

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Regelung elastischer Roboter	2
1.2. Prinzip der dezentralen aktiven Schwingungsdämpfung	8
1.3. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	14
2. Modell des elastischen Roboters als Mehrkörpersystem	16
2.1. Modelle für elastische Roboter	16
2.2. Kinematik von Ketten- und Baumstrukturen	19
2.3. Nichtlineare Bewegungsgleichungen	23
2.4. Linearisiertes Entwurfsmodell	27
3. Identifikation der Modellstruktur und Modellparameter	29
3.1. Frequenzgangbildung und Übertragungsfunktionen des Mehrkörpermodells	30
3.2. Strukturidentifikation	32
3.3. Parameteridentifikation	34
3.4. Identifizierbarkeit	38
3.5. Identifikationsablauf	40
4. Auslegung der dezentralen aktiven Schwingungsdämpfung	41
4.1. Untersuchung des Systems mit dezentralem Schwingungsdämpfer	42
4.1.1. Struktur des Systems mit dezentralem Schwingungsdämpfer	42
4.1.2. Bestimmung der Stabilitätsgrenzen	45
4.1.3. Berechnung der Stabilitätsgrenzen für einen 1-Massenschwinger	49
4.1.4. Transformation in ein äquivalentes passives Ersatzsystem	50
4.1.4.1. Äquivalentes System für einen 1-Massenschwinger	52
4.1.4.2. Äquivalentes passives System für Mehrkörpersysteme	54
4.1.5. Eigenwertspezifische Dominanz	55
4.1.6. Modales Massenverhältnis	59
4.2. Strukturelle Optimierung der Schwingungsdämpferposition	62
4.2.1. Gütekriterien für die Schwingungsdämpferposition	63
4.3. Optimierung der Schwingungsdämpferparameter	66
4.3.1. Numerische Optimierung der Schwingungsdämpferparameter	67
4.3.2. Optimierung von k_D^* und d_D^* mit Parametersuchverfahren	68
4.3.3. Beurteilung der Optimierungskriterien am Beispiel eines 1-Massenschwingers	71
4.3.4. Einstellregeln mit dem äquivalenten passiven Ersatzsystem	78
4.3.5. Anwendung bekannter Einstellregeln auf das äquivalente passive Ersatzsystem	78
4.3.6. Einstellregeln durch numerische Optimierung	79
4.3.7. Beurteilung der Einstellregeln am Beispiel eines 1-Massenschwingers	85
4.3.8. Auslegung der Beschleunigungsverstärkung r_a	91
4.3.9. Auslegung der Schwingungsdämpfermasse m_D	94
4.4. Zusammenfassung der Schwingungsdämpferoptimierung	96

5. Experimentelle Untersuchung der dezentralen Schwingungsdämpfung	98
5.1. Versuchsstand	98
5.2. Aufbau des aktiven Schwingungsdämpfers	99
5.2.1. Mechanik	99
5.2.2. Aktoren	100
5.2.3. Sensoren	101
5.2.4. Hard- und Software	102
5.3. Modellbildung	102
5.3.1. Struktur des Ersatzmodells	102
5.3.2. Identifikation der Systemparameter	105
5.3.2.1. Symbolische Bewegungsgleichungen	106
5.3.2.2. Experimentelle Bestimmung der Frequenzgänge	107
5.3.2.3. Berechnung der Übertragungsfunktionen	109
5.3.2.4. Identifikation der physikalischen Parameter	111
5.4. Entwurf des Schwingungsdämpfers	117
5.4.1. Optimierung der Schwingungsdämpferposition	117
5.4.2. Optimierung der Schwingungsdämpferparameter	120
5.5. Experimentelle Erprobung	125
5.5.1. Schwingungsdämpfer mit einem Freiheitsgrad	126
5.5.2. Schwingungsdämpfer mit zwei Freiheitsgraden	126
6. Simulativer Vergleich zwischen zentraler Achsregelung und dezentraler Schwingungsdämpfung	129
6.1. Geänderte Modellstruktur zur zentralen Regelung	129
6.2. Beschreibung zentraler Regelungskonzepte	130
6.3. Parametereinstellung der zentralen Regelungskonzepte	133
6.4. Durchführung und Ergebnisse des simulativen Vergleiches	135
6.5. Zusammenfassung des simulativen Vergleichs	142
7. Zusammenfassung	144
Anhang A	147
Literatur	149