
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Beispiele für zeitvariante Systeme und Eingrenzung der behandelten Systemklassen	5
3	Beschreibung linearer zeitvarianter Systeme durch Übertragungsmatrizen	8
3.1	Definition und Berechnung der parametrischen Übertragungsmatrix	8
3.2	Berechnung des Ausgangsvektors eines LZV-Systems mit Hilfe seiner parametrischen Übertragungsmatrix	17
3.3	Eigenschaften der parametrischen und der eingefrorenen Übertragungsmatrix	20
4	Stabilität, Steuerbarkeit und Rekonstruierbarkeit linearer zeitvarianter Systeme	23
4.1	Stabilität linearer zeitvarianter Systeme	23
4.1.1	Angabe einer allgemeinen Stabilitätsbedingung für lineare zeitvariante Systeme	24
4.1.2	Stabilität eines linearen zeitvarianten Systems und Eigenwertlage seiner Dynamikmatrix	25
4.2	Steuerbarkeit und Rekonstruierbarkeit linearer zeitvarianter Systeme	26
5	Reglerentwurf durch Kollokation	30
5.1	Kollokationsentwurf für lineare zeitinvariante Systeme	30
5.1.1	Herleitung der allgemeinen Kollokationsgleichung für zeitkontinuierliche, lineare zeitinvariante Systeme	30
5.1.2	Wahl der Wunschübertragungsmatrix und der Kollokationsstellen	34
5.1.3	Synthesegleichungen für Standardregler	37
5.1.3.1	Synthesegleichungen für einen PI-Regler	38
5.1.3.2	Synthesegleichungen für einen realen PD-Regler	39

5.2	Kollokationsentwurf für lineare zeitvariante Systeme	40
5.2.1	Einführendes Beispiel: Reglerentwurf durch Kollokation für ein abschnittsweise konstantes LZV-System	40
5.2.2	Reglerentwurf durch Kollokation mittels der eingefrorenen Übertragungsmatrix	44
5.2.3	Realisierungsmöglichkeiten zeitvarianter dynamischer Regler	46
5.2.4	Führungsgenauigkeit durch Kollokation entworfener zeitvarianter Regelkreise	47
6	Asymptotisch-zeitinvariante Systeme	51
6.1	Einführung	51
6.2	Reglerentwurf für asymptotisch-zeitinvariante Systeme	52
6.3	Asymptotische Führungsgenauigkeit linearer asymptotisch-zeitinvarianter Regelkreise	53
6.4	Stabilität linearer asymptotisch-zeitinvarianter Systeme	54
7	Periodisch-zeitvariante Systeme	56
7.1	Einführung	56
7.2	Eigenschaften linearer periodisch-zeitvarianter Systeme	58
7.2.1	Transformation eines periodisch-zeitvarianten in ein konstantes System	58
7.2.2	Berechnung von Transformations- und konstanter Dynamikmatrix	65
7.2.2.1	Analytische Bestimmung von $\underline{P}(t)$ und \underline{M} aus der Transitionsmatrix	65
7.2.2.2	Bestimmung von $\underline{P}(t)$ und \underline{M} aus der numerisch berechneten Transitionsmatrix	66
7.2.2.3	Numerische Berechnung von \underline{M} nach <i>Burgat</i> und <i>Mira</i>	67
7.2.2.4	Numerische Berechnung von $\underline{P}(t)$ nach <i>Richard</i> und <i>Conze</i>	68
7.2.2.5	Ein neues Verfahren zur simultanen Berechnung von $\underline{P}(t)$ und \underline{M}	70
7.3	Reglerentwurf für lineare periodisch-zeitvariante Systeme	77
7.3.1	Reglerentwurf bei Transformierbarkeit in ein vollständig zeitinvariantes System	79
7.3.1.1	Reglerstruktur	83
7.3.1.2	Besonderheiten bei der Festlegung der Wunschübertragungsfunktion	86
7.3.1.3	Kollokationsgleichungen	88
7.3.1.4	Transformationsbedingung und Bestimmung von $\underline{T}_B(t)$ und $\underline{T}_C(t)$	89
7.3.2	Reglerentwurf bei bleibender periodischer Zeitvarianz	91
7.4	Stabilität linearer periodisch-zeitvarianter Systeme	93
7.4.1	Stabilität bei Transformierbarkeit in ein vollständig zeitinvariantes System	93
7.4.2	Stabilität bei bleibender periodischer Zeitvarianz	95
7.5	Zusammenfassung der Entwurfsschritte und Bewertung der vorgestellten Verfahren zur Regelkreissynthese für LPZV-Systeme	98

8	Beispiele	101
8.1	Reglerentwurf für ein asymptotisch-zeitinvariantes Zweigrößensystem	101
8.1.1	Systembeschreibung	101
8.1.2	Reglerentwurf	103
8.2	Anwendungsbeispiel: Reglerentwurf für das Labormodell einer Verladebrücke mit veränderlicher Seillänge	109
8.2.1	Problemstellung und Modellbildung	109
8.2.2	Reglerentwurf	112
8.3	Reglerentwurf für ein periodisch-zeitvariantes Eingrößensystem	120
8.3.1	Reglerentwurf mit Hilfe der eingefrorenen Übertragungsfunktion $\tilde{\Gamma}_0(s, t)$	120
8.3.2	Reglerentwurf durch Transformation in ein vollständig zeitinvariantes System	124
8.3.3	Bewertung der erzielten Ergebnisse	128
8.4	Anwendungsbeispiel: Lageregelung eines Satelliten	130
8.4.1	Aufgabenstellung und Modellbildung	130
8.4.2	Entwurf eines Reglers durch Kollokation	136
9	Zusammenfassung	142
	Anhang	145
A	Beweis der Sätze S1 und S2	145
B	Beispiel zu Satz S3	149
C	Bestimmung der Differenzordnung von LZV-Systemen	152
D	Bedingungen für die Erreichbarkeit konstanter Zustandsgrößen bei LZV-Systemen	154
E	Beweis des Satzes S9	157
F	Anwendung des Verfahrens zur simultanen Berechnung von $\underline{P}(t)$ und \underline{M} auf ein Beispielsystem	160
G	Herleitung der Kollokationsgleichungen (7.59) und (7.59a)	164
	Literaturverzeichnis	168