

Pflüger · Jahn · Jentsch

Elektrische Meßgeräte und Meßverfahren

Vierte, völlig neubearbeitete Auflage
von G. Jentsch

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York 1978

Inhaltsverzeichnis

1 Meßtechnische Begriffe	1
1.1 Grundlagen des Messens	1
1.2 Die Fehler und ihr Einfluß auf das Meßergebnis	2
1.3 Regeln für Meßgeräte	2
1.4 Genauigkeitsanforderungen	3
1.4.1 Grundfehler	3
1.4.2 Einflußgrößen	4
1.5 Systematische und zufällige Fehler	5
1.5.1 Systematische Fehler	5
1.5.2 Zufällige Fehler	6
1.5.3 Fehlerfortpflanzung der systematischen Fehler	7
1.5.4 Fehlerfortpflanzung der zufälligen Fehler	8
1.6 Empfindlichkeit	9
1.7 Eigenverbrauch	9
1.8 Überlastbarkeit	10
2 Direkt wirkende elektrische Meßwerke	12
2.1 Aufbau und Eigenschaften von elektrischen Meßwerken	12
2.1.1 Schwingungseigenschaften des beweglichen Organs	12
2.1.2 Lagerung des beweglichen Organs	16
2.1.3 Einstellvorgang	22
2.1.4 Systemgewicht und Gütezahl	25
2.1.5 Beschleunigungssicherheit	26
2.2 Ausführung und Wirkungsweise von elektrischen Meßwerken	29
2.2.1 Drehspulmeßwerke	29
2.2.2 Kreuzspulmeßwerke	48
2.2.3 Drehmagnetmeßwerke	53
2.2.4 Dreheisenmeßwerke	59
2.2.5 Eisengeschlossene elektrodynamische Meßwerke	68
2.2.6 Eisengeschlossenes elektrodynamisches Kreuzspulmeßwerk	73
2.2.7 Eisenlose elektrodynamische Meßwerke	74
2.2.8 Induktionssysteme	80
2.2.9 Hysteresemeßwerk	82
2.2.10 Elektrostatische Meßwerke	84
2.2.11 Vibrationsmeßwerke	88
2.2.12 Bimetallmeßwerke	91

2.2.13	Überlastungsschutzeinrichtungen für Meßwerke	94
2.2.14	Kontaktgebende Meßwerke	97
3	Meßeinrichtungen und Meßverfahren	102
3.1	Meßgeräte zur Messung von Gleichspannungen und -strömen mit hoher Empfindlichkeit	103
3.1.1	Spiegelgalvanometer	103
3.1.2	Drehspulpräzisionsmeßgeräte	105
3.2	Strom- und Spannungsmessung mit Neben- und Vorwiderständen	109
3.2.1	Ausführungsformen von Vor- und Nebenwiderständen	109
3.2.2	Strommessung mit Nebenwiderstand	114
3.2.3	Strommessung mit Mehrfachnebenwiderstand	116
3.2.4	Spannungsmessung mit Vorwiderstand	116
3.2.5	Kombinierte Strom- und Spannungsmesser mit mehreren Meßbereichen	117
3.2.6	Spannungsmessung mit einem Spannungsteiler	118
3.3	Gleichspannungskompensatoren	120
3.3.1	Allgemeines	120
3.3.2	Normalspannungsquellen	120
3.3.3	Grundsaltungen der Kompensation	124
3.3.4	Feussner-Kompensator	128
3.3.5	Kaskaden-Kompensator	129
3.3.6	Diesselhorst-Kompensator	133
3.3.7	Technische Kompensatoren	134
3.3.8	Selbstableichende Kompensatoren	135
3.4	Widerstandsmeßverfahren	139
3.4.1	Widerstandsmessung mit Strom- und Spannungsmessern	139
3.4.2	Widerstandsmessung mit Quotientenmessern	142
3.4.3	Gleichstrommeßbrücken	146
3.4.4	Übersicht über die Widerstandsmeßverfahren	150
3.5	Elektrostatische Meßverfahren	150
3.5.1	Spannungsmessung	150
3.5.2	Strommessung	152
3.5.3	Widerstandsmessung	153
3.5.4	Kapazitätsmessung	154
3.5.5	Zeitmessung	155
3.5.6	Leistungsmessung	155
3.6	Hallgeneratoren	156
3.6.1	Prinzip des Halleffektes	156
3.6.2	Ausführung der Hallgeneratoren	157
3.6.3	Die Anwendung von Hallgeneratoren	157
3.7	Leistungsmeßverfahren	160
3.7.1	Wechselstromleistungsmessung	160
3.7.2	Leistungsmessung in Drehstromnetzen	162
3.7.3	Scheinleistungsmessung	168
3.7.4	Bestimmung des Leistungsfaktors	169
3.8	Meßwandler	170
3.8.1	Aufgabe der Wandler	170

3.8.2	Stromwandler	170
3.8.3	Spannungswandler	180
3.8.4	Berücksichtigung der Wandlerfehler bei der Messung von Wechselstrom und Drehstrom mit gleichbelasteten Phasen	187
3.8.5	Wandler- und Bürdenmeßeinrichtungen	189
3.9	Das Zusammenarbeiten von Wandlern und Meßgeräten	191
3.9.1	Strommessung	191
3.9.2	Spannungsmessung	194
3.9.3	Leistungsmessung	196
3.9.4	Frequenzmessung	198
3.9.5	Ausführungsformen von Meßgeräten für Wandleranschluß	201
3.10	Gleichrichtermeßverfahren	205
3.10.1	Trockengleichrichter	205
3.10.2	Drehspulmeßwerke mit Gleichrichter	206
3.10.3	Mechanische Gleichrichter	213
3.10.4	Fremdgesteuerte Trockengleichrichter	216
3.11	Thermoumformer	221
3.12	Wechselspannungskompensatoren	225
3.12.1	Kompensationsschaltungen zum Vergleich von Gleich- und Wechselspannungen mit Thermoumformern	225
3.12.2	Kompensationsschaltungen zum Vergleich von Gleich- und Wechselstrommeßgrößen mit Hilfe von elektrodynamischen Meßwerken	226
3.12.3	Komplexer Wechselstromkompensator	228
3.12.4	Wechselstrommeßbrücken	230
3.13	Isolationsmeßverfahren	235
3.13.1	Isolationsmessung mit fremder Spannungsquelle	235
3.13.2	Isolationsmessung im Betrieb	240
3.14	Erdungsmeßverfahren	242
3.14.1	Erdungsmessung mit Strom- und Spannungsmesser	243
3.14.2	Erdungsmessung mit akustischem Indikator	244
3.14.3	Erdungsmessung nach der Kompensationsmethode	246
3.15	Kabelfehlerortungsverfahren	248
3.15.1	Fehlerortbestimmung durch Widerstandsmessung	249
3.15.2	Fehlerortbestimmung durch Kapazitätsmessung	255
3.15.3	Fehlerortbestimmung durch Laufzeitmessung	259
3.15.4	Fehlerortbestimmung durch induktive Verfahren	262
3.15.5	Ausführung von Kabelfehlerortungsgeräten	266
3.16	Elektrische Meßverstärker	271
3.16.1	Aufgaben der elektrischen Meßverstärker	271
3.16.2	Gegenkopplung	271
3.16.3	Gleichtaktspannung — Gleichtaktunterdrückung	275
3.16.4	Drift, Rauschen, Meßempfindlichkeit und Bandbreite	277
3.16.5	Verstärker-Ausgangsschaltung	279
3.16.6	Aufbau und Eigenschaften von Meßverstärkern	279
3.16.7	Ausführung von Meßverstärkern	284
3.17	Registrierverfahren	287
3.17.1	Schreibende Meßgeräte für langsam veränderliche Meßgrößen	287

3.17.2	Schreibende Meßgeräte für schnell veränderliche Meßgrößen	298
3.17.3	Elektronenstrahlloszilloskope	318
3.18	Digitale Meßtechnik	326
3.18.1	Aufgaben und Grundlagen der digitalen Meßgeräte	326
3.18.2	Codierung	328
3.18.3	Analog-Digital-Umsetzer	328
3.18.4	Ausführungen von digitalen Meßschaltungen	338
3.18.5	Meßwertspeicherung und Meßwertausgabe	343
3.19	Fernmessung	352
3.19.1	Analoge Verfahren	352
3.19.2	Digitale Verfahren	364
3.20	Meßverfahren zur Messung nichtelektrischer Größen	368
3.20.1	Elektrische Temperaturmeßgeräte	368
3.20.2	Elektrische Gasanalysegeräte	373
3.20.3	Meßverfahren zur Feuchtemessung	379
3.20.4	Elektrometrische Messung nichtelektrischer Größen	380
3.20.5	Durchflußmessung und Mengenzählung flüssiger und gasförmiger Stoffe	383
3.20.6	Meßverfahren zur Kraft-, Dehnungs- und Schwingungsmessung	384
3.20.7	Strahlungsmeßgeräte	391
4	Normen und Regeln für elektrische Meßgeräte	395
	Literaturverzeichnis	397
	Sachverzeichnis	425