

Adolf J. Schwab

Hochspannungs- meßtechnik

Meßgeräte und Meßverfahren

Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 256 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York 1981

Inhaltsverzeichnis

1	Oszilloskopmeßtechnik für schnell veränderliche hohe Spannungen und Ströme	1
1.1	Elektronenstrahloszilloskope	1
1.2	Speicheroszilloskope und photographische Aufzeichnung.	6
1.3	Digitale Speichersysteme	9
1.4	Meßkabel	12
1.5	Elektromagnetische Verträglichkeit.	17
1.6	Messungen mit Differenzverstärkern	27
2	Messung hoher Stoßspannungen mit Spannungsteiler und Elektronenstrahlosziloskop	29
2.1	Der Meßkreis und seine Übertragungseigenschaften	30
2.1.1	Ermittlung der Übertragungseigenschaften durch Messung des Frequenzgangs	32
2.1.2	Ermittlung der Übertragungseigenschaften durch Messung der Sprungantwort	34
2.1.3	Impulsgeneratoren zur Messung der Sprungantwort.	36
2.1.4	Anstiegszeit und Antwortzeit	42
2.1.5	Fehlerermittlung bei der Messung des Scheitelwerts in der Stirn abgeschnittener Stoßspannungen	46
2.1.6	Rückwirkung eines Spannungsteilers auf den Hochspannungskreis	49
2.2	Ohmsche Spannungsteiler	52
2.2.1	Der zweistufige kompensierte Spannungsteiler ohne Berücksichtigung der Induktivitäten und der verteilten Erdkapazitäten	52
2.2.2	Der ohmsche Spannungsteiler unter Berücksichtigung der verteilten Erdkapazitäten	55
2.2.2.1	Die verteilten Erdkapazitäten	55
2.2.2.2	Der ohmsch-kapazitiv gemischte Spannungsteiler.	58
2.2.2.3	Der gesteuerte ohmsche Spannungsteiler	61
2.2.2.4	Niederohmige Spannungsteiler	63
2.3	Kapazitive Spannungsteiler	66
2.3.1	Der kapazitive Spannungsteiler und seine Zuleitungen	66
2.3.2	Kapazitive Spannungsteiler mit konzentrierter Hochspannungskapazität	68
2.3.3	Kapazitive Spannungsteiler mit verteilter Hochspannungskapazität	73
2.3.4	Niederspannungsteile kapazitiver Spannungsteiler	78
2.3.5	Anpassungsverhältnisse am Niederspannungsteil kapazitiver Spannungsteiler	80
2.4	Das Kettenleiterersatzschaltbild	82
2.5	Leitungsspannungsteiler	84

3	Einrichtungen zur Messung hoher Gleich- und Stoßspannungen sowie des Scheitel- und Effektivwerts hoher Wechselspannungen	87
3.1	Messung hoher Gleichspannungen und des Effektivwerts hoher Wechselspannungen	87
3.1.1	Hochohmige Widerstände und Spannungsteiler	87
3.1.2	Elektrostatische Spannungsmesser	94
3.2	Messung des Effektivwerts hoher Wechselspannungen	98
3.2.1	Kapazitiver Vorwiderstand und kapazitiver Spannungsteiler	98
3.2.2	Kapazitive Spannungswandler	99
3.2.3	Induktive Spannungswandler, Bestimmung der Hochspannung aus dem Übersetzungsverhältnis des Hochspannungsprüftransformators	103
3.3	Messung hoher Gleichspannungen, Stoßspannungen und des Scheitelwerts hoher Wechselspannungen mit der Kugelfunkenstrecke	107
3.4	Messung des Scheitelwerts hoher Wechsel- und Stoßspannungen	117
3.4.1	Scheitelspannungsmessung nach Chubb und Fortescue	119
3.4.2	Scheitelspannungsmeßeinrichtungen mit Spannungsteiler	121
3.4.3	Stoßspannungsmeßeinrichtungen mit Spannungsteiler	128
3.5	Messung hoher Gleichspannungen sowie des Scheitelwerts und beliebiger Zwischenwerte hoher Wechselspannungen mit Hochspannungsmessern nach dem Generatorprinzip	134
3.6	Absolute Spannungsmessung	139
3.7	Messung elektrostatischer Aufladungen	142
3.7.1	Messung des Potentials	144
3.7.2	Messung der Ladung	145
3.7.3	Messung der elektrischen Feldstärke	148
3.7.4	Meßgeräte zur Messung elektrostatischer Aufladungen	148
4	Messung hoher, schnellveränderlicher Ströme mit dem Elektronenstrahloszilloskop	153
4.1	Niederohmige Meßwiderstände	153
4.2	Magnetische Spannungsmesser (Rogowski-Spulen)	168
4.3	Hall-Generatoren	173
5	Nichtkonventionelle Messung hoher Spannungen und Ströme	176
5.1	Optische Effekte	177
5.2	Intensitätsmodulation	181
5.3	Nichtkonventionelle Strommessung	184
5.3.1	Aktive Systeme	185
5.3.2	Passive Systeme	186
5.4	Nichtkonventionelle Spannungsmessung	188
6	Dielektrische Messungen	191
6.1	Serien- und Parallelersatzschaltbild verlustbehafteter Kondensatoren	191
6.2	Brückenschaltungen zum Messen von Kapazitäten und Verlustfaktoren	193
6.2.1	Verlustfaktormeßbrücke nach Schering	193
6.2.2	Schering-Brücke für hohe Ladeströme	195
6.2.3	Schering-Brücke für hohe Verlustfaktoren	196
6.2.4	Universal- C -tan δ -Meßbrücke	197
6.2.5	Verlustfaktormeßbrücke mit Stromkomparator	198
6.3	Allgemeine Betrachtungen über Empfindlichkeit, Abschirmung und Brückenelemente	201

6.3.1	Empfindlichkeit	201
6.3.2	Vergleichskondensator	202
6.3.3	Streukapazitäten und Abschirmung	204
6.3.4	Nullindikatoren	208
6.4	Messung der Kapazität und des Verlustfaktors geerdeter Prüflinge	211
6.4.1	Messung geerdeter Prüflinge mit der Sehering-Brücke	211
6.4.2	<i>M</i> -Schaltung	213
6.4.3	Verlustfaktormessung mit dem Verfahren der gedämpften Schwingung	213
7	Teilentladungsmesstechnik	215
7.1	Teilentladungsimpulse in Hohlräumen	216
7.2	Teilentladungsmessschaltungen	220
7.3	Prüflinge mit verteilten Parametern	224
7.4	Meßgeräte zur Erfassung von Teilentladungen	227
7.5	Aussagekraft der am Ankopplungsvierpol gemessenen Größen in bezug auf die Größe der tatsächlichen Teilentladungen	231
7.6	Äquivalenz von Teilentladungsmesßergebnissen in Picocoulomb und Mikrovolt	234
7.7	Abschließende Bemerkungen zur Teilentladungsmesstechnik	237
	Literaturverzeichnis	240
	Sachverzeichnis	273