

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>x</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen der digitalen Wirkleistungsmessung</b>	<b>5</b>
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
<b>3 Methoden der Messkanalentwicklung</b>	<b>17</b>
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 Kalibriereraufbau für den Spannungsmesskanal . .	46
3.3.3 Kalibriereraufbau 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 Schutzdioden . . . . .	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
<b>4 Experimentelle Ergebnisse und Interpretation</b>	<b>115</b>
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

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