

Inhalt

Vorwort

V

1	Einführung	1
1.1	Was sind unkonventionelle Aktoren?.....	1
1.2	Aktoren als Systemkomponente	2
1.3	Aktoren im Zentrum von Mechatronik, Mikrosystemtechnik und Adaptronik	5
1.4	„Intelligente“ und Self-sensing-Aktoren	7
1.4.1	„Intelligente“ Festkörperaktoren	8
1.4.2	Self-sensing-Festkörperaktoren.....	9
1.5	Entwurf von Aktoren.....	10
1.6	Kenngrößen zur Charakterisierung von Aktoren.....	14
2	Piezoelektrische Aktoren	19
2.1	Physikalischer Effekt.....	19
2.2	Piezoelektrische Bauelemente.....	22
2.2.1	Piezoelektrische Werkstoffe.....	22
2.2.2	Piezokeramische Elemente.....	27
2.3	Piezoaktoren mit begrenzter Auslenkung.....	28
2.3.1	Stapelaktoren und Multilayer-Aktoren.....	28
2.3.2	Streifentranslatoren	34
2.3.3	Biegewandler.....	34
2.3.4	Komposite-Wandler	35
2.3.5	Piezowandler mit Wegübersetzung	37
2.4	Aktoren mit unbegrenzter Auslenkung (Piezomotoren).....	39
2.4.1	Motoren für den quasistatischen Betrieb	39
2.4.2	Motoren für den resonanten Betrieb (Ultraschallmotoren).....	45
2.5	Messen von piezoelektrischen Kenngrößen	52
2.6	Steuerelektronik für Piezoantriebe	55
2.6.1	Leistungsverstärker	55
2.6.2	Linearisierung des Aktor-Übertragungsverhaltens.....	58

2.7	Anwendungsbeispiele	60
2.7.1	Positioniertisch	60
2.7.2	Dieselinjektor	61
2.7.3	Hautscanner	63
2.7.4	Entwurfsaufgabe Piezotranslator	64
2.8	Entwicklungstendenzen	68
3	Magnetostriktive Aktoren	69
3.1	Physikalischer Effekt	69
3.2	Magnetostriktive Bauelemente	70
3.2.1	Werkstoffe	70
3.2.2	Magnetostriktive Elemente	74
3.3	Magnetostriktive Aktoren mit begrenzter Auslenkung	75
3.3.1	Translator	75
3.4	Magnetostriktive Aktoren mit unbegrenzter Auslenkung	81
3.5	Messen von magnetostruktiven Kenngrößen	83
3.6	Elektronischer Leistungsverstärker	84
3.7	Anwendungsbeispiele	85
3.7.1	Unterwasser-Sonarsystem	85
3.7.2	Dynamischer Vibrationsabsorber	86
3.7.3	Hybrider Linearmotor	87
3.7.4	Entwurfsablauf	89
3.8	Vergleich zwischen piezoelektrischen und magnetostriktiven Wandlern	94
3.9	Entwicklungstendenzen	96
4	Aktoren mit elektrorheologischer Flüssigkeit	97
4.1	Einige rheologische Grundlagen	97
4.2	Elektrorheologischer Effekt	99
4.3	Technische Realisierung	101
4.3.1	Werkstoffe	101
4.3.2	Wirkprinzipien und Wandlerentwurf	107
4.4	Messen von ERF-Kenngrößen	111
4.4.1	Rheologische Kenngrößen	111
4.4.2	Elektrische Kenngrößen	115
4.5	Elektronischer Leistungsverstärker	116
4.6	Anwendungsbeispiele	118
4.6.1	Stellantrieb	118
4.6.2	Tastelement	119
4.6.3	Entwurfsaufgabe Stoßdämpfer	120

4.7	Entwicklungstendenzen.....	125
5	Aktoren mit magnetorheologischer Flüssigkeit	127
5.1	Physikalischer Effekt.....	127
5.2	Technische Realisierung.....	128
5.2.1	Materialien	128
5.2.2	Wirkprinzipien	131
5.2.3	Wandlerentwurf.....	134
5.3	Messen von MRF-Kenngrößen	138
5.3.1	Rheologische Kenngrößen	138
5.4	Elektronische Leistungsverstärker.....	142
5.4.1	Analoge Leistungsverstärker	142
5.4.2	Schaltende Leistungsverstärker	143
5.5	Anwendungsbeispiele.....	145
5.5.1	Bremse.....	145
5.5.2	Motorlager.....	145
5.5.3	Entwurfsaufgabe Kupplung.....	149
5.6	Vergleich zwischen ERF- und MRF-Aktoren	153
5.7	Entwicklungstendenzen.....	155
6	Aktoren mit thermischen Formgedächtnis-Legierungen	157
6.1	Physikalischer Effekt.....	157
6.2	Kommerzielle Formgedächtnis-Legierungen	161
6.3	Aufbau von thermischen FG-Aktoren	163
6.3.1	Aktorkonzepte	163
6.3.2	Beheizung von thermischen FG-Bauteilen.....	165
6.3.3	Dimensionierung von NiTi-Bauteilen	166
6.4	Anwendungsbeispiele.....	168
6.4.1	Klappenantrieb	169
6.4.2	Modellbau	169
6.4.3	Stellzylinder für große Lasten	170
6.5	Entwicklungstendenzen.....	171
6.6	Vergleich mit direkt konkurrierenden Aktorprinzipien.....	171
7	Aktoren mit magnetischen Formgedächtnis-Legierungen	177
7.1	Physikalischer Effekt.....	177
7.2	Kommerzielle Formgedächtnis-Legierungen	179
7.3	Aufbau von magnetischen FG-Aktoren.....	182

7.4	Anwendungsbeispiele	183
7.4.1	Ventilantrieb.....	183
7.4.2	Multistabiler Aktor.....	184
7.5	Vergleich zwischen MFG-Aktoren und magnetostriktiven sowie TFG-Aktoren ..	185
7.6	Entwicklungstendenzen.....	186
8	Elektrochemische Aktoren	187
8.1	Elektrochemische Reaktionen	187
8.2	Technische Realisierung	188
8.2.1	Nickel-Wasserstoff-Zelle	188
8.2.2	Zink-Luft-Zelle	191
8.3	Anwendungsbeispiele	192
8.4	Entwicklungstendenzen.....	193
8.5	Vergleich mit direkt konkurrierenden Aktorprinzipien.....	194
8.5.1	Dehnstoff-Elemente	194
8.5.2	Metallhydrid-Aktoren	196
9	Mikroaktoren	197
9.1	Krafterzeugungsprinzipien	197
9.2	Herstellungsverfahren und Werkstoffe	201
9.3	Anwendungsbeispiele	202
9.3.1	Mikrofluidische Komponenten und Systeme	202
9.3.2	Aktoren für mikrooptische Systeme	205
9.3.3	Mikroantriebe und Greifersysteme.....	207
9.4	Entwicklungstendenzen.....	210
10	Leistungsverstärker für unkonventionelle Aktoren	211
10.1	Einführung	212
10.1.1	Ein-, Zwei- und Vierquadranten-Betrieb.....	212
10.1.2	Schaltende, analoge und hybride Leistungsverstärker	214
10.1.3	Vergleich der Schaltungskonzepte	220
10.2	Leistungselektronik für Piezoaktoren und ERF-Aktoren	222
10.2.1	Ansteuerung von Piezoaktoren.....	222
10.2.2	Ansteuerung von elektrorheologischen Flüssigkeiten.....	224
10.2.3	Wichtige Kenngrößen für den Verstärkerentwurf.....	225
10.3	Leistungselektronik für magnetostriktive Aktoren und MRF-Aktoren	227
10.3.1	Ansteuerung von magnetostriktiven und magnetorheologischen Aktoren.....	228
10.3.2	Wichtige Kenngrößen für den Verstärkerentwurf.....	229
10.4	Vorgehensweise bei der Auswahl eines Verstärkers.....	230

11	Self-sensing-Aktoren	233
11.1	Einführung.....	233
11.2	Operatorbasierte Modellierung von Festkörperaktoren.....	235
11.2.1	Modellbeschreibung in Gleichungsform	236
11.2.2	Modellbildung in Form von Signalflussplänen	238
11.3	Methoden zur Nutzung des Self-sensing-Effektes	239
11.3.1	Zustandsgrößenbasierte Methode.....	239
11.3.2	Parameterbasierte Methode	241
11.3.3	Voraussetzungen für die Rekonstruktion der mechanischen Größen	242
11.4	Mess- und Leistungselektronik.....	243
11.4.1	Messkreis für Spannung und Polarisationsladung	243
11.4.2	Leistungselektronik	244
11.5	Linearisierung der Ausgang-Eingang-Charakteristik	245
11.6	Anwendungsbeispiel: Piezoelektrischer Mikropositionierantrieb	247
Nachwort		251
Literatur		253
Index		263