

# 目 次

## 1. サイリスタ制御システムの数学的取扱い (正田英介)

1.1	サイリスタ制御システム	1
1.1.1	電力変換装置による制御	1
1.1.2	サイリスタ制御システム	2
1.1.3	各種変換回路の制御性能	5
1.1.4	サイリスタ制御システムの数学的表現	8
1.2	他励変換回路の数学モデル	9
1.2.1	他励変換回路の動特性	9
1.2.2	階段波近似	11
1.2.3	離散時間システムモデルにおける伝達関数表示	13
1.2.4	連続システムモデル	15
1.2.5	モデルの正確さ	15
1.3	他励変換回路を用いたサイリスタ制御システムの解析	16
1.3.1	離散時間モデルによるシステム表現	16
1.3.2	直流電流制御システムでの解析と考察	18
1.3.3	連続モデルによる解析	21
1.3.4	機械量のサイリスタ制御システム	22
1.4	自励逆変換回路を用いたサイリスタ制御システム	23
1.4.1	自励逆変換回路の解析法とモデル化	23
1.4.2	状態推移法によるインバータ駆動システムの解析	24
1.4.3	シミュレーションによるインバータ駆動システムの解析	26
1.5	サイリスタ変換回路のシミュレーション	27
1.5.1	サイリスタ回路のシミュレーション	27

1.5.2	アナログシミュレーション	28
1.5.3	デジタルシミュレーション	30
1.5.4	はん用回路解析プログラムの利用	32
参 考 文 献		35

## 2. 直並列接続と変換装置の構成 (小林凱, 矢野昌雄)

2.1	直並列接続における考慮	37
2.1.1	直並列接続の問題点	37
2.1.2	素子の特性	38
2.1.3	他の回路構成要素	43
2.1.4	実用的な検討	44
2.2	並列動作	44
2.2.1	電流分担特性	45
2.2.2	素子の動特性	50
2.2.3	電流平衡法	52
2.3	直列動作	56
2.3.1	電圧分担特性	56
2.3.2	直列動作時の動特性	59
2.4	直並列接続時のゲート回路	64
2.4.1	並列接続時のゲート回路	64
2.4.2	直列接続時のゲート回路	67
2.4.3	合成パルス・従属点弧などの方式	70
2.5	変換装置の構成	71
2.5.1	回路構成上の考慮	71
2.5.2	直並列接続回路	72
2.5.3	設計条件の選択	74
2.5.4	変換装置の構成例	76
参 考 文 献		77

### 3. 負荷サイクルと温度上昇 (池田吉麿)

3.1 過渡熱インピーダンスと接合温度上昇	79
3.1.1 発生熱と接合温度上昇	79
3.1.2 過渡熱インピーダンスの考え方	80
3.1.3 変換装置用サイリスタの実効過渡熱インピーダンス	84
3.1.4 負荷サイクルと定格電流(許容接合損失)の計算例	86
3.2 変動負荷サイクルの取扱い方	89
3.2.1 IECにおける負荷電流定格プロフィール	89
3.2.2 ミル用電源装置に対する国内考察例	94
3.2.3 電鉄用変電所における考察例	97
参 考 文 献	100

### 4. 半導体素子の冷却 (秋山 茂)

4.1 冷却系の取扱い	102
4.1.1 素子の温度上昇と熱抵抗	102
4.1.2 金属の熱伝導特性	103
4.1.3 各種冷却媒質の特性	103
4.2 風 冷 方 式	105
4.2.1 冷 却 体	105
4.2.2 自冷の冷却特性	108
4.2.3 強制風冷の冷却特性	109
4.3 水 冷 方 式	112
4.3.1 水冷装置の構成	112
4.3.2 水冷の冷却特性	113
4.3.3 イオン交換樹脂	113
4.4 油 冷 方 式	116
4.4.1 油冷装置の構成	116

4.4.2	油冷の冷却特性	116
4.5	沸騰冷却方式	119
4.5.1	沸騰冷却構成	119
4.5.2	フロンの沸騰熱伝達特性	120
4.5.3	フロンの凝縮熱伝達特性	121
4.5.4	フロンの電気絶縁性	122
4.5.5	構成材料の耐フロン性	122
4.6	ヒートパイプ冷却方式	123
4.7	冷却方式のまとめ	123
	参 考 文 献	125

## 5. 波 形 障 害

5.1	高調波の発生 (塩見幸三)	127
5.1.1	直流側高調波	127
5.1.2	交流側高調波	130
5.1.3	特性高調波と非特性高調波	131
5.1.4	高周波振動	134
5.1.5	高調波共振	136
5.2	高調波障害 (塩見幸三)	138
5.2.1	誘導と結合	140
5.2.2	危険電圧・機器障害電圧・雑音電圧	143
5.2.3	雑音の評価	144
5.3	高調波対策 (塩見幸三)	146
5.3.1	強電側の対策	146
5.3.2	通信側の対策	161
5.3.3	鉄道信号における対策	163
5.4	無線周波妨害 (RFI) (川本久之助)	165
5.4.1	無線周波雑音の発生	165
5.4.2	無線周波妨害の抑制	166

5.4.3 相互干渉とその対策	168
参 考 文 献	169

## 6. 過電流の発生とその保護 (鈴木幹二, 原力)

6.1 サイリスタの過電流耐量	171
6.1.1 過負荷オン電流	171
6.1.2 サージオン電流	171
6.1.3 高周波における許容電流および臨界電流上昇率	172
6.2 過電流の発生	173
6.2.1 他励変換装置における過電流の発生	174
6.2.2 自励インバータにおける過電流の発生	184
6.2.3 その他の変換装置における過電流の発生	185
6.3 過電流からの保護	188
6.3.1 ヒューズによる保護	188
6.3.2 シャ断器による保護	192
6.3.3 ゲート制御による過電流の抑制	198
6.3.4 その他の保護	200
6.3.5 保護協調	201
参 考 文 献	205

## 7. 過電圧の発生とその保護 (末岡徹郎)

7.1 過電圧の発生	207
7.1.1 開閉サージ電圧	207
7.1.2 転流サージ電圧	213
7.1.3 雷サージ電圧	216
7.1.4 直流負荷側に発生する過電圧	216
7.2 過電圧からの保護	218
7.2.1 過電圧保護回路	218

7.2.2	交流側から侵入する過電圧の保護	219
7.2.3	直流側から侵入する過電圧の保護	225
7.2.4	転流サージ電圧の保護	226
7.2.5	非線形素子を利用する過電圧保護	233
参 考 文 献		238

## 8. 信頼性と装置診断法 (地福順人)

8.1	概 要	241
8.2	信頼性を左右する要因	243
8.2.1	部品の信頼度	243
8.2.2	装置としての信頼度	244
8.3	サイリスタの信頼度	245
8.3.1	サイリスタの劣化要因	245
8.3.2	サイリスタ適用上の問題点	247
8.4	信頼性の把握	248
8.4.1	信頼性の尺度と適用	248
8.4.2	信頼性の調査	249
8.4.3	故障の形態	250
8.4.4	信頼性データの整理法	251
8.4.5	信頼性試験	254
8.5	信頼性の向上	255
8.5.1	部品の品質水準の設定	255
8.5.2	部品の故障率	256
8.5.3	装置としての信頼度向上	259
8.5.4	装置使用上の信頼度の向上	262
8.6	装置診断法	262
8.6.1	装置性能の判定	262
8.6.2	装置信頼性の判定	263
索 引		265