
Inhalt

Vorwort	7
1 Einleitung	9
Themenbereiche, Voraussetzungen zum Einstieg	9
Vorstellung der Kapitelinhalte	10
2 Hintergründe zur vektoriellen Netzwerkanalyse	11
Elektrisch kurz, elektrisch lang	11
Reflexionsfaktor	13
Skalare und vektorielle Betrachtung	14
Smithdiagramm	16
3 S-Parameter	17
Welle, 1-Tor, 2-Tor, n-Tor	17
Nummerierung, Bezeichnungsstruktur der S-Parameter	19
Eingangs- und Ausgangsreflexionsfaktor	20
Vorwärts- und Rückwärtsübertragungsfaktor	21
Matrizenschreibweise der S-Parameter	22
Grundregeln der Matrizenrechnung	22
4 Vom S-Parameter zur Welt der Netzwerkparameter	25
Netzwerkparameter Z, Y	25
Matrizenschreibweise der Netzwerkparameter	26
Umrechnung zwischen S-Parameter und Netzwerkparameter	28
Kernpunkte, Gegenüberstellung S-Parameter zu Netzwerkparameter	28
5 Touchstone Fileformat (SnP-Format)	29
Struktur der Datei	29
Software-Tools: SPEX, RFSim99, Smith-Chart, Ansoft-Designer	30
6 Grundprinzipien der Gerätetechnik	34
Messung von Transferverhalten, Durchgangskennlinien	34
Messung der Anpassung, direktives Element	36
Blockschaltbild „skalar“	37
Industriell gefertigte Geräte „skalar“	38
Direktive Elemente: Richtkoppler, Reflektions-Brücke	39
Stehwellenmessgeräte	39
Selbstbauprojekte „skalar“	39
Der Schritt zur vektoriellen Betrachtung	40
Bezugsebene	40
Der vektorielle Netzwerkanalyzer - das Blockschaltbild ergänzt	41
Industrielle gefertigte Geräte „vektoriell“	42
Selbstbauprojekte „vektoriell“	43
7 Kalibrierung – Festlegen der Messbezugsebene	45
Definierte Leitungsabschlüsse: OPEN, SHORT, MATCH, THRU	45
Bezugsebene der SMA-Norm	46
Ersatzschaltbild der Kalibriernormale	47
Charakterisierung der Kalibriernormale	47

Zusammenhänge Frequenz, Phase, Laufzeit	48
Offset	50
Embedding, Deembedding	51
Kalibrierverfahren	52
Fehlerterm	54
„Verlust“ der Kalibrierung	54
Schritt für Schritt-Anleitung	54
Kalibriernormale im Eigenbau	55
Plausibilität einer Kalibrierung	56
Bezugsebene der N-Norm	57
8 Messungen an Antennen	60
Eintormessung S_{11} - Reflexionsfaktor	60
Fremdsignalbeeinflussung	61
Wahl der Bezugsebene, Einfluss der Zuleitung	64
Wirkung der Leitungstransformation	65
Berücksichtigung der Kabellänge durch Eingabe eines Offsets	65
Ermittlung der Kabellänge, TDR-Verfahren und dessen Nachteil	66
Ermittlung der Kabellänge, DTF-Verfahren	68
Gegenüberstellung der Ergebnisse skalarer und vektorieller Messungen	70
Mobilantenne auf Magnetfuß	71
Gummiwendelantenne	73
Anpassung am Empfängereingang	74
Zusammenschalten von Antennen - Anpasstopf	75
Umschaltung von Antennen mit Relais	76
9 Längenmessungen an Leitungen	78
Bezugsebenen bei Längenmessungen	78
Längenmessungen auf Basis des VSWR bzw. der Rückflussdämpfung	79
Längenmessungen mit dem DTF-Verfahren	81
10 Leitungseinflüsse kompensiert durch Kalibrierung	86
Szenarien: Messung am Leitungsanfang oder am Leitungsende	86
Provozierte Stoßstellen durch unterschiedlichen Wellenwiderstand	90
11 Untersuchungen an Leitungen	92
Untersuchung der Leitungsqualität mit Präzisionsabschluss	92
Provozierte Stoßstellen	93
Zusammenschalten von Leitungen mit unterschiedlichem VF	94
Analyse der Stoßstellen mit Hilfe von DTF	95
Beurteilung der Qualität von Steckverbindungen	97
Sünden beim Kabelanschluss	99
Präzisionsmessleitungen: Wo liegt der Unterschied?	101
Parallelgeschaltete Leitungen, Bestimmung des Wellenwiderstands	103
Anpasstopf: Bestimmung des Wellenwiderstands	105
Wellenwiderstand von Leiterbahnen (Stripline)	105
12 Messung an Bauteilen	106
Anschluss der Bauteile am Analyzer (Fixture)	107
Messung an Kondensatoren - Eigenresonanz	107
Messung an Spulen, Drosseln - Eigenresonanz	108
Güte von Bauteilen	109
Fehlerbetrachtung: Offset der Bezugsebenen und deren Einfluss	110
Vergleich unterschiedlicher Bauformen	113
Resonanzverhalten parallelgeschalteter Kondensatoren	113

Funktionsprüfung Quarzfilter	114
Messadapter für Quarzfilter	115
Anpassnetzwerk zum Quarzfilter, Embedding	116
Funktionsprüfung von Quarzen	117
Anpassnetzwerk nach IEC-Norm	117
Serien- und Parallelresonanz, Lastkapazität	118
Oberton-Quarze	120
Untersuchung eines Bauteils mit mehreren Toren	121
Untersuchung eines Verstärkers	126
13 Gruppenlaufzeit	128
Definition der Gruppenlaufzeit	128
Gruppenlaufzeitmessung	?
Anhang	135
A1 Zusammenstellung der verwendeten Formeln	135
A2 Diagramm: Frequenz, Wellenlänge, Phasenwinkel	138
Index	139