

目 次

第1章 モータの電磁理論

1.1	モータの種類と定義	1
1.2	磁界と磁束密度	2
1.2.1	透磁率	2
1.2.2	境界条件	3
1.2.3	不均一物質の均一物質への変換	4
1.3	ヒステリシスループ	5
1.3.1	メインループ	5
1.3.2	マイナルループ	6
1.4	交番磁界と回転磁界	6
1.4.1	交番磁界	7
1.4.2	回転磁界	8
1.4.3	交番磁界と回転磁界の関係	8
1.5	誘導起電力	10
1.5.1	電力と動力	10
1.5.2	誘導起電力	11
1.5.3	磁束密度分布と誘起電圧	13
1.6	モータトルク	14
1.6.1	トルクの本質	14
1.6.2	マクスウェルの応力	16
1.6.3	トルク式	18

第2章 モータの基本特性

2.1	マイクロモータの基本特性	21
2.1.1	動作原理	21
2.1.2	トルク特性	21
2.1.3	トルク発生の微視的考察	23
2.2	コアレスモータの基本特性	24

2・2・1	動作原理	24
2・2・2	トルク特性	25
2・3	ブラシレスモータの基本特性	26
2・3・1	動作原理	26
2・3・2	トルク特性	27
2・4	直流分巻モータの基本特性	27
2・5	ユニバーサルモータの基本特性	29
2・5・1	動作原理	29
2・5・2	トルク特性	30
2・6	誘導モータの基本特性	31
2・6・1	動作原理	31
2・6・2	トルク特性	32
2・7	永久磁石同期モータの基本特性	35
2・7・1	動作原理	35
2・7・2	トルク特性	35
2・8	反作用モータの基本特性	37
2・8・1	動作原理	37
2・8・2	トルク特性	38
2・9	ヒステリシスモータの基本特性	40
2・9・1	動作原理	40
2・9・2	トルク特性	41
2・9・3	非同期時	42
2・9・4	同期時	43
2・10	単極モータの基本特性	44

第3章 モータの構成材料

3・1	鉄心材料	46
3・1・1	純鉄(電磁軟鉄)	46
3・1・2	構造用炭素鋼	47
3・1・3	鋳鋼	48
3・1・4	珪素鋼板	48
3・1・5	その他の軟磁性材料	50

3・2 磁石材料	51
3・2・1 焼入れ硬化磁石材料	52
3・2・2 析出硬化磁石材料	52
3・2・3 焼結磁石材料	54
3・2・4 その他の磁石材料	55
3・3 導電材料	55
3・4 巻線材料(マグネットワイヤ)	58
3・4・1 巻線材料の種類と特徴	58
3・4・2 ワイヤの端末剥離	60
3・5 絶縁材料	61
3・5・1 絶縁ワニス	61
3・5・2 シート材料	64
3・6 接点および接触子	66
3・6・1 接点	66
3・6・2 ブラシ	67
3・6・3 整流子	70
3・6・4 スリップリング	70
3・7 軸受	71
3・7・1 すべり軸受	71
3・7・2 ころがり軸受	78
3・7・3 空気軸受	82

第4章 モータの基本設計

4・1 電機子鉄心	86
4・2 くま取りコイルによる移動磁界の発生	87
4・3 単相運転	88
4・4 同期引入れ	91
4・5 固定子スロットの影響と対策	93
4・5・1 磁界分布	93
4・5・2 始動時	94
4・5・3 同期時	95
4・5・4 円周方向磁束形と半径方向磁束形	95
4・5・5 スロットの対策	96

4・5・6 スロットの影響を考慮した等価回路	97
4・6 モータの小形化と効率	98
4・7 モータの速度変動と対策	99
4・7・1 同期モータ	99
4・7・2 非同期モータ	103

第5章 非同期モータ

5・1 マイクロモータ	106
5・2 コアレスモータ	108
5・2・1 円筒形コアレスモータ	108
5・2・2 円板形コアレスモータ	110
5・3 ブラシレスモータ	112
5・3・1 ホールモータ	112
5・3・2 その他のブラシレスモータ	114
5・4 ユニバーサルモータ	117
5・5 誘導モータ	120
5・5・1 くま取り形誘導モータ	120
5・5・2 単相誘導モータ	121
5・5・3 くま取り形サーボモータ	124
5・5・4 二相サーボモータ	124
5・5・5 高周波モータ	127

第6章 同期モータ

6・1 永久磁石同期モータ	129
6・1・1 複合形永久磁石同期モータ	129
6・1・2 パーマシン	130
6・1・3 Siemens 形モータ	131
6・1・4 ハイパーシン	131
6・1・5 誘導子形永久磁石同期モータ	132
6・1・6 固定子磁石形同期モータ	133
6・1・7 直流始動形永久磁石同期モータ	133
6・1・8 周波数制御形永久磁石同期モータ	134
6・2 反作用モータ	134

6・2・1	リラクタンスモータ	135
6・2・2	ホニックモータ	137
6・3	ヒステリシスモータ	137
6・3・1	円周方向磁束形ヒステリシスモータ	137
6・3・2	半径方向磁束形ヒステリシスモータ	140
6・3・3	極異方性ヒステリシスモータ	144
6・3・4	分割形ヒステリシスモータ	146
6・3・5	軸方向励磁(アキシアルエアギャップ)ヒステリシスモータ	147
6・3・6	低慣性ヒステリシスモータ	148
6・3・7	ワーレンモータ	149
6・3・8	多極くま取り形ヒステリシスモータ	150
6・4	インダクタモータ	150

第7章 ステップモータおよびシンクロ

7・1	ステップモータ	152
7・1・1	永久磁石ステップモータ	152
7・1・2	可変リラクタンスステップモータ	155
7・1・3	交番磁界形ステップモータ	156
7・1・4	回転磁界形ステップモータ	157
7・1・5	かご形誘導モータのステップモータへの応用	157
7・2	シンクロ	158
7・2・1	シンクロとモータとの関係	158
7・2・2	シンクロのトルク特性	159
7・2・3	直流シンクロ	164
7・2・4	シンクロ発信機	164
7・2・5	シンクロ受信機	165
7・2・6	差動シンクロ	166
7・2・7	制御変圧器	167
7・2・8	リゾルバ	168
7・2・9	インダクトシン	168
7・2・10	マグネシン	169

第8章 特殊モータ

8・1	反作用界磁付永久磁石直流モータ	171
-----	-----------------	-----

8・2	反作用形ブラシレスモータ	171
8・3	自励形同期モータ	172
8・4	半速モータ	172
8・5	リニアモータ	173
8・5・1	リニア非同期モータ	173
8・5・2	リニアステップモータ	174
8・6	ミナーシャモータ	175
8・7	トルクモータ	178
8・7・1	直流トルクモータ	178
8・7・2	交流トルクモータ	180
8・8	FMモータ	183
8・9	転動モータ	184
8・9・1	ステロモータ	186
8・9・2	エビサイクモータ	186
8・10	ハーモニックモータ	187
8・11	音叉モータ	188
8・12	静電モータ	189
8・12・1	ホール形静電モータ	189
8・12・2	誘電形静電モータ	189

第9章 サーボモータによる位置制御

9・1	自動化とサーボモータ	191
9・2	位置制御系の構成	191
9・2・1	閉ループ制御	191
9・2・2	開ループ制御	193
9・3	構成要素と特性	193
9・3・1	閉ループ制御系	193
9・3・2	開ループ制御系	198
9・4	マイクロモータによる制御	199
9・5	コアレスモータによる制御	201
9・6	ブラシレスモータによる制御	201

9・6・1	ホールモータによる制御	201
9・6・2	SMD モータによる制御	202
9・7	直流分巻モータによる制御	202
9・7・1	界磁制御	202
9・7・2	ベロダイン積分器	204
9・8	誘導モータによる制御	205
9・8・1	くま取り形サーボモータによる制御	205
9・8・2	二相サーボモータによる制御	206
9・9	ステップモータによる制御	207
9・9・1	閉ループ制御	207
9・9・2	乱調対策とダンピング	209
9・9・3	応答性の向上	212
9・9・4	閉ループ制御	213
9・10	トルクモータおよびフォースモータによる制御	214
9・10・1	トルクモータ（トルカー）による制御	214
9・10・2	フォースモータ（フォースー）による制御	216

第10章 モータの速度制御

10・1	モータの定速度制御と可変速度制御	217
10・2	速度制御系の構成	218
10・2・1	定速制御	218
10・2・2	可変速制御	218
10・3	構成要素と特性	218
10・3・1	非同期モータ	218
10・3・2	同期モータ	222
10・4	マイクロモータの速度制御	222
10・4・1	機械ガバナ方式	222
10・4・2	ブリッジ方式	225
10・4・3	タコセネ方式	227
10・4・4	デジタル方式	230
10・4・5	可変速制御	232
10・5	コアレスモータの速度制御	232

10・6	ブラシレスモータの速度制御	233
10・6・1	誘起電圧方式	234
10・6・2	チョップ駆動方式	235
10・7	ユニバーサルモータの速度制御	235
10・7・1	定速制御	235
10・7・2	可変速制御	236
10・8	誘導モータの速度制御	237
10・8・1	定速制御	238
10・8・2	可変速制御	239
10・9	同期モータの可変速制御	240
10・9・1	可変周波発振器と電力アンプ	241
10・9・2	可変周波インバータ	244

第11章 モータの同期化制御

11・1	モータの速度変動および位置ずれと同期化制御	246
11・2	同期化制御系の構成	247
11・2・1	位相同期化制御ループ	247
11・2・2	速度制御ループ	247
11・3	ループ要素と特性	248
11・3・1	位置検出器	248
11・3・2	位相検波器（同期検波器）	248
11・3・3	速度検出器	249
11・3・4	ループフィルタ	250
11・3・5	モータ駆動回路	252
11・3・6	モータ	252
11・4	非同期モータの同期化制御	253
11・4・1	直流モータの同期化制御	253
11・4・2	誘導モータの同期化制御	258
11・4・3	デジタル同期化制御	264
11・5	同期モータへの応用	266
11・5・1	永久磁石同期モータの同期化力とダンピングの向上	266
11・5・2	周波数制御によるヒステリシスモータへの応用	267

11・6 超低速・高精度の同期化制御	267
--------------------	-----

第12章 モータによる負荷の直結駆動化

12・1 直結駆動 (DD) 化の目的	269
12・2 DD 化の原理	269
12・3 DD モータの種類と形式	270
12・4 DD モータの構造と特性	271
12・4・1 直流DDモータの構造と特性	271
12・4・2 交流DDモータの構造と特性	272
12・5 DDモータの速度安定化	273
12・5・1 DDモータの速度変動の原因と対策	273
12・5・2 DDモータの構造による速度安定化	274
12・5・3 直流DDモータの速度制御	276
12・5・4 交流DDモータの速度制御	276
12・5・5 DDモータの同期化制御	276
12・6 DDモータが生ずるノイズ・ワウと対策	277
12・6・1 DDモータが生ずるノイズと対策	277
12・6・2 DDモータが生ずるワウと対策	277
12・7 DDモータの応用	278

第13章 モータに関する測定

13・1 トルクの測定	279
13・1・1 トルクの測定法と種類	279
13・1・2 糸と重りによる方法	280
13・1・3 うず電流ブレーキと電気天秤による方法	281
13・1・4 ヒステリシスブレーキと重力ばねによる方法	282
13・1・5 ヒステリシスブレーキと弾性ばねによる方法	283
13・1・6 モータブレーキと弾性ばねによる方法	284
13・2 トルクおよび速度変動の測定	285
13・2・1 トルク変動の測定	285
13・2・2 速度変動の測定	286
13・3 不つり合いの測定	290

13・3・1	不つり合い試験機	290
13・3・2	許容不つり合い	292
13・4	温度および絶縁測定	293
13・4・1	温度測定	293
13・4・2	絶縁測定	294
	主要参考書	296
	索引	297