

省エネルギー・クリーンエアコン“ 大清快TM ”

"DAISEIKAI" Series Room Air Conditioners Featuring High Energy Efficiency and Reduced Maintenance

胡摩崎 恵
KOMAZAKI Megumi

山梨 泰
YAMANASHI Yasushi

竹谷 伸行
TAKEYA Nobuyuki

2001年度、トップレベルのエネルギー消費効率を達成するとともに、本格的電気集塵機及びリラクゼーション効果のあるマイナスイオン発生器を搭載し、更に、メンテナンス性をも追求した家庭用ルームエアコン“ 大清快TM ”シリーズを商品化した。

“ 大清快TM ”シリーズでは、エアコン内部の熱交換器、ファンに付着する埃(ほこり)やかびを抑制する“ セルフクリーンシステム ”を開発した。また、このシステムによりメンテナンスの簡素化、メンテナンス期間の延長及び長期間にわたっての省エネルギー(以下、省エネと略記)性を向上させている。

We launched the "DAISEIKAI" series of room air conditioners, featuring high energy efficiency and reduced maintenance, on the market in 2001. As the quality of indoor air is currently attracting attention, air conditioners equipped with air purifiers and negative ion generators have become strongly selling products.

This paper introduces new technologies used in the "DAISEIKAI" series. These include a sensorless vector control inverter unit that achieves high efficiency and reduces noise, and a self-cleaning control system that lengthens the maintenance-free period and provides long-term energy conservation.

1 まえがき

エアコンの消費電力は家庭内電力消費量の約20%とトップを占め、二酸化炭素排出抑制の意味からも省エネは市場ニーズとともに社会的要請にもなっている。当社は、各種技術開発により、1998年省エネ法改正時には2004年達成目標基準値に選定されるなど、トップのエネルギー消費効率を達成している。また、地球環境保全の面からもオゾン層を破壊しない新冷媒の全面採用とともに、鉛フリーはんだを室内外の制御基板に採用している。重量リサイクル可能化率を86%に向上させるなど、“省エネ”と“環境”をキーワードに開発を行っている。

一方、近年室内空気質について関心が高まり、健康関連市場は成長市場となっている。エアコンは暑さ寒さを和らげるものから、健康・快適空間を創出するものへと変わりつつある。当社は、97年から電気式空気清浄機を、99年にはリラクゼーション効果があると言われるマイナスイオン発生器を搭載し、好評を博してきた。

今回開発した大清快シリーズ(図1)では、省エネ性はもちろん室内空気質、メンテナンス性まで考慮した製品である。これは“センサーレスベクトル制御”の開発により省エネ・静音化を、“セルフクリーンシステム”の開発によりメンテナンス性を向上させたものである。セルフクリーンシステムでは、エアコン内部に付着する埃やかびを抑制することで長期間にわたる省エネ性を向上させ、更にメンテナンス性までも向上



室内機



リモコン



室外機

図1.“ 大清快TM ”シリーズ 代表機種RAS-285UDR/UADR(冷房能力2.8kW)で、室内機サイズ:275×840×236mm、室外機サイズ:550×780×270mmである。

"DAISEIKAI" series room air conditioner

させた。また、エアコン内部を清潔に保つことにより埃やかびなどが飛散するのを防止し、マイナスイオン発生器、空気清浄器とともに室内に“きれいでおいしい空気”をユーザーに提供している。

2 製品概要

“大清快™”シリーズの製品概要を以下に示す。

- (1) 全7機種(冷房能力2.2～5.0kW)にわたり新省エネ法の目標基準値を大幅にクリアし,業界トップクラスの省エネ性を実現した。省エネ技術として,フラッシュウイングファン,自己保持四方弁,8極モータ,そしてセンサレスベクトル制御インバータを採用した。
- (2) エアコンセルフクリーニングシステムの搭載により,エアコン内部の埃やかびの抑制で長期間にわたる省エネ性を実現する。また,メンテナンス間隔を延長し,更にメンテナンス方法を簡素化した。エアコン内部の清潔化とともに空気清浄器,マイナスイオン発生器により,室内空気質の向上を図った。
- (3) 熱回収除湿サイクル採用により,温度,湿度の両方を設定可能とした。また,除湿効率も向上させた。
- (4) 鉛フリーはんだ,オゾン層を破壊しない新冷媒を採用し,環境に配慮した設計を行った。

ここでは,独自の視点から新規に開発したセルフクリーニングシステムと省エネの柱となるセンサレスベクトル制御インバータについて詳述する。

3 セルフクリーニングシステム

3.1 セルフクリーニングシステムの概要

エアコンを長年にわたって使用していると,フィルタや空気清浄ユニットでは取りきれなかった空気中の埃やかびなどがエアコン内部に付着し堆積してくる。冷房停止後の室内機内部では,室内から除去した水分が熱交換器やドレンパンに残り,相対湿度が100%の状態が長時間続く。特に侵入したかびについては,冷房シーズンには成長に好適な環境(栄養源(埃),高湿度)が機内に形成されているため,繁殖し汚染が進みやすい。埃とかびで内部の汚染が進行したエアコンは,送風機や熱交換器性能の低下による冷暖房性能の低下,吹出口から室内へのおいを伴う汚染物の飛散など,ユーザーにとって好ましくない運転状態となる。そこで2001年度の“大清快™”では,「長期間にわたって省エネときれいな空気をユーザーに届ける」というコンセプトから,エアコン内部を常に清潔な状態に保つ新しいセルフクリーニングシステム技術を搭載した。

セルフクリーニングシステムは,高効率ロングライフフィルタの採用,フラットクリーンパネル,セルフクリーニング運転から構成されている。高効率ロングライフフィルタにより埃の侵入を防止するとともに,図2に示す可動フラットクリーンパネルを運転停止時に閉じることでエアコン室内機内部への埃の侵入を防止する。また,凹凸面がほとんどないため汚れを簡単にふき取ることができる。

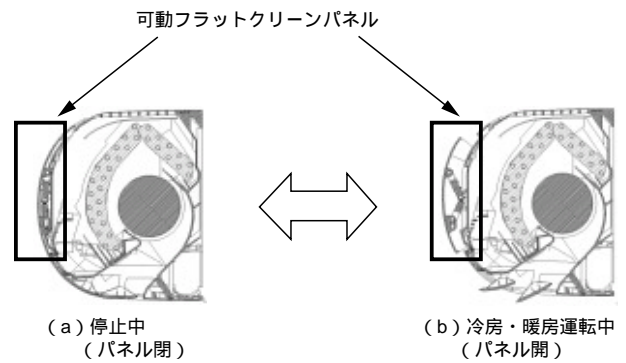


図2. 可動フラットクリーンパネル 停止中(a)にはパネルは閉じ,冷房及び除湿運転中(b)にはパネルは開く。
Behavior of movable grille of indoor unit

セルフクリーニングシステムとは,かびの成長のための栄養源を入れないこと,そしてセルフクリーニング運転(室内機内部の乾燥と低濃度オゾン殺菌)によりかびの繁殖防止を行うものである。

3.2 セルフクリーニング運転

図3に示すように,セルフクリーニング運転は,エアコン内部を乾燥させる運転と,その後の空気清浄ユニットから発生する低濃度オゾンの殺菌効果を利用した防かび運転から成る。セルフクリーニング運転は冷房・除湿の運転停止指令があった後,自動で行われる。

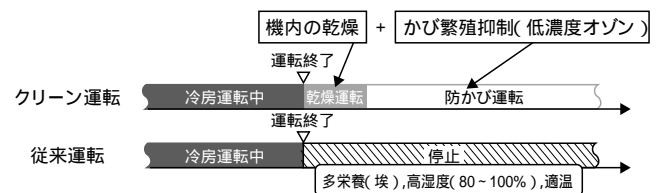
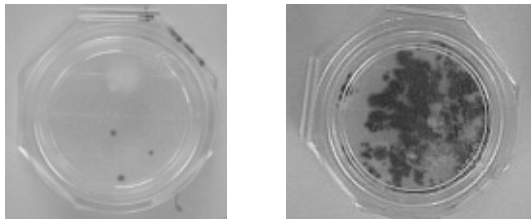


図3. セルフクリーニング運転 冷房・除湿運転後,エアコン内部を乾燥させる。その後,低濃度オゾンによる防かび運転を行う。
Self-cleaning mode

オゾンは自然界に存在し脱臭や殺菌の効果があり,また比較的短時間で分解し酸素となる。そのため,高濃度下(0.2ppm以上)では人体に有害な影響が出ると言われるものの,脱臭・殺菌装置としては安全性が高く民生機器にも広く応用されている。セルフクリーニング運転では,エアコン内部濃度は,最大でも作業環境基準として定められている0.1ppm以下としている。更に,水平ルーバの構造,開度調節,可動吸込パネルの閉止によりエアコン内の密閉度を向上させるとともに,気流循環制御により,室内へのオゾンの漏れはほとんどない。閉めきった室内でも,室内濃度は0.1ppmの1/20,通常の大気状態でも出現することのある0.005ppm

程度以下の濃度となることを確認している。

居室型の試験室において、かび成長にとって好適な高温、多埃環境に保った環境下で、従来機種とセルフクリーン運転を搭載した試作機で効果の比較検証を行った。1か月半ほど経過した時点で、エアコン内部表面をサンプリングし、培養した結果を図4に示す。セルフクリーンシステムには高いかび増殖抑制の効果があることが明らかとなった。



(a)セルフクリーン運転 (b)従来機(セルフクリーン運転なし)

図4. セルフクリーン運転結果 高温高湿条件下でエアコン運転後、内部表面をサンプリングし、培養した結果を示す。セルフクリーン運転は高いかび増殖抑制効果がある。
Result of self-cleaning operation

セルフクリーンシステムの採用によりエアコン内部の汚染の進行を抑制することで、ファンや熱交換器の性能低下を防止し、長期間にわたる省エネ性の維持が期待できる。試算では、セルフクリーン運転システムの採用により、10年経過時点で約15%の消費電力量を削減できる。10年間運転した場合の消費電力量試算を図5に示す。

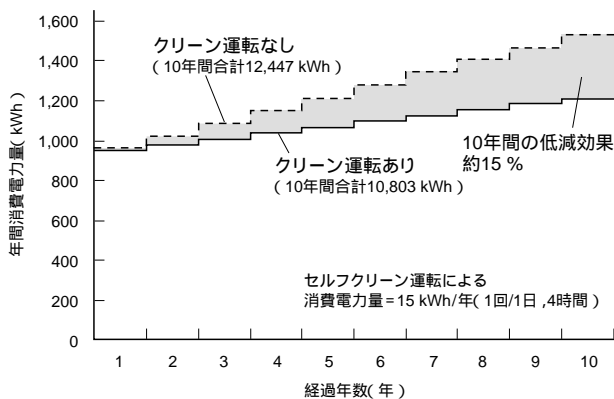


図5. クリーン運転有無時の10年間での消費電力量試算比較
クリーン運転により、10年間の積算消費電力量を約15%低減できる。
Comparison of electric power consumption with and without self-cleaning operation

4 ベクトル制御インバータ

DC(直流)コンプレッサのモータ制御方式にはセンサレスベクトル制御を採用した。センサレスベクトル制御は産業機器分野のインバータで採用されているが、近年IT(情報技術)の進歩により高速演算可能なマイコンの低価格化が進み、家電製品への応用が可能となってきている。当社では、電力・産業システム技術開発センター及び生産技術センターの研究成果をベースに、家庭用ルームエアコン“大清快™”でベクトル制御の採用を開始し、更に業務用エアコン“スーパーパワーエコ”シリーズへ展開している。

DCコンプレッサを駆動する制御器(インバータ)の外観を図6に示す。

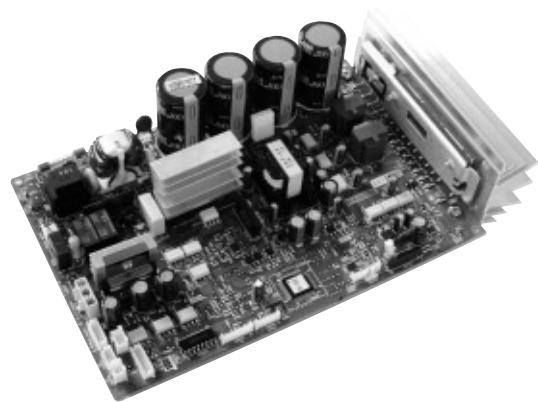


図6. インバータ 家庭用ルームエアコンにセンサレスベクトル制御を採用した。
Inverter

従来はサイクル制御と室外ファンモータ駆動制御を行うCISC(Complex Instruction Set Computer)マイコンと、コンプレッサのベクトル制御を行うDSP(Digital Signal Processor)による2マイコン制御を行っていた。今回の開発機種では、制御用マイコンにRISC(Reduced Instruction Set Computer)を採用することで、1マイコンで制御することが可能となり、より低コストなベクトル制御を実現した。

ベクトル制御に使用する永久磁石同期モータの回路方程式を(1)式に示す。

$$\begin{bmatrix} \dot{d} \\ \dot{q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + PL_d & -L_q \\ L_d & R + PL_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ f \end{bmatrix} \quad (1)$$

d : d軸電圧, q : q軸電圧, R : モータ巻線抵抗, P : d/dt , L_d : d軸インダクタンス, L_q : q軸インダクタンス, i_d : d軸電流, i_q : q軸電流, ω : 角周波数, f : 磁束

今回のセンサレス駆動は、ベクトル制御が磁束ベクトル f を d 軸に一致させることが基本であることから d 軸の回路方程式が成立するように速度推定を行い、座標変換のための角度 θ はその速度推定値を積分して求めている。この制御方式は、演算が非常に簡単のため、パラメータ調整が少く高速域まで安定した運転特性を得られることが特長である。

ベクトル制御に必要なモータ電流センサは、一般的にホールCT(カレントトランス)が使われるが家電製品には高価である。そこで電流センサには、商用電源周波数で使用される安価なCTに追加回路を施すことで大幅に周波数特性が改善できる方式を開発した。これは、商用電源周波数用のCT2次巻線に補助巻線と回路を追加することで、10 Hz程度の低周波でもモータ電流を磁気飽和なく検出することを可能にしたものである。モータ電流検出回路を図7に示す。

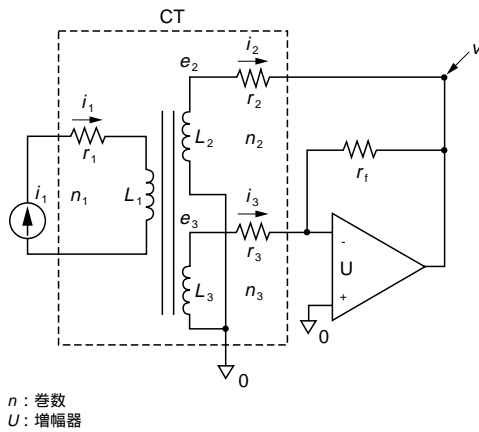


図7. モータ電流検出回路 一次巻線(L_1)により生じた磁束を補助巻線(L_3)で検出・増幅し、磁気飽和による2次巻線(L_2)の電圧低下を補償する。

Motor current detection circuit

通常、CTの1次側電流 i_1 によりコアが励磁されるが、10 Hz程度の低周波数域では磁気飽和により2次巻線の電圧が正確に検出できなくなる。図7の回路では1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し、これを増幅して2次巻線に印加することで磁気飽和を回避している。

これらの技術によりDCコンプレッサのモータ制御方式にセンサレスベクトル制御を採用し、モータ電流波形を従来の矩形(くけい)波120°通電から正弦波近似波形の180°通電にすることが可能となった。ベクトル制御の採用によりモータの巻線利用率が向上し、冷暖定格条件でモータ損失を15~20 W低減した。矩形波120°通電と180°通電の騒音特性比較を図8に示す。モータ電流波形の高調波含有率改善により、コンプレッサ騒音を約3 dB改善している。

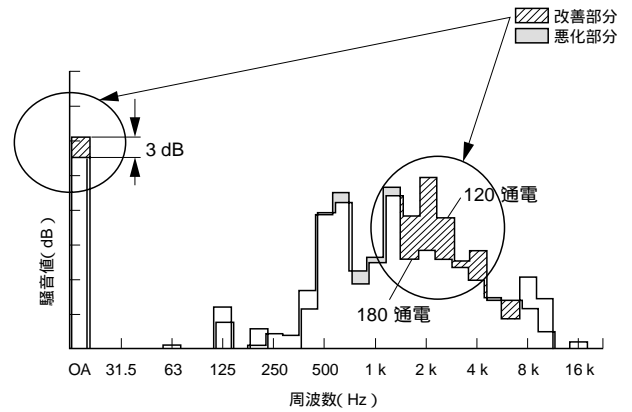


図8. 騒音特性比較 コンプレッサモータ駆動方式を矩形波120°通電とベクトル制御の180°で比較した騒音特性を示す。OA(OverAll)で3dB騒音が低減できている。

Noise characteristics

5 あとがき

ここで述べた“大清快™”は、今まで追求してきた省エネ性と快適性を誇るだけでなく、長期にわたる省エネ性や室内空気質、メンテナンス性までも考慮した製品である。

近年、ますます深刻化する環境問題を考え、高い省エネ性、リサイクル性、環境負荷の少ない材料を考えた製品開発を行うとともに、ユーザーが真に求めているエアコンを開発していく。

文 献

- 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”. 2001年電気学会全国大会パワーエレクトロニクス産業システム論文集 .4 p.1424 .
- 竹谷伸行, ほか. “家庭用省エネエアコン” プラズマ・イオン大清快」の開発 . 第35回空気調和・冷凍連合会論文集, 2001, p.25 - 28 .



胡摩崎 恵 KOMAZAKI Megumi

東芝キャリア(株)空調設計部主務。
ルームエアコンの機能開発・設計に従事。
Toshiba Carrier Corp.



山梨 泰 YAMANASHI Yasushi

東芝キャリア(株) エレクトロニクス開発部主務。
インバータの制御器の開発・設計に従事。電気学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



竹谷 伸行 TAKEYA Nobuyuki

東芝キャリア(株) 空調設計部主務。ルームエアコンの機能開発・設計に従事。日本機械学会, 空気調和・衛生工学会, 日本伝熱学会, 計測自動制御学会会員。
Toshiba Carrier Corp.