

Dipl.-Ing. Gabriele Schmitt, Buckenhof

**Der Einsatz von
Multisektorenkriterien
zur Stabilitätsanalyse
nichtlinearer
Mehrgrößenregelkreise**

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

Nr. **661**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Übersicht	1
2 Grundlagen der Hyperstabilitätstheorie	5
2.1 Voraussetzungen	5
2.1.1 Anforderungen an lineares und nichtlineares Teilsystem	6
2.1.2 Erstellen der Standardstruktur	7
2.2 Hyperstabile Systeme	11
2.2.1 Definition der Hyperstabilität	12
2.2.2 Eigenschaften hyperstabiler Systeme	13
2.2.3 Die Stabilität der Ruhelage eines nichtlinearen Standardregelkreises	17
2.3 Positivität und Hyperstabilität	19
2.3.1 Definition der Positivität	19
2.3.2 Beziehung zur Hyperstabilität	23
2.3.3 Kriterien der Positivität	25
2.3.4 Kriterien für die Stabilität eines nichtlinearen Standardregelkreises	30
3 Behandlung von Linearteilproblem und Nichtlinearitätenproblem	34
3.1 Strukturelle Maßnahmen zum Erzielen von Positivität	34
3.1.1 Stabilisierung mittels linearer Ausgangsrückführungen	35
3.1.2 Erfüllen der Kriterien für strenge Positivität	36
3.2 Kompensation im Gesamtregelkreis	43
3.2.1 Äquivalenzumformung des nichtlinearen Standardregelkreises	44
3.2.2 Kriterien für die Stabilität des umgeformten Standardregelkreises	47
3.3 Erfüllen der modifizierten Popov'schen Integralungleichung	48
3.3.1 Hinreichende Abschätzung mittels Sektorbedingungen	49
3.3.2 Sektortransformationen	58
3.3.3 Synthese verkoppelter Nichtlinearitäten	65

4 Zusammenhang mit anderen Stabilitätskriterien	75
4.1 Direkte Methode nach Lyapunov	75
4.1.1 Formulierung der Stabilitätskriterien nach Lyapunov	76
4.1.2 Stabilitätsanalyse eines autonomen nichtlinearen Systems	77
4.2 Matrix-Kreiskriterium	81
4.2.1 Formulierung für den Mehrgrößenfall	81
4.2.2 Graphische Interpretation im Eingrößenfall	84
4.3 Matrix-Popovkriterium	86
4.3.1 Formulierung für den Mehrgrößenfall	86
4.3.2 Graphische Interpretation im Eingrößenfall	89
4.4 Multiplikatorenkriterium	91
4.4.1 Formulierung für den Mehrgrößenfall	91
4.4.2 Beweis mit Hilfe der Hyperstabilitätstheorie	95
4.4.3 Graphische Interpretation im Eingrößenfall	100
4.4.4 Einsatzgebiete	101
5 Parametrische Lösung des Linearteilproblems	105
5.1 Vorgehen im Zeitbereich	105
5.1.1 Lösen der modifizierten Kalman-Jakubovich-Gleichungen	106
5.1.2 Diagonalisierung der Durchgriffsmatrix	109
5.1.3 Optimierung der Durchgriffsmatrix	111
5.2 Vorgehen im Frequenzbereich	115
5.2.1 Die Positivitätskurven und ihre Eigenschaften	116
5.2.2 Einfluß der Parametermatrizen auf die Positivitätskurven	122
5.2.3 Systematische Auswertung des Linearteilproblems	129
5.3 Erprobung von Auswertungsverfahren anhand von Zahlenbeispielen	137
5.3.1 Vergleich der Zeit- und Frequenzbereichsverfahren	142
5.3.2 Optimierungsaufwand und Güte der Frequenzbereichsverfahren	143
5.3.3 Vergleich mit Verfahren anderer Autoren	145

6 Die absolute Stabilität zeitdiskreter nichtlinearer Regelkreise	148
6.1 Grundlegende Definitionen und Sätze im Zeitdiskreten.....	149
6.1.1 Definition von Hyperstabilität und Positivität	149
6.1.2 Kriterien der Positivität.....	152
6.1.3 Kriterien für die Stabilität eines nichtlinearen Standardregelkreises.....	154
6.2 Linearteilproblem und Nichtlinearitätenproblem im Zeitdiskreten	155
6.2.1 Äquivalenzumformungen des nichtlinearen Standardregelkreises	156
6.2.2 Hinreichende Abschätzung der Popov'schen Summenungleichung	161
6.3 Multisektorkriterien für zeitdiskrete nichtlineare Standardregelkreise.....	166
6.3.1 Das zeitdiskrete Matrix-Kreiskriterium	166
6.3.2 Das zeitdiskrete Matrix-Tsykinkriterium	167
6.4 Lösung des zeitdiskreten Linearteilproblems im Frequenzbereich	169
6.4.1 Die zeitdiskreten Positivitätskurven und ihre Eigenschaften.....	169
6.4.2 Systematische Auswertungsverfahren.....	177
6.4.3 Auswertungsergebnisse.....	180
7 Zusammenfassung und Ausblick	187
Anhang	192
A1 Auswertungsergebnisse im zeitkontinuierlichen Fall - Zeitbereich	192
A2 Auswertungsergebnisse im zeitkontinuierlichen Fall - Frequenzbereich	205
A3 Auswertungsergebnisse im zeitdiskreten Fall - Frequenzbereich.....	209
Literatur.....	215