

# Inhalt

<b>Vorwort</b>	.....	5
<b>Inhalt</b>	.....	9
<b>1</b>	<b>Das Konzept der Elektromagnetischen Verträglichkeit</b> .....	13
<b>2</b>	<b>Spannungsschwankungen und Flicker</b> .....	23
<b>3</b>	<b>IEC-Flickermeter</b> .....	31
<b>4</b>	<b>Summationseffekt</b> .....	39
<b>5</b>	<b>Flickermessungen</b> .....	55
5.1	Beurteilung von vertraglich vereinbarten Spannungs- qualitätsmerkmalen .....	55
5.2	Beurteilung der Spannungsqualität in öffentlichen Elektrizitäts- versorgungsnetzen .....	59
5.3	Beurteilung der Störaussendung von Nieder-, Mittel- und Hochspannungsanlagen .....	60
5.4	Störaufklärung .....	60
<b>6</b>	<b>Ast-Verfahren</b> .....	65
<b>7</b>	<b>Flicker durch Zwischenharmonische</b> .....	69
<b>8</b>	<b>Berechnung der Flickerstärke</b> .....	75
8.1	Begriffe und Definitionen .....	75
8.2	Vorausberechnung des Flickerpegels für einfache Spannungs- änderungsverläufe .....	77
8.3	Ast-Verfahren .....	91
<b>9</b>	<b>Ermittlung des Spannungsänderungsverlaufs zur Beurteilung der Störaussendung einzelner Verbrauchs- einrichtungen</b> .....	93
9.1	Bestimmung der Kurzschlussleistung .....	93
9.1.1	Netzeinspeisung .....	94
9.1.2	Transformatoren .....	95
9.1.3	Freileitungen und Kabel .....	96
9.1.1	%/MVA-Verfahren .....	105
9.2	Berechnung der relativen Spannungsänderung .....	110
9.2.1	Symmetrische Belastung .....	110

9.2.2	Unsymmetrische Belastung . . . . .	115
9.2.2.1.	Belastung zwischen den Leitern L1 und L2 . . . . .	115
9.2.2.2	Belastung zwischen den Leitern L1 und L0 . . . . .	118
9.2.2.3	Anschluss über einen Transformator an das Netz . . . . .	119
<b>10</b>	<b>Verteilung der Flickerpegel im Netz . . . . .</b>	<b>131</b>
10.1	Abwärtstransfer . . . . .	132
10.2	Aufwärtstransfer . . . . .	137
10.3	Verteilung der Flickerstärke im Strahlennetz . . . . .	139
10.4	Flicker in vermaschten Netzen . . . . .	140
10.5	Flicker in zwei gekoppelten Teilnetzen . . . . .	140
10.7	Summation der $P_{st}$ -Werte von verschiedenen Sammelschienen . . . . .	142
10.7	Verlegung des Anschlusspunkts einer Last . . . . .	145
<b>11</b>	<b>Motoren . . . . .</b>	<b>157</b>
<b>12</b>	<b>Flicker-Erzeuger großer Leistung . . . . .</b>	<b>167</b>
12.1	Drehstrom-Lichtbogenofen . . . . .	167
12.1.1	Anschluss und Betrieb eines Drehstrom-Lichtbogenofens an das öffentliche Netz . . . . .	190
12.2	Widerstandsschweißmaschinen . . . . .	193
12.3	Windenergieanlagen . . . . .	211
12.3.1	Physikalische Grundlagen der Windenergienutzung . . . . .	211
12.3.2	Aufbau einer Windenergieanlage . . . . .	216
12.3.3	Betrieb von einzelnen Windenergieanlagen . . . . .	219
12.3.3.1	Schwankungen der Windgeschwindigkeit . . . . .	221
12.3.3.2	Turmstau-/Turmschatteneffekt . . . . .	222
12.3.3.3	Einfluss der Geländeart . . . . .	226
12.3.3.4	Einfluss der Generatorart . . . . .	226
12.3.3.5	Einfluss des Netzimpedanzwinkels . . . . .	229
12.3.3.6	Schalthandlungen . . . . .	229
12.3.4	Windparks . . . . .	233
12.3.5	Betrieb von Windenergieanlagen . . . . .	237
12.3.6	Anschluss von Windenergieanlagen an das MS-Netz . . . . .	239
12.3.6.1	VDEW-Richtlinie . . . . .	240
12.3.6.1.1	Spannungsanhebung . . . . .	240
12.3.6.1.2	Schaltbedingte relative Spannungsänderung . . . . .	241
12.3.6.1.3	Langzeitflickerstärke . . . . .	243
12.3.6.2	Anwendung der Norm DIN EN 61400-21 (VDE 0127-21) . . . . .	249
12.3.6.2.1	Spannungsanhebung . . . . .	249
12.3.6.2.2	Schaltvorgänge . . . . .	249
12.3.6.2.3	Langzeitflickerstärke . . . . .	251
12.3.6.2.4	Prüfung von WEA nach DIN EN 61400-21 (VDE 0127-21) . . . . .	252
12.3.6.2.4.1	Bestimmung des Flickerbeiwerts . . . . .	254

12.3.6.2.4.2	Bestimmung des Flickerformfaktors . . . . .	260
12.3.6.2.4.3	Bestimmung des Spannungsänderungsfaktors . . . . .	261
12.3.7	Anschluss von Windenergieanlagen an das HS-Netz . . . . .	262
<b>13</b>	<b>Flickerkompensation . . . . .</b>	<b>267</b>
13.1	Lastsymmetrierung . . . . .	267
13.2	Kompensationsverfahren . . . . .	273
13.2.1	Thyristorgeschaltete Kondensatoren (TSC) . . . . .	274
13.2.2	Thyristorgeregelte Induktivitäten (TCR) . . . . .	274
13.2.3	Aktive Filter (AFC) . . . . .	278
13.2.4	Dynamische Flickerkompensation bei bekannten, vorausbestimmbaren Spannungsänderungsverläufen . . . . .	283
13.2.4.1	Dynamische Flickerkompensation (DFC) bei puls förmigen . . . . . Spannungsänderungsverläufen . . . . .	283
13.2.4.2	Dynamische Flickerkompensation bei beliebigen Spannungs- änderungsverläufen . . . . .	288
<b>14</b>	<b>Anschluss von Flicker erzeugenden Anlagen an das öffentliche Mittel- und Hochspannungsnetz . . . . .</b>	<b>297</b>
14.1	Die Regelungen der IEC 61000-3-7:1996-10 . . . . .	297
14.1.1	Begriffe, Definitionen, grundlegende Konzepte . . . . .	297
14.1.2	Bestimmung der Störaussendungspegel einer einzelnen Kundenanlage . . . . .	301
14.1.3	Koordination der Störgrößen im Mittel- und Hochspannungsnetz	305
14.1.3.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	305
14.1.3.2	„Stufe 1“ – Zulassung . . . . .	306
14.1.3.3	„Stufe 2“-Zulassung . . . . .	308
14.1.4	„Stufe 3“-Zulassung . . . . .	315
14.1.5	Begrenzung der maximalen Spannungsänderung . . . . .	315
<b>15</b>	<b>DIN EN 50160:2000-03 . . . . .</b>	<b>325</b>
15.1	Allgemeines . . . . .	325
15.2	Technische Anforderungen (Auszug) . . . . .	328
<b>16</b>	<b>Begriffe und Definitionen . . . . .</b>	<b>333</b>
16.1	Englisch/Deutsch . . . . .	333
16.2	Deutsch/Englisch . . . . .	339
<b>Formelzeichen</b>	. . . . .	<b>349</b>
<b>Indizes</b>	. . . . .	<b>350</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	. . . . .	<b>353</b>