

目 次

Contents

第1章 雷現象	1
1.1 雷現象の概要	1
1.2 雷雲	2
1.3 対地雷放電の過程	4
1.4 雷雨日数と大地落雷密度	9
1.5 雷電流の性状	18
1.6 冬季雷の特徴	28
1.7 雷放電電流の物理的影響	32
第2章 建築物に侵入する雷サージ様相	43
2.1 雷サージの影響とその侵入経路	43
2.2 低圧配電線から侵入する雷サージ様相	59
2.3 通信線から侵入する雷サージ様相	69
2.4 建築物に侵入する雷サージ様相の実験的検討	73
2.5 集合住宅・オフィスビル・工場等に侵入する雷サージ様相	80
2.6 複数建物間に跨った設備に侵入する雷サージ様相	82
2.7 無線鉄塔などに侵入する雷サージ様相	85
第3章 機器・設備の雷被害様相	91
3.1 社会の進展と雷被害	91
3.2 家電機器類の雷被害調査	93
3.3 電力供給設備の雷被害様相	109
3.4 無線基地局設備の雷被害様相	115
3.5 風力発電設備と太陽光発電設備の雷被害様相	122

Chapter 1 Lighting Phenomena	1
1.1 General descriptions of lighting phenomena	1
1.2 Thunderclouds	2
1.3 Process of lightning discharge to ground	4
1.4 Isokeraunic level and ground flash density	9
1.5 Characteristics of lightning current	18
1.6 Characteristics of winter lightning	28
1.7 Physical impacts of lightning discharge current	32
Chapter 2 Behavior of Lightning Surges Entering Buildings	43
2.1 Impacts of lightning surges and their route of invasion	43
2.2 Behavior of lightning surges invading via low voltage distribution lines	59
2.3 Behavior of lightning surges invading via telecommunication lines	69
2.4 Experimental studies on the behavior of lightning surges invading buildings	73
2.5 Behavior of lightning surges invading collective houses, office buildings and plants	80
2.6 Behavior of lightning surges invading facilities connected across several buildings	82
2.7 Behavior of lightning surges invading a radio tower	85
Chapter 3 Lightning Damage Aspect of Equipment and Plant	91
3.1 Development of society and lightning damage	91
3.2 Inspection of lightning damage to home appliances	93
3.3 Lightning damage to power supply facilities	109
3.4 Lightning damage to wireless facilities	115
3.5 Lightning damage to wind power generation and photovoltaic power facilities	122

第4章 電気・電子機器の絶縁性能	129	Chapter 4 Insulating Performance of Electrical and Electronic Equipment	129
4.1 絶縁性能の基準・規格	129	4.1 Standards of insulating performance	129
4.2 雷サージに対する絶縁性能	135	4.2 Insulating performance against lightning surge	135
4.3 インパルス耐電圧試験法	137	4.3 Impulse withstand voltage test method	137
4.4 試験に用いる代表的波形	142	4.4 Typical waveform for test	142
第5章 雷サージ対策の基本	147	Chapter 5 Basics of Protection Measures against Lightning Surges	147
5.1 雷サージ対策の基本的な考え方	147	5.1 Basic ideas on protection measures against lightning surges	147
5.2 保護対象となる雷電流レベル	156	5.2 Lightning current level for protection	156
5.3 雷サージ対策	158	5.3 Surge protection measures	158
5.4 リスクマネージメント	172	5.4 Risk management	172
5.5 EMTPによる雷過電圧防護に関するEMTP解析	185	5.5 EMTP analysis for lightning overvoltage protection by SPDs	185
5.6 建物内における雷電磁環境に関するFDTD解析	199	5.6 FDTD analysis of the lightning electromagnetic environment inside structures	199
第6章 雷保護装置	205	Chapter 6 Lightning Protection Device	205
6.1 雷保護装置の必要性	205	6.1 Necessity of lightning protection equipment	205
6.2 SPD(サージ防護デバイス)の種類と特性	207	6.2 Type and characteristic of SPDs	207
6.3 避雷管(GDT: Gas Discharge Tube)	210	6.3 Gas discharge tube (GDT)	210
6.4 ZnOバリスタ	220	6.4 ZnO varistor	220
6.5 アバランシブレークダウンダイオード(ABD:Avalanche Breakdown Diode)	241	6.5 Avalanche breakdown diode (ABD)	241
6.6 サージ防護サイリスター(TSS:Thyristor Surge Suppressors)	246	6.6 Thyristor surge suppressors (TSS)	246
6.7 保護装置	248	6.7 Surge protective device	248
6.8 複数SPD間のエネルギー協調	265	6.8 Energy coordination between multiple SPDs	265
6.9 SPDのサージ応答特性と保護性能の評価	271	6.9 Characteristics of surge response of SPDs and evaluation of protection capabilities	271
第7章 電気・電子機器の雷保護対策	277	Chapter 7 Lightning Protection Measures of Electrical and Electronic Equipment	277
7.1 戸建住宅の雷保護対策	277	7.1 Lightning protection measures for detached house	277
7.2 工場・事務所での雷保護対策	294	7.2 Lightning protection measures for plants and office buildings	294
7.3 雷サージのEMCの影響	312	7.3 EMC Impact of lightning surges	312

第8章 雷保護に関する接地	315	Chapter 8 Grounding for Lightning Protection	315
8.1 接地の基本概念	315	8.1 Basic concept of grounding	315
8.2 雷保護用接地	322	8.2 Grounding for lightning protection	322
8.3 過渡接地特性と大電流特性	324	8.3 Transient grounding characteristics and high current characteristics	324
8.4 接地システム	330	8.4 Grounding systems	330
8.5 SPD の接地線	333	8.5 Grounding conductors of SPDs	333
第9章 今後の課題	341	Chapter 9 Future Issues	341
附録A 低圧回路に生じる過電圧	345	Appendix A Overvoltage Generated in Low-voltage Circuits	345
A.1 B種共通接地による過電圧	345	A.1 Overvoltage by class B common groundings	345
A.2 絶縁抵抗計による印加電圧	349	A.2 Applied voltage by insulation resistance testers	349
A.3 高低圧混触による過電圧	350	A.3 Overvoltage caused by abnormal contact between high and low voltages	350
A.4 電気用品安全法に基づく絶縁性能試験	351	A.4 Insulation performance test based on the electrical appliance and material safety act	351
A.5 1φ3W, 100-200V		A.5 Abnormal voltage generated between 1φ3W, 100-200V lines of circuits	351
回路の線間に生じる異常電圧	351		
附録B IEC規格の動向	353	Appendix B Trends of IEC Standard	353
B.1 IECについて	353	B.1 About the IEC	353
B.2 雷保護関連IEC規格について	354	B.2 IEC standards related to lightning protection	354
B.3 IEC規格と関連JISについて	359	B.3 IEC standard and relevant JIS	359
附録C アンテナ系に関する雷サージ対策について	363	Appendix C Surge Protection Measures of Antenna Structures	363
附録D 雷サージによる誤動作様相の実験的検討	369	Appendix D Experimental Studies on Malfunctions caused by Lightning Surge	369
D.1 誤動作実験	369	D.1 Experimental recreation of malfunction	369
D.2 誤動作対策実験	371	D.2 Experiment of malfunction countermeasures	371
D.3 まとめ	373	D.3 Conclusion	373
あとがき		Postface	

