

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Grundlagen	1
1.1	Aufgaben der Messtechnik	1
1.2	Normen und Begriffe	2
1.2.1	Normen und Vorschriften	2
1.2.2	Begriffsdefinitionen	4
1.2.3	Messtechnische Tätigkeiten	5
1.2.4	Messmethoden	6
1.3	Einheiten und Normale	7
1.3.1	Maßsysteme	8
1.3.2	Das Einheitensystem SI	9
1.3.3	Darstellung der Einheiten	11
1.3.4	Normale und Kalibrierkette	15
2	Messabweichung und Messunsicherheit	19
2.1	Arten von Messabweichungen	19
2.2	Systematische Messabweichungen	21
2.2.1	Bekannte und unbekannte systematische Abweichungen	22
2.2.2	Fortpflanzung systematischer Messabweichungen	22
2.3	Zufällige Messabweichungen	24
2.3.1	Beschreibung statistischer Größen	24
2.3.2	Stichprobe einer Messgröße	28
2.3.3	Fortpflanzung zufälliger Abweichungen	30
2.4	Messunsicherheit und vollständiges Messergebnis	33
2.5	Aufgaben zur Toleranz, Messunsicherheit und Fehlerfortpflanzung	36
3	Eigenschaften elektrischer Messgeräte	39
3.1	Statisches Verhalten	40
3.2	Dynamisches Verhalten	42
3.2.1	Beschreibung dynamischer Systeme	43
3.2.2	Messsystem 1. Ordnung	46
3.2.3	Messsystem 2. Ordnung	50

3.2.4	Mehrgliedrige, lineare Systeme	53
3.3	Angaben zur Genauigkeit elektrischer Messgeräte	56
3.3.1	Fehlergrenze und Grenzwerte der Messabweichungen	57
3.3.2	Angabe der Fehlergrenzen	59
3.4	Aufgaben zu statischen und dynamischen Eigenschaften von Messgeräten	60
4	Elektromechanische und digitale Messgeräte	63
4.1	Elektromechanische Messgeräte	63
4.1.1	Drehspulmesswerk	64
4.1.2	Dreheisenmesswerk	67
4.1.3	Elektrodynamisches Messwerk	69
4.1.4	Weitere elektromechanische Messwerke	71
4.1.5	Symbole für direkt wirkende, elektrische Messgeräte	72
4.2	Digitale Messgeräte	73
4.2.1	Abtastung und Quantisierung	73
4.2.2	Digitalvoltmeter und allgemeines digitales Messgerät	75
5	Messung von Strom und Spannung	79
5.1	Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung	79
5.1.1	Grundsaltungen	79
5.1.2	Messbereichserweiterung	82
5.1.3	Überlastschutz	87
5.2	Wechselstrom- und Wechselspannungsmessung	92
5.2.1	Beschreibung periodisch zeitabhängiger Größen	92
5.2.2	Messgleichrichter	94
5.2.3	Effektivwertmessung	98
5.2.4	Messwandler	103
5.3	Multimeter	109
5.4	Aufgaben zu Strom- und Spannungsmessung	111
6	Messung von ohmschen Widerständen und Impedanzmessung	115
6.1	Ohmsche Widerstandsmessung	115
6.1.1	Strom- und Spannungsmessung	116
6.1.2	Verwendung einer Konstantstromquelle	119
6.1.3	Abgleich-Widerstandsmessbrücken	122
6.1.4	Ausschlag-Widerstandsmessbrücken	125
6.2	Impedanzmessung	132
6.2.1	Beschreibung realer passiver Bauelemente	132
6.2.2	Strom- und Spannungsmessung	135
6.2.3	Messung von Strom, Spannung und Phasenwinkel	137
6.2.4	Wechselspannungs-Messbrücken	142
6.2.5	Resonanzverfahren	147

6.2.6	Messungen an Verbrauchern im Wechselstromnetz	150
6.3	Aufgaben zur Widerstands- und Impedanzmessung	151
7	Leistungs- und Energiemessung	155
7.1	Leistungsbegriffe und Dreiphasensystem	155
7.1.1	Wirk-, Blind- und Scheinleistung	155
7.1.2	Symmetrisches Dreiphasensystem	158
7.2	Elektrodynamischer Leistungsmesser	160
7.2.1	Leistungsmessung im Gleichstromkreis	161
7.2.2	Leistungsmessung im Wechselstromkreis	162
7.2.3	Leistungsmessung im Drehstromsystem	166
7.3	Digitale Leistungsmesser	170
7.3.1	Aufbau eines digitalen Leistungsmessers	170
7.3.2	Messungen in Wechselstrom- und Drehstromsystemen	172
7.4	Elektronische Leistungsmesser	175
7.4.1	Analogmultiplizierende Leistungsmesser und TDM	175
7.4.2	Leistungsmesser mit Hall-Sensoren	177
7.5	Messung der elektrischen Energie	179
7.5.1	Induktionszähler	180
7.5.2	Elektronische Elektrizitätszähler	182
7.5.3	Smart Meter	184
7.6	Aufgaben zur Leistungsmessung	185
8	Oszilloskope	189
8.1	Analoges Elektronenstrahloszilloskop	189
8.1.1	Elektronenstrahlröhre	190
8.1.2	Baugruppen des Elektronenstrahloszilloskops	192
8.1.3	Analoges Speicheroszilloskop und Sampling-Oszilloskop	197
8.2	Digitaloszilloskop	198
8.2.1	Aufbau und Funktion	199
8.2.2	Spezielle Betriebsarten von Digitaloszilloskopen	203
8.3	Messanwendungen	205
8.4	Tastköpfe	208
8.4.1	Passiver Spannungs-Tastkopf	210
8.4.2	Weitere Tastköpfe	215
9	Zeit- und Frequenzmessung	219
9.1	Gatter, Speicher und Zähler	220
9.1.1	Logische Verknüpfungen und Gatter	221
9.1.2	Speicherelemente	223
9.1.3	Zähler	227
9.2	Digitale Zeitmessung	230

9.2.1	Messung eines Zeitintervalls	230
9.2.2	Messung der Periodendauer	232
9.2.3	Der Zeitsignalsender DCF 77	233
9.3	Digitale Frequenzmessung	235
9.3.1	Direkte Zählung	235
9.3.2	Umkehrverfahren	238
9.3.3	Verhältniszählverfahren	239
9.4	Universalzähler	241
9.5	Analoge Zeit- und Frequenzmessung	242
9.6	Aufgaben zur Zeit- und Frequenzmessung	244
10	Spektrumanalyse	247
10.1	Grundlagen der Spektrumanalyse	247
10.1.1	Fourier-Reihe	247
10.1.2	Fourier-Transformation	250
10.1.3	Darstellung des Spektrums	252
10.2	Selektive Signalmessung	254
10.2.1	Festfrequenz-Analysatoren	254
10.2.2	Analysatoren mit abstimmbarem Filter	256
10.3	Eigenschaften von Spektrumanalysatoren	260
10.4	Netzwerkanalyse	264
10.5	FFT-Analysatoren	266
10.6	Aufgaben zur Spektrumanalyse	273
11	Lösungen zu den Aufgaben	275
11.1	Aufgaben zur Toleranz, Messunsicherheit und Fehlerfortpflanzung	275
11.2	Aufgaben zu statischen und dynamischen Eigenschaften von Messgeräten	276
11.3	Aufgaben zu Strom- und Spannungsmessung	278
11.4	Aufgaben zur Widerstands- und Impedanzmessung	280
11.5	Aufgaben zur Leistungsmessung	283
11.6	Aufgaben zur Zeit- und Frequenzmessung	285
11.7	Aufgaben zur Spektrumanalyse	286
Literatur		291
Sachverzeichnis		295