

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	x
1 Einleitung	1
2 Grundlagen der digitalen Wirkleistungsmessung	5
2.1 Stand der Technik bei der hochfrequenten Wirkleistungsmessung	5
2.1.1 Breitbandige Wirkleistungsmessung	6
2.1.2 Breitbandige resistive Spannungsteiler	9
2.1.3 Breitbandige Shunts	11
2.2 Definitionen der Messwerte	12
2.2.1 Messwerte der Spannungsmessung	14
2.2.2 Messwerte der Strommessung	15
2.2.3 Messwerte der Leistungsmessung	16
3 Methoden der Messkanalentwicklung	17
3.1 Ablauf der REF600 Entwicklung	17
3.2 Signalkonditionierung im Messkanal	17
3.2.1 Einfluss der Rauschquellen auf die Messunsicherheit	21
3.2.2 Blockschaltbilder des Messkanals	28
3.2.3 Numerische Analyse der Baugruppen im Signalpfad	30
3.2.4 Festlegen der zu kalibrierenden Messbereichskombinationen	38
3.3 Versuchsaufbau zum Bestimmen der AC-DC Differenz .	43
3.3.1 Entwicklungsbegleitende Vergleichsmessungen .	43
3.3.2 Kalibrieraufbau für den Spannungsmesskanal .	46
3.3.3 Kalibrieraufbau für den Strommesskanal	50

3.4 Breitbandiger Spannungseingang	55
3.4.1 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit	56
3.4.2 Streukapazität im Eingangsspannungsteiler	57
3.4.3 Dielektrische Absorption im Leiterplattenmaterial	62
3.5 Breitbandiger Stromeingang	67
3.5.1 Technische Daten der Shunts	68
3.5.2 Diffusionsstrom der Schutzdiode	69
3.5.3 Temperaturdrift und andere reversible Effekte der Shunts	71
3.5.4 Irreversible Effekte der Shunts	72
3.5.5 Eigeninduktivität der Shunts	73
3.5.6 Skineffekt und Proximityeffekt	74
3.5.7 Numerische Berechnung der Stromverteilung in den Shunts	76
3.6 Versuchsaufbau zum Bestimmen der Phasengenauigkeit	90
3.6.1 Signallaufzeit innerhalb des Messkanals	92
3.6.2 Phasenverschiebung der Signale auf den Messleitungen	92
3.6.3 Systematische Messfehler	98
3.6.4 Kondensator als Referenzlast	99
3.6.5 Luftspule als Referenzlast	102
4 Experimentelle Ergebnisse und Interpretation	115
4.1 Rauschuntersuchungen	115
4.1.1 Spektrale Verteilung des Rauschens	116
4.1.2 Histogramme des Rauschens	119
4.1.3 Auswirkung des Abtasttakt-Jitters	124
4.1.4 Rauscheffektivwerte	124
4.2 Störfestigkeitsuntersuchung	129
4.2.1 Bursttest nach IEC 61000-4-4 und IEC 61326-1 .	129
4.2.2 Gleichtaktunterdrückung	130
4.3 AC-DC Differenz verschiedener Eingänge und Messbereiche	131
4.4 Linearitätstests	136
4.5 Signalfilterdämpfung und Gruppenlaufzeitdifferenz .	140
4.6 Kalibrierung der Toroidluftspule und Laufzeitabgleich .	144
4.7 Überprüfung des REF600 bei der PTB	152

5 Zusammenfassung	162
Anhang	
A Pflichtenheft	166
B Spezifikation	180
C Isolationskoordination	191
D Widerstandslegierungen	199
E Quelltexte	201
Literaturverzeichnis	231
Veröffentlichungen	252
Abbildungsverzeichnis	254
Tabellenverzeichnis	262
Quelltextverzeichnis	264
Lebenslauf	265