

エアコン用正弦波駆動インバータ - コンプレッサモータの高性能駆動

Sinusoidal Drive Inverters for Air Conditioners — Application to High-Performance Compressor Motor Drives

関原 聡一 蛭間 淳之

SEKIHARA Toshikazu

HIRUMA Atsuyuki

インバータ技術の進歩や冷凍サイクルの性能向上などにより、エアコンの消費電力量は大幅に低減されたが、地球環境保護の面から更なる省エネルギー(以下、省エネと略記)化が求められている。当社は、エアコンの心臓部であるコンプレッサの高効率、低振動・低騒音といった高性能化を実現するため、コンプレッサに搭載されているモータを正弦波駆動するインバータを開発し、家庭用エアコン“プラズマ大清快™”シリーズ、業務用エアコン“スーパーパワーエコ™”シリーズ、汎用ドライバ“ベクトルIPDU™(Intelligent Power Drive Unit)”で製品化した。

また、この駆動技術を低コストで家電製品に普及させたことが評価されて、(社)電気学会“進歩賞”を受賞した。

The power consumption of air conditioners has decreased substantially due to advancements in inverter technology and other factors. However, further energy savings are still required for air conditioners from the standpoint of global environmental preservation.

We have developed new sinusoidal drive inverters for compressor motors to realize high-performance compressors with features such as high efficiency, low vibration, and low noise. These inverters have been applied to the "Plasma Daiseikai™" series, "Super Power Eco™" series, and "Vector IPDU™" series products. We also received the Shinpo-sho (Progress Award) from the Institute of Electrical Engineers of Japan in recognition of its dissemination of low-cost technology for household electrical appliances.

1 まえがき

当社は、他社に先駆けて1980年にインバータエアコンを製品化した。そして、現在では家庭用エアコンの95%以上にインバータが搭載されるまでに至っている。この間、インバータ技術や冷凍サイクルの性能向上などが進み、エアコンの定格消費電力は10年前と比較して約半分まで下がった。

一方、現在の家電製品の消費電力量において、エアコンの消費電力量の占める割合は約23%と一番大きく、次に冷蔵庫、照明器具、テレビと続いている。

また、98年に“エネルギーの使用の合理化に関する法律”いわゆる“省エネ法”が改正されて、99年に施行された。

このように、省エネが社会的に求められるようになり、更なるエアコンの省エネ化の施策が急務となっている。

そこで今回、エアコンの心臓部であるコンプレッサの高効率、低振動・低騒音といった高性能化を実現するため、コンプレッサに搭載されているモータを、従来の矩形(くけい)波駆動に変わり、正弦波駆動するインバータを開発した。

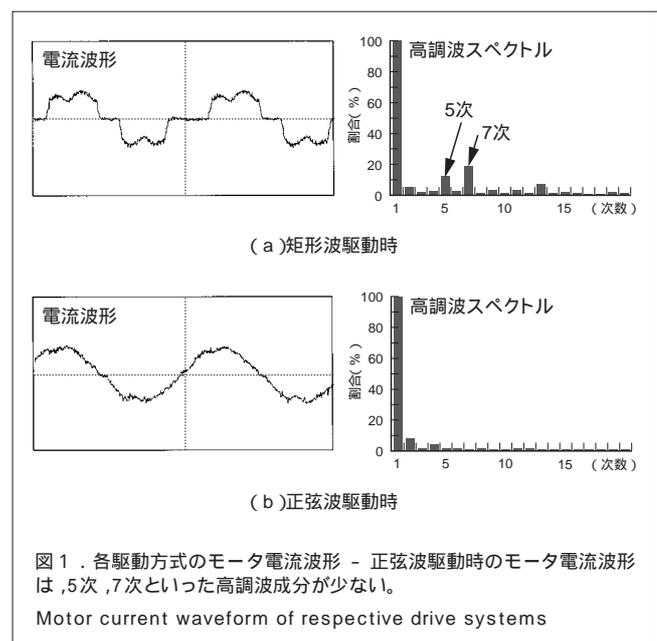
2 コンプレッサモータの高性能駆動

当社は、93年にコンプレッサモータとして従来のインダクションモータに替わり、高効率な永久磁石同期モータ(以下、

PMモータと略記)を製品化した。

従来、このPMモータは、図1(a)に示すような矩形波駆動をしていた。これは120°通電とも呼ばれている。

これに対して、図1(b)に示す正弦波駆動は、モータの巻線利用率が高く、モータ効率が良い。また、モータ電流に含



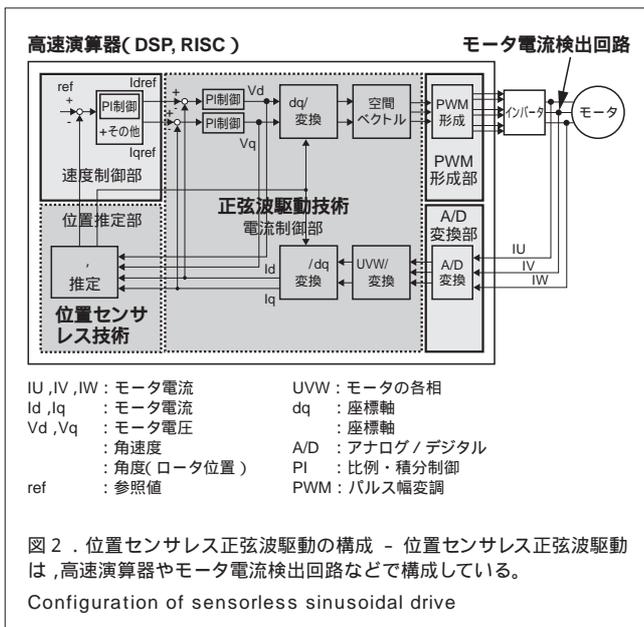
まれる高調波成分が少なく、低振動・低騒音化に有効である。

3 正弦波駆動技術

3.1 正弦波駆動の構成

コンプレッサ内部は高温高圧になるため、コンプレッサモータには位置センサを取り付けることができない。したがって、コンプレッサモータは位置センサレスで駆動しなければならない。

位置センサレス正弦波駆動の構成を図2に示す。



位置センサレス正弦波駆動は、高速演算器、モータ電流検出回路などで構成している。

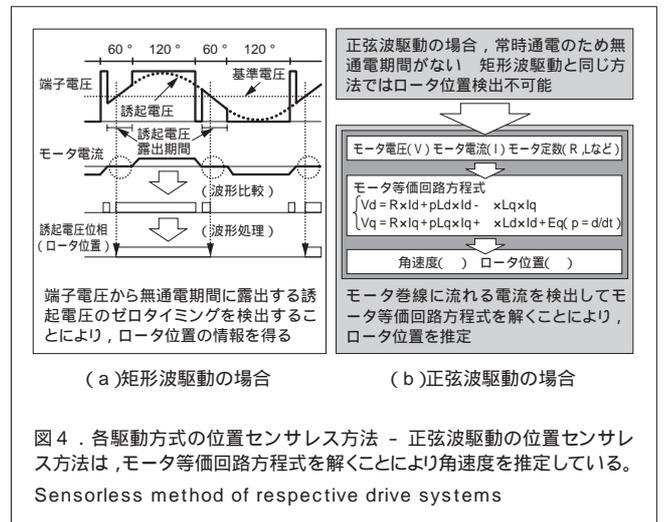
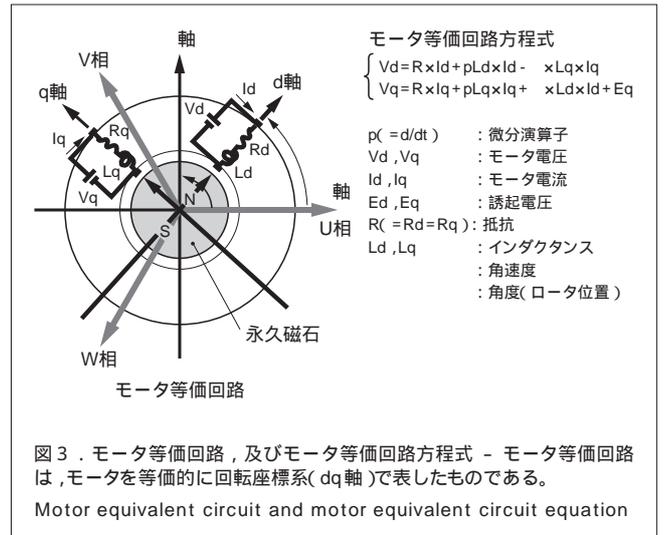
従来、DSP(Digital Signal Processor)やRISC(Reduced Instruction Set Computer)といった高速演算器は非常に高価なものであったが、ここ数年、安価なものが各社から製品化されている。位置センサレス正弦波駆動は、これらのソフトウェアにより実現した。

また、モータ電流の検出には一般にホールCT(Current Transformer)が使用されているが、高価なため家電製品には採用が難しい。そこで、エアコン用としては十分な性能を持つ簡易構成のモータ電流検出回路を開発した。

3.2 位置センサレス正弦波駆動

位置センサレス正弦波駆動は、文字どおり正弦波駆動と位置センサレスの二つの技術で構成している。

正弦波駆動は、ベクトル制御により実現した。ベクトル制御は、モータのステータとロータを共に回転する直行座標系に変換して制御する方法である。三相PMモータをdq軸で表した等価回路、及びその等価回路方程式を図3に示す。



位置センサレスは、図4に示すように、それぞれの駆動方式によって異なっている。

従来の矩形波駆動は、モータに通電しない期間(以下、無通電期間と略記)にモータの端子電圧に現れる誘起電圧を検出することで、ロータ位置を検出している。

一方、正弦波駆動の場合、常にモータに通電しており無通電期間がない。このため、矩形波駆動と同じ方法ではロータ位置の検出が不可能である。

そこで、正弦波駆動の場合、モータ電圧、モータ電流、抵抗やインダクタンスといったモータ定数を用いてd軸のモータ等価回路方程式を解き、この方程式が成立するように速度を推定している。また、この推定した速度を積分することにより、ロータ位置を推定している。

3.3 モータ電流検出回路

開発したモータ電流検出回路を図5に示す。

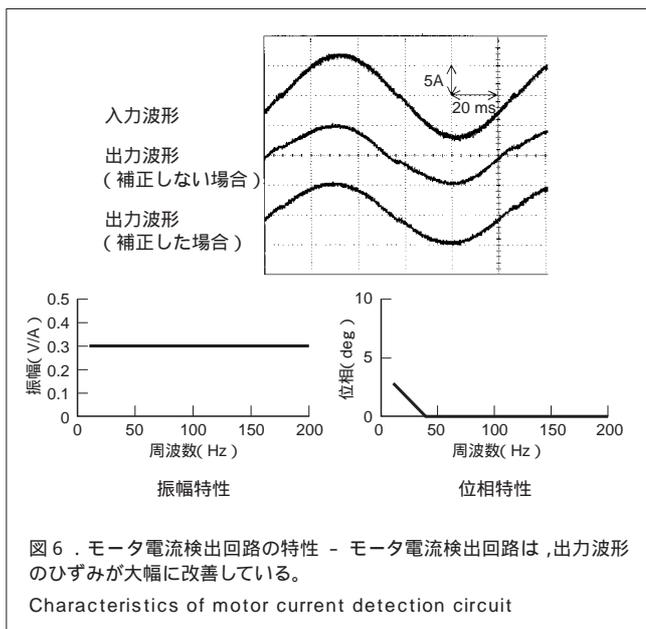
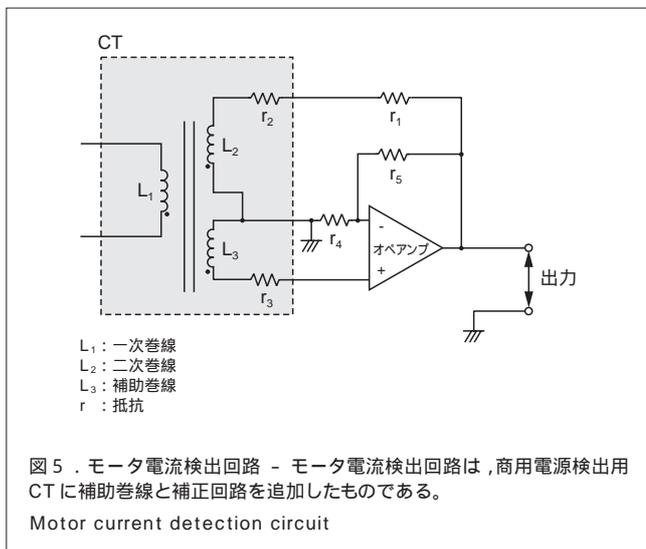
モータ電流検出回路は、一般に商用電源を検出する際に

使用するCTの二次巻線に、補助巻線と補正回路を追加したものである。

通常、商用電源検出用CTは、一次巻線に流れる電流によりコアに磁束が発生するが、低周波数域では磁気飽和が生じるために正確な電流検出ができない。そこで、一次巻線により発生した磁束を補助巻線の両端電圧として検出、増幅して二次巻線に印加する。これにより、二次巻線に一次磁束を打ち消すのに十分な磁束を発生させ、低周波数域による磁気飽和を回避している。

開発したモータ電流検出回路の特性を図6に示す。

補助巻線と補正回路を追加することにより、出力波形のひずみは大幅に改善している。また、エアコン用としては十分な振幅特性、及び位相特性を得ている。



4 正弦波駆動の効果

4.1 業務用エアコン

業務用エアコンにおける開発品(PM モータ+ 正弦波駆動インバータ)と従来品(インダクションモータ+ AC インバータ)の効率比較を図7に示す。

開発品は、全域で10%以上向上し、更に運転時間の多い低周波数域では約15%向上している。

業務用エアコンのCOP(Coefficient Of Performance : エネルギー消費効率)を図8に示す。

製品は、先述した技術のほかに、R410A冷媒の採用、ファンモータのDC化、ファンの形状改良、熱交換器の性能向上など、多くの省エネ技術を採用している。

これらの技術により、COPは改正省エネ法で定められた基準値に対して120~137%と大幅に上回っている。

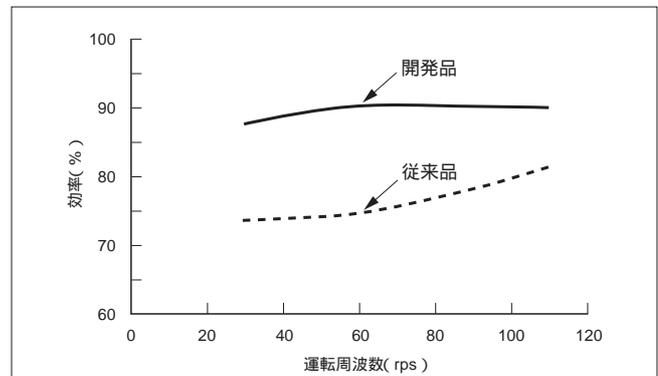


図7．効率比較 - 開発品は、全域で10%以上向上し、更に低周波数域で約15%向上している。
Efficiency comparison (1)

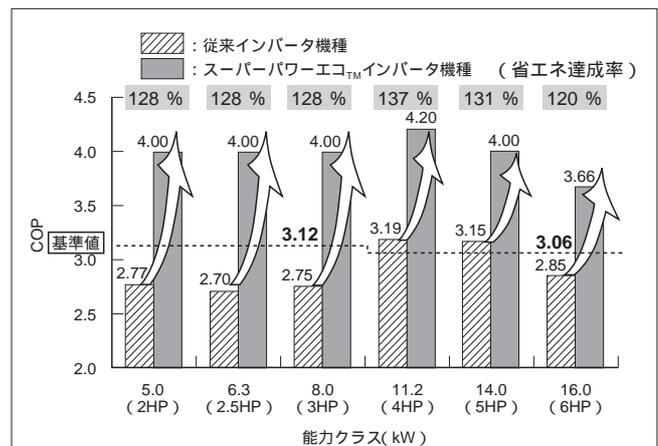
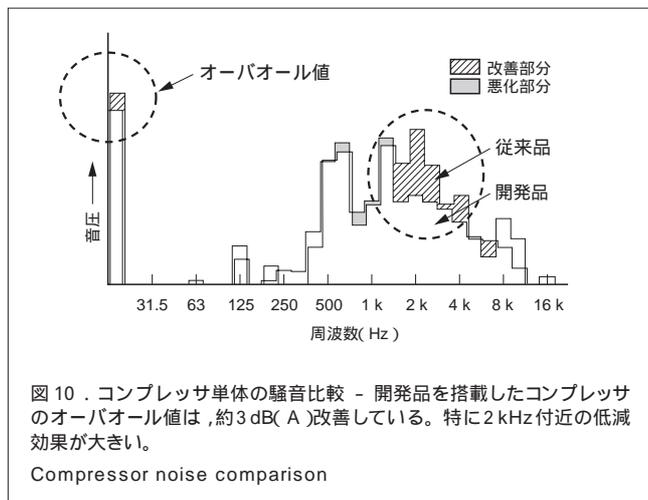
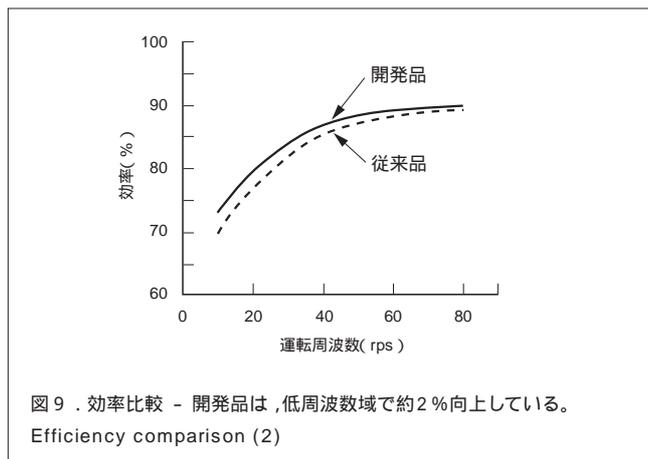


図8．COP比較 - 開発品を搭載したエアコンのCOPは、改正省エネ法で定められた基準値に対して大幅に上回っている。
Coefficient of performance (COP) comparison

4.2 家庭用エアコン

家庭用エアコンにおける開発品(PM モータ+ 正弦波駆動インバータ)と従来品(PM モータ+ 矩形波駆動インバータ)の効率比較を図9に示す。開発品のPMモータは、正弦波駆動に合わせてモータ定数を設計したものである。開発品は運転時間の多い低周波数域で約2%向上している。

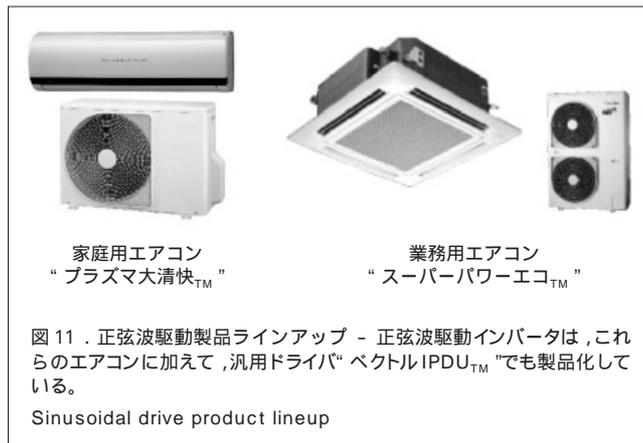
コンプレッサ単体の騒音比較を図10に示す。開発品はオーバーオール値が約3 dB(A)改善している。特に、耳障りな2 kHz付近の音の低減効果大きい。



5 正弦波駆動製品ラインアップ

正弦波駆動インバータを搭載した製品を図11に示す。

正弦波駆動インバータは、2000年発売の家庭用エアコン“プラズマ大清快_{TM}”シリーズの冷房能力2.8 kWクラスで最初に製品化した。続いて2001年発売の業務用エアコン“スーパーパワーエコ_{TM}”シリーズで製品化した。更に、これらを応用した汎用ドライバ“ベクトルIPDU_{TM}”も製品化している。



6 あとがき

以上、エアコンのコンプレッサモータの高性能駆動技術及びこの技術の製品適用事例について述べた。改正省エネ法の施行で、今後ますますコンプレッサモータとしてPMモータが普及していくと予想する。近年、PMモータのベクトル制御に関する技術が、学会や展示会で注目を集めているが、この技術をいち早くエアコンで製品化したことで、業界トップクラスの省エネに貢献することができた。

今後も引き続き、更なる省エネ化を目指してエアコン用インバータに関する新技術開発を行っていく所存である。

文献

- (1) 蛭間淳之,ほか.“インバータエアコンへのベクトル制御応用”.JMA2001モータ技術シンポジウムセッションA-3(社)日本能率協会.2001.p.A3-2-1-A3-2-10.
- (2) 森本敏行,ほか.“ベクトル制御のインバータエアコンへの応用”.平成13年電気学会全国大会(社)電気学会.2001.p.1424.
- (3) 川合信夫,ほか.“インバータ カスタムエアコン”スーパーパワーエコ”.東芝レビュー.56,5,2001,p.64-67.
- (4) 長竹和夫編.家電用モータ・インバータ技術.日刊工業新聞社,2000,183p.



関原 聡一 SEKIHARA Toshikazu
生産技術センター モータ技術開発センター研究主務。
モータ用インバータの研究・開発に従事。
Motor Technology Development Center



蛭間 淳之 HIRUMA Atsuyuki
東芝キャリア(株)エレクトロニクス開発部主査。
エアコン用インバータの開発・設計に従事。電気学会会員。
Toshiba Carrier Corp.