

# 磁性材料の進歩と リラクタンストルク応用電動機の高性能化

磁性材料の進歩とリラクタンストルク応用電動機の高性能化調査専門委員会編

## 目 次

1. はじめに	3	5. SRM と FSM の高性能化動向	33
1.1 まえがき	3	5.1 まえがき	33
1.2 磁性材料の進歩とリラクタンス トルク応用電動機	3	5.2 各種電動機の特性比較と SRM の技術課題	33
1.3 希土類資源問題を契機とした 脱・省レアアースモータ開発	4	5.3 出力 40kW 以上の HEV 用途	33
1.4 まとめ	4	5.4 出力 15kW 以下の小型 EV 用途	36
2. 永久磁石と資源問題	5	5.5 パーマネンダ応用 SRM	37
2.1 まえがき	5	5.6 方向性電磁鋼板を応用した 新型セグメント構造 SRM	38
2.2 希土類資源の現状と課題	5	5.7 セグメント形ロータを持つ三相 フラックススイッチングモータ	40
2.3 NdFeB 焼結磁石	7	5.8 巻線界磁型 フラックススイッチングモータ	41
2.4 フェライト磁石	11	5.9 あとがき	43
2.5 あとがき	12	6. 三次元磁気回路を応用したモータ の高性能化動向	45
3. 電磁材料の動向	13	6.1 フェライト磁石を用いた アキシヤルギャップモータ	45
3.1 まえがき	13	6.2 アモルファスを用いた アキシヤルギャップモータ	47
3.2 電磁鋼板	13	6.3 ハイブリッド界磁モータ	49
3.3 圧粉磁心	17	6.4 クローポール型モータ	51
3.4 あとがき	20	6.5 ハイブリッド可変磁力モータ	53
4. 省レアアースを指向する IPMSM の 高性能化動向	21	6.6 あとがき	55
4.1 まえがき	21	7. おわりに	56
4.2 省 Dy モータの開発事例	21		
4.3 省レアアース磁石設計事例	22		
4.4 マルチフラックスバリア形 PMASynRM	23		
4.5 新しいダブルギャップ構造 PMASynRM	24		
4.6 巻線切替モータ	25		
4.7 磁石磁力可変モータ	27		
4.8 極数変換可変磁力モータ	29		
4.9 あとがき	31		

## 磁性材料の進歩とリラクタンストルク応用電動機の高性能化調査専門委員会委員

委員長 百目鬼 英雄(東京都市大学)  
幹事 大穀 晃裕(三菱電機)  
幹事 小坂 卓(名古屋工業大学)  
幹事補佐 米田 真(オリエンタルモータ)  
委員 有吉 剛(住友電工)  
石原 千生(日立粉末冶金)  
磯部 真一(三菱重工)  
榎本 裕治(日立製作所)  
大山 和伸(ダイキン)  
加納 善明(豊田高専)  
亀山 浩幸(シャープ)  
川副 洋介(安川電機)  
佐藤 恭一(横浜国立大学)  
下垣 好文(ローム)  
下村 昭二(芝浦工業大学)  
千葉 明(東京工業大学)  
梨木 政行(日本自動車部品)  
初田 匡之(日産自動車)

委員 樋口 剛(長崎大学)  
西山 典禎(パナソニック)  
松井 信行(中部大学)  
丸川 泰弘(日立金属)  
水谷 良治(トヨタ自動車)  
望月 資康(東芝)  
森本 茂雄(大阪府立大学)  
森本 雅之(東海大学)  
山本 恵一(本田技術研究所)  
吉川 祐一(パナソニック)  
和嶋 潔(新日本製鉄)  
途中退任 川上 浩(プロメテック)  
委員 本田 幸夫(パナソニック)  
藤田 明(JFEスチール)  
茂木 尚(新日本製鉄)  
主な 戸田 広朗(JFEスチール)  
協力者

# 1. はじめに

## 1.1 まえがき

1980 年代のネオジウム磁石の開発実用化以来 PM モータの性能改善が進み、さらに地球温暖化対策として 1977 年 12 月に開催された COP3 での京都議定書採択が追い風となって、モータの高効率化が推進された。とりわけ自動車の排ガス対策として電気自動車やハイブリッド自動車の開発・実用化や、エアコンを中心に家庭用電化製品の省エネのためモータの高効率化の実用開発が活発となった。

このような用途では従来の定格速度・定トルク運転領域内だけでなく、電圧・電流が制限される中で、運転範囲が広い制御特性を持つモータが要求されていた。広い速度範囲を持つ電動機としてリラクタンストルクを主に、あるいは補助的に利用する電動機が注目され、我が国発の用語として「リラクタンストルク応用電動機」という名称を付け、電気学会産業応用部門では、1994 年から 2012 年まで継続して調査専門委員会を設置し調査研究を行ってきた。その成果をまとめた技術報告書は、学会のみならず産業界に大きな影響を与えてきた。

埋込磁石シンクロサモータ(IPMSM)を中心として、近年のリラクタンストルク応用電動機の応用範囲の拡大は目覚ましいものがある。

## 1.2 磁性材料の進歩とリラクタンストルク応用電動機

リラクタンスマータは、モータ開発の初期の 1880 年代から開発されたモータではあるが、一定速電動機としての応用にとどまっていた。パワーエレクトロニクスの進歩とともに誘導機に変わるモータとして 1980 年代以降実用化研究が推進され、特にスイッチトリラクタンスマータ(SRM)の研究が欧米を中心に推進された。しかし、振動騒音の問題をクリアすることが出来ず、掃除機など一部応用製品を除き実用化はすすまなかった。

リラクタンストルク応用電動機が、リラクタンストルクと磁石トルクと併用することで、さまざまな制御特性を得られることが明らかになると、応用分野に特化したドライブシステムの構築が可能となることから、急速に応用が進んだ。リラクタンストルク応用電動機は、リラクタンストルクとマグネットトルクの配分の割合により図 1.1 に示す分類がなされている。90 年代の調査の段階では、単に IPMSM として分類してきたが、図 1.1 では、磁石トルクを主として使用する本来の IPMSM と、リラクタンストルクを主として使用する IPMSM の 2 種類に分類を増やしており、後者を PMASynRM(Permanent Magnet Assisted SynRM)と呼んで、新たな開発も進んでいる。

リラクタンストルク応用電動機の実用化段階で、モータ高効率化を達成するための開発研究を通して、磁性材料へさまざまな特性改善の要求事項が発生した。SPMSM では、低鉄損の電磁材料が要求事項であったのに対し、リラクタ

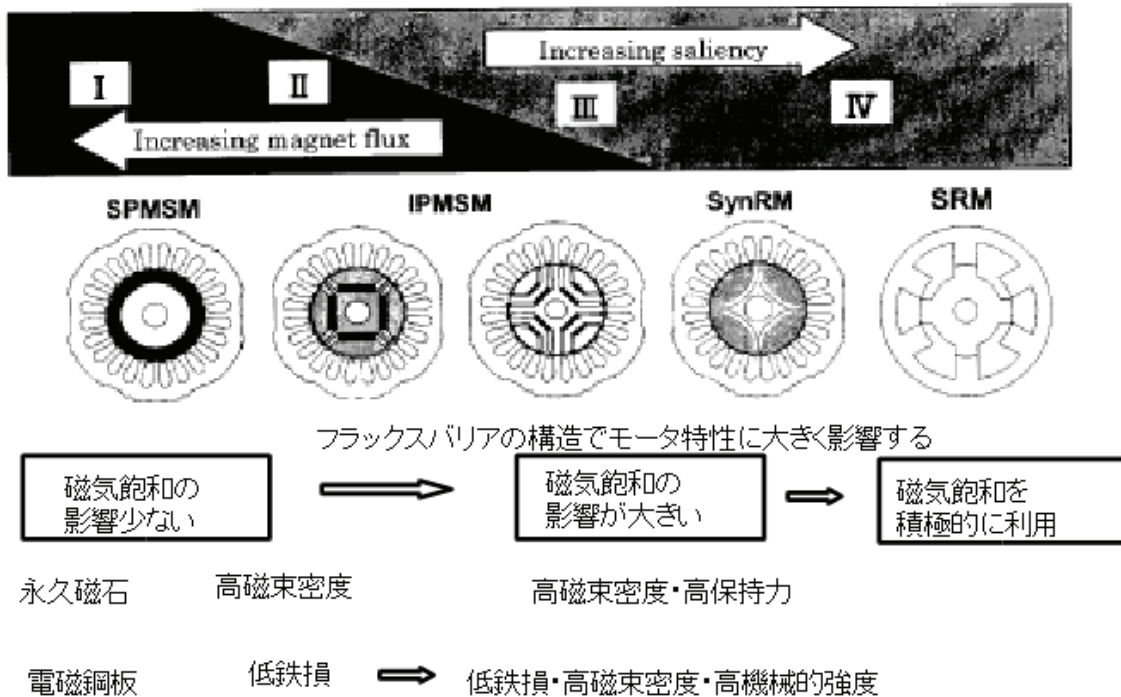


図1.1 リラクタンストルク応用電動機と磁性材料への要求事項