

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Formelzeichen	13
1. Einführung	15
1.1. Zielstellung, Bedeutung und Gegenstand der Meßtechnik	15
1.2. Historische Entwicklung	18
2. Informationsbeziehungen in Meßprozessen	20
2.1. Begriff der Information	20
2.2. Informationsgewinnung an Prozessen	23
2.3. Meßtechnik und industrielle Großproduktion	24
2.4. Meßtechnik und Erzeugnisqualität	26
3. Grundbegriffe und Meßmethoden	28
3.1. Meßgrößen und Maßeinheiten	28
3.2. Meßsignale	31
3.2.1. Definitionen	31
3.2.2. Wandlung der Signalform	35
3.2.3. Wandlung des Informationsparameters	35
3.3. Abtasttheorem und Analog-Digital-Umsetzung	39
3.4. Grundstrukturen von Meßeinrichtungen	41
Reihenstruktur – Kreisstruktur – Parallelstruktur	
3.5. Meßmethoden	45
3.5.1. Ausschlagmethode	45
3.5.2. Differenzmethode	46
3.5.3. Kompensationsmethode	47
3.5.4. Nachlaufmethode	49
4. Kenngrößen und Kennfunktionen	50
4.1. Statische Kenngrößen	50
4.2. Beschreibung des dynamischen Verhaltens	52
4.2.1. Differentialgleichung	52
4.2.2. Antwortfunktionen	54
4.2.3. Übertragungsfunktion	56
4.2.4. Frequenzgang	59
4.2.5. Grenzfrequenz	61
4.2.6. Einschwingzeit	63
4.3. Statische Fehler	64
4.3.1. Meßfehlerklassifikation	65
4.3.1.1. Fehlerdefinition	65
4.3.1.2. Herkunftsbereiche	66
4.3.2. Fehler von Meßeinrichtungen	68

4.3.2.1. Additiver und multiplikativer Fehler	68
4.3.2.2. Quantisierungsfehler und digitaler Restfehler	69
4.3.2.3. Fehlergrenze und Fehlerklasse	71
4.3.2.4. Linearitätsfehler	74
4.4. Fehler von Meßergebnissen	77
4.4.1. Histogramm, Verteilungsdichtefunktion	77
4.4.2. Summenhäufigkeit, Verteilungsfunktion	78
4.4.3. Normalverteilung	80
4.4.4. Schätzwerte und Angabe von Meßergebnissen	82
4.5. Fehlerfortpflanzung	86
4.6. Dynamische Fehler	91
4.6.1. Definition des dynamischen Meßfehlers	92
4.6.2. Mittelungsfehler und Approximationsfehler	94
4.6.3. Auswahl von Meßeinrichtungen	98
4.6.4. Korrektur dynamischer Fehler	100
4.7. Kanalkapazität	103
5. Vorbereitung, Ausführung und Auswertung von Messungen	107
5.1. Vorbereitung von Messungen	107
5.2. Ausführung von Messungen	108
5.3. Auswertung von Messungen	108
6. Elektrisch-mechanische Baugruppen (Meßwerke)	114
6.1. Grundgesetze	114
6.1.1. Kräfte auf Ströme im Magnetfeld (elektrodynamische Kräfte)	114
6.1.2. Kräfte auf Trennflächen	116
6.1.3. Kräfte im elektrischen Feld	116
6.2. Aufbau und Eigenschaften elektrischer Meßwerke	117
6.2.1. Lagerung des beweglichen Organs	117
6.2.2. Einstellvorgang und dynamisches Verhalten	119
6.2.3. Zeiger und Skale	121
6.3. Drehpulmeßwerke	124
6.4. Drehmagnetmeßwerke	128
6.5. Elektrodynamische Meßwerke	129
6.6. Weicheisenmeßwerke (Dreheisenmeßwerke)	130
6.7. Induktionsmeßwerke	132
6.8. Quotientenmeßwerke	133
6.9. Elektrostatische Meßwerke	135
6.10. Vibrationsmeßwerke	136
6.11. Bimetallmeßwerke	137
6.12. Meßwerkzubehör	138
6.12.1. Widerstände	138
Ausgleich der Temperaturabhängigkeit – Widerstände zur Meßbereichserweiterung – Kombinierte Widerstände zur Leistungsmessung	
6.12.2. Gleichrichter	141

6.12.3.	Thermoumformer	141
6.12.4.	Meßwandler	142
	Wechselspannungswandler – Wechselstromwandler	
6.12.5.	Kontakteinrichtungen	145
7.	Elektronische Baugruppen	147
7.1.	Baugruppen zur analogen Meßwertverarbeitung	148
7.1.1.	Operationsverstärker	148
7.1.2.	Grundsaltungen mit Operationsverstärkern	152
	Integrierer – Funktionsgeneratoren – Gleichrichter	
7.1.3.	Multiplizierer	154
	Parabelmultiplizierer – Modulationsmultiplizierer – Weitere Multiplikationsschal- tungen	
7.1.4.	Schalter	157
	Digital-Analog-Schalter – Analog-Digital-Schalter	
7.1.5.	Signalgeneratoren	158
	Oszillatoren für harmonische Schwingungen – Spannungs-Frequenz-Wandler	
7.1.6.	Filter	160
7.1.7.	Analogwertspeicher (Abtast-Halte-Kreise)	163
7.2.	Baugruppen zur digitalen Informationsgewinnung und -verarbeitung	163
7.2.1.	Initiatoren	164
	Initiatoren mit Feldabhängigkeit – Initiatoren mit Energieänderung	
7.2.2.	Zähler	165
7.2.3.	Zeitbasis	167
7.2.4.	Speicher	168
7.2.5.	Mikroprozessoren	169
7.3.	Analog-Digital-Umsetzer	170
7.3.1.	Sägezahnumsetzer	170
7.3.2.	AD-Umsetzer mit Doppelintegration (Dual-slope-Umsetzer)	171
7.3.3.	Spannungs-Frequenz-Umsetzer	172
7.3.4.	Ladungsausgleichsverfahren	172
7.3.5.	Direkte Parallelumsetzer (Amplitudenanalysatoren)	174
7.3.6.	Stufenumsetzer	174
7.4.	Digital-Analog-Umsetzer	177
	Gestufte Spannungsteiler – Stromsummierung – Kettenleiterteiler	
7.5.	Digitale Anzeige	178
	Lumineszenzdiode – Flüssigkristalle – Segmentanzeige – Punktraster – Halbstellen- anzeige – Leuchtbandanzeige	
8.	Registriergeräte	183
8.1.	Kenngrößen	183
8.2.	Linienschreiber	184
8.3.	Punktschreiber	186
8.4.	Kompensationsschreiber	186
	Schreibsystem – XY-Schreiber	

8.5. Elektronenstrahloszilloskop	191
Braunse Röhre – Horizontalablenkung – Vertikalablenkung – Triggerung – Eingangsimpedanz – Differentialeingang – Mehrfachdarstellung – Samplingprinzip – Bildspeicherröhre	
8.6. Bildschirmgerät	198
8.7. Thermodrucker	199
8.8. Magnetbandgerät	200
Aufzeichnung und Wiedergabe – Einsatzbereiche	
8.9. Transientenspeicher	202
9. Geräte für mehrere Meßgrößen	204
9.1. Vielfachmesser	204
9.1.1. Analoge Vielfachmesser	205
9.1.2. Digitalmultimeter	206
Gleichrichtung – Polaritätserkennung – Meßbereichumschaltung – Ausführungsbeispiele	
9.2. Prozessorgesteuerte Meßgeräte	211
9.3. Zählmeßgeräte	212
9.4. Universaloszilloskop	213
Digitalteil – Prozessorteil	
9.5. Busgesteuerte Meßgeräte	217
9.6. Intelligente Meßeinrichtungen	219
10. Sensoren	222
10.1. Dehnungssensoren	222
Monolithische Siliziumsensoren – Dünnfilm- und Foliensensoren	
10.2. Temperatursensoren	227
10.3. Gassensoren	229
10.4. Feuchtesensoren	229
10.5. Fotosensoren	230
10.6. Magnetische Sensoren	230
11. Strom- und Spannungsmessung	232
11.1. Normale	232
11.2. Gleichstrommessung	233
Messung hoher Gleichströme – Messung kleinster Gleichströme – Messung mit Digitalmultimeter	
11.3. Gleichspannungsmessung	236
Messung hoher Gleichspannungen – Messung kleinster Gleichspannungen – Messungen mit Kompensatoren	
11.4. Wechselstrom- und Wechselspannungsmessung	238
Messung kleinster Spannungen und Ströme – Messung hoher Spannungen und Ströme – Messung von Mischstrom	

11.5. Spannungs- und Strommessungen im Hochfrequenzbereich	242
Spannungsmessung durch Gleichrichtung – Spannungsmessung mit Tastkopf – Spannungsmessung mit Überlagerungsempfänger – Strommessung	
11.6. Aufnahme von Strom-Spannungs-Kennlinien	244
Messung der Gleichstromverstärkung	
11.7. Pegelmessung	245
Absoluter Pegel – Relativer Pegel – Pegelmaße – Meßverfahren	
12. Impedanzmessung	248
12.1. Normale	248
Widerstandsnormal – Kapazitätsnormal – Induktivitätsnormal	
12.2. Brückenschaltungen	250
Gleichstrommeßbrücke – Wechselstrommeßbrücke – Ersatzschaltbilder	
12.3. Widerstandsmessung	255
Messung mit Kreuzpulmeßwerk – Messung mit Digitalmultimeter – Messung klein- ster Widerstände – Messung des Innenwiderstands von Meßwerken – Messung des Innenwiderstands von Stromquellen – Messung hoher Widerstände – Isolations- messung – Messung von Widerständen in elektronischen Schaltungen – Erdungs- messung – Erdausbreitungswiderstand	
12.4. Kapazitätsmessung	264
Meßfrequenz – Ersatzschaltbild – Automatischer Brückenabgleich – Mikroprozessor- gesteuerte Impedanzmeßgeräte – Messung der Gleichstromkapazität	
12.5. Induktivitätsmessung	268
Ersatzschaltungen – Meßfrequenz – Meßströme und Meßspannungen – Resonanz- meßverfahren – Prozessorgesteuerte Induktivitätsmessung – Gütefaktormessung – Messung der Gegeninduktivität	
13. Zeit-, Frequenz- und Phasenwinkelmessung	272
13.1. Zeitmessung	272
13.2. Frequenzmessung	272
13.3. Phasenwinkelmessung	275
13.4. Erweiterung des Arbeitsbereichs für Zählmeßgeräte	276
Vorteiler – Harmonische Überlagerung – Interpolation	
14. Leistungs- und Energiemessung	279
14.1. Grundlagen	279
14.2. Wirkleistungsmessung mit Produktmeßwerk	280
14.3. Blindleistungsmessung	280
14.4. Leistungsmessung in Drehstromnetzen	281
14.5. Energiemessung	282
14.6. Leistungsfaktormessung	284
15. Messung magnetischer Größen	286
Messung des magnetischen Flusses – Messung der Flußdichte – Messung der magneti- schen Spannung – Messung an Ferritbauelementen	

16. Fehlerortung	291
16.1. Impulsverfahren	291
16.2. Widerstands- und Kapazitätsmessung	292
16.3. Kabelortung	293
17. Störbeeinflussung von Meßstromkreisen	295
17.1. Galvanische Kopplungen	295
17.2. Induktive Kopplung	297
17.3. Kapazitive Kopplung	297
17.4. Störspannungsunterdrückung	298
Literaturverzeichnis	301
Sachwörterverzeichnis	303