

# 正弦波駆動・矩形波駆動切替技術によるエアコン用圧縮機の高機能化

松下 元士 亀山 浩幸 池防 泰裕 森本 茂雄<sup>†</sup>

健康・環境システム事業本部 要素技術開発センター<sup>†</sup> 大阪府立大学

## 原論文

“正弦波駆動・矩形波駆動切替技術によるエアコン用圧縮機の高機能化”，パワーエレクトロニクス学会第 172 回定例研究会，講演資料 JIPE-34-4

エアコンが様々な環境下で最適な冷暖房能力を発揮するために、圧縮機モータには低負荷から高負荷，低回転から高回転までの幅広い運転範囲が求められている。圧縮機モータは近年更なる省エネルギー化に向け高磁束化してきている。またエアコンは、空調負荷の低い条件で長時間運転されることが多いことから、低出力条件での高効率化も求められている。このような様々な要求に対して、弱め磁束制御による高速域の拡大に効果を発揮する「電圧／電流位相差制御による正弦波駆動」<sup>1)</sup>と低速域での省エネルギー化に効果を発揮する「矩形波駆動」の異なる二つの駆動制御をエアコンの運転条件により切替えることで、常に最適な圧縮機モータ駆動を実現した。

図 1 にエアコン用圧縮機駆動システムの構成を示す。駆動システムの制御部は「電圧／電流位相差制御によるセンサレス正弦波駆動部」，ロータ位置を無通電期間の巻線誘起電圧から検出し，回転数・電圧位相を制御する 120 度通電による「センサレス矩形波駆動部」および正弦波駆動と矩形波駆動を切替える「駆動方式選択部」から構成される。正弦波駆動部では，モータの回転数はモータ巻線に通電する PWM 変調<sup>\*1</sup>された正弦波からなるモータ電圧の周波数で決定される，強制励磁駆動であり，励磁周波数を高くすることにより，弱め磁束<sup>\*2</sup>領域でのモータ駆動を行い，高速域の拡大を図っている。また，インバータ負側素子に接続されたシャント抵抗から検出したインバータ母線電流により電圧／電流位相差を推定しており，センサレス正弦波駆動となっている。

図 2 に示すように，モータ相電圧の振幅値  $V$  と電圧／電流位相差  $\phi$  には単調増加の関係があり，角速度  $\omega_e$  によらずモータ相電圧の振幅値  $V$  により電圧／電流位相差  $\phi$  を制御できる。そこで，電圧／電流位相差制御では，図 3 に示すように，モータ相電圧の振幅値  $V$  で電圧／電流位相差  $\phi$  を目標電圧／電流位相差  $\phi^*$  に制御することにより，高効率点での正弦波駆動を実現する。

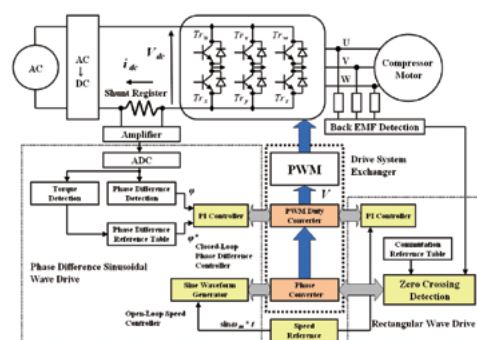


図 1 エアコン用圧縮機駆動システム構成

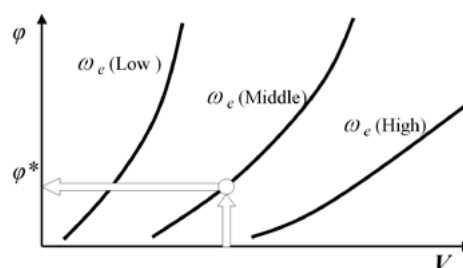


図 2 相電圧  $V$  と電圧／電流位相差  $\phi$  の関係

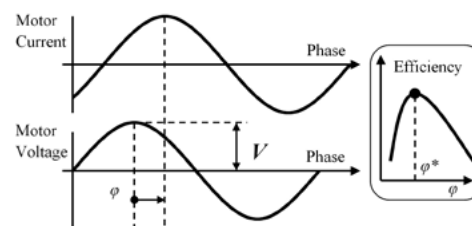


図 3 電圧／電流位相差制御の概要

**\*1 PWM変調**

パルス幅変調 (Pulse Width Modulation) の略。パルス波の周期とパルス幅の比を変化させて変調する変調方法。

**\*2 弱め磁束**

高速回転領域で，永久磁石の鎖交磁束を減少させるようにした状態のこと。これによりモータからの誘起電圧の上昇を抑えて，インバータの電圧制限を緩和できる。

次に駆動方式切換技術について示す。矩形波駆動から正弦波駆動への切換時では6相PWM出力を一時停止させ矩形波駆動で最後に出力した電圧位相と検出回転数, 出力電圧振幅情報を正弦波駆動での初期出力電圧位相, 初期出力周波数, 初期出力電圧振幅に変換し6相PWM出力を再開する。

正弦波駆動から矩形波駆動への切換時では6相PWM出力を一時停止させ駆動方法切換時の正弦波駆動の電圧位相から矩形波駆動の初期出力電圧位相を決定すると共に, 正弦波駆動時の電圧振幅から矩形波駆動での電圧振幅に変換する。切換直後の矩形波駆動の初期回転数は正弦波駆動時の出力周波数として6相PWM出力を開始する。切換直後から直ちに巻線誘起電圧を検出しロータ回転数を制御する。

表1のモータを用いて, 正弦波駆動・矩形波駆動切換実験を行った結果を図4に示す。図4(a), (b)より矩形波駆動から正弦波駆動, 正弦波駆動から矩形波駆動へモータを一旦停止することなく, 安定して切換できていることが確認できる。

矩形波駆動と正弦波駆動の効率比較結果を図5に示す。回路効率は矩形波駆動の方が正弦波駆動よりスイッチング損失が少ないため高いが, モータ効率は回転数・負荷の比較的高い運転条件で矩形波駆動よりも正弦波駆動の方が高い。このため全効率では回転数・負荷トルクの低い運転条件で矩形波駆動のほうが正弦波駆動よりも高く, 回転数・負荷トルクの高い運転条件では正弦波駆動が高くなっている。

開発した正弦波駆動・矩形波駆動切換技術は, 当社エアコン・冷蔵庫に採用されており, 期間消費電力量\*3の低減に大きく寄与しており, 「トップランナー方式」\*4における省エネ基準達成率100%以上を実現している。

表1 供試モータ諸元

Pole pair: $P_n$	2	d axis inductance: $L_d$	19.9 (mH)
Resistance: $R_a$	0.655 ( $\Omega$ )	q axis inductance: $L_q$	21.0 (mH)
Permanent Magnet Flux-linkage: $\psi_n$	0.218 (Wb)		

正弦波駆動, 矩形波駆動はいずれもセンサレス方式となっており, 制御回路を低コスト化している。本制御ではベクトル制御による正弦波駆動で必要となる計算処理負荷の高い座標変換処理が不要であり, 計算がシンプルで計算処理負荷は極めて小さい。制御マイコンは16bitマイクロコントローラでも十分であるため制御回路をさらに低コスト化できる。

参考文献

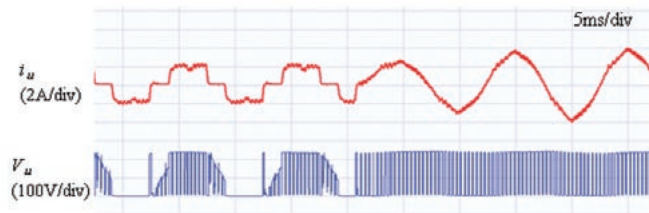
- 1) 中谷政次・大塚英史: 「PMモータにおける位置センサレス正弦波駆動」, 平11年電気学会関西支部大会, G105, 1999.

\*3 期間消費電力量

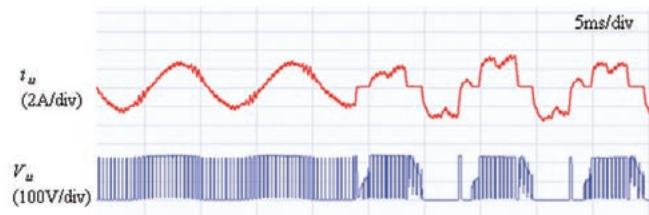
省エネ性を表す指標。エアコンでは(社)日本冷凍空調工業会規格に基づき算出される年間消費電力量の試算値。

\*4 トップランナー方式

省エネ法に基づく機器のエネルギー消費効率基準の策定方法。省エネ法で指定する特定機器の省エネルギー基準を, 基準設定時に商品化されている製品のうち「最も省エネ性能が優れている機器」の性能以上に設定する制度。



(a) 矩形波駆動から正弦波駆動へ切換



(b) 正弦波駆動から矩形波駆動へ切換

図4 駆動方法切換実験結果 (at 3000 min<sup>-1</sup>, 1.0 Nm)

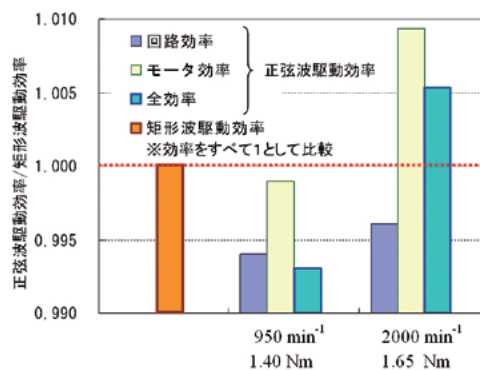


図5 矩形波駆動と正弦波駆動の効率比較