

Adolf J.Schwab

# Hochspannungs meßtechnik

Meßgeräte und Meßverfahren

Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 256 Abbildungen

Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York 1981

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Oszilloskopmeßtechnik für schnell veränderliche hohe Spannungen und Ströme</b>	<b>1</b>
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 Differenz Verstärkern	27
<b>2</b>	<b>Messung hoher Stoßspannungen mit Spannungsteiler und Elektronenstrahlosziloskop</b>	<b>29</b>
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

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

Inhaltsverzeichnis	IX	
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 Schering-Brücke . . . . .	211
6.4.2	Jf-Schaltung . . . . .	213
6.4.3	Verlustfaktormessung mit dem Verfahren der gedämpften Schwingung . . . . .	213
<b>7</b>	<b>Teilentladungsmeßtechnik . . . . .</b>	<b>215</b>
<b>7.1</b>	Teilentladungsimpulse in Hohlräumen . . . . .	<b>216</b>
<b>7.2</b>	Teilentladungsmeßschaltungen . . . . .	<b>220</b>
<b>7.3</b>	Prüflinge mit verteilten Parametern . . . . .	<b>224</b>
<b>7.4</b>	Meßgeräte zur Erfassung von Teilentladungen . . . . .	<b>227</b>
<b>7.5</b>	Aussagekraft der am Ankopplungsvierpol gemessenen Größen in bezug auf die Größe der tatsächlichen Teilentladungen . . . . .	<b>231</b>
<b>7.6</b>	Äquivalenz von Teilentladungsmeßergebnissen in Picocoulomb und Mikrovolt	<b>234</b>
<b>7.7</b>	Abschließende Bemerkungen zur Teilentladungsmeßtechnik . . . . .	<b>237</b>
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>		<b>240</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>		<b>273</b>