

静止電力変換装置

電気機器各論 IV

目 次

緒 論

第1章 半導体素子

1.1 概 論	3
1.2 半導体	4
1.2.1 電子伝導性半導体の分類	4
1.2.2 量子状態とパウリの排他律	4
1.2.3 エネルギー帯	5
1.2.4 フェルミの分布関数と半導体中の電子または正孔の密度	6
真性半導体—不純物半導体	
1.2.5 フェルミ単位と温度との関係	10
1.2.6 電流方程式	11
キャリア密度が一様な場合—キャリア密度が一様でない場合—キ ャリア密度が一様でなく、しかも電界が存在する場合	
1.2.7 連続方程式	14
1.2.8 キャリアの寿命	14
1.2.9 ゲルマニウムおよびシリコンの諸特性	15
1.3 pn 接合	15
1.3.1 境界条件	15
1.3.2 接合電流	17
1.3.3 注入率	18
1.3.4 降服現象	18
電子なだれ降服— p^+n 接合（あるいは n^+p 接合）における電子 なだれ降服— pin 接合における電子なだれ降服	
1.3.5 キャリア蓄積効果	25
1.3.6 pn 接合の製法	25
1.4 半導体整流素子	25
1.4.1 セレン整流素子	25
製法—特性—使用上の注意	

1.4.2	ゲルマニウム整流ダイオードおよびシリコン整流ダイオード	30
1.4.3	アバランシェ整流ダイオード	30
1.5	pnpn 構造の動作原理	31
1.5.1	特性ならびに動作機構	31
1.5.2	トランジスタによる相似回路	31
1.5.3	オン電流	32
1.5.4	突抜け現象	35
1.6	サイリスタ	36
1.6.1	逆阻止 3 端子サイリスタ (SCR) 臨界電圧上昇率 (dv/dt)—臨界電流上昇率 (di/dt)—ターンオフ時間	37
1.6.2	GTO	40
1.6.3	LASCR	42
1.6.4	SSS 構造ならびに特性—トリガ方式—応用	43
1.6.5	Triac 構造ならびに特性—ゲートトリガ回路—応用	45
1.7	温度上昇と過渡熱インピーダンス	47
1.7.1	接合部温度	47
1.7.2	電力損失 半導体整流ダイオード—サイリスタ	48
1.7.3	熱抵抗	49
1.7.4	過渡熱インピーダンス	49
1.7.5	接合部温度の計算法 繰返しパルスに対する応答—不規則な波形の電力パルスの取り扱い	51
1.8	平形素子	52

第2章 水銀整流器

2.1	水銀整流器の変遷	55
2.2	整流タンクの動作特性	56
2.2.1	励弧	57
2.2.2	陽極点弧	58
2.2.3	アーク電圧と通電容量	59
2.2.4	格子制御と周波数限度	61
2.2.5	陽極阻止	62
2.3	逆弧確率と等価試験法	63

2.3.1	陽極阻止責務と逆弧確率	63
2.3.2	逆弧確率の等価試験法	66
2.4	JEC 133 (水銀アーク変換装置) における E 種定格	67

第3章 順変換ならびに他励式逆変換回路

3.1	概 説	70
3.2	単向整流回路と双向整流回路	72
3.3	電圧電流特性と重なり角	74
3.3.1	無負荷直流電圧	74
3.3.2	リアクタンス電圧降下	74
3.3.3	整流器用変圧器の巻線電流実効値	75
3.4	順変換装置におけるバイパスダイオードと混合ブリッジ	76
3.5	非対象制御	88
3.5.1	双向整流回路における非対象制御	89
3.5.2	単向整流回路における非対象制御	90
3.6	高調波	91
3.7	逆起電力のある誘導性負荷を持つ単相整流回路	94

第4章 自励式逆変換ならびにチョッパ式直流変換回路

4.1	分 類	98
4.2	並列形逆変換回路	100
4.2.1	並列形逆変換回路の特性	100
4.2.2	帰還回路による特性改善	102
4.2.3	転流用直列ダイオードによる特性改善	103
4.2.4	リングカウンタ形逆変換回路	104
4.3	帰還ダイオード付方形波逆変換回路	107
4.3.1	回路方式	107
4.3.2	動作の概要	108
4.3.3	転流パラメータの考察	110
4.3.4	ゲート多重制御による高調波除去	111
4.3.5	ブリッジ接続による出力電圧制御	113
4.3.6	多段式逆変換回路	115
4.4	直列形逆変換回路	116
4.4.1	直列形逆変換回路の特性	116
4.4.2	帰還回路による特性改善	119
4.4.3	時分割負担形高周波逆変換回路	119
4.5	強制転流形逆変換回路	122

4.5.1	ブリッジ直流端子電位のインパルス的変化による方法	123
4.5.2	ブリッジ交流端子電位のインパルス的変化による方法	125
4.5.3	転流リアクトルと結合する独立転流補助回路を用いる方法	126
4.5.4	回路共振を利用して十分な転流電圧を確保する方法	127
4.6	チョッパ形直流変換回路	128
4.6.1	転流用補助サイリスタを用いる方式	128
4.6.2	可飽和リアクトルを用いる方式	129
4.6.3	昇圧形チョッパ式直流変換回路	131
4.6.4	高調波	131

第5章 位相制御回路

5.1	概説	132
5.2	水銀整流器の制御回路	132
5.2.1	点弧子付勢装置	133
5.2.2	格子付勢装置	133
	パルス変成器による制御法—可飽和リアクトルを用いる制御法— サイラトロンによる制御法—サイリスタによる制御法	
5.3	ゲート回路	136
5.3.1	ゲートトリガ特性	136
5.3.2	ゲート回路	139
	直流によるトリガ—交流電源によるトリガ—簡易位相制御回路— ツェロン回路—磁気移相器—UJTを使用する回路—トランジスタ を使用する回路—ゲートターンオフサイリスタ(GTO)を使用 する回路	
5.3.3	直並列接続した場合の点弧回路	146
	直列接続—並列接続	

第6章 制御整流器の応用

6.1	概説	150
6.2	直流電動機の世界速度制御	150
6.2.1	順変換装置の位相制御による方式	151
	単相半波位相制御回路による速度制御の一例—単相全波位相制御 回路による可逆転速度制御の一例	
6.2.2	静止レオナード方式	152
6.2.3	DCチョッパによる駆動方式	154
6.3	交流電動機の世界速度制御	156
6.3.1	可変周波電源装置による交流電動機の世界速度制御	156

自励式逆変換装置方式—サイクロコンバータ方式

6.3.2	誘導電動機を一次電圧制御あるいは二次抵抗制御により速度制御する方式	160
	一次電圧制御方式—二次抵抗制御	
6.3.3	静止セルビウス方式	161
6.4	その他の応用	162
6.4.1	無整流子電動機	162
6.4.2	周波数変換と直流送電	162
6.4.3	電圧制御	162
6.4.4	直流変圧器	162
6.4.5	その他	162
	無停電電源—高周波電源—調光装置—加熱器の制御—交流定電圧装置—電気車両への応用	

第7章 試験, 規格

7.1	概説	166
7.2	水銀アーク変換装置	166
7.2.1	形式試験	167
7.2.2	受入試験	167
7.2.3	気密試験	167
	多極水銀整流器—単極整流器	
7.2.4	耐電圧試験	168
7.2.5	負荷試験	168
7.2.6	規格	169
	常規使用状態—標準定格の種類—効率—裕度	
7.3	セレン整流装置	170
7.3.1	半導体整流スタックの試験項目	171
	形式試験—常規試験	
7.3.2	半導体整流器の試験項目	171
	形式試験—常規試験	
7.3.3	半導体整流装置の試験項目	171
	形式試験—常規試験	
7.3.4	半導体スタックの試験	171
	平均順電圧降下試験—平均逆電圧試験—順方向損失試験—逆方向損失試験—負荷試験—耐電圧試験	
7.3.5	半導体整流装置	174
	耐電圧試験—運転試験—効率の算定	

7.3.6	規 格	175
	常規使用状態—半導体整流スタックの過負荷特性—裕度	
7.4	シリコンおよびゲルマニウム整流装置	176
7.4.1	半導体整流ダイオードの試験項目	176
	形式試験—常規試験	
7.4.2	半導体整流スタックの試験項目	177
	形式試験—常規試験	
7.4.3	半導体整流器の試験項目	177
	形式試験—受入試験	
7.4.4	半導体整流装置の試験項目	177
	形式試験—受入試験	
7.4.5	半導体整流ダイオード	178
	順方向特性曲線の測定—順電圧降下試験—逆電流試験—逆電圧試験—サージ電流試験—連続負荷試験—熱サイクル試験—熱抵抗の測定—過渡熱インピーダンスの測定	
7.4.6	半導体整流スタックの試験法	181
7.4.7	半導体整流器の試験法	181
	耐電圧試験—無負荷電圧試験—低電圧通電試験—損失の測定	
7.4.8	規 格	183
7.5	サイリスタ変換装置	184
7.5.1	試験項目	184
7.5.2	サイリスタならびにサイリスタスタック	184
	オン状態陽極陰極間電圧電流特性ならびにオン電圧—オフ状態ならびに逆阻止状態電圧電流特性—オフ電流ならびに逆電流—(転流)—ターンオフ時間—臨界電圧上昇率—保持電流—ゲートトリガ電流ならびに電圧—ゲート非トリガ電流—ターンオン時間	
7.5.3	サイリスタアセンブリならびにサイリスタ変換装置	189

第8章 各種保護装置

8.1	水銀整流器	191
8.1.1	逆流に対する保護対策	191
8.1.2	異常電圧の防止保護対策	191
8.1.3	通弧に対する保護対策	191
8.1.4	失弧に対する保護対策	191
8.1.5	温度制御装置	192
8.2	単結晶半導体整流装置	193
8.2.1	直列接続	193

8.2.2	並列接続	193
8.2.3	直並列接続	193
8.2.4	過電流保護	193
8.2.5	異常電圧の保護	193
8.2.6	劣化検出装置	193
8.2.7	冷却装置の監視	193

第9章 過負荷あるいは短絡時の電圧電流特性

9.1	概 説	194
9.2	単相ブリッジ整流回路	194
9.3	三相ブリッジ整流回路	195
9.3.1	位相制御なしの場合	195
	第1モード—第2モード—第3モード	
9.3.2	位相制御をする場合	199
	第1モード—第2モード—第3モード—第3Aモード	
9.3.3	混合ブリッジ整流回路	202
9.3.4	直流リアクトルなしの突発短絡	206
	問 題	208
	索 引	211