特集論文

プレミアム高効率モータ“MM-EFS”と省エネルギーインバータ“FREQROL-F700P／F700PJ”

木村友和*
林　謙次*
小島直樹*

Premium High Efficiency Motor "MM-EFS" and Energy Saving Inverter "FREQROL-F700P／F700PJ"

Tomokazu Kimura, Kenji Hayashi, Naoki Kojima

要　旨

従来好評を得ている高効率磁石(IPM)モータ“MM-EFシリーズ”に対し，より省エネルギー性能の高いプレミアム高効率IPMモータ“MM-EFSシリーズ”を開発し，製品化した。また，誘導モータとIPMモータのどちらも運転可能な省エネルギープレミアムインバータ“FREQROL-F700Pシリーズ”及び小形ファン・ポンプ用インバータ“FREQROL-F700PJシリーズ”を開発し製品化した。

プレミアム高効率IPMモータMM-EFSシリーズでは，IE4(スーパープレミアム効率)相当の高効率を実現，三菱電機誘導モータ“SF-JR／SF-HR”と同一枠番としているため，取付け互換があり，誘導モータからの置き換えが容易である。

FREQROL-F700P／F700PJシリーズでは，簡単な設定切替えによって，誘導モータとIPMモータの両方の運転を可能にした。これによって，予備品の共通化や誘導モータからIPMモータへの段階的なリニューアルが可能となる。また，FREQROL-F700P／F700PJシリーズは，“FREQROL-F700シリーズ”に装備されていたファン・ポンプ用途に最適な機能を踏襲している。

“MM-EFS”と“FREQROL-F700P／F700PJ”の外観

プレミアム高効率IPMモータMM-EFSシリーズと省エネルギーインバータFREQROL-F700P／F700PJシリーズを組み合わせることで，更なる省エネルギー効果を実現し，省エネルギーの要求が強いファン・ポンプ用途に最適である。FREQROL-F700Pシリーズは，0.75～110kW(200Vクラス)，0.75～560kW(400Vクラス)，FREQROL-F700PJシリーズは，0.4～15kW(200V，400Vクラス)をラインアップしている。

　*名古屋製作所

1. まえがき

近年，低炭素化社会実現のために再び省エネルギー化が叫ばれている。このような市場ニーズに対し，当社はインバータによる省エネルギーを提案し，更なる省エネルギーを実現させるためにIPMモータを開発し市場投入してきたが，昨年米国で始まった高効率規制の強化の動きは今後欧州，アジアへと広がり，より省エネルギー性能の高い機器が求められる可能性が高いと考えられる。こうした状況の中，IEC60034-30の効率クラスの中でも最高クラスの効率基準値であるIE4相当の効率値を実現したプレミアム高効率IPMモータMM-EFSシリーズを開発した。

また，モータ駆動用インバータについても，従来は誘導モータとIPMモータ駆動用で別々に用意する必要があったが，誘導機の商用電源駆動→インバータによる可変速→IPMモータへの置き換えといった段階的リニューアルに対応できるようにどちらのモータも運転可能な省エネルギープレミアムインバータFREQROL-F700Pシリーズ及び小形ファン・ポンプ用インバータFREQROL-F700PJシリーズを開発した。

本稿では，MM-EFSシリーズ，FREQROL-F700P／F700PJシリーズの特長について述べる。

2. 製品概要

2.1 プレミアム高効率IPMモータMM-EFSシリーズ

プレミアム高効率IPMモータMM-EFSシリーズの仕様を**表1**に，トルク特性を**図1**に示す。主な特長は，①国際規格IEC60034-30のIE4相当の高効率を実現し，当社誘導モータ“SF-JR”に比べモータ損失を60%低減，当社従来型IPMモータ“MM-EFシリーズ”に比べ，モータ損失を33%低減(22kWにおける定格負荷時の比較)し，②当社誘導モータ“SF-JR／SF-HR(4極)”と同一枠番(同サイズ)のため，取付け互換があり，誘導モータからの置き換えが容易である。

2.2 FREQROL-F700P／F700PJシリーズ

FREQROL-F700P／F700PJシリーズの仕様を**表2**に示す。主な特長は，①設定一つで誘導モータとIPMモータの切り換えが可能なためIPMモータへの置き換えが簡単であり，②瞬停再始動やPID(Proportional, Integral, Derivative)制御などファン・ポンプ用機能を満載し，③空調用途に不可欠な力率改善DCリアクトル，零相リアクトル(ラインノイズフィルタ)，容量性フィルタ(ラジオノイズフィルタ)を1つにパックしたフィルタパック付モデルをラインアップ(F700PJのみ)している。

表1．MM-EFSシリーズの仕様

項目		MM－EFS仕様
ラインアップ	三相200V	0.75K～55K(注1)
	三相400V	0.75K～55K(注1)
定格回転速度		1,500r/min
最高回転速度		2,250r/min
絶縁階級		F種
極数(15K以下／18.5K以上)		6極／8極

(注1) 75K以上も容量拡張を計画

3. プレミアム高効率IPMモータ MM-EFS

3.1 MM-EFSシリーズの高効率化技術

今回開発したMM-EFSシリーズは，次の2点によって，**図2**に示すように，全機種IE4を上回る高効率化を実現している。

①高性能磁石，高性能鉄心材料の採用

②磁気回路最適化(鉄損/銅損比最適化，磁束密度分布最適化)

3.1.1 高性能磁石，高性能鉄心材料の採用

高磁束密度と高保持力(高温耐量)を両立させた高性能磁石の採用によって，高効率化と高信頼性を両立させた。

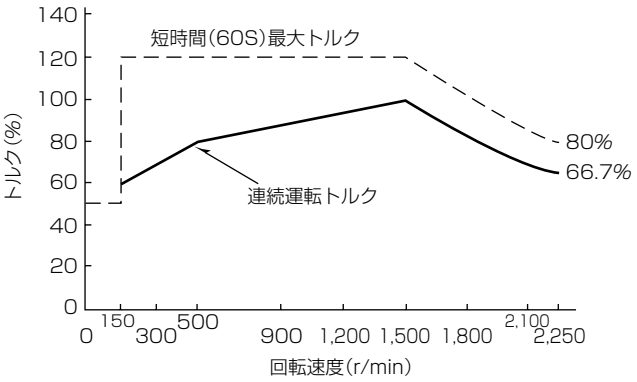

図1．MM-EFSシリーズのトルク特性

表2．FREQROL-F700P／F700PJシリーズの仕様

項目		F700P	F700PJ
ラインアップ	3相200V	0.75K～110K	0.4K～15K
	3相400V	0.75K～560K	0.4K～15K
制御方式	IM用	高キャリア周波数PWM制御最適励磁制御	
		簡易磁束ベクトル制御	汎用磁束ベクトル制御
	IPM用	IPMモータ最高効率制御	
主な機能		瞬停再始動，回生回避機能，省エネルギーモニタ，寿命診断機能	
ノイズフィルタ		内蔵	フィルタパック(付属品)
力率改善リアクトル		オプション	

PWM：Pulse Width Modulation

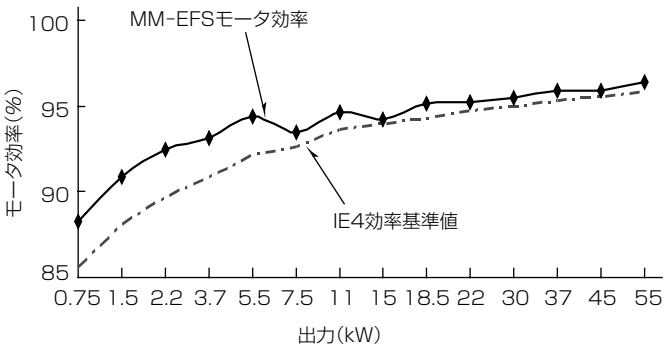

図2．定格運転時のモータ効率

また，低鉄損と高飽和磁束密度を両立させた高性能薄肉鉄心の採用によって，高効率化を実現した。

3.1.2　磁気回路最適化

電磁界解析を活用し，高効率化に対し理想である，鉄損：銅損＝50：50に近づけるとともに，磁束密度分布の最適化(均一化)による鉄損低減を実現し，高効率化を実現した(**図3**)。

3.2　高効率化の具体例

3.2.1　モータ効率

IPMモータ3.7kWを代表として，MM-EFとMM-EFSの発生損失比較を**図4**に示す。

先に述べた技術を適用することで，MM-EFSの発生損失は，MM-EFに対し，銅損を約半分，鉄損を約2割低減することができ，全体として43%減を実現した。

これは，先に述べた技術適用に加え，MM-EFに対しMM-EFSは，モータ枠番を1ランクUPすることで，①ステータのスロット断面積が大きくなるため，より太線を巻くことが可能となり，抵抗を約35%低減，②磁石磁束増によって，電流を約15%低減，③磁束密度低減による鉄損低減の効果も含まれる。

3.2.2　総 合 効 率

IPMモータ3.7kWについて，二乗低減負荷時の当社モータ(MM-EFS，MM-EF，当社高効率モータ)についての総合効率比較を**図5**に示す。FREQROL-F700Pシリーズとの組み合せによって，MM-EFSのモータ効率は，ファン・ポンプで主に使用される1,000～1,800r/minで，当社高効率モータに対し約6%，MM－EFと比べ1～3%の高効率を実現している。

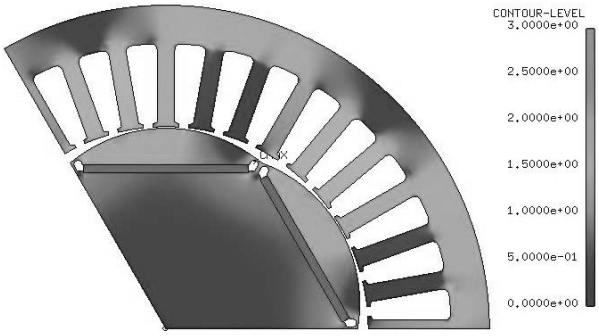

図3．IPMモータ3.7kWの電磁界解析結果

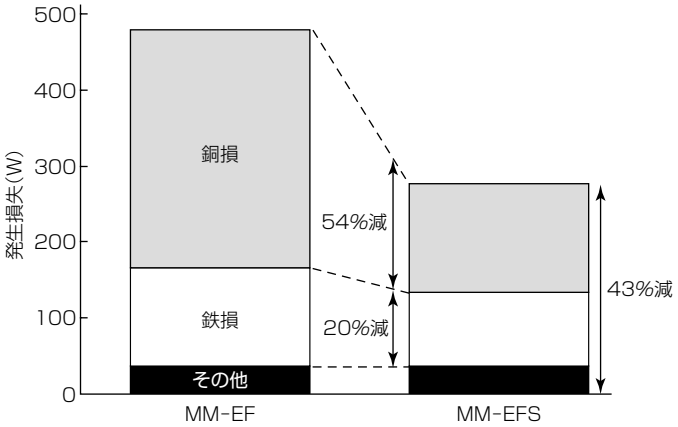

図4．IPMモータ3.7kWの発生損失比較

4.　省エネルギーインバータFREQROL-F700P／F700PJ

4.1　汎用モータ，IPMモータの両駆動可能

当社で，IPM駆動は，IPM駆動用の専用アンプが必要であったため，汎用モータとIPMモータを使用している場合，汎用インバータとIPM駆動専用インバータともに予備品を確保しておく必要があった。

FREQROL-F700P／F700PJシリーズでは，簡単な設定切替えによって，汎用モータとIPMモータの両方の運転を可能とした。

これによって，汎用モータとIPMモータ用の予備インバータを持つ必要がなく，インバータの在庫を共通化することができる(**図6**)。

また，現在稼働中のモータを更なる省エネルギーのため，汎用モータからIPMモータに置き換えるにあたり，まずはインバータ，後でモータといった形で，段階的なリニューアルが可能となる(**図7**)。

4.2　IPMパラメータ初期設定機能

IPMモータは，本来汎用インバータで想定している60Hz-4P(定格 1,800r/min)ではなく，90Hz-6P(定格1,800r/min)又は，120Hz-8P(定格 1,800r/min)となっているため，多くのパラメータの調整が必要となる。

FREQROL-F700P／F700PJでは，これらの設定の手間や設定ミスを低減させるため，簡単な操作で，使用するモータに合わせ，約30個のパラメータを一括で自動設定できるIPMパラメータ初期設定機能を装備している。

また，IPMパラメータ初期設定機能と同様の機能として，目的に合わせたパラメータの自動設定が可能なパラメータ自動設定機能も装備した。

①三菱表示器(GOT)接続時の通信設定
②定格周波数の変更(60Hz⇔50Hz)
③加減速時間単位の変更(0.1s⇔0.01s)

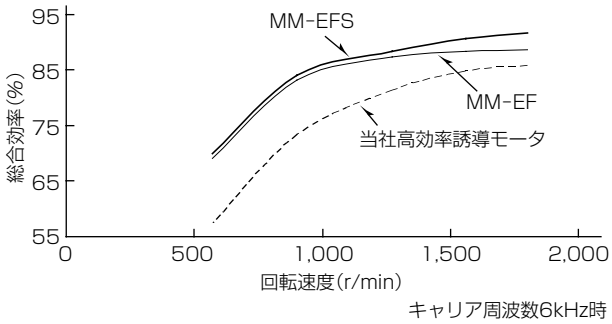

図5．IPMモータ3.7kWの総合効率の比較

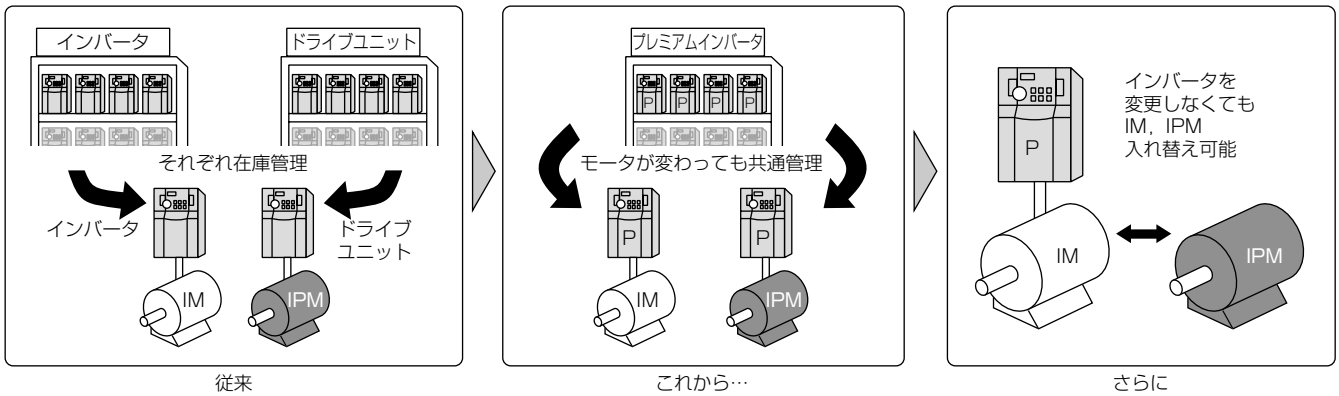

図6．予備品イメージ

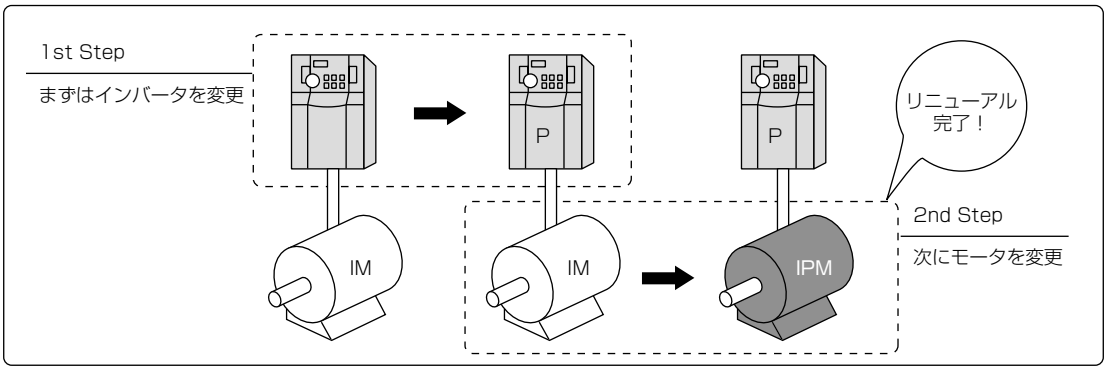

図7．リニューアルイメージ

4.3　ファン・ポンプに最適な機能

FREQROL-F700P／F700PJでは，FREQROL-F700シリーズに装備されていたファン・ポンプに最適な機能を踏襲している。

①PID制御機能

②最適励磁制御(汎用モータ)

③回生回避機能

④瞬停再始動／つれ回り引込み機能

4.4　任意アラーム発生機能

インバータには，多くの保護機能が装備されており，アラーム発生時にアラーム情報を通信などによって，伝達することが可能となっている。ユーザーによっては，アラーム情報を表示器に表示させたり，アラーム情報によって，外部機器の制御を行ったりしている。保護機能の中には，インバータが実際に故障しないと出力されないようなアラームもあるため，ユーザーは，インバータのすべての保護機能に対して，システムの動作チェックを行うことができなかった。

FREQROL-F700P／F700PJでは，任意アラーム発生機能を装備し，パラメータに任意の値を書き込むことで，任意のアラームを擬似的に発生させることを可能とした。

5. む　す　び

プレミアム高効率IPMモータと省エネルギーインバータとしてMM-EFSシリーズ及びFREQROL-F700P／F700PJシリーズについて述べた。IPMモータとインバータについては，省エネルギー要求に伴い，今後の市場拡大が期待できる製品である。このため，これらの市場拡大のため，一層の技術開発に取り組んでいく所存である。

参 考 文 献

(1)　白石康裕，ほか：次世代省エネインバータ“FREQROL-F700シリーズ”，三菱電機技報，**79**，No.3，189～192（2005）

(2)　谷本政則，ほか：省エネルギードライブ“FREQROL-FP500J＋IPMモータ”，三菱電機技報，**79**，No.11，739～742（2005）