

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	12
1.3.4	Normale und Kalibrierkette	13
2	Messabweichung und Messunsicherheit	17
2.1	Arten von Messabweichungen	17
2.2	Systematische Messabweichungen	19
2.2.1	Bekannte und unbekannte systematische Abweichungen	20
2.2.2	Fortpflanzung systematischer Messabweichungen	21
2.3	Zufällige Messabweichungen	22
2.3.1	Beschreibung statistischer Größen	22
2.3.2	Stichprobe einer Messgröße	26
2.3.3	Fortpflanzung zufälliger Abweichungen	28
2.4	Messunsicherheit und vollständiges Messergebnis	32
2.5	Aufgaben zur Toleranz, Messunsicherheit und Fehlerfortpflanzung	34
3	Eigenschaften elektrischer Messgeräte	37
3.1	Statisches Verhalten	38
3.2	Dynamisches Verhalten	40
3.2.1	Beschreibung dynamischer Systeme	41
3.2.2	Messsystem 1. Ordnung	44

3.2.3	Messsystem 2. Ordnung	48
3.2.4	Mehrgliedrige, lineare Systeme	52
3.3	Angaben zur Genauigkeit elektrischer Messgeräte	55
3.3.1	Fehlergrenze und Grenzwerte der Messabweichungen	55
3.3.2	Angabe der Fehlergrenzen	57
3.4	Aufgaben zu statischen und dynamischen Eigenschaften von Messgeräten	59
4	Elektromechanische und digitale Messgeräte	61
4.1	Elektromechanische Messgeräte	62
4.1.1	Drehspulmesswerk	62
4.1.2	Dreheisenmesswerk	65
4.1.3	Elektrodynamisches Messwerk	67
4.1.4	Weitere elektromechanische Messwerke	69
4.1.5	Symbole für direkt wirkende, elektrische Messgeräte	70
4.2	Digitale Messgeräte	71
4.2.1	Abtastung und Quantisierung	71
4.2.2	Digitalvoltmeter und allgemeines digitales Messgerät	74
5	Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung	77
5.1	Grundsaltungen	77
5.2	Messbereichserweiterung	81
5.3	Überlastschutz	85
6	Wechselstrom- und Wechselspannungsmessung	93
6.1	Beschreibung periodisch zeitabhängiger Größen	93
6.2	Messgleichrichter	95
6.3	Effektivwertmessung	99
6.4	Messwandler	104
7	Stromzangen und Strom-/Spannungsmultimeter	111
7.1	Übertragerstromzangen	111
7.2	Hallelement-Stromzangen	113
7.3	Multimeter	116
7.4	Aufgaben zur Strom- und Spannungsmessung	119
8	Messung von ohmschen Widerständen	121
8.1	Strom- und Spannungsmessung	122
8.2	Verwendung einer Konstantstromquelle	125
8.3	Widerstandsmessbrücken	128
8.4	Aufgaben zur Widerstandsmessung	137
9	Impedanzmessung	139
9.1	Beschreibung realer passiver Bauelemente	139
9.2	Strom- und Spannungsmessung	143
9.3	Messung von Strom, Spannung und Phasenwinkel	145

9.4	Wechselspannungs-Messbrücken.....	150
9.5	Resonanzverfahren.....	155
9.6	Messungen an Verbrauchern im Wechselstromnetz.....	158
9.7	Aufgaben zur Impedanzmessung.....	160
10	Leistungsbegriffe und Dreiphasensystem.....	161
10.1	Leistung im Gleichstromkreis.....	161
10.2	Leistungen im allgemeinen Wechselstromkreis.....	162
10.3	Leistungen bei sinusförmiger Spannung und sinusförmigem Strom.....	163
10.4	Leistungen bei sinusförmiger Spannung und nichtsinusförmigem Strom.....	164
10.5	Symmetrisches Dreiphasensystem.....	168
11	Leistungsmessung.....	173
11.1	Elektrodynamischer Leistungsmesser.....	173
11.1.1	Leistungsmessung im Gleichstromkreis.....	174
11.1.2	Leistungsmessung im Wechselstromkreis.....	175
11.1.3	Leistungsmessung im Drehstromsystem.....	179
11.2	Digitale Leistungsmesser.....	183
11.2.1	Aufbau eines digitalen Leistungsmessers.....	183
11.2.2	Messungen in Wechselstrom- und Drehstromsystemen.....	184
11.3	Elektronische Leistungsmesser.....	187
11.3.1	Analogmultiplizierende Leistungsmesser und TDM.....	187
11.3.2	Leistungsmesser mit Hall-Sensoren.....	189
11.4	Leistungsanalysatoren.....	190
11.5	Aufgaben zur Leistungsmessung.....	192
12	Messung der elektrischen Energie.....	197
12.1	Induktionszähler.....	198
12.2	Elektronische Elektrizitätszähler.....	200
12.3	Smart Meter.....	202
13	Analoges Elektronenstrahloszilloskop.....	205
13.1	Elektronenstrahlröhre.....	205
13.2	Baugruppen des Elektronenstrahloszilloskops.....	209
13.3	Analoges Speicheroszilloskop und Sampling-Oszilloskop.....	213
14	Digitaloszilloskop.....	215
14.1	Aufbau und Funktion.....	215
14.2	Spezielle Betriebsarten von Digitaloszilloskopen.....	220
14.3	Messanwendungen.....	222
15	Oszilloskop-Tastköpfe.....	227
15.1	Passiver Spannungs-Tastkopf.....	229
15.2	Weitere Tastköpfe.....	234

16	Zeitmessung	237
16.1	Messung eines Zeitintervalls	238
16.2	Messung der Periodendauer	240
16.3	Der Zeitsignalsender DCF 77	241
17	Frequenzmessung	245
17.1	Direkte Zählung	245
17.2	Umkehrverfahren	248
17.3	Verhältniszählverfahren	249
17.4	Universalzähler	251
17.5	Analoge Frequenzmessung	252
17.6	Aufgaben zur Frequenzmessung	254
18	Spektrumanalyse	257
18.1	Grundlagen der Spektrumanalyse	257
18.1.1	Fourier-Reihe	257
18.1.2	Fourier-Transformation	260
18.1.3	Darstellung des Spektrums	262
18.2	Selektive Signalmessung	264
18.2.1	Festfrequenz-Analysatoren	265
18.2.2	Analysatoren mit abstimmbarem Filter	266
18.3	Eigenschaften von Spektrumanalysatoren	270
18.4	Netzwerkanalyse	274
18.5	FFT-Analysatoren	276
18.6	Aufgaben zur Spektrumanalyse	283
19	Lösungen zu den Aufgaben	285
19.1	Aufgaben zur Toleranz, Messunsicherheit und Fehlerfortpflanzung	285
19.2	Aufgaben zu statischen und dynamischen Eigenschaften von Messgeräten	286
19.3	Aufgaben zur Strom- und Spannungsmessung	287
19.4	Aufgaben zur Widerstandsmessung	290
19.5	Aufgaben zur Impedanzmessung	291
19.6	Aufgaben zur Leistungsmessung	292
19.7	Aufgaben zur Frequenzmessung	295
19.8	Aufgaben zur Spektrumanalyse	296
	Literatur	299
	Sachverzeichnis	301