

Dipl.-Ing. Peter Panzer

(=>Z<| .

# **Praxis des Überspannungs- und Störspannungsschutzes**

elektronischer Geräte und Anlagen

VOGEL Buchverlag Würzburg

# Inhaltsverzeichnis

<b>Ursachen für Überspannungen - Notwendigkeit des elektronischen Geräteschutzes</b>	11
1.1 Einleitung	11
1.2 Blitz	12
1.3 NEMP	15
1.4 ESD	18
1.4.1 Grundregeln zum Schutz gegen Elektrostatik	19
1.4.2 Empfindlichkeit elektronischer Bauteile gegen Elektrostatik	20
1.5 EMP	22
1.6 EMI	23
1.7 Zusammenfassung	25
1.8 Leitfaden für Entscheidungsträger zur Gefährdung der Mikroelektronik durch Überspannungen	25
<b>Gefährdungspotential Blitz</b>	29
2.1 Blitzstromparameter	29
2.2 Schutzkonzept «Äußerer Blitzschutz»	31
2.2.1 Allgemeines	31
2.2.2 Errichtung des äußeren Blitzschutzes	31
2.2.3 Fangeinrichtungen	32
2.2.4 Ableitungen	38
2.2.4.1 Material für Ableitungen	39
2.2.4.2 Verlegung der Ableitungen	39
2.2.4.3 Verwendung von größeren Metallteilen als Ableitungen	39
2.2.4.4 Metallene Regenfallrohre	39
2.2.5 Trennstellen	40
2.2.6 Erdungsanlage	40
2.3 Schutzkonzept «Innerer Blitzschutz»	41
2.3.1 Allgemeines	41
2.3.2 Dehnventil-Überspannungsableiter	41
2.3.2.1 Aufbau und Wirkungsweise	42
2.3.3 Überspannungsschutz durch Einbau von Ventilableitern	45
2.3.3.1 Gefährdung von Niederspannungs-Verbraucheranlagen durch Überspannungen	45
2.3.3.2 Elektrische Eigenschaften der VentileWeiter VA und NHVA	48
2.3.3.3 Energieabsorptionsvermögen	49
2.3.3.4 Abtrennvorrichtung	51
2.4 Schutzkonzept «Erdungsanlage, konsequenter Potentialausgleich»	52
2.4.1 Erdungsanlage	52
2.4.2 Erder	52
2.4.3 Fundamenterder	57
2.4.4 Potentialsteuerung	60
2.4.5 Korrosion und Korrosionsschutz bei Erdern	61

2.4.5.1	Feuerverzinkter Stahl	63
2.4.5.2	Stahlrunddraht mit Bleimantel	64
2.4.5.3	Blankes Kupfer	64
2.4.5.4	Kupfer mit Bleimantel	64
2.4.5.5	Stahl mit Kupfermantel	64
2.4.6	Hinweise für den Zusammenschluß von Erdern aus verschiedenen Werkstoffen und von Erdern mit anderen unterirdischen Anlagen ..	64
2.4.7	Hinweise für zusätzliche Korrosionsschutzmaßnahmen bei Blitzschutz- und Erdungsanlagen	65
2.4.8	Potentialausgleich	66
2.4.8.1	Durchführung des Potentialausgleichs	66
2.4.8.2	Fremdnäherungen	69
2.4.8.3	Eigennäherungen	70
2.4.8.4	Näherungen zu elektrischen Installationen	70
2.4.9	Erdung und Potentialausgleich von Antennenanlagen	71
<b>3</b>	<b>Überspannungen auf elektrischen Leitungen</b>	<b>75</b>
3.1	Einkopplungsarten	75
3.2	Begriffe und Definitionen	78
3.2.1	Vorbemerkungen	78
3.2.2	Scheitelwert $\ddot{u}$	78
3.2.3	Spannungsanstieg $du/dt$	79
3.2.4	Halbwertbreite einer Stoßspannung	80
3.2.5	Scheitelstrom $f$	81
3.2.6	Anstiegszeit des Stoßstromes $di/dt$	81
3.2.7	Halbwertbreite eines Stoßstromes	81
3.2.8	Stromquadratimpuls $i^2 \cdot dt$	81
3.3	Blitzstrombelastung von Leitern	82
3.3.1	Thermische Wirkung (Erwärmung)	82
3.3.2	Elektrodynamische Wirkungen (Kräfte)	83
3.3.3	Induktive Spannungsabfälle	84
3.4	Entstehung und Ausbreitung von Überspannungen auf Leitungen und Kabeln	85
3.4.1	Längsspannungen	85
3.4.2	Begrenzung von Längsspannungen	86
3.4.3	Querspannungen	88
3.4.4	Begrenzung von Querspannungen	88
<b>4</b>	<b>Schutzelemente</b>	<b>89</b>
4.1	Edelgasgefüllte Überspannungsableiter (ÜsAg)	89
4.1.1	Allgemeines	89
4.1.2	Schutzprinzip und Aufbau des ÜsAg	89
4.1.3	Arbeitsweise des ÜsAg	91
4.1.4	Ansprechverhalten des ÜsAg	93
4.1.5	Löschverhalten des ÜsAg im praktischen Betrieb	94
4.1.6	Erläuterung zu den Tabellenwerten	95
4.1.6.1	Ableitströme	95
4.1.6.2	Ansprechgleichspannung $C_{ag}$	96
4.1.6.3	Nennansprechgleichspannung $f_{agN}$	96
4.1.6.4	Ansprechgleichspannung bezogen auf $C_{agN}$ in %	96
4.1.6.5	Ansprechstoßspannung $\llcorner_{as}$	97
4.1.6.6	Nennableitstrom $z'_{sN}$	97
4.1.6.7	Nennableitwechselstrom $/_{wN}$	98

4.1.6.8	Maximaler Folgestrom während einer Spannungshal-	98
	welle (50 Hz) . . . . .	
4.1.6.9	Isolationswiderstand $R_{is}$ . . . . .	98
4.1.6.10	Kapazität C . . . . .	98
4.1.7	3-Elektroden-Ableiter . . . . .	105
4.2	Funkenstrecken . . . . .	106
4.3	Varistoren . . . . .	109
4.3.1	Allgemeines . . . . .	109
4.3.2	Aufbau . . . . .	111
4.3.3	Anwendungen, Einsatzgebiete . . . . .	112
4.3.4	Auswahlkriterien . . . . .	113
4.3.4.1	Betriebsspannung . . . . .	120
4.3.4.2	Energieabsorption . . . . .	120
4.3.4.3	Stoßstrom . . . . .	123
4.3.4.4	Schutzpegel . . . . .	123
4.3.4.5	Varistorspannung . . . . .	123
4.3.4.6	Kapazität . . . . .	123
4.3.4.7	Verlustleistung . . . . .	123
4.3.4.8	Betriebstemperaturbereich . . . . .	123
4.3.4.9	Ansprechzeit . . . . .	123
4.3.4.10	Anwendungsbeispiele . . . . .	124
4.4	Schutzdioden . . . . .	125
4.4.1	Allgemeines . . . . .	125
4.4.2	Technische Merkmale von Suppressor-Dioden . . . . .	127
4.4.3	Definition der Diodenparameter . . . . .	127
4.4.4	Auswahlbeispiel für Transzorb-Dioden . . . . .	131
4.4.5	Typische Transzorb-Anwendungen . . . . .	145
	<b>Schutzschaltungen</b> . . . . .	147
5.1	Grob- und Feinschutz . . . . .	147
5.2	Kombinationsschaltungen . . . . .	148
5.2.1	Direkte Parallelschaltung ÜsAg-Metalloxid-Varistor . . . . .	148
5.2.2	Indirekte Parallelschaltung . . . . .	149
5.2.3	3-Komponenten-Staffelschutz ÜsAg-Varistor-Schutzdiode . . . . .	149
5.2.4	Reihenschaltung ÜsAg-Varistor . . . . .	150
5.3	Einbau von Schutzschaltungen . . . . .	151
5.4	Überspannungsschutz von Geräten . . . . .	154
5.4.1	Überspannungsschutzmaßnahmen . . . . .	154
5.5	Schutzschaltungen für koaxiale Hf-Leitungen . . . . .	160
5.5.1	Allgemeines . . . . .	160
5.5.2	Grobschutz . . . . .	160
5.5.3	Feinschutz . . . . .	165
5.6	MSR-Schutz durch Blitzductoren . . . . .	167
5.6.1	Maßnahmen zum Überspannungsschutz von MSR-Einrichtungen . . . . .	168
5.6.2	Aufbau, Schaltung, Auswahl von Blitzductoren . . . . .	171
5.6.3	Betriebsverhalten der Blitzductoren, Montagehinweise . . . . .	171
5.6.3.1	Betriebsspannungen . . . . .	171
5.6.3.2	Betriebsströme . . . . .	171
5.6.3.3	Nennableitstoßstrom . . . . .	173
5.6.3.4	Einbau in eigensicheren Stromkreisen . . . . .	173
5.6.3.5	Verhalten bei Überlastung . . . . .	176
5.6.3.6	Schutzart . . . . .	176
5.6.3.7	Montagehinweise . . . . .	176

<b>Schutzeinrichtungen für mobile und stationäre Betriebsstätten - BEE-Schutzkonzept</b> .....	177
6.1 BEE-Überspannungsschutz .....	177
6.2 BEE-Schutzkonzept NF .....	178
6.3 Netzanschußbeinheit .....	181
6.3.1 Allgemeines .....	181
6.3.2 Schutz gegen gefährliche Berührungsspannungen .....	182
6.3.3 Schutz gegen Überspannung .....	184
6.3.4 Überspannungsschutzschaltung .....	184
6.3.5 Schutz gegen elektromagnetische Störungen .....	185
6.3.6 Technische Daten .....	185
6.4 BEE-Schutz Netz 63 A .....	187
6.4.1 Allgemeines .....	187
6.4.2 Technische Daten .....	187
<b>Netzfilter und ihre Anwendung</b> .....	189
7.1 Allgemeines .....	189
7.2 Vorschriften .....	189
7.3 Störquellen .....	192
7.4 Störausbreitung .....	193
7.5 Netzfilter .....	194
7.6 Ableitstrom .....	196
7.7 Auswahl industriell gefertigter Netzfilter .....	197
7.7.1 Netzfilter kurze Bauform FN 323 .....	197
7.7.2 Netzfilter mit Schukostecker und Steckdose FR12Z, FR22Z .....	199
7.7.3 Universalnetzfilter FN 610 .....	201
7.7.4 Netzentstörfilter mit hoher Dämpfung FN 660 .....	203
7.8 Netzfilter mit Erdleiterdrossel .....	207
Quellennachweis .....	209
Literaturverzeichnis .....	210
Stichwortverzeichnis .....	217