
Inhaltsverzeichnis

1	Schwingungen und deren Messung	1
1.1	Thematik und Anwendung	1
1.2	Definition und Zustandsgrößen	3
1.3	Einteilung von Schwingungen nach deren Zeitverlauf	3
1.4	Einteilung von Schwingungen nach deren Entstehungsmechanismus	6
	Literatur	8
2	Messaufgabe und deren Realisierung	9
2.1	Systematisierung der Messaufgaben	9
2.2	Planung und Konzept von Messeinrichtungen	11
	Literatur	13
3	Schwingungen im Zeit- und Frequenzbereich	15
3.1	Harmonische Schwingungen	15
3.2	Zeigerdiagramm	18
3.3	Darstellung im Zeitbereich und Frequenzbereich	22
3.3.1	Begriffe	22
3.3.2	Fourier-Reihe	23
3.3.3	Fourier-Transformation	27
	Literatur	30
4	Freie Schwingungen	31
4.1	Translationsschwingungen	31
4.2	Rotationsschwingungen	33
4.3	Freie gedämpfte Schwingungen	35
	Literatur	42
5	Erzwungene Schwingungen	43
5.1	Federkrafterregung mit konstanter Kraftamplitude	43
5.2	Amplituden- und Phasenfrequenzgang	46
5.3	Übertragungsfunktionen und deren Inverse	50
5.4	Nyquistdiagramm (Ortskurven)	52

5.5	Zusammenstellung verschiedener Übertragungsfunktionen	57
	Literatur	62
6	Schwingungsaufnehmer	63
6.1	Messprinzipie für kinematische Größen	63
6.1.1	Grundlagen	63
6.1.2	Relativaufnehmer	65
6.1.3	Absolutaufnehmer	67
6.2	Auswahl des Aufnehmers und der Messgröße	69
6.3	Darstellung in Frequenzbändern	71
6.4	Pegeldarstellung	72
	Literatur	75
7	Wegaufnehmer	77
7.1	Potenziometrische Wegaufnehmer	77
7.2	Kapazitive Wegaufnehmer	79
7.3	Induktive Wegaufnehmer	80
7.4	Wegaufnehmer nach dem Wirbelstromprinzip	83
7.5	Magnetostriktive Wegaufnehmer	84
7.6	Wegaufnehmer nach dem Lasertriangulationsprinzip	85
7.7	Videographische Verfahren	86
	Literatur	90
8	Schnelleaufnehmer (Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer)	93
8.1	Elektrodynamische Schnelleaufnehmer	93
8.2	Elektromagnetische Schnelleaufnehmer	95
8.3	Laser-Doppler-Vibrometrie	96
	Literatur	100
9	Beschleunigungsaufnehmer	101
9.1	Piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer	101
9.1.1	Der piezoelektrische Effekt	101
9.1.2	Bauformen	103
9.1.3	Signalaufbereitung	108
9.1.4	Frequenzgänge und Messbereiche	114
9.1.5	Einflussgrößen auf die Messung mit piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmer	118
9.1.6	Befestigung piezoelektrischer Beschleunigungsaufnehmer	121
9.1.7	Auswahl piezoelektrischer Beschleunigungsaufnehmer	128
9.2	DMS-Beschleunigungsaufnehmer	132
9.3	Kapazitive Beschleunigungsaufnehmer	133
9.4	Piezoresistive Beschleunigungsaufnehmer	135
9.5	Beschleunigungsaufnehmer nach dem Servoprinzip	136

9.6	Kalibrierung von Beschleunigungsaufnehmern	137
	Literatur	138
10	Deformatorische Aufnehmer	141
10.1	Dehnungsmessstreifen	141
10.1.1	Aufbau und Funktionsweise	141
10.1.2	Einflussgrößen auf die Messung mit DMS	146
10.1.3	Viertelbrückenschaltung	148
10.1.4	Halbbrückenschaltung	151
10.1.5	Vollbrückenschaltung	152
10.1.6	Trägerfrequenz- und Gleichspannungs-Messverstärker	154
10.1.7	Applikation und Kalibrierung	157
10.1.8	Messung einachsiger Spannungszustände mittels DMS	160
10.2	Messprinzip von Kraft- und Momentenaufnehmern	169
10.3	DMS-Kraft- und Momentenaufnehmer	174
10.4	Piezoelektrische Kraft- und Momentenaufnehmer	182
10.5	Magnetoelastische Kraft- und Momentenaufnehmer	184
10.6	Mehrkomponentenaufnehmer	187
10.7	Einbau von Kraft- und Momentenaufnehmern	191
	Literatur	194
11	Signalverarbeitung	197
11.1	Signalfluss und Gerätefunktionen	197
11.2	Messverstärker	199
11.3	Elektromagnetische Beeinflussung der Messkette	204
11.3.1	Ursachen	204
11.3.2	Abhilfemaßnahmen	207
11.4	Kalibrierung und Plausibilitätsprüfung der Messkette	214
11.4.1	Methoden zur Kalibrierung der Messkette	214
11.4.2	Kennlinie, Offset und Übertragungskoeffizient	217
11.4.3	Signalpfadverfolgung und Fehlersuche in Messketten	226
11.5	TEDS (Transducer Electronic Data Sheet)	229
11.6	Filter	231
11.6.1	Aufgaben und Funktion von Filtern	231
11.6.2	Übertragungsfunktion	233
11.6.3	Einschwingverhalten	238
11.6.4	Filterauswahl	240
11.7	Analog-Digital-Wandlung	242
11.7.1	Digitale Messtechnik	242
11.7.2	Quantisierung	243
11.7.3	Abtastung	247
11.7.4	Technische Umsetzung in A/D-Wandlern	250

11.8 Telemetrische Signalübertragung	256
Literatur	261
12 Verfahren und Beispiele zur Signalanalyse	263
12.1 Aufgaben und Methoden der Signalanalyse	263
12.2 Signalanalyse im Zeitbereich	264
12.2.1 Effektivwert, Leistung, Mittelwert und verwandte Größen	264
12.2.2 Autokorrelation und Kreuzkorrelation	267
12.3 Signalanalyse im Häufigkeitsbereich	271
12.3.1 Amplitudendichte	271
12.3.2 Zählverfahren	274
12.4 Diskrete Fourier-Transformation (DFT)	279
12.4.1 Grundlagen und Fast Fourier Transformation (FFT)	279
12.4.2 Aliasing	288
12.4.3 Zusammenhänge zwischen den FFT-Parametern	290
12.4.4 Leakage und Fensterfunktionen	293
12.4.5 Triggerung	304
12.4.6 Mittelung und Überlappung	305
12.4.7 Spektrale Größen	310
12.4.8 Achsenskalierung	317
12.4.9 Differenzieren und Integrieren	320
12.4.10 Praxisgerechte Einstellungen für Orientierungsmessungen	322
12.5 Übertragungsfunktion	325
Literatur	334
Sachverzeichnis	337