

Inhalt

Symbolik	6
Vorbemerkung	7
1 Einleitung	9
2 Grundlagen nichtlinearer Systeme	12
2.1 Stabilitätsdefinitionen für autonome Systeme	13
2.2 Elemente der Ljapunov-Theorie	17
2.2.1 Anwendung der Ljapunov-Theorie auf lineare zeitinvariante Systeme	22
2.3 Anwendung der Ljapunov-Theorie auf nicht autonome Systeme	26
3 Dynamik starrer und flexibler Roboter	27
3.1 Struktur eines Roboters	27
3.2 Der Euler-Lagrange-Formalismus	27
3.2.1 Berücksichtigung von Reibungsverlusten	31
3.3 Modellbildung eines flexiblen Roboters	32
3.3.1 Grenzübergang flexibler Roboter \rightarrow starrer Roboter	35
4 Regelung eines starren Roboters	36
4.1 Linearisierung durch Zustandsrückführung (Inverse-Dynamics-Ansatz)	36
4.1.1 Parameterempfindlichkeit des Inverse-Dynamics-Ansatzes	37
4.2 Reglersynthese mit Hilfe der Ljapunov-Theorie	39
5 Regelung flexibler Roboter	42
5.1 Anwendung eines starren Regelgesetzes auf einen flexiblen Roboter	42
5.2 Einführung in die Singuläre Störungsrechnung	44
5.2.1 Singulär gestörte Systeme	46
5.2.2 Exakte Unterteilung in ein langsames und ein schnelles Teilsystem (zeitinvarianter Fall)	51
5.2.3 Anwendung auf lineare zeitinvariante Systeme	53
5.2.4 Regelung singulär gestörter Systeme	55
5.3 Der flexible Roboter als singulär gestörtes System	56
5.4 Regelung des langsamen Teilsystems	57
5.5 Regelung des schnellen Teilsystems	59
5.5.1 Ermittlung des schnellen Teilsystems	60
5.5.2 Entwurf der schnellen Stellgröße	61
5.6 Beispiel	61
5.6.1 Berücksichtigung der Stellamplitude	63
5.7 Physikalische Interpretation des flexiblen Regelgesetzes	66
5.8 Stabilitätsbetrachtungen	66

6	Eingangs- Ausgangsbeschreibung nichtlinearer Systeme	69
6.1	Allgemeines	69
6.1.1	Einige Definitionen	69
6.1.2	Aufgabenstellung	70
6.1.3	Weitere Definitionen	70
6.2	Passive Systeme	72
6.2.1	Motivation	72
6.2.2	Passivität linearer zeitinvarianter Systeme	74
6.3	\mathcal{L}_2 -Stabilität kausaler Regelkreise	76
6.3.1	Anwendungsbeispiel Popov-Kriterium	78
7	Grundbegriffe adaptiver Regelungen	81
7.1	Struktur (parameter-) adaptiver Systeme	82
7.1.1	Teilsysteme eines adaptiven Systems	83
7.1.2	Parameterschätzverfahren	84
7.2	Adaptive Regelungen	86
7.2.1	Regelung durch Anpassung an ein Referenzmodell (Model Reference Adaptive Control, MRAC)	86
7.2.2	Stelbsteinstellender Regler (Self-Tuning Regulator, SRT)	87
7.3	Stabilität adaptiver Systeme und Passivität	89
8	Adaptive Regelung starrer und flexibler Roboter	92
8.1	Parametrisierung der Roboterdynamik	92
8.2	Ein MRAC-Ansatz zur Regelung eines starren Roboters	93
8.3	Parameteradaption beim Verfahren von Slotine & Li	96
8.4	Kenntnis eines Teils der Roboterparameter	97
8.5	Ein STR-Ansatz für starre und flexible Roboter	101
A	Anhang	108
A1	Einige Eigenschaften \mathcal{L}_2 -integrierbarer Signale	108
	Literatur	111