

Einführung in die Mechatronik

Von Prof. Dr.-Ing. Werner Roddeck
Fachhochschule Bochum

Mit 406 Bildern



B. G. Teubner Stuttgart 1997

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Entwicklung von Maschinenbau und Elektrotechnik	1
1.2	Entwicklung der Technik am Beispiel der Werkzeugmaschine	4
1.3	Mechatronik als neues Bindeglied	6
1.4	Maschinenbau und Elektrotechnik - grundsätzlich verschieden?	8
1.5	Teilgebiete der Mechatronik	15
2	Modellbildung technischer Systeme	17
2.1	Allgemeine Probleme der Modellbildung	17
2.2	Klassifizierung dynamischer Systeme	23
2.3	Modellierung von Geometrie und Körpereigenschaften	26
2.3.1	Mehrkörpersysteme	26
2.3.2	Systeme mit elastischen Elementen	28
2.4	Modellierung elektrischer Komponenten	29
3	Dynamik mechanischer Systeme	34
3.1	Kinematik des Massenpunktes	34
3.2	Kinematik des starren Körpers	37
3.2.1	Die ebene Bewegung des starren Körpers	37
3.2.2	Die ebene Relativbewegung eines Punktes	43
3.2.3	Die Bewegung des starren Körpers im Raum	45
3.2.3.1	Rotation im Raum	46
3.2.3.2	Relativbewegung eines Punktes des starren Körpers	48
3.2.3.3	Darstellung der Bewegung des starren Körpers in Matrizenschreibweise	50
3.3	Bindungen in Mehrkörpersystemen	59
3.4	Kinetik	66
3.4.1	Impuls-, Schwerpunkt- und Drallsatz	66
3.4.2	Energiesatz	74
3.4.3	Die Prinzipien der Mechanik	77
3.4.3.1	Prinzip der virtuellen Arbeit	78
3.4.3.2	Lagrangesche Bewegungsgleichungen	83
4	Schwingungen	89
4.1	Einmassenschwinger	89
4.1.1	Freie ungedämpfte Schwingungen	91
4.1.2	Freie gedämpfte Schwingungen	93
4.1.3	Erzwungene Schwingungen	96
4.1.3.1	Nichtperiodische Erregung	98
4.1.3.2	Harmonische Erregung	99
4.1.4	Nichtlineare Schwinger	105
4.2	Mehrmassenschwinger	107
4.3	Schwingungsanalyse	114
4.3.1	Reelle Form der Fourier-Reihe	116

4.3.2	Komplexe Form der Fourier-Reihe	121
4.3.3	Fourier-Transformation nichtperiodischer Funktionen	122
4.3.4	Diskrete Fourier-Transformation zur Analyse von Abtastsignalen	124
5	Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik	131
5.1	Meßtechnik	133
5.1.1	Meßgrößen und Maßeinheiten	134
5.1.2	Meßgrößenaufnehmer und Meßwertwandler	135
5.1.3	Kenngrößen von Meßeinrichtungen	137
5.1.3.1	Statische Kenngrößen	138
5.1.3.2	Dynamische Kenngrößen	140
5.1.3.3	Fehlerkenngrößen	142
5.2	Steuerungstechnik	146
5.2.1	Boole'sche Algebra	149
5.2.1.1	Kombinatorische Steuerungen	153
5.2.1.2	Sequentielle Steuerungen	160
5.2.2	Probleme der Modellbildung digitaler Systeme	164
5.2.3	Entwurfsmethoden digitaler Steuerungen	167
5.2.3.1	Kombinatorische Standardschaltungen	167
5.2.3.2	Entwurfsverfahren und sequentielle Standardschaltungen	173
5.2.3.3	Beschreibungsverfahren sequentieller Steuerungen	179
5.2.4	Mehrwertige und unscharfe Logik (Fuzzy Logic)	182
5.2.4.1	Fuzzy Mengen	183
5.2.4.2	Fuzzy- Inferenz	192
5.3	Regelungstechnik	199
5.3.1	Beschreibung und Analyse regelungstechnischer Systeme	199
5.3.1.1	Systembeschreibungen	201
5.3.1.2	Blockschaltbilder	210
5.3.1.3	Frequenzgang und Ortskurve	217
5.3.1.4	Verschiedenartige Übertragungssysteme	219
5.3.1.5	Frequenzkennlinien	226
5.3.1.6	Zustandsraumdarstellung	233
5.3.1.7	Regler	238
5.3.1.8	Stabilität von Regelkreisen	245
5.3.1.9	Systemidentifikation	259
5.3.2	Synthese von Regelkreisen	264
5.3.2.1	Spezifikationen	264
5.3.2.2	Einstellregeln	267
5.3.2.3	Mehrschleifige Regelkreise	270
6	Simulation	275
6.1	Numerische Integration	277
6.2	Simulationssysteme	283
6.2.1	Simulationssprachen	283
6.2.2	Simulation elektrischer Schaltungen	284
6.2.3	Simulation mechanischer Systeme	285

6.2.4	Modellbeschreibung mit Blockschaltbild-Editoren	285
6.2.5	Objektorientierte Modellbildung	294

7 Sensoren 298

7.1	Meßeﬀekte	301
7.1.1	Widerstandseﬀekte	303
7.1.1.1	Ohmsche Widerstandseﬀekte	303
7.1.1.2	Piezowiderstandseﬀekt	306
7.1.2	Magnetische Eﬀekte	307
7.1.2.1	Induktionsprinzip	307
7.1.2.2	Galvanomagnetische Eﬀekte	308
7.1.2.3	Magnetoelastische Eﬀekte	310
7.1.3	Kapazitive Eﬀekte	310
7.1.4	Piezo- und Pyroelektrische Eﬀekte	311
7.1.5	Optische Eﬀekte	312
7.2	Sensoren für mechatronische Systeme	315
7.2.1	Bewegungssensoren	315
7.2.1.1	Positionssensoren	315
7.2.1.2	Geschwindigkeitssensoren	322
7.2.1.3	Beschleunigungssensoren	324
7.2.2	Kraft- und Momentensensoren	326

8 Aktoren 330

8.1	Klassische Aktoren	331
8.1.1	Elektromotorische, rotierende Antriebe	331
8.1.1.1	Gleichstrommotoren	333
8.1.1.2	Drehfeldmotoren	345
8.1.1.3	Asynchronmotoren	346
8.1.1.4	Schrittmotoren	352
8.1.2	Elektromotorische Linearantriebe	354
8.1.3	Fluidische Aktoren	355
8.1.3.1	Pneumatische Aktoren	355
8.1.3.2	Hydraulische Aktoren	356
8.1.3.3	Geschwindigkeitsverstellung von hydraulischen Aktoren	360
8.2	Neuartige Aktoren	363

9 Mechatronische Systeme 372

9.1	Wann ist der Einsatz der Mechatronik sinnvoll?	372
9.2	Mechatronische Teilsysteme	375
9.2.1	Magnetlager	375
9.2.2	Aktives Fahrwerk	381
9.2.2.1	Aktive Federung mit Hydrozylinder	383
9.2.2.2	Aktive Federung mit Hydrozylinder und aktivem Tilger	384
9.3	Industrieroboter	389
9.3.1	Anfänge	389
9.3.2	Grundlagen der Robotertechnologie	390

9.3.2.1 Historische Entwicklungen der Robotertechnik	390
9.3.2.2 Abgrenzung des Begriffes Industrieroboter	392
9.3.2.3 Gründe für den Einsatz von Industrierobotern	395
9.3.2.4 Derzeitige Einsatzgebiete von Industrierobotern	397
9.3.3 Kenndaten von Industrierobotern	399
9.3.3.1 Anzahl der notwendigen Achsen und Arbeitsbereich	400
9.3.3.2 Tragkraft	406
9.3.3.3 Antriebssysteme	407
9.3.3.4 Geschwindigkeit und Beschleunigung	408
9.3.3.5 Positionier- und Wiederholgenauigkeit	410
9.3.4 Robotersteuerungen	412
9.3.4.1 Punktsteuerung (PTP)	412
9.3.4.2 Bahnsteuerung (CP)	412
9.3.4.3 Vielpunkt-Steuerung (MP)	416
9.3.4.4 Intelligente Steuerungen	416
9.3.4.5 Komponenten von Robotersteuerungen	416
9.3.4.6 Programmierverfahren für Industrieroboter	419
9.3.5 Industrieroboteranwendung	424
Literaturverzeichnis	431
Sachregister	435