

目 次

第1章 高電圧大電流工学の意味

1.1 高電圧, 大電流の利用	1
1.2 高電圧および大電流工学	2

第2章 高電圧の基礎

2.1 まえがき	4
2.2 高電圧の波形	4
2.2.1 交 流	4
2.2.2 直 流	5
2.2.3 インパルス	5
2.3 高電圧試験の電極配置	7
2.3.1 電界分布	7
2.3.2 各種の電極配置	8
2.4 放電現象と放電電圧	9
2.4.1 放電の形態	9
2.4.2 インパルスのフラッシュオーバー率 (放電率)	11
2.5 極値統計	12
2.5.1 破壊確率の分布	12
2.5.2 極値分布	13
2.6 $V-t$ (電圧-時間) 特性	14
2.6.1 $V-t$ 特性の意味	14
2.6.2 短時間 (インパルス) $V-t$ 特性	14
2.6.3 長時間 $V-t$ 特性	15
2.7 進行波	16
2.8 電力系統の電圧	18
2.9 過電圧	19
2.9.1 雷過電圧	19
2.9.2 開閉過電圧	21
2.9.3 短時間過電圧 (持続性過電圧)	23
2.10 絶縁協調と絶縁階級	24
問 題	25

第3章 静電界とその計算

3.1	まえがき	27
3.2	静電界の基礎	27
3.3	電界計算の方法	29
3.3.1	解析的な方法と数値的な方法	29
3.3.2	差分法	29
3.3.3	有限要素法	30
3.3.4	電荷重畳法	31
3.3.5	表面電荷法	32
3.4	電界計算の応用	33
3.4.1	電界利用率の応用	33
3.4.2	静電容量と静電誘導	34
3.4.3	最適形状の設計	35
3.5	重要な配置の電界	36
3.6	数値的な電界計算の例	38
3.6.1	球ギャップの電界	38
3.6.2	同軸円筒端末など，ガス絶縁機器の電界	40
3.6.3	正方形電極の電界	41
3.6.4	CAE	42
	問 題	43

第4章 絶縁物の特性

4.1	まえがき	45
4.2	放電現象の基礎	45
4.2.1	気体中の導電	45
4.2.2	フラッシュオーバー (火花放電)	47
4.2.3	Paschen の法則	49
4.3	絶縁物の種類と性能	50
4.3.1	絶縁物の種類	50
4.3.2	絶縁物に要求される性能	51
4.4	大気圧空気 (大気)	51
4.4.1	基礎特性	51
4.4.2	不平等電界の特性	53
4.5	SF ₆ ガスおよびその他の気体	55
4.5.1	ガス絶縁	55
4.5.2	SF ₆ ガスの基礎特性	56

4.5.3	SF ₆ ガスの高気圧領域の特性	58
4.5.4	表面粗さと金属異物の影響	59
4.5.5	混合気体	61
4.6	油, その他の液体	62
4.6.1	油入絶縁	62
4.6.2	電氣的基礎特性	63
4.6.3	絶縁破壊	63
4.6.4	油浸絶縁	67
4.7	固体絶縁物	68
4.7.1	固体絶縁物の種類と特徴	68
4.7.2	固体絶縁物の定常電気伝導	71
4.7.3	固体絶縁物の絶縁破壊	72
4.7.4	破壊電圧特性	74
4.7.5	部分放電	76
4.7.6	トリイニング	79
4.7.7	固体絶縁物の等価回路と誘電正接 ($\tan \delta$)	80
4.8	真空	82
4.8.1	真空の絶縁破壊機構	82
4.8.2	絶縁破壊特性	83
4.9	極低温の気体および液体	84
4.10	沿面放電	86
4.10.1	沿面放電の分類	86
4.10.2	不平等電界形の沿面放電	87
4.10.3	平等電界形の沿面放電	88
	問 題	90

第5章 大電流現象

5.1	まえがき	93
5.2	大電流による損失	93
5.2.1	ジュール損	93
5.2.2	漂遊負荷損	94
5.2.3	鉄 損	94
5.3	接点および接点材料	96
5.3.1	接点現象	96
5.3.2	接点材料	97
5.4	大電流による電磁力	98
5.4.1	導体間の電磁力	98

5.4.2	電気接点の電磁反発力	98
5.4.3	変圧器巻線の電磁力	99
5.5	短絡事故と電流遮断	100
5.5.1	短絡事故	100
5.5.2	アーク現象	101
5.5.3	電流遮断現象	102
5.5.4	過渡回復電圧	104
5.6	消弧媒体と電流遮断	106
5.6.1	SF ₆ ガスおよび空気	106
5.6.2	真 空	108
5.6.3	その他の消弧媒体	110
問 題		110

第 6 章 高電圧および大電流の発生

6.1	まえがき	112
6.2	交流高電圧の発生	113
6.2.1	試験用変圧器	113
6.2.2	直列共振法	116
6.2.3	超低周波電圧の発生	116
6.3	直流高電圧の発生	117
6.3.1	交流高電圧の整流	117
6.3.2	静電発電機	119
6.4	インパルス電圧の発生	121
6.4.1	雷インパルス電圧の発生	121
6.4.2	開閉インパルス電圧の発生	124
6.5	交流大電流の発生	125
6.5.1	交流系統	125
6.5.2	短絡発電機	125
6.5.3	はずみ車式発電機	127
6.6	直流大電流の発生	129
6.6.1	整流器	129
6.6.2	電 池	130
6.6.3	直流機	130
6.7	パルス大電流の発生	131
6.7.1	コンデンサ	131
6.7.2	ラインパルサ	133
6.7.3	インダクタンス	135

問 題	137
-----	-----

第7章 高電圧および大電流の測定

7.1 まえがき	139
7.2 測定の原理	139
7.3 交流電圧の測定	140
7.3.1 球ギャップによる測定	140
7.3.2 高電圧コンデンサによる測定	144
7.3.3 計器用変圧器による測定	145
7.3.4 その他の測定方法	146
7.4 直流電圧の測定	146
7.4.1 球あるいは棒ギャップによる測定	146
7.4.2 抵抗分圧器による測定	147
7.4.3 静電電圧計および回転電圧計による測定	148
7.5 インパルス電圧の測定	148
7.5.1 球ギャップによる測定	149
7.5.2 分圧器による測定	149
7.5.3 その他の測定方法	155
7.6 大電流の測定	155
7.6.1 分流器	155
7.6.2 変流器	157
7.6.3 ログウスキーコイル	157
7.6.4 その他の測定方法	158
7.7 電界の測定	158
7.7.1 交流電界の測定	159
7.7.2 直流電界の測定	160
7.8 その他の測定	162
7.8.1 オプトエレクトロニクスを用いた高電圧大電流測定	162
7.8.2 放電現象の測定	165
7.8.3 コロナおよび部分放電の測定	167
7.8.4 $\tan\delta$ (誘電正接) の測定	170
7.8.5 変電所機器の外部診断技術	171
問 題	172

第8章 高電圧および大電流機器

8.1 まえがき	174
8.2 高電圧大電流機器の種類	174

8.3	架空送電線	176
8.3.1	架空送電線の絶縁	176
8.3.2	架空送電線の電流容量	178
8.4	がいしおよびブッシング	179
8.4.1	がいしの種類	179
8.4.2	がいしの耐電圧特性	182
8.4.3	送電線のがいし個数	183
8.4.4	がいし装置	184
8.4.5	ブッシング	184
8.5	地中線（電力ケーブル）	186
8.5.1	種類	186
8.5.2	CV ケーブル	187
8.5.3	CV ケーブルの絶縁設計	189
8.5.4	OF ケーブル	189
8.6	変電機器	191
8.6.1	変電所の設備	191
8.6.2	変圧器	191
8.6.3	避雷器	193
8.6.4	電力用コンデンサ	195
8.7	遮断器およびその他の開閉機器	197
8.7.1	SF ₆ ガス遮断器	198
8.7.2	真空遮断器	200
8.7.3	その他の交流遮断器	202
8.7.4	断路器と接地装置	203
8.7.5	ヒューズ	204
8.8	密閉形開閉装置およびガス絶縁機器	204
8.8.1	密閉形開閉装置	204
8.8.2	ガス絶縁開閉装置（GIS）の基本構造	205
8.8.3	GIS および C-GIS	207
8.8.4	油絶縁開閉装置と固体絶縁開閉装置	209
8.8.5	その他のガス絶縁機器	210
8.9	直流電力機器	213
8.9.1	直流送電線	213
8.9.2	直流がいし	214
8.9.3	変換所機器	215
8.9.4	直流遮断器	216
8.10	その他の高電圧、大電流機器	219

8.10.1	極低温機器	219
8.10.2	静電気応用機器	221
8.10.3	放電加工, 放電成形	223
8.10.4	加速器	224
問 題		227

第9章 高電圧および大電流の試験

9.1	まえがき	229
9.2	高電圧試験	229
9.2.1	高電圧試験の概要	229
9.2.2	絶縁破壊試験	230
9.2.3	機器の耐電圧試験	233
9.2.4	絶縁特性試験	235
9.3	電力機器の大電流試験	236
9.3.1	短時間耐電流試験	236
9.3.2	温度上昇試験	236
9.3.3	放圧試験	236
9.3.4	インパルス電流試験	237
9.4	電力用遮断器の遮断試験	237
9.4.1	遮断試験の概要	237
9.4.2	直接(短絡)試験	238
9.4.3	合成(短絡)試験	239
問 題		242
問題解答		243
参考文献		261
索引		262