

日本冷凍空調学会賞 技術賞

自己始動式磁石同期モーター搭載スクロール圧縮機

Development of High Efficiency Scroll Compressor with Self-Starting Magnet Synchronous Motor

1. はじめに

昨今の地球環境保全の観点から、冷凍・空調機器の省エネルギー化は重要な問題の一つであり、冷凍・空調機器の消費電力の大部分を占める圧縮機の効率向上が強く要求されている。

一方、ビル用マルチエアコン、設備用エアコン、チラーユニットなどの大容量冷凍・空調機器においては、負荷変動に対して最適効率にて運転するため、可変速のインバーター圧縮機と一定速圧縮機を混載したシステムにて対応している。

近年、インバーター圧縮機はDC磁石モーターを搭載することにより高効率化を推進してきたが、一定速圧縮機においては従来の誘導モーターが使用されている。一般に、誘導モーターはDC磁石モーターに対し効率が劣る。そこで、一定速圧縮機の高効率化を図るため、世界で初めて自己始動式磁石同期モーター（以下、MSモーター）を搭載したスクロール圧縮機を開発した。開発したスクロール圧縮機を採用したビル用マルチエアコンは、業界一の高効率（全機種COP3.91以上）を達成した。

2. 構造

2.1 圧縮機構造

圧縮機の断面構造を図1に示す。MSモーターを搭載した圧縮機はスクロール式であり、チャンバーの上部にス



東條健司*
Kenji TOJO

三宅成志*
Masashi MIYAKE

吉川富夫*
Tomio YOSHIKAWA

手塚純一郎*
Jyunritrou TEDUKA

菊地 聡**
Satoshi KIKUCHI

クロール圧縮機構、中央部にMSモーター、下部に軸受を設けた高圧チャンバー方式で構成した。R410A冷媒対応とし、4.8kWおよび7.5kWをラインナップした。

2.2 MSモーター

これまで、冷凍・空調用圧縮機として一定速圧縮機には誘導モーターが、インバーター駆動による回転速度可変圧縮機には高効率なDC磁石モーターが採用されてきた。一般的に、誘導モーターはDC磁石モーターと比較しモーター効率が劣る。一方、DC磁石モーターは高効率ではあるがインバーター回路でのスイッチングによる損失が生じるため、DC磁石モーターの高効率が生かされにくい。本圧縮機にて採用したMSモーターは、商用電源にてDCモーターと同等の効率で駆動することを可能とした自己始動式永久磁石同期モーターである。

MSモーターは、従来の誘導モーターとDC磁石モーターの機能を併せ持ったハイブリッドモーターであり、誘導モーターとしての二次導体およびDC磁石モーターとしての永久磁石をローター内部に持つ構成である。

始動時は、二次導体に誘起された電流が流れ、誘導モーターとして作動する。一方、ローターの回転が同期回転速度に近づくと、自動的にDC磁石モーターとして作動して同期運転される。同期運転状

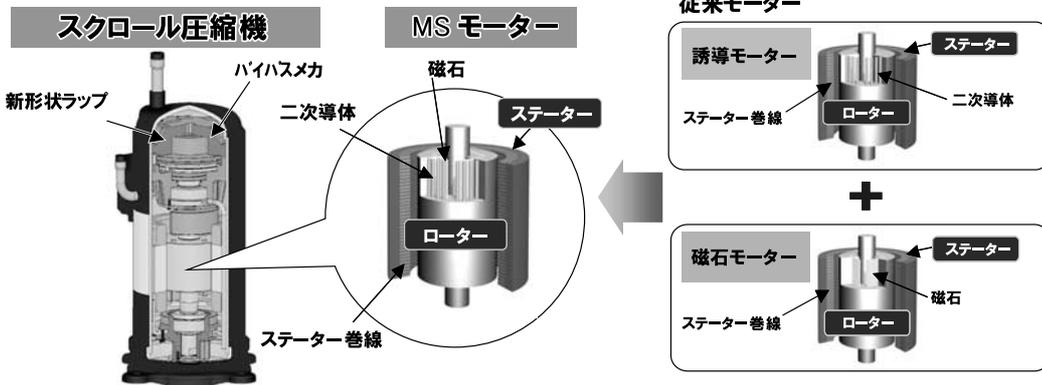


図1 MSモーター搭載スクロール圧縮機

*日立アプライアンス(株)
Hitachi Appliances, Inc.
** (株)日立製作所 日立研究所
Hitachi Ltd., Hitachi Research Laboratory
原稿受理 2009年2月13日

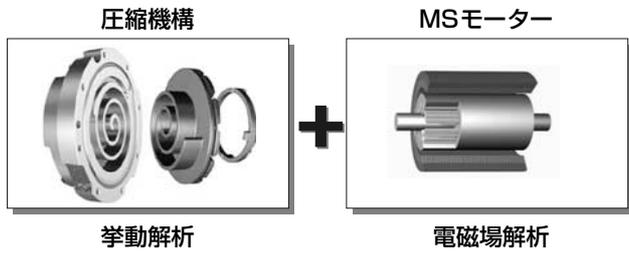


図2 シミュレーションモデル

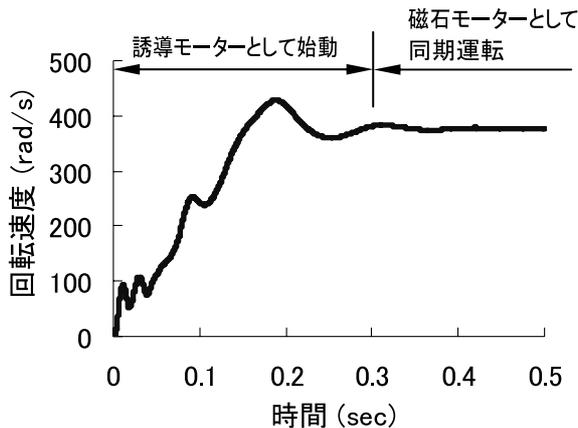


図3 始動時のシミュレーション結果

態では、二次導体にはほとんど誘起電流が流れず、永久磁石が発生する磁界のみで回転する。よって、二次導体での電気的損失が無い場合、高効率の運転が可能となる。

過渡的なトルク変化、電源電圧変化などにより同期回転速度から外れた場合には、誘導モーターとしてのトルクが発生し同期運転が維持される。

以上のように、MSモーターは始動時から過渡運転、定常運転、停止に至るまで、インバーターなどの駆動制御を用いずに商用電源で直接運転することができるため、駆動回路でのエネルギー損失が無く、磁石同期モーターとしての高い効率を効果的に活用することが可能となる。

3. MSモーターの特性

MSモーターは、インバーターを用いずに直接商用電源で駆動されるため、定常運転時の特性に加え始動時の特性を明らかにすることが重要である。このため、モーターの特性と圧縮機を連係したシミュレーションモデルを構築し(図2)、始動時の動特性を評価した(図3)。シミュレーションと要素試験によるローター、永久磁石および二次導体の形状・寸法・配置・材質などの最適化と、各種フィールドでの条件を想定した耐久試験に

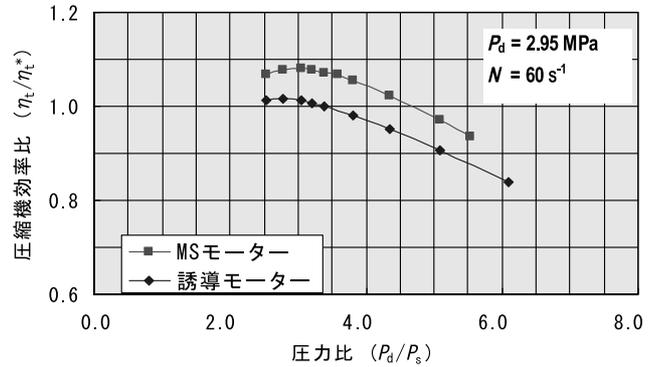


図4 圧縮機効率比較

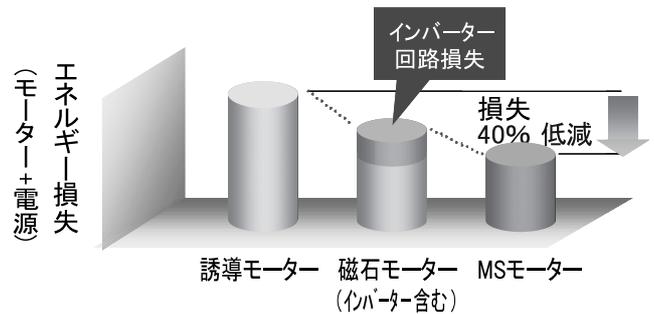


図5 エネルギー損失

より、圧縮機としての信頼性および安全性を確保した。

4. 性能

MSモーター搭載スクロール圧縮機の効率比を、従来の誘導モーター搭載圧縮機と比較して図4に示す(圧力比3.3時の誘導モーター搭載圧縮機を1.0とする)。従来の機種に対し、運転領域全域において8%の効率向上を図ることができた。

また、システム(モーター+電源)での損失分析結果を図5に示す。MSモーターは誘導モーターに対してエネルギー損失を40%削減、インバーター駆動DC磁石モーターに対して20%の損失削減を達成した。

また、開発したスクロール圧縮機を採用したビル用マルチエアコンは、業界一の高効率(全機種COP3.91以上)を達成した。

5. まとめ

インバーターなどの駆動制御を不要とし、商用電源にて直接運転可能な自己始動式磁石同期モーター(MSモーター)を搭載した高効率スクロール圧縮機を開発した。

今後、一定速圧縮機を多用する大容量空調・冷凍機に搭載し、一層の省エネルギー化を推進する。