

富士電機のトップランナーモーター —プレミアム効率モーター「MLU・MLK シリーズ」—

Top Runner Motor of Fuji Electric—
Premium Efficiency Motor “MLU and MLK Series”

館 憲弘* TACHI Norihiro

近年、地球の温暖化を防止するためエネルギーの使用を削減する動きが世界的にある。日本も「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(省エネ法)においてトップランナー方式を採用し、対象機器を拡大してきた。三相誘導電動機(モーター)についても2015年からその対象となる。

富士電機は、スロット形状やコア材などの最適化によってトップランナー方式による効率基準(トップランナー基準)を満足したモーター「MLU・MLK シリーズ」を発売した。本製品は低騒音化も実現し、省エネルギー(省エネ)以外にも環境に配慮した製品である。

1 特徴

トップランナー方式によるプレミアム効率モーター「MLU・MLK シリーズ」の主な仕様を表1に示す。

(1) 高効率化

トップランナー基準を満足させるため、銅損、鉄損、機械損失を低減し、効率を3~10%向上させた。

モーター効率の国際規格として、IEC(国際電気標準会議)のIEC 60034-30“回転電気機械—第30部:単一速度三相かご形誘導電動機の効率クラス(IEコード)”がある。現在の標準モーターの効率は、図1に示す標準効率(IE1)のレベルである。これに対し、本製品はプレミアム効率(IE3)のレベルを満足している。

(2) 従来品との互換性

モーターは既設品の置換え需要が多いため、従来品と寸

表1 「MLU・MLK シリーズ」の主な仕様

項目	仕様
外被構造	全閉外扇形 屋内または屋外
形式	MLU(鑄鉄フレーム) MLK(鋼板フレーム)
出力	0.75~375(kW)
極数	2, 4, 6
枠番号	80M~355M
定格	S1(連続)
耐熱クラス	155(F)
回転方向	CCW(負荷側から見て反時計方向)
塗装色	マンセルN1.2(黒ツヤなし)

* 富士電機株式会社技術開発本部製品技術研究所回転機技術開発部

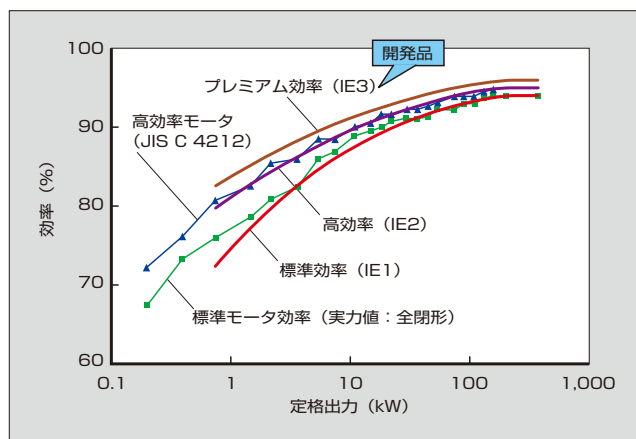


図1 効率クラス別のモーター効率値

法および電気特性の互換性が重要である。

外国の規格における寸法の規定は、枠番号(ベース底から軸中心までの距離に対する軸や脚幅などの寸法)で、出力・極数ごとの寸法の規定はない。一方、2013年度中に制定予定のJIS C 4213では、枠番号および出力・極数ごとの各部寸法の規定となる予定である。

JIS C 4213に準拠した上で、本製品は置換えを容易にするため、既設の電磁開閉器の遮断電流を超えない仕様とした。

(3) 低騒音化

作業環境を改善するために、機器の低騒音化の要求は強く、機器の駆動源であるモーターの低騒音化のニーズは強い。MLUでは、鑄鉄製のフレームの採用による剛性の向上や冷却ファンの最適化などによって、従来品(IE1)に対し、5~8dBの低騒音化を実現している。なお、鋼板フレームを採用したMLKにおいても最大で騒音を5dB低減している。

(4) 長寿命化

耐熱クラスF種の絶縁を標準で採用したことにより、モーターの絶縁寿命は従来品(IE1, IE2)に対し、約4倍長くなった。また、周囲温度50℃での使用も可能にした。

(5) 耐サージ性の向上

ファン・ポンプの省エネ化を図るには、流量調整をダンパーなどで行うよりもインバータによる回転速度調整で行う方が効果的である。そこで、本製品は、パルス状の急峻(きゅうしゅん)な波形の電圧を発生するインバータで駆動しても問題ないように耐サージ性を約10%向上させた。

(6) 耐食性の向上

MLUでは、軽量化のためアルミニウム合金ダイカストフレームを採用するメーカーが多い中で、耐食性を向上させるために铸铁フレームを採用した。

2 モーター高効率化の背景と規格

図2に示すように、モーターは、ファン・ポンプなど各種産業機器の駆動源として広く使用されている。これは、全世界の電力消費の40%を占めている(図3)。仮に全てのモーターの効率を1%向上させると、全世界における1年間の電力消費量を800億kWh、CO₂排出量を3,200万t削減できる。

日本では、インバータ技術と組み合わせたシステムとして省エネを推進してきたため、モーターそのものの高効率化はほとんど手付かずの状態であった。このため、高効率モーター(JIS C 4212)の年間の出荷実績は、わずか1~3%程度であった。

一方、欧米をはじめとするエネルギー消費大国にとって、モーターの高効率化は、電力消費量やCO₂排出量を削減するための非常に効果的な施策と位置付けられ、モーター単体での効率向上を図る動きが活発化している。

米国では高効率(IE2)とプレミアム効率(IE3)の合計が90%となっている。欧州ではIE2の普及が過半数を



図2 モーターの使用例

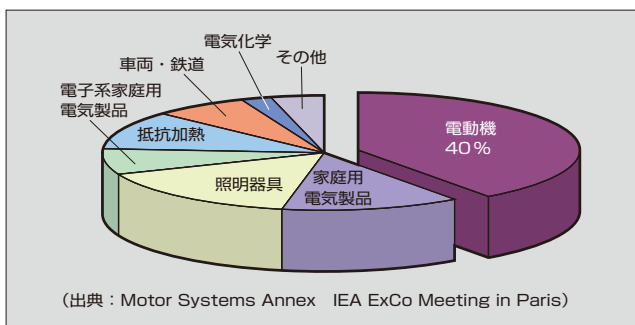


図3 全世界の電力消費の内訳

超えていると想定される上、2015年にはIE3での規制が始まる予定である。これに対し、日本もようやくトッランナー基準による効率規制が始まることになる。

日本でのトッランナー基準は、IE3をベースにししながら日本独自の電源である3種類の定格電源を考慮した規制となっている。すなわち、200V/50Hzおよび220V/60Hzの効率規制値はIE3に準拠しているのに対し、200V/60HzはIE3に係数を掛けたIE2相当の値を規制値とし、また、目標基準値を欧州ほど細かいものではなく、およそ1/3の36区分に分けて設定している。

3 背景となる技術

図4に、モーターの構造断面と損失低減策を示す。モーターの各部で損失が発生しており、効率規制値を満足させるためには、損失が発生する全ての部位で低減する必要がある。特に、全体の約50%を占める銅損(一次および二次)と約30%を占める鉄損の低減が重要である。

(1) 銅損の低減

一次銅損は、モーター巻線の電気抵抗と電流とによるジュール損失である。固定子スロット形状の最適化や、巻線の充填率を向上させて導体の断面積を増やすこと、およびコイルエンドを短縮して導体長を短縮することにより、電気抵抗を小さくして銅損を低減した。

また、回転子スロット形状を見直し、二次銅損の低減とトルク特性および電流特性の最適化との両立も図った。

(2) 鉄損の低減

鉄損は、鉄心内の磁束の変化によって発生する渦電流損とヒステリシス損との和である。材料自体の鉄損を減少するためハイグレードな低損失電磁鋼板を採用し、鉄心内の磁束の変化を少なくするために、その材料に合った磁束バランスの最適化を図った。

また、鉄心各部に応力が加わることで損失が増加するため、応力を緩和させることも重要である。例えば、フレームに圧入後のしめしろを見直すことでコア変形を小さくし、損失の増加を防いでいる。

鉄損を低減するには、固定子と回転子の溝数(スロットコンビ)やスロット寸法など多くのパラメータを考慮

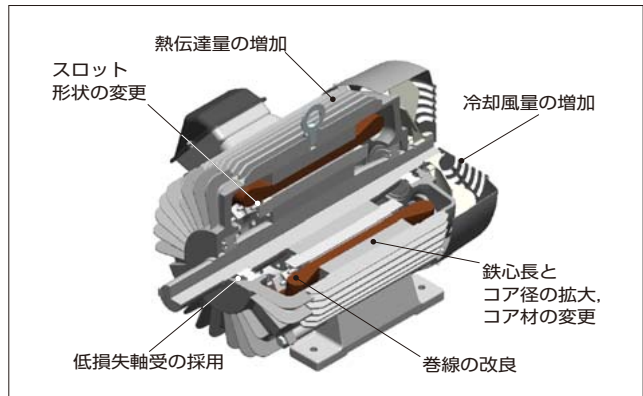


図4 モーターの構造断面と損失低減策

する必要がある。また、銅損とのバランスや電気特性を考慮しながら鉄損を大きく低減することが重要となるため、既存の計算プログラムと磁界解析とを使い分けて最適化を図った。

(3) 冷却ファンによる機械損失の低減

モーターには外皮冷却用のファンがあり、その回転によって発生する風損は電動機の損失に含まれる。ファンによる冷却を必要最小限にするためには、設計段階でモーター温度を高精度に算出する必要がある。このため、熱流体回路網法を採用した熱設計を行い、冷却ファンによる損失の低減を図った。熱流体回路網法は、流体回路網計算で風速を算出したのち、熱回路網計算で各部の温度を算出する方法である。

(4) 損失の製品間のばらつきの低減

トッランナー基準では加重平均で効率規制値を満足させる必要があるため、製品個々の損失ばらつきを小さく抑えることも重要となる。製造時の加工精度や管理を厳しくすることで、ばらつきを抑えている。

発売開始時期

2013年6月1日

お問い合わせ先

富士電機株式会社
パワエレ機器事業本部ドライブ事業部
電話 (03) 5435-7059





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。