	40
4	Kern des weiterentwickelten Verfahrens	41
4.1	Überführung in ein Nichtsingularitätsproblem	41
4.2	Lösung von Nichtsingularitätsproblemen	44
4.2.1	Einparametrische Matrizescharen	44
4.2.2	Lösung mehrparametrischer Nichtsingularitätsprobleme	45
4.3	Nutzung der Freiheitsgrade zur Optimierung	47
5	Nachweis robuster Nichtsingularität	51
5.1	Konvexitätseigenschaft der positiven Definitheit	51
5.2	Weitere Nichtsingularitätskriterien	56
5.2.1	Multilinearer Anteil von $B^*(p)B(p)$	56
5.2.2	Hermitescher Anteil von $B^*(p)B(-p)$	59
5.3	Verwandte und andere Lösungsansätze	60
5.3.1	Der Ansatz von Rern, Kabamba und Bernstein	60
5.3.2	Sonstige Lösungsansätze	62
6	Verwandte Nichtsingularitätsprobleme	66
6.1	Kontinuierliche Zustandsraummodelle	67
6.2	Zeitdiskrete Zustandsraummodelle	69
6.3	Robuste Stabilität von Polynomen	74
6.3.1	Hurwitz-Polynome mit reellen Koeffizienten	75
6.3.2	Hurwitz-Polynome mit komplexen Koeffizienten	77
6.3.3	Robuste Schur-Polynome	78
7	Erweiterungen	80
7.1	Minimierung des schieferhermiteschen Anteils	80
7.1.1	Auswertung der Zielfunktion	81
7.1.2	Einsatz von Unterraumtransformationen	83
7.2	Neue Umschließungstechniken	85

7.2.1	Bestimmung des Intervalls positiver Definitheit von Polynommatrizen	86
7.2.2	Polynommatrizen in mehreren Veränderlichen	89
7.3	Synthese robuster Regelungssysteme	92
7.3.1	Entwurfsstrategien	92
7.3.2	Robustheitsentwurf durch Parameteroptimierung	95
8	Anwendungsbeispiele	99
8.1	Leistungsmerkmale und Programmparameter	99
8.2	Robustheitsanalyse kontinuierlicher Systeme	101
8.2.1	Benchmark-Problem 1	101
8.2.2	Benchmark-Problem 2	103
8.2.3	Verladebrücke	108
8.3	Robustheitsanalyse von Abtastsystemen	110
8.4	Robustheitssynthese	112
8.5	Diskussion der Ergebnisse	116
9	Zusammenfassung und Ausblick	118
A	Steuerung der Robustheitsanalyse	121
B	Faktorisierung der assoziierten Matrix	124
	Literaturverzeichnis	127